



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

ΤΙΤΛΟΣ

*Blockchain τεχνολογίες και η εφαρμογή τους σε τερματικούς
σταθμούς και λιμένες*

ΤΙΤΛΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ

Blockchain technologies and their application in terminals and ports

Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:

Μπαϊράμης Μερκούριος

Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνων Καθηγητών:

Δρ. Λελίγκου Ελένη Αικατερίνη

ΔΙΑΤΡΙΒΗ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**
Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής
Σχεδίασης και Παραγωγής

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
& ΑΙΓΑΙΟΥ**
Τμήμα Ναυτιλίας και
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής


Ελένη Αικατερίνη Λελύγκου

Παπουτσιδάκης Μιχαήλ

Δρόσος Χρήστος

Δήλωση συγγραφέα διπλωματικής διατριβής

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μπαϊράμης Μερκούριος, με αριθμό μητρώου 8066240 φοιτητής του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι: *«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην διατριβή. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η διατριβή προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική διατριβή».*

Ο δηλών

Μπαϊράμης Μερκούριος

Ημερομηνία

26/03/2024

ΤΙΤΛΟΣ

Blockchain τεχνολογίες και η εφαρμογή τους σε τερματικούς σταθμούς και λιμένες

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ

Μπαϊράμης Μερκούριος

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα Αικατερίνη Ελένη Λελλίγκου, για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και το χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου διατριβής.



Περίληψη

Η Ελληνική εμπορική ναυτιλία ήταν ανέκαθεν ένας τομέας της Εθνικής Οικονομίας στον οποίο η Χώρα παρουσίαζε υψηλές επιδόσεις, όχι μόνο σε περιφερειακό, αλλά σε παγκόσμιο επίπεδο. Η καθυστέρηση ωστόσο της ενσωμάτωσης της τεχνολογικής ανάπτυξης στις υποδομές και τις λειτουργίες των εμπορικών λιμένων, έκανε τους σχετικούς δείκτες να φανερώνουν μία υστέρηση τα τελευταία χρόνια. Η απροθυμία αυτή κατά κύριο λόγο οφείλεται στα ζητήματα ασφαλείας που τίθενται στην δικτυοκεντρική προσέγγιση λειτουργίας των οργανισμών γενικότερα. Μία αξιόπιστη λύση για τον εκσυγχρονισμό της λειτουργίας των Ελληνικών λιμένων, είναι η προσαρμογή του Blockchain στις λειτουργίες τους. Είναι μία προσέγγιση η οποία βρίσκεται στο στάδιο της ωρίμανσης και έχει ήδη δοκιμαστεί σε εφαρμογές ευαίσθητες σε ζητήματα ασφαλείας (όπως είναι τα συστήματα συναλλαγών με κρυπτονομίσματα). Ήδη έχουν αναπτυχθεί σχετικές πλατφόρμες οι οποίες υποστηρίζουν τις λειτουργίες λιμένων του εξωτερικού. Πρόσφατα το λιμάνι της Θεσσαλονίκης εντάχθηκε σε μία από αυτές. Η μεθοδική ένταξη του συνόλου των Ελληνικών λιμένων σε αντίστοιχες πλατφόρμες, με έμφαση στην μεταξύ τους διαλειτουργικότητα, αναμένεται να αναβαθμίσει τη θέση της εμπορικής ναυτιλίας, καθώς οι διαδικασίες τους θα επιταχυνθούν ως αποτέλεσμα της διευκόλυνσης της επικοινωνίας και της αυτοματοποίησης διεργασιών.

Λέξεις κλειδιά: Αλυσίδα-Μπλοκ, δοσοληψίες, ασφάλεια, εμπιστοσύνη, διαφάνεια, αυτοματισμός



Abstract

Greek merchant shipping has always been a National Economy sector in which the country presented high performance, not only regionally, but globally. However, the delay in the technological development integration in the commercial ports and terminals infrastructure and operations, has made the relevant indicators show a lag in recent years. This reluctance is mainly due to the security issues raised in the network-centric approach to organizations operation in general. A reliable solution for the modernization of the Greek ports operation, is the adaptation of Blockchain to them. It is an approach that is in the process of maturing and has already been tested in applications sensitive to security issues (such as cryptocurrency trading systems). Relevant platforms have already been developed to support overseas port operations. Recently the port of Thessaloniki joined one of them. The methodical integration of all Greek ports in respective platforms, with emphasis on interoperability between them, is expected to upgrade the position of merchant shipping, as their processes will be accelerated as a result of facilitating communication and process automation.

Key-words: Blockchain, transactions, security, trust, transparency, automation

Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Abstract	7
Table List	11
Figure List.....	Error! Bookmark not defined.
1.0 Εισαγωγή	13
1.1 Περιγραφή του προβλήματος και Ερευνητικά Ερωτήματα.....	15
1.2 Σκοπός και Αντικείμενο της Έρευνας	17
1.3 Πεδίο της Έρευνας.....	17
1.4 Σχεδίαση της Έρευνας	18
1.5 Δομή της Πτυχιακής Εργασίας	19
2.0 Επικουρικές Τεχνολογίες.....	21
2.1 InternetofThings.....	21
2.2 CloudComputing.....	24
2.3 BigData	27
3.0 Η τεχνολογία του Blockchain	30
3.1 Γενική Περιγραφή - Ορισμός	30
3.2 Η φιλοσοφία του Blockchain.....	33
3.3 Ιστορικό	34
3.4 Δομή του Blockchain.....	36
3.4.1 Δοσοληψία	37
3.4.2 Block	39
Κεφαλίδα	39
Κατάλογος Δοσοληψιών.....	41



3.4.4 Δίκτυο ομότιμων κόμβων	41
3.5 Λειτουργίες στο Blockchain	41
3.5.1 Λειτουργία προσθήκης δοσοληψίας στο Block	41
3.5.2 Έγκριση προσθήκης block	42
3.5.3 Αντιμετώπιση πιθανότητας ασυνέπειας της δομής του block	44
3.5.4 Ψηφιακή υπογραφή	44
3.6 Γνωρίσματα του Blockchain	46
3.7 Κατηγορίες Blockchain	47
3.7.1 Δημόσιο blockchain	47
3.7.2 Ιδιωτικό blockchain	48
3.7.3. Υβριδική αλυσίδα μπλοκ	48
3.7.4 Consortium blockchain	49
4.0 Η Κατάσταση των Λιμένων στην Ελλάδα και οι προοπτικές του Blockchain	50
4.1 Η κατάσταση στην Ελλάδα	50
3.2 Η εφαρμογή του Blockchain στη λειτουργία των λιμένων	57
3.3 Πλατφόρμες παροχής υπηρεσιών	61
3.3.1 TradeLens	63
3.3.2 NXT-PORT	66
4.0 Η εφαρμογή του Blockchain στην Ελλάδα	69
4.1 Τομείς της εφοδιαστικής αλυσίδας που μπορούν να ευεργετηθούν	69
4.1.1 Ναύλωση πλοίων	69
4.1.2 Φόρτωση/Εκφόρτωση πλοίων	73
4.1.3 Διαδικασίες στους λιμένες	75
4.1.4 Αυθεντικότητα αρχείων και πιστοποιητικών	75
4.2 Ο Οργανισμός Λιμένος Θεσσαλονίκης	76



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής
Σχεδίασης και Παραγωγής

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
& ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



4.3 Ελληνικοί Λιμένες	78
5.0 Συμπεράσματα	80
Αναφορές	83

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Κατάταξη λιμένων σε κίνηση εμπορευματοκιβωτίων	54
Πίνακας 2: Εμπορευματική κίνηση στα Ελληνικά Λιμάνια.....	55
Πίνακας 3: Σύγκριση παραδοσιακού τρόπου λειτουργίας των Λιμένων και υιοθέτησης του Blockchain	72



Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Η εφαρμογή του IoT στη λειτουργία των λιμένων	23
Εικόνα 2: Αφαιρετική απεικόνιση του cloudcomputing	25
Εικόνα 3: Η γενική μορφή του Blockchain.....	37
Εικόνα 4: Δομή δοσοληψίας στο Block	38
Εικόνα 5: Μορφή του δένδρου Merkle	40
Εικόνα 6: Διαδικασία της ψηφιακής υπογραφής	45
Εικόνα 7: Η κατάταξη των χωρών ως προς τον όγκο των διακινουμένων εμπορευμάτων ανά κεφαλή μέσω των λιμένων τους.....	53
Εικόνα 8: Ανάπτυξη της εμπορικής ναυτιλίας στην Ευρώπη τη δεκαετία 2010.....	53
Εικόνα 9: Σύνολο φόρτωσης - εκφόρτωσης	56
Εικόνα 10: Τα 50 κορυφαία λιμάνια σε άμεσες συνδέσεις με άλλα λιμάνια	57
Εικόνα 11: Η υιοθέτηση του TradeLens παγκοσμίως	66



1.0 Εισαγωγή

Η διεύρυνση του επιχειρησιακού περιβάλλοντος, σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, επέτεινε την ανάγκη για προσαρμογή, στις ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις για την επιβίωση και την ανάπτυξη των οργανισμών. Η προσαρμογή της τεχνολογικής προόδου στην λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων, από έναν παράγοντα που στο παρελθόν θα τους εξασφάλιζε το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, σήμερα μπορεί να εξασφαλίσει την αξιοπρεπή συμμετοχή στην κούρσα του ανταγωνισμού. Η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται επίσης από την τάση για τη διασύνδεση των διαφόρων (ακόμα και ετερογενών) πληροφοριακών συστημάτων, τα οποία με οποιοδήποτε τρόπο συμμετέχουν σε επιχειρησιακές διαδικασίες. Και σε αυτή την περίπτωση η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών είναι κομβικής σημασίας.

Η αρωγή της τεχνολογίας έχει να κάνει με την αυτοματοποίηση (ολική ή μερική) των διαδικασιών, την επιτάχυνση της ολοκλήρωσης τους και την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας στα αποτελέσματά τους. Καθώς σε κάθε πληροφοριακό σύστημα, ο άνθρωπος είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτική του λειτουργία, ο βαθμός προσαρμογής του στις αλλαγές, που επιφέρει η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στις επιχειρησιακές διαδικασίες, καθορίζει τα επίπεδα επιτυχίας της μετάβασης. Συχνά ο άνθρωπος αντιδρά στη ψηφιακή μετάβαση για ποικίλους λόγους. Συχνότερα οι λόγοι αυτοί σχετίζονται με την ασφάλεια και την αναγκαιότητα να εγκαταλείψουν έναν τρόπο εργασίας (τον οποίο ενδεχομένως ακολουθούσαν για μεγάλη χρονική περίοδο) και να εκπαιδευτούν σε μία – πολλές φορές – πρωτόγνωρη μεθοδολογία. Τέτοιες καταστάσεις δρουν ανασχετικά για την ψηφιακή μετάβαση των επιχειρησιακών διαδικασιών. Προκειμένου να είναι αποτελεσματική και εποικοδομητική η ψηφιακή μετάβαση, είναι απαραίτητο να προετοιμαστεί το προσωπικό κατάλληλα για αυτή, να πειστεί για την αναγκαιότητα της σκοπιμότητας και να εκπαιδευτεί στην εφαρμογή των νέων πρωτοκόλλων που θα πρέπει να ακολουθούν στη νέα κατάσταση.



Η εμπορική ναυτιλία είναι ένας από του κλάδους της επιχειρηματικής δραστηριότητας στην Ελλάδα που τοποθετεί τη χώρα σε υψηλές θέσεις στην σχετική παγκόσμια κατάταξη¹. Αυτό οφείλεται στα φυσικά πλεονεκτήματα τα οποία παρέχει η γεωγραφική θέση της (η Μεσόγειος αποτελεί ένα συγκοινωνιακό σταυροδρόμι σύνδεσης δύσης και ανατολής) και η μορφολογία της (έχει μεγάλο μήκος ακτών, πλήθος νησιών καθώς και μεγάλα λιμάνια). Απόρροια των πλεονεκτημάτων αυτών είναι και το γεγονός ότι μεγάλο μέρος του πληθυσμού ασχολείται με επαγγελματικούς κλάδους που σχετίζονται με τη θάλασσα και το ότι οι Ελληνικές κυβερνήσεις επενδύουν διαχρονικά στις θαλάσσιες δραστηριότητες. Όλα τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για μία χώρα για να αναπτύξει ναυτική ισχύ. Αφού η Ελλάδα κατέχει τις προϋποθέσεις για να καταστεί ισχυρή ναυτικά, θα πρέπει να επενδύσει τους διαθέσιμους πόρους της στην ανάπτυξη της ναυτιλίας.

Μία από τις σύγχρονες τεχνολογίες η οποία υιοθετείται όλο και περισσότερο, από ποικίλες εφαρμογές, είναι το Blockchain. Βασικά της χαρακτηριστικά είναι η εξασφάλιση ισχυρής αξιοπιστίας για τα δεδομένα που διαχειρίζεται και το ότι μπορεί να λειτουργήσει χωρίς να είναι απαραίτητη η ύπαρξη έμπιστης τρίτης οντότητας για την επικύρωση των δοσοληψιών, που πραγματοποιούνται μεταξύ οντοτήτων στο πλαίσιο της κοινής τους συμμετοχής σε επιχειρησιακές διαδικασίες. Συνδυαζόμενη με το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things) και τα μεγάλα δεδομένα (BigData), προσφέρει ολοκληρωμένες λύσεις σε μεγάλη ποικιλία προκλήσεων.

Η τεχνολογία του Blockchain έχει ήδη βρει σημαντικές εφαρμογές στην εμπορική ναυτιλία. Αποτελεί ένα καινοτόμο εργαλείο που συμβάλει στην αξιοπιστία των δοσοληψιών που πραγματοποιούνται στις εμπορικές θαλάσσιες συγκοινωνίες, την γρήγορη ολοκλήρωση τους και της εξάλειψη της γραφειοκρατίας. Ωστόσο, αν και τα πλεονεκτήματα της είναι πολλά και ισχυρά, δεν έχει υιοθετηθεί επαρκώς. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι διεργασίες που σχετίζονται με τις εμπορικές θαλάσσιες

¹ Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι ο σημαντικότερος κλάδος μεταφορών μεταφέροντας περισσότερο από το 90% των εμπορευμάτων στις παγκόσμιες μεταφορές και η Ελληνική ναυτιλιακή βιομηχανία μεταφέρει σχεδόν το 20% του παγκόσμιου μεταφερόμενου φορτίου, ενώ κατέχει το 8,7% του παγκόσμιου στόλου και το 17,8% της χωρητικότητας νεκρού βάρους (UNCTAD, 2019).



μεταφορές να βασίζονται σε παραδοσιακές γραφειοκρατικές πράξεις. Οι αιτίες συμπίπτουν με τις αιτίες για τις οποίες γενικότερα η τεχνολογία του Blockchain υιοθετείται με αργούς ρυθμούς σε σχέση με τα πλεονεκτήματά της. Η κυριότερη αιτία είναι η επιφυλακτικότητα ως προς της αποτελεσματικότητα των μηχανισμών ασφαλείας. Ωστόσο οι εξελίξεις δείχνουν ότι και αυτή η επιφυλακτικότητα πρόκειται να αρθεί.

1.1 Περιγραφή του προβλήματος και Ερευνητικά Ερωτήματα

Η λειτουργία των Ελληνικών λιμένων και των τερματικών σταθμών εξακολουθεί ακόμα και στην σύγχρονη εποχή, της ραγδαίας ανάπτυξης των τεχνολογιών της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, να βασίζεται σε αναχρονιστικές γραφειοκρατικές διαδικασίες. Η σε μεγάλο βαθμό εξάρτηση από την απόδοση του ανθρώπινου παράγοντα, αποτελεί τη βασική αιτία που η αξιοπιστία, η ακρίβεια και η ταχύτητα των διαδικασιών, που σχετίζονται με την λειτουργία τους, δεν μπορεί να προσεγγίσει τα βέλτιστα δυνατά επίπεδα. Αυτό οφείλεται κυρίως σε έλλειψη συντονισμού μεταξύ των συμμετεχουσών οντοτήτων, τα προβλήματα ασφαλείας που εγείρονται, την καθυστέρηση που επισύρουν οι χειρογραφικοί έλεγχοι ορθότητας των οικονομικών συναλλαγών, το έλλειμμα ακρίβειας και η αυξημένη πιθανότητα σφαλμάτων των επεξεργασιών που πραγματοποιούνται με μη αυτοματοποιημένο τρόπο. Εκτός αυτών των περιορισμών αυτών, τα τρέχοντα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης των λειτουργιών των λιμανιών και των τερματικών σταθμών επιβαρύνουν το κόστος ολοκλήρωσης των διαδικασιών τους, αφού απασχολούν μεγάλο πλήθος ανθρώπων και είναι χρονοβόρες με αποτέλεσμα να μειώνουν δραματικά την παραγωγικότητα.

Η τεχνολογία του blockchain που εμφανίστηκε στο τέλος της δεκαετίας του 2000, εφαρμόστηκε με επιτυχία στον ευαίσθητο χρηματοοικονομικό τομέα. Οι πρώτες εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκε, αφορούσαν τη χρήση εναλλακτικών ηλεκτρονικών νομισμάτων για τις οικονομικές συναλλαγές. Ωριμάζοντας ως



τεχνολογία, κατάφερε να ικανοποιήσει τις υψηλές απαιτήσεις που έχουν αυτού του είδους οι εφαρμογές, κυρίως σε ζητήματα ασφαλείας των δεδομένων που διαχειρίζονται. Στα χρόνια που έχουν παρέλθει μέχρι σήμερα, έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές αναβαθμίσεις με αποτέλεσμα να έχει θωρακιστεί από πλευράς ασφάλειας. Επιπλέον, η ραγδαία ανάπτυξη του διαδικτύου, τόσο σε επίπεδο υποδομών όσο και σε επίπεδο εφαρμογών, έφερε τον μέσο άνθρωπο πολύ κοντά στις διαδικτυακές εφαρμογές με αποτέλεσμα να εξοικειωθεί σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση τους. Αυτό συνετέλεσε στην άμβλυνση των επιφυλάξεων για την ασφάλεια που παρέχει το διαδίκτυο στα δεδομένα που διακινούνται μέσω των εφαρμογών του. Έχει διαμορφωθεί πλέον μία κατάσταση που ευνοεί την περαιτέρω διεξόδυση της τεχνολογίας του Blockchain σε μία ποικιλία κατηγοριών εφαρμογών.

Η εφοδιαστική αλυσίδα είναι ένας τομέας εφαρμογής της τεχνολογίας του Blockchain. Σε γενικές γραμμές παρέχει υπηρεσίες που σχετίζονται με ενημερώσεις κατάστασης εμπορευματοκιβωτίων σε πραγματικό χρόνο, επιτάχυνση των διαδικασιών, διαμοιρασμό δεδομένων και αναφορών και αυτοματοποίηση διεργασιών. Ο συνδυασμός του Blockchain με άλλες διαδικτυακές τεχνολογίες αιχμής, όπως είναι το διαδίκτυο των πραγμάτων (InternetofThings), τα μεγάλα δεδομένα (BigData) και η νεφοϋπολογιστική (CloudComputing), μπορεί να δώσει ώθηση στην παραγωγικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας είναι προφανή. Ωστόσο, ο βαθμός υιοθέτησης της στην κοινότητα της εμπορικής ναυτιλίας δεν είναι ανάλογος με τα οφέλη αυτά. Οι λόγοι σχετίζονται κυρίως με τον σκεπτικισμό των παραγόντων που λαμβάνουν αποφάσεις, σχετικά με την αποτελεσματικότητα του Blockchain να αντιμετωπίζει τις προκλήσεις ασφαλείας των δεδομένων που διακινούνται στο διαδίκτυο. Στην Ελλάδα η τεχνολογία του Blockchain υιοθετήθηκε μόλις το Δεκέμβριο του 2021 από τον Οργανισμό Λιμένος Θεσσαλονίκης (Capital, 2021). Σε μία χώρα που έχει όλες τις προϋποθέσεις να καταλαμβάνει τις υψηλότερες θέσεις στην διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων, η υιοθέτηση καινοτόμων τεχνολογιών για την αναβάθμιση των λειτουργιών που σχετίζονται με τη ναυτιλία, είναι ευκαιρίες για συνολική ανάπτυξη της οικονομίας της.



1.2 Σκοπός και Αντικείμενο της Έρευνας

Δεδομένης της αντίφασης που συνθέτουν οι δυνατότητες για ανάπτυξη που δίνουν στην Ελληνική εμπορική ναυτιλία τα φυσικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού και της διοίκησης του, σε συνδυασμό με την μικρή ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στις διαδικασίες της, ο σκοπός της παρούσας μελέτης² είναι να προσδιορίζει τις αιτίες της και να αναζητήσει λύσεις για την εκμετάλλευση των σχετικών ευκαιριών. Το αντικείμενο στο οποίο επικεντρώνεται είναι η τεχνολογία του Blockchain. Εξετάζεται το ποιες μπορεί να είναι οι αιτίες που εμποδίζουν την ευρεία υιοθέτηση μίας καινοτομίας με τόσο ισχυρά πλεονεκτήματα. Ο εντοπισμός των αιτιών αυτών θα αποτελέσει τη βάση για την αναζήτηση των κινήσεων αυτών που θα πρέπει να γίνουν ώστε οι λιμένες και οι τερματικοί σταθμοί στην Ελληνική επικράτεια να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα του Blockchain.

1.3 Πεδίο της Έρευνας

Η εμπορική ναυτιλία είναι ένας κρίκος στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η τελευταία εκτείνεται από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση. Η έρευνα εστιάζει στο τμήμα εκείνο της εφοδιαστικής αλυσίδας που σχετίζεται με την συνδρομή της εμπορικής ναυτιλίας ως προς τις λειτουργίες που διεκπεραιώνονται μερικώς ή ολικώς στους λιμένες και τους τερματικούς σταθμούς. Ωστόσο ελέγχονται και εκείνες οι διαδικασίες που περιλαμβάνονται στην εφοδιαστική αλυσίδα και οι οποίες σχετίζονται με την εμπορική ναυτιλία. Ο λόγος για τον οποίο το πεδίο της έρευνας διευρύνεται στο περιβάλλον των λιμένων και των τερματικών σταθμών είναι για να εξεταστεί σε ποιο εύρος μπορεί η τεχνολογία του blockchain να εξυπηρετήσει τις λειτουργίες τους.

1.4 Σχεδίαση της Έρευνας

Η υλοποίηση της έρευνας σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να περιλάβει:

- Την ανάπτυξη μίας γνωσιακής βάσης σχετικά με την τεχνολογία του Blockchain
- Την παρουσίαση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας και που περιλαμβάνουν δραστηριότητες στα λιμάνια και τους τερματικούς σταθμούς.
- Την παρουσίαση της υφισταμένης κατάστασης λειτουργίας των λιμένων και των τερματικών σταθμών στην Ελλάδα.
- Την έκθεση περιπτώσεων στο εξωτερικό όπου η ενσωμάτωση της τεχνολογίας του Blockchain ευεργέτησε τη λειτουργία των λιμένων και των τερματικών σταθμών καθώς και με ποιόν τρόπο επιτεύχθηκε αυτό.
- Τέλος προτείνονται τρόποι ενσωμάτωσης της τεχνολογίας του Blockchain στη λειτουργία των λιμένων και των τερματικών σταθμών προκειμένου να αναβαθμιστεί η λειτουργία τους.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται στο πλαίσιο της παρούσας είναι:

- Ποια είναι η τρέχουσα δυναμική των Ελληνικών λιμένων και των τερματικών σταθμών;
- Πως θα μπορούσε η υιοθέτηση της τεχνολογίας του Blockchain και συνδυασμένη με ποιες άλλες τεχνολογίες, να ευνοήσει την ανάπτυξη τους και να αναβαθμίσει τη δυναμική τους;
- Ποιοι παράγοντες δρουν ανασταλτικά στην προσπάθεια υιοθέτησης της τεχνολογίας του Blockchain στους λιμένες και τους τερματικούς σταθμούς και πως μπορούν να εξαλειφθούν;

1.5 Δομή της Πτυχιακής Εργασίας

Η δομή της πτυχιακής εργασίας αντανακλά στη διάρθρωση του υπολοίπου του παρόντος κειμένου που είναι διαρθρωμένο ως εξής:

- Κεφάλαιο 1: Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία συνοπτική επισκόπηση τεχνολογιών οι οποίες συνδυαζόμενες με αυτή του Blockchain θα προσθέσει αξία στα Ελληνικά λιμάνια και τους τερματικούς σταθμούς. Οι τεχνολογίες αυτές είναι το διαδίκτυο των πραγμάτων, η νεφοϋπολογιστική και τα μεγάλα δεδομένα. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά τους χαρακτηριστικά.
- Κεφάλαιο 2: Η τεχνολογία του Blockchain, παρουσιάζεται αναλυτικά στο 2^ο κεφάλαιο της μελέτης. Απαριθμούνται τα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα, οι οντότητες που έχουν κάποιο ρόλο, οι μηχανισμοί ασφαλείας που ενσωματώνει. Επιπλέον παρουσιάζονται οι κυριότερες εφαρμογές της και η αποδοτικότητα τους. Μέσα από το κεφάλαιο αυτό προκύπτουν τα ενδεχόμενα πλεονεκτήματα που μπορεί να προκύψουν από την ενσωμάτωση του στις λειτουργίες των λιμένων καθώς και το κατά πόσο είναι εύλογες οι επιφυλάξεις για την αποτελεσματικότητά του.
- Κεφάλαιο 3: Το κεφάλαιο αυτό διαιρείται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος παρουσιάζει την κατάσταση των Ελληνικών λιμένων και των τερματικών σταθμών ως προς τις λειτουργίες τους και την αποδοτικότητά τους. Στην συνέχεια παρουσιάζονται δύο περιπτώσεις πλατφορμών παροχής υπηρεσιών, βασισμένων στην τεχνολογία του Blockchain, για την αναβάθμιση των της λειτουργίας των λιμένων και των τερματικών σταθμών.



- Κεφάλαιο 4: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το πως θα μπορούσε να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί η ενσωμάτωση του Blockchain στα λιμάνια και τους τερματικούς σταθμούς της χώρας και ποια θα ήταν τα κυριότερα εμπόδια που θα έπρεπε να ξεπεραστούν. Εξετάζεται πως θα μπορούσε να συνδυαστεί με άλλες καινοτόμες τεχνολογίες. Τέλος εκτιμάται το ποια πλεονεκτήματα θα είχε η υιοθέτηση αυτή για την Ελληνική εμπορική ναυτιλία και την Ελληνική οικονομία γενικότερα.
- Η μελέτη κλείνει με ένα κεφάλαιο αφιερωμένο στα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή καθώς και μία σειρά προτάσεων για την ενσωμάτωση της τεχνολογίας του Blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα της οποίας μέρος είναι τα Ελληνικά λιμάνια και τερματικοί σταθμοί.



2.0 Επικουρικές Τεχνολογίες

Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη αποτελεσματικότητα της χρήσης της τεχνολογίας του Blockchain, θα πρέπει να συνδυαστεί με μία σειρά άλλων τεχνολογιών του διαδικτύου. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά των πιο συχνά συνδυαζόμενων τεχνολογιών.

2.1 Internet of Things

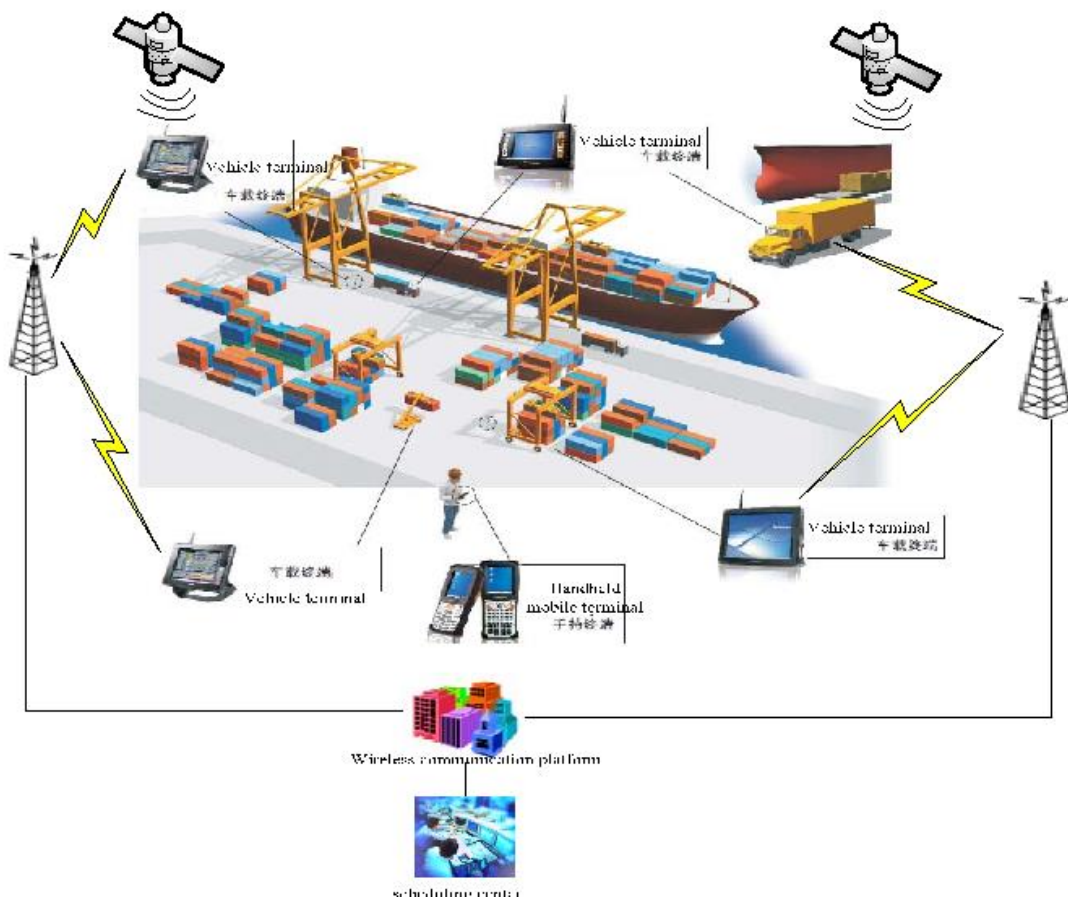
Ο όρος Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things–IoT) αναφέρεται στη σύνδεση ποικίλων συσκευών στο Διαδίκτυο. Οποιαδήποτε αυτόνομη συσκευή συνδεδεμένη στο Διαδίκτυο που μπορεί να παρακολουθείται και/ή να ελεγχθεί από απομακρυσμένη τοποθεσία θεωρείται συσκευή συμβατή με το IoT και το σύνολο αυτών αποτελεί το οικοσύστημα του. Στην δομή των συσκευών αυτών περιλαμβάνονται αισθητήρες και εξοπλισμός δικτύωσης. Η λειτουργία τους διαιρείται σε δύο επίπεδα. Το ένα επίπεδο καθορίζει τις συνθήκες εισόδου στο διαδίκτυο και τη διαχείριση της επικοινωνίας του μέσω αυτού. Στο άλλο επίπεδο προσδιορίζεται η σκοπιμότητα χρήσης της. Είναι ένα σημαντικό μέρος της αναπτυσσόμενης οικονομίας που βασίζεται σε δεδομένα, καθώς γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου. Η χρήση των συσκευών αυτών έχει βρει εφαρμογές (πέρα από τη ψυχαγωγία) στη βιομηχανία, τις μεταφορές, την άμυνα, την αγροτική παραγωγή, την διαχείριση των υποδομών, το εμπόριο, την οικονομία. Το ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια έχει ενταθεί σε μεγάλο βαθμό με αποτέλεσμα μεγάλες εταιρείες του κλάδου των νέων τεχνολογιών να παράγουν συνεχώς συσκευές με βελτιωμένες δυνατότητες. Έχουν επίσης αναπτυχθεί κατάλληλα πρωτόκολλα επικοινωνίας για τη μετάδοση των δεδομένων από και προς τις συσκευές αυτές. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πλατφόρμες IoT που γεφυρώνουν τους αισθητήρες των συσκευών και τα δίκτυα δεδομένων. Καθώς διευρύνεται το IoT, η ασφάλεια και το απόρρητο αποτέλεσαν σημαντική μέριμνα. Οι συσκευές είναι εκτεθειμένες στις ευπάθειες του κυβερνοχώρου. Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας του IoT είναι τα εξής:

- **Συνδεσιμότητα:** Είναι το βασικότερο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας IoT, καθώς αφορά την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ των αλληλένδετων στοιχείων των οικοσυστημάτων IoT. Πάνω στη βάση αυτή στηρίζεται το σύνολο της προσέγγισης του. Η συνδεσιμότητα αφορά την αξιοποίηση διαφόρων πρωτοκόλλων διαφορετικών επιπέδων συνδεσιμότητας στο διαδίκτυο ώστε να επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας του.
- **Αίσθηση:** Συχνά οι συσκευές του IoT λαμβάνουν αναλογικά σήματα τα οποία ψηφιοποιούν και περνάνε μετά σε προσαρμοσμένη μετάδοση του ψηφιακού σήματος.
- **Ενεργή σύνδεση:** Η συσκευή IoT συνδέει διάφορα προϊόντα, τεχνολογίες και υπηρεσίες πολλαπλών πλατφορμών όπου συνεργάζονται εγκαθιδρύοντας μια ενεργή δέσμευση μεταξύ τους. Συνήθως χρησιμοποιείται η τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους ώστε τα ακατέργαστα δεδομένα που προέρχονται από τις συσκευές να οδηγούνται σε κατάλληλες διατάξεις επεξεργασίας.
- **Κλιμάκωση:** Οι συσκευές IoT σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να κλιμακώνονται εύκολα ενώ και οι πάροχοι υπηρεσιών υποδομών IoT προσαρμόζουν ανάλογα τις υποδομές τους.
- **Δυναμική:** Η δυναμική του IoT καθορίζεται από την χρησιμότητα των δεδομένων που παράγουν οι αντίστοιχες συσκευές για τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Καθώς έχουν την δυνατότητα να παράγουν με ταχύτητα και συνεχώς δεδομένα, να τα μεταδίδουν σε διατάξεις επεξεργασίας (επίσης γρήγορα) αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων.
- **Ευφυΐα:** Τα δεδομένα των αισθητήρων των συσκευών συχνά αποτελούν είσοδο για διαδικασίες μηχανικής μάθησης.
- **Ενέργεια:** Οι απαιτήσεις ενεργείας για τη λειτουργία των συσκευών IoT, πολλές φορές αποτελούν περιορισμούς για την χρήση τους.
- **Ασφάλεια:** Η προσέγγιση του IoT παρουσιάζει το σύνολο των ευπαθειών του διαδικτύου.

Σε ότι αφορά την εφαρμογή των τεχνολογιών του Internet Of Things στη λειτουργία των λιμένων, θα μπορούσε να επικεντρωθεί στη χρήση αισθητήρων για:

- Την ακριβή θέση των πλοίων και τον υπολογισμό της ώρας άφιξης.
- Την κατάσταση φόρτωσης των πλοίων.
- Την κατάσταση εντός των εμπορευματοκιβωτίων.
- Την κατάσταση των χώρων αποθήκευσης των εμπορευματοκιβωτίων (Bayoumi, 2020).

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται σχηματικά η εφαρμογή του IoT στη λειτουργία των



Εικόνα 1: Η εφαρμογή του IoT στη λειτουργία των λιμένων

λιμένων (Xisong, Gang, Yuantao, Xiujiang, & Yisheng, 2013).



2.2 Cloud Computing

Το υπολογιστικό νέφος (cloud computing) αφορά την πρόσβαση χρηστών του διαδικτύου σε πόρους που ανήκουν σε τρίτους για δικό τους όφελος αντί προσυμφωνημένου αντιτίμου. Αποτελείται από εφαρμογές, υποδομές και λογισμικό που διατίθενται ως υπηρεσίες μέσω του διαδικτύου και που λειτουργούν σε φυσικό επίπεδο στις εγκαταστάσεις ενός τρίτου παρόχου. Οι πόροι αυτοί αναφέρονται ως υπολογιστικό νέφος καθώς η χρήση τους χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα αφαίρεσης (Μανουσάκης-Κοκκοράκης 2013). Ο ορισμός που δίνει το National Institute of Standards and Technology αναφέρει: «Το υπολογιστικό νέφος (cloud computing) είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει ευέλικτη, κατόπιν αιτήσεως (on-demand) δικτυακή πρόσβαση σε ένα κοινόχρηστο σύνολο παραμετροποιήσιμων υπολογιστικών πόρων (π.χ. δίκτυα, εξυπηρετητές (servers), αποθηκευτικοί χώροι, εφαρμογές και υπηρεσίες), το οποίο μπορεί να τροφοδοτηθεί γρήγορα και να διατεθεί με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή αλληλεπίδραση με τον πάροχο της υπηρεσίας. Αυτό το νεφοϋπολογιστικό (cloud) μοντέλο προωθεί την διαθεσιμότητα και αποτελείται από πέντε βασικά χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα παροχής υπηρεσιών, και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης» (MellandGrance 2011). Ο ορισμός αυτός καθορίζει δύο βασικά μέρη στη λειτουργία του υπολογιστικού νέφους:

- Πελάτης: Είναι αυτός που χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους.
- Πάροχος: Είναι αυτός που διαθέτει τους υπολογιστικούς πόρους και τους διαμοιράζει σε πολλούς πελάτες.(Mell and Grance 2011).

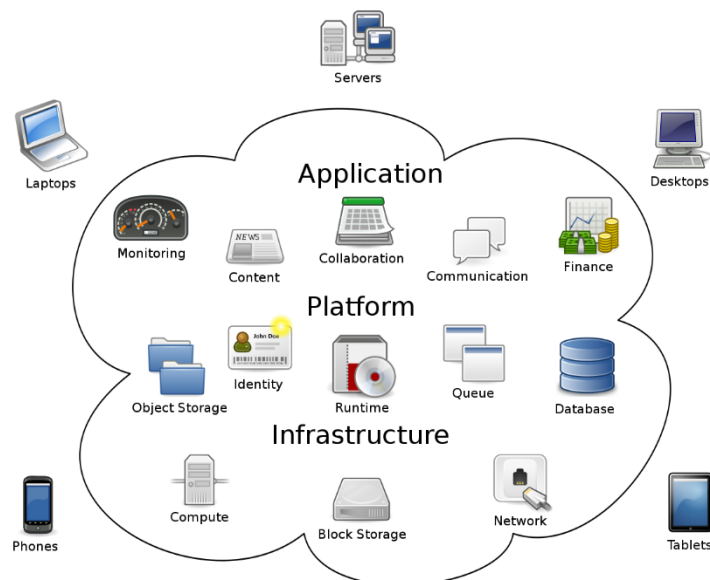
Η προσέγγιση του υπολογιστικού νέφους χαρακτηρίζεται από τα εξής βασικά (Chunye Gong 2010)στοιχεία:

- Αυτόνομη εξυπηρέτηση του πελάτη με υψηλό επίπεδο διαφάνειας με υψηλή διαθεσιμότητα και διαφάνεια.
- Διαδικτυακές διεπαφές πρόσβασης για τους πελάτες.
- Διαφάνεια σε μηχανισμούς ασφάλειας και αποδοτικότητας των χρησιμοποιούμενων πόρων.



- Εξυπηρέτηση πολλών πελατών με την ίδια υποδομή μέσα από μηχανισμούς διαφανούς διαμοιρασμού του. Ο διαμοιρασμός αυτός γίνεται με ευελιξία και κλιμακώνεται ανάλογα με τις ανάγκες του πελάτη.
- Καθιέρωση μετρικών χρήσης των διατιθέμενων πόρων ώστε να γίνεται ανάλογα και η χρέωση των διατιθέμενων υπηρεσιών στον πελάτη. (Chunye Gong 2010).

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται μια αφαιρετική απεικόνιση της προσέγγισης του cloud computing.



Εικόνα 2: Αφαιρετική απεικόνιση του cloud computing

Ανάλογα με την μορφή των διατιθέμενων υπηρεσιών αυτές διακρίνονται σε (MellandGrance 2011):

- Software-as-a-Service: Η κατηγορία αυτή των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους σχετίζεται με την χρήση λογισμικού. Ο πελάτης αποκτά την δυνατότητα να χρησιμοποιεί για ορισμένο χρονικό διάστημα λογισμικό με βάση μία συμφωνία που έχει γίνει με τον πάροχο. Με τον τρόπο αυτό ο πελάτης αποκτά την άδεια να χρησιμοποιεί ένα πακέτο λογισμικού χωρίς να



χρειάζεται να το προμηθευτεί. Το λογισμικό βρίσκεται εγκατεστημένο σε έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές που είναι διαθέσιμοι μέσω του διαδικτύου.

- Platform-as-a-Service: Ο πάροχος διαθέτει στον πελάτη πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού, ώστε να έχουν την δυνατότητα να σχεδιάζουν και να υλοποιούν εφαρμογές χωρίς να χρειάζεται να εγκαταστήσουν, να συντηρούν και να αναβαθμίζουν εξειδικευμένο λογισμικό και υλικό. Οι υπηρεσίες διαθέτουν κατάλληλα Application Programming Interface για την διαλειτουργικότητα ενός συστήματος με συγκεκριμένες υπηρεσίες των διακομιστών.
- Infrastructure-as-a-Service: Αφορούν την δέσμευση υπολογιστικών και δικτυακών πόρων και υποδομών. Συνήθως αφορούν την διάθεση υποδομών για την λειτουργία πληροφοριακών συστημάτων οργανισμών ώστε να εγκατασταθούν τα απαραίτητα πακέτα λογισμικού που υποστηρίζουν την αποδοτική τους λειτουργία.

Ανάλογα με το πως διαμορφώνεται το νέφος, διακρίνεται σε (Zhang 2015):

- Δημόσιο Νέφος (Public Cloud): Αποτελείται από ένα σύνολο υπολογιστικών πόρων οι οποίοι παρέχονται στον πελάτη μέσω του διαδικτύου. Το υλικό και το λογισμικό που χρησιμοποιούνται βρίσκονται εξ' ολοκλήρου εγκατεστημένα στις εγκαταστάσεις του παρόχου.
- Αποκλειστικό Νέφος (Dedicated Cloud): Στην περίπτωση αυτή το υλικό και το λογισμικό είναι εγκατεστημένα στην πλευρά του παρόχου και λειτουργούν αποκλειστικά για έναν συγκεκριμένο πελάτη.
- Ιδιωτικό Νέφος (Private Cloud): Περιλαμβάνει ένα σύνολο υπολογιστικών πόρων που προσφέρονται με την μορφή υπηρεσιών που καθορίζονται, σχεδιάζονται και ελέγχονται από έναν οργανισμό.
- Ιδιωτική Υποδομή Νέφους (Private Cloud Appliance): Η ανάπτυξη και συντήρηση της υποδομής είναι αρμοδιότητα του παρόχου ενώ η διαχείριση του λογισμικού γίνεται από τον πελάτη.



- Κοινοτικό Νέφος (Community Cloud): Είναι μορφή υπολογιστικού νέφους όπου η υποδομή του είναι κατανεμημένη σε διαφορετικούς οργανισμούς.
- Υβριδικό Νέφος (Hybrid Cloud): Είναι νέφος το οποίο συνδυάζει τα χαρακτηριστικά τόσο των δημοσίων όσο και των ιδιωτικών νεφών.

Η υποδομή του Blockchain μπορεί να εγκατασταθεί σε υποδομή του υπολογιστικού νέφους. Με τον τρόπο αυτό είναι εφικτό για κάθε οργανισμό να απολαμβάνει τα πλεονεκτήματα του με κόστος προσιτό. Επιπλέον ο οργανισμός απαλλάσσεται από τη ανάγκη για την μέριμνα της συντήρησης των υποβοσκόντων πληροφοριακών συστημάτων καθώς και για την φυσική και λογική τους ασφάλειας.

2.3 BigData

Με τον όρο Μεγάλα Δεδομένα (BigData), περιγράφεται ένας ερευνητικός τομέας που έχει αντικείμενο την ανάλυση και την συστηματική εξόρυξη πληροφοριών από μεγάλα σύνολα δεδομένων². Στον όρο περιλαμβάνεται ο όγκος τους, η ταχύτητα που δημιουργούνται ή διαμοιράζονται και η ποικιλία των τομέων που αναφέρονται. Μπορεί να προέρχονται από διαδικασίες εξόρυξης δεδομένων και συναντώνται σε ποικίλες μορφές. Η απαίτηση που έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια για την επεξεργασία τους προέκυψε σαν αποτέλεσμα της διεύρυνσης του διαδικτύου. Σήμερα το διατιθέμενο περιεχόμενο στο διαδίκτυο πολλαπλασιάστηκε σε βαθμό τέτοιο που ο εντοπισμός του ωφέλιμου φόρτου τους είναι δύσκολη και αυτό επέτεινε την μελέτη για την εξεύρεση αποδοτικών τρόπων για την επεξεργασία.

Τα μεγάλα δεδομένα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως μη δομημένα ή δομημένα. Τα δομημένα δεδομένα αποτελούνται από πληροφορίες που ήδη διαχειρίζεται ο οργανισμός σε βάσεις δεδομένων ή άλλες παραδοσιακές μορφές δομών δεδομένων. Τα μη δομημένα δεδομένα είναι αυτά τα οποία δεν είναι οργανωμένα και δεν περιγράφονται με ένα προκαθορισμένο μοντέλο ή μορφή. Περιλαμβάνει δεδομένα που συλλέγονται από ελεύθερες πηγές, κυρίως εφαρμογές μέσω κοινωνικής

² Μεγάλα σε όγκο ή/και σε τέτοια μορφή που η επεξεργασία τους με παραδοσιακές μεθόδους καθίσταται δύσκολη.

δικτύωσης³. Τις περισσότερες φορές αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων και αναλύονται με ειδικό για το σκοπό αυτό λογισμικό που ερευνά τη συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών τύπων δεδομένων. Τέτοιες αξιολογήσεις μπορούν να γίνουν εσωτερικά (από τον παραγωγό – ιδιοκτήτη τους) ή εξωτερικά (από τρίτο μέρος) με στόχο πάντα την προσπάθεια παραγωγής κατανοητού από τον άνθρωπο αποτελέσματος. Τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Σε έναν οργανισμό τα ευρήματα της ανάλυσης δεδομένων μπορεί να αποτελέσει αντικειμενική αναφορά για υφιστάμενες καταστάσεις και τάσεις. Βασικός στόχος των μεθοδολογιών της επεξεργασίας των μεγάλων δεδομένων είναι να αυξηθεί η ταχύτητα της παραγωγής της πληροφορίας που εμπεριέχουν με την μείωση της πολυπλοκότητας του ελέγχου και της επεξεργασίας τους (Segal 2021).

Τα μεγάλα δεδομένα συχνά χαρακτηρίζονται από τα πέντε V⁴:

- Μεγάλος όγκος (Volume) διαθεσίμων δεδομένων.
- Μεγάλη ποικιλία (Variety) τύπων δεδομένων που αποθηκεύονται συχνά σε συστήματα μεγάλων δεδομένων
- Μεγάλη Ταχύτητα (Velocity): Αναφέρεται στο ρυθμό με τον οποίο παράγονται, συλλέγονται και αναλύονται τα δεδομένα.
- Value (Αξία) που περιγράφει την αξία της επεξεργασίας τους για τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στους κάθε είδους οργανισμούς.
- Ακρίβεια-Εγκυρότητα (Veracity-Validity): Αποτελούν στην πραγματικότητα ερωτήματα για την ποιότητα των δεδομένων.
- Viscosity (Πολυπλοκότητα) που περιγράφει το γεγονός ότι η επεξεργασία τους παρουσιάζει υψηλή πολυπλοκότητα.

³ Συλλέγονται από σχόλια σε κοινωνικά δίκτυα και ιστότοπους, από απαντήσεις ερωτηματολογίων, από κινήσεις καταναλωτών σε εμπορικού ενδιαφέροντος ιστοσελίδες και την γενικότερη δραστηριότητα των ανθρώπων στοιχεία της οποίας επιλέγονται από δικτυοκεντρικές εφαρμογές

⁴ Αυτά τα χαρακτηριστικά αναγνωρίστηκαν για πρώτη φορά το 2001 από τον Doug Laney, (αναλυτής στην εταιρεία συμβούλων Meta Group Inc) ενώ η Gartner τα έκανε ακόμη πιο δημοφιλή μετά την εξαγορά του Meta Group το 2005.



- Volatility (Μεταβλητότητα) που περιγράφει την αντοχή της εγκυρότητας και της αξίας τους στο χρόνο (Hrehova, 2022) (Hussein, 2020).

Τα μεγάλα δεδομένα μπορεί να αποτελέσουν χρήσιμες πηγές πληροφόρησης για να εξυπηρετήσουν και να βελτιώσουν τις διαδικασίες της εμπορικής ναυτιλίας. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να αναφέρονται στην κατάσταση και τις δυνατότητες των λιμένων, χρονικές και γεωγραφικές πληροφορίες σχετικά με τα ταξίδια και λοιπές πληροφορίες που μπορεί να είναι ελεύθερα διαθέσιμες αλλά θα πρέπει να προκύψουν από την επεξεργασία μεγάλου όγκου και ποικιλίας δεδομένων. Οι επεξεργασμένες πληροφορίες είναι εφικτό να αποθηκεύονται με κατάλληλο τρόπο στο Blockchain.

3.0 Η τεχνολογία του Blockchain

Για να εκτιμηθεί η αξία της προσαρμογής της τεχνολογίας του Blockchain στη λειτουργία των λιμένων και των τερματικών σταθμών, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί μία βάση γνώσης των βασικών της χαρακτηριστικών. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται τα βασικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής της, οι τρόποι που αντιμετωπίζει τις προκλήσεις (κυρίως αυτές που σχετίζονται με την αποδοτικότητα, την ταχύτητα και τη ασφάλεια), τα πλεονεκτήματά της. Τέλος γίνεται και μία συνοπτική αναφορά στις επιτυχημένες εφαρμογές του.

3.1 Γενική Περιγραφή - Ορισμός

Το Blockchain είναι μια σχετικά νέα προσέγγιση για τη διαχείριση ποικίλων μορφών συναλλαγών. Εδράζεται στην αποθήκευση των δεδομένων που τις περιγράφουν σε δομές που έχουν τη μορφή διασυνδεδεμένων block (σε διάταξη αλυσίδας) όπου κάθε ένα από αυτά συσχετίζεται στενά με τα προηγούμενα του. Αυτή η εξάρτηση μεταξύ των Blocks εξασφαλίζει την αυθεντικότητα και την ακεραιότητα των καταγεγραμμένων σε αυτά δεδομένων. Το σύνολο της αλυσίδας των Block είναι διαθέσιμα για επεξεργασία σε αυτούς που είναι εξουσιοδοτημένοι και οι οποίοι συνθέτουν ένα δίκτυο ομότιμων κόμβων. Εκείνο που ξεχωρίζει την προσέγγιση του Blockchain από την παρόμοια σκοπιμότητας είναι η εξάλειψη της απαίτησης κάποιας τρίτης οντότητας για τον έλεγχο ορθότητας και εγκυρότητας των συναλλαγών. Η έμπιστη τρίτη οντότητα αντικαθίσταται από το σύνολο ή μέρος των συμμετεχόντων στο δίκτυο των ομότιμων, οι οποίοι είναι εξουσιοδοτημένοι να προβαίνουν στην επικύρωση των συναλλαγών από κοινού (cepal, 2021).

Η ποικιλία των χαρακτηριστικών του και των διαφορετικών τρόπων που μπορούν να εφαρμοστούν σε εφαρμογές διαφορετικών προσανατολισμών, συμβάλλει στην έκφραση ορισμών που εστιάζουν σε διαφορετικές πτυχές του. Σύμφωνα με το NIST⁵ το Blockchain είναι κατανεμημένο ψηφιακό βιβλίο, κρυπτογραφικά

⁵ National Institute of Science and Technology



υπογεγραμμένων συναλλαγών, που ομαδοποιούνται σε μπλοκ. Κάθε μπλοκ συνδέεται κρυπτογραφικά με το προηγούμενο (αποκαλύπτοντάς τις πιθανές παραβιάσεις) μετά την επικύρωση και τη λήψη συναινετικής απόφασης από το σύνολο των συμμετεχόντων σε ένα δίκτυο ομότιμων κόμβων. Καθώς προστίθενται νέα μπλοκ, τα παλαιότερα μπλοκ γίνονται πιο δύσκολο να τροποποιηθούν (δημιουργώντας ισχυρή αντίσταση παραβίασης). Τα νέα μπλοκ αναπαράγονται σε αντίγραφο του καθολικού εντός του δικτύου και τυχόν διενέξεις επιλύονται αυτόματα χρησιμοποιώντας προκαθορισμένα πρωτόκολλα. Ένας άλλος ορισμός το περιγράφει ως ένα ανοιχτό κατακευματισμένο βιβλίο που μπορεί να καταγράφει τις συναλλαγές μεταξύ δύο μερών αποτελεσματικά, με επαληθεύσιμο και μόνιμο τρόπο. Μία άλλη εκδοχή αναφέρει ότι είναι μία αποκεντρωμένη, κατακευματισμένη και δημόσια ψηφιακή λογιστική λίστα που χρησιμοποιείται για την καταγραφή συναλλαγών σε πολλούς κόμβους. Αναφέρθηκε επίσης και σαν μια εγγραφή που βασίζεται σε βάση δεδομένων συναλλαγών σε μια αμοιβαία κατακευματισμένη κρυπτογραφική δομή δεδομένων που μοιράζεται μεταξύ όλων των κόμβων που συμμετέχουν σε ένα σύστημα. Κοινός παρονομαστής των παραπάνω ορισμών είναι ότι το Blockchain, είναι μια τεχνολογία που παρέχει προσβάσιμο και επαληθεύσιμο έλεγχο δεδομένων στο κατακευματισμένο ή αποκεντρωμένο περιβάλλον σε κάθε συμμετέχοντα κόμβο με ταχύτητα. Δεν υπάρχει ενιαία ή κεντρική αρχή για την επικύρωση/επαλήθευση των κόμβων. Αντίθετα, για να συμμετάσχει σε ένα δίκτυο, ένας κόμβος πρέπει να επικυρωθεί λύνοντας ένα μαθηματικό πρόβλημα που ονομάζεται απόδειξη εργασίας. Ένας κόμβος που πετυχαίνει μια απόδειξη εργασίας μπορεί να εισάγει ένα μπλοκ (Shrimalia & Patelb, 2021).

Το blockchain είναι ουσιαστικά ένας ψηφιακό μέσο καταγραφής δοσοληψιών που αντιγράφεται και διανέμεται σε ολόκληρο το δίκτυο υπολογιστών που συμμετέχουν στο σύστημα. Η πρόσβαση σε αυτό το μέσο ελέγχεται από τους υπόλοιπους συμμετέχοντες. Κάθε μπλοκ στην αλυσίδα περιέχει έναν αριθμό συναλλαγών και κάθε φορά που πραγματοποιείται μια νέα συναλλαγή, μια εγγραφή αυτής της συναλλαγής προστίθεται σε ένα block το οποίο είναι ενεργό. Όταν το block αυτό συμπληρωθεί με έναν προκαθορισμένο αριθμό δοσοληψιών, τοποθετείται στην αλυσίδα αφού συνδεθεί με μοναδικό τρόπο με το προηγούμενο block. Οι δοσοληψίες



καταγράφονται και διατηρούνται από όλους τους χρήστες με αμετάβλητο και επαληθεύσιμο τρόπο. Η αλυσίδα που δημιουργείται με τον τρόπο αυτό, συνιστά ένα είδος αποκεντρωμένης βάσης δεδομένων, της οποίας η διαχείριση δεν είναι αρμοδιότητα μίας συγκεκριμένης οντότητας αλλά κατανέμεται σε όλους όσους συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της. Η προσέγγιση αυτή για την αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων ονομάζεται Distributed Ledger Technology (DLT). Τα χαρακτηριστικά των υλοποιήσεων που βασίζονται στην DLT είναι (itu, 2019) (Patel & Ganne, 2020):

- Μπορούν να εκτελούν αυτοματοποιημένες, προγραμματίσιμες λειτουργίες.
- Εξασφαλίζονται από ισχυρές μεθόδους κρυπτογράφησης
- Είναι κατανεμημένες αφού οι οντότητες που συμμετέχουν κρατούν ένα αντίγραφο εξασφαλίζοντας τη διαφάνεια των δοσοληψιών.
- Οι έγκυρες εγγραφές είναι προστατευμένες από αλλοιώσεις καθώς η μορφή με την οποία αποθηκεύονται εξαρτάται από όλα τα περιεχόμενα της αλυσίδας.
- Παρέχουν υψηλό βαθμό ανωνυμίας στους συμμετέχοντες.
- Κάθε συναλλαγή προσδιορίζεται από την χρονοσφραγίδα που αντιστοιχεί στον χρόνο ολοκλήρωσης της.
- Όλες οι συμμετέχουσες οντότητες συμφωνούν για την εγκυρότητα της κάθε εγγραφής.

Οι πρώτες εφαρμογές του Blockchain εφαρμόστηκαν στο κρυπτονόμισμα Bitcoin το 2008 (Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2018). Οι σοβαρές αστοχίες που εμφανίστηκαν τα πρώτα χρόνια της εφαρμογής του, αντιμετωπίστηκαν με κατάλληλες αναπροσαρμογές της δομής και των λειτουργιών του. Μέσα σε περίπου μία δεκαετία προσαρμόστηκε στην λειτουργία ποικίλων πληροφοριακών συστημάτων, συμβάλλοντας στην αυτοματοποίηση των



διαδικασιών τους, την ασφάλεια των δοσοληψιών που διεξάγονται σε αυτά και στην επιτάχυνση ολοκλήρωσης των λειτουργιών τους. Η επιτυχία του στον ευαίσθητο τομέα της οικονομίας, ήταν ένα κριτήριο που βοήθησε στην ανάπτυξη της μελέτης για την βελτίωση των πρακτικών του αλλά και την προσαρμογή τους για εφαρμογή και σε άλλους τομείς. Μέσα σε μία περίπου δεκαετία έχει γίνει πλέον δημοφιλής λόγω της ικανότητας της να παρέχει ισχυρή ασφάλεια συναλλαγών χωρίς την απαίτηση συμμετοχής τρίτης οντότητας. Αυτό το χαρακτηριστικό συμβάλλει στην μείωση του κόστους διαχείρισης δοσοληψιών (Doumenis, Izadi, & Dhamdhare, 2021).

3.2 Η φιλοσοφία του Blockchain

Η φιλοσοφία του Blockchain βασίζεται στη δυνατότητα διεύρυνσης της εξουσιοδότησης για τον έλεγχο και την επικύρωση των δοσοληψιών που πραγματοποιούνται σε ένα οικοσύστημα. Οι δοσοληψίες μπορεί να αναφέρονται σε υλικά και άυλα αγαθά. Μπορεί να περιγράφουν μεταβίβαση αξιών, παροχή υπηρεσιών. Σε πολλές περιπτώσεις εφαρμογής του, αυτού του είδους η εξουσιοδότηση παρέχεται στο σύνολο των συμμετεχόντων. Οι διαφορές της κεντρικοποιημένης εξουσιοδότησης και της κατανεμημένης, περιγράφονται παρακάτω:

- Κεντρική εξουσιοδότηση: Στην περίπτωση αυτή υποδεικνύεται μία κοινά αποδεκτή, έμπιστη τρίτη οντότητα η οποία εξουσιοδοτείται (και μόνο αυτή) για την επικύρωση των δοσοληψιών. Στον οικονομικό κλάδο τον ρόλο αυτό σε ότι αφορά τις οικονομικές συναλλαγές, διαδραματίζουν τα τραπεζικά ιδρύματα. Η επιτυχία των σχημάτων που στηρίζονται σε τέτοιου είδους εξουσιοδότηση προϋποθέτει την ακεραιότητα της οντότητας που αναλαμβάνει τον ρόλο αυτό. Συνήθως αυτή η αξιοπιστία βεβαιώνεται από νομικούς θεσμικούς παράγοντες.



- Αποκεντρωμένη Εξουσιοδότηση: Τα σχήματα που στηρίζονται σε αποκεντρωμένη εξουσιοδότηση, ενεργοποιούν μηχανισμούς που εκτελούν την επικύρωση των δοσοληψιών με τη συμμετοχή οντοτήτων που συμμετέχουν στο υφιστάμενο οικοσύστημα. Οι οντότητες αυτές μπορεί να μην γνωρίζει η μία για την άλλη επαρκείς πληροφορίες ώστε να υπάρχει μεταξύ τους εμπιστοσύνη. Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι η αντοχή του σε προσπάθειες χειραγώγηση και αποκλεισμού. Επιπλέον είναι ασφαλές σε επιθέσεις παραβίασης των δεδομένων που περιλαμβάνονται στις δοσοληψίες και αντιμετωπίζει με αποτελεσματικότητα το ενδεχόμενο απωλειών δεδομένων (Hameed, Khan, Noman, & Ahmad, 2019).

3.3 Ιστορικό

Η πρώτη αναφορά σχετική με το Blockchain έγινε το 2008, από μία οντότητα (δεν έχει ακόμα αποσαφηνιστεί αν επρόκειτο για έναν άνθρωπο ή μια ομάδα ανθρώπων) που αυτοπροσδιορίστηκε με το όνομα Satoshi Nakamoto⁶. Σε μία δημοσίευση του με τίτλο «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System», περιέγραψε μια εκδοχή ενός δικτύου ομότιμων κόμβων για την διενέργεια οικονομικών δοσοληψιών με τη χρήση ηλεκτρονικών νομισμάτων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της προσέγγισης αυτής ήταν ότι θα επέτρεπε την αποστολή ηλεκτρονικών πληρωμών απευθείας από το ένα μέρος στο άλλο χωρίς να περάσουν από ένα χρηματοπιστωτικό ίδρυμα (που θα επικύρωνε τη συναλλαγή ως μία έμπιστη τρίτη οντότητα). Το Bitcoin αποτέλεσε την πρώτη καταγεγραμμένη εφαρμογή αυτής της ιδέας⁷. Στις 18 Αυγούστου του 2008 κατοχυρώθηκε το domain name bitcoin.com και στις 31 Οκτωβρίου δημοσιεύθηκε έγγραφο περιγραφής της προσέγγισης του Bitcoin ενώ στις 9 Νοεμβρίου το Bitcoin καταχωρήθηκε στο SourceForge.net. Στη δημοσίευση αυτή το

⁶ Ο συγγραφέας της πρώτης εργασίας ήθελε να παραμείνει ανώνυμος και ως εκ τούτου κανείς δεν γνωρίζει τον Satoshi Nakamoto μέχρι σήμερα.

⁷ Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο πολλοί άνθρωποι συγχέουν την τεχνολογία του Blockchain με τα κρυπτονομίσματα σε βαθμό που να τα εξομοιώνουν. Αποτέλεσμα αυτού είναι να χρησιμοποιείται η λέξη κρυπτονομίσματα για να περιγράψει κάθε τεχνική επικύρωσης δοσοληψιών όπου χρησιμοποιούνται μηχανισμοί κρυπτογραφίας και δεν υπεισέρχονται στην διαδικασία επικύρωσης τους μηχανισμοί που βασίζονται στην συμβολή έμπιστης τρίτης οντότητας.



Bitcoin προσδιορίστηκε σαν μία αλληλουχία από ψηφιακές υπογραφές, όπου κάθε ιδιοκτήτης μεταφέρει το νόμισμα στον άλλο με την ψηφιακή υπογραφή της προηγούμενης συναλλαγής και το δημόσιο κλειδί του επόμενου ιδιοκτήτη. Όλα αυτά προστίθενται στο τέλος του νομίσματος. Ο δικαιούχος πληρωμής μπορεί να επαληθεύσει τις υπογραφές, επαληθεύοντας τις διαδοχικές αλλαγές ιδιοκτησίας. (Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2009). Λίγους μήνες αργότερα, δημοσιεύτηκε στο διαδίκτυο ένα πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα που υλοποιούσε το νέο πρωτόκολλο που ξεκίνησε με το μπλοκ Genesis των 50 νομισμάτων. Οποιοσδήποτε μπορούσε να εγκαταστήσει αυτό το πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα και να γίνει μέρος του δικτύου bitcoin peer-to-peer. Η έκδοση 1.0 του Bitcoin παρουσιάστηκε στις 9 Ιανουαρίου 2009 και στις 12 Ιανουαρίου 2009 καταγράφηκε η πρώτη οικονομική συναλλαγή με Bitcoin (Crosby, και συν. 2015). Ήταν ένα νέο ηλεκτρονικό σύστημα οικονομικών συναλλαγών που χρησιμοποιούσε peer-to-peer δίκτυο⁸ με έμφαση στην μέριμνα για την αποφυγή εκτέλεσης διπλών συναλλαγών (Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2009). Η ανάπτυξη του κρυπτονομίσματος ήταν ραγδαία τα πρώτα χρόνια. Τον Αύγουστο του 2010 παρατηρήθηκε ένα κενό ασφαλείας του συστήματος που οδήγησε στην δημιουργία 184.000.000 bitcoins χωρίς αντίκρισμα. Με αφορμή την αδυναμία αυτή αναπτύχθηκε μία νέα αναβαθμισμένη έκδοση του συστήματος (National Vulnerability Database, 2012). Το 2011 καταγράφηκε για πρώτη φορά η ισοτιμία του με το δολάριο και τον Μάρτιο του 2013 η συνολική αξία τους έφτασε το 1 δισεκατομμύριο δολάρια. Τον Ιούνιο του 2013 καταγράφηκε η πρώτη του αστοχία καθώς αναφέρθηκε απώλεια 25.000 bitcoins από ηλεκτρονικό πορτοφόλι. Το γεγονός αυτό επέφερε τη μελέτη για την ισχυροποίηση των μηχανισμών ασφαλείας.

Μία ακόμα εφαρμογή της τεχνολογίας του Blockchain είναι το Ethereum που πρωτοπαρουσιάστηκε το 2015. Βασικός του στόχος ήταν να συγχωνευθούν και να αναβαθμιστούν οι έννοιες του scripting, των εναλλακτικών ηλεκτρονικών

⁸ Δίκτυο peer-to-peer: Ένα δίκτυο υπολογιστών peer-to-peer (ή P2P) είναι ένα δίκτυο που επιτρέπει σε δύο ή περισσότερους υπολογιστές να μοιράζονται τους πόρους τους ισοδύναμα. Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιεί την επεξεργαστική ισχύ, τον αποθηκευτικό χώρο και το εύρος ζώνης (bandwidth) των κόμβων. Όλοι οι κόμβοι του δικτύου έχουν ίσα δικαιώματα. Πληροφορίες που βρίσκονται στον ένα κόμβο, ανάλογα με τα δικαιώματα που καθορίζονται, μπορούν να διαβαστούν από όλους τους άλλους και αντίστροφα.



νομισμάτων και των πρωτοκόλλων που διέπουν τις λειτουργίες του Blockchain ώστε να δημιουργηθεί μία βάση για τους προγραμματιστές να δημιουργούν ανεξάρτητες εφαρμογές που βασίζονται στην καθολική συναίνεση και να είναι επεκτάσιμες, τυποποιημένες, να είναι εύκολα υλοποιήσιμες, πλήρεις στην εκτέλεση της λειτουργικότητας τους. Το Ethereum το επιτυγχάνει αυτό δημιουργώντας ένα γενικευμένο στρώμα Blockchain με αφηρημένη λειτουργικότητα. Ο ενδιαφερόμενος προγραμματιστής μπορεί να προσαρμόσει την υλοποίηση του στη βάση αυτή, να συντάξει έξυπνα ηλεκτρονικά συμβόλαια⁹ και αποκεντρωμένες εφαρμογές όπου μπορεί να δημιουργήσει τους δικούς του αυθαίρετους κανόνες ιδιοκτησίας, μορφές συναλλαγών και συναρτήσεις μετάβασης κατάστασης. Η εξέλιξη αυτή αποτέλεσε μία σημαντική γενίκευση της τεχνολογίας αυτής αφού κατέδειξε ότι μπορεί να προσαρμοστεί και να εξυπηρετήσει την λειτουργικότητα εφαρμογών διαφορετικής σκοπιμότητας (Buterin 2016).

3.4 Δομή του Blockchain

Η δομή του και ο τρόπος αποθήκευσης των δεδομένων στο Blockchain είναι τέτοια που μπορεί να διατηρεί όλο το ιστορικό συναλλαγών. Αυτό συμβαίνει διότι τα δεδομένα που τοποθετήθηκαν στην αλυσίδα στο παρελθόν, παραμένουν για πάντα σε αυτή και συμμετέχουν στην διαδικασία παραγωγής των δεδομένων που πρόκειται να τοποθετηθεί. Πέρα από τα γενικά χαρακτηριστικά της ανάπτυξης κάθε blockchain, μπορεί να καθορίζονται ειδικές προδιαγραφές για την δομή των μπλοκ και την καταχώρηση τους στην αλυσίδα, ανάλογα για το είδος της εφαρμογής που πρόκειται να υποστηριχθεί.

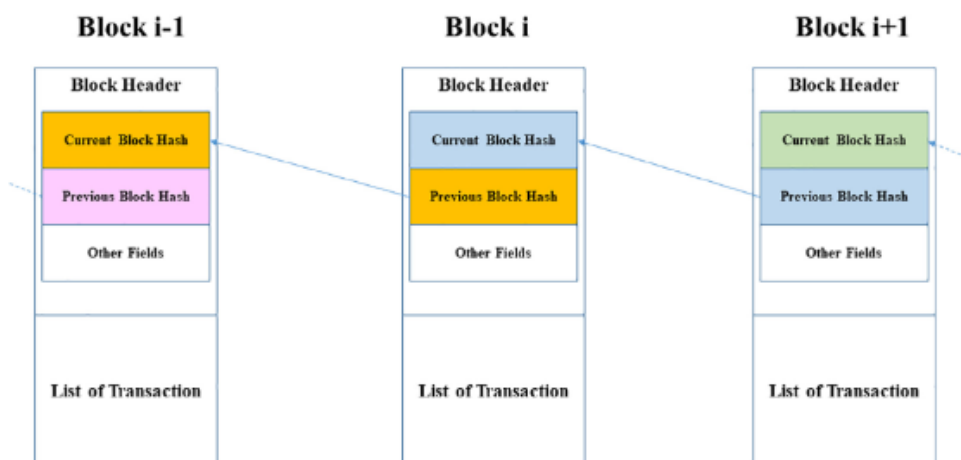
Τα δομικά στοιχεία του Blockchain περιλαμβάνουν:

- Τις δοσοληψίες που διεξάγονται μεταξύ των συμμετεχόντων
- Τα Block στα οποία οργανώνονται οι δοσοληψίες

⁹ Έξυπνα συμβόλαια είναι κρυπτογραφικές λειτουργικές μονάδες που περιέχουν αξία και την ξεκλειδώνουν μόνο εάν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις.

- Το δίκτυο ομότιμων κόμβων στο οποίο οργανώνονται οι συμμετέχοντες.

Η γενική μορφή του Blockchain φαίνεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα (Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2009):



Εικόνα 3: Η γενική μορφή του Blockchain

3.4.1 Δοσοληψία

Η δοσοληψία είναι μία πράξη και αποτελεί τη μικρότερη μονάδα δεδομένων που εισέρχεται σε ένα Block μετά από την επαλήθευση της από την πλειοψηφία των χρηστών του δικτύου blockchain (Singh 2020) (Post, SmitandZoet 2018). Τα δεδομένα που περιγράφουν και προσδιορίζουν μοναδικά την πράξη αυτή, οργανώνονται σε κατάλληλη δομή ώστε να είναι εύκολα επεξεργάσιμα και ανακτήσιμα. Οι συναλλαγές ορίζονται εναλλακτικά ως ένα μήνυμα μεταξύ των συμμετεχόντων και αποτελούνται από 3 τμήματα:

- Υπογραφή (Signature): Πρόκειται για την ψηφιακή υπογραφή του δημιουργού της δοσοληψίας (αυτού που αναλαμβάνει την πρωτοβουλία της δημιουργίας της). Δημιουργείται με το ιδιωτικό κλειδί του δημιουργού, έτσι ώστε άλλοι κόμβοι Bitcoin να μπορούν να επαληθεύσουν ότι το μήνυμα προήλθε πραγματικά από τον ίδιο.



- Δεδομένα σχετικά με τη δοσοληψία: Ανάλογα με τον προσανατολισμό της εφαρμογής την οποία υποστηρίζει το Blockchain, μπορεί να περιλαμβάνονται διαφορετικού τύπου δεδομένα.
- Είσοδος (Input): Είναι μία λίστα των υπογραφών - αναγνωριστικών των συναλλαγών που βρίσκονται στο Blockchain στις οποίες ο δημιουργός της τρέχουσας δοσοληψίας είναι ο παραλήπτης του μηνύματος. Ανάλογα με τον προσανατολισμό της εφαρμογής που υποστηρίζει το Blockchain, είσοδος μπορεί να αποτελείται από διαφορετικές δομές δεδομένων και να έχει διαφορετική εννοιολογική βάση.
- Έξοδος (Output): Είναι μία λίστα των υπογραφών – αναγνωριστικών των δοσοληψιών όπου ο δημιουργός του τρέχοντος μηνύματος παρουσιάζεται σαν αποστολέας. Έχει συνήθως τη ίδια μορφή με την είσοδο (Herbert και Litchfield 2015).

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η τυπική δομή των δοσοληψιών που περιλαμβάνονται στα Block των Blockchain. Η υπογραφή του υλοποιείται με μία σύνοψη. Στα δεδομένα της συγκεκριμένης δοσοληψίας (Sonocoïn 2022) (που αναφέρεται στη χρήση των κρυπτονομισμάτων SonoCoin) περιλαμβάνονται ο χρόνος μέχρι τον οποίο η συναλλαγή θα είναι έγκυρη για επικύρωση

Hash	0xb2f3				
Version	0				
LockTime	0				
Inputs					
	Hash	Index	Value	Sequence	Script
Tx 0xaf73	0xaf73	3	10 SNC	0	SigScript
Tx 0x4b21	0x4b21	1	10 SNC	1	SigScript
Tx 0x9eca	0x9eca	9	10 SNC	2	SigScript
Tx 0x4dff	0x4dff	4	10 SNC	3	SigScript
Outputs					
	Script	value	Index		
		0.01 SNC	0		
	PubKey	9.99 SNC	1		
	PubKey	30 SNC	2		

Εικόνα 4: Δομή δοσοληψίας στο Block



3.4.2 Block

Το Block είναι η βασική δομική μονάδα του Blockchain. Κάθε Block διακρίνεται σε δύο μέρη: την κεφαλίδα και τον κατάλογο των δοσοληψιών.

Κεφαλίδα

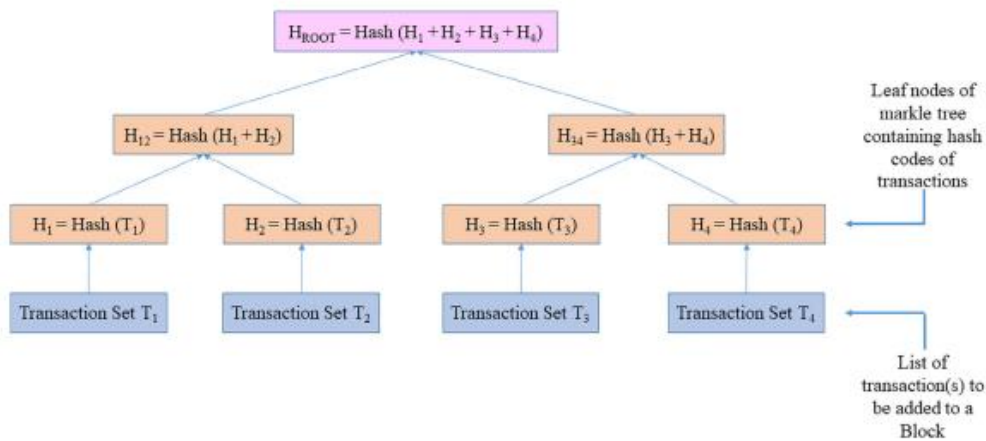
Η κεφαλίδα του μπλοκ αποτελείται από τρία στοιχεία. Το πρώτο στοιχείο είναι ο κατακερματισμός του προηγούμενου μπλοκ που συνδέει το τρέχον μπλοκ με το προηγούμενο. Το δεύτερο στοιχείο αποτελείται από στατιστικά στοιχεία εξόρυξης που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του μπλοκ. Το τελευταίο συστατικό είναι η ρίζα του δέντρου Merkle (ο κατακερματισμός του τρέχοντος μπλοκ) που είναι η βάση για την επαλήθευση της ακεραιότητας όλων των συναλλαγών που βρίσκονται στο μπλοκ. Ο κατακερματισμός τρέχοντος μπλοκ δημιουργείται από τον κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ. Αυτό εξασφαλίζει την ακεραιότητα του μπλοκ, καθώς αν ένας κακόβουλος προσπαθήσει τροποποιήσει τα περιεχόμενα του μπλοκ, πρέπει να τροποποιήσει όλο τον κωδικό κατακερματισμού της υπόλοιπης αλυσίδας. Η πολυπλοκότητα ενός τέτοιου εγχειρήματος είναι απαγορευτική για να επιχειρηθεί με τα ισχύοντα δεδομένα ως προς τη διαθεσιμότητα υπολογιστικών και επεξεργαστικών πόρων. Με τον τρόπο αυτό, κάθε απόπειρα παραποίησης των Blocks είναι απολύτως ανιχνεύσιμη (Yaga, Mell, Roby, & Scarfone, 2018).

Τα στοιχεία της εξόρυξης περιλαμβάνουν:

- **NOncce**: Αποτελεί τη συντομογραφία του NumberusedOnce (αριθμός που χρησιμοποιείται μόνο μία φορά). Είναι ένας κωδικός μιας χρήσης που χρησιμοποιείται σε διαδικασίες κρυπτογραφίας. Προσαρτάται στο κατακερματισμένο μπλοκ σε μια αλυσίδα μπλοκ.
- **Timestamp**: Είναι ο χρόνος κατά τον οποίο δημιουργήθηκε το Block



- Το δέντρο Merkle: Είναι μία δενδρική μορφή δομής δεδομένων που αποτελείται από εσωτερικούς κόμβους που δημιουργούνται από τους κατακερματισμούς των θυγατρικών τους κόμβους ενώ οι κόμβοι φύλλα περιλαμβάνουν την σύνοψη ενός συνόλου δοσοληψιών. Στην κεφαλίδα του Block αποθηκεύεται η σύνοψη που προκύπτει για τη ρίζα του δένδρου. Σχηματικά η μορφή του δένδρου Merkle φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5: Μορφή του δένδρου Merkle

- Η Σύνοψη του προηγούμενου Block: Για την εξουσιοδότηση και την πιστοποίηση των συναλλαγών χρησιμοποιείται ασύμμετρη κρυπτογραφία. Όταν μια συναλλαγή συμπεριληφθεί στην αλυσίδα, δεν μπορεί πλέον να αφαιρεθεί ή να τροποποιηθεί (χωρίς αυτό να γίνει αντιληπτό). Αυτό συμβαίνει διότι τα μπλοκ συνδέονται μεταξύ τους. Σε κάθε μπλοκ περιλαμβάνεται ένας κατακερματισμό του αμέσως προηγούμενου Block.

Κατάλογος Δοσοληψιών

Αποτελεί το ωφέλιμο περιεχόμενο του Block. Ο αριθμός των συναλλαγών σε ένα μπλοκ εξαρτάται από το μπλοκ και το μέγεθος της συναλλαγής. Τα δεδομένα που περιλαμβάνονται σε κάθε δοσοληψία εξαρτώνται από την σκοπιμότητα χρήσης του Blockchain. Η αποθήκευση των δεδομένων στον κατάλογο των δοσοληψιών γίνεται σε κρυπτογραφημένη μορφή, αφού υποστούν επεξεργασία από μηχανισμούς ασύμμετρης κρυπτογραφίας (Mell & Grance, 2011).

3.4.4 Δίκτυο ομότιμων κόμβων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ειδοποιό χαρακτηριστικό της προσέγγισης του Blockchain είναι η εξάλειψη της απαίτησης να υπάρχει μία έμπιστη τρίτη οντότητα για την επικύρωση των δοσοληψιών. Κάθε συναλλαγή στο Blockchain συνοδεύεται από την ψηφιακή υπογραφή του ιδιοκτήτη για την πιστοποίηση της συναλλαγής και την προστασία της από αλλοίωση. Για να ολοκληρωθεί η τοποθέτηση της νέας καταχώρησης σε ένα μπλοκ της αλυσίδας, θα πρέπει αυτό να εγκριθεί από την πλειοψηφία των συμμετεχόντων στο δίκτυο.

3.5 Λειτουργίες στο Blockchain

3.5.1 Λειτουργία προσθήκης δοσοληψίας στο Block

Η εξουσιοδότηση και η πιστοποίηση των συναλλαγών γίνονται με την χρήση αλγορίθμων ασύμμετρης κρυπτογραφίας. Όταν μια συναλλαγή συμπεριληφθεί στην αλυσίδα, δεν μπορεί να αφαιρεθεί ή να τροποποιηθεί. Τα μπλοκ συνδέονται μεταξύ τους, καθώς κάθε μπλοκ περιλαμβάνει έναν κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ και δημιουργείται μια αλυσίδα Block (Blockchain). Το Block θα γίνει αποδεκτό στην αλυσίδα εάν είναι έγκυρο και έχει απόδειξη εργασίας, το οποίο είναι ένας υπολογιστικά πολύπλοκος κατακερματισμός που δημιουργείται από τη διαδικασία εξόρυξης. Καθώς διαθέτει μια ασφαλή τεχνική κατακερματισμού με ασφαλείς δείκτες κατακερματισμού που δείχνουν προς τον προηγούμενο



κατακερματισμό, διασφαλίζει ότι, εάν τροποποιηθεί κάποιο από τα μπλοκ, θα πρέπει να υπολογιστούν εκ νέου όλα τα επόμενα μπλοκ.

Στη διαδικασία της δημιουργίας νέου Block, μπορεί να συμμετέχουν ταυτόχρονα πολλοί συμμετέχοντες του δικτύου. Όταν κάποιος από αυτούς δημιουργήσει ένα Block, το διαβιβάζει σε όλο το δίκτυο προκειμένου να επικυρωθεί. Από τα Block που έχουν μεταδοθεί στο δίκτυο προκειμένου να αποτελέσει το νέο στην αλυσίδα, αυτό με την υψηλότερη συναίνεση θα γίνει αποδεκτό και θα προστεθεί στο δίκτυο. Τα υπόλοιπα θεωρούνται ως ορφανά (OrphanBlock) και απορρίπτονται αργότερα από το δίκτυο. Τα ορφανά μπλοκ έχουν ορισμένες συναλλαγές που έχουν ήδη συμπεριληφθεί στο έγκυρο μπλοκ που μόλις προστέθηκε, αλλά ενδέχεται να έχουν ορισμένες συναλλαγές που δεν έχουν ακόμη ληφθεί υπόψη. Τέτοιες συναλλαγές πρέπει να ληφθούν υπόψη σε επόμενες διαδικασίες εξόρυξης. Το μέρος της αλυσίδας το οποίο δεν περιλαμβάνει έγκυρα Blocks ονομάζεται fork και απορρίπτεται και αυτή από την κύρια αλυσίδα. Σε κάθε έγκυρη αλυσίδα υπάρχει ένα μοναδικό Block το οποίο αποτελεί την απαρχή της (GenesisBlock) (Poston, 2021).

3.5.2 Έγκριση προσθήκης block

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η τεχνολογία του blockchain σχεδιάστηκε για να λειτουργεί χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για διαχείριση των λειτουργιών της από έμπιστη κεντρική αρχή. Αυτό σημαίνει ότι οι δοσοληψίες που περιλαμβάνονται στην αλυσίδα δεν ελέγχονται για την εγκυρότητα τους και δεν πιστοποιούνται από μία αρχή κοινής αποδοχής από τους εμπλεκόμενους. Αντ' αυτού, επιτυγχάνεται με την σύμφωνη εκτίμηση μεταξύ όλων των κόμβων προτού συμπεριληφθεί ένα μπλοκ, το οποίο περιλαμβάνει ένα σύνολο από διαφορετικές δοσοληψίες. Αυτή υλοποιείται με έναν αλγόριθμο ο οποίος ρυθμίζει τη δημιουργία ενός μπλοκ με αμερόληπτο τρόπο και με βασικό στόχο να είναι ανθεκτικό σε κακόβουλες επιθέσεις. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στο στάδιο αυτό της δημιουργίας του blockchain είναι ποικίλοι. Οι πιο διαδεδομένοι εξ αυτών είναι οι Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS) και Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT). Το ποιος θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά εξαρτάται από την σκοπιμότητα που εξυπηρετεί το σύστημα στο οποίο



εντάσσεται το blockchain. Το PoW χρησιμοποιείται ευρέως σε δίκτυα blockchain όπως το bitcoin.

Ο αλγόριθμος PoW, δημιουργεί κάθε φορά που δημιουργεί ένα νέο μπλοκ υπολογίζει έναν τυχαίο αριθμό που ονομάζεται Nonce. Το nonce μπορεί να επαληθευτεί ελέγχοντας εάν το hash της κεφαλίδας μπλοκ, που προστέθηκε με Nonce, πληροί ορισμένες προϋποθέσεις. Λόγω του χαρακτηριστικού της συνάρτησης κατακερματισμού, το Nonce είναι εύκολο να επαληθευτεί αλλά δεν μπορεί να υπολογιστεί. Η διάθεση πόρων υπολογισμού για την εύρεση ενός έγκυρου Nonce μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή εργασίας για τη δημιουργία ενός νέου μπλοκ. Η επιτυχία της εύρεσης του Nonce είναι επομένως η απόδειξη του έργου που έχει κάνει ένας κόμβος. Για να δοθούν κίνητρα στους κόμβους για συμμετοχή στην εξόρυξη αποδίδεται στους κόμβους που συμμετέχουν σε αυτές τις διαδικασίες ένα είδος αμοιβής. Η διαδικασία δημιουργίας ενός νέου μπλοκ ονομάζεται έτσι mining και ο κόμβος που συμμετέχει στην εξόρυξη ονομάζεται miner.

Ο αλγόριθμος PoS παρουσιάζει μικρότερη πολυπλοκότητα σε σχέση με τον PoW. Οι κόμβοι του δικτύου έχουν και σε αυτή την περίπτωση την δικαιοδοσία να επαληθεύουν τα δημιουργημένα blocks. Οι κόμβοι στην περίπτωση αυτή ανταγωνίζονται στο να επιλύσουν ένα μαθηματικό πρόβλημα - όπως συμβαίνει και με το PoW - του οποίου η δυσκολία επίλυσης είναι αντιστρόφως ανάλογη από τις οντότητες τις οποίες κατέχει ο συμμετέχων κόμβος και το χρονικό διάστημα που τις κατέχει.

Ο αλγόριθμος PBFT βασίζεται στην ψηφοφορία. Λειτουργεί προσανατολισμένος στην επιδίωξη ώστε ένα σύνολο κόμβων να φθάσουν σε συμφωνία χωρίς να είναι απαραίτητος ο μεταξύ τους συγχρονισμός. Η συμφωνία μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και μία μικρή - ανεκτή απόκλιση (Βυζαντινή ανοχή σε σφάλματα - BFT) που μπορεί να οφείλετε σε ένα αριθμό από ελαττωματικούς κόμβους (η συμπεριφορά των κόμβων αυτών θεωρείται απρόβλεπτη). Οι συμμετέχοντες κόμβοι διακρίνονται σε ένα βασικό και ένα πλήθος από εφεδρικούς κόμβους. Ένα αίτημα για επικύρωση δοσοληψιών φθάνει στον βασικό κόμβο. Ο κόμβος αυτός αποφασίζει για την σειρά ελέγχου και επικύρωσης των αιτήσεων. Στην συνέχεια διαβιβάζει το αίτημα στους



εφεδρικούς κόμβους. Αυτοί ελέγχουν την αίτηση και ψηφίζουν για την εγκυρότητα και την τελική ικανοποίηση της αίτησης (Yaga, Mell, Roby, & Scarfone, 2018).

3.5.3 Αντιμετώπιση πιθανότητας ασυνέπειας της δομής του block

Δεδομένου ότι ένα blockchain δημιουργείται στα πλαίσια ενός κατακευματισμένου δικτύου, η συμπλήρωση ενός block, η ένταξη του στο blockchain και η ενημέρωση των υπολοίπων κόμβων, απαιτεί κάποιο χρόνο. Επιπλέον, καθώς πολλαπλοί κόμβοι εξόρυξης λειτουργούν ταυτόχρονα, είναι πιθανό, στο χρονικό διάστημα της καθυστέρησης της διανομής ενός νέου μπλοκ, να δημιουργηθεί άλλο μπλοκ και να τοποθετηθεί στην αλυσίδα. Κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα την ύπαρξη δύο ή και περισσότερων αλυσίδων στο δίκτυο, ταυτόχρονα. Το ενδεχόμενο αυτό θα έπληττε την αξιοπιστία της μεθοδολογίας του blockchain καθώς δεν θα μπορούσε να προσδιοριστεί ποια από τις πολλαπλές blockchain θα ήταν έγκυρη, ώστε εκείνη να επιλέγουν οι κόμβοι στο μέλλον για να την επεκτείνουν με ένα νέο μπλοκ. Για να αντιμετωπιστούν τα φαινόμενα αυτά, θεσπίζεται ο κανόνας της μεγαλύτερης αλυσίδας. Σύμφωνα με αυτόν, για την προσθήκη ενός νέου block επιλέγεται εκείνη με το μεγαλύτερο μήκος ενώ οι υπόλοιπες απορρίπτονται. Ο κανόνας βασίζεται στην ιδέα ότι η μακρύτερη αλυσίδα είναι προϊόν εμπιστοσύνης μεγαλύτερου πλήθους κόμβων και είναι αυτή που θα πρέπει να επενδύσει το δίκτυο για να την επεκτείνει. Σε μακροχρόνια κλίμακα, η λύση εγγυάται μόνο για μία κυρίαρχη αλυσίδα (Yaga, Mell, Roby, & Scarfone, 2018).

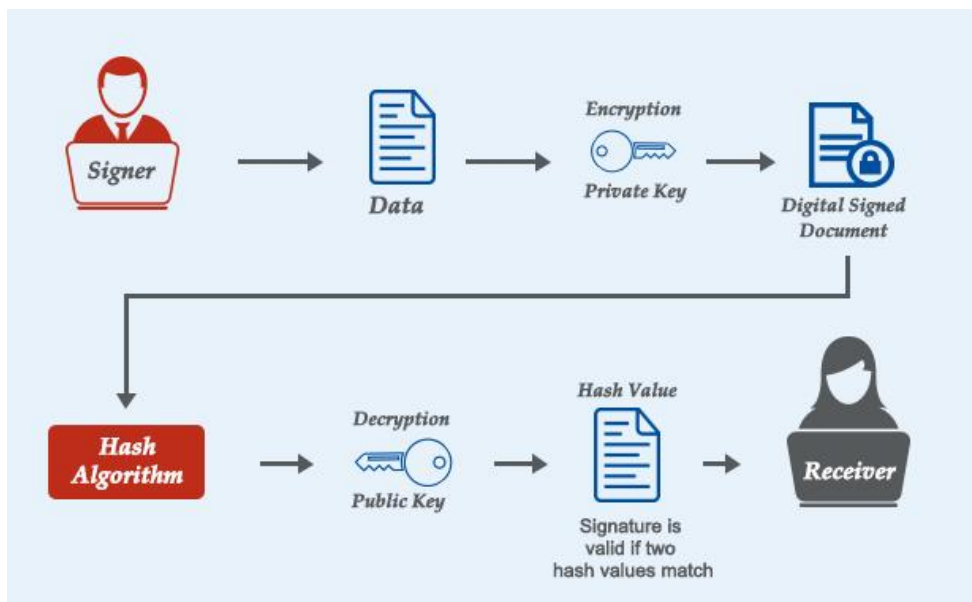
3.5.4 Ψηφιακή υπογραφή

Για την επαλήθευση της γνησιότητας και της ακεραιότητας των συναλλαγών, ψηφιακές υπογραφές που βασίζονται σε ασύμμετρη κρυπτογράφηση χρησιμοποιούνται σε δίκτυα blockchain. Ο κάθε κόμβος σε δίκτυο blockchain έχει δύο κλειδιά: ένα δημόσιο κλειδί το οποίο είναι προσβάσιμο από όλους τους κόμβους



του δικτύου και ένα ιδιωτικό κλειδί το οποίο είναι εις γνώση μόνο της οντότητας στην οποία αντιστοιχεί. Το περιεχόμενο κάθε εγγραφής που προστίθεται σε ένα block, περνάει από μία hash συνάρτηση και δημιουργείται μία σύνοψη του. Στην συνέχεια η σύνοψη αυτή κρυπτογραφείται με το ιδιωτικό κλειδί του συντάκτη. Το προϊόν της κρυπτογράφησης μαζί με το περιεχόμενο της εγγραφής κρυπτογραφούνται με το δημόσιο κλειδί του. Κάθε οντότητα που λαμβάνει για κάποιο λόγο το κρυπτογραφημένο και υπογεγραμμένο περιεχόμενο, θα πρέπει να το αποκρυπτογραφήσει, να εξάγει το περιεχόμενο και την υπογραφή. Την υπογραφή θα πρέπει να την περάσει από το δημόσιο κλειδί του συντάκτη και μετά από την συνάρτηση hash. Αν το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής συμπίπτει με το προϊόν της συνάρτησης hash στο περιεχόμενο, τότε ο συντάκτης τακτοποιείται.

Με το ιδιωτικό κλειδί να παραμένει εμπιστευτικό στον κάτοχό του και το δημόσιο κλειδί προσβάσιμο από όλους τους κόμβους, η αυθεντικότητα και η ακεραιότητα του οι συναλλαγές μπορούν εύκολα να επαληθευτούν. Έτσι, κανείς δεν μπορεί να μεταμφιεστεί ως άλλος για να ξεκινήσει συναλλαγές ή να πλαστογραφήσει το περιεχόμενο στις συναλλαγές που ξεκίνησε. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται παραστατικά η διαδικασία της ψηφιακής υπογραφής (Iqbal & Siahaan, 2018).



Εικόνα 6: Διαδικασία της ψηφιακής υπογραφής



3.6 Γνωρίσματα του Blockchain

Τα στοιχεία τα οποία δίνουν αξία στην προσέγγιση του Blockchain είναι:

- Η αποκεντρωτική του φύση: Το Blockchain υποστηρίζεται από ένα δίκτυο ομότιμων κόμβων όπου κανείς από τους συμμετέχοντες δεν είναι αποκλειστικά εξουσιοδοτημένος να επικυρώνει τις συναλλαγές που διενεργούνται στο πλαίσιο του. Αυτό σημαίνει ότι οι κρίσιμες λειτουργίες του διαμοιράζονται σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο και κανείς από αυτούς δεν έχει την ισχύ να το χειραγωγήσει. Η φύση του αυτή είναι και το κλειδί για το υψηλό επίπεδο ασφάλειας δεδομένων που μπορεί και επιτυγχάνει.
- Ακεραιότητα: Η ακεραιότητα των συναλλαγών εξασφαλίζεται μέσα από την ύπαρξη πολλαπλών σημείων ελέγχου της. Αυτό δεν επιτρέπει σε κάποιο μέρος να αλλοιώσει μονομερώς τα δεδομένα.
- Κρυπτογραφία: Για την εξασφάλιση των δεδομένων και της αυθεντικότητας τους, χρησιμοποιείται η ισχύς της ασύμμετρης κρυπτογραφίας.
- Ασφάλεια: Η αποκεντρωμένη και κατακεντρωμένη φύση του εξαλείφει το πρόβλημα της ύπαρξης ενός και μόνο σημείου αστοχία και απώλειας. Αυτό ενισχύει την ασφάλεια των δεδομένων σε επίπεδο διαθεσιμότητας.
- Καθολική προσβασιμότητα: Στο δίκτυο των ομότιμων δυνητικά μπορεί να ενταχθεί ο οποιασδήποτε.
- Εξασφάλιση απορρήτου: Η κρυπτογράφηση συμβάλλει στην εξασφάλιση του απορρήτου των συναλλαγών και την διαθεσιμότητα των δεδομένων τους μόνο για τα εμπλεκόμενα μέρη (Yaga, Mell, Roby, & Scarfone, 2018).



3.7 Κατηγορίες Blockchain

Οι κατηγορίες των Blockchain περιγράφονται στις παρακάτω παραγράφους.

3.7.1 Δημόσιο blockchain

Πρόκειται για το πρώτο είδος Blockchain που παρουσιάστηκε. Ακολουθεί την προσέγγιση της διανομής του συνόλου των πληροφοριών του Blockchain σε όλους τους συμμετέχοντες του δικτύου. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η ύπαρξη της συγκεντρωτικής εξουσιοδότησής διαχείρισης τους από ένα μέρος. Η αποκεντρωμένη φύση του απαιτεί κάποια μέθοδο για την επαλήθευση της αυθεντικότητας των δεδομένων. Αυτή η μέθοδος είναι ένας αλγόριθμος συναίνεσης σύμφωνα με τον οποίο οι συμμετέχοντες στο blockchain καταλήγουν σε συμφωνία σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση του. Το δημόσιο blockchain δεν είναι περιοριστικό και χωρίς άδεια, και οποιοσδήποτε έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο μπορεί να συνδεθεί σε μια πλατφόρμα blockchain για να γίνει εξουσιοδοτημένος κόμβος. Αυτός ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε τρέχοντα και προηγούμενα αρχεία και να διεξάγει δραστηριότητες εξόρυξης, τους σύνθετους υπολογισμούς που χρησιμοποιούνται για την επαλήθευση συναλλαγών και την προσθήκη τους στην καθολική δομή. Καμία έγκυρη εγγραφή ή συναλλαγή δεν μπορεί να αλλάξει στο δίκτυο και οποιοσδήποτε μπορεί να επαληθεύσει τις συναλλαγές, να βρει σφάλματα ή να προτείνει αλλαγές (επειδή είναι συνήθως ανοιχτού κώδικα). Βασικό τους πλεονέκτημα είναι η ανεξαρτησία τους από οργανισμούς. Ο τρόπος λειτουργίας τους παρέχει διαφάνεια. Στα μειονεκτήματα του περιλαμβάνεται το γεγονός ότι οι λειτουργίες είναι σχετικά αργές και δυνητικά γίνονται ευάλωτα σε περιπτώσεις που ένα μεγάλο ποσοστό του δικτύου δράσει από κοινού κακόβουλα. Επιπλέον η σύνδεση μεγάλου αριθμού οντοτήτων στο δίκτυο, συμβάλει στην επιβράδυνση του. Συνήθως η εξόρυξη κρυπτονομισμάτων βασίζεται σε δημόσιο Blockchain (Singh, 2020).



3.7.2 Ιδιωτικό blockchain

Ένα δίκτυο blockchain που λειτουργεί σε ένα περιορισμένο και ελεγχόμενο από μία οντότητα, ονομάζεται ιδιωτικό. Η βασική του λειτουργία δεν διαφέρει από αυτή του δημοσίου blockchain, ως προς τις δομές και τις λειτουργίες του. Αυτού του είδους τα blockchain δίνουν στους ιδιοκτήτες τους να καθορίζουν επίπεδα αδειών, ασφάλειας, εξουσιοδότησης και προσβασιμότητας. Επειδή είναι περιορισμένες σε μέγεθος, οι ιδιωτικές blockchain επιτρέπουν ταχύτερη διεκπεραίωση των δοσοληψιών σε σχέση τις αντίστοιχες δημόσιες. Το κυριότερο μειονέκτημά τους έχει να κάνει με το ότι αποπέμπουν το βασικό χαρακτηριστικό των blockchain που είναι η έλλειψη κεντρικού ελέγχου. Ο μικρός αριθμός κόμβων μπορεί επίσης να σημαίνει ασθενέστερη ασφάλεια καθώς τα σημεία αστοχίας είναι σαφώς λιγότερα. Είναι ιδανικά για περιπτώσεις όπου το blockchain πρέπει να είναι κρυπτογραφικά ασφαλές, αλλά η ελεγκτική οντότητα δεν θέλει τις πληροφορίες να είναι προσβάσιμες από το κοινό (Singh, 2020).

3.7.3. Υβριδική αλυσίδα μπλοκ

Πρόκειται για έναν τύπο τεχνολογίας blockchain που συνδυάζει στοιχεία τόσο του ιδιωτικού όσο και του δημόσιου blockchain. Επιτρέπει στους οργανισμούς να δημιουργήσουν ένα ιδιωτικό σύστημα που βασίζεται σε άδειες παράλληλα με ένα δημόσιο σύστημα χωρίς άδεια, επιτρέποντάς τους να ελέγχουν ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση σε συγκεκριμένα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο blockchain και ποια δεδομένα θα ανοίγονται δημόσια. Συνήθως, οι συναλλαγές και οι εγγραφές σε μια υβριδική αλυσίδα μπλοκ δεν δημοσιοποιούνται, αλλά μπορούν να επαληθευτούν όταν χρειάζεται. Οι εμπιστευτικές πληροφορίες διατηρούνται εντός του δικτύου, αλλά εξακολουθούν να είναι επαληθεύσιμες. Ακόμα κι αν μια ιδιωτική οντότητα μπορεί να κατέχει την υβριδική αλυσίδα μπλοκ, δεν μπορεί να αλλάξει τις συναλλαγές. Ένας χρήστης συμμετέχει σε ένα υβριδικό blockchain, έχει πλήρη πρόσβαση στο δίκτυο. Η ταυτότητα του χρήστη προστατεύεται από άλλους χρήστες, εκτός εάν συμμετέχουν σε συναλλαγή. Στη συνέχεια, η ταυτότητά τους αποκαλύπτεται στο άλλο μέρος. Ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα του υβριδικού



blockchain είναι ότι, επειδή λειτουργεί σε ένα κλειστό οικοσύστημα, οι εξωτερικοί κακόβουλοι χρήστες του διαδικτύου δεν μπορούν να πραγματοποιήσουν επίθεση πάνω από 51% στο δίκτυο. Προστατεύει επίσης το απόρρητο, αλλά επιτρέπει την επικοινωνία με τρίτους. Οι συναλλαγές είναι φθηνές και γρήγορες και προσφέρουν καλύτερη επεκτασιμότητα από ένα δημόσιο δίκτυο blockchain. Βασικό μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι ότι δεν είναι εντελώς διαφανής, επειδή οι πληροφορίες μπορούν να μείνουν κρυφές από τις οντότητες που συμμετέχουν στον δίκτυο (Singh, 2020).

3.7.4 Consortium blockchain (Κοινοπραξίας)

Είναι ένα είδος blockchain που έχει ομοιότητες με το υβριδικό blockchain καθώς και αυτό συνδυάζει χαρακτηριστικά από τα ιδιωτικά και τα δημόσια blockchain. Διαφέρει στο ότι πολλά μέλη του οργανισμού συνεργάζονται σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο. Ουσιαστικά, είναι μια blockchain κοινοπραξία στην οποία έχει πρόσβαση μια συγκεκριμένη ομάδα, εξαλείφοντας τους κινδύνους που συνεπάγονται το να ελέγχει την αλυσίδα μόνο μια οντότητα. Σε ένα blockchain κοινοπραξίας, οι διαδικασίες συναίνεσης ελέγχονται από προκαθορισμένους κόμβους. Διαθέτει έναν κόμβο επικύρωσης που εκκινεί, λαμβάνει και επικυρώνει συναλλαγές. Οι κόμβοι μελών μπορούν να λαμβάνουν ή να ξεκινούν συναλλαγές. Τείνει να είναι πιο ασφαλής, επεκτάσιμη και αποτελεσματική από ένα δημόσιο δίκτυο blockchain. Όπως το ιδιωτικό και το υβριδικό blockchain, προσφέρει επίσης έλεγχο πρόσβασης. Ωστόσο είναι λιγότερο διαφανές από το δημόσιο blockchain και είναι ευάλωτο αν παραβιαστεί ένας κόμβος (Singh, 2020).



4.0 Η Κατάσταση των Λιμένων στην Ελλάδα και οι προοπτικές του Blockchain

Η Ελληνική εμπορική ναυτιλία διέρχεται μία περίοδο ύφεσης όσο αφορά την εμπορική κίνηση στους λιμένες της. Με εξαίρεση τον Πειραιά, όπου η δεκαετία του 2010 σηματοδεύτηκε από ραγδαία άνοδο της κίνησης, στα υπόλοιπα λιμάνια η περίοδος ύφεσης είναι παρατεταμένη. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η κατάσταση αυτή με στατιστικούς όρους. Επιπλέον παρουσιάζονται πλατφόρμες υπηρεσιών που βασίζονται στο Blockchain και που μπορούν να δώσουν σημαντικές λύσεις για την βελτίωση της κατάστασης αυτής.

4.1 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 η κατάταξη των λιμένων της Ελλάδας στον ανταγωνισμό με τα αντίστοιχα της Μεσογείου είχε φθίνουσα πορεία. Εκτιμήθηκε ότι το θεσμικό πλαίσιο που επικρατούσε το χρονικό διάστημα αυτό δεν επέτρεπε στα Ελληνικά λιμάνια να ακολουθήσουν την ανάπτυξη των υπολοίπων. Χαρακτηριστικό ήταν το παράδειγμα του λιμανιού του Πειραιά όπου ανέβασε την κίνηση των εμπορευματοκιβωτίων κατά 24% στο διάστημα 1991-1996 και ταυτόχρονα, παρατηρήθηκε πτώση στην κατάταξη ανάμεσα στα λιμάνια της Μεσογείου που οφειλόταν στο ότι η κίνηση των άλλων λιμένων ανταγωνιστών αυξήθηκε περισσότερο. Σταθμός για την εξέλιξη των δύο μεγαλύτερων λιμένων της Ελλάδας, του Πειραιά και της Θεσσαλονίκης, ήταν η μετατροπή τους από νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου (ΝΠΔΔ), σε ανώνυμες εταιρείες (ΑΕ). Η διαδικασία ιδιωτικοποίησης κορυφώθηκε το 1998, όταν η Ελλάδα δεσμεύτηκε προς τούτο στο πλαίσιο της Οικονομικής και Νομισματικής Ένωσης¹⁰.

Ήδη από το 1997 ο ΟΛΠ είχε προβεί σε συμφωνία με διεθνείς ναυτιλιακές εταιρείες να αποτελέσει κόμβο μεταφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων. Με τον τρόπο αυτό το μεγαλύτερο λιμάνι της Χώρας εισήλθε στον χάρτη των λιμανιών της Ανατολικής

¹⁰ Στις αρχές του 1999 ο ΟΛΠ και ο ΟΛΘ μετατραπήκαν σε ΑΕ με τον Ν. 2688/1999 (ημερομηνία έναρξης λειτουργίας 1Μαΐου του 1999).



Μεσογείου. Έτσι, σε συνδυασμό με την μετατροπή του σε ΑΕ, οι κινήσεις αυτές οδήγησαν σε μεγάλη αύξηση της διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων στον Πειραιά το αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα. Η μετατροπή τους σε ΑΕ διευκόλυε την πραγματοποίηση έργων βελτίωσης των υποδομών αλλά και στην προσαρμογή της τιμολογιακής πολιτικής σε επίπεδα που ευνοούσαν την αποτελεσματική αντιμετώπιση του ανταγωνισμού.

Για την ιδιωτικοποίηση των λιμένων εξετάστηκαν τέσσερα διαφορετικά σενάρια. Επιλέχθηκε εκείνο της μετοχοποίησης που προέβλεπε την είσοδο του συνόλου της εταιρείας στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών (ΧΑΑ). Το χρηματικό ποσό από την μετοχοποίηση τους ωστόσο δεν επενδύθηκε στα ίδια τα λιμάνια αλλά διατέθηκε για τις ανάγκες του ελλείματος του προϋπολογισμού του κράτους, που δημιουργήθηκε από την ανάληψη των συνταξιοδοτικών υποχρεώσεων των 2 λιμανιών. Στη συνέχεια και μετά από διαδοχικές μελέτες αποφασίστηκε να παραχωρηθεί στην COSCO PACIFIC τον Προβλήτα II και τον Προβλήτα III (κατασκευάστηκε από τον COSCO PACIFIC). Ο ΟΛΠ διατήρησε την εκμετάλλευση του Προβλήτα I (Ψαράτης 2020).

Η δυναμική της Ελληνικής ναυτιλίας παραμένει ισχυρή και στη σύγχρονη εποχή. Αυτό οφείλεται σε παράγοντες που ενισχύουν την ναυτική ισχύ της χώρας και οι οποίοι δεν πρόκειται ποτέ να εκλείψουν. Οι παράγοντες αυτοί είναι η γεωγραφική της θέση, η μορφολογία της και η παράδοση του πληθυσμού της¹¹ (Κολιόπουλος, 2008). Αυτό είναι που κατά κύριο λόγο εξάπτει το ενδιαφέρον της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την ανάπτυξη και την στον μέγιστο δυνατό βαθμό εκμετάλλευσης των Ελληνικών λιμένων. Η επενδυτική στρατηγική που προκρίνει σήμερα θέτει σοβαρά υπ' όψη την ποικιλομορφία που παρουσιάζει ο τομέας της ναυτιλίας, ως προς τον τύπο και την οργάνωση. Αυτό σημαίνει ότι οι λύσεις που θα αναζητηθούν εκτιμάται ότι θα επιδιωχθεί να απαντάνε στις απαιτήσεις και τις προοπτικές κάθε ενός λιμένα ξεχωριστά. Αναγνωρίζονται ωστόσο μία σειρά από κοινές προκλήσεις όπως είναι η ανάπτυξη συνδέσεων με την ενδοχώρα¹², η παροχή υπηρεσιών προστιθεμένης αξίας

¹¹ Κατά τον Μάχαν οι τρεις αυτοί παράγοντες είναι βασικοί για την διαμόρφωση της ναυτικής ισχύος ενός Έθνους.

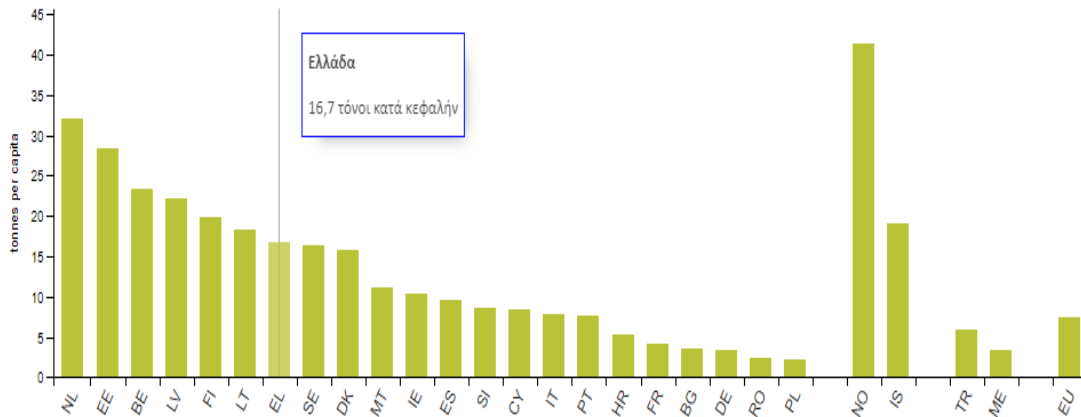
¹² Αντιμετωπίζεται με την πολιτική για τα Διευρωπαϊκά Δίκτυα Μεταφορών (TEN-T)



υψηλού επιπέδου και η διαμόρφωση συνθηκών επενδυτικής έλξης. Αναλυτικότερα οι προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι:

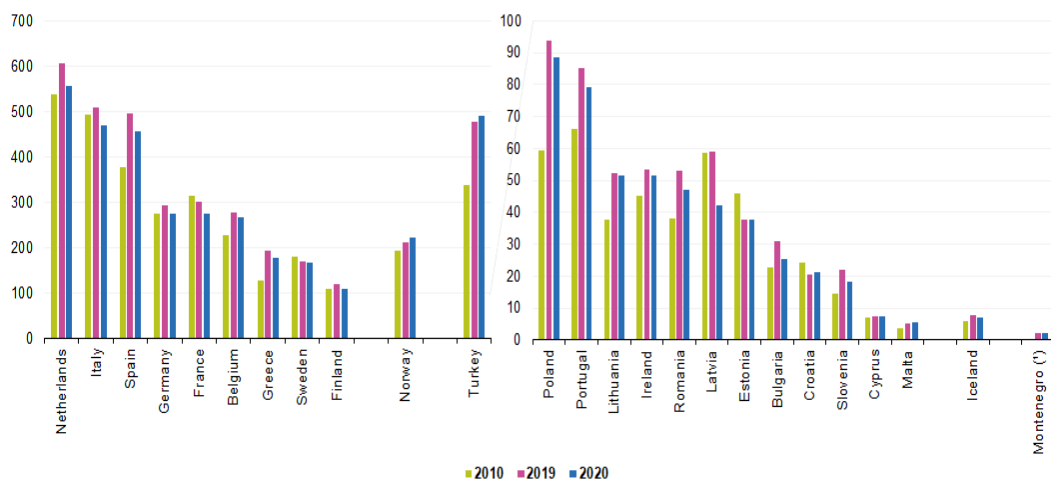
- Πολλές από τις λιμενικές υπηρεσίες δεν ευνοούνται από κάποιου είδους ανταγωνιστικές δυνάμεις καθώς η πρόσβαση τους στην αγορά είναι περιορισμένη.
- Σε ορισμένες λιμενικές υπηρεσίες τα μονοπώλια και τα ολιγοπώλια είναι αναπόφευκτα, ωστόσο οδηγούν συχνά σε καταχρήσεις στο πλαίσιο της αγοράς.
- Σε ορισμένους λιμένες, οι χρήστες και οι δρώντες των υφισταμένων πληροφοριακών συστημάτων έχουν να διαχειριστούν ψηλό φορτίο διοικητικών εργασιών. Η κατάσταση αυτή επιδεινώνεται από την έλλειψη συντονισμού και εντός των λιμένων αλλά και μεταξύ τους.
- Μεταξύ των λιμενικών αρχών που διαχειρίζονται τις λειτουργίες των πληροφοριακών συστημάτων και των οικείων δημοσίων (και σε πολλές περιπτώσεις και των διεθνών αρχών) οι χρηματοοικονομικές σχέσεις ποικίλουν ή/και είναι ασαφείς.
- Οι λιμένες – σε μικρό ή μεγάλο βαθμό – δεν είναι αυτόνομοι οργανισμοί αλλά υπόκεινται σε κρατική ή ομοσπονδιακή επίβλεψη. Αυτό περιορίζει την ελευθερία τους ως προς τον καθορισμό τελών υποδομών και δασμών για την παροχή σχετικών υπηρεσιών.

Ενώ ακόμα δεν έχει προχωρήσει ο εκσυγχρονισμός των Ελληνικών λιμένων με την ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών, η θέση της Ελληνικής εμπορικής ναυτιλίας είναι σε ανώτερο επίπεδο από τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η κατάταξη της εμπορικής ναυτιλίας κάθε Ευρωπαϊκής χώρας για το 2020 (Eurostat, 2021).



Εικόνα 7: Η κατάταξη των χωρών ως προς τον όγκο των διακινουμένων εμπορευμάτων ανά κεφαλή μέσω των λιμένων τους

Στο διάγραμμα αυτό η Ελλάδα κατατάσσεται στην 6^η θέση στην κατά κεφαλή διακίνηση εμπορευμάτων από τα λιμάνια της. Η εικόνα αυτή δείχνει ότι η Χώρα έχει δυναμικές και προοπτικές να αποκτήσει ηγετική θέση στη διακίνηση των εμπορευματοκιβωτίων στην Ευρώπη. Προς επίρρωση της άποψης αυτής είναι η ανοδική πορεία που σημείωσε η Ελληνική εμπορική ναυτιλία τη δεκαετία του 2010. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η δυναμική των Ευρωπαϊκών κρατών τη δεκαετία αυτή (μετρήσεις για τα έτη 2010, 2019 και 2020) (Eurostat, 2021).



Εικόνα 8: Ανάπτυξη της εμπορικής ναυτιλίας στην Ευρώπη τη δεκαετία 2010

Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι η κίνηση στα Ελληνικά λιμάνια παρουσίασαν μία σημαντική ανάπτυξη τη δεκαετία του 2010, ωστόσο στο τέλος φαίνεται να έχει κορεστεί η προσπάθεια αυτή.

Σε επίπεδο λιμένων η κατάταξη των 15 πρώτων σε διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων για το 2020 φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1: Κατάταξη λιμένων σε κίνηση εμπορευματοκιβωτίων

Κατάταξη			Λιμάνι	Ε/Κ	Μεταβολή %		
2020	2019	2007			2019 2020	2008 2009	2007 2020
1	1	1	Ρότερνταμ	14349	-3,2	-9,6	33
2	2	3	Αμβέρσα	12023	1,4	15,6	47
3	3	2	Αμβούργο	8527	-7,9	-28	-13,8
4	4	17	Πειραιάς	5437	-3,8	91,7	296
5	5	8	Βαλένθια	5415	-0,5	1,6	77,9
6	6	6	Algeciras	5106	-0,4	-8,5	49,3
7	7	4	Βρέμη	4770	-1,8	-16,2	-2,5
8	8	7	Felixstowe	3778		-3,5	
9	13	5	Gioia Tauro	3193	26	-17,6	-7,3
10	9	10	Βαρκελώνη	2958	-11	-29,9	13,3

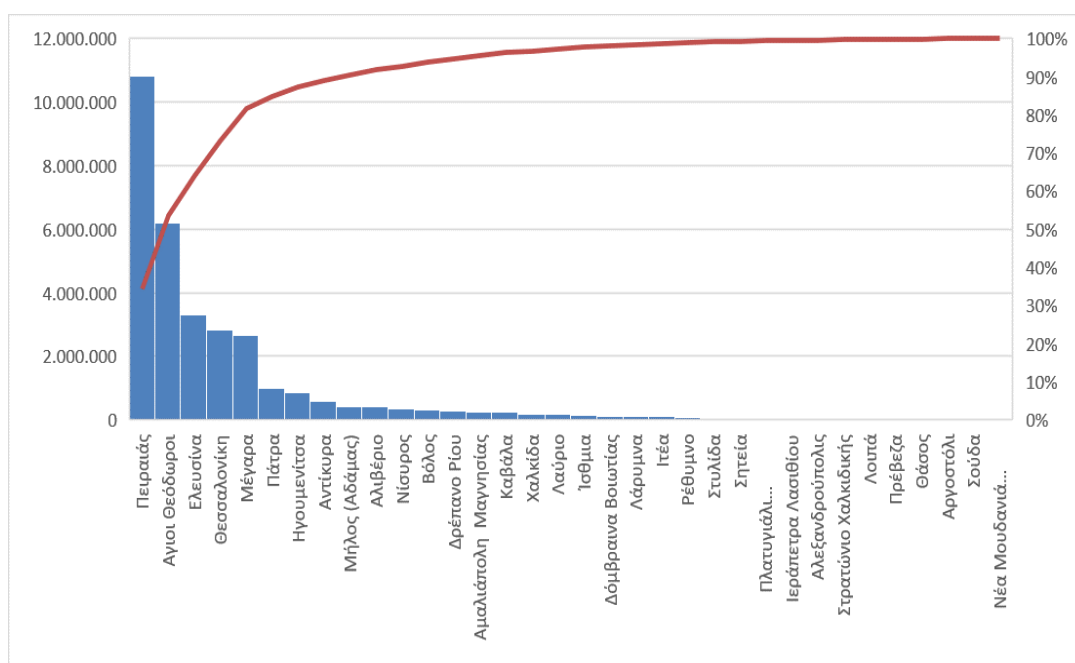
Ο πίνακας φανερώνει τη δυναμική του λιμένα του Πειραιά την τελευταία δεκαετία όπου η διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων σχεδόν τριπλασιάστηκε. Επιπλέον φαίνεται ότι πλέον έχει φθάσει τα όρια της ανάπτυξης του και χρειάζεται νέες «ενέσεις» εκσυγχρονισμού. Ένα ακόμα εύρημα από τα στατιστικά στοιχεία είναι το γεγονός ότι το λιμάνι του Πειραιά αντικατοπτρίζει την συνολική ανάπτυξη της Ελληνικής ναυτιλίας. Στα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας για την κίνηση στα λιμάνια της χώρας φαίνεται ότι από το λιμάνι του Πειραιά διέρχεται το 1/3 περίπου της εμπορευματικής κίνησης που διέρχεται από τα Ελληνικά λιμάνια (ΕΛΣΤΑΤ, 2022).

Πίνακας 2: Εμπορευματική κίνηση στα Ελληνικά Λιμάνια

ΛΙΜΑΝΙ	ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ	ΦΟΡΤΩΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ
Πειραιάς	5.760.349	5.070.905	10.831.254
Άγιοι Θεόδωροι	3.371.282	2.806.823	6.178.105
Ελευσίνα	765.843	2.547.088	3.312.931
Θεσσαλονίκη	2.086.058	757.443	2.843.501
Μέγαρα	2.664.204	0	2.664.204
Πάτρα	521.441	452.656	974.097
Ηγουμενίτσα	412.970	424.174	837.144
Αντίκυρα	435.067	159.372	594.439
Μήλος (Αδάμας)	12.000	401.631	413.631
Αλιβέριο	145.594	263.690	409.284
Νίσυρος	0	343.790	343.790
Βόλος	134.952	189.302	324.254
Δρέπανο Ρίου	36.872	245.175	282.047
Αμαλιάπολη Μαγνησίας	118.370	130.492	248.862
Καβάλα	95.585	143.759	239.344
Χαλκίδα	158.380	3.000	161.380
Λαύριο	138.131	21.938	160.069
Ίσθμια	114.500	42.227	156.727
Δόμβραινα Βοιωτίας	55.420	61.136	116.556
Λάρυμνα	0	106.218	106.218
Ιτέα	0	88.948	88.948
Ρέθυμνο	60.724	0	60.724
Στυλίδα	27.198	19.274	46.472
Σητεία	0	44.142	44.142
Πλατυγιάλι Αιτωλοακαρνανίας	39.482	1.554	41.036
Ιεράπετρα Λασιθίου	39.937	0	39.937
Αλεξανδρούπολις		36.800	36.800



ΛΙΜΑΝΙ	ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ	ΦΟΡΤΩΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ
Στρατώνιο Χαλκιδικής	0	24.000	24.000
Λοιπά	17.749	5.771	23.520
Πρέβεζα	19.610	2.327	21.937
Θάσος	0	13.900	13.900
Αργοστόλι	0	10.413	10.413
Σούδα	8.727	0	8.727
Νέα Μουδανιά Χαλκιδικής	5.466	2.155	7.621



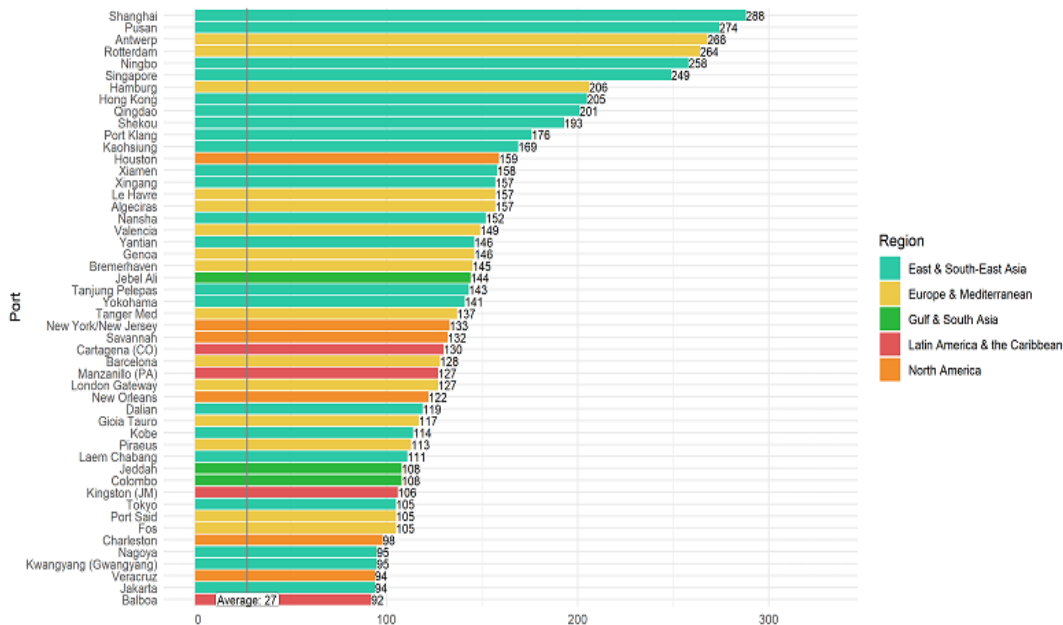
Εικόνα 9: Σύνολο φόρτωσης - εκφόρτωσης

Η εικόνα αυτή καταδεικνύει ότι η ανάπτυξη των λιμένων έχει φθάσει ένα ανώτατο όριο και πλέον απαιτείται ο εκσυγχρονισμός της λειτουργίας τους ώστε να περάσουν σε έναν νέο κύκλο ανάπτυξης. Επιπλέον φαίνεται ότι η ανάπτυξη που παρουσιάζουν τα Ελληνικά λιμάνια οφείλεται κυρίως στην ανάπτυξη του λιμένα του Πειραιά.

Ένα στοιχείο το οποίο στερείται το λιμάνι του Πειραιά (το οποίο είναι το μόνο που είναι ανταγωνιστικό σε παγκόσμιο επίπεδο) σε σχέση με τον ανταγωνισμό, είναι άμεσες συνδέσεις με άλλα λιμάνια. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η χαμηλή



θέση που έχει ο Πειραιάς σε σχέση με άλλα λιμάνια στον κόσμο. Επιπλέον σπάνια αποτελεί μέρος του μονοπατιού μεταξύ των αποστολών εμπορευματοκιβωτίων



Εικόνα 10: Τα 50 κορυφαία λιμάνια σε άμεσες συνδέσεις με άλλα λιμάνια

(Hoffmann&Hoffmann, 2020).

3.2 Η εφαρμογή του Blockchain στη λειτουργία των λιμένων

Η τεχνολογία του Blockchain, κατά κύριο λόγο αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο που δίνει την δυνατότητα στους δρώντες εντός της διαδικασίας του εμπορίου μέσω θαλάσσης να έχω πρόσβαση σε αξιόπιστα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Στην όλη διαδικασία το blockchain παίζει το ρόλο μίας πλατφόρμας όπου τα σχετικά δεδομένα παραμένουν χωρίς να είναι δυνατή η μεταβολή τους ή απώλεια τους. Η δυνατότητα αυτή μειώνει δραστικά την απαίτηση για γραφειοκρατικές διεργασίες μειώνοντας τον απαιτούμενο χρόνο για την ολοκλήρωση των αποστολών. Πιο συγκεκριμένα ο έλεγχος και η καταχώριση των εγγράφων που περιγράφουν τις διαδικασίες των



αποστολών γίνεται πάνω σε μία αλυσίδα από blocks κρυπτογραφημένων δεδομένων. Εκτιμάται ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής στο θαλάσσιο εμπόριο μείωσε το κόστος των αποστολών κατά 15% και το κόστος του διεθνώς κατά 14,3%.

Παρά τα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα που συνεπάγεται η εφαρμογή των blockchain στο θαλάσσιο εμπόριο, αυτή δεν υιοθετήθηκε στον αναμενόμενο βαθμό. Αυτό οφείλεται σε μία σειρά από διαφορετικές αιτίες με κυριότητες την έλλειψη εμπιστοσύνης στην αποτελεσματικότητα της απέναντι στις απειλές των κυβερνοεπιθέσεων, την εσφαλμένη αντιστοίχιση της τεχνολογίας με την παράνομη δραστηριότητα που διενεργείται με την ανταλλαγή κρυπτονομισμάτων, το ανεπαρκές θεσμικό και νομικό πλαίσιο καθώς και η αίσθηση ότι τα επιχειρησιακά δεδομένα βρίσκονται σε μία δομή διαμοιρασμένα με ανταγωνιστές. Είναι φανερό ότι οι λόγοι που επιβραδύνουν την καθολική υιοθέτηση της τεχνολογίας είναι ποικίλοι και την πραγματικότητα έχουν σχέση ο ένας με τον άλλον.

Το blockchain είναι μία τεχνολογία κατά την οποία τα δεδομένα δεν παραμένουν αποθηκευμένα σε μία κεντρική – σταθερή υποδομή αλλά καταγράφονται και διαμοιράζονται σε ένα δίκτυο ομότιμων που σχηματίζουν οι ενδιαφερόμενοι παράγοντες. Χρησιμοποιεί μία κεκτημένη σειρά δοσοληψιών τις οποίες οι συμμετέχοντες μπορούν να επικυρώσουν. Η αυθεντικότητα της αλυσίδας των δοσοληψιών εξασφαλίζεται από τις σχετικές χρονοσφραγίδες, που περιλαμβάνει η κάθε μία από τις δοσοληψίες καθώς και από το γεγονός ότι όλοι οι ενδιαφερόμενοι διατηρούν ένα αντίγραφο τους. Η μεταβολή του περιεχομένων στα blocks των blockchain δεν μπορεί να συμβεί χωρίς τη συναίνεση όλων των συμμετεχόντων κάθε δοσοληψίας που βρίσκεται στο blockchain έχει επικυρωθεί και κρυπτογραφηθεί.

Μία διάκριση των blockchain, τις κατηγοριοποιεί σε ιδιωτικές και δημόσιες:

- Ιδιωτικές: Στην διαδικασία της επικύρωσης και δοσοληψιών και των block στα οποία τοποθετούνται, συμμετέχουν μόνο εξουσιοδοτημένοι προς τούτο χρήστες - συνήθως σχετικές αρχές.

- Δημόσιες: Κάθε χρήστης μπορεί να συμμετέχει στις διαδικασίες επικύρωσης των block στην αλυσίδα. Δεν απαιτείται η παρουσία μίας τρίτης έμπιστης οντότητας για την επικύρωση τους.

Ακόμη και στην περίπτωση των ιδιωτικών blockchain, μετά την επικύρωση των block, δεν απαιτείται κάποιου είδους έλεγχος εγκυρότητας από κάποια κεντρική έμπιστη τρίτη οντότητα.

Στην περίπτωση του θαλάσσιου εμπορίου έχει πάλι επιλεγεί η προσέγγιση των ιδιωτικών blockchain. Σε αυτές όλες οι δοσοληψίες (αποδεικτικά συνοδευτικά έγγραφα, άδειες αποστολής και λήψης, πληροφορίες δρομολόγησης) εντάσσονται block. Τόσο η εκτέλεση των δοσοληψιών όσο και η ολοκλήρωση των block υποδεικνύονται από σχετικές χρονοσφραγίδες, δεδομένα που προέρχονται από την σύνοψη των δεδομένων τους (classing) και δημοσιεύονται σε όλα τα μέλη του δικτύου ομότιμων. Η αυθεντικότητα και η ορθότητα του νέου block διαμοιράζεται μόνο σε εξουσιοδοτημένα μέλη του δικτύου καθώς και τον ιδιοκτήτη των δεδομένων της δοσοληψίας. Μετά την επικύρωση του block στην αλυσίδα, υποβάλλεται στο τέλος της αλυσίδας. Κάθε block στην αλυσίδα χρονοσφραγίζεται από τα εξουσιοδοτημένα μέλη του δικτύου προκειμένου να εξασφαλίζεται η τοποθετημένη σε χρονολογική σειρά.

Οι ιδιότητες των blockchain είναι κατάλληλες για να εφαρμοστούν στις θαλάσσιες μεταφορές διότι:

- Αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά την γραφειοκρατία αφού η πληροφορία που σχετίζεται με τις αποστολές είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμη στους εξουσιοδοτημένους παράγοντες.
- Εξασφαλίζουν τα δεδομένα που σχετίζονται με τους μεταφορείς.
- Όλοι οι εξουσιοδοτημένοι παράγοντες που συμμετάσχουν στις διαδικασίες των θαλάσσιων αποστολών μπορούν να επεμβαίνουν στην διεκπεραίωση των απαραίτητων διεργασιών.
- Είναι άμεσα διαθέσιμη κάθε πληροφορία για τις αποστολές (και με την βοήθεια της τεχνολογίας του IoT).



Η τεχνολογία των blockchain μπορεί να συνδυαστεί με την τεχνολογία του IoT ώστε να περιλαμβάνονται στις πληροφορίες που καταγράφονται στα block δεδομένα σχετικά με τη φυσική κατάσταση της αποθήκευσης των προϊόντων στα containers. Η συστηματική καταγραφή των ποικίλων δεδομένων στο blockchain συμβάλλει αποφασιστικά στην ψηφιοποίηση της όλης διαδικασίας, επιταχύνοντας την και βελτιώνοντας την ακρίβεια της. Επιπλέον, διευκολύνει και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των εμπλεκόμενων στις αποστολές, του συντονισμού τους.

Οι πιο γνωστές blockchain πλατφόρμες είναι η Tradelens, η οποία αναπτύχθηκε από IBM και την Maersk και στην οποία συμμετέχουν οι MSC,CMA,CGM,ZIM,APM, Terminals, PSA, Yilport, CEVA και Pamco, και η GSBN η οποία αναπτύχθηκε από μεγάλους παράγοντες της εμπορικής ναυτιλίας όπως η Cosco, HappyLoyal, OOCL, DPWorld, PSA, HutchisunPurts σε συνεργασία με την Cargosmart.

Οι βασικοί παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο βαθμό υιοθέτησης των τεχνολογιών του blockchain είναι:

- Οι ιδιοκτήτες των προς μεταφορά φορτίων οι οποίοι ακόμα δεν φαίνονται ένθερμοι υποστηρικτές αυτού του είδους της ψηφιακής μετάβασης. Οι ενδοιασμοί τους έχουν να κάνουν με ζητήματα ασφαλείας.
- Τα χρηματοοικονομικά ιδρύματα που εμπλέκονται στις οικονομικές συναλλαγές που λαμβάνουν χώρα στις διαδικασίες της εμπορικής ναυτιλίας. Στον χώρο αυτό έχει υιοθετηθεί το μεγαλύτερο μέρος των νέων τεχνολογιών και εκτιμάται ότι δεν θα αποτελέσουν τροχοπέδη στην υιοθέτηση του Blockchain. Η υιοθέτηση της τεχνολογίας των blockchain από αυτές θα εντάξει και τις οικονομικές αλλαγές στην πλατφόρμα. Επιπλέον, θα μειώνονταν δραστικά ο χρόνος ολοκλήρωσης των αποστολών για δύο λόγους:
 - Θα διεκπεραιώνονταν ταχύτερα οι οικονομικές αλλαγές και η επιβεβαίωση τους
 - Θα ολοκληρωνόταν ταχύτερα και οι διεργασίες επικύρωσης των δοσοληψιών.



- Λοιπές αρχές: Τέτοιες αρχές περιλαμβάνουν τελωνειακές αλλά και αρχές δημοσίας τάξης και ασφάλειας που ασχολούνται με την νομιμότητα των αποστολών, και την ασφάλεια του ίδιου του περιεχομένου αλλά και του περιβάλλοντος αποθήκευσης εκ μέρους των περιεχομένων. Οι διαδικασίες που τρέχουν οι αρχές αυτές είναι αναγκαίες και με το παραδοσιακό γραφειοκρατικό σύστημα συχνά επισύρουν σημαντικές καθυστερήσεις. Επομένως, η εμπλοκή και των αρχών αυτών στο blockchain θα επιταχύνει τις διαδικασίες των αποστολών.
- Λιμενικές αρχές: Οι λιμενικές αρχές φαίνεται να είναι οι πιο πρόθυμες να υιοθετήσουν τις τεχνολογίες blockchain (Tsiulin, Reinau, Hilmola, Goryaev, & Karam, 2020) (Oliva, 2021).

3.3 Πλατφόρμες παροχής υπηρεσιών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι αλυσίδες εφοδιασμού είναι ζωτικής σημασίας δίκτυα μεταξύ ενός οργανισμού, των πελατών και των προμηθευτών της για την παραγωγή και τη διανομή προϊόντων στην αγορά. Χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι ότι περιλαμβάνουν πολλούς φορείς και οντότητες που έχουν διαφορετικούς ρόλους και που χειρίζονται τους διαθέσιμους κάθε φορά πόρους και δεδομένα με διαφορετικό τρόπο. Βασικό ζητούμενο των οργανισμών που συμμετέχουν στις εφοδιαστικές αλυσίδες είναι να μειώσουν το κόστος των λειτουργιών τους ώστε να παραμείνουν ανταγωνιστικές στο επιχειρησιακό τοπίο. Συνεπώς η αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ζωτικής σημασίας, η βελτιστοποίηση της μειώνει το κόστος λειτουργίας των εμπλεκόμενων οργανισμών και επιταχύνει τον κύκλο παραγωγής της. Τα χαρακτηριστικά του blockchain το καθιστούν μία πολύ καλή λύση για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς η προσαρμογή του στην εφοδιαστική αλυσίδα, αποφέρει εποικοδομητικές βελτιστοποιήσεις.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι απαιτητική σε ανταλλαγή πληροφοριών καθώς μέσω αυτής επιτυγχάνεται ο συντονισμός των ενεργειών που



περιλαμβάνονται στην ολοκλήρωση της. Στον τομέα αυτό είναι κομβικά τα πλεονεκτήματα που παρέχει η κατανομημένη φύση της τεχνολογίας που επιτρέπει τον διαμοιρασμό του συνόλου του ιστορικού της αλυσίδας σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Η εξασφάλιση που παρέχει στα δεδομένα από αλλοιώσεις ή απώλειες συμβάλει στο να περιβάλλονται οι συναλλαγές από εμπιστοσύνη, στοιχείο απαραίτητο για τις εμπορικές συναλλαγές. Η απουσία μεμονωμένου σημείου αστοχίας και καταστροφής ενισχύει την αντοχή του σε κακόβουλες ενέργειες αλλά και σε ατυχήματα. Επιπλέον η υιοθέτηση της τεχνολογίας του Blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα δύναται να αυτοματοποιήσει σημαντικό μέρος των ενεργειών που παραδοσιακά γίνονται μέσω της γραφειοκρατίας. Οι πλατφόρμες διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας που βασίζονται στην τεχνολογία του Blockchain, εστιάζουν την αναβάθμιση της στοχεύοντας στους εξής παράγοντες:

- Εξοικονόμηση χρόνου: Ο στόχος αυτό αφορά την άμεση διεκπεραίωση των συναλλαγών και την σε πραγματικό χρόνο επαλήθευση τους. Με τις παραδοσιακές γραφειοκρατικές μεθόδους, οι διεργασίες αυτές διαρκούσαν μεγάλα χρονικά διαστήματα.
- Μείωση κόστους των διεργασιών: Με τη χρήση του Blockchain μειώνεται η ανάγκη για τη συμμετοχή μεσαζόντων στις διαδικασίες που διέπουν τις αποστολές. Αυτό προϋποθέτει την ανάπτυξη φιλικών APIs και την άρτια εκπαίδευση των χειριστών τους.
- Ασφάλεια δοσοληψίων και δεδομένων: Μειωμένος κίνδυνος— το αποκεντρωμένο και κοινό βιβλίο με τα πρωτόκολλά του λειτουργεί ως σχεδόν αδιαπέραστος αποτρεπτικός παράγοντας για την παραποίηση πληροφοριών, την απάτη και το έγκλημα στον κυβερνοχώρο.
- Αυξημένη εμπιστοσύνη: Μέσα από τη διαφάνεια που παρέχει η καθολική διαθεσιμότητα του Blockchain σε όλα τα μέλη το δικτύου, σε συνδυασμό με τους μηχανισμούς ασφαλείας που το υποστηρίζουν, επιδιώκεται να βελτιωθεί το αίσθημα εμπιστοσύνης τόσο μεταξύ των συμμετεχόντων στις δοσοληψίες



όσο και μεταξύ των συμμετεχόντων και της ίδιας της πλατφόρμας (Cacioli 2020).

3.3.1 TradeLens

Τον Αύγουστο του 2018, η IBM και η Maersk ανακοίνωσαν μια λύση υποστήριξης της εφοδιαστικής αλυσίδας βασισμένη σε blockchain που ονομάζεται TradeLens. Εντέλει στο τέλος του 2022 οι δύο εταιρείες ανακοίνωσαν την απόφαση να διακόψουν την πλατφόρμα TradeLens καθώς «δεν έχει φτάσει στο επίπεδο της απαιτούμενης εμπορικής βιωσιμότητας» για να συνεχίσει να εργάζεται. (Maersk 2022)

Η πλατφόρμα τέθηκε εκτός σύνδεσης το τέλος του 1ου τριμήνου του 2023. Ο στόχος της ήταν να αυξήσει το παγκόσμιο εμπόριο κατά 15%, αφαιρώντας τα εμπόδια στη διεθνή αλυσίδα εφοδιασμού. Συνδυάζοντας την τεχνογνωσία και το παγκόσμιο δίκτυο της Maersk, την πλατφόρμα blockchain της IBM για διαφανή επιμελητεία, συγχρονίζοντας το ρεύμα ελέγχων, το TradeLens παρέχει την απαραίτητη διαλειτουργικότητα για τον συντονισμό των παραγόντων της στον τομέα της ναυτιλίας. Οι οργανισμοί που εντάχθηκαν στο οικοσύστημα TradeLens κατέγραψαν περισσότερα από 10 εκατομμύρια εβδομαδιαία ναυτιλιακά γεγονότα. Υποστηρίζεται από μία ισχυρή ομάδα η οποία επεμβαίνει άμεσα σε αστοχίες ή νεοεμφανιζόμενες απαιτήσεις αναβάθμισης (Cacioli 2020).

Η TradeLens ήταν μια ανοιχτή και ανεξάρτητη πλατφόρμα διαχείρισης λειτουργιών εφοδιαστικής αλυσίδας που βασίζεται στην τεχνολογία του Blockchain. Βασικό της χαρακτηριστικό είναι ότι επιτρέπει την σε πραγματικό χρόνο και με ασφάλεια ανταλλαγή αξιόπιστων πληροφοριών και τη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών στην εφοδιαστική αλυσίδα. Με τον τρόπο αυτό συμμετέχει στην αναβάθμιση της αποδοτικότητας τους μέσα από την εφαρμογή καινοτόμων παρεμβάσεων στις επί μέρους διεργασίες που συμβάλλουν στη ελάττωση των εμπορικών τριβών. Η πλατφόρμα παρέχει με συνέπεια την πλήρη αξιόπιστη εικόνα των συμβάντων και των οροσήμων που σχετίζονται με τις αποστολές ενώ παράλληλα επιτρέπει την



ενσωμάτωση και των συστημάτων αναφορών στην ίδια πλατφόρμα. Η εικόνα αυτή και οι αναφορές είναι προσβάσιμες σε πραγματικό χρόνο τόσο για την δημιουργία και την ενημέρωση τους όπως επίσης και για την ανάκτηση τους. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η συνεργασία όλων των παραγόντων που έχουν ρόλο στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (TradeLens 2022).

Οι στόχοι της πλατφόρμας, όπως είχαν ανακοινωθεί, είναι οι εξής:

- Η συγκέντρωση όλων των μερών της εφοδιαστικής αλυσίδας (αποστολείς, μεταφορείς, υποστηρικτικοί φορείς, λιμένες – τερματικοί σταθμοί, ναυτιλιακές εταιρείες, τελωνεία, κυβερνητικοί φορείς, διεθνείς αρχές) σε μία ενιαία πλατφόρμα που βασίζεται στην αναδυόμενη και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία του Blockchain.
- Η παροχή απρόσκοπτης, ασφαλούς κοινής χρήσης πληροφοριών σε όλη και για ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο, με δυνατότητα επέμβασης στα εξουσιοδοτημένα για κάθε περίπτωση μέρη. Οι πληροφορίες αυτές σχετίζονται με ορόσημα αποστολής, δεδομένα σχετικά με τα φορτία, εμπορικά παραστατικά και αναφορές, δεδομένα που παράγονται από εξειδικευμένους αισθητήρες. Με τον τρόπο αυτό οι εμπλεκόμενοι στην εφοδιαστική αλυσίδα αποκτούν πολύτιμη γνώση περί των καταστάσεων που διαμορφώνονται σε κάθε στάδιο και μπορούν να λαμβάνουν πιο εύστοχες αποφάσεις.
- Η ψηφιοποίηση και η αυτοματοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών μεταξύ οργανισμών που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του παγκόσμιου εμπορίου. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι εκκαθαρίσεις των συναλλαγών των εισαγωγών και εξαγωγών, μέσα από τη δομή του Blockchain που έχει τη δυνατότητα να διασφαλίζει ασφαλείς, ελεγχόμενες και μη απορριπτέες συναλλαγές.
- Η δημιουργία μίας ισχυρής βάσης για την συνεχή βελτίωση και εφαρμογή της καινοτομίας μέσα από τη διαθεσιμότητα μίας ανοιχτής, δημοσίου προσβάσιμης προγραμματιστικής διεπαφής (Application Programming



Interface – API), της καθιέρωσης χρήσης προτύπων και της προώθησης της διαλειτουργικότητας και της τυποποίησης των διαδικασιών.

- Η ανάπτυξη μία πλατφόρμας εφαρμογών την οποία θα μπορούν να χρησιμοποιούν τα μέλη του δικτύου της TradeLens για αναπτύσσουν και να διαμοιράζονται εφαρμογές που αναβαθμίζουν την αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Κάθε οντότητα που εντάσσεται στην πλατφόρμα του TradeLens, ενσωματώνει την εξής λειτουργικότητα:

- Πλατφόρμα πρόσβασης σε εφαρμογές: Πρόκειται για μια ανοιχτή αγορά εφαρμογών και υπηρεσιών που επιτρέπει τόσο στην TradeLens όσο και σε τρίτες οντότητες να δημοσιεύουν κατάλληλες εφαρμογές υπηρεσιών εφοδιαστικής αλυσίδας στην πλατφόρμα TradeLens, προωθώντας την καινοτομία.
- Πλατφόρμα διαχείρισης λειτουργιών: Η πλατφόρμα TradeLens είναι προσβάσιμη μέσω ενός ανοιχτού API και συγκεντρώνει το οικοσύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω ενός συνόλου ανοιχτών προτύπων. Με την υποστήριξη της τεχνολογίας blockchain Hyperledger Fabric και του IBM Cloud, η πλατφόρμα επιτρέπει στη βιομηχανία να μοιράζεται πληροφορίες και να συνεργάζεται με ασφάλεια.
- Συγκέντρωση υπηρεσιών: Στο επιχειρηματικό της δίκτυο που καλύπτουν οι συμμετέχοντες στην πλατφόρμα της TradeLens, κάθε οντότητα μοιράζεται πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από οποιαδήποτε άλλη είναι εξουσιοδοτημένη (ανάκτηση, τροποποίηση, αποθήκευση) σε όλη τη διάρκεια των αποστολών.

Η διεσδυτικότητα της TradeLens υπήρξε σημαντική στο χώρο. Στην πλατφόρμα της είχαν ενταχθεί κυβερνητικές αρχές και υπηρεσίες από περισσότερα από 10 κράτη. Αυτό σημαίνει ελάττωση των γραφειοκρατικών διεργασιών που εμπλέκονται στις αποστολές. Επιπλέον είχαν ενταχθεί περισσότερες από 15 μεγάλες ναυτιλιακές

εταιρείες, οι οποίες καλύπτουν το 60% του όγκου της διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων σε όλον τον κόσμο. Η διεισδυτικότητα της στα λιμάνια και τους τερματικούς σταθμούς, εκτάθηκε σε όλον τον κόσμο. Περισσότερα από 600 λιμάνια είχαν ενταχθεί στα συστήματα της. Η παρακάτω εικόνα είναι ενδεικτική του βαθμού υιοθέτησης του TradeLens στα λιμάνια και τους τερματικούς σταθμούς σε όλον τον κόσμο. Με πορτοκαλί χρώμα έχουν επισημανθεί υποδομές που είχαν ενταχθεί στο σύστημα του TradeLens και με πράσινο χρώμα υποδομές που παρείχαν δεδομένα στην πλατφόρμα.



Εικόνα 11: Η υιοθέτηση του TradeLens παγκοσμίως

Εντέλει η πλατφόρμα εγκαταλείφθηκε στις αρχές του 2023. Η Maersk αποδίδει την εγκατάλειψη της πλατφόρμας κυρίως στην έλλειψη εμπιστοσύνης. Οι μετέχοντες στο δίκτυο της, λόγω ανταγωνισμού, δεν επιθυμούν να διαμοιράζονται επιχειρηματικά ευαίσθητα δεδομένα στο δημόσιο δίκτυο. (Nagware 2022)

3.3.2 NXT-PORT

Το Nxtport δημιουργήθηκε το 2016 μέσα από τη συνεργασία ενός πλήθους εταιρειών του χώρου της εμπορικής ναυτιλίας, της εφοδιαστικής και της βιομηχανίας



με σκοπό την αντιμετώπιση των βασικών προκλήσεων που αναδύονται στην εφοδιαστική αλυσίδα. Σχεδιάστηκε αρχικά και υλοποιήθηκε πιλοτικά για να εξυπηρετήσει της ανάγκες του λιμένα της Αμβέρσας. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν μία σύγχρονη και καινοτόμος – για τα δεδομένα της εποχής πλατφόρμας έξυπνης κοινής χρήσης δεδομένων που συνέβαλλε στην ψηφιοποίηση των αποθηκευτικών, ναυτιλιακών και βιομηχανικών διαδικασιών. Μετά την πιλοτική του εφαρμογή, επεκτάθηκε στην Ευρώπη, με την E-CLICEuropeanChemicalAssociation. Στη συνέχεια υποστηρίχθηκε από το TrustedNetworksforIPCSA για την διασύνδεση λιμένων σε όλο τον κόσμο. Το 2021 το NXT-PORT απέκτησε εκπροσώπηση στις ΗΠΑ και την Ασία. Το Nxtport εκτελείται στο Microsoft Azure cloud δίνοντας μια σταθερή βάση για μια ασφαλή και επεκτάσιμη λύση (nxtport-international 2022).

Όπως προαναφέρθηκε, η εφαρμογή του NXT-PORT δοκιμάστηκε για πρώτη φορά στο λιμάνι της Αμβέρσας το 2017. Πρόκειται για ένα λιμάνι με αρκετά μεγάλη κίνηση εμπορικών πλοίων. Οι δρώντες της εφοδιαστικής αλυσίδας που περιλάμβανε και το λιμάνι, εργάζονταν ταυτόχρονα για να εξασφαλίσουν την ασφαλή, νόμιμη και οικονομική μεταφορά των εμπορευμάτων. Ωστόσο αναγκαζόταν κάθε ένας από αυτούς να συλλέγει και να διαχειρίζεται τα – πολλές φορές ίδια - δεδομένα σε ξεχωριστές βάσεις δεδομένων. Η κοινότητα του Λιμένα της Αμβέρσας είδε ότι αυτή η μεμονωμένη προσέγγιση οδηγούσε σε περιττή εισαγωγή δεδομένων και δημιούργησε δαπανηρή αναποτελεσματικότητα σε όλη την αλυσίδα μεταφορών. Επιπλέον δημιουργούταν ζητήματα συνέπειας δεδομένων κατά τους ελέγχους εγκυρότητας των δοσοληψιών. Οι αστοχίες αυτές πυροδότησαν την αναζήτηση τρόπων για τον εξορθολογισμό των διαφορετικών φορέων που εμπλέκονται στη διαμετακόμιση των εμπορευμάτων. Για τον σκοπό αυτό θα έπρεπε αρχικά να αυτοματοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η μεταφορά δεδομένων από τον έναν δρώντα στον άλλο. Εκτιμήθηκε ότι όσο μεγαλύτερος ήταν ο βαθμός αυτοματοποίησης των διαδικασιών τόσο μεγαλύτερη θα ήταν η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων τους. Επιπλέον ήταν ανάγκη να αναβαθμιστούν και οι επικοινωνιακές λειτουργίες προκειμένου να εξασφαλίζεται σε κάθε στάδιο των διαδικασιών η ακρίβεια και η συνέπεια των δεδομένων. Μία ακόμα κύρια απαίτηση ήταν η ταχεία ανάπτυξη ενός συστήματος που να πληροί τις προδιαγραφές



λειτουργίας του λιμένα. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε η ανάπτυξη του συστήματος να βασιστεί στην υποδομή και το λογισμικό ενός από τους μεγαλύτερους παρόχους λύσεων νεφοϋπολογιστικής, τη Microsoft Azure (PaaS, SaaS και IaaS υπηρεσίες). Ένας ακόμα λόγος για την επιλογή μίας λύσης νεφοϋπολογιστικής ήταν ότι το προς ανάπτυξη σύστημα έπρεπε να είναι διαρκώς διαθέσιμο και να παρέχει στους δρώντες την απαραίτητη λειτουργικότητα για την διεκπεραίωση της αποστολής τους. Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί ένα ευέλικτο επίπεδο API σε συνδυασμό με το Microsoft Azure, το οποίο επιτρέπει στις εξειδικευμένες ανάγκες των ενδιαφερόμενων μερών να ικανοποιούνται με προσαρμοσμένη κοινή χρήση δεδομένων.

4.0 Η εφαρμογή του Blockchain στην Ελλάδα

Οι δια θαλάσσης μεταφορές είναι αυτές που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μεταφορά εμπορευμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Το γεγονός αυτό από μόνο του, δίνει μεγάλη αξία στην εμπορική ναυτιλία και κατ' επέκταση στη λειτουργία των λιμένων και των τερματικών σταθμών. Επομένως το ενδιαφέρον για την αναβάθμιση τους, μέσω του εκσυγχρονισμού τους, με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας, είναι αυξημένο. Η εφαρμογή του Blockchain στις λειτουργίες τους, μελετήθηκε και εκτιμήθηκε ότι θα μπορούσε να συμβάλει σε αυτή την αναβάθμιση. Έχει ήδη εφαρμοστεί σε λιμένες του εξωτερικού με επιτυχία. Στην Ελλάδα, μόλις το Δεκέμβριο του 2021, ενσωματώθηκε στη λειτουργία του Οργανισμού Λιμένα Θεσσαλονίκης με σκοπό να αναβαθμίσει την παραγωγικότητα του.

4.1 Τομείς της εφοδιαστικής αλυσίδας που μπορούν να ευεργετηθούν

Οι λειτουργίες που εμπεριέχονται στο οικοσύστημα της εμπορικής ναυτιλίας είναι πολλές και πολυποίκιλες. Αυτές που σχετίζονται με τους λιμένες και τους τερματικούς σταθμούς αποτελούν ένα μέρος αυτών. Ο τρόπος και τα εκτιμώμενα αποτελέσματα της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας του Blockchain περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

4.1.1 Ναύλωση πλοίων

Η ναύλωση πλοίου γίνεται μετά από επίσημη συμφωνία μεταξύ του ιδιοκτήτη του πλοίου και του ιδιοκτήτη του φορτίου. Με αυτή προσδιορίζονται οι όροι με τους οποίους ο ιδιοκτήτης του πλοίου παραχωρεί την μεταφορική ικανότητα του πλοίου στον ιδιοκτήτη του φορτίου για ένα ή περισσότερα ταξίδια. Τα ακραία σημεία των ταξιδιών (ενδεχομένως και των ενδιαμέσων σταθμών) καθώς και χρονικοί περιορισμοί περιλαμβάνονται σε αυτές τις συμφωνίες. Πέραν αυτών μπορεί να περιγράφονται και άλλοι όροι μεταφοράς που πολλές φορές σχετίζονται με το είδος



του φορτίου. Βασική επιδίωξη της γραπτής συμφωνίας είναι να συμπεριληφθούν σε αυτή όλες οι ενδεχόμενες καταστάσεις που μπορεί να προκύψουν κατά τη μεταφορά και για κάθε μία από αυτές να καθοριστούν οι τρόποι αντίδρασης τόσο του ιδιοκτήτη του πλοίου όσο και του ιδιοκτήτη του φορτίου. Βασικό στοιχείο της συμφωνίας και το οποίο περιλαμβάνεται σε αυτή, είναι ο τρόπος με τον οποίο αυτή διασφαλίζεται νομικά καθώς καθορίζεται το δίκαιο που διέπει τη μεταφορά¹³.

Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να εφαρμοστεί στη διαδικασία σύναψης συμφωνιών θαλάσσιας μεταφοράς και με τον τρόπο αυτό να ξεφύγει από το γραφειοκρατικό μοντέλο υλοποίησης, καθώς και να αυτοματοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό, εξασφαλίζοντας υψηλά επίπεδα ασφάλειας και ταχεία ολοκλήρωση. Στις συμφωνίες, τα συμβαλλόμενα μέρη είναι πολύ πιθανό να βρίσκονται σε περιοχές που απέχουν μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους και η προσέγγιση τους να μην είναι εύκολη. Μία λύση για την αντιμετώπιση του ζητήματος της απόστασης θα ήταν η εκμετάλλευση της υποδομής και των εφαρμογών του διαδικτύου. Το μεγαλύτερο εμπόδιο για τη χρήση του, είναι η καχυποψία των εφοπλιστών και των αποστολέων των φορτίων για την ικανότητα των μηχανισμών ασφαλείας του να εξασφαλίσουν την εμπιστευτικότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων που εμπεριέχονται στις συμφωνίες (Carlice, 2022).

Αυτού του είδους οι συμφωνίες μπορούν να ευεργετηθούν από τις δυνατότητες των Blockchains. Τους φόβους των παραγόντων της ναυτιλίας μπορούν να άρουν οι προσεγγίσεις των ιδιωτικών Blockchains καθώς, όπως έχει ήδη αναφερθεί μπορούν να αναπτύσσουν εσωτερικά κανάλια στο ευρύτερο δίκτυο, τα οποία να σχηματίζουν έναν πυρήνα του ο οποίος να μην είναι προσβάσιμος από οντότητες που δεν είναι εξουσιοδοτημένες για αυτό. Η στεγάνωση του πυρήνα αυτού, δίνει την δυνατότητα στις αρχές που συμμετέχουν σε μια συμφωνία να διατηρούν τον κεντρικό έλεγχο των διαδικασιών (κάτι που το επιθυμούν) ενώ ταυτόχρονα διατηρούν τα πλεονεκτήματα που παρέχει η αυτοματοποίηση των διαδικασιών.

¹³ Συχνά οι συμφωνίες αυτές ακολουθούν το Αγγλικό Δίκαιο. Σε διαφορετική περίπτωση ακολουθείται το Εθνικό Δίκαιο των συμβαλλομένων μερών.



Υπό το πρίσμα αυτό, τα Blockchains που αναπτύσσονται στον χώρο της εμπορικής ναυτιλίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύναψη Smart και Ricardian συμβολαίων, τα οποία παρέχουν στις διεργασίες που σχετίζονται με τη ναύλωση πλοίων τα εξής πλεονεκτήματα (σε σχέση με τους παραδοσιακούς γραφειοκρατικούς μηχανισμούς):

- Η σύνταξη και η επεξεργασία των συμφωνιών πραγματοποιείται γρήγορα (τις περισσότερες φορές σε πραγματικό χρόνο). Οι συμμετέχοντες έχουν τη δυνατότητα να ενημερώνονται άμεσα για ενδεχόμενες μεταβολές στους όρους και να αντιδρούν σε αυτές επίσης άμεσα.
- Οι διεργασίες ολοκληρώνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια καθώς πλέον είναι σε αρκετά υψηλό βαθμό αυτοματοποιημένες, περιορίζοντας την επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα στην ανάπτυξη τους. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται σφάλματα και καθυστερήσεις. Τα αποτελέσματα των διεργασιών είναι πιθανότερο να είναι ορθά και να είναι διαθέσιμα ακριβώς στον χρόνο που απαιτούνται.
- Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Blockchain είναι το γεγονός ότι το σύνολο των δεδομένων που το συνθέτουν, είναι διαθέσιμα σε κάθε έναν από τους συμμετέχοντες στο δίκτυο του. Αυτό ενισχύει την ασφάλεια των δοσοληψιών που λαμβάνουν χώρα κατά την σύναψη των συμφωνιών για τη ναύλωση πλοίων. Η διαφάνεια που προσφέρει το Blockchain δεν περιορίζεται αποκλειστικά σε αυτό αλλά επεκτείνεται και σε όλες τις πράξεις που σχετίζονται με τη ναύλωση του πλοίου, από την φόρτωση τους, την αναχώρηση του, τον πλου του, την άφιξη του στο προορισμό του και την εκφόρτωση του. Τόσο οι άμεσα ενδιαφερόμενοι όσο και οι συμμετέχοντες στο δίκτυο, δυνητικά ελέγχουν όλες τις σχετικές πράξεις.
- Τα Blockchain είναι ανθεκτικά στις γνωστές επιθέσεις του διαδικτύου. Τόσο τα δεδομένα όσο και οι υποδομές του, είναι εξασφαλισμένες και δυνάμενες να βρεθούν σε κατάσταση πλήρους λειτουργίας, αμέσως μετά την αποκατάσταση από κάποια ενδεχόμενη αστοχία.
- Όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα έχουν θετικό αντίκτυπο στη διαμόρφωση του κόστους ολοκλήρωσης των διεργασιών που απαιτούνται. Επιπλέον το

κόστος εγκατάστασης και συντήρησης των απαραίτητων μηχανισμών είναι χαμηλό με αποτέλεσμα ο λόγος του απαιτούμενου κόστους διά του κέρδους να είναι πολύ χαμηλό.

Στον επόμενο πίνακα συγκρίνεται η παραδοσιακή γραφειοκρατική διαδικασία σε σχέση με την αντίστοιχη διαδικασία όπως μπορεί να ολοκληρωθεί με την ενσωμάτωση του Blockchain.

Πίνακας 3: Σύγκριση παραδοσιακού τρόπου λειτουργίας των λιμένων και υιοθέτησης του Blockchain

ΑΑ	Παραδοσιακή Διαδικασία	Νέα Διαδικασία
1	Αναζήτηση κατάλληλου πλοίου για το φορτίο, συνήθως με την εμπλοκή κάποιου τρίτου – μεσίτη (ο οποίος κατέχει τις πληροφορίες για τις διαθεσιμότητες πλοίων).	Οι πληροφορίες της διαθεσιμότητας πλοίων μπορούν να περιλαμβάνονται στην δομή δεδομένων του Blockchain. Η αλληλεπίδραση γίνεται χωρίς την ανάγκη εμπλοκής μεσίτη. (Επιτυγχάνεται κέρδος οικονομικό και χρονικό)
2	Μετά τον εντοπισμού του πλοιοκτήτη του καταλλήλου πλοίου γίνονται οι διαπραγματεύσεις για τους όρους της μεταφοράς. Η έλλειψη διαφάνειας τιμών σε μια φιλελεύθερη αγορά δημιουργεί την ανάγκη χρονοβόρων διαδικασιών μέχρι να επιτευχθεί συμφωνία. Και την περίπτωση αυτή συνήθως εμπλέκονται μεσίτες.	Οι όροι μεταφοράς μπορεί να περιλαμβάνονται σε έναν smart ή Ricardian συμβόλαιο το οποίο είναι διαθέσιμο στο Blockchain. Δεν χρειάζεται η εμπλοκή μεσίτη ενώ δεν χρειάζεται να συμβούν κάποιοι είδους διαπραγματεύσεις. Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας της ολοκλήρωσης της συμφωνίας μειώνει τον χρόνο ολοκλήρωσης της συμφωνίας. Η απουσία μεσίτη μειώνει το κόστος της.

ΑΑ	Παραδοσιακή Διαδικασία	Νέα Διαδικασία
3	Μετά την ολοκλήρωση της μεταφοράς ακολουθεί η εκφόρτωση και η αποκατάσταση του πλοίου. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται ο απολογισμός της χρήσης του πλοίου και των σχετικών υπηρεσιών. Η τεκμηρίωση των εργασιών αυτών απαιτεί αρκετό χρόνο. Η αποτίμηση οδηγεί στη μεταφορά κεφαλαίων, η οποία επίσης απαιτεί σημαντικό χρονικό διάστημα.	Τα Smart ή Ricardian συμβόλαια έχουν τη δυνατότητα να εφοδιάζονται με πληροφορίες τρίτων που τεκμηριώνουν τις υπηρεσίες που παρασχέθηκαν. Η μεταφορά των κεφαλαίων μπορούν αυτομάτως να προσαρμοστούν στις πληροφορίες που τοποθετούνται στο Blockchain. Με τον τρόπο αυτό οι διεργασίες ολοκληρώνονται ταχύτερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια (καθώς ελαχιστοποιείται η συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα)

4.1.2 Φόρτωση/Εκφόρτωση πλοίων

Η διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης του πλοίου μπορεί να συνοδεύονται από διαφορές μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών. Αυτό συμβαίνει διότι η διασφάλιση ότι το περιεχόμενο που μεταφέρεται παραδίδεται στον σωστό προορισμό, στη σωστή ποσότητα και στη σωστή ποιότητα, είναι κάτι που δεν μπορεί εύκολα να τεκμηριωθεί. Οι παραδοσιακές διεργασίες είναι χρονοβόρες και απαιτούν την απασχόληση ανθρώπινου δυναμικού. Οι απαιτήσεις αυτές αντιμετωπίζονται με κατάλληλα έγγραφα που συνοδεύουν τα φορτία. Τις διεργασίες αυτές επιδεινώνουν και επιβραδύνουν οι ανάγκες για συμμόρφωση στις διεθνείς και εθνικές νομοθεσίες. Βασικό ζητούμενο από τις διεργασίες που εμπεριέχουν τη χρήση των εγγράφων αυτών είναι:



- Τα έγγραφα που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να συντάσσονται με τρόπο τέτοιο που να αποτελούν ένα αδιαμφισβήτητο τεκμήριο για το γεγονός ότι το φορτίο έχει ήδη φορτωθεί στο πλοίο.
- Τα έγγραφα θα πρέπει να περιλαμβάνουν τους όρους της μεταφοράς με πληρότητα και σαφήνεια έτσι ώστε να διασφαλίζουν τα συμβαλλόμενα μέρη.
- Επιπλέον των παραπάνω θα πρέπει από τα έγγραφα να τεκμαίρεται ότι το περιεχόμενο της αποστολής να ανήκει πράγματι στον αποστολέα.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις θα πρέπει να προβλέπουν τη μεταβίβαση του δικαιώματος και της υποχρέωσης της διαχείρισης του φορτίου.

Η ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών των εγγράφων αυτών, μειώνει την γραφειοκρατική καθυστέρηση της διαδικασίας φόρτωσης και εκφόρτωσης. Οι συμβάσεις φόρτωσης είναι εφικτό να μεταβιβαστούν σε τρίτη οντότητα. Στις περιπτώσεις αυτές καλούνται διαπραγματεύσιμες. Βασική τους χρησιμότητα είναι να αποδεικνύουν ότι το περιεχόμενο του φορτίου είναι αυτό που έχει συμφωνηθεί, έχουν παραδοθεί από τον ιδιοκτήτη τους στον μεταφορέα (στον οποίου την κυριότητα παραμένουν κατά τη μεταφορά). Αυτό επισύρει υποχρεώσεις για τον διαχειριστή του φορτίου που αφορούν την σε καλή κατάσταση παράδοση του, στο χρόνο που έχει συμφωνηθεί. Αν δεν τηρηθούν οι υποχρεώσεις τότε το συμβαλλόμενο μέρος που θίγεται μπορεί αν αξιώσει κάποιου είδους αποζημίωση. Αυτό που αποτελεί ειδοποιό χαρακτηριστικό αυτού του είδους των συμβάσεων είναι ότι παρέχει στον κάτοχό του το αποκλειστικό δικαίωμα να απαιτήσει την παράδοση από τον μεταφορέα. Το περιεχόμενο της αποστολής αποδεσμεύονται από αυτόν μόνο στο λιμάνι εκφόρτωσης με την επίδοση του εγγράφου. Στην ενδιάμεση διαδρομή, το δικαίωμα που ενσωματώνεται στο έγγραφο μπορεί να μεταβιβαστεί κατά μήκος μιας αλυσίδας συμβάσεων πώλησης με παράδοση. Έτσι, ενώ το περιεχόμενο της αποστολής βρίσκεται στην κατοχή ενός μεταφορέα, η κυριότητα του μπορεί να μεταβιβαστεί σε έναν άλλο (UNCTAD, 2003). Οι μεταβιβάσεις αυτές με την παραδοσιακή γραφειοκρατική διαδικασία είναι αρκετά χρονοβόρες. Με την ενσωμάτωση τους στο Blockchain αποφεύγεται σπατάλη χρόνου κατά τις



μεταβιβάσεις της κυριότητας. Αυτό κυρίως οφείλεται στην αυτοματοποίηση των απαραίτητων ελέγχων σε συνδυασμό με την ασφάλεια που παρέχει η δομή του Blockchain στα δεδομένα που χειρίζεται.

4.1.3 Διαδικασίες στους λιμένες

Οι διαδικασίες που διεκπεραιώνονται όσο τα πλοία είναι στα λιμάνια, είναι συχνά υπεύθυνες για καθυστερήσεις. Εκεί πραγματοποιούνται οι φορτώσεις και οι εκφορτώσεις των περιεχομένων των αποστολών. Παράλληλα χρειάζεται να ολοκληρωθούν και διεργασίες για την μεταβίβαση της κυριότητας τους, το έλεγχο της ποιότητας και της ποσότητας τους. Η αυτοματοποίηση που προσφέρει το Blockchain μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του χρόνου παραμονής των εμπορευματοκιβωτίων στο χώρο των λιμένων καθώς:

- Οι οικονομικές λεπτομέρειες των δΟΣΟΛΗΨΙΩΝ που σχετίζονται με τις αποστολές περιλαμβάνονται στο Blockchain. Ο έλεγχος και η εκτίμηση τους μπορεί αυτοματοποιημένα, με διαφάνεια και ασφάλεια.
- Η ροή εργασίας γίνεται με ψηφιακό τρόπο.
- Όλη η πληροφορία που χρειάζεται κάθε δρώντας του συστήματος είναι άμεσα διαθέσιμη.

Από τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή του Blockchain στους λιμένες μπορεί να επιταχύνει σε μεγάλο βαθμό τις διαδικασίες που τρέχουν σε αυτούς.

4.1.4 Αυθεντικότητα αρχείων και πιστοποιητικών

Σημαντική πρόκληση για την εμπορική ναυτιλία και την δια θαλάσσης διακίνησης των είναι ο έλεγχος της γνησιότητας των συνοδευτικών εγγράφων και ψηφιακών αρχείων. Όταν τα έγγραφα αυτά εμπλέκονται σε πολλές διαφορετικές διεργασίες, απαιτείται να διενεργούνται έλεγχοι από πολλαπλές αρχές. Αυτό σημαίνει σοβαρές καθυστερήσεις (ακόμα και στις περιπτώσεις ελέγχου ψηφιακών αρχείων). Επιπλέον



στις περιπτώσεις ελέγχων που ο ανθρώπινος παράγοντας διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο, η ορθότητα και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους, δεν είναι δεδομένες. Η συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα δίνει επίσης χώρο για την προσπάθεια αλλοίωσης και παραχάραξης των εγγράφων. Η προσέγγιση του Blockchain δίνει λύσεις και σε αυτόν τον τομέα. Τα περιεχόμενα των εγγράφων καταγράφονται και αυτά στο Blockchain. Με τον τρόπο αυτό, κάθε έλεγχος στα έγγραφα γίνεται με την μέγιστη δυνατή διαφάνεια και με την ταχύτητα που εξασφαλίζει η αυτοματοποίηση των διεργασιών μετάδοσης της πληροφορίας σαν μέρος του Blockchain. Τα έγγραφα τα οποία μπορεί να εντάσσονται σε ένα Blockchain μπορεί να αναφέρονται:

- Στην πλοιοκτήτρια εταιρεία
- Στο ίδιο το πλοίο
- Στο προσωπικό που εμπλέκεται στη μεταφορά
- Στις εταιρείες αποστολής και παραλαβής
- Στο φορτίο που θα διακινηθεί

4.2 Ο Οργανισμός Λιμένος Θεσσαλονίκης

Το Δεκέμβριο του 2021, ο Οργανισμός Λιμένος Θεσσαλονίκης ενσωμάτωσε πιλοτικά στις λειτουργίες του την τεχνολογία του Blockchain για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Το λιμάνι της πόλης έγινε το πρώτο στην Ελλάδα στο οποίο αναπτύχθηκε η λειτουργικότητα του σε μία πλατφόρμα Blockchain. Η ΟΛΘ Α.Ε. υποστηρίχθηκε από την ψηφιακή πλατφόρμα της TradeLens. Σύμφωνα με τον ΟΛΘ, η εξέλιξη αυτή είχε σκοπό τη μετατροπή του λιμένα σε έξυπνη υποδομή ώστε να έχει τη δυνατότητα να παρέχει καινοτόμες υπηρεσίες, υψηλού επιπέδου μέσα από την εξάλειψη των γραφειοκρατικών διαδικασιών. Με την επίτευξη του στόχου αυτού, το λιμάνι θα αποκτούσε προστιθέμενη αξία στο χώρο των εμπορικών θαλασσιών μεταφορών. Εκτιμήθηκε ότι η ενσωμάτωση της Θεσσαλονίκης σε ένα δίκτυο που περιλαμβάνει περισσότερα από 180 λιμάνια και τερματικούς σταθμούς και περισσότερες από 15 τελωνειακές αρχές στον πλανήτη¹⁴, θα επισπεύσει τις διαδικασίες της ανταλλαγής

¹⁴Επιπλέον, η πλατφόρμα της TradeLens είναι προσβάσιμη και από έναν ικανό αριθμό ανεξάρτητων παρόχων συνδυασμένων υπηρεσιών μεταφορών.



containers σε εμπορικά μονοπάτια που την περιλαμβάνουν. Σε αυτό συνέβαλλε το γεγονός ότι οι διαχειριστές της κίνησης του λιμένα θα έχουν την δυνατότητα άμεσης πρόσβασης στις απαραίτητες για αυτούς πληροφορίες αλλά και την αρτιότερη συνεργασία με τα άλλα μέλη του δικτύου. Οι δυνατότητες αυτές είναι σημαντικές καθώς το λιμάνι της Θεσσαλονίκης είναι η κύρια Θαλάσσια Πύλη προς τη Νοτιοανατολική, Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη. Με την ενσωμάτωση του στο δίκτυο της TradeLens, διευκολύνεται η αποτελεσματική, διαφανής και ασφαλής ανταλλαγή πληροφοριών, στην παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα της οποία μέρος είναι και η Θεσσαλονίκη. Αυτό ενισχύει την αίσθηση συνεργασίας και την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων στις σχετικές δοσοληψίες. Παρέχει ορατότητα σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα και βασίζεται σε πληθώρα πληροφοριών από τον κλάδο, συμπεριλαμβανομένων άμεσων ενσωματώσεων με περισσότερα από 180 λιμάνια και τερματικούς σταθμούς, 15+ τελωνειακές αρχές σε όλο τον κόσμο και έναν αυξανόμενο αριθμό παρόχων συνδυασμένων μεταφορών.

Από την πλατφόρμα TradeLens η ΟΛΘ ΑΕ προσδοκούσε (Capital 2021):

- Αναβάθμιση των λειτουργιών που περιλαμβάνει η διαχείριση των πόρων και του χώρου εναπόθεσης εμπορευματοκιβωτίων
- Την ταχύτερη εκμετάλλευση πληροφοριών που παρέχονται από άλλα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας και συνεργάτες.
- Τη δραστική μείωση του κόστους σύνδεσης του λιμένα με τις επιμέρους ναυτιλιακές συνδέσεις και την παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα.
- Την ενίσχυση του διαδικασιών λήψης αποφάσεων με την αντικατάσταση μεγάλου αριθμού γραφειοκρατικών διεργασιών με αντίστοιχες ψηφιακές.

Σύμφωνα με εργαζόμενο στο τμήμα IT, του λιμένος ονόματι ΙΓΚΟΡ ΜΠΕΡΕΖΑ, η πλατφόρμα εισήχθη στο λιμάνι πιλοτικά (για ολιγόμηνο διάστημα), ως μία σειρά από προσπάθειες εκσυγχρονισμού του ΟΛΘ, έπειτα από πιέσεις της διοίκησης, για ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών στις διαδικασίες του λιμανιού. Χαρακτηρίστηκε πολύ ενδιαφέρουσα σαν ιδέα, αλλά δε μπόρεσε να καθιερωθεί στη



διαλειτουργικότητα του λιμένα λόγω και εγκατάλειψης της πλατφόρμας TRADELENS, στις αρχές του 2023 (Maersk, 2022). Τα δεδομένα συνέχισαν να λαμβάνονται με τους κλασικούς τρόπους διαχείρισης του λιμανιού, χωρίς τη βοήθεια της πλατφόρμας. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας του Blockchain ήλπιζε να δώσει μία ώθηση στην δυναμική του λιμένα. Εκτιμήθηκε ότι θα μετουσίωνε μια περαιτέρω αύξηση της διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων από το λιμάνι, αποτέλεσμα κυρίως της συντόμευσης των χρόνων διεκπεραίωσης των εντός του λιμένα διαδικασιών.

4.3 Ελληνικοί Λιμένες

Πέρα από τη πρόσφατη υιοθέτηση της τεχνολογίας του Blockchain από τον ΟΛΘ, δεν έχει σημειωθεί κάποια επιπλέον αντικειμενική αντίστοιχη κίνηση από άλλα Ελληνικά λιμάνια, συμπεριλαμβανομένου και του Πειραιά. Μετά από επικοινωνία με το τμήμα IT, του ΟΛΠ, ανακοινώθηκε ότι δεν είναι στα άμεσα πλάνα της διοίκησης να εφαρμοστεί, κυρίως λόγω πολυπλοκότητας. Όπως χαρακτηριστικά ειπώθηκε προέχει η ενσωμάτωση άλλων ICT, όπως η 5G δικτύωση του Λιμένα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να κερδίζουν έδαφος αλλά Ευρωπαϊκά και Μεσογειακά λιμάνια όπως είναι αυτό της Βαλένθια (ThePresident, 2022) και της Αμβέρσας (i-scoop, 2022). Ειδικότερα όσο αφορά τον λιμένα του Πειραιά, η φρενήρης ανοδική πορεία που καταγράφηκε ως ραγδαία αύξηση του διακινουμένου πλήθους των εμπορευματοκιβωτίων, τα τελευταία 10 χρόνια, παρουσιάζει έντονη ανάσχεση τον τελευταίο καιρό. Είναι προφανές ότι οι Ελληνικοί λιμένες απαιτούν εκσυγχρονισμό των διαδικασιών τους ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στον ανταγωνισμό. Οι επιχειρήσεις στρέφονται όπου βρίσκεται το συμφέρον τους. Στην σύγχρονη εποχή, το κέρδος πολλαπλασιάζεται μέσα από την επιτάχυνση των κερδοσκοπικών διαδικασιών και της ασφάλειας τους. Και στις δύο αυτές απαιτήσεις τις ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό η υιοθέτηση των πλεονεκτημάτων του Blockchain.

Κατά συνέπεια είναι ανάγκη τόσο ο λιμένας του Πειραιά, όσο και τα λιμάνια της περιφέρειας, να ενσωματώσουν όχι μόνο την τεχνολογία του Blockchain αλλά και το σύνολο των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για την ταχεία



επικοινωνία και την πληροφορική για την αυτοματοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων διεργασιών. Η άνοδος της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών θα οδηγήσει στην προσέλκυση περισσότερων φορτίων στα Ελληνικά λιμάνια. Η κατάσταση που έχει διαμορφωθεί σήμερα, υπονομεύει το πλεονέκτημα της γεωγραφικής θέσης των Ελληνικών λιμένων, αφού οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι κατά πολύ υποδεέστερες του ανταγωνισμού. Ο σχεδιασμός του εκσυγχρονισμού των λιμένων θα πρέπει να γίνει με τρόπο τέτοιο που να εξυπηρετείται η διαλειτουργικότητα όλων των Ελληνικών λιμένων και αν είναι δυνατό και των λιμένες της Μεσογείου και της υπόλοιπης Ευρώπης. Υπό το πρίσμα αυτό θα πρέπει το λιμάνι της Θεσσαλονίκης να αποτελέσει ένα πρότυπο μοντέλο ανάπτυξης. Πάνω σε αυτό θα πρέπει να ενσωματωθούν στο Blockchain τόσο πληροφορίες από τα μεγάλα δεδομένα όσο και δεδομένα αισθητήρων των συσκευών του IoT. Τα δεδομένα των αισθητήρων θα πρέπει να αφορούν την κατάσταση των εμπορευματοκιβωτίων, την θέση, την κατάσταση και τον φόρτο των πλοίων. Η ενσωμάτωση όλων αυτών στις δομές δεδομένων Blockchain θα επιταχύνει τις διαδικασίες και θα αναβαθμίσει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους.



5.0 Συμπεράσματα

Το πρώτο μέρος του κειμένου αφορά την περιγραφή της τεχνολογίας του Blockchain με έμφαση στα πλεονεκτήματά της. Είναι μία προσέγγιση για τη διαχείριση των δεδομένων που ταιριάζει απόλυτα στο περιβάλλον του διαδικτύου. Μπορεί να υποστηρίξει τη αποθήκευση δεδομένων σε οποιοδήποτε συνδυασμό δομών δεδομένων. Αυτή είναι και η αιτία που εξετάστηκε το αν θα μπορούσε να αποτελέσει λύση για ένα μεγάλο αριθμό τομέων της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το ότι οι πρώτες εφαρμογές του αφορούσαν τον οικονομικό τομέα και στέφθηκαν με επιτυχία, λειτούργησε ενισχυτικά για την τάση υιοθέτησης της σε διάφορους τομείς. Οι διαδικτυακές εφαρμογές του οικονομικού τομέα παρουσιάζουν σημαντικές προκλήσεις που έχουν να κάνουν κυρίως με ζητήματα ασφαλείας. Το διαδίκτυο μπορεί να παρομοιαστεί σαν ένα περιβάλλον πολύ πλούσιο που όμως περιλαμβάνει ένα σημαντικό πλήθος από απειλές. Οι τεχνικές του Blockchain έχουν αποτελεσματικές απαντήσεις στις προκλήσεις ασφαλείας του διαδικτύου.

Απαλλαγμένη από τους περιορισμούς που θέτουν οι ευπάθειες ασφαλείας, η προσαρμογή του Blockchain, ευεργετεί τους οργανισμούς που προσαρμόζονται στην δομή και τις λειτουργίες του. Οι αυτοματισμοί που εισάγει το Blockchain στις λειτουργίες των συστημάτων που ενσωματώνεται, συμβάλουν στην ταχύτερη και ακριβέστερη ολοκλήρωση των διεργασιών που τρέχουν στις διαδικασίες τους. Καθώς από αυτές αφαιρείται σε – μικρό ή μεγάλο βαθμό – η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα, μειώνονται οι πιθανότητες σφαλμάτων. Επιπροσθέτως συμβάλει και στην επιτάχυνση της εξέλιξης τους.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του Blockchain είναι η αίσθηση της διαφάνειας των διαδικασιών που τρέχουν σε ένα σύστημα και στο οποίο εμπλέκονται ένα σύνολο από διαφορετικές οντότητες. Η αίσθηση αυτή είναι σημαντική για συστήματα τα οποία βασίζονται στην συνεργασία διαφορετικών οντοτήτων. Για να λειτουργήσουν τα συστήματα αυτά με τη μέγιστη δυνατή αποτελεσματικότητα, θα πρέπει να αναπτυχθούν μεταξύ τους σχέσεις εμπιστοσύνης. Η διασπορά του συνόλου των δοσοληψιών που πραγματοποιούνται στα συστήματα αυτά, με τη μορφή μερών της αλυσίδας, δίνουν την δυνατότητα στα συμμετέχοντα μέρη να ελέγχουν την ορθότητα



των δοσοληψιών ενώ ταυτόχρονα αποθαρρύνει κάθε προσπάθεια για την αλλοίωση τους ή την παραβίαση των κανόνων που τις διέπουν.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις για την αξία της προσέγγισης του Blockchain, είναι αρκετά ενδιαφέρουσες για την εμπορική ναυτιλία. Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών της θα κάνει τις διαδικασίες της ταχύτερες και ακριβέστερες. Επιπλέον καθώς σε μία αποστολή εμπορευμάτων από μία περιοχή του πλανήτη σε μία άλλη, εμπλέκονται μία σειρά από συνεργαζόμενες οντότητες, η μέσω της διαφάνειας ανάπτυξη ισχυρών σχέσεων εμπιστοσύνης, είναι ένας παράγοντας που αναβαθμίζει την παραγωγικότητα των διεργασιών της. Προκειμένου να εκτιμηθεί το αν και σε ποιο βαθμό η υιοθέτηση της προσέγγισης του Blockchain, θα μπορούσε να ευνοήσει την Ελληνική εμπορική ναυτιλία – εστιάζοντας στη λειτουργία των λιμένων και των τερματικών σταθμών, σκιαγραφήθηκε η τρέχουσα κατάσταση τους κυρίως με τον σχετικό ανταγωνισμό στη Μεσόγειο και την Ευρώπη. Σε αυτό το μέρος της μελέτης φάνηκε ότι – με εξαίρεση το λιμάνι του Πειραιά – τα Ελληνικά λιμάνια υπολείπονται σε κίνηση εμπορευματοκιβωτίων. Βασική αιτία για την υστέρηση αυτή είναι το ότι έμειναν μακριά από την τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων ετών. Το σύστημα ελέγχου και διαχείρισης των εμπορευματοκιβωτίων βασίζεται σε παραδοσιακά γραφειοκρατικά συστήματα, στερούμενων αυτοματισμών. Αυτό το γεγονός καθιστά τις διαδικασίες αργές και επισφαλείς σε σφάλματα. Ακόμα και το λιμάνι του Πειραιά που είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικό και γνώρισε σημαντική ανάπτυξη τη δεκαετία του 2010, τα τελευταία χρόνια έχει παραμείνει στάσιμο με αποτέλεσμα ανταγωνιστικά λιμάνια να τον ξεπεράσουν σε κίνηση. Αυτό το γεγονός από μόνο του είναι μία ένδειξη ότι χρειάζεται να επιταχυνθεί ο εκσυγχρονισμός των διαδικασιών που τρέχουν στα Ελληνικά λιμάνια. Η εφαρμογή του Blockchain είναι μία κίνηση σε αυτή την κατεύθυνση. Εξάλλου όπου εφαρμόστηκε στο εξωτερικό έχει επιφέρει σημαντικά αποτελέσματα στην ταχύτητα ολοκλήρωσης των διαδικασιών ελέγχου και διαχείρισης της κίνησης.

Η αρχή της υιοθέτησης του Blockchain εκ μέρους των Ελληνικών λιμένων έγινε από τον Οργανισμό Λιμένος Θεσσαλονίκης. Το διάστημα που λειτούργησε έδωσε πολύ ενθαρρυντικά δείγματα στους ιθύνοντες. Εάν σε αυτά προστεθούν τα πλεονεκτήματα



της γεωγραφικής θέσης της Θεσσαλονίκης και της γενικότερης Ελληνικής ναυτικής παράδοσης, η βελτίωση της θέσης στον ανταγωνισμό θα μπορούσε να είναι αλματώδης. Προκειμένου να επωφεληθεί το σύνολο του συστήματος των Ελληνικών λιμένων, είναι ανάγκη να γίνει ένας συνολικός σχεδιασμός ένταξης της τεχνολογίας του Blockchain με βασικότερο στόχο τη διαλειτουργικότητα των λιμένων. Με τον τρόπο αυτό θα αναβαθμιστούν τα περιφερειακά λιμάνια και τα μεγάλα λιμάνια που εξυπηρετούν διεθνείς θα μπορέσουν να ανταγωνιστούν με καλύτερες προϋποθέσεις τα λιμάνια του εξωτερικού.

Οι τομείς που το Blockchain μπορεί να ευεργετήσει τη λειτουργία των είναι η σύναψη των συμφωνιών μεταφοράς, οι διαδικασίες που αφορούν την φόρτωση και την εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων καθώς και την εξασφάλιση της αξιοπιστίας μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών χωρίς την αναγκαιότητα ολοκλήρωσης χρονοβόρων γραφειοκρατικών διεργασιών. Ακόμα και ευαίσθητες διεργασίες όπως είναι οι μεταφορές κεφαλαίων, μπορούν να βασίζονται σε αυτοματοποιημένες, διαφανείς και απολύτως ασφαλείς διεργασίες.

Η εξασφάλιση της αποτελεσματικής υιοθέτησης της τεχνολογίας του Blockchain μπορεί να βασιστεί στην εμπιστοσύνη σε μια από τις αναγνωρισμένες πλατφόρμες συναφών υπηρεσιών. Ο Οργανισμός Λιμένος Θεσσαλονίκης επένδυσε σε μία τέτοια πλατφόρμα και εκτιμήθηκε ότι – χωρίς να χρειαστεί να ασχοληθεί με εξειδικευμένες τεχνικές λεπτομέρειες – θα μπορούσε να αναβαθμίσει τις λειτουργίες του.

Ο ναυτιλιακός κόσμος είναι ακόμα επιφυλακτικός στην υιοθέτηση της καινοτομίας του Blockchain. Ωστόσο αυτή η επιφυλακτικότητα φαίνεται να αμβλύνεται τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω των αποτελεσμάτων της υιοθέτησης του σε λιμάνια του εξωτερικού. Εκτιμάται ότι σύντομα η επιφυλακτικότητα θα εκμηδενιστεί και η υιοθέτηση του Blockchain θα αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό. Τα Ελληνικά λιμάνια θα αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα αν καταφέρουν να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα νέων ICTs σχετικά νωρίς.

Αναφορές

Bayoumi, E. (2020, Ιανουαρίου 1). *Investigating the impact of Internet of Things on Egyptian Ports Sustainability*. Ανάκτηση από researchgate: https://www.researchgate.net/publication/347420036_Investigating_the_impact_of_Internet_of_Things_on_Egyptian_ports_sustainability

Buterin, V. (2016). *Ethereum White Paper*. Ανάκτηση Ιανουαρίου 2022, 2022, από blockchainlab: https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum_white_paper-a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf

Cacioli, L. (2020, Ιανουαρίου 15). *IBM, Cisco and EY: The 3 Blockchain Leaders in Supply Chain in 2020*. Ανάκτηση Ιανουαρίου 14, 2022, από blockchain: <https://blockchain.news/news/ibmcisco-and-ey-the-3-blockchain-leaders-in-supply-chain-in-2020>

Capital. (2021, Δεκεμβρίου 2). *Η ΟΛΘ Α.Ε. είναι το πρώτο ελληνικό λιμάνι που υιοθετεί την τεχνολογία blockchain*. Ανάκτηση Δεκεμβρίου 4, 2022, από Capital: <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3599257/i-olth-a-e-einai-to-proto-elliniko-limani-pou-uiothetei-tin-texnologia-blockchain>

Caplice, C. (2022, Ιανουαρίου 1). *Improving shipping contracts with the use of Blockchains*. Ανάκτηση από mit: https://ctl.mit.edu/sites/ctl.mit.edu/files/theses/executive_summary_harshvardhan.pdf

cepal. (2021, Νοεμβρίου 3). *Blockchain implementation opportunities and challenges in the Latin American and Caribbean logistics sector*. Ανάκτηση από cepal: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47165/1/S2100364_en.pdf

Chunye Gong, J. L. (2010, 1 1). *The Characteristics of Cloud Computing*. Ανάκτηση 2 1, 2022, από Department of Computer Sciences: http://www.mashad.post.ir/_ITCenter/Documents/TheCharacteristicsofCloudComputing_20140722_154207.pdf



Crosby, M., Nachiappan, Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2015, Δεκεμβρίου 15). *BlockChain Technology beyond Bitcoin*. Ανάκτηση Ιανουαρίου 22, 2022, από berkeley: <https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/BlockchainPaper.pdf>

Doumenis, Y., Izadi, J., & Dhamdhere, P. (2021). A Critical Analysis of Volatility Surprise in Bitcoin Cryptocurrency and Other Financial Assets. *Risks*.

Eurostat. (2021, Νοεμβρίου 14). *Gross weight of seaborne freight handled in all ports, 2010, 2019 and 2020*. Ανάκτηση από Eurostat: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Gross_weight_of_seaborne_freight_handled_in_all_ports,_2010,_2019_and_2020_\(million_tonnes\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Gross_weight_of_seaborne_freight_handled_in_all_ports,_2010,_2019_and_2020_(million_tonnes).png)

Eurostat. (2021, Δεκέμβριος 12). *Maritime freight and vessels statistics*. Ανάκτηση από Eurostat: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Maritime_freight_and_vessels_statistics

Hameed, B., Khan, M. M., Noman, A., & Ahmad, M. J. (2019, Οκτωβρίου 2019). *A Review of Blockchain based Educational Proje*. Ανάκτηση από researchgate: https://www.researchgate.net/profile/Abdul-Numan/publication/338829034_A_Review_of_Blockchain_based_Educational_Projects/links/5e2d347c299bf152167e24b8/A-Review-of-Blockchain-based-Educational-Projects.pdf

Herbert, J., & Litchfield, A. (2015, Ιανουαρίου 30). *A Novel Method for Decentralised Peer-to-Peer Software License Validation Using Cryptocurrency Blockchain Technology*. Ανάκτηση Ιανουαρίου 18, 2022, από openrepository: <https://openrepository.aut.ac.nz/bitstream/handle/10292/10328/CRPITV159Herbert.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Hoffmann, J., & Hoffmann, J. (2020, Αυγούστου 10). *Ports in the global liner shipping network: Understanding their position, connectivity, and changes over*

time. Ανάκτηση από UNCTAD: <https://unctad.org/news/ports-global-liner-shipping-network-understanding-their-position-connectivity-and-changes-over>

Hrehova, S. (2022, Ιανουρίου 1). *Brief overview of the concept of big data*. Ανάκτηση από eudl: <https://eudl.eu/pdf/10.4108/eai.6-11-2018.2279366>

Hussein, A. (2020, Σεπτεμβρίου 17). *How Many Old and New Big Data V's Characteristics, Processing Technology, And Applications (BD1)*. Ανάκτηση από ijaiem: <https://www.ijaiem.org/Volume9Issue9/IJAIEM-2020-09-17-9.pdf>

Iqbal, M., & Siahaan, A. P. (2018, 11 1). *Combination of MD5 and ElGamal in Verifying File Authenticity and Improving Data Security*. Ανάκτηση από researchgate: https://www.researchgate.net/figure/An-overview-of-the-concept-of-Digital-Signature-Figure-1-describes-the-concept-of-digital_fig1_328693265

i-scoop. (2022, Ιανουάριος 1). *Blockchain smart port case: container release in the port of Antwerp*. Ανάκτηση από i-scoop: <https://www.i-scoop.eu/blockchain-smart-port-project-case-container-release-port-antwerp/>

itu. (2019, Αυγούστου 1). *Distributed ledger technology overview, concepts, ecosystem*. Ανάκτηση από itu: <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/dlt/Documents/d12.pdf>

Maersk. (2022, Νοεμβρίου 29). *A.P. Moller - Maersk and IBM to discontinue TradeLens, a blockchain-enabled global trade platform*. Ανάκτηση από Maersk : <https://www.maersk.com/news/articles/2022/11/29/maersk-and-ibm-to-discontinue-tradelens>

Mell, P., & Grance, T. (2011, 11). *The NIST Definition of Cloud Computing*. Ανάκτηση 2 13, 2022, από NIST: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>

Nagware K. (2022, Δεκεμβρίου 7). *What to learn from TradeLens Failure?*. Ανάκτηση από LinkedIn.com : <https://www.linkedin.com/pulse/what-learn-from-tradelens-failure-launch-indias-e-rupee-nagware>



Nakamoto, S. (2009, 11). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Ανάκτηση από Bitcoin.org: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Nakamoto, S. (2018, Ιανουρίου 1). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Ανάκτηση από ussc: https://www.ussc.gov/sites/default/files/pdf/training/annual-national-training-seminar/2018/Emerging_Tech_Bitcoin_Crypto.pdf

National Vulnerability Database. (2012, 6 8). *Vulnerability Summary for CVE-2010-5139*. Ανάκτηση από NIST: <https://web.nvd.nist.gov/view/vuln/detail?vulnId=CVE-2010-5139>

nxtport-international. (2022, Ιανουάριος 1). *Vision statement*. Ανάκτηση Ιανουάριος 12, 2022, από nxtport-international: <https://www.nxtport-international.com/en/about>

Oliva, I. (2021, Απριλίου 6). *The landing of Blockchain in port management*. Ανάκτηση από portdebarcelona: <https://piernext.portdebarcelona.cat/en/technology/blockchain-logistics-and-ports-present-and-future/>

Patel, D., & Ganne, E. (2020, Νοεμβρίου 2). *Blockchain & DLT in trade*. Ανάκτηση από wto: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainanddlt_e.pdf

Post, R., Smit, K., & Zoet, M. (2018, 1 1). *Identifying Factors Affecting Blockchain Technology Diffusion*. Ανάκτηση Δεκέμβριος 14, 2021, από <https://eclass.aegean.gr/modules/document/file.php/TNEY202/Identifying%20Factors%20Affecting%20Blockchain%20Technology%20Diffusion.pdf>

Poston, H. (2021, Ιανουαρίου 1). *Blockchain Concepts*. Ανάκτηση από ghostvolt: https://ghostvolt.com/eBooks/eBook-Introduction-to-Blockchain-Concepts_Howard-L-Poston.pdf

Segal, T. (2021, Ιανουάριος 1). *Big Data*. Ανάκτηση Ιανουάριος 20, 2022, από investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/b/big-data.asp>



Shrimalia, B., & Patelb, H. (2021, Αυγούστου 12). *Blockchain state-of-the-art: architecture, use cases, consensus, challenges and opportunities*. Ανάκτηση από sciencedirect:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S131915782100207X>

Singh, S. K. (2020, 1 1). *Blockchain Technology: Introduction, Integration and Security Issues with IoT*. Ανάκτηση 11 14, 2021, από <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2101/2101.10921.pdf>

Sonocoin. (2022, Ιανουάριος 1). *Blockchain*. Ανάκτηση Ιανουάριος 20, 2022, από Sonocoin: <https://sonocoin-protocol-documentation.readthedocs.io/en/latest/blockchain.html>

Svarc J., Dabic M. (2015). “Evolution of the Knowledge Economy: a Historical Perspective with an Application to the Case of Europe,”. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-18.

The President. (2022, Φεβρουαρίου 11). *ΣτηνΒαλένθια δημιουργείται “έξυπνο” λιμάνι με Blockchain και big data*. Ανάκτηση από The President: <https://www.thepresident.gr/2018/10/09/%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BD%CE%B8%CE%B9%CE%B1-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CF%84%CE%B1%CE%B9-%CE%AD%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%BF-%CE%BB/>

TradeLens . (2022, Ιανουαρίου 1). *TradeLens SolutionBrief*. Ανάκτηση Ιανουαρίου 7, 2022, από TradeLens : <https://www.ibm.com/account/reg/us-en/signup?formid=urx-42717>

Tsiulin, S., Reinau, K. H., Hilmola, O.-P., Goryaev, N., & Karam, A. (2020, Ιουνίου 23). *Blockchain-based applications in shipping and port management: a literature review towards defining key conceptual frameworks*. Ανάκτηση από emerald: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/RIBS-04-2019-0051/full/html>



UNCTAD. (2003). *The Use of Transport Documents in International Trade*. Ανάκτηση από unctad: https://unctad.org/system/files/official-document/sdtetlb20033_en.pdf

Xisong, D., Gang, X., Yuantao, L., Xiujiang, G., & Yisheng, L. (2013, Ιουλίου 28). *Intelligent ports based on Internet of Things*. Ανάκτηση από semanticscholar: <https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-ports-based-on-Internet-of-Things-Xisong-Gang/7a480519d7e0801d94c66719b36c31d7f86b139c>

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018, Οκτωβρίου 2). *Blockchain Technology Overview*. Ανάκτηση από nist: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2018/nist.ir.8202.pdf>

ΕΛΣΤΑΤ. (2022, 1 1). *Επιβατική και Εμπορευματική Κίνηση στη Ναυτιλία (αρ. επιβατών / οχημάτων, εμπορεύματα) / 2ο Τρίμηνο 2021*. Ανάκτηση από ΕΛΣΤΑΤ: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SMA06/>

Κολιόπουλος, Κ. (2008). Ναυτική Στρατηγική. Στο Κ. Κολιόπουλος, *Η στρατηγική σκέψη από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα* (σσ. 183-224). Αθήνα: Ποιότητα.

Μανουσάκης-Κοκκοράκης, Β. (2013, 4 12). *Σύστημα Νεφροπολογιστικής*. Ανάκτηση 1 30, 2022, από Πανεπιστήμιο Αιγαίου: http://www.ct.aegean.gr/people/vkavakli/information_systems/slides/cloud_computing_12_4_2013.pdf

Ψαράφτης, Χ. (2020, Ιανουάριος 1). *Ελληνικά λιμάνια: ο δύσκολος δρόμος της ανταγωνιστικότητας*. Ανάκτηση Ιανουάριος 20, 2022, από hba: <https://www.hba.gr/5Ekdosis/UplPDFs/sylltomos14/319-324%20Psaraftis%202014.pdf>