

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών
Υπολογιστών

Εφαρμογές τεχνολογίας blockchain σε συστήματα
ενδοεπιχειρησιακού Σχεδιασμού (ERP)

Αλέξανδρος Κελίδης (ΑΜ: 1013)
Επιβλέπων Καθηγητής: Άγγελος Μιχάλας

Κοζάνη, Νοέμβριος 2024

Περίληψη

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία, στόχος είναι να διερευνηθεί την τεχνολογία blockchain και τα έξυπνα συμβόλαια ως πιθανή λύση για την υπέρβαση των περιορισμών των συμβατικών μοντέλων εφοδιαστικής αλυσίδας. Ως εκ τούτου, διερευνάται πώς τα συστήματα ERP μπορούν να επεκταθούν και στη συνέχεια να βελτιστοποιηθούν χρησιμοποιώντας το blockchain ως μια σαφή, αποκεντρωμένη και αδιάψευστη μέθοδο σε συνδυασμό με τα έξυπνα συμβόλαια που λειτουργούν ως αυτόματος ενδιάμεσος για την ενεργοποίηση κατανεμημένων αυτόνομων λειτουργιών.

Σε μια λεπτομερή τεχνική ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών, η διπλωματική αποκαλύπτει πώς οι ιδιότητες του blockchain ως ένας αμετάβλητος και πλήρως διαφανής λογιστικός κατάλογος (distributed ledger) ενισχύει τα υπάρχοντα συστήματα ενώ τα έξυπνα συμβόλαια αυτοματοποιούν τις λειτουργίες και εξαλείφουν τους μεσάζοντες. Διερευνώνται τα οφέλη αυτής της ολοκλήρωσης, όπως η παραγωγικότητα, η εξοικονόμηση κόστους, η συνεργασία και η ασφάλεια στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Επιπλέον, συζητούνται οι προκλήσεις υλοποίησης και οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας, όπως η χρήση ισχυρών πλαισίων που επιτρέπουν σε διαφορετικά συστήματα να συνεργάζονται μεταξύ του και ασφαλή πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων ταυτόχρονα σε όλη τη βιομηχανία. Η έρευνα προσθέτει σε μια αυξανόμενη συλλογή γνώσεων όπου επικεντρώνεται στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας που ενεργοποιείται από την τεχνολογία blockchain και θέτει επίσης την ατζέντα για την προώθηση της ακαδημαϊκής μελέτης σε έναν συνεχώς μεταβαλλόμενο κόσμο εφοδιαστικής αλυσίδας με δυνατότητα blockchain.

Λέξεις κλειδιά: Συστήματα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού, εφοδιαστική αλυσίδα, Τεχνολογία blockchain, έξυπνα συμβόλαια, διαφάνεια, ασφάλεια

Abstract

In this thesis, the aim is to explore blockchain technology and smart contracts as a possible solution to overcome the limitations of conventional supply chain models. Therefore, it explores how ERP systems can be extended and then optimized using blockchain as a clear, decentralized and undeniable method combined with smart contracts that act as an automatic intermediary to enable distributed autonomous operations.

In a detailed technical integration of these technologies, the thesis reveals how blockchain's properties as an immutable and fully transparent distributed ledger enhance existing systems while smart contracts automate operations and eliminate intermediaries. The benefits of this integration are explored, such as productivity, cost savings, collaboration and security in the supply chain.

In addition, implementation challenges and critical success factors are discussed, such as the use of robust frameworks that allow disparate systems to interoperate with each other and secure data transfer protocols simultaneously across the industry. The research adds to a growing body of knowledge focusing on blockchain-enabled supply chain management and also sets the agenda for advancing academic study in an ever-changing blockchain-enabled supply chain world.

Keywords: Enterprise resource planning, supply chain, blockchain technology, smart contracts, transparency, security

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο

“Εφαρμογές τεχνολογίας blockchain σε συστήματα ενδοεπιχειρησιακού Σχεδιασμού (ERP)”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Άγγελου Μιχάλα,

αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Αλέξανδρος Κελίδης, Άγγελος Μιχάλας, 2024, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή:

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract	4
Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων	5
Πίνακας Συντομογραφιών.....	9
Εισαγωγή	10
2. Συστήματα Ενδοεπιχειρησιακού Σχεδιασμού (ERP).....	11
2.1 Ορισμός και εξέλιξη του ERP	11
2.2 Χαρακτηριστικά των ERP.....	11
2.3 Τύποι μοντέλων των ERP	13
2.5 Σημασία των συστημάτων ERP στη σύγχρονη επιχείρηση.....	16
2.6 Βασικές λειτουργίες ενός ERP.....	17
2.6.1 Διαχείριση Αποθήκης (WM)	19
2.6.2 Διαχείριση Σχέσεων Πελατών (CRM).....	20
2.6.3 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM).....	21
3. Η τεχνολογία Blockchain	22
3.1 Εισαγωγή στο Blockchain.....	22
3.2 Ορισμός και προέλευση της τεχνολογίας Blockchain.....	22
3.3 Βασικά χαρακτηριστικά του Blockchain	23
3.4 Τύποι Blockchain.....	25
3.5 Ethereum Blockchain.....	26
3.6 Τα blocks στο Blockchain	26
3.6.1 Οι κωδικοί Hash.....	27
3.6.2 Οι συναλλαγές στο Blockchain	27
3.7 Μηχανισμοί συναίνεσης	27
3.8 Πλεονεκτήματα χρήσης του Blockchain.....	28
3.9 Χρήση του Blockchain στο SCM	29
4. Τα έξυπνα συμβόλαια (Smart contracts)	30
4.1 Ορισμός των έξυπνων συμβολαίων	30
4.2 Στοιχεία των έξυπνων συμβολαίων.....	31
4.3 Βασικά χαρακτηριστικά των έξυπνων συμβολαίων	31
4.4 Εφαρμογές των έξυπνων συμβολαίων.....	32
5. Τεχνολογία, εργαλεία και εφαρμογές.....	33
6. Σχεδιασμός και υλοποίηση	35

6.1 Αρχιτεκτονική εφαρμογών	35
6.2 Επισκόπηση Συστήματος.....	38
6.3 Blockchain και Smart contracts	49
7. Περιορισμοί και μελλοντικές επεκτάσεις	59
8. Συμπεράσματα	60
Βιβλιογραφία	61

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Οι διαφορές μεταξύ των διάφορων μοντέλων ERP	14
Εικόνα 2. Η διαφορά μεταξύ του συγκεντρωτικού και του αποκεντρωμένου δικτύου	25
Εικόνα 3. Διάγραμμα δραστηριοτήτων του ERP	36
Εικόνα 4. Διάγραμμα ακολουθίας των smart contracts.....	37
Εικόνα 5. Σύνδεση στο σύστημα	38
Εικόνα 6. Εγγραφή στο σύστημα.....	38
Εικόνα 7. Dashboard.....	39
Εικόνα 8. Επιλογές στο warehouse	39
Εικόνα 9. Δημιουργία προϊόντος.....	40
Εικόνα 10. Εμφάνιση προϊόντων.....	40
Εικόνα 11. Επιλογές στο Customer.....	41
Εικόνα 12. Δημιουργία Πελάτη	41
Εικόνα 13. Εμφάνιση πελατών	42
Εικόνα 14. Εμφάνιση πελατών	42
Εικόνα 15. Επιλογές στο Supply Chain ως Retail Store.....	43
Εικόνα 16. Τοποθέτηση παραγγελίας.....	43
Εικόνα 17. Αποδοχή παραγγελίας.....	44
Εικόνα 18. Λεπτομέρειες διανομής.....	44
Εικόνα 19. Εμφάνιση λεπτομερειών διανομής	45
Εικόνα 20. Επιλογές στο Supply Chain ως Distributor.....	45
Εικόνα 21. Έλεγχος διαθεσιμότητας ενός προϊόντος	46
Εικόνα 22. Εκκίνηση διανομής	46
Εικόνα 23. Αλλαγή Status διανομής	47
Εικόνα 24. Λεπτομέρειες διανομής.....	47
Εικόνα 25. Εμφάνιση λεπτομερειών διανομής	48
Εικόνα 26. Επιλογές στο Supply Chain ως Manufacturer	48
Εικόνα 27. Δημιουργία προϊόντος.....	49
Εικόνα 28. Δημιουργία Transaction Hash.....	49

Εικόνα 29. Retail Store Contract	50
Εικόνα 30. Distributor Contract	50
Εικόνα 31. Distributor Contract	51
Εικόνα 32. Manufacturer Contract	51
Εικόνα 33 Delivery Contract.	52
Εικόνα 34. Delivery Contract	53
Εικόνα 35. Delivery Contract	53
Εικόνα 36. Accounts	54
Εικόνα 37. Blocks	54
Εικόνα 38. Block 838 details	55
Εικόνα 39. Block 837 details	55
Εικόνα 40. Λεπτομέρειες block και σύνδεση με το προηγούμενο	55
Εικόνα 41. Transactions	56
Εικόνα 42. Contracts	56
Εικόνα 43. Events	57

Πίνακας Συντομογραφιών

ERP	Enterprise Resource Planning
WM	Warehouse Management
CRM	Customer Relationship Management
SCM	Supply Chain Management
UI	User interface
CRUD	CreateReadUpdateDelete
MRP	Material requirements planning
SaaS	Software as a Service
PaaS	Platform as a Service
IaaS	Infrastructure as a Service
POS	Point Of Sale
HRM	Human Resource Management
P2P	Peer-to-Peer
PoW	Proof of Work
PoS	Proof of Stake
UML	Unified Modeling Language

Εισαγωγή

Οι σημερινές επιχειρήσεις στην παγκόσμια αγορά έχουν την ανάγκη να διατηρούν ισχυρές συνδέσεις μεταξύ προμηθευτών, κατασκευαστών, διανομέων και λιανοπωλητών για να διακινούν αποτελεσματικά τα προϊόντα και τις υπηρεσίες τους [1]. Ως συνέπεια αυτών των πολυπλοκοτήτων, τα συστήματα ERP αποτελούν σήμερα έναν από τους πιο σημαντικούς πόρους στη διαχείριση των σύγχρονων περιβαλλόντων της εφοδιαστικής αλυσίδας, λειτουργώντας ως κεντρικός κόμβος για την οργάνωση και τον συντονισμό των λειτουργιών και τον έλεγχο των επιπέδων των αποθεμάτων καθώς και τη διευκόλυνση των διαδικασιών σε όλες τις μονάδες παραγωγής [2]. Αυτό υποδηλώνει ότι τα ERP γίνονται σταθερό μέρος στην επίτευξη της υψηλότερης δυνατής παραγωγικότητας και καλύτερης λήψης αποφάσεων για πολλούς τομείς. Αλλά η χρηστικότητα των συστημάτων ERP δεν σταματά εκεί. Οι επιχειρήσεις για να μπορούν να αλληλοεπιδρούν με τους πελάτες τους πρέπει να διαχειρίζονται τα προσωπικά τους στοιχεία [3] κάτι που ξεκινά πριν την πώληση και συνεχίζεται πολύ μετά από αυτήν. Άλλωστε κάθε επιχείρηση δεν στοχεύει μόνο στην εξερεύνηση νέων πελατών αλλά και στην διατήρηση των ήδη υπαρχόντων [4].

Αν και πολύτιμες από μόνες τους, οι παραδοσιακές υλοποιήσεις ERP μας κληροδότησαν συστήματα που συχνά στερούνταν της διαφάνειας και της ασφάλειας [5] πράγμα που είναι βασικής σημασίας για τις σημερινές εφοδιαστικές αλυσίδες. Πρέπει επίσης να σκεφτούμε τις απομονωμένες αποθήκες δεδομένων και τα μεμονωμένα σημεία αστοχίας που τείνουν να δημιουργούνται σε μια πιο συγκεντρωτική αρχιτεκτονική [6]. Αυτή η έλλειψη ορατότητας προκαλεί ήδη προβλήματα συνεργασίας και αυξημένο κίνδυνο απάτης, καθώς και διαφυγή της ιχνηλασιμότητας του προϊόντος σε διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής του [7].

Ωστόσο ενσωματώνοντας την τεχνολογία του blockchain και των έξυπνων συμβολαίων μέσα στα παραδοσιακά αυτά συστήματα, μπορούν να αποφευχθούν οι περισσότερες αδυναμίες τους. Το κατανεμημένο καθολικό του blockchain διασφαλίζει τη διαφάνεια προσφέροντας σε όλα τα εξουσιοδοτημένα μέλη ένα κοινό αμετάβλητο αρχείο για κάθε συναλλαγή. Τα έξυπνα συμβόλαια από την άλλη χρησιμεύουν για την αυτοματοποίηση συμφωνιών και επιτρέπουν την προμήθεια αγαθών μόνο όταν πληρούνται προκαθορισμένες προϋποθέσεις, παρέχοντας έτσι ασφάλεια που μειώνει τις πιθανότητες απάτης. Μαζί, αυτή η προσέγγιση δύο καλωδίων θέτει τα θεμέλια για ένα αξιόπιστο, αποτελεσματικό και βιώσιμο οικοσύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας

2. Συστήματα Ενδοεπιχειρησιακού Σχεδιασμού (ERP)

2.1 Ορισμός και εξέλιξη του ERP

Το σύστημα επιχειρησιακού σχεδιασμού (ERP) είναι μια εφαρμογή λογισμικού, το οποίο είναι επιφορτισμένο με το να διαχειρίζεται όλες τις λειτουργίες μιας επιχείρησης σε ένα μεγάλο φάσμα τμημάτων, με απώτερο σκοπό του την αύξηση της επίδοσης της επιχείρησης [3]. Τα τμήματα συνήθως είναι τα οικονομικά, οι ανθρώπινοι πόροι (Human resources), τα κατασκευαστικά, η εφοδιαστική αλυσίδα και η διαχείριση σχέσεων με τους πελάτες [4].

Τα συστήματα ERP χρονολογούν τις ρίζες τους πολύ παλιά έως τον καιρό της πρώιμης τεχνολογίας υπολογιστών, όπου οι εργαζόμενοι χρησιμοποιούσαν δοχεία μισού όγκου και απλά χαρτιά με παραγγελίες. Αυτό το επίπεδο ικανοποίησης έθεσε τις βάσεις για ένα μέρος των σύγχρονων εργαλείων διαχείρισης επιχειρήσεων που κυκλοφορούν σήμερα [6].

Έτσι, μετά από καιρό τα συστήματα MRP άρχισαν να εμφανίζονται [8]. Τα συστήματα MRP αναπτύσσονται από τους ίδιους τους κατασκευαστές για να διαχειρίζονται τη δική τους σε βάθος διαδικασία κατασκευής, ώστε να μπορούν να επιτύχουν καλύτερο σχεδιασμό υλικών και παραγωγής.

Τα MRP μετά από καιρό εξελίχθηκαν σε MRPII όπου συνδυάζει το MRP με τον προγραμματισμό της χωρητικότητας [8] και με άλλους πόρους σε όλη την επιχείρηση. Η πρόοδος εξελίχθηκε με βάση τη βιομηχανία ενέργειας και όλο και περισσότερο προς μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στη βελτιστοποίηση της παραγωγής [9].

Η μετάβαση στα συστήματα ERP από τον κόσμο του MRP II, όπως ξέρουμε, άλλαξε το παιχνίδι [10]. Αυτό από μόνο του δείχνει ότι νωρίτερα, το MRP και το MRP II χρησιμοποιούνταν για κατασκευαστικά θέματα [6], αλλά καθώς τα συστήματα ERP έρχονται στην εικόνα, γίνονται ευρέως εφαρμόσιμα σε ποικιλία επιχειρηματικών λειτουργιών. Έτσι το ERP αναδεικνύεται ως μια ενιαία λύση που μπορεί να χειριστεί όχι μόνο τους πόρους και τη διαδικασία παραγωγής αλλά και σε ολόκληρη την επιχείρηση [3].

2.2 Χαρακτηριστικά των ERP

Υπάρχουν ορισμένα χαρακτηριστικά του ERP που το καθιστούν ισχυρό για τη διοίκηση των επιχειρηματικών λειτουργιών. Μερικά χαρακτηριστικά είναι τα παρακάτω:

- **Ενοποίηση:** Τα ERP ενσωματώνουν όλα τα τμήματα ή τις λειτουργίες μιας επιχείρησης με αποτέλεσμα έναν κεντρικό έλεγχο [11]. Αυτή η αργή ροή ενσωμάτωσης πληροφοριών μειώνει τις διπλές καταχωρήσεις και παρέχει μια καλή κατανόηση της επιχειρηματικής διαδικασίας [12].
- **Modularity:** Επειδή το λογισμικό ERP είναι χτισμένο σε καθορισμένες ενότητες επιχειρηματικής διαδικασίας [12], οι οργανισμοί είναι σε θέση να προσαρμόσουν τις υλοποιήσεις στις ακριβείς απαιτήσεις τους [5]. Αυτό δίνει σε ένα σύστημα ERP την αρθρωτή λειτουργικότητα για να παρέχει επεκτάσιμη λειτουργικότητα, όπως απαιτείται από τις εταιρείες [3].
- **Προσανατολισμός στις διαδικασίες:** Τα ERP συνήθως συγκεντρώνουν τις διαδικασίες τους με τις βέλτιστες πρακτικές μιας εταιρείας ή ενός βιομηχανικού προτύπου, προκειμένου να επιτρέψουν την τυποποίηση και την αποτελεσματικότητα [13]. Όμως, για να γίνει αυτό οι υπάρχουσες διεργασίες πρέπει να αξιολογηθούν σωστά παράλληλα με κάποια προσαρμογή, με βάση τον τρόπο με τον οποίο ακριβώς λειτουργεί ένας οργανισμός.
- **Άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες:** Τα ERP δίνουν πρόσβαση στα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Η ορατότητα των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο που προσφέρουν επιτρέπει τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων και τον προληπτικό εντοπισμό ζητημάτων και καθιερώνει την ικανότητα ανταπόκρισης της επιχείρησης να γίνει πιο ευέλικτη ως προς την απόκριση [12].
- **Κεντρική βάση δεδομένων:** Στον πυρήνα ενός συστήματος ERP βρίσκεται μια κοινή κεντρική βάση δεδομένων που υποστηρίζει πολλαπλές λειτουργίες που χρησιμοποιούνται από διαφορετικά επιχειρησιακά τμήματα [3]. Παρέχει συνέπεια δεδομένων, αποφεύγει την διπλή αντιγραφή της εργασίας και διευκολύνει την υποβολή εκθέσεων/αναλύσεων σε ένα ευρύτερο φάσμα [5].
- **Ασφάλεια:** Τα ERP επικεντρώνονται στην ασφάλεια των δεδομένων και χρησιμοποιούν τους κατάλληλους ελέγχους όπως έλεγχος πρόσβασης, έλεγχος ταυτότητας χρήστη και κρυπτογράφηση δεδομένων [14]. Αυτό βοηθά στην προστασία των εμπορικών δεδομένων από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και πιθανή παραβίαση [12].
- **Προσαρμοστικότητα:** Ενώ τα ERP παρέχουν τυποποιημένες διαδικασίες, έχουν επίσης ένα επίπεδο ενσωματωμένης προσαρμογής που διατηρούν συγκεκριμένες επιχειρηματικές απαιτήσεις [3]. Κάθε επιχείρηση μπορεί να προσαρμόσει το ERP της ανάλογα με τις δικές της ανάγκες και να το φέρει στα «μέτρα της».
- **Επεκτασιμότητα :** Τα ERP έχουν σχεδιαστεί για να μπορούν να ανταπεξέρχονται στην ανάπτυξη των επιχειρήσεων. Οι οργανισμοί αναπτύσσονται, όπως και οι όγκοι δεδομένων τους, οι φόρτωση συναλλαγών και η ταυτόχρονη χρήση χρηστών. Το

σύστημα ERP είναι επεκτάσιμο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το μέλλον καθώς ο οργανισμός αναπτύσσεται [2].

- **Συμμόρφωση:** Οι πωλητές ERP κατασκεύασαν τα συστήματά τους για να πληρούν ένα συγκεκριμένο σύνολο κανονισμών και προτύπων συμμόρφωσης του κλάδου [3]. Ειδικά για κλάδους όπως τα οικονομικά, η υγειονομική περίθαλψη όπου η συμμόρφωση είναι υποχρεωτική, αυτό μπορεί να είναι πολύ κρίσιμο [15].

2.3 Τύποι μοντέλων των ERP

Όταν ένα σύστημα ERP σχεδιάζεται για την εφαρμογή του σε μια επιχείρηση, υπάρχει μια ποικιλία μεθόδων ανάπτυξης που είναι διαθέσιμες για να αποφασίσουν οι επιχειρήσεις την καλύτερη προσέγγιση με βάση τα δικά της κριτήρια. Οι προσεγγίσεις για την διάθεση τους είναι οι εξής:

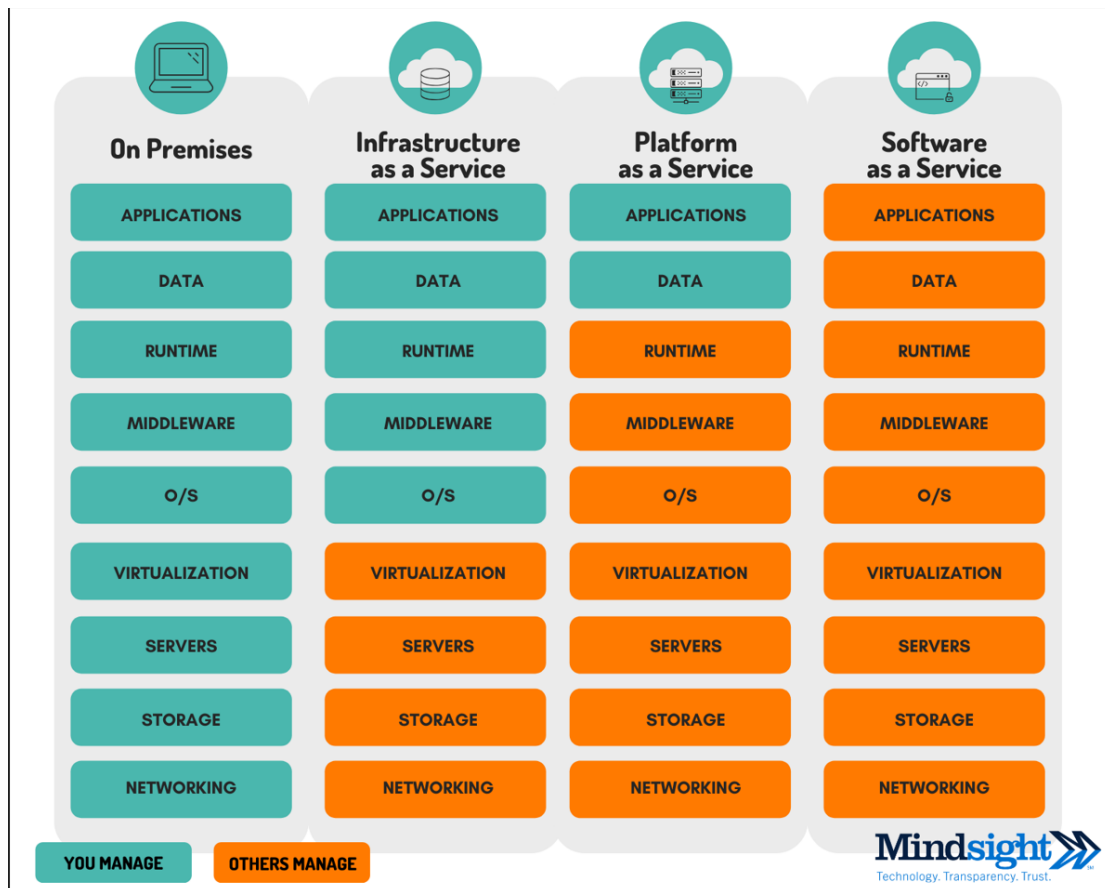
On-Premise ERP: - Σε αυτό το σύστημα, το λογισμικό πρέπει να εγκατασταθεί στον εξοπλισμό της εταιρείας. Σε αυτό το μοντέλο, η επιχείρηση είναι υπεύθυνη τόσο για την υποδομή (δημιουργία servers, κ.λπ.) όσο και για τις για την λειτουργία, συντήρηση και διαχείριση του λογισμικού (υποστήριξη, αναβάθμιση, δημιουργία αντίγραφων ασφαλείας κτλ) [16].

Cloud ERP: Τα Cloud ERP πρόκειται για ERP που βασίζονται στο Cloud [17] δηλαδή στο διαδίκτυο και παρέχονται από τους servers των παρόχων. Δεδομένου ότι είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο, οι χρήστες μπορούν εύκολα να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα [18], είναι εξαιρετικά ευέλικτο και επεκτάσιμο με μικρότερο αρχικό κόστος σε σύγκριση με τα on-premise. Η επιλογή της λύσης Cloud ERP μπορεί να αποκτηθεί από την επιχείρηση με πολλούς τρόπους ως εξής:

- **Software as a Service:** Με το SaaS, το λογισμικό φιλοξενείται σε Cloud εξοπλισμό του παρόχου του λογισμικού, ο οποίος έχει και την ευθύνη λειτουργίας και υποστήριξής του [19]. Η επιχείρηση χρησιμοποιεί το λογισμικό με τη μορφή συνδρομής, η οποία περιλαμβάνει και όλες τις υπηρεσίες που προσφέρει ο πάροχος [20].
- **Platform as a Service:** Με το PaaS ο πάροχος διαθέτει τόσο την υποδομή όσο και την πλατφόρμα του λογισμικού και η επιχείρηση αναπτύσσει και εκτελεί τις δικές της εφαρμογές [21].
- **Infrastructure as a Service:** Με το IaaS ο πάροχος έχει σχεδόν όλη την υποδομή του λογισμικού (servers, χώρων αποθήκευσης, δικτύωση) [22] και επιτρέπει στην

επιχείρηση να έχει τον έλεγχο στο λειτουργικό σύστημα του λογισμικού και στις εφαρμογές του [23].

Hybrid ERP: Τα Hybrid ERP είναι ένας συνδυασμός μεταξύ του On-premise και του Cloud. Η επιχείρηση μπορεί να επιλέξει να στεγάσει σε αυτήν τις σημαντικότερες για αυτήν λειτουργίες του ERP και να χρησιμοποιήσει το Cloud για επιπρόσθετες λειτουργίες [24].



Εικόνα 1. Οι διαφορές μεταξύ των διάφορων μοντέλων ERP

<https://gomindsight.com/insights/blog/what-is-iaas-paas-and-saas-examples-and-definitions/>

Η επιλογή μεταξύ του On-premise, του Cloud ή του Hybrid εξαρτάται από τον προϋπολογισμό, την υποδομή στην πληροφορική, τις ανάγκες για προσαρμογή, τις απαιτήσεις για ασφάλεια και το απαιτούμενο επίπεδο ελέγχου που επιθυμεί η επιχείρηση.

2.4 Οφέλη από την εφαρμογή των συστημάτων ERP

Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής ενός συστήματος ERP μπορούν να επωφεληθούν την επιχείρηση σχεδόν σε κάθε κλάδο της. Αυτά τα οφέλη μπορεί συχνά να υπερβαίνουν τα άμεσα κέρδη της λειτουργίας και να επηρεάσουν στρατηγικές αποφάσεις σε όλη την ανάπτυξη της επιχείρησής σας. Εδώ είναι μερικά βασικά πλεονεκτήματα:

Αύξηση αποτελεσματικότητας και παραγωγικότητας: Το ERP αυτοματοποιεί και ενσωματώνει τη βασική επιχειρηματική διαδικασία μειώνοντας τις μη αυτόματες εργασίες [25], δημιουργώντας έτσι σημεία συμφόρησης. Αυτό οδηγεί σε μεγάλες βελτιώσεις στην απόδοση και απελευθερώνει τους υπαλλήλους για εργασία πολύ μεγαλύτερης αξίας [26].

Βελτίωση της διαφάνειας των δεδομένων και των αναλύσεων: Τα εταιρικά ERP επιτρέπουν την ενοποίηση δεδομένων από όλους τους τομείς του οργανισμού που αποσκοπεί στην υποστήριξη αναλυτικών στοιχείων σε πραγματικό χρόνο και από την άποψη της επιχειρηματικής λειτουργικότητας. Με αυτό, μπορεί να γίνει η λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων και προβλέψουν σφάλματα για ταχύτερους χρόνους αντίδρασης [12].

Χαμηλότερο κόστος: Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους τα ERP μπορούν να υποστηρίξουν την εξοικονόμηση κόστους, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης αποθεμάτων και των προμηθειών για τα συνολικά λειτουργικά έξοδα [24]. Οι επιχειρήσεις έχουν λιγότερες σπατάλες και περισσότερα αποτελέσματα λόγω της υψηλότερης βελτιστοποίησης των διαδικασιών και της αξιοποίησης των πόρων [24].

Βελτίωση συνεργασία και επικοινωνία: Τα ERP επιτρέπουν την κατανομή των data silos, ενώ παράλληλα επιτρέπουν την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των διαφόρων τμημάτων [5]. Αυτό επιτρέπει καλύτερη συνεργασία και ανταλλαγή πληροφοριών που με τη σειρά του βελτιώνει σημαντικά τη συνολική αποτελεσματικότητα [12].

Καλύτερος χειρισμός πελατών: Με τα ERP, έρχεται το CRM που αποτελεί πλήρες αρχείο σε όλες τις συναλλαγές με πελάτες. Ως αποτέλεσμα, οι οργανισμοί μπορούν να προσφέρουν προσαρμοσμένες εμπειρίες για να ενισχύσουν την ικανοποίηση και την αφοσίωση των πελατών.

Βελτίωση επεκτασιμότητας και ευελιξίας: Τα ERP δημιουργούνται για να αναπτυχθούν με την επιχείρηση. Όντας εξαιρετικά αρθρωτός στη δομή, ένας οργανισμός μπορεί να κλιμακωθεί και να προσθέσει νέες δυνατότητες και λειτουργίες όποτε χρειάζεται [24].

Βελτίωση ασφάλειας και συμμόρφωσης: Σε σύγκριση με τα spreadsheets (υπολογιστικά φύλλα), τα ERP προσφέρουν καλύτερα πρότυπα προστασίας δεδομένων με πόρους που περιλαμβάνουν ελέγχους πρόσβασης και κρυπτογράφησης μαζί με ίχνη ελέγχου. Αυτά συνήθως περιλαμβάνουν επίσης δυνατότητες συμμόρφωσης, κάτι που είναι αναγκαίο για τις εταιρείες που προσπαθούν να τηρήσουν νομικούς κανονισμούς.

2.5 Σημασία των συστημάτων ERP στη σύγχρονη επιχείρηση

Στο σημερινό ταχέως εξελισσόμενο επιχειρηματικό κόσμο, που χαρακτηρίζεται από παγκοσμιοποίηση, έντονο ανταγωνισμό και αυξανόμενες προσδοκίες των πελατών, τα συστήματα ERP έχουν μετατραπεί από απλά ωφέλιμα σε απαραίτητα εργαλεία για την επιτυχία [15]. Τα ERP είναι κρίσιμα για τις σύγχρονες επιχειρήσεις για τους εξής λόγους:

Πολυπλοκότητα χειρισμού: Οι επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν ολοένα και πιο περίπλοκες λειτουργίες, με περίπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού, διαφορετικές βάσεις πελατών και τεράστιες ποσότητες δεδομένων [2]. Τα ERP παρέχουν τα απαραίτητα εργαλεία για τη διαχείριση αυτής της πολυπλοκότητας ενσωματώνοντας πληροφορίες, αυτοματοποιώντας τις διαδικασίες και παρέχοντας ορατότητα σε πραγματικό χρόνο [27].

Λήψη αποφάσεων: Στην εποχή των μεγάλων δεδομένων, οι επιχειρήσεις πρέπει να αξιοποιούν αποτελεσματικά τα δεδομένα για να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις [13]. Τα ERP λειτουργούν ως κεντρικός κόμβος δεδομένων, δίνοντας τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις να αναλύουν τις τάσεις, να εντοπίζουν πρότυπα και να αποκτούν χρήσιμες γνώσεις για την προώθηση στρατηγικών πρωτοβουλιών.

Ευελιξία και ανταπόκριση: Οι επιχειρήσεις πρέπει να προσαρμοστούν καθώς αλλάζουν οι συνθήκες της αγοράς με ολοένα και ταχύτερους ρυθμούς [28]. Με το ERP, οι εταιρείες έχουν την ευελιξία να αλλάζουν με νέες απαιτήσεις, να κάνουν προσαρμογές στα χρονοδιαγράμματα παραγωγής και να ανταποκρίνονται άμεσα στις ανάγκες των πελατών πράγμα που σημαίνει ότι παραμένουν ανταγωνιστικές [29].

Πελατοκεντρικότητα: Στη σύγχρονη εποχή, στους πελάτες αρέσουν οι εξατομικευμένες υπηρεσίες και οι άψογες αλληλεπιδράσεις [13]. Ο στόχος της χρήσης ενός ERP με ενσωματωμένο σύστημα CRM είναι να έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούν τα δεδομένα πελατών πίσω στην επιχείρησή , να παραμείνουν στην κορυφή, να προχωρούν σε εξατομικευμένες επικοινωνίες και έτσι να παρέχουν καλύτερα επίπεδα υποστήριξης.

Μείωση κόστους και αύξηση παραγωγικότητας: Οι επιχειρήσεις πρέπει να μειώσουν όσο περισσότερο το κόστος μπορούν, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να είναι πιο αποτελεσματικές [30]. Τα ERP βοηθούν τους οργανισμούς να διαχειρίζονται πιο ομαλά

τις δραστηριότητές τους και να απαλλαγούν από duplications και ακατάλληλη χρήση πόρων που τελικά θα αύξαναν τα κέρδη ή θα μείωναν δραστικά το κόστος [5].

Ανάπτυξη και επέκταση: Οι επιχειρήσεις που επεκτείνονται σε νέες αγορές ή λανσάρουν μια σειρά προϊόντων απαιτούν συστήματα που μπορούν να κλιμακωθούν ανάλογα με την ανάπτυξή τους. Καθώς οι οργανισμοί επεκτείνονται, τα ERP προσφέρουν την επεκτασιμότητα και την ευελιξία για να διασφαλίσουν ότι οι λειτουργίες εκτελούνται ομαλά [24].

Συμμόρφωση και ασφάλεια: Στην εποχή της κλιμάκωσης των απειλών στον κυβερνοχώρο, οι οργανισμοί έχουν ελάχιστο περιθώριο λάθους όταν πρόκειται για την προστασία κρίσιμων δεδομένων από πιθανή μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση [24]. Από την άλλη πλευρά, είναι αλήθεια ότι τα ERP διαθέτουν ισχυρές δυνατότητες ασφάλειας και, σε πολλές περιπτώσεις, χαρακτηριστικά συμμόρφωσης.

Έτσι απλά μπορούμε να πούμε ότι τα συστήματα ERP είναι απαραίτητα για τις επιχειρήσεις σήμερα προκειμένου να συντηρηθούν και να αναπτυχθούν με το συνεχώς μεταβαλλόμενο και προκλητικό περιβάλλον. Τα ERP παρέχουν μια κεντρική, ολοκληρωμένη και με επίκεντρο τα δεδομένα πλατφόρμα για να επιτρέψουν στους οργανισμούς να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία τους, να βελτιώσουν την εμπειρία των πελατών και να οδηγήσουν σε βιώσιμη ανάπτυξη.

2.6 Βασικές λειτουργίες ενός ERP

Σήμερα τα σύγχρονα συστήματα ERP έχουν συνήθως ενσωματωμένες πολλαπλές ενότητες έτσι ώστε να διαχειρίζονται πολλά τμήματα της επιχείρησης. Κάθε μία από αυτές τις ενότητες συνδυάζονται για να δώσουν μια πλήρη εικόνα του κύκλου της ζωής της επιχείρησης. Περισσότερες λεπτομέρειες σε ορισμένες από τις βασικές ενότητες αναλύονται περαιτέρω παρακάτω:

Βασικά λειτουργικά modules:

Τα περισσότερα συστήματα ERP περιλαμβάνουν μια συλλογή αποκλειστικών ενότητων για να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις να διαχειρίζονται θεμελιώδεις επιχειρηματικές διαδικασίες, όπως:

- **Διαχείριση Παραγωγής**, όπου είναι υπεύθυνη για τον σχεδιασμό, προγραμματισμό και έλεγχο της διαδικασίας παραγωγής. Σε αυτό το module οι πρώτες ύλες μετατρέπονται αποτελεσματικά σε ολοκληρωμένα προϊόντα. Τυπικές πτυχές αυτού περιλαμβάνουν τις παραγγελίες παραγωγής, τα τιμολόγια υλικών και τον προγραμματισμό χωρητικότητας [31].

- **Διαχείριση Λιανικής**, όπου οι επιχειρήσεις λιανικής χρησιμοποιούν τις μοναδικές υπηρεσίες αυτού του module. Αυτή η ενότητα φέρει το POS, ελέγχει τα επίπεδα αποθέματος σε διάφορες τοποθεσίες και διατηρεί το ιστορικό αγορών για να βοηθήσει στην πρόβλεψη και τη βελτιστοποίηση της εκπλήρωσης των αποθεμάτων [32].
- **Διαχείριση Αποθήκης (WM)**, όπου βοηθά στη μετακίνηση και στην αποθήκευση των εμπορευμάτων σε μια αποθήκη ή ένα κέντρο διανομής. Παρακολουθεί τα επίπεδα αποθέματος σε πραγματικό χρόνο και διαχειρίζεται τις διαδικασίες παραλαβής και αποστολής των αποθεμάτων [33].
- **Διαχείριση Διανομής**, όπου επικεντρώνεται στη διανομή των αγαθών από το εργοστάσιο στους καταναλωτές. Φροντίζει για τον σχεδιασμό μεταφοράς, τη βελτιστοποίηση διαδρομής, την παρακολούθηση αποστολών και τον προγραμματισμό παράδοσης για να διασφαλίσει ότι τα προϊόντα παραδίδονται στην ώρα τους με ελάχιστο κόστος [34].

Άλλα modules για τα οικονομικά και τους πελάτες είναι:

Εκτός από τις κύριες λειτουργίες, τα συστήματα ERP παρέχουν ενότητες για τον έλεγχο των οικονομικών διαδικασιών και των σχέσεων με τους πελάτες, όπως:

- **Οικονομική Διαχείριση**, όπου αποτελεί τις πιο βασικές εφαρμογές ενός συστήματος ERP όσον αφορά τα οικονομικά. Διαχειρίζεται συμβατικές λογιστικές διαδικασίες για την καταγραφή συναλλαγών όπως πληρωτέο και εισπρακτέο λογαριασμών, γενικό καθολικό, προϋπολογισμό, διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και οικονομικές αναφορές [35].
- **Διαχείριση Γενικής Λογιστικής**, όπου είναι συνήθως μέρος της ευρύτερης ενότητας της Οικονομικής Διαχείρισης. Περιλαμβάνει καταγραφή και ταξινόμηση λογιστικών συναλλαγών, προετοιμασία οικονομικών καταστάσεων και ελέγχους προτύπων.
- **Διαχείριση Πελατειακών Σχέσεων (CRM)**, όπου επιτρέπει την επιχείρηση να οργανώνει τις αλληλεπιδράσεις με τους πελάτες, όπως επίσης να διαχειρίζεται πιθανούς πελάτες που έχουν δείξει ενδιαφέρον για τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες της επιχείρησης.

Τέλος modules για τους ανθρώπους και την εφοδιαστική αλυσίδα:

Τα συστήματα ERP διαθέτουν επίσης λειτουργίες ανθρώπινων πόρων και εφοδιαστικής αλυσίδας σε άλλες ενότητες, όπως:

- **Διαχείριση Ανθρώπινου Δυναμικού (HRM)**, όπου διαχειρίζεται όλες τις διαδικασίες που σχετίζονται με το εργατικό δυναμικό της επιχείρησης. Αυτό περιλαμβάνει τη μισθοδοσία, τη διαχείριση παροχών και τις διαδικασίες

πρόσληψης/απόλυσης καθώς και συστήματα παρακολούθησης χρόνου. εργαλεία απόκτησης ταλέντων και λύσεις για αξιολογήσεις απόδοσης.

- **Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM)**, όπου βοηθά στον εξορθολογισμό ολόκληρου του κύκλου της εφοδιαστικής αλυσίδας ξεκινώντας από την αγορά πρώτων υλών και μέχρι την τελική παράδοση του προϊόντος. Είναι επίσης υπεύθυνη για το σχεδιασμό της ζήτησης, την αγορά πρώτων υλών και υπηρεσιών όπως καθώς και για την διαχείριση αποθεμάτων και προμηθευτών [34].

2.6.1 Διαχείριση Αποθήκης (WM)

Η διαχείριση αποθήκης, αν και μερικές φορές θεωρείται ως μέρος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μια ζωτικής σημασίας και ξεχωριστή ενότητα από τα συστήματα ERP [36]. Η αξία της εμφανίζεται στα logistics και τη διαχείριση αποθεμάτων, ως βασικό στοιχείο μεταξύ των γραμμών παραγωγής κατασκευαστή / προμηθευτή με σκοπό τον τελικό προορισμό των αγαθών στους παραλήπτες. Μια ισχυρή ενότητα Διαχείρισης Αποθήκης εξασφαλίζει μια αποτελεσματική λειτουργία αποθήκης, καθώς η επιχείρηση έχει πάντα το προϊόν της για πώληση (μέγιστη διαθεσιμότητα έγκαιρων υλικών) [37], ενώ ελαχιστοποιεί το κόστος αποθήκευσης και τον κίνδυνο να μην υπάρχουν διαθέσιμα προϊόντα. Επιπλέον με το module αυτό παρακολουθούνται και ελέγχονται τα αποθέματα σε πραγματικό χρόνο. Γενικά αυτή η ενότητα περιλαμβάνει μια ποικιλία λειτουργιών που ξεκινούν με τη δυνατότητα στην επιχείρηση να παρακολουθεί το απόθεμα σε πραγματικό χρόνο, όπως η κατάσταση τοποθεσίας, γεγονός που το καθιστά πιο ακριβές. Αυτή η ορατότητα σε πραγματικό χρόνο είναι που παίζει κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση αποφάσεων σχετικά με την αναπλήρωση, την εκπλήρωση παραγγελιών και την κατανομή πόρων [38]. Επίσης οι διαδικασίες συσκευασίας και συλλογής βελτιστοποιούνται χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, στρατηγικές συλλογής παρτίδων για τη μείωση του σχετικού χρόνου ταξιδιού και των σφαλμάτων κατά την εκπλήρωση της παραγγελίας (συχνά συμπεριλαμβανομένων τεχνολογιών γραμμωτού κωδικοποίησης ή RFID) για να βοηθήσουν στην αναγνώριση των αντικειμένων. Η διαχείριση αποθήκης είναι επίσης υπεύθυνη για το χειρισμό της αποστολής και των εξερχόμενων logistics, όπως η συσκευασία, η επισήμανση, η φόρτωση και η ενσωμάτωση με συστήματα διαχείρισης μεταφορών για τη λήψη βέλτιστων διαδρομών παράδοσης καθώς και την επιλογή μεταφορέα [39]. Εκτός από αυτά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, οι ενότητες διαχείρισης αποθήκης παρέχουν συνήθως εργαλεία που μπορούν να βοηθήσουν στην ανάλυση και τη βελτιστοποίηση της διάταξης μιας αποθήκης για χρήση χώρου (δηλαδή χωρητικότητα αποθήκευσης), ροή κυκλοφορίας και χρόνο διακίνησης [40]. Τέλος, η χρήση ενός εργαλείου δημιουργίας αναφορών για τη δημιουργία αναφορών σχετικά με κρίσιμες μετρήσεις αποθήκης, όπως ο ρυθμός κύκλου εργασιών του αποθέματος και η ακρίβεια εκπλήρωσης παραγγελιών, βοηθά επίσης τις επιχειρήσεις να ανακαλύψουν σημεία συμφόρησης ή ευκαιρίες για βελτίωση.

Τα οφέλη από την ενσωμάτωση αυτής της ενότητας στα σύστημα ERP είναι σημαντικά, και περιλαμβάνει καλύτερη ακρίβεια αποθέματος, μειωμένο λειτουργικό κόστος και

αυξημένη απόδοση καθιστώντας έναν οργανισμό παραγωγικό από κάθε άποψη, με αποτέλεσμα τελικά την ικανοποίηση των πελατών μέσω έγκαιρων παραδόσεων με συνολική καλή εμπειρία στο σύνολό του [38].

2.6.2 Διαχείριση Σχέσεων Πελατών (CRM)

Η Διαχείριση Σχέσεων Πελατών χρησιμοποιείται από οργανισμούς για τη διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων των πελατών με τη βοήθεια της τεχνολογίας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής καθώς και για την ανάπτυξη επιχειρηματικών σχέσεων, βοηθώντας στη διατήρηση και στην αύξηση των πωλήσεων. Εκτός από τη διαχείριση επαφών, περιλαμβάνουν μια πλήρη σειρά εργαλείων που έχουν σχεδιαστεί για επιχειρήσεις σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των πελατών. Πρώτα και κύρια, μια μονάδα CRM λειτουργεί ως η κεντρική πηγή αλήθειας για τα δεδομένα πελατών: στοιχεία επικοινωνίας, ιστορικό επικοινωνίας (τηλέφωνα, email κτλ.), ιστορικό αγορών/πωλήσεων κ.λπ., μερικές φορές ακόμη και αλληλεπιδράσεις μέσω κοινωνικής δικτύωσης [41]. Με αυτήν την ολοκληρωμένη προοπτική, τα σενάρια περιπτώσεων χρήσης γίνονται ατελείωτα καθώς οι εταιρείες μπορούν να προσαρμόσουν δημιουργικά τις αλληλεπιδράσεις ή τις καμπάνιες μάρκετινγκ που βασίζονται σε κάθε προφίλ σε πραγματικό χρόνο, ενώ παράλληλα εξάγουν προγνωστικές ανάγκες ενός πελάτη πριν προκύψει η ζήτηση από αυτόν [42]. Οι ενότητες CRM συνήθως προσφέρουν δυνατότητες για sales pipeline (αγωγούς πωλήσεων) για να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις να παρακολουθούν τις προοπτικές από την αρχική επαφή [43], μέχρι την πιστοποίηση και υποβολής προτάσεων, έως ότου κλείσει (ή χαθεί) η συμφωνία. Αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας στη δραστηριότητα πωλήσεων δίνει στις ομάδες πωλήσεων έναν τρόπο να επικεντρωθούν στους υψηλότερους δυνητικούς πελάτες τους, καθώς και ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πιθανά σημεία συμφόρησης όταν έρθει η ώρα να προσδιορίσουν τα μελλοντικά έσοδα. Τα συστήματα CRM μπορούν επίσης να αυτοματοποιήσουν δραστηριότητες μάρκετινγκ, όπως καμπάνιες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, συμπεριλαμβανομένων των follow-up email ή ακόμα και ολόκληρων ροών εργασιών [43].

Εάν συνδυαστούν με άλλες ενότητες ERP (όπως Διαχείριση αποθέματος μαζί με Εκπλήρωση Παραγγελιών κ.λπ.), τα συστήματα CRM μπορούν να βοηθήσουν στην παρακολούθηση παραγγελιών σε πραγματικό χρόνο και να προωθήσουν την προληπτική εξυπηρέτηση πελατών που αυξάνει τα επίπεδα ικανοποίησης πελατών, οδηγώντας έτσι σε μακροπρόθεσμη αφοσίωση από πελάτες.

2.6.3 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM)

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) αποτελούν μια κύρια λειτουργία των σύγχρονων συστημάτων ERP, παρέχοντας στις επιχειρήσεις συνεπή μέσα για να διασφαλίσουν ότι όλα λειτουργούν ομαλά από το σημείο που οι πρώτες ύλες εισέρχονται σε μια μονάδα παραγωγής μέχρι τα τελικά προϊόντα ή υπηρεσίες να φτάσουν στις εγκαταστάσεις των πελατών [44]. Οι μονάδες λειτουργούν ως ένα κεντρικό νευρικό σύστημα για την ενορχήστρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας από άκρο σε άκρο — από την πρόβλεψη της ζήτησης έως την προμήθεια υλικών, τη δημιουργία γραμμών παραγωγής και την παράδοση τελικών προϊόντων. Το SCM αφορά ουσιαστικά τον προγραμματισμό της ζήτησης, όπου αξιολογεί τους ιστορικούς αριθμούς πωλήσεων σε σχέση με τις τάσεις της αγοράς και τον «τρόπο παιχνιδιού» των εποχών, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης προϊόντων [40]. Αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας σημαίνει ότι οι επιχειρήσεις μπορούν να προβλέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη ζήτηση και να βλέπουν προβλέψεις που δεν βασίζονται σε εικασίες αλλά βάσει δεδομένων, παρέχοντας ένα μοναδικό πλεονέκτημα για τη διαχείριση του αποθέματος επιτυγχάνοντας την καλύτερη ισορροπία μεταξύ της ύπαρξης επαρκούς αποθέματος για την εξυπηρέτηση πελατών με παράλληλη αποφυγή απερίσκεπτου κεφαλαίου από το υπερβολικό απόθεμα. Ο αυτοματισμός εντός της ενότητας SCM απλοποιεί σημαντικά και επιταχύνει μια περίπλοκη διαδικασία προμήθειας φορτωμένη με έγγραφα προς έγκριση. Η προμήθεια είναι η διαδικασία απαίτησης υλικών και υπηρεσιών, αξιολόγησης προσφοράς προμηθευτή και δημιουργίας παραγγελίας [45]. Το SCM καθιστά την προμήθεια ανιχνεύσιμη σε κάθε στάδιο. Η επίγνωση του αποθέματος σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στην επιχείρηση να βλέπει τη θέση των αποθεμάτων σε πολλές τοποθεσίες [44]. Με μια τέτοια λεπτομερή ορατότητα, οι εταιρείες μπορούν να βελτιστοποιήσουν τα επίπεδα των αποθεμάτων για να βελτιώσουν την κεφαλαιακή τους απόδοση και να μειώσουν τα απόβλητα [45]— καθώς και να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο διακοπής αποθεμάτων που οδηγούν σε χαμένες πωλήσεις και δυσαρεστημένους πελάτες. Τα SCM έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις κατασκευαστικές ανάγκες με μέγιστη ταχύτητα και ελάχιστο κόστος. εκτελώντας χρονοδιαγράμματα παραγωγής με τρόπο που διασφαλίζει ότι τα προϊόντα κατασκευάζονται στην ώρα τους και εντός του προϋπολογισμού, γεγονός που οδηγεί σε υψηλότερη κερδοφορία [46].

Τα SCM modules βοηθούν τις επιχειρήσεις να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις αυτού του παγκοσμιοποιημένου κόσμου, έτσι ώστε να παρέχουν απρόσκοπτη ροή αγαθών και υπηρεσιών με το βέλτιστο κόστος, ανταποκρινόμενοι στις προσδοκίες των πελατών.

3. Η τεχνολογία Blockchain

3.1 Εισαγωγή στο Blockchain

Αρχικά το blockchain έγινε γνωστό ως η τεχνολογία πάνω στην οποία στηριζόταν κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin [47], γρήγορα όμως ξεπέρασε τις οικονομικές του ρίζες και αναπτύχθηκε σε ένα εργαλείο που μπορεί να παίξει έναν μετασχηματιστικό ρόλο σε σχεδόν κάθε κλάδο των επιχειρήσεων και όχι μόνο. Το Blockchain είναι εξ ορισμού ένα αποκεντρωμένο δημόσιο καθολικό για την αποθήκευση συναλλαγών και δεδομένων που μπορεί να δει κάθε συμμετέχων στο δίκτυο [48], καθιστώντας το πλήρως διαφανές, ασφαλές και αμετάβλητο. Αυτό το κεφάλαιο διερευνά τα βασικά του blockchain, συμπεριλαμβανομένων της ιστορίας, των χαρακτηριστικών, των τύπων και των μοντέλων του.

Εκτός από το γεγονός ότι έκανε τα κρυπτονομίσματα να θεωρούνται οικονομικά σημαντικά, η εφαρμογή του στις αλυσίδες εφοδιασμού [49] έχει κάνει τους ανθρώπους να αναζητούν περισσότερο την εμπιστοσύνη και τη διαφάνεια του blockchain. Η δυνατότητα της ανιχνεύσιμης προέλευσης δηλαδή την παρακολούθηση της πρώτης ύλης μέχρι να φτάσει στον καταναλωτή τελικό προϊόν είναι ένα απλό παράδειγμα πως η τεχνολογία blockchain μπορεί να επιφέρει τρομερές αλλαγές στην εφοδιαστική αλυσίδα.

3.2 Ορισμός και προέλευση της τεχνολογίας Blockchain

Το blockchain είναι ένα κατανεμημένο καθολικό με μια αλυσίδα από blocks που συνδέονται με κρυπτογραφικούς κατακερματισμούς (cryptographic hashes) και διανέμονται σε πολλούς διαφορετικούς υπολογιστές (nodes) [50]. Κάθε block περιέχει ένα cryptographic hash, μια χρονική σήμανση (timestamp) και δεδομένα συναλλαγής (transaction data) [47]. Κάθε block συνδέεται με το προηγούμενο καθώς περιέχει το cryptographic hash του και έτσι σχηματίζεται μια αλυσίδα εξού και η ονομασία του (Block-chain). Ως αποτέλεσμα, οι συναλλαγές στο blockchain είναι μη αναστρέψιμες στη φύση τους, καθώς η αλλαγή των δεδομένων οποιουδήποτε block θα απενεργοποιήσει όλα τα επόμενα block του σαν μια κανονική αλυσίδα.

Η προέλευση του blockchain μπορεί να βρεθεί τουλάχιστον από το 1991, όταν ο Stuart Haber και ο W. Scott Stornetta εισήγαγαν ένα κρυπτογραφικό μέσο [51] προκειμένου τα ψηφιακά έγγραφα να σφραγίζονται χρονικά. Ωστόσο, η τεχνολογία blockchain με την έννοια που τη χρησιμοποιούμε σήμερα εμφανίστηκε πολύ αργότερα (2008) και μόνο όταν βγήκε το Bitcoin με το whitepaper του από τον Satoshi Nakamoto [52].

Το Bitcoin ήταν το πρώτο κρυπτονόμισμα που σημαίνει μια ουσιαστικά αποκεντρωμένη και πολύ πιο ασφαλή λειτουργία ψηφιακού νομίσματος που δεν συνδέεται με καμία κεντρική οντότητα.

3.3 Βασικά χαρακτηριστικά του Blockchain

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους η τεχνολογία blockchain είναι τόσο μεταμορφωτική και οι περισσότεροι μπορούν να επισημάνουν αρκετά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτής της τεχνολογικής καινοτομίας που τη διαχωρίζουν από τα πιο παραδοσιακά συστήματα. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

Αποκέντρωση: Τα δεδομένα του blockchain διανέμονται μεταξύ ενός δικτύου υπολογιστών και όχι σε μια κεντρική βάση δεδομένων όπου τα δεδομένα αποθηκεύονται σε συγκεκριμένο server που μπορούν να ελεγχθούν μόνο από μια οντότητα [53]. Με αυτόν τον τρόπο, κανείς δεν μπορεί να ελέγξει το σύνολο ενός δικτύου ή δεδομένων σε αυτό. Αυτή η αποκέντρωση βοηθά στην πλήρη εξάλειψη μεμονωμένων σημείων αστοχιών [54] και επίσης μειώνει τους κινδύνους διαρροής δεδομένων ή παραβίασης, επειδή ο πιθανός εισβολέας πρέπει να ελέγχει τους περισσότερους κόμβους αντί να παραβιάσει μόνο έναν κεντρικό server.

Αμετάβλητο: Μια καταχώρηση στο καθολικό blockchain γράφεται μία φορά και δεν μπορεί ποτέ να τροποποιηθεί ή να αφαιρεθεί [53]. Αυτό το κάνει με χρήση κρυπτογραφικού κατακερματισμού (cryptographic hash), συνδέοντας κάθε block συναλλαγών με το προηγούμενο [47], δημιουργώντας έτσι μια αλυσίδα που δεν μπορεί να αλλοιωθεί. Ακόμα κι αν ένα άτομο ήθελε να αλλάξει μια παλιά συναλλαγή, θα έπρεπε να τροποποιήσει όχι μόνο αυτό το ένα block αλλά όλα τα ακόλουθα block προκειμένου να γίνει οποιαδήποτε αλλαγή. Αυτό δεν έχει αξία γιατί δεν μπορεί να γίνει χωρίς σημαντική υπολογιστική ισχύ και χρόνο επεξεργασίας. Αυτή η ιδιότητα του αμετάβλητου εγγυάται την ακεραιότητα των δεδομένων και δημιουργεί εμπιστοσύνη μεταξύ των μερών που εμπλέκονται σε ένα blockchain, επειδή μπορούν να είναι βέβαιοι ότι οι πληροφορίες που διατηρούνται σε αυτό δεν θα είχαν αλλάξει.

Διαφάνεια: Όλες οι συναλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί ποτέ σε ένα blockchain είναι ορατές σε όλους τους συμμετέχοντες σε αυτό το δίκτυο διανομής [53]. Το κατανεμημένο καθολικό παρέχει αυτή τη διαφάνεια καθώς είναι άμεσα διαθέσιμο σε όλους τους κόμβους. Οι λεπτομέρειες της συναλλαγής - η ημερομηνία, η ώρα και τα δεδομένα αποκαλύπτονται για όλους. Επίσης μειώνει τη δυνατότητα απάτης διότι με όλες τις συναλλαγές ορατές σε όλους, καθίσταται πολύ δύσκολο για κάποιον ή κάποια ομάδα μέσα σε έναν οργανισμό να διαπράξει παραπλανητικές δραστηριότητες χωρίς να παρακολουθείται [55].

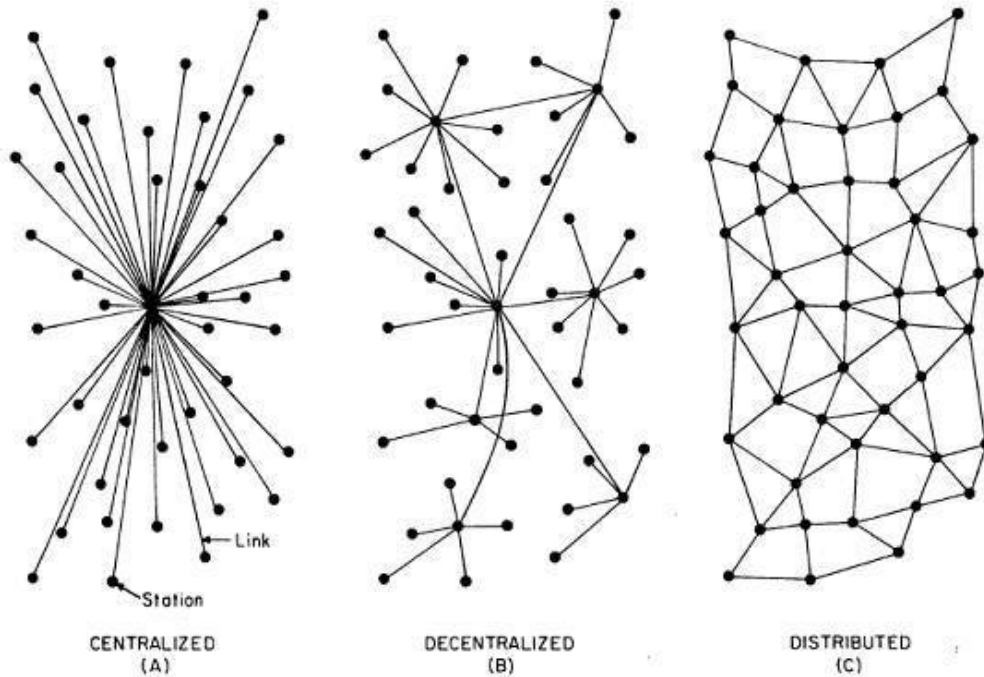
Ασφάλεια: Το Blockchain χρησιμοποιεί προηγμένες κρυπτογραφικές τεχνικές για να διασφαλίσει την ασφάλεια των δεδομένων και των συναλλαγών [55]. Για να γίνει αυτό, τα δεδομένα εκτελούνται μέσω μιας κρυπτογραφικής συνάρτησης κατακερματισμού που δίνει σε κάθε block συναλλαγών το μοναδικό τους «δακτυλικό αποτύπωμα», έτσι ώστε οποιαδήποτε αλλαγή σε αυτά τα δεδομένα θα γίνεται αμέσως αντιληπτή. Η

κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού (public key cryptography) χρησιμοποιείται για τη διασφάλιση της προέλευσης των συναλλαγών και την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης [47]. Με αυτόν τον τρόπο η μεταφορά γίνεται επίσης μόνο μεταξύ των σχετικών μερών, γεγονός που πράγματι κάνει το blockchain να είναι ένα σύστημα προστασίας από παραβιάσεις για την ασφαλή διατήρηση και διαχείριση δεδομένων.

Αποδοτικότητα: Το Blockchain απομακρύνει τους μεσάζοντες αυτοματοποιώντας τις διαδικασίες, επιταχύνοντας έτσι τους χρόνους συναλλαγών, μειώνοντας τις καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση των αγορών. Στα παραδοσιακά συστήματα, η επαλήθευση των αγορών απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση και χρόνο για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα των συναλλαγών. Το ίδιο το blockchain επιτρέπει συναλλαγές P2P (peer-to-peer) χωρίς τη συμμετοχή τρίτων μεσολαβητών. Και η άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ τους διαρκεί κλάσματα του δευτερολέπτου έναντι ημερών και εβδομάδων, καθιστώντας τις συναλλαγές πολύ πιο γρήγορες ενώ μειώνονται τα τέλη (όπως τα τέλη παρόχου πιστωτικών καρτών).

Κατανεμημένο καθολικό: Η τεχνολογία blockchain είναι κατασκευασμένη πάνω στο κατανεμημένο καθολικό, πρόκειται για ένα κοινό αρχείο που διανέμεται σε όλους τους κόμβους ενός δικτύου για κάθε συναλλαγή. Η τεχνολογία είναι έμπνευση του Satoshi Nakamoto, που εφευρέθηκε το 2008 για χρήση με τη δημιουργία ενός μη-εμπορικού ηλεκτρονικού νομίσματος που ονομάζεται Bitcoin, το οποίο έχει εξελιχθεί τώρα ως ένα αμετάβλητο καθολικό μεταξύ αυτών των συμμετεχόντων που παρέχουν τα ίδια δεδομένα.

Μηχανισμοί συναίνεσης: Για να είναι ένα λειτουργικό blockchain, πρέπει να έχει έναν μηχανισμό συναίνεσης. Ο μηχανισμός συναίνεσης δημιουργεί συμφωνία μεταξύ όλων των κόμβων σχετικά με την εγκυρότητα των συναλλαγών και την κατάσταση του καθολικού. Έτσι, αυτή η μέθοδος προστατεύει το σύστημα από δόλιες συμπεριφορές και διατηρεί όλα τα αντίγραφα του blockchain συνεπή. Διαφορετικά δίκτυα blockchain χρησιμοποιούν διαφορετικούς μηχανισμούς συναίνεσης όπως το PoW και το PoS το καθένα με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Ο μηχανισμός συναίνεσης ενός δικτύου blockchain είναι ένα από τα πράγματα που έχει μεγαλύτερη επιρροή στη δική του ασφάλεια και επεκτασιμότητα.



Εικόνα 2. Η διαφορά μεταξύ του συγκεντρωτικού και του αποκεντρωμένου δικτύου

<https://medium.com/delta-exchange/centralized-vs-decentralized-vs-distributed-41d92d463868>

3.4 Τύποι Blockchain

Τα Blockchains υπάρχουν σε διάφορους τύπους, καθένας από τους οποίους ταιριάζει σε διαφορετικά χαρακτηριστικά και τομείς εφαρμογής.

- **Δημόσιο Blockchain (Public blockchain):** Πρόκειται για δίκτυα στα οποία μπορεί να ενταχθεί οποιοσδήποτε χρήστης και να συμμετάσχει στη συντήρηση του καθολικού. Ολόκληρο το σύστημα είναι αποκεντρωμένο και ανοιχτό και όλες οι συναλλαγές μπορούν να προβληθούν. Δημόσια είναι για παράδειγμα το Bitcoin και το Ethereum [53].
- **Ιδιωτικά Blockchain (Private blockchain):** Αυτά είναι δίκτυα με άδεια και επιτρέπουν ελεγχόμενη πρόσβαση μόνο σε εξουσιοδοτημένα άτομα. Ενώ παρέχουν υψηλότερο βαθμό ελέγχου της ιδιωτικότητας και της ασφάλειας, αυτό τα κάνει λιγότερο αποκεντρωμένα [56]. Αυτά χρησιμοποιούνται για παράδειγμα από εταιρίες και οργανισμούς για δικούς τους σκοπούς.
- **Υβριδικά Blockchain (Hybrid blockchain):** Πρόκειται για δίκτυα που έχουν χαρακτηριστικά τόσο από δημόσια όσο και από ιδιωτικά blockchain, επομένως

προσφέρουν διάφορες επιλογές. Μπορούν να παρέχουν το καλύτερο και των δύο κόσμων, δηλαδή ιδιωτικότητα όταν χρειάζεται αλλά και διαφάνεια [56].

3.5 Ethereum Blockchain

Το Ethereum blockchain δεν κατέχει μόνο ένα κρυπτονόμισμα όπως το Bitcoin blockchain, είναι μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα για τα έξυπνα συμβόλαια όπου οι προγραμματιστές μπορούν να δημιουργήσουν εφαρμογές στις οποίες οι όροι μιας συμφωνίας εγγράφονται απευθείας στον κώδικα. Πρόκειται για συμβάσεις που εκτελούνται αυτόματα βάση συγκεκριμένων συμφωνημένων όρων και εξαλείφουν τους μεσάζοντες. Επίσης το Ethereum blockchain επιτρέπει την ανάπτυξη DApps (Decentralized Applications) οι οποίες είναι ένας τύπος εφαρμογών που εκτελούνται σε αποκεντρωμένο δίκτυο σε αντίθεση με τις κοινές εφαρμογές που εκτελούνται σε έναν κεντρικό διακομιστή (server). Επιπλέον στο Ethereum blockchain μπορούν να δημιουργηθούν tokens τα οποία αντιπροσωπεύουν ψηφιακά νομίσματα ή εικονικά αγαθά και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο εμφανίζονται περιπτώσεις όπως τα NFT (Non-Fungible Tokens). Η κύρια διαφορά του Bitcoin blockchain και του Ethereum blockchain είναι οι περιπτώσεις χρήσης τους. Το Bitcoin στοχεύει στα κρυπτονομίσματα και ουσιαστικά είναι ένας αποκεντρωμένος χρυσός ενώ το Ethereum χρησιμοποιείται ως μια πλατφόρμα όπου μπορούν να κατασκευαστούν τα Decentralized Application [57]. Μια άλλη σημαντική διαφορά είναι ο χρόνος των block. Το Ethereum έχει πολύ πιο γρήγορο block από το Bitcoin (περίπου 15 δευτερόλεπτα σε αντίθεση με το bitcoin που είναι κατά μέσο όρο περίπου δέκα λεπτά) και έτσι επιτρέπει γρήγορες επιβεβαιώσεις συναλλαγών. Γενικά το Ethereum στοχεύει να γίνει η βάση ενός κόσμου όπου ο καθένας μπορεί να γράψει κώδικα σε αυτό και να κάνει οτιδήποτε θέλει πέρα από οικονομικές συναλλαγές.

3.6 Τα blocks στο Blockchain

Τα blocks είναι ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται το τμήμα αλυσίδας του blockchain και χωρίς αυτά δεν θα είχαμε μια αλυσίδα για να γίνει το blockchain ασφαλές. Κάθε block ουσιαστικά σχηματίζει ένα κοντέινερ που αποτελείται από ορισμένες συναλλαγές ή άλλες σημαντικές πληροφορίες. Τα στοιχεία ενός τύπου μπλοκ είναι 1. Το block header και 2. Το block body. Το block header περιέχει α) τον κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ (previous block hash) όπου και συνδέει το block με το προηγούμενό του δημιουργώντας έτσι την αδιάσπαστη αλυσίδα, β) χρονική σήμανση (timestamp) που είναι η ημερομηνία και ώρα δημιουργίας του block, γ) το merkle root που είναι μια σύνοψη των συναλλαγών του block και δ) το nonce που είναι ένας τυχαίος αριθμούς που χρησιμοποιήθηκε στην διαδικασία εξόρυξης. Στη συνέχεια, το block body που περιέχει όλες τις συναλλαγές που συμπεριλήφθηκαν σε αυτό.

Για να κατανοήσουμε πώς τα blockchain παραμένουν ασφαλείς και αμετάβλητα, χρειαζόμαστε καλή κατανόηση ενός block. Ένας κατακερματισμός (hash) συνδέει κάθε block με το προηγούμενο, βοηθώντας ολόκληρο το blockchain να διατηρήσει μια χρονολογική σειρά σε όλα τα άλλα. Σε ένα δημόσιο blockchain, η διατήρηση κάθε τροποποίησης σε οποιοδήποτε block θα απαιτούσε αλλαγές και στα ακόλουθα block κάτι που είναι υπολογιστικά ανέφικτο να συμβεί.

3.6.1 Οι κωδικοί Hash

Οι κωδικοί hash είναι απαραίτητοι για τα blockchain. Στον προγραμματισμό, η συνάρτηση hash είναι μια συνάρτηση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιστοιχίσει δεδομένα μικρού ή μεγάλου μεγέθους σε τιμές σταθερού μεγέθους. Είναι επίσης πρακτικά αδύνατο να μάθουμε τα αρχικά δεδομένα από το hash, δηλαδή να αντιστρέψουμε αυτήν την διαδικασία. Μια σημαντική ιδιότητα των κωδικών hash είναι ότι μια μικρή αλλαγή στην είσοδο των δεδομένων θα παράξει ένα εντελώς διαφορετικό hash. Σε ένα blockchain, τα hashes χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός μοναδικού δακτυλικού αποτυπώματος για κάθε block συναλλαγών. Το δακτυλικό αποτύπωμα αποθηκεύεται στο block header και συνδέει το block με το αμέσως επόμενο του. Εάν κάποιος προσπαθήσει να αλλάξει μια συναλλαγή στο block, αλλάζει ολόκληρο τον κωδικό hash του block. Επειδή αυτός το hash εξαρτάται από όλα τα μελλοντικά block, είναι σχεδόν αδύνατο να αλλάξει χωρίς επίσης να αλλάξει κάθε block μετά από αυτό. Επομένως, τα blockchain είναι πολύ απίθανο να παραβιαστούν, γεγονός που τους επιτρέπει έτσι την ακεραιότητα των δεδομένων.

3.6.2 Οι συναλλαγές στο Blockchain

Στον πυρήνα της τεχνολογίας του blockchain είναι οι συναλλαγές. Μια συναλλαγή αντιπροσωπεύει τη μεταφορά χρημάτων ή δεδομένων μεταξύ δύο μερών, που μπορεί να είναι αποστολή κρυπτονομισμάτων ή καταγραφή ενός συμβάντος ή εκτέλεση ενός έξυπνου συμβολαίου. Η διαδικασία ξεκινά μέσα όταν ένας χρήστης κάνει ένα αίτημα συναλλαγής. Το αίτημα διαδίδεται στο δίκτυο των κόμβων και αυτοί οι κόμβοι το εγκρίνουν/απορρίπτουν με κρυπτογραφική απόδειξη. Μετά την επαλήθευση, η συναλλαγή προστίθεται σε ένα μπλοκ με άλλες μη επιβεβαιωμένες συναλλαγές. Οι εξορυκτές ή οι επικυρωτές ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την επικύρωση του block που περιέχει τη συναλλαγή μέσω της επίλυσης πολύπλοκων κρυπτογραφικών γρίφων. Τελικά, το επαληθευμένο block προστίθεται στο blockchain κάνοντας τη συναλλαγή μέσα σε αυτό μόνιμα καταγεγραμμένη και ορατή από οποιονδήποτε στο δίκτυο.

3.7 Μηχανισμοί συναίνεσης

Ο Μηχανισμός συναίνεσης είναι μια μέθοδος που διασφαλίζει ότι οι υπολογιστές (ή οι κόμβοι) στο blockchain βλέπουν ένα ίδιο και αμετάβλητο αρχείο συναλλαγών για πάντα. Αυτό συμβαίνει επειδή η ενημέρωση διασφαλίζει ότι όλοι έχουν μια πηγή αλήθειας. Πιο απλά, είναι ο τρόπος με τον οποίο όλοι οι παραβρισκόμενοι σε ένα blockchain συμφωνούν ότι κάτι που συνέβη στο παρελθόν πράγματι συνέβη και είναι ένα από τα σημαντικά σημεία ασφαλείας για κάθε αξιόπιστο Blockchain. Μερικοί από τους καλύτερους μηχανισμούς συναίνεσης περιλαμβάνουν:

- **Proof-of-Work (PoW):** Αυτός είναι ο αρχικός μηχανισμός που εισήχθη από το bitcoin. Ο μηχανισμός PoW στο πλαίσιο της διαδικασίας που προαναφέρθηκε επιλέγει τους εξορυκτές (miners) για να λύσουν απαιτητικούς κρυπτογραφικούς γρίφους. Όταν ένας miner βρει τη λύση πρώτος, μπορεί να προσθέσει ένα block συναλλαγών στο blockchain και ανταμείβεται με κάποιο κρυπτονόμισμα. Αν και το PoW είναι πολύ ασφαλές, έχει επίσης υψηλό κόστος – αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται πολύς χρόνος για να λυθεί και καταναλώνει μια μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας.
- **Proof-of-Stake (PoS):** Με αυτόν τον μηχανισμό επιλέγονται επικυρωτές (stakers) για την επικύρωση block με βάση το κρυπτονόμισμα που έχουν «στοιχηματίσει» ή ποντάρει, και το Proof of Stake θα μπορούσε να θεωρηθεί ως αναβαθμισμένη έκδοση του PoW με ένα πιο αποδοτικό ενεργειακό μοντέλο. Αυτός ο μηχανισμός είναι πολύ πιο αποτελεσματικός από το PoW, που σημαίνει ότι χρειάζεται πολύ λιγότερη ενέργεια για να λειτουργήσει και ως αποτέλεσμα οι συναλλαγές πραγματοποιούνται με χαμηλότερες χρεώσεις.

3.8 Πλεονεκτήματα χρήσης του Blockchain

Τα πλεονεκτήματα του blockchain είναι τεράστια και αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο έχουμε αρχίσει να βλέπουμε την υιοθέτησή του σε πολλούς κλάδους. Μερικά βασικά οφέλη είναι:

1. **Διαφάνεια και εμπιστοσύνη:** Όλες οι συναλλαγές σε ένα δημόσιο blockchain καταχωρούνται στο καθολικό, το οποίο είναι ορατό σε όλους. Επίσης οποιαδήποτε συναλλαγή μπορεί να επαληθευτεί από οποιονδήποτε, καθώς όλες είναι μέρος του καθολικού.
2. **Ασφάλεια:** Το blockchain είναι ασφαλές χάρη στην κρυπτογραφική του δομή και την αποκεντροποίησή του. Οποιαδήποτε αλλαγή σε κάποιο block του θα άλλαζε το hash του με συνέπεια την αλλαγή και του hash στο επόμενο block πράγμα που σημαίνει την πλήρη αποτυχία ολόκληρου του blockchain.
3. **Αναλλοίωτο:** Είναι πρακτικά αδύνατο να αλλάξει ή να διαγραφτεί μια συναλλαγή αφού προστέθηκε στο blockchain. Έτσι παρέχει την ακεραιότητα των δεδομένων και τον έλεγχο των ιστορικών συναλλαγών.

4. **Ταχύτητα και αποτελεσματικότητα:** Οι συναλλαγές σε ένα δίκτυο blockchain είναι πιο γρήγορες από τα παραδοσιακά συστήματα ειδικά στις διασυνοριακές συναλλαγές, επειδή δεν υπάρχουν καθόλου μεσάζοντες, καθιστώντας το πλήρως αυτοματοποιημένο.
5. **Μείωση κόστους:** Το blockchain εξαλείφει τους μεσάζοντες όπως οι τράπεζες, κάτι που οδηγεί σε πολύ χαμηλότερες χρεώσεις συναλλαγών και σε λιγότερα λειτουργικά έξοδα.
6. **Αυτοματοποίηση:** Με τα έξυπνα συμβόλαια, τα οποία είναι αυτοεκτελούμενα συμβόλαια με τους όρους μια συμφωνίας μεταξύ δύο πλευρών να είναι απευθείας γραμμένοι σε γραμμές κώδικα, μπορούν να αυτοματοποιήσουν την εκτέλεση περίπλοκων διαδικασιών με αποτέλεσμα να μειώσουν την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση και πιθανά λάθη.

Αυτές οι ιδιότητες κάνουν τα blockchain ιδανικά για κάθε σενάριο όπου πολλές ανεξάρτητες οντότητες απαιτούν αξιόπιστη συναίνεση σχετικά με τις συναλλαγές τους. Μερικές εφαρμογές είναι:

- Στα **κρυπτονομίσματα** όπως το Bitcoin, το Ethereum και άλλα ψηφιακά νομίσματα που χρησιμοποιούν κρυπτογραφία για ασφάλεια.
- Στην **υγειονομική περίθαλψη** καθώς αυτή η τεχνολογία μπορεί να είναι εξαιρετική για την αποθήκευση και την κοινή χρήση ηλεκτρονικών αρχείων υγείας με ασφαλή τρόπο αυξάνοντας το απόρρητο των δεδομένων.
- Στα **συστήματα ψηφοφορίας** αφού το blockchain μπορεί να παρέχει τη βάση για ασφαλή και διαφανή συστήματα ψηφοφορίας, τα οποία βοηθούν την εξάλειψη της δόλιας παραποίησης των ψηφοδελτίων.
- Στη **διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας** καθώς το blockchain μπορεί να παρακολουθεί τα αγαθά όταν κινούνται σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, αυξάνοντας τη διαφάνεια και μειώνοντας την απάτη, ενώ παράλληλα την κάνει πιο αποτελεσματική.

3.9 Χρήση του Blockchain στο SCM

Το Blockchain είναι μια ανατρεπτική τεχνολογία στον τομέα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, επειδή μπορεί να αλλάξει τα πάντα σχετικά με τον τρόπο που χειριζόμαστε τα δεδομένα, με συνέπεια να φέρει διαφάνεια, αποτελεσματικότητα και ασφάλεια σε κάθε στάδιο. Φανταστείτε ένα σύστημα στο οποίο το ταξίδι ενός

προϊόντος από την παραγωγή στον τελικό καταναλωτή καταγράφεται λεπτομερώς και όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να το δουν. Αυτή είναι η επιρροή του blockchain στο SCM. Επιπλέον επιτρέπει την επαλήθευση της γνησιότητας του προϊόντος και εξαλείφει τα πλαστά προϊόντα παρέχοντας μια ελεγχόμενη διαδρομή για το ιστορικό των προϊόντων. Ακόμα, το blockchain ενισχύει τη διαδικασία διαχείρισης αποθέματος επιτρέποντας τη μετακίνηση προϊόντων και την ενημέρωση διαθεσιμότητας σε πραγματικό χρόνο. Το Blockchain εισάγει τη χρήση έξυπνων συμβολαίων, τα οποία δεν απαιτούν μεσάζοντες και φέρνουν αυτοματοποίηση σε ορισμένες επιχειρηματικές διαδικασίες (για παράδειγμα πληρωμή ή ενημέρωση αποθέματος) μεταξύ πολλών μερών στο οικοσύστημά του, οδηγώντας σε λιγότερα σφάλματα στις συναλλαγές.

Το Ethereum blockchain είναι μια σημαντική πλατφόρμα που προσφέρει μερικές από τις καλύτερες δυνατότητες των smart contracts, που μπορούν να υποστηρίξουν τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Συνολικά, η τεχνολογία Blockchain έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τρομερά τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας προσφέροντας διαφάνεια, αποτελεσματικότητα, ασφάλεια και εμπιστοσύνη. Καθώς η τεχνολογία blockchain εξελίσσεται, περιμένουμε να δούμε ακόμα πιο πολλές εφαρμογές στο SCM τα επόμενα χρόνια.

4. Τα έξυπνα συμβόλαια (Smart contracts)

4.1 Ορισμός των έξυπνων συμβολαίων

Μέσα στο blockchain υπάρχουν τα έξυπνα συμβόλαια. Τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) είναι ένας επαναστατικός τρόπος για συμφωνίες και συναλλαγές. Αντί να βασίζομαστε σε παραδοσιακά συμβόλαια χαρτιού και σε μεσάζοντες όπως οι δικηγόροι, τα έξυπνα συμβόλαια χρησιμοποιούν κώδικα για την αυτοματοποίηση και την επιβολή συμφωνιών.

Το έξυπνο συμβόλαιο είναι το κομμάτι κώδικα που αναπτύσσεται και αποθηκεύεται στο δίκτυο blockchain. Είναι ένα σύνολο προκαθορισμένων κανόνων και ενεργειών. Το έξυπνο συμβόλαιο ελέγχει αν οι όροι που περιέχονται πληρούνται, και εφόσον πληρούνται ακολουθεί τις προκαθορισμένες ενέργειες και το κάνει αυτόματα χωρίς κάποιον μεσάζοντα [58].

Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να αναπτυχθούν με τη βοήθεια μιας καινοτόμου πλατφόρμας blockchain γνωστή ως Ethereum. Αυτή παρέχει έναν ασφαλή και αποκεντρωμένο τρόπο εκτέλεσης των συμβολαίων που τα κάνει να λειτουργούν όπως έχει συμφωνηθεί μεταξύ των μερών με αυτόματο και διαφανή τρόπο.

4.2 Στοιχεία των έξυπνων συμβολαίων

Τα έξυπνα συμβόλαια, αν και φαίνονται πολύπλοκα, συνδυάζουν απλές βασικές λειτουργίες και συμπεριφορές. Η κατανόηση αυτών των βασικών λειτουργιών είναι σημαντική για να καταλάβουμε πως λειτουργούν τα έξυπνα συμβόλαια.

1. **Contract code (κώδικας του συμβολαίου):** ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι ουσιαστικά μια επιχειρηματική λογική. Περιέχει όρους και προϋποθέσεις που έχουν συμφωνηθεί σε μια συμφωνία. Αυτός ο κώδικας είναι γραμμένος σε γλώσσες όπως το Solidity (για το Ethereum) και περιλαμβάνει τόσο τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται, όσο και τι πρέπει να συμβεί.
2. **State variables (μεταβλητές):** είναι μεταβλητές που αποθηκεύονται σημαντικές πληροφορίες για το έξυπνο συμβόλαιο όπως για παράδειγμα το υπόλοιπο σε κάποιον λογαριασμό, το state μιας συμφωνίας ή οτιδήποτε σχετικό που έχει να κάνει το έξυπνο συμβόλαιο.
3. **Functions (συναρτήσεις):** όποιες και αν είναι οι ενέργειες που μπορεί να εκτελέσει ένα έξυπνο συμβόλαιο, ορίζονται από συναρτήσεις. Μπορεί να καλούνται από events ή να καλούνται χρησιμοποιώντας άλλα συμβόλαια και όταν αλληλοεπιδρούν με state variables μπορούν να αλλάξουν τις τιμές τους.
4. **Events (συμβάντα):** χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και μετάδοση όταν κάτι συμβαίνει μέσα στο έξυπνο συμβόλαιο. Μπορούν να καλέσουν εξωτερικές εφαρμογές για να ξεκινήσουν ενέργειες ή να ειδοποιούν τους χρήστες όταν αλλάζει η κατάσταση ενός συμβολαίου.
5. **Blockchain platform (πλατφόρμα blockchain):** τα έξυπνα συμβόλαια πρέπει να «ζουν» μέσα σε ένα blockchain. Το Ethereum για παράδειγμα έχει την υποδομή για την ανάπτυξη, αποθήκευση και εκτέλεση των έξυπνων συμβολαίων με ασφαλή τρόπο.

4.3 Βασικά χαρακτηριστικά των έξυπνων συμβολαίων

Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά που κάνουν τα έξυπνα συμβόλαια καινοτόμα είναι:

- **Αυτοματοποιημένα:** Έχουν προκαθορισμένες λειτουργίες που εφαρμόζονται αυτόματα σε περίπτωση που πληρούνται ορισμένες προκαθορισμένες συνθήκες χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση [59].

- **Αμετάβλητο:** Μόλις αναπτυχθεί ένα έξυπνο συμβόλαιο στο blockchain, ο κώδικάς του δεν αλλάζει ποτέ και επομένως εγγυάται ότι μια συμφωνία επιβάλλεται όπως πρέπει [60].
- **Διαφάνεια:** Τα έξυπνα συμβόλαια είναι κοινόχρηστα και επαληθευμένα και έχουν αποθηκευτεί στο blockchain πράγμα που σημαίνει ότι είναι διαθέσιμα σε όλους.
- **Ασφάλεια:** Τα έξυπνα συμβόλαια που δημιουργούνται στο blockchain προστατεύονται από απάτες λόγω της κρυπτογραφικής τους φύσης [60].
- **Εμπιστοσύνη:** Τα μέρη που εμπλέκονται σε συναλλαγές και συμβόλαια δεν θα χρειάζεται να εμπιστεύονται ή να βασίζονται ο ένας στον άλλον άμεσα, ούτε θα πρέπει να υπάρχει μια κεντρική αρχή που επεξεργάζεται τα πάντα. Ο ίδιος ο κώδικας χρησιμεύει ως «έμπιστος ενδιάμεσος» [60].

4.4 Εφαρμογές των έξυπνων συμβολαίων

Τα έξυπνα συμβόλαια θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν από διάφορους κλάδους για να διασφαλιστεί η εμπιστοσύνη μεταξύ των μελών τους, καθώς και η αυτοματοποίηση των λειτουργιών εντός του κλάδου. Μερικές βασικές περιπτώσεις είναι:

- **Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας:** Τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπουν την παρακολούθηση των αγαθών από την αρχή του ταξιδιού τους στην εφοδιαστική αλυσίδα διασφαλίζοντας τη γνησιότητα του προϊόντος. Επίσης μπορούν να πραγματοποιούνται πληρωμές για παραδοτέα προϊόντα ή υπηρεσίες, αυξάνοντας έτσι τη διαφάνεια μεταξύ όλων των συμμετεχόντων [61].
- **Χρηματοοικονομικές Υπηρεσίες:** Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να κάνουν λιγότερο περίπλοκο τον τρόπο με τον οποίον γίνονται οι χρηματοοικονομικές συναλλαγές όπως για παράδειγμα να ενισχύσουν τις διασυνοριακών πληρωμών ή να αυτοματοποιήσουν τις ασφαλιστικές απαιτήσεις.
- **Υγειονομική Περίθαλψη:** Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην υγειονομική περίθαλψη για την αποθήκευση αρχείων ασθενών, τα οποία θα διασφάλιζαν το απόρρητο και ότι κανένα στοιχείο δεν θα μπορούσε να διαρρεύσει, να υποστεί λάθος χειρισμό ή ακόμα και να καταστραφεί [62].

- **Ψηφιακή Ταυτότητα:** Αξιόπιστες και αδιάψευστες ψηφιακές ταυτότητες μπορούν να παρέχονται χρησιμοποιώντας έξυπνα συμβόλαια που θα διευκολύνουν την ταυτοποίηση των ατόμων, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις απάτες.
- **Ακίνητα:** Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή συμφωνιών ενοικίασης και την εύκολη αλλαγή ιδιοκτησίας [63].
- **Ψηφοφορίες:** Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ασφαλών, διαφανών και αδιάψευστων συστημάτων ψηφοφορίας για την ενίσχυση της εμπιστοσύνης στους συμμετέχοντες στην εκλογική διαδικασία ή σε οποιαδήποτε μορφή διαδικασιών διακυβέρνησης [64].

Αυτά είναι μόνο μερικά από τα παραδείγματα για το πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το έξυπνο συμβόλαιο. Η τεχνολογία θα ωριμάσει και θα βελτιωθεί, με νέους τομείς να «ξεκλειδώνονται» στο μέλλον για τη χρήση έξυπνων συμβολαίων.

5. Τεχνολογία, εργαλεία και εφαρμογές

Αυτή η ενότητα εμβαθύνει στις συγκεκριμένες τεχνολογίες και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της εφαρμογής, του blockchain και των smart contracts.

Κάθε εφαρμογή αποτελείται από κάποια συγκεκριμένα τμήματα, όπως το frontend, το backend και την βάση δεδομένων. Το frontend είναι υπεύθυνο για την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή και γενικά είναι το τι βλέπει αυτός στην οθόνη του. Το backend είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες της εφαρμογής όταν ο χρήστης αλληλοεπιδρά με αυτήν και επίσης για τη σύνδεση με την βάση δεδομένων. Η βάση δεδομένων είναι ο αποθηκευτικός χώρος για τα δεδομένα της εφαρμογής.

- **Frontend:**

Visual Studio Code: Ο editor που χρησιμοποιήθηκε καθώς προσφέρει εξαιρετικά extensions για την ανάπτυξη των smart contracts.

HTML/CSS/JAVASCRIPT: Τα εργαλεία για την δομή, το στυλ και την αλληλεπίδραση της εφαρμογής.

Bootstrap: Το bootstrap είναι ένα δημοφιλές CSS framework το οποίο παρέχει προκατασκευασμένα components και επιλογές στυλ.

Web3.js: Η JavaScript επικοινωνεί με τα smart contracts που αναπτύσσονται στο blockchain μέσω αυτού.

- **Backend:**

Python/Django: Παρέχει ένα ισχυρό πλαίσιο για να βοηθήσει στη δημιουργία της web εφαρμογής, καθώς και στη δημιουργία αλληλεπιδράσεων με βάση δεδομένων.

Node.js

- **Database:**

SQLite3: Επιλέχθηκε λόγω του μικρού βάρους που έχει και της απλότητας χρήσης.

- **Blockchain:**

Ganache: Το Ganache είναι ένα εργαλείο για την δημιουργία προσωπικού Ethereum Blockchain για στάδια ανάπτυξης και δοκιμής (development and testing), χωρίς να κοστίζουν οι συναλλαγές καθόλου ether.

- **Smart contracts:**

Remix IDE: Ο online editor για την δημιουργία των smart contracts καθώς και για τις πρώτες δοκιμές τους.

Solidity: Η γλώσσα προγραμματισμού για την ανάπτυξη των Ethereum smart contracts.

Truffle: Το Truffle είναι ένα framework που διευκολύνει την ανάπτυξη smart contracts παρέχοντας εργαλεία για compile, testing και deployment στο Ganache. Αυτό το

εργαλείο χρησιμοποιήθηκε διότι τα smart contracts ενοποιήθηκαν στο Visual Studio Code.

6. Σχεδιασμός και υλοποίηση

6.1 Αρχιτεκτονική εφαρμογών

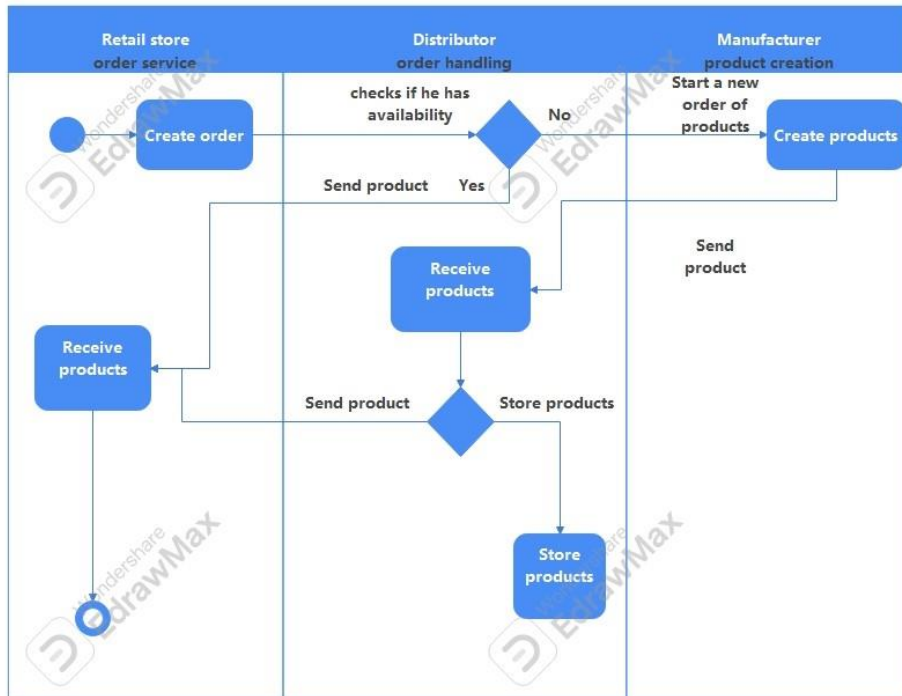
Η εφαρμογή που έχει υλοποιηθεί σε αυτή τη διπλωματική είναι ένα ERP. Αυτό το ERP χρησιμοποιείται από το κατάστημα λιανικής (retail store), τον διανομέα (distributor) και τον κατασκευαστή (manufacturer).

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία και οι διαδικασίες της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν τα UML Diagrams. Τα UML Diagrams είναι διαγράμματα όπου απεικονίζουν σχηματικά τη μοντελοποίηση και τον σχεδιασμό συστημάτων λογισμικού και βοηθούν στην κατανόηση της δομής, της συμπεριφοράς και των αλληλεπιδράσεων σε ένα σύστημα.

Όπως προαναφέρθηκε το συγκεκριμένο ERP χρησιμοποιείται από ένα κατάστημα λιανικής, τον διανομέα και τον κατασκευαστή. Η ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει ως εξής. Το κατάστημα λιανικής πουλάει κάποια προϊόντα. Ο διανομέας αποθηκεύει τα προϊόντα αυτά και τα διανέμει στο κατάστημα λιανικής σε περίπτωση έλλειψής τους. Στην περίπτωση που και ο διανομέας έχει έλλειψη προϊόντων στην αποθήκη του

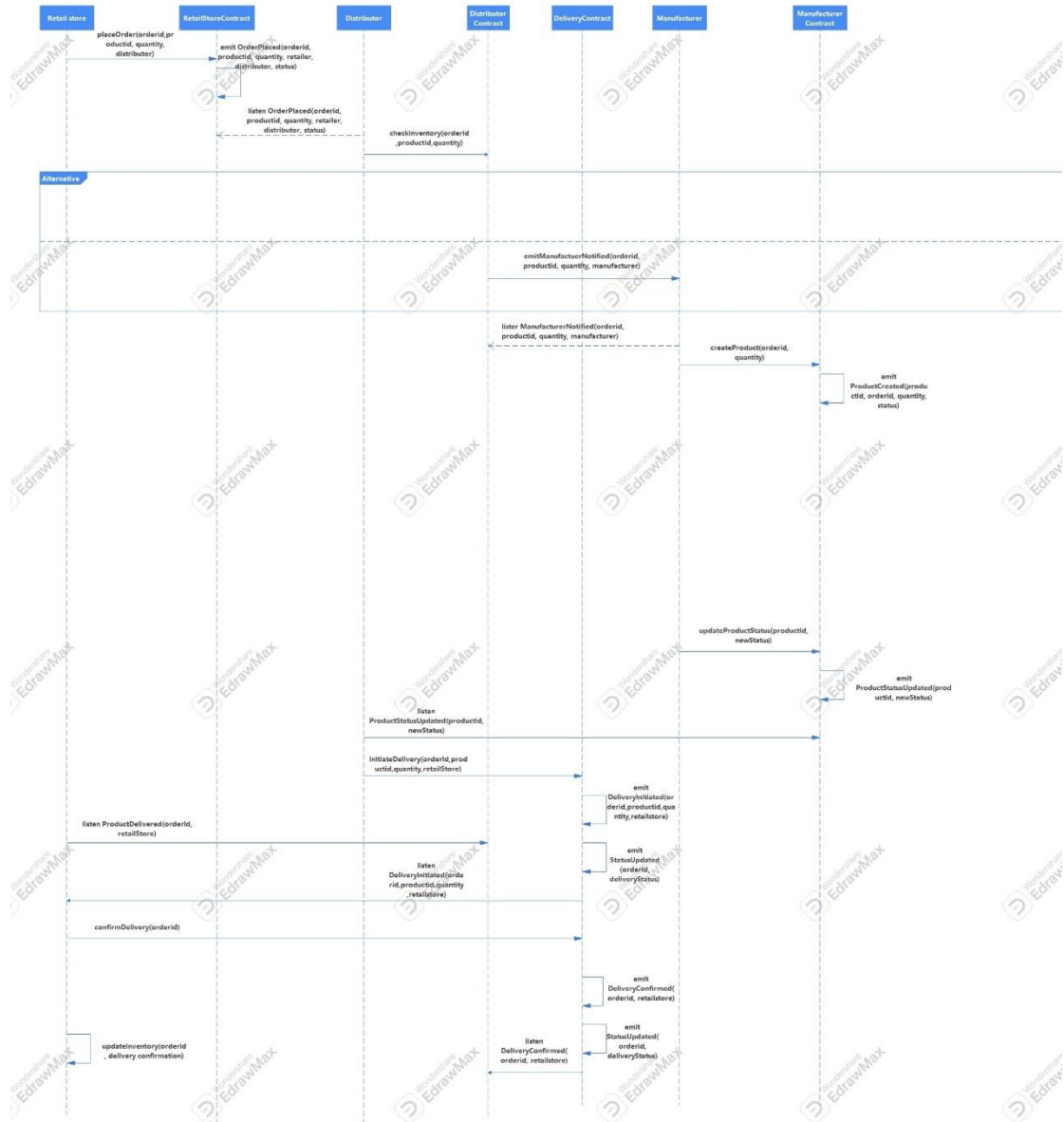
τότε επικοινωνεί με τον κατασκευαστή προκειμένου να κατασκευαστούν τα προϊόντα, να του τα στείλει και έπειτα να τα διανέμει στο κατάστημα λιανικής.

Παρακάτω παρατίθεται το Activity Diagram, που δείχνει τη ροή εργασιών που μόλις προαναφέρθηκε.



Εικόνα 3. Διάγραμμα δραστηριοτήτων του ERP

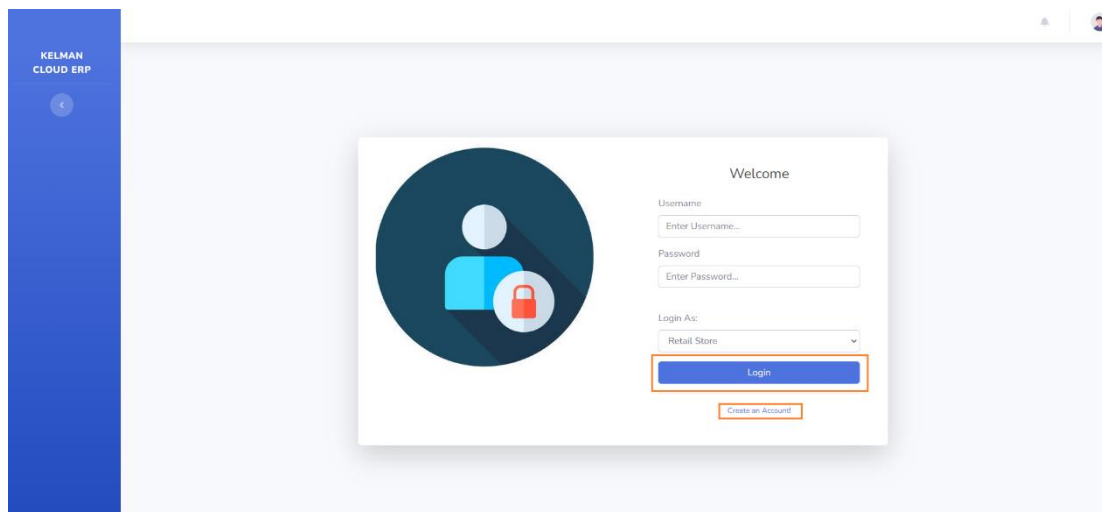
Στην ενότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας υλοποιείται επίσης το blockchain και τα smart contracts. Παρακάτω παρατίθεται το Sequence Diagram που είναι το διάγραμμα ακολουθιών, το οποίο απεικονίζει την αλληλουχία των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ των στοιχείων στο σύστημα.



Εικόνα 4. Διάγραμμα ακολουθίας των smart contracts

6.2 Επισκόπηση Συστήματος

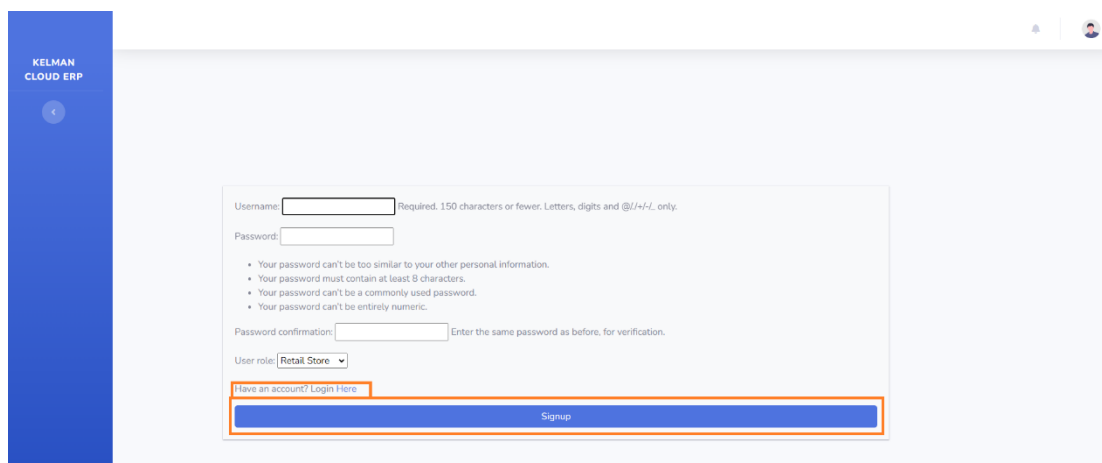
Μπαίνοντας ο χρήστης στην εφαρμογή βλέπει αυτήν την σελίδα.



Εικόνα 5. Σύνδεση στο σύστημα

Σε αυτήν την σελίδα ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί βάζοντας στα αντίστοιχα πεδία το username του και το password του και έπειτα επιλέγει με ποιον ρόλο θα συνδεθεί. Στην περίπτωση που δεν έχει κάποιο προφίλ μπορεί να πατήσει στο Create An Account για να το δημιουργήσει.

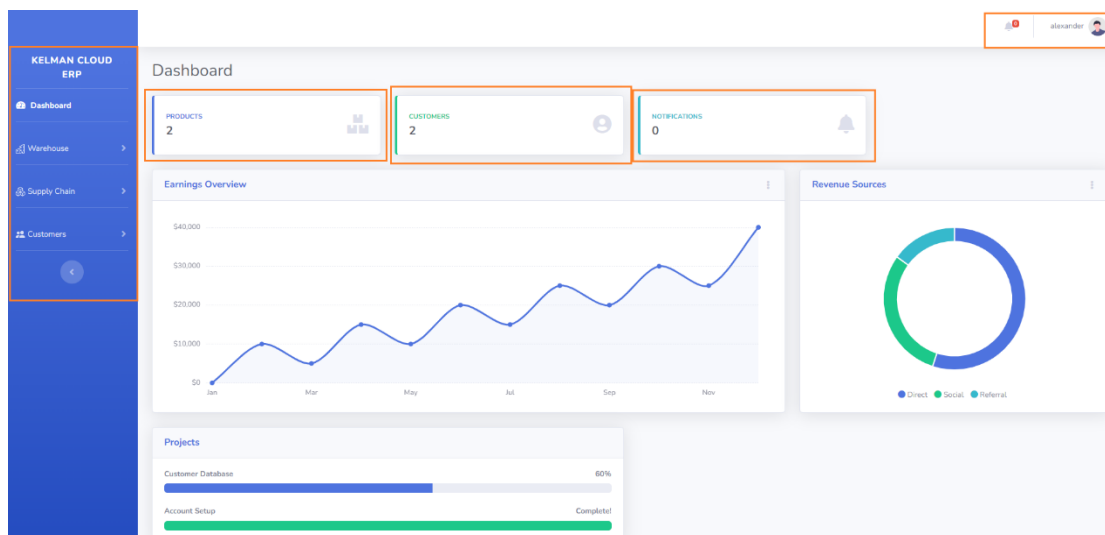
Έτσι θα μεταφερθεί στην παρακάτω σελίδα.



Εικόνα 6. Εγγραφή στο σύστημα

Σε αυτήν την σελίδα μπορεί να εγγραφεί βάζοντας το επιθυμητό username και password και στο τέλος επιλέγοντας με ποιόν ρόλο θέλει να εγγραφεί. Έπειτα πατώντας Signup δημιουργείται ο λογαριασμός του.

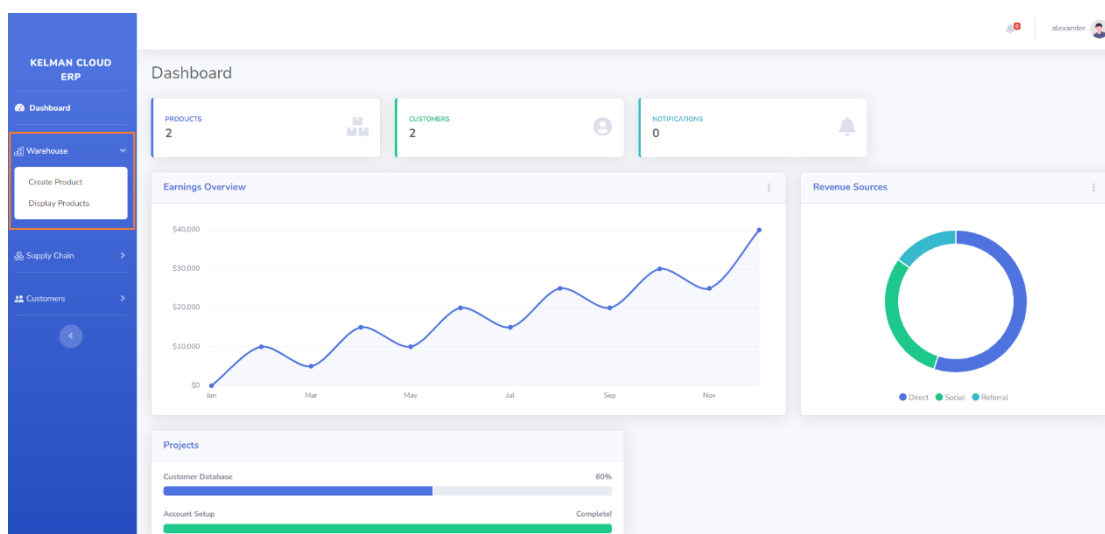
Μόλις ο χρήστης έχει ταυτοποιηθεί μπορεί πλέον να περιηγηθεί στο σύστημα.



Εικόνα 7. Dashboard

Στο αριστερό μέρος υπάρχει το μενού, στο κεντρικό μέρος κάποια στατιστικά για το πόσα προϊόντα έχει, πόσους πελάτες έχει καταχωρημένους και πόσες ειδοποιήσεις έχει. Δεξιά επάνω εμφανίζονται οι ειδοποιήσεις του καθώς φαίνεται και το username του.

Πατώντας στο warehouse, ανοίγει μια dropdown λίστα με τις επιλογές που υπάρχουν



Εικόνα 8. Επιλογές στο warehouse

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε την δημιουργία νέου προϊόντος είτε την εμφάνιση των ήδη υπαρχόντων.

Πατώντας στο Create Product θα του εμφανιστεί αυτή η σελίδα

The screenshot shows the 'Create Product' form in the KEMAN CLOUD ERP system. The form is titled 'KELMAN CLOUD ERP' and has a sidebar with navigation options: Dashboard, Warehouse, Supply Chain, and Customers. The form fields are: Date of creation (with a calendar icon), Product Id, Name, Description, Unit Of Mesurment (a dropdown menu currently showing 'Boxes'), Quantity, Reorder Point, Price, Supplier Info, and Comments. At the bottom of the form is a blue button labeled 'Add product'.

Εικόνα 9. Δημιουργία προϊόντος

Ο χρήστης βάζει τα απαιτούμενα στοιχεία του προϊόντος που θέλει να δημιουργήσει και έπειτα πατάει το Add product. Έτσι δημιουργείτε το προϊόν του. Αφού πατήσει το Add product θα μεταφερθεί στην σελίδα με την εμφάνιση των προϊόντων.

The screenshot shows the 'Product List' page in the KEMAN CLOUD ERP system. The page has a sidebar with navigation options: Dashboard, Warehouse, Supply Chain, and Customers. At the top right, there is a search bar and a user profile icon labeled 'alexander'. The main content is a table with the following columns: Date, Product id, Name, Description, Unit Of Mesurment, Quantity, Reorder Point, Price, Supplier Info, and Comments. There are two rows of data, each with 'Edit' and 'Delete' buttons. At the bottom left, it says 'Showing page 1 of 1'.

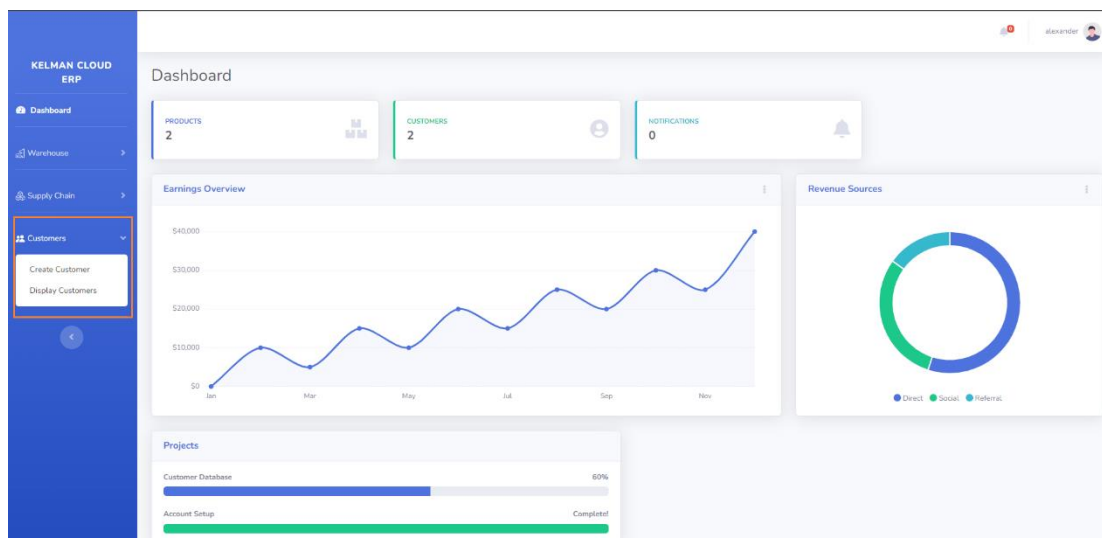
Date	Product id	Name	Description	Unit Of Mesurment	Quantity	Reorder Point	Price	Supplier Info	Comments	
Sept. 25, 2024	202	sadfas	asdfsasf	Boxes	40.0	10.0	100.0	fsafas	asdfsasf	Edit Delete
Sept. 22, 2024	55	sadfas	asdfsasf	Boxes	15.0	5.0	100.0	fsafas	asdfsasf	Edit Delete

Εικόνα 10. Εμφάνιση προϊόντων

Σε αυτήν την σελίδα ο χρήστης μπορεί να δει τα προϊόντα του, καθώς να αναζητήσει κάποιο προϊόν στο Search με βάση το productid, το name ή το supplier info και επίσης

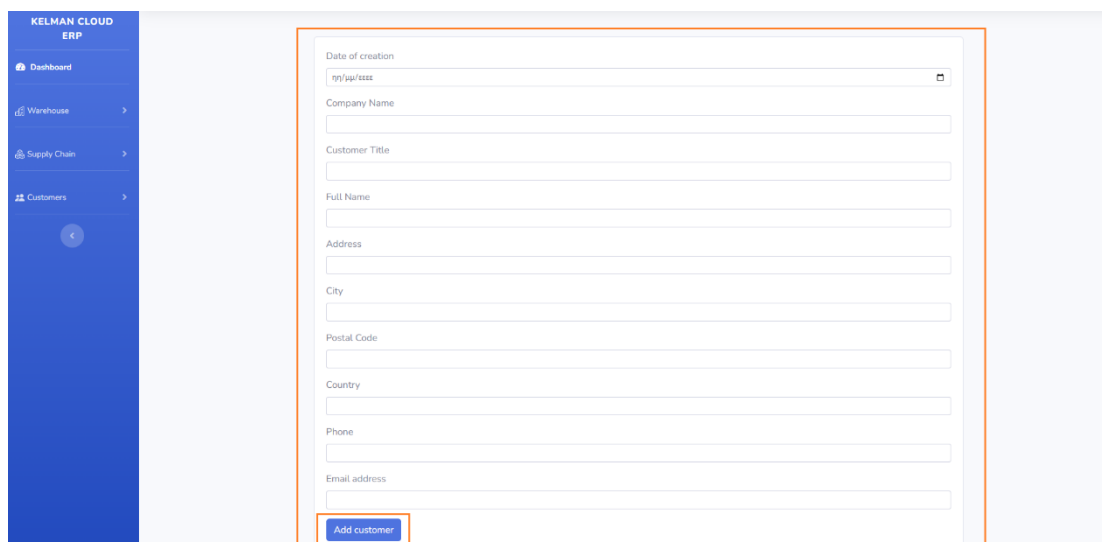
μπορεί να επεξεργαστεί κάποιο προϊόν (Edit) και να το διαγράψει (Delete) όπως φαίνεται στην εικόνα.

Πατώντας στο Customers ανοίγει μια dropdown λίστα με τις επιλογές που υπάρχουν



Εικόνα 11. Επιλογές στο Customer

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την δημιουργία νέου πελάτη ή την εμφάνιση των υπαρχόντων. Πατώντας στο Create Customer θα εμφανιστεί αυτή η παρακάτω σελίδα.



Εικόνα 12. Δημιουργία Πελάτη

Βάζοντας τα επιθυμητά στοιχεία του πελάτη και πατώντας στο Add customer δημιουργείτε ο πελάτης και ο χρήστης ανακατευθύνεται στην παρακάτω σελίδα που είναι η εμφάνιση των πελατών.

Date	Full Name	Customer Title	Company Name	Address	City	Postal Code	Country	Phone Number	Email
Sept. 25, 2024	kostas papadopoulos	manager	skalotexniki	doirani 5	kozani	50100	greece	696547884	asdasd@gmail.com
Sept. 25, 2024	giannis giannakis	product administrator	skalotexniki	pentagonou 3	kavala	57844	greece	698744	dasdas@gmail.com

Εικόνα 13. Εμφάνιση πελατών

Date	Full Name	Customer Title	Company Name	Address	City	Postal Code	Country	Phone Number	Email	
Sept. 25, 2024	kostas papadopoulos	manager	skalotexniki	doirani 4	kozani	50100	greece	696547884	asdasd@gmail.com	Edit Delete
Sept. 25, 2024	giannis giannakis	product administrator	skalotexniki	pentagonou 3	kavala	57844	greece	698744	dasdas@gmail.com	Edit Delete

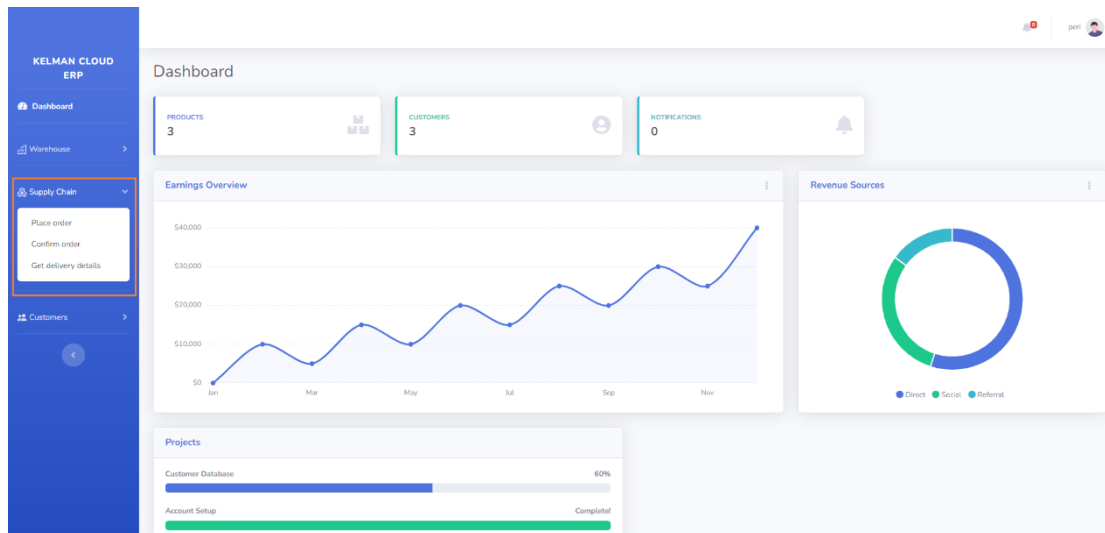
Εικόνα 14. Εμφάνιση πελατών

Σε αυτήν την σελίδα ο χρήστης μπορεί να ψάξει κάποιον πελάτη στο Search με βάση το full name, το Company Name, το date ή το Country. Επίσης μπορεί να επεξεργαστεί ένα πελάτη (Edit) ή να τον διαγράψει (Delete).

Αναλόγως με τον ρόλο που έχει συνδεθεί ο χρήστης εμφανίζονται και οι κατάλληλες λειτουργίες στο Supply Chain.

1) Περίπτωση που ο χρήστης έχει συνδεθεί ως Retail Store

Όταν ο χρήστης έχει συνδεθεί ως Retail Store, ανοίγοντας τη dropdown λίστα του Supply Chain του εμφανίζονται οι παρακάτω επιλογές.



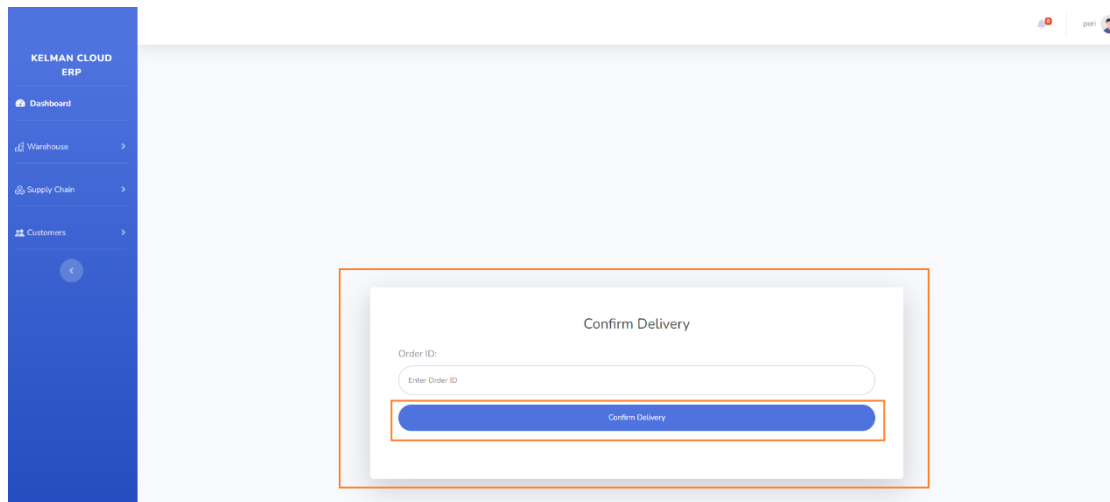
Εικόνα 15. Επιλογές στο Supply Chain ως Retail Store

Ο χρήστης πατώντας στο Place Order μπορεί να κάνει μια παραγγελία

Εικόνα 16. Τοποθέτηση παραγγελίας

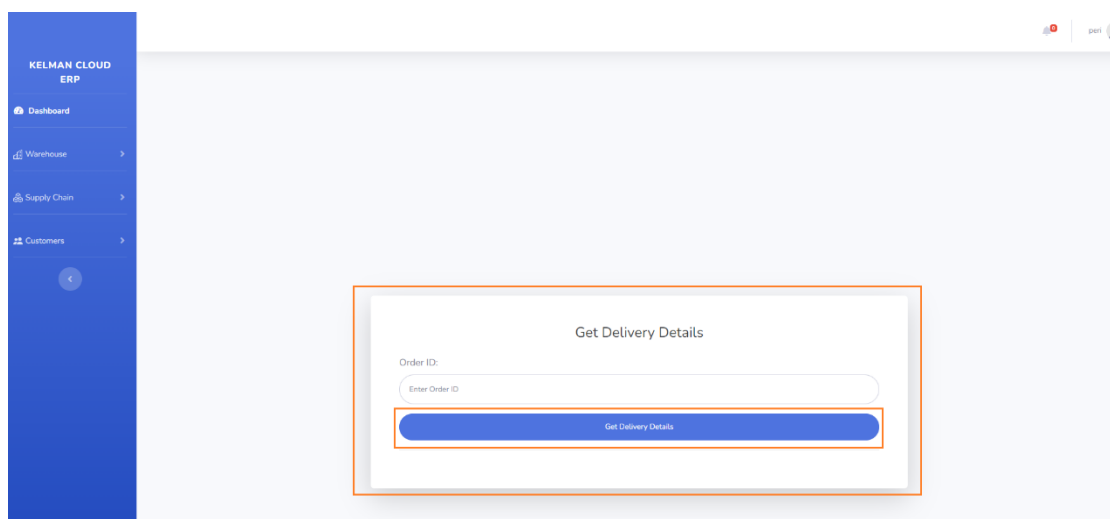
Βάζοντας τα επιθυμητά στοιχεία παραγγελίας και πατώντας το Place Order η παραγγελία τοποθετείται και εμφανίζεται στο κάτω μέρος (Your order)

Πατώντας στο Confirm Delivery ο χρήστης μπορεί να αποδεχτεί μια παραγγελία με βάση το Order Id.



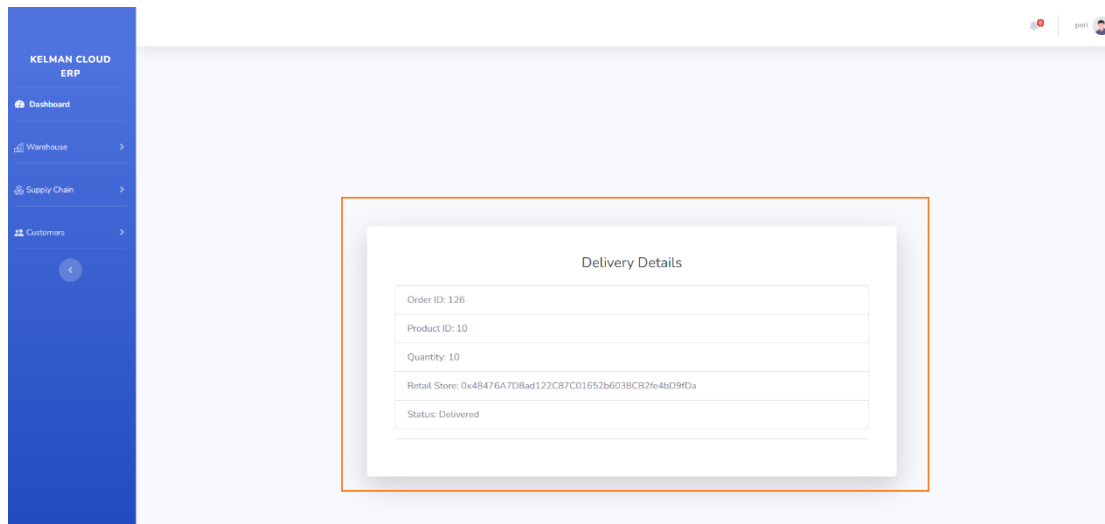
Εικόνα 17. Αποδοχή παραγγελίας

Επιλέγοντας το Get delivery details ο χρήστης μπορεί να δει τις λεπτομέρειες μια διανομής βάζοντας το Order Id και πατώντας το Get Delivery Details



Εικόνα 18. Λεπτομέρειες διανομής

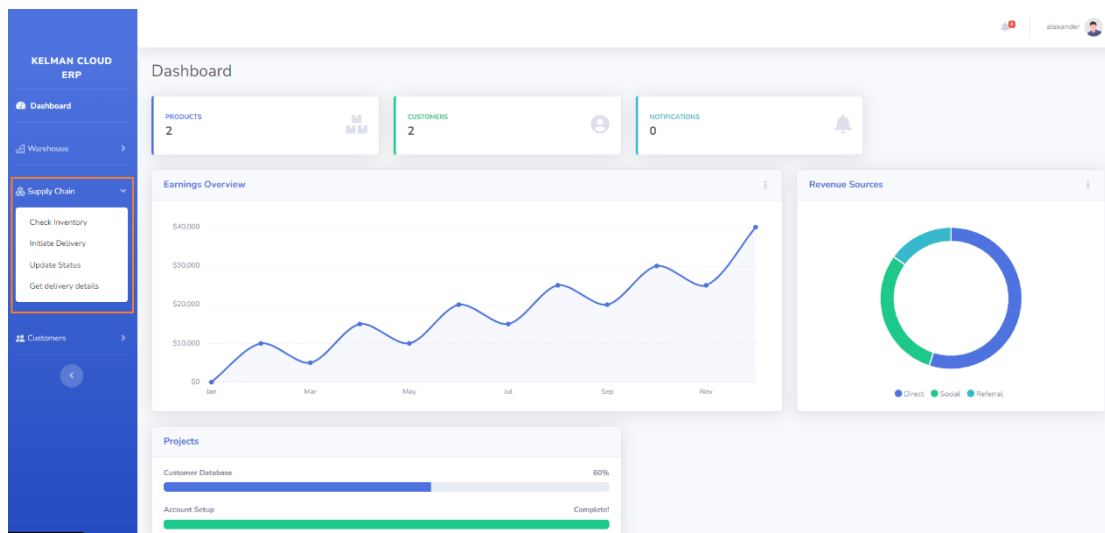
Έπειτα του εμφανίζονται οι λεπτομέρειες.



Εικόνα 19. Εμφάνιση λεπτομερειών διανομής

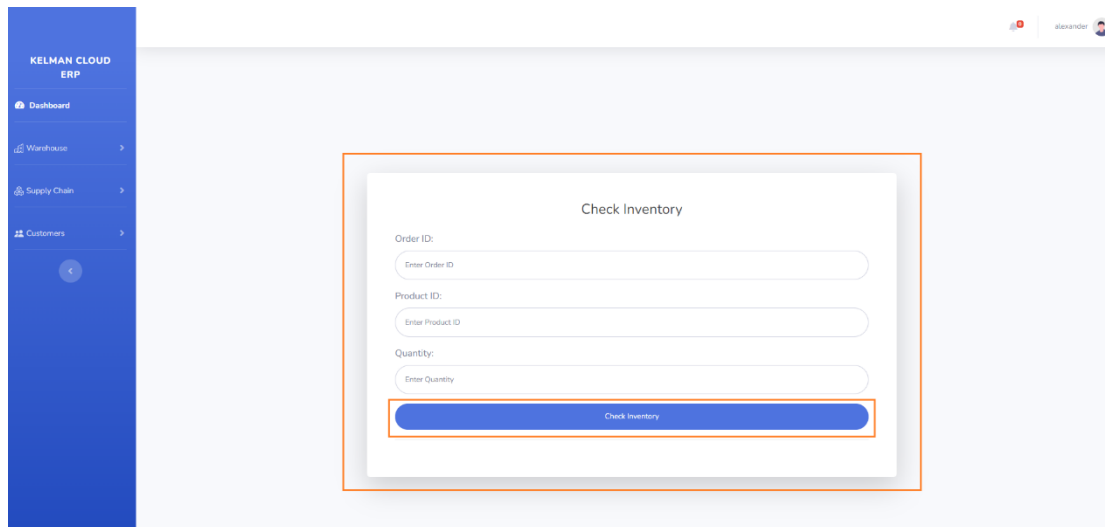
2) Περίπτωση που ο χρήστης έχει συνδεθεί ως Distributor

Όταν ο χρήστης έχει συνδεθεί ως Distributor, ανοίγοντας τη dropdown λίστα του Supply Chain του εμφανίζονται οι παρακάτω επιλογές.



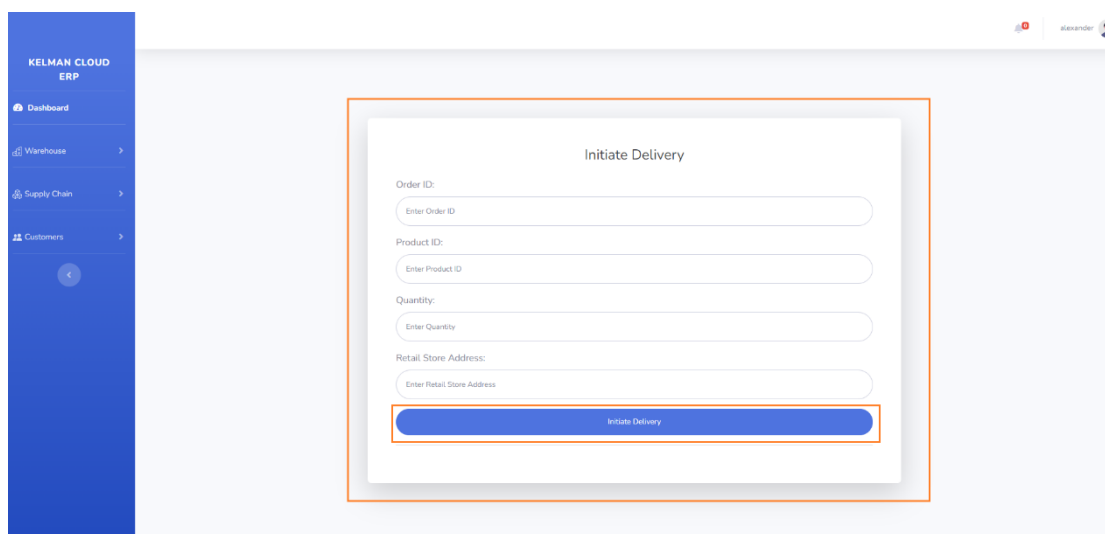
Εικόνα 20. Επιλογές στο Supply Chain ως Distributor

Επιλέγοντας το Check Inventory ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την διαθεσιμότητα ενός προϊόντος βάζοντας το Order Id, το Product Id και το quantity του προϊόντος και πατώντας το Check Inventory.



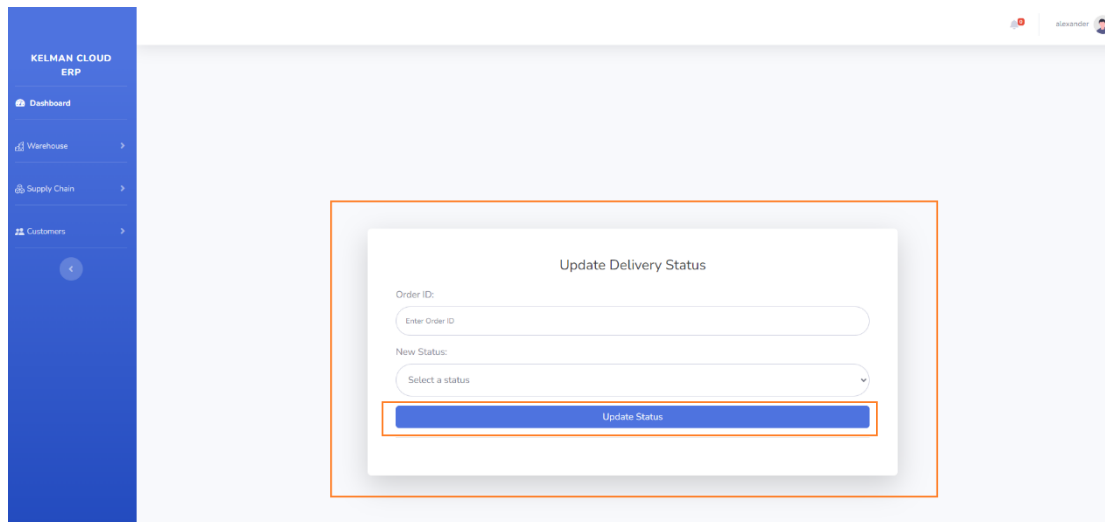
Εικόνα 21. Έλεγχος διαθεσιμότητας ενός προϊόντος

Στη συνέχεια επιλέγοντας το **Initiate Delivery** μπορεί να ξεκινήσει μια διανομή προς το Retail Store, βάζοντας το Order Id, το Product Id, το quantity και την address του Retail Store.



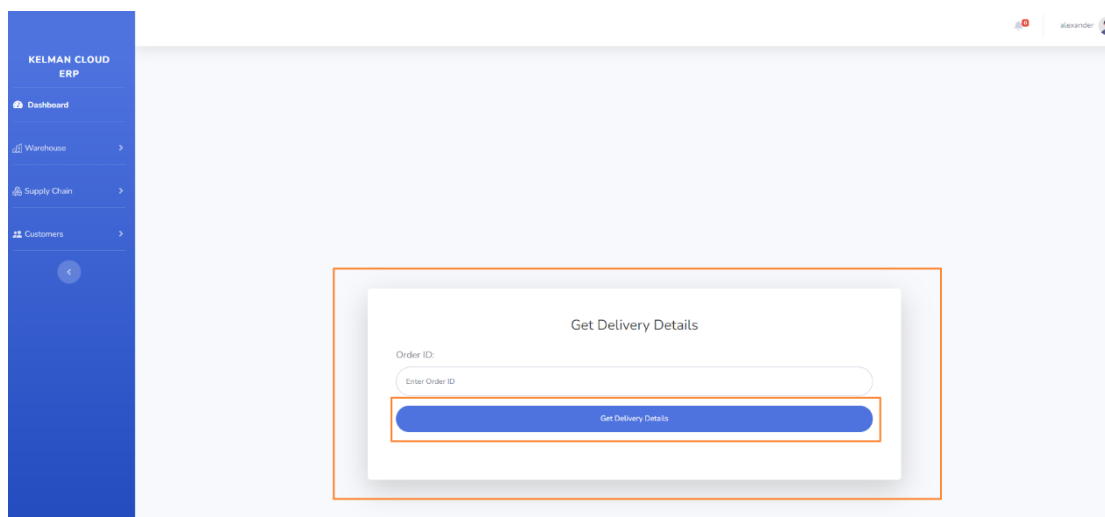
Εικόνα 22. Εκκίνηση διανομής

Πηγαίνοντας στο **Update Status** μπορεί να αλλάξει το status μιας διανομής για παράδειγμα αν θέλει να την ακύρωση, βάζοντας το Order Id και το επιθυμητό Status.

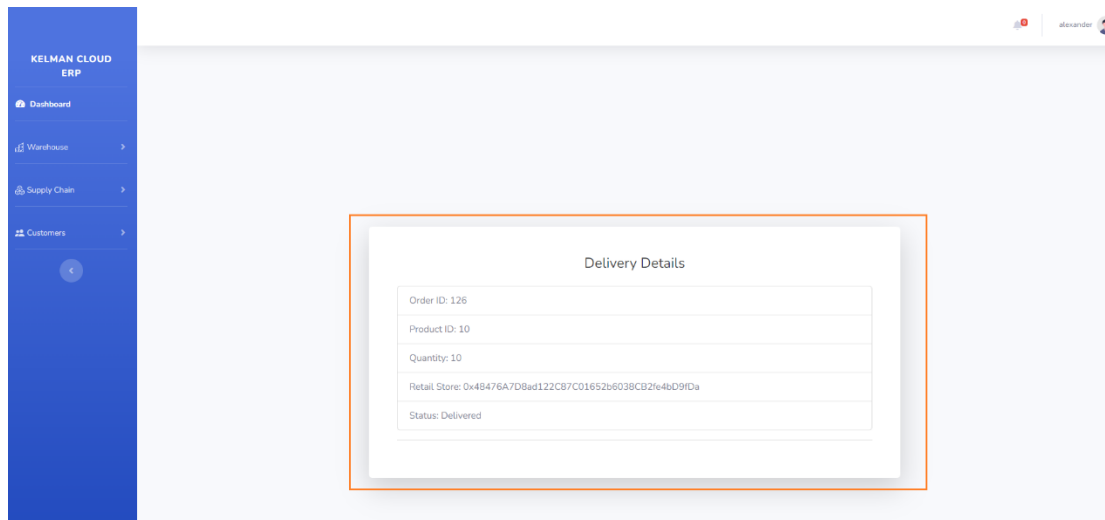


Εικόνα 23. Αλλαγή Status διανομής

Επίσης μπορεί να δει τις λεπτομέρειες μια παραγγελίας όπως και το Retail Store.



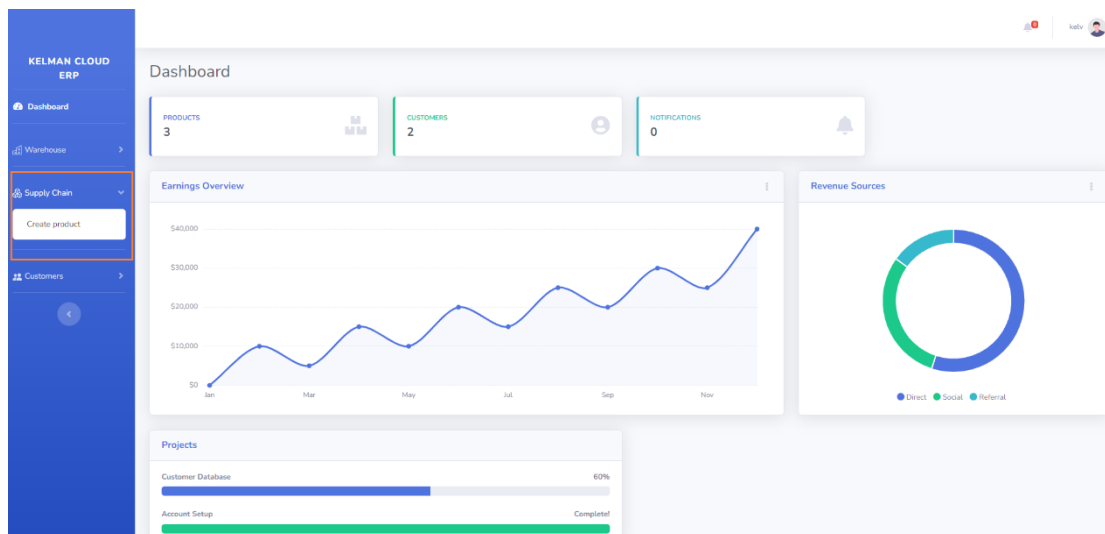
Εικόνα 24. Λεπτομέρειες διανομής



Εικόνα 25. Εμφάνιση λεπτομερειών διανομής

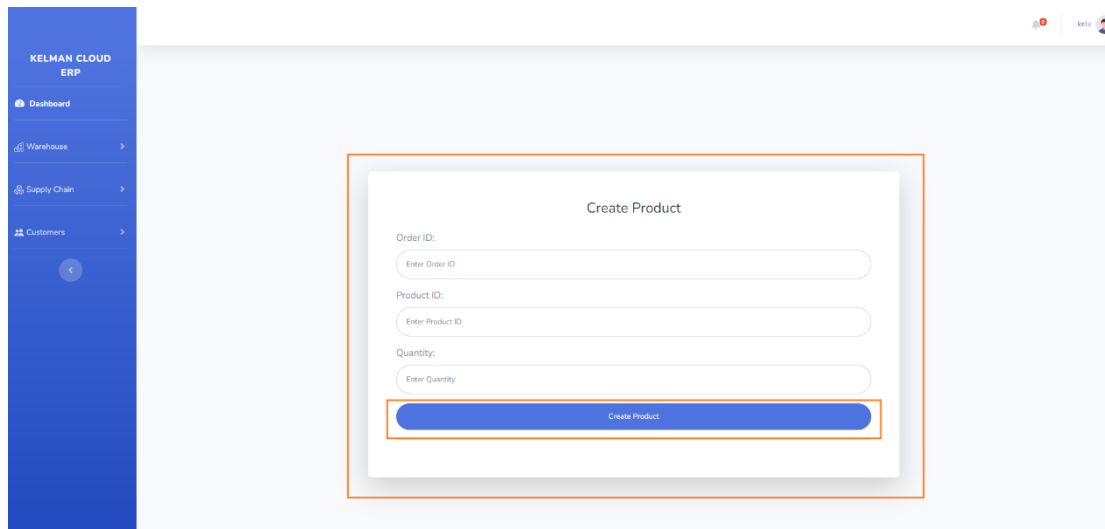
3) Περίπτωση που ο χρήστης έχει συνδεθεί ως Manufacturer

Όταν ο χρήστης έχει συνδεθεί ως Manufacturer, ανοίγοντας τη dropdown λίστα του Supply Chain του εμφανίζονται οι παρακάτω επιλογές.



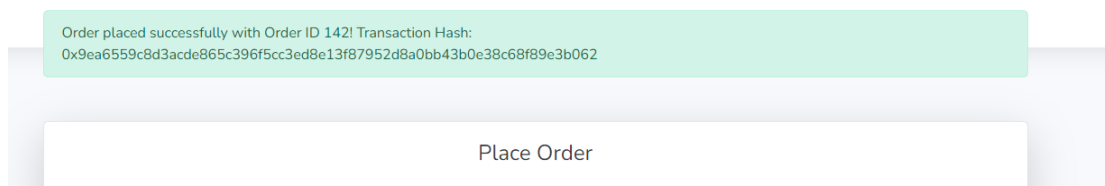
Εικόνα 26. Επιλογές στο Supply Chain ως Manufacturer

Πατώντας στο Create Product ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα προϊόν βάζοντας το Order Id, Product Id και το quantity.



Εικόνα 27. Δημιουργία προϊόντος

Όταν εκτελούμε κάποια συνάρτηση στην ενότητα Supply Chain (εκτός την Check Inventory που είναι εσωτερική συνάρτηση) δημιουργείται ένα Transaction Hash το οποίο είναι η απόδειξη της συναλλαγής που μόλις εκτελέσαμε, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα με παράδειγμα την Place Order.



Εικόνα 28. Δημιουργία Transaction Hash

6.3 Blockchain και Smart contracts

Όπως έχει αναφερθεί ήδη στην ενότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain) έχει χρησιμοποιηθεί το blockchain και τα smart contracts. Εκτελώντας οποιαδήποτε λειτουργία σε αυτήν την ενότητα όπως για παράδειγμα την Place order, Check Inventory, Initiate Deliver κτλ. , εκτελείται και η αντίστοιχη συνάρτηση στα smart contracts. Τα smart contracts έχουν υλοποιηθεί σε πρώτο στάδιο στο Remix IDE που είναι ένας online editor για τα αρχικά στάδια δοκιμών και μετά ενσωματώθηκαν στο Visual Studio Code καθώς έχουν αποθηκευτεί στο τοπικό Ethereum Blockchain μας στο Ganache.

Retail Store Contract

```
◆ RetailstoreContract.sol X
supplychain > smart_contracts > contracts > ◆ RetailstoreContract.sol
1 // SPDX-License-Identifier: MIT
2 pragma solidity ^0.8.17;
3
4 import "./DistributorContract.sol";
5 import "./DeliveryContract.sol";
6
7
8 // Contract for handling retail store operations in a supply chain.
9 contract RetailStoreContract {
10     address public distributor; // Address of the distributor
11     address public deliveryContract; // Address of the delivery contract
12
13
14
15     event OrderPlaced(uint orderId, uint productId, uint quantity, address retailStore); // Event emitted when an order is placed
16
17     event DeliveryConfirmed(uint orderId); // Event emitted when the delivery is confirmed
18
19
20     // Constructor to initialize the manufacturer and delivery contract addresses
21     constructor(address _distributor, address _deliveryContract) {
22         distributor = _distributor;
23         deliveryContract = _deliveryContract;
24     }
25
26     // Function to place an order
27     function placeOrder(uint orderId, uint productId, uint quantity) external {
28         require(quantity > 0, "Quantity must be greater than zero"); // Validate input quantity
29         emit OrderPlaced(orderId, productId, quantity, msg.sender); // Emit an event indicating the order was placed
30     }
31
32     // Function to confirm delivery
33     function confirmDelivery(uint orderId) external {
34         DeliveryContract(deliveryContract).confirmDelivery(orderId); // Call the confirmDelivery function in the DeliveryContract to confirm the delivery
35         emit DeliveryConfirmed(orderId); // Emit an event indicating the delivery was confirmed.
36     }
37 }
```

Εικόνα 29. Retail Store Contract.

Distributor Contract (1/2)

```
◆ DistributorContract.sol X
supplychain > smart_contracts > contracts > ◆ DistributorContract.sol
1 // SPDX-License-Identifier: MIT
2 pragma solidity ^0.8.17;
3
4 import "./DeliveryContract.sol";
5 import "./ManufacturerContract.sol";
6
7 contract DistributorContract {
8     address public manufacturer;
9     address public deliveryContract;
10
11     // Inventory structure to track product quantities
12     struct InventoryItem {
13         uint256 productId;
14         uint256 quantity;
15     }
16
17     // Mapping to track the inventory for each product ID
18     mapping(uint256 => InventoryItem) public inventory;
19
20     event ManufacturerContacted(uint256 orderId, uint256 productId, uint256 quantity);
21     event InventoryUpdated(uint256 productId, uint256 newQuantity);
22     event ManufacturerNotified(uint256 orderId, uint256 productId, uint256 quantity);
23
24     constructor(address _manufacturer, address _deliveryContract) {
25         manufacturer = _manufacturer;
26         deliveryContract = _deliveryContract;
27     }
28
29     function checkInventory(uint256 orderId, uint256 productId, uint256 quantity) public returns (bool) {
30         // Ensure productId is valid and in stock
31         if (inventory[productId].quantity >= quantity) {
32             return true;
33         } else {
34             // Notify manufacturer if inventory is insufficient
35             emit ManufacturerNotified(orderId, productId, quantity);
36             return false;
37         }
38     }
39 }
```

Εικόνα 30. Distributor Contract

Distributor Contract (2/2)

```
28
29
30     function checkInventory(uint256 orderId, uint256 productId, uint256 quantity) public returns (bool) {
31         // Ensure productId is valid and in stock
32         if (inventory[productId].quantity >= quantity) {
33             return true;
34         } else {
35             // Notify manufacturer if inventory is insufficient
36             emit ManufacturerNotified(orderId, productId, quantity);
37             return false;
38         }
39     }
40     // Function to add or update inventory (For demonstration purposes)
41     function updateInventory(uint256 productId, uint256 quantity) external {
42         inventory[productId] = InventoryItem(productId, quantity);
43         emit InventoryUpdated(productId, quantity);
44     }
45 }
```

Εικόνα 31. Distributor Contract

Manufacturer Contract

```
ManufacturerContract.sol x
supplychain > smart_contracts > contracts > ManufacturerContract.sol
1 // SPDX-License-Identifier: MIT
2 pragma solidity ^0.8.17;
3
4 import "../DeliveryContract.sol";
5
6 // Contract for handling manufacturer operations in a supply chain.
7 contract ManufacturerContract {
8
9     address public deliveryContract; // Address of the delivery contract
10
11
12
13     event ProductCreated(uint orderId, uint productId, uint quantity); // Event emitted when a product is created
14
15     event RawMaterialsRequested(uint productId, uint quantity); // Event emitted when raw materials are requested
16
17     event RawMaterialsSupplied(uint productId, uint quantity); // Event emitted when raw materials are supplied
18
19
20     // Constructor to initialize the supplier and delivery contract addresses
21     constructor(address _deliveryContract) {
22         deliveryContract = _deliveryContract;
23     }
24
25
26     // Function to create a product
27     function createProduct(uint orderId, uint productId, uint quantity) external {
28         require(quantity > 0, "Quantity must be greater than zero"); // Validate input quantity
29         emit RawMaterialsRequested(productId, quantity); // Emit an event indicating raw materials were requested.
30         emit RawMaterialsSupplied(productId, quantity); // Emit an event indicating raw materials were supplied.
31         emit ProductCreated(orderId, productId, quantity); // Emit an event indicating the product was created.
32     }
33
34
35 }
```

Εικόνα 32. Manufacturer Contract

Delivery Contract (1/3)

```
DeliveryContract.sol M X
supplychain > smart_contracts > contracts > DeliveryContract.sol
1 // SPDX-License-Identifier: MIT
2 pragma solidity ^0.8.17;
3
4 contract DeliveryContract { // Contract for handling delivery operations in a supply chain.
5
6     enum DeliveryStatus { InTransit, Delivered, Cancelled }
7
8     struct Delivery {
9         uint orderId; // Unique identifier for the order
10        uint productId; // Unique identifier for the product
11        uint quantity; // Quantity of the product in the delivery
12        address retailStore; // Address of the retail store to which delivery is made
13        DeliveryStatus status; // Current status of the delivery (e.g., "In Transit", "Delivered")
14    }
15
16    struct InventoryItem {
17        uint256 productId;
18        uint256 quantity;
19    }
20
21    mapping(uint => Delivery) public deliveries; // Mapping to store deliveries by orderId
22    mapping(uint256 => InventoryItem) public inventory; // Mapping to store inventory by productId
23
24    event DeliveryInitiated(uint orderId, uint productId, uint quantity, address retailStore); // Event emitted when a delivery is initiated
25
26    event DeliveryConfirmed(uint orderId, address retailStore); // Event emitted when a delivery is confirmed by retail store
27
28    event StatusUpdated(uint orderId, DeliveryStatus status); // Event emitted when the status of a delivery is updated
29
30
31    function initiateDelivery(uint orderId, uint productId, uint quantity, address retailStore) external {
32        require(quantity > 0, "Quantity must be greater than 0");
33
34        Delivery storage delivery = deliveries[orderId];
35        require(delivery.status == DeliveryStatus.Cancelled || delivery.status == DeliveryStatus(0), "Delivery has already been initiated or delivered");
36
37        // Create a new delivery entry with status "In Transit"
38        deliveries[orderId] = Delivery(orderId, productId, quantity, retailStore, DeliveryStatus.InTransit);

```

Εικόνα 33 Delivery Contract.

Delivery Contract (2/3)

```
DeliveryContract.sol M X
supplychain > smart_contracts > contracts > DeliveryContract.sol
19 }
20
21 // Create a new delivery entry with status "In Transit"
22 deliveries[orderId] = Delivery(orderId, productId, quantity, retailStore, DeliveryStatus.InTransit);
23
24 emit DeliveryInitiated(orderId, productId, quantity, retailStore);
25 emit StatusUpdated(orderId, DeliveryStatus.InTransit);
26 }
27
28 // Function to confirm delivery
29 function confirmDelivery(uint orderId) external {
30     Delivery storage delivery = deliveries[orderId]; // Fetch the delivery details using the orderId.
31     require(delivery.retailStore == msg.sender, "Only the assigned retail store can confirm this delivery"); // Ensure that only the assigned retail store can confirm the
32     require(delivery.status == DeliveryStatus.InTransit, "Delivery must be in transit to be confirmed"); // Ensure that delivery is in the correct status for confirmation
33
34     delivery.status = DeliveryStatus.Delivered; // Update the status of the delivery to "Delivered".
35     emit DeliveryConfirmed(orderId, msg.sender); // Emit an event to confirm the delivery.
36     emit StatusUpdated(orderId, DeliveryStatus.Delivered); // Emit an event for the updated status.
37 }
38
39 // Function to update the status of a delivery
40 function updateStatus(uint orderId, DeliveryStatus newStatus) external {
41     Delivery storage delivery = deliveries[orderId]; // Fetch the delivery details using the orderId.
42     delivery.status = newStatus; // Update the status of the delivery.
43     emit StatusUpdated(orderId, newStatus); // Emit an event for the updated status.
44 }
45
46 // Function to get the details of a delivery
47 function getDeliveryDetails(uint orderId) external view returns (uint, uint, uint, address, string memory) {
48     Delivery storage delivery = deliveries[orderId];
49     return (delivery.orderId, delivery.productId, delivery.quantity, delivery.retailStore, _getStatusString(delivery.status));
50 }
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
```

Εικόνα 34. Delivery Contract

Delivery Contract (3/3)

```
DeliveryContract.sol M X
supplychain > smart_contracts > contracts > DeliveryContract.sol
42 }
43
44 }
45
46 // Function to get the details of a delivery
47 function getDeliveryDetails(uint orderId) external view returns (uint, uint, uint, address, string memory) {
48     Delivery storage delivery = deliveries[orderId];
49     return (delivery.orderId, delivery.productId, delivery.quantity, delivery.retailStore, _getStatusString(delivery.status));
50 }
51
52 // Get the status as a string because enum returns integers.
53 function getDeliveryStatusAsString(uint orderId) external view returns (string memory) {
54     Delivery storage delivery = deliveries[orderId];
55     return _getStatusString(delivery.status);
56 }
57
58 // Helper function to convert enum to string
59 function _getStatusString(DeliveryStatus status) internal pure returns (string memory) {
60     if (status == DeliveryStatus.InTransit) {
61         return "In Transit";
62     } else if (status == DeliveryStatus.Delivered) {
63         return "Delivered";
64     } else if (status == DeliveryStatus.Cancelled) {
65         return "Cancelled";
66     } else {
67         return "Unknown";
68     }
69 }
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90 }
```

Εικόνα 35. Delivery Contract

Παρακάτω φαίνεται το Ganache και οι διάφορες σελίδες του καθώς και λειτουργίες του.

ADDRESS	BALANCE	TX COUNT	INDEX
0x48476A7D8ad122C87C01652b6038CB2fe4bd9fDa	98.51 ETH	520	0
0x9617aCa71B28cCD489707Bb89ab616eF04bb2706	99.27 ETH	304	1
0x1aED0fdD2F63e01278bBF7F58c17f80A850cCb78	99.97 ETH	21	2
0x23e3D7686f4D2006e58F6f229607d276b2D7E81D	100.00 ETH	0	3
0x0E739f0CE2f361E4950A9169506282CEA2C7a5B5	100.00 ETH	0	4
0xF3a13Fd032896fb2275E4e54fd541Ce9B1a19468	100.00 ETH	0	5
0x2A1002F6c05ae68E22888aAA5957622b52137d57	100.00 ETH	0	6
0x66Bb1bBDF16B3245F160A30638faABe4ff4E88f6	100.00 ETH	0	7
0x89d9b0D11865E5d62593B4Ab0e2026086ED931	100.00 ETH	0	8
0x3c44c999b8d38c61B3bfcfffd4342f5AEE2032C3	100.00 ETH	0	9

Εικόνα 36. Accounts

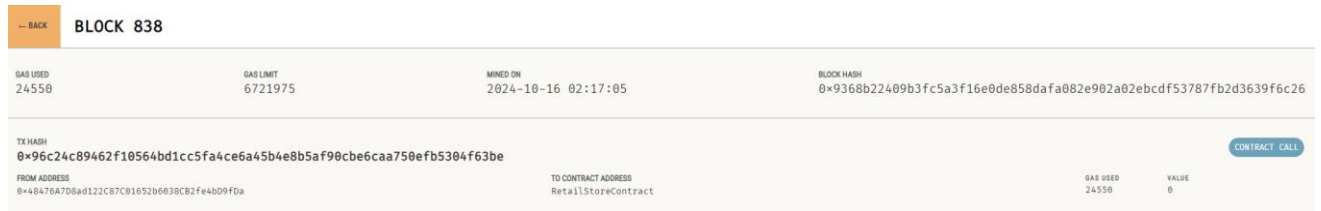
Όπως φαίνεται στην παραπάνω φωτογραφία στο πάνω μέρος υπάρχουν οι διάφορες καρτέλες στο Ganache. Υπάρχουν τα accounts όπου είναι οι διάφοροι test λογαριασμοί που περιέχουν test ETH για την εκτέλεση των συναρτήσεων. Για την δικιά μας περίπτωση έχουν ορίσει ότι ο πρώτος λογαριασμός με Index 0 είναι το Retail Store, ο δεύτερος με Index 1 είναι ο Distributor και ο τρίτος λογαριασμός είναι ο Manufacturer. Επίσης κάτω από το μενού με τις καρτέλες φαίνονται κάποιες πληροφορίες σχετικά με τον server μας, το network, τον αριθμό των block κτλ.

Στην επόμενη φωτογραφία φαίνονται τα blocks, με την ημερομηνία δημιουργίας τους, με τον αριθμό των συναλλαγών που περιέχουν κτλ.

BLOCK	MINED ON	GAS USED
845	2024-10-16 12:01:53	24556
844	2024-10-16 12:01:49	24556
843	2024-10-16 12:01:20	24556
842	2024-10-16 02:18:10	38587
841	2024-10-16 02:17:50	116629
840	2024-10-16 02:17:37	24097
839	2024-10-16 02:17:37	67859
838	2024-10-16 02:17:05	24556
837	2024-10-16 02:16:57	24556
836	2024-10-16 02:16:20	24556
835	2024-10-16 02:16:22	24502
834	2024-10-15 17:00:32	24556

Εικόνα 37. Blocks

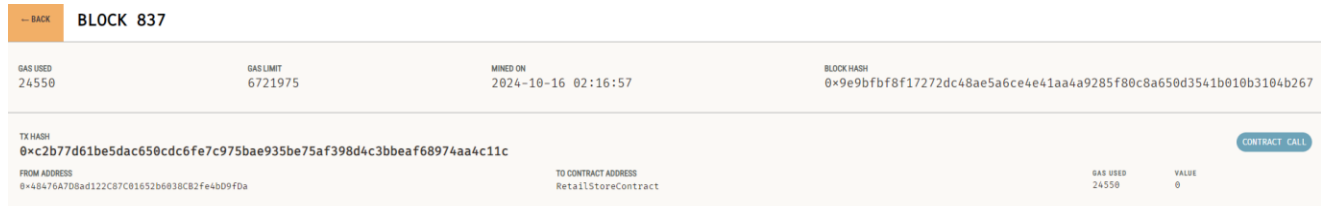
Μπαίνοντας σε ένα τυχαία block παρατηρούμε τις πληροφορίες που έχει δηλαδή το block hash, την ημερομηνία δημιουργίας του, το smart contract από το οποίο καλέστηκε η συνάρτηση, το tx hash κτλ.



BLOCK 838			
GAS USED 24550	GAS LIMIT 6721975	MINED ON 2024-10-16 02:17:05	BLOCK HASH 0x9368b22409b3fc5a3f16e0de858dafa082e902a02ebcdf53787fb2d3639f6c26
TX HASH 0x96c24c89462f10564bd1cc5fa4ce6a45b4e8b5af90cbe6caa750efb5304f63be		CONTRACT CALL	
FROM ADDRESS 0x48476a708ad122c87c01652b6938c82fe4bd09fda	TO CONTRACT ADDRESS RetailStoreContract	GAS USED 24550	VALUE 0

Εικόνα 38. Block 838 details

Βλέποντας το Block 837 παρατηρούμε την σύνδεση των block με το previous block hash.



BLOCK 837			
GAS USED 24550	GAS LIMIT 6721975	MINED ON 2024-10-16 02:16:57	BLOCK HASH 0x9e9bfbf8f17272dc48ae5a6ce4e41aa4a9285f80c8a650d3541b010b3104b267
TX HASH 0xc2b77d61be5dac650cdc6fe7c975bae935be75af398d4c3bbaef68974aa4c11c		CONTRACT CALL	
FROM ADDRESS 0x48476a708ad122c87c01652b6938c82fe4bd09fda	TO CONTRACT ADDRESS RetailStoreContract	GAS USED 24550	VALUE 0

Εικόνα 39. Block 837 details

```
PS C:\Users\alexk\projects\erpproject> node getblockinfo.js
Block Number: 838
Block Hash: 0x9368b22409b3fc5a3f16e0de858dafa082e902a02ebcdf53787fb2d3639f6c26
Parent Hash: 0x9e9bfbf8f17272dc48ae5a6ce4e41aa4a9285f80c8a650d3541b010b3104b267
Transactions: 1
Gas Used: 24550
PS C:\Users\alexk\projects\erpproject>
```

Εικόνα 40. Λεπτομέρειες block και σύνδεση με το προηγούμενο

Έπειτα στην καρτέλα Transactions παρατηρούμε τις διάφορες συναλλαγές που έχουν εκτελεστεί.

TX HASH	FROM ADDRESS	TO CONTRACT ADDRESS	GAS USED	VALUE
0x50212aaf4ff856fedf6cabcf1f6bb83380a27e7f48b5ac31a0468038cf32a85	0x48476A7D8ad122C87C81652b6838C82Fe4bD9FDa	RetailStoreContract	24558	0
0x3b204bb7835db29105786f29dca10a6b81dd755e961faf921bb0a263347fca26	0x48476A7D8ad122C87C81652b6838C82Fe4bD9FDa	RetailStoreContract	24558	0
0x092cd87bbad9a85c82dfdeeb86647d871888a8b2226ecd103bcfc34101814	0x48476A7D8ad122C87C81652b6838C82Fe4bD9FDa	RetailStoreContract	24558	0
0x28c9022e0fe80119c307b7eab659eda564bc3ccb0907302cc49c4a93588b6	0x48476A7D8ad122C87C81652b6838C82Fe4bD9FDa	DeliveryContract	30587	0
0x44d6de2a3f7cf23fd11218142dbe1b86cd437504393e6aeb249eef1f8ee630e	0x9617Ca71B28cCD4897078b89a616eF04bb270e	DeliveryContract	116629	0

Εικόνα 41. Transactions

Στην καρτέλα Contracts βλέπουμε τα αποθηκευμένα smart contracts στο blockchain μας.

NAME	ADDRESS	TX COUNT
DeliveryContract	0xeE999D685dda09E5d51d9d089A219976630B9962	25
DistributorContract	0xaF9f028d4fCaCfb3a616F869E6e53dFabcc5B23	42
ManufacturerContract	0x8d3608DCD8A12d3a756dA8684c0bcaB80BedA062	2
RetailStoreContract	0x2317f5d0B92a4F3Fd189bEfdCaCCb0Fae4c9EAc	50

Εικόνα 42. Contracts

Και τέλος στην καρτέλα Events βλέπουμε τα διάφορα events που έχουν καταγραφεί.

EVENT NAME	CONTRACT	TX HASH	LOG INDEX	BLOCKTIME
OrderPlaced	RetailStoreContract	0x50212aaf4ff056fedf6cabcf1f6b03380a27e7f48b5ac31a0468838cf32a85	0	2024-10-16 12:01:53
OrderPlaced	RetailStoreContract	0x3b284bb7835db29105786f29dca18a6b81dd755e961fa921bb6a26347fca26	0	2024-10-16 12:01:49
OrderPlaced	RetailStoreContract	0x8092cd87bbbadf9a85c2dfdeeb08647db71888a8b2226ecd103bcfc34101814	0	2024-10-16 12:01:20
StatusUpdated	DeliveryContract	0x28c8c9022e0fef80119c387b7eab659eda564bc3ccb0907302cc49c4a93588b6	1	2024-10-16 02:18:10
DeliveryConfirmed	DeliveryContract	0x28c8c9022e0fef80119c387b7eab659eda564bc3ccb0907302cc49c4a93588b6	0	2024-10-16 02:18:10
StatusUpdated	DeliveryContract	0x44d6de2a3f7cf23fd11218142dbe186cd437584393e6aeb249eefdf1f8ee630e	1	2024-10-16 02:17:50

Εικόνα 43. Events

6.4 Ροή Εργασιών

Οι ενότητες Warehouse και Customers, στις οποίες ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει προϊόντα και πελάτες αντίστοιχα η ροή εργασιών είναι μια CRUD διαδικασία, δηλαδή έχει τις λειτουργίες της δημιουργίας, εμφάνισης, ενημέρωσης και διαγραφής. Ο χρήστης στην ενότητα Warehouse μπορεί να δημιουργήσει μια εγγραφή ενός προϊόντος βάζοντας τα επιθυμητά στοιχεία του, μπορεί να την επεξεργαστεί, να την εμφανίσει και να την διαγράψει. Παρομοίως και στην ενότητα Customers ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει μια εγγραφή ενός πελάτη, να την επεξεργαστεί, να την εμφανίσει και να την διαγράψει.

Στην ενότητα Supply Chain η ροή εργασιών είναι η εξής:

- Τοποθέτηση παραγγελίας:** Η διαδικασία ξεκινά με το κατάστημα λιανικής το οποίο αλληλοεπιδρά με το δικό του User Interface (UI) και από όπου αλληλοεπιδρά με το RetailStoreContract. Το κατάστημα λιανικής τοποθετεί μια παραγγελία χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση placeOrder και η συνάρτηση καταγράφει στο blockchain το OrderID, Product Id και Quantity.
- Διαθεσιμότητα προϊόντος και αίτημα δημιουργίας προϊόντος:** Μετά την τοποθέτηση της παραγγελίας, ο διανομέας χρησιμοποιώντας το UI του αλληλοεπιδρά με το DistributorContract το οποίο του επιτρέπει να ελέγξει αν το απόθεμα του ζητούμενου προϊόντος είναι διαθέσιμο με τη συνάρτηση checkInventory.
 - Διαθέσιμο απόθεμα:** Εάν το απόθεμα είναι επαρκές, ο διανομέας αλληλοεπιδρά με το DeliveryContract μέσω της συνάρτησης

initiateDelivery η οποία του επιτρέπει να ξεκινήσει την παράδοση στο retail store.

- **Μη επαρκές απόθεμα:** Εάν το απόθεμα είναι εξαντλημένο, το DistributorContract στέλνει σήμα στον κατασκευαστή για τη κατασκευή ενός προϊόντος.
3. **Κατασκευή προϊόντος :** Ο κατασκευαστής στη συνέχεια ειδοποιείται μέσω του UI του με τις λεπτομέρειες για το προϊόν που πρέπει να δημιουργηθεί. Έπειτα, αλληλοεπιδρά με το ManufacturerContract χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση createProduct που δημιουργεί το προϊόν και ο διανομέας ειδοποιείται.
 4. **Διανομή και επιβεβαίωση:** Μόλις το προϊόν είναι έτοιμο, ο διανομέας ενεργοποιεί το DeliveryContract για να προχωρήσει στην διανομή του. Η συνάρτηση initiateDelivery καλείται για να καταγράψει τις βασικές λεπτομέρειες παράδοσης και να θέσει την κατάσταση παράδοσης σε “In Transit”. Μετά την επιτυχή παράδοση, το κατάστημα λιανικής αλληλοεπιδρά με το DeliveryContract χρησιμοποιώντας το UI του για να επιβεβαιώσει την παραλαβή των προϊόντων καλώντας τη συνάρτηση confirmDelivery. Τέλος, ο κύκλος της αλυσίδας εφοδιασμού κλείνει ενημερώνοντας αυτόματα την κατάσταση παράδοσης ως “Delivered”.

Σε κάθε κλήση μιας συνάρτησης, μέσω ενός αρχείου το οποίο διαχειρίζεται τα events στέλνετε μια ειδοποίηση στον αντίστοιχο παραλήπτη με τις λεπτομέρειες της λειτουργίας που μόλις συνέβη.

7. Περιορισμοί και μελλοντικές επεκτάσεις

Ενώ ένα blockchain ενσωματωμένο με συστήματα ERP για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι πολλά υποσχόμενο, υπάρχουν ορισμένοι σημαντικοί περιορισμοί: Οι περιορισμοί αυτοί μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες, τα τεχνικά και τα λειτουργικά εμπόδια. Τα τεχνικά εμπόδια έχουν να κάνουν με την επεκτασιμότητα, την πολυπλοκότητα στην ενσωμάτωση και στην ασφάλεια των δεδομένων. Σχετικά με την επεκτασιμότητα οι πλατφόρμες blockchain δεν έχουν σχεδιαστεί απαραίτητα για την υψηλή συχνότητα συναλλαγών που απαιτείται από μεγαλύτερες αλυσίδες εφοδιασμού, επιβραδύνοντας τα συστήματα ERP. Η πολυπλοκότητα στην ενσωμάτωση μπορεί να είναι σύνθετη και μεγάλη δαπάνη πόρων όσον αφορά την τεχνολογία και τις δεξιότητες για την ενοποίηση του blockchain με ένα παλαιού τύπου σύστημα ERP. Όσον αφορά την ασφάλεια των δεδομένων το blockchain είναι ασφαλές, αλλά η δημιουργία δεδομένων εντός του συστήματος ERP που εφαρμόζει σταθερό απόρρητο δεδομένων και είναι συμβατό με κανονισμούς όπως ο GDPR δεν είναι και το πιο εύκολο πράγμα. Τα λειτουργικά εμπόδια από την άλλη έχουν να κάνουν με την υιοθέτηση από τον χρήστη, την αβεβαιότητα των κανονισμών και το κόστος. Η εκπαίδευση των εργαζομένων για την ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στα ήδη υπάρχοντα συστήματα και τις τρέχουσες ροές εργασίας είναι πολύπλοκη και απαιτεί τον χρόνο και την προσπάθεια των εργαζομένων. Επιπλέον η αβεβαιότητα των κανονισμών έχει αφορά τους νομικούς κανονισμούς γύρω από το blockchain (ιδιοκτησία δεδομένων και έξυπνα συμβόλαια) που είναι σχετικά ανεπαρκείς. Τέλος επειδή το ERP με την ενσωμάτωση του blockchain κοστίζει υπερβολικά και η συντήρηση είναι πιο δαπανηρή, θα απαιτηθεί λεπτομερής ανάλυση κόστους-οφέλους.

Οι μελλοντικές επεκτάσεις για την συγκεκριμένη υλοποίηση που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη είναι αρχικά η πλήρης αυτοματοποίηση των ενεργειών. Αν και αυτή η εργασία μπορεί να θεωρηθεί ως επίτευγμα στην ενσωμάτωση των έξυπνων συμβολαίων με τα ERP συστήματα για τη βελτίωση της διαφάνειας των δεδομένων και της ασφάλειας απαιτείται η ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Η πιο πολλά υποσχόμενη μελλοντική επέκταση είναι η πλήρης αυτοματοποίηση των διαδικασιών με την αυτόματη λειτουργία των έξυπνων συμβολαίων με βάση κάποιων προκαθορισμένων κριτηρίων εντός του συστήματος που θα έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση του ανθρώπινου παράγοντα. Επίσης οι μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις θα μπορούσαν να διερευνήσουν και άλλους μηχανισμούς συναίνεσης με σκοπό να βοηθήσουν στην επεκτασιμότητα των συστημάτων blockchain. Τέλος μια ενδιαφέρουσα μελλοντική εργασία είναι η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης για την ανάπτυξη προηγμένων έξυπνων συμβολαίων που θα μπορούν να χειριστούν αποτελεσματικά πολύπλοκες επιχειρηματικές διαδικασίες με αυτόνομο τρόπο.

8. Συμπεράσματα

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία διερευνήθηκαν τα αποτελέσματα της ενσωμάτωσης του blockchain και των έξυπνων συμβολαίων με την εφοδιαστική αλυσίδα. Αξιοποιώντας τη διαφάνεια και την ασφάλεια που προσφέρει το blockchain καθώς και τις δυνατότητες αυτοματοποίησης των έξυπνων συμβολαίων καταφέραμε να δημιουργήσουμε ένα καινοτόμο σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας. Βελτιώσαμε την ιχνηλασιμότητα δημιουργώντας ένα απαραβίαστο και εύκολα ελεγχόμενο αρχείο όλων των προϊόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Οι συνθήκες αποθήκευσης ενός προϊόντος από τη στιγμή που δημιουργήθηκε μέχρι τον τελικό προορισμό του καταγράφεται στο blockchain. Αυτή η λεπτή ορατότητα θα χρησιμεύσει ως πολύτιμο πλεονέκτημα για τους ενδιαφερόμενους που μπορούν πλέον να παρακολουθούν την πορεία του προϊόντος, να εντοπίζουν σημεία συμφόρησης με υψηλή ταχύτητα και να παρακολουθούν τις αποστολές πιο εύκολα. Η προσέγγιση μας πέτυχε επίσης σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά τη μείωση της απάτης. Τα πλαστά προϊόντα στην αλυσίδα εφοδιασμού ή η χειραγώγηση δεδομένων θα ανήκουν στο παρελθόν, καθώς το blockchain ακυρώνει κάθε περιθώριο διαπραγματεύσεως. Για παράδειγμα, τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπουν στους ανθρώπους να συμφωνούν αυτόματα και να συναλλάσσονται μόνο με την εκπλήρωση των αντίστοιχων προϋποθέσεων που έχουν προκαθοριστεί κατά την έναρξη, κάτι που μειώνει την απάτη σε επιχειρηματικές υποθέσεις. Επιπλέον, το σύστημά μας μεγιστοποιεί τη διαχείριση αποθεμάτων καθώς προσφέρει πληροφορίες για την κατάσταση των αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτή η διαφάνεια βοηθά τις εταιρείες να κάνουν καλύτερες προβλέψεις για τη ζήτηση, να μεγιστοποιήσουν την αναπλήρωση των αποθεμάτων και να εξαλείψουν την υπερφόρτωση ή την εξάντληση αποθεμάτων. Αυτή η εφαρμογή ανοίγει τον δρόμο για ένα μέλλον όπου οι εφοδιαστικές αλυσίδες μπορούν να γίνουν πιο αξιόπιστες και αποτελεσματικές. Παρόλο που ορισμένες λειτουργίες των έξυπνων συμβολαίων έχουν την ανάγκη του ανθρώπου, αυτό το έργο αντιπροσωπεύει τον φάρο προς τις πλήρως αυτόματες επιλογές με τις δυνατότητες του blockchain. Στο μέλλον, καθώς η καινοτομία σε αυτόν τον χώρο συνεχίζει να αναπτύσσεται, προβλέπουμε μεγαλύτερη πρόοδο στις λειτουργίες των αλυσίδων εφοδιασμού γύρω από το blockchain και τα έξυπνα συμβόλαια.

Βιβλιογραφία

- [1] G. Blossey, J. Eisenhardt and G. J. Hahn, “Blockchain Technology in Supply Chain Management: An Application Perspective,” in *Hawaii International Conference on System Sciences*, 2019.
- [2] I. V. Nieuwenhuys, L. D. Boeck, M. Lambrecht και N. J. Vandaele, «Advanced resource planning as a decision support module for ERP,» *Computers in Industry*, τόμ. 62, αρ. 1, pp. 1-8, 2011.
- [3] E. Shehab, M. Sharp, L. Supramaniam και T. Spedding, «Enterprise resource planning: An integrative review,» *ERA - 2010*, τόμ. 10, 08 2004.
- [4] A. Elragal και M. Haddara, «The Impact of ERP Partnership Formation Regulations on the Failure of ERP Implementations,» *Procedia Technology*, τόμ. 9, pp. 527-535, 2013.
- [5] M. N. Aisyah, «USING ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) FOR ENHANCING BUSINESS PROCESSES IN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES (SMEs),» *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia*, τόμ. IX, αρ. 2, pp. 4-52, 2011.
- [6] S. Katuu, «Enterprise Resource Planning: Past, Present, and Future,» *New Review of Information Networking*, τόμ. 25, αρ. 1, pp. 37-46, 2020.
- [7] B. Wang, W. Luo, A. Zhang, Z. Tian και Z. Li, «Blockchain-enabled circular supply chain management: A system architecture for fast fashion,» *Computers in Industry*, τόμ. 123, 2020.
- [8] F. R. Jacobs και F. T. Weston, «Enterprise resource planning (ERP)—A brief history,» *Journal of Operations Management*, τόμ. 25, αρ. 2, pp. 357-363, 2007.
- [9] C. M. Wong και B. H. Kleiner, «Fundamentals of material requirements planning,» *Management Research News*, τόμ. 24, αρ. 3/4, pp. 9-12, 17 10 2024.
- [10] Justin Goldston, «The Evolution of ERP Systems: A Literature Review,» *IJRP*, τόμ. 50, αρ. 1, pp. 21-37, 08 April 2020.
- [11] A. R. Peslak, «Enterprise resource planning success: An exploratory study of the financial executive perspective,» *Industrial Management & Data Systems*, τόμ. 106, αρ. 9, pp. 1288-1303, 01 01 2006.
- [12] E. J. Umble, R. R. Haft και M. Umble, «Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors,» *European Journal of Operational Research*, τόμ. 146, αρ. 2, pp. 241-257, 16 04 2003.
- [13] S. R. Siriginidi, «Enterprise resource planning: business needs and technologies,» *Industrial Management & Data Systems*, τόμ. 100, αρ. 2, pp. 81-88, 2000.

- [14] J. M. Tarn και D. C. Yen, «Exploring the rationales for ERP and SCM integration,» *Industrial Management & Data Systems*, τόμ. 102, αρ. 1, pp. 26-34, 2002.
- [15] B. Grabot, A. Mayère και I. Bazet, ERP systems and organisational change: a socio-technical insight, Springer Science & Business Media, 2008.
- [16] A. A. Achargui και A. Zaouia, Hosted, cloud and SaaS, off-premises ERP systems adoption by Moroccan SMEs: A focus group study, 2016 7th International Conference on Sciences of Electronics, Technologies of Information and Telecommunications (SETIT), 2016, pp. 344-348.
- [17] J. Duan, P. Faker, A. Fesak και T. tuart, «Benefits and drawbacks of cloud-based versus traditional ERP systems,» *Proceedings of the 2012-13 course on Advanced Resource Planning*, τόμ. 12, 2013.
- [18] P. Appandairajan, N. Zafar Ali Khan και M. Madijagan, ERP on Cloud: Implementation strategies and challenges, 2012 International Conference on Cloud Computing Technologies, Applications and Management (ICCCTAM), 2012, pp. 56-59.
- [19] A. H. Zadeh, B. A. Akinyemi, A. Jeyaraj και H. M. Zolbanin, «Cloud ERP systems for small-and-medium enterprises: A case study in the food industry,» *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, τόμ. 20, αρ. 4, pp. 53-70, 2018.
- [20] S. Aleem, R. Batool, F. Ahmed, A. Khatak και R. M. U. Ullah, Architecture guidelines for SaaS development process, Association for Computing Machinery, 2017.
- [21] J. Agbaegbu, O. Arogundade, S. Misra και R. Damaševičius, «Ontologies in Cloud Computing—Review and Future Directions,» *Future Internet*, τόμ. 13, αρ. 12, 2021.
- [22] S. S. Manvi και G. Krishna Shyam, «Resource management for Infrastructure as a Service (IaaS) in cloud computing: A survey,» *Journal of Network and Computer Applications*, τόμ. 41, pp. 424-440, 01 05 2014.
- [23] M. Kavis, *Architecting The Cloud*, 2014.
- [24] M. A. Abd Elmonem, E. S. Nasr και M. H. Geith, «Benefits and challenges of cloud ERP systems – A systematic literature review,» *Future Computing and Informatics Journal*, τόμ. 1, αρ. 1-2, pp. 1-9, 01 12 2016.
- [25] E. M. Kamhawi, «Critical factors for implementation success of ERP systems: an empirical investigation from Bahrain,» *International Journal of Enterprise Information Systems*, τόμ. 3, αρ. 2, p. 34, 2007.
- [26] Y. Zeng, R. H. Chiang και D. C. Yen, «Enterprise integration with advanced information technologies: ERP and data warehousing,» *Information Management & Computer Security*, τόμ. 11, αρ. 3, pp. 115-122, 17 10 2024.
- [27] J. Razmi, M. S. Sangari και R. Ghodsi, «Developing a practical framework for ERP readiness assessment using fuzzy analytic network process,» *Advances in Engineering Software*, τόμ. 40, αρ. 11, pp. 1168-1178, 2009.

- [28] D. C. Chou, H. Bindu Tripuramallu και A. Y. Chou, «BI and ERP integration,» *Information Management & Computer Security*, τόμ. 13, αρ. 5, pp. 340-349, 01 01 2005.
- [29] C. Steindl, From agile software development to agile businesses, 2005, pp. 258-265.
- [30] H. Tohidi και M. M. Jabbari, «The Necessity of Using CRM,» *Procedia Technology*, τόμ. 1, pp. 514-516, 2012.
- [31] J. R. Dougherty και C. Gray, «The Role of Sales and Marketing in Planning and Scheduling,» *Industrial Management & Data Systems*, τόμ. 87, αρ. 7/8, pp. 20-24, 1987.
- [32] H. J. Zietsman και J. H. v. Vuuren, «A generic framework for decision support in retail inventory management,» *arXiv e-prints*, 2022.
- [33] C. Connolly, «Warehouse management technologies,» *Sensor Review*, τόμ. 28, αρ. 2, pp. 108-114, 2024.
- [34] N. Shah, «Process industry supply chains: Advances and challenges,» *Computers & Chemical Engineering*, τόμ. 29, αρ. 6, pp. 1225-1235, 2005.
- [35] Y. Wang και Y.-y. Wang, The research of purchase and payment flow for ERP enterprises, τόμ. 1, 2009, pp. 1218-1221.
- [36] D. Blanchard, Supply chain management best practices, 2021.
- [37] J. X. Yang, L. D. Li και M. G. Rasul, «Warehouse management models using artificial intelligence technology with application at receiving stage--A review,» *International Journal of Machine Learning and Computing*, τόμ. 11, pp. 242-249, 2021.
- [38] T. Wild, Best Practice in Inventory Management, 3 επιμ., 2017.
- [39] M. GOETSCHALCKX και J. ASHAYERI, «CLASSIFICATION AND DESIGN OF ORDER PICKING,» *Logistics World*, τόμ. 2, αρ. 2, pp. 99-106, 1989.
- [40] M. Sorak και M. Dragic, «Supply chain management of small and medium-sized enterprises,» *DAAAM International Scientific Book*, pp. 951-968, 2013.
- [41] R. V. D. Silva και I. (. Rahimi, «A Critical Success Factor model for CRM implementation,» τόμ. 1, αρ. 1, pp. 3-15, 2007.
- [42] K. P. Seng, L. Ang και O. C. Shing, «Customer Satisfaction through Technological Integration: Opportunities and Challenges,» *International Journal of Technology and Educational Marketing (IJTEM)*, τόμ. 6, αρ. 2, pp. 49-78, 2016.
- [43] S. A. Neslin, «Customer relationship management (CRM),» *The History of Marketing Science*, τόμ. 3, pp. 289-317, 2014.
- [44] C. Bozarth και R. Handfield, «Operations and supply chain management,» *Strategies*, τόμ. 21, 2008.

- [45] T. A. Chin, A. B. A. Hamid και A. Rasli, «Adoption of Supply Chain Management in SMEs,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, τόμ. 65, pp. 614-619, 2012.
- [46] A. A. Vieira, L. M. Dias, M. Y. Santos, G. A. Pereira και J. A. Oliveira, «Supply chain data integration: A literature review,» *Journal of Industrial Information Integration*, τόμ. 19, pp. 100-161, 2020.
- [47] Y. Dylan, M. Peter, a. R. Nik και S. Karen, Blockchain technology overview, 2018.
- [48] A. K. M. B. Haque και B. Bhushan, Blockchain and AI Technology in the Industrial Internet of Things, 2021.
- [49] S. Anupama Kumar και M. Anusha, «Blockchain Enabled Supply Chain Management,» *SN Computer Science*, τόμ. 4, αρ. 2, 2023.
- [50] R. Chatterjee και R. Chatterjee, An Overview of the Emerging Technology: Blockchain, 2017.
- [51] S. Haber και W. S. Stornetta, Secure names for bit-strings, 1997, pp. 28-35.
- [52] S. Nakamoto, ««Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System,»» 2008. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [53] N. Deepa, Q.-V. Pham, D. C. Nguyen, S. Bhattacharya, B. Prabadevi, T. R. Gadekallu, P. K. R. Maddikunta, F. Fang και P. N. Pathirana, «A survey on blockchain for big data: Approaches, opportunities, and future directions,» *Future Generation Computer Systems*, τόμ. 131, pp. 209-226, 01 06 2022.
- [54] Y.-H. Jesse, D. Ko, S. Choi, S. Park και K. Smolander, «Where is current research on blockchain technology?—a systematic review,» *PloS one*, τόμ. 11, αρ. 10, p. e0163477, 2016.
- [55] A. B. Haque και M. Rahman, «Blockchain Technology: Methodology, Application and Security Issues,» 2020.
- [56] F. Casino, T. K. Dasaklis και C. Patsakis, «A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues,» *Telematics and Informatics*, τόμ. 36, pp. 55-81, 01 09 2019.
- [57] B. P. K. K. H. Rankhambe, «A Comparative Analysis of Blockchain Platforms – Bitcoin and Ethereum,» σε *2019 5th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA')*, 2019, pp. 1-7.
- [58] V. Mehta και S. More, Smart Contracts: Automated Stipulations on Blockchain, 2018.
- [59] S. Aggarwal και N. Kumar, «Chapter Fifteen - Blockchain 2.0: Smart contracts☆☆Working model.,» σε *Advances in Computers*, τόμ. 121, 2021, pp. 301-322.

- [60] A. Thakre, F. Thabtah, S. R. Shahamiri και S. Hammoud, «A novel block chain technology publication model proposal,» *Applied Computing and Informatics*, τόμ. 18, αρ. 3/4, pp. 195-207, 17 10 2021.
- [61] P. Bottoni, N. Gessa, G. Massa, R. Pareschi, H. Selim και E. Arcuri, «Intelligent Smart Contracts for Innovative Supply Chain Management,» *Frontiers in Blockchain*, τόμ. 3, 2020.
- [62] A. Saini, Q. Zhu, N. Singh, Y. Xiang, L. Gao και Y. Zhang, «A Smart-Contract-Based Access Control Framework for Cloud Smart Healthcare System,» *IEEE Internet of Things Journal*, τόμ. 8, αρ. 7, pp. 5914-5925, 2021.
- [63] A.-S. Shehu., A. Pinto και M. E. Correia, «A Decentralised Real Estate Transfer Verification based on Self-Sovereign Identity and Smart Contracts,» σε *Proceedings of the 19th International Conference on Security and Cryptography - SECRYPT*, SciTePress, 2022, pp. 469-476.
- [64] J. Lyu, Z. L. Jiang, X. Wang, Z. Nong, M. H. Au και J. Fang, «A Secure Decentralized Trustless E-Voting System Based on Smart Contract,» σε *2019 18th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/13th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE)*, 2019, pp. 570-577.