



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές
Τεχνολογίες»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Το Διαδίκτυο των πραγμάτων και τα Agrologistics (Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) και του Blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα του αγροτροφικού τομέα). The Internet of Things and Agrologistics (The integration of Internet of Things (IoT) and Blockchain technology in the supply chain of the agri-food sector).
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΠΟΥΛΟΣ
Πατρώνυμο	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
Αριθμός Μητρώου	ΨΠΟΛ18040
Επιβλέπων	Δημήτριος Ψυχογιός, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης **Φεβρουάριος 2024**

UNIPI - Digital Culture - Smart Cities - IoT

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Δημήτριος Ψυχογιός
Αναπληρωτής Καθηγητής

Δημήτριος Βέργαδος
Καθηγητής

Δρ. Εμμανουήλ
Σκόνδρας
Διδάσκων ΠΜΣ

© Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 2023

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Πειραιώς και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του Πανεπιστημίου Πειραιώς όπου εκπονήθηκε.

Άδεια Χρήσης Creative Commons (CC)



Αναφορά Δημιουργού (Attribution) - Παρόμοια Διανομή (Share-Alike) CC BY-SA

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	iv
Περίληψη	v
Abstract	vi
Εισαγωγή	1
Agrologistics – Η εφοδιαστική αλυσίδα Αγροδιατροφικό Τομέα	1
Η συμβολή των Agrologistics στην οικονομία	1
Η ανάπτυξη των Agrologistics	2
Η συμβολή του εξωτερικού παράγοντα στην εξέλιξη του τομέα Agrologistics	3
Κεφάλαιο Πρώτο: Η Ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα (Digital Supply chain)	6
1.1 Τα χαρακτηριστικά της ψηφιακής εφοδιαστικής	6
1.1.1 Η ενσωμάτωση του blockchain με το IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα	8
1.2.3 Η τεχνολογία Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στην αλυσίδα εφοδιασμού	9
2. Κεφάλαιο Δεύτερο: Το Διαδίκτυο των πραγμάτων και Εφοδιαστική Αλυσίδα	12
2.1 Το Διαδίκτυο των πραγμάτων - Internet of things (IoT)	13
2.1.0 Στατιστικά στοιχεία για την τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT)	17
2.1.1 Το Internet of things (IoT) και οι εφαρμογές σε τομείς στη Εφοδιαστική Αλυσίδα	19
2.1.2 Οι Εφαρμογές του IoT στα Logistics	20
2.1.3 Οι Αναδυόμενες Τεχνολογίες στα Ψηφιακά Logistics	21
2.1.4 Παραδείγματα του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) στη Εφοδιαστική Αλυσίδα	22
2.1.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του IoT στην Εφοδιαστική Αλυσίδα	23
2.1.6 Οι προκλήσεις στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού	25
3. Κεφάλαιο Τρίτο: IoT στις διεργασίες στα Agrologistics - εφοδιαστική αλυσίδα Αγροδιατροφικό Τομέα	29
3.1 Οι παράγοντες στην ανάπτυξη των Agrologistics	29
3.1.1 Η οργάνωση των Agrologistics	30
3.1.2 Οι τρόποι μεταφοράς και διανομής στα Agrologistics	31
3.2 Ιχνηλασιμότητα στην Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων	32
3.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη αλυσίδα εφοδιασμού Αγροδιατροφικού Τομέα	33
3.3 Η διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω Διαδικτύου των Πραγμάτων	34
3.3.1 Εφαρμογές του IoT στη αλυσίδα εφοδιασμού Αγροδιατροφικό Τομέα	35
4. Κεφάλαιο Τέταρτο: Η τεχνολογία Blockchain και οι Έξυπνες συμβάσεις (smart contracts) στην εφοδιαστική αλυσίδα	37
4. Η συμβολή της τεχνολογίας Blockchain	37
4.1 Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Blockchain	37
4.2 Εμπόδια στη εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain	38
4.2 Η τεχνολογία Blockchain	39
4.2.1 Περιγραφή της τεχνολογίας Blockchain	39
4.2.2 Τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain	41
4.2.3 Η Λειτουργία του Blockchain	42
4.2.5 Η Ψηφιακή Υπογραφή στο Blockchain και στις τεχνολογία IoT (Internet of Things)	43
4.2.6 Η Εφαρμογή του Blockchain με το IoT στη αλυσίδα εφοδιασμού	45
4.2.7 Το Blockchain και τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts)	47
4.2.8 Οι τεχνολογίες IoT και Blockchain και τα θέματα απορρήτου και ασφάλειας	49
5. Η πλατφόρμα του Ethereum και τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts)	51
5.1 Τα Έξυπνα συμβόλαια (Smart Contracts)	52
5.2 Οι τρόποι που τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να εφαρμοστούν στα logistics	52
6. Κεφάλαιο Έκτο : Συμπεράσματα	57
Βιβλιογραφία	59
Παράρτημα Α: Στατιστικά στοιχεία - Αναφορές πηγών	62
Παράρτημα Β: Code of Smart Contract FoodDelivery	64

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται μια παρουσίαση του οφέλους της ενσωμάτωσης του διαδικτύου των πραγμάτων - internet of things (IoT) μέσω των εφαρμογών, στη εφοδιαστική αλυσίδα του αγροδιατροφικού τομέα, στα agrologistics. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των logistics¹ του αγροδιατροφικού τομέα, που χαρακτηρίζεται από την ευπάθεια λόγω της φύσης των προϊόντων του αγροδιατροφικού τομέα και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ στρατηγικής, νέων τεχνολογιών, διαδικασιών και οργανωτικής. Η παρούσα εργασία χρησιμοποιεί βιβλιογραφική αλλά και εμπειρική προσέγγιση.

Στην εισαγωγή, γίνεται μια αναφορά στη εφοδιαστική αλυσίδα αγροδιατροφικό Τομέα. Η συμβολή των Agrologists στην οικονομία. Οι παράγοντες που συνέβαλαν συλλογικά στην ανάπτυξη τους και η οργάνωσή τους.

Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στη ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα (Digital Supply Chain²), τα χαρακτηριστικά της ψηφιακής εφοδιαστικής. Η τεχνολογία Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και η ενσωμάτωση του blockchain με το IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η χρήση της τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στην αλυσίδα εφοδιασμού του αγροτροφικού τομέα

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται το διαδικτύου των πραγμάτων, η αρχιτεκτονική δομή του, στις εφαρμογές του στα Logistics και στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την χρήση του στη Εφοδιαστική Αλυσίδα. Αναδυόμενες τεχνολογίες στην ψηφιακή εφοδιαστική και η επίδραση του IoT στις διεργασίες των αλυσίδων εφοδιασμού.

Στο Τρίτο κεφάλαιο, η τεχνολογία Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στις διεργασίες στη εφοδιαστική αλυσίδα Αγροδιατροφικό Τομέα. Οι παράγοντες για την ανάπτυξη και η οργάνωση και οι τρόποι μεταφοράς και διανομής στα AgroLogistics. Η Ιχνηλασιμότητα στην Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων. Επιμέρους παράγοντες που επηρεάζουν τη αλυσίδα εφοδιασμού Αγροδιατροφικού Τομέα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται η τεχνολογία Blockchain και οι Έξυπνες συμβάσεις (smart contracts) στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η συμβολή της τεχνολογίας blockchain και τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Blockchain. Η περιγραφή της τεχνολογίας blockchain και η λειτουργία και αρχιτεκτονική Blockchain. Η εφαρμογή του blockchain με το IoT στη αλυσίδα εφοδιασμού και οι Έξυπνες συμβάσεις (smart contracts).

Στο Κεφάλαιο Πέμπτο παρουσιάζονται το Ethereum, η ανοιχτή πλατφόρμα blockchain η οποία δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποιούνται αποκεντρωμένες εφαρμογές (DApps) και έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) Τα Έξυπνα συμβόλαια (Smart Contracts) και οι τρόποι που μπορούν να εφαρμοστούν στα logistics και ειδικά στα Agrologists

Στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής παρουσιάζονται έχουμε τα συμπεράσματα για την μελέτη της ενσωμάτωσης για τις τεχνολογίες IoT και Blockchain στη εφοδιαστική αλυσίδα αγροδιατροφικό Τομέα.

¹ Logistics είναι το τμήμα της διαδικασίας της αλυσίδας εφοδιασμού το οποίο σχεδιάζει, υλοποιεί και ελέγχει την αποτελεσματική και αποδοτική ροή και αποθήκευση υλικών, υπηρεσιών και σχετικών πληροφοριών από το σημείο προέλευσης προς το σημείο κατανάλωσης με στόχο να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των πελατών. Γιαννακόπουλος, Δ., Μοσχούρης, Σ., (2013) Logistics Μάνατζμεντ και Στρατηγική. Rosili, Αθήνα.

² Digital Supply Chain - Ένας ορισμός του όρου "ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα" δίνεται σε ένα κεφάλαιο βιβλίου από τον Tony Hines όπου ο όρος επινοήθηκε το 2001 για να εξηγήσει έναν μετασχηματισμό από αυτό που ονόμασε αναλογικές αλυσίδες εφοδιασμού στη νέα του αντίληψη - την ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα. Hines, Tony (2001). From analogue to digital supply chains (in Fashion Marketing). London, Amsterdam, New York: Elsevier

Abstract

The purpose of this thesis is, through the study of the available literature and an empirical approach, to present the possibilities offered by the application of the Internet of Things in the areas of the Supply Chain, with particular emphasis on its integration into the Supply Chain of the agri-food sector (Agrologists).

In the introduction, a reference is made to the agri-food sector supply chain. The contribution of Agrologists to the economy. The factors that collectively contributed to their development and their organization.

The first chapter refers to the digital supply chain (Digital Supply Chain), the characteristics of digital logistics. Internet of Things (IoT) technology and the integration of blockchain with IoT in the supply chain. The use of Internet of Things (IoT) technology in the supply chain of the agri-food sector

The second chapter presents the Internet of Things, its architectural structure, its applications in Logistics and the advantages and disadvantages of its use in the Supply Chain. Emerging technologies in digital logistics and the impact of IoT on supply chain processes.

In the Third chapter, the Internet of Things (IoT) technology in the processes in the supply chain Agri-Food Sector. The factors for the development and the organization and the modes of transport and distribution in AgroLogistics. Traceability in the Supply Chain of Agricultural Products. Individual factors affecting the supply chain of the Agri-Food Sector.

Blockchain technology and smart contracts in the supply chain are presented in the fourth chapter. The contribution of Blockchain technology and the advantages of Blockchain technology. The description of Blockchain technology and Blockchain operation and architecture. The application of Blockchain with IoT in the supply chain and Smart contracts.

In Chapter Five we present Ethereum, the open blockchain platform which enables the use of decentralized applications (DApps) and smart contracts (smart contracts) Smart Contracts and the ways they can be applied in logistics and especially in Agrologists.

In the last chapter of this thesis, we present the conclusions for the study of the integration of IoT and Blockchain technologies in the supply chain of the agri-food sector.

Εισαγωγή

Agrologistics – Η εφοδιαστική αλυσίδα Αγροδιατροφικό Τομέα

Όταν αναφερόμαστε στο όρο *agologistics*³, είτε *logistics* του αγροτροφικού τομέα μπορεί να περιγράφει ως μια συνολική επιμελητεία που περιλαμβάνει το συστηματικό σχεδιασμό, η οργάνωση, η υλοποίηση και το έλεγχο της διανομής και της ροής των αγροτικών προϊόντων⁴, των εισροών και των πληροφοριών σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τις διαδικασίες που εμπλέκονται στην προμήθεια, την παραγωγή, της διανομή και κατανάλωση γεωργικών και κτηνοτροφικών αγαθών, με στόχο την αποτελεσματική παράδοση των προϊόντων της υψηλής ποιότητας στους καταναλωτές, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις απώλειες, τα απόβλητα και το κόστος. Τα *agrologistics* περιλαμβάνει έναν συνδυασμό δραστηριοτήτων όπως της μεταφοράς, αποθήκευσης, χειρισμού, συσκευασίας και διαχείρισης πληροφοριών, που έχουν σχεδιαστεί για να διασφαλίσουν ότι τα γεωργικά προϊόντα φτάνουν στις αγορές που προορίζονται έγκαιρα και οικονομικά, διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα, την ασφάλεια και την ακεραιότητά τους.

Η συμβολή των Agrologistics στην οικονομία.

Τα *Agrologistics* έχουν ένα σημαντικό ρόλο στη συμβολή στην οικονομία με διάφορους τρόπους. Η αποτελεσματική διαχείριση της γεωργικής αλυσίδας εφοδιασμού επηρεάζει θετικά πολλούς τομείς και ενδιαφερόμενα μέρη, οδηγώντας σε οικονομική ανάπτυξη.

Γενικά ο αγροτροφικός κλάδος αντιπροσωπεύει το 6,4% της παγκόσμιας οικονομικής παραγωγής ενώ απασχολεί το 40% του εργατικού δυναμικού (Tiwari, 2020).

Παρακάτω αναφέρονται οι πιο βασικοί λόγοι της συμβολής των *Agrologistics* στην οικονομία:

Η ανάπτυξη του Αγροτικού Τομέα: Τα *Agrologistics* διασφαλίζει την ομαλή μετακίνηση των αγροτικών προϊόντων από τα αγροκτήματα στις αγορές, δίνοντας τη δυνατότητα στους αγρότες και τους παραγωγούς να έχουν πρόσβαση σε πιο ευρύτερες αγορές. Η αυξημένη πρόσβαση στην αγορά μπορεί να οδηγήσει στην επέκταση του γεωργικού τομέα, ο οποίος αποτελεί συχνά ένα κρίσιμο στοιχείο πολλών οικονομιών.

Η δημιουργία απασχόλησης: Τα *Agrologistics* περιλαμβάνει μια σειρά δραστηριοτήτων, από τη γεωργία και τη μεταποίηση έως τη μεταφορά και το λιανικό εμπόριο. Ως αποτέλεσμα, δημιουργεί ευκαιρίες απασχόλησης για ένα ποικίλο φάσμα ειδικευμένων και ανειδίκευτων εργαζομένων, υποστηρίζοντας τα προς το ζην και μειώνοντας την ανεργία.

Η ενίσχυση του εμπορίου και των εξαγωγών: Τα αποτελεσματικά *agrologistics* ενισχύουν την ικανότητα μιας χώρας να εξάγει γεωργικά προϊόντα. Με τη βελτιωμένη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα γεωργικά προϊόντα μπορούν να φτάσουν στις διεθνείς αγορές έγκαιρα και πιο οικονομικά, συμβάλλοντας στην αύξηση των εσόδων από τις εξαγωγές και του εμπορικού ισοζυγίου.

Η συμμετοχή στην αγροτική ανάπτυξη: Η γεωργία είναι η πρωταρχική οικονομική δραστηριότητα σε πολλές αγροτικές περιοχές. Η οργάνωση των *Agrologistics* σε αυτές τις περιοχές βελτιώνει την πρόσβαση στις αγορές, παρέχει στους παράγωγους καλύτερες ευκαιρίες και δυνατότητες να πουλήσουν τα προϊόντα τους και μπορεί να οδηγήσει σε αγροτική οικονομική ανάπτυξη.

Η προστιθέμενη αξία : Τα *agrologistics* υποστηρίζουν τη μετακίνηση των ακατέργαστων αγροτικών προϊόντων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας και διανομής, όπου πραγματοποιείται μια προστιθέμενη αξία. Αυτή η επεξεργασία μπορεί να οδηγήσει σε προϊόντα υψηλότερης αξίας, συμβάλλοντας σε αυξημένα έσοδα και κερδοφορία.

Η ανάπτυξη υποδομής στη αλυσίδα εφοδιασμού: Η βελτιστοποίηση της *Agrologistics* προϋποθέτει την ανάπτυξη των υποδομών μεταφοράς, αποθήκευσης και επεξεργασίας. Οι επενδύσεις σε αυτούς τους τομείς συμβάλλουν στην ανάπτυξη των σημαντικών υποδομών και στην οικονομική ανάπτυξη. Η ασφάλεια και σταθερότητα στο τομέα των τροφίμων: Ένα καλά οργανωμένο σύστημα *agrologistics* βοηθά στη διασφάλιση της σταθερής προσφοράς των προϊόντων διατροφής για την κάλυψη των

³ *Agrologistics* χρησιμοποιείται ο όρος που περιγράφει την αλυσίδα εφοδιασμού υποστηρίζει η λειτουργία των αγροτικών επιχειρηματικών για την μεταφορά, αποθήκευση, πιστοποίηση των αγροτικών προϊόντων και των δευτερογενών παραγόμενων προϊόντων με τη χρήση συγχρόνων διαδικασιών και λειτουργιών διοίκησης εφοδιαστικής (*Logistics Management*)

⁴ Τα αγροτικά προϊόντα ορίζονται ως τα υλικά αγαθά τα οποία παράγονται από φυτά και ζώα με το συνδυασμό των διαφόρων συντελεστών της αγροτικής παραγωγής, δηλαδή του εδάφους, της εργασίας και του κεφαλαίου. (Καμενίδης, 2010)

απαιτήσεων του πληθυσμού. Αυτό συμβάλλει στην επισιτιστική ασφάλεια και βοηθά στη σταθεροποίηση των τιμών των τροφίμων.

Η καινοτομία και υιοθέτηση Τεχνολογιών : Τα agrolistics ενθαρρύνουν την υιοθέτηση καινοτόμων τεχνολογιών, όπως στα συστήματα της ψυχρής αλυσίδας, με χρήση συσκευών τεχνολογία IoT και τεχνολογίας blockchain, για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συνολικά, προαγάουν την τεχνολογική πρόοδο και οδηγούν στην οικονομική πρόοδο.

Οι Άμεσες ξένες επενδύσεις: Ένα αξιόπιστο και αποτελεσματικό σύστημα στα agrolistics μπορεί να προσελκύσει άμεσες ξένες επενδύσεις (ΑΞΕ) στον αγροτικό τομέα. Οι επενδυτές είναι πιο πιθανό να επενδύσουν σε χώρες με καλά ανεπτυγμένες αλυσίδες εφοδιασμού, προς όφελος της συνολικής οικονομίας.

Η βελτιωμένη παραγωγικότητα και ανταγωνιστικότητα: Η βελτιστοποίηση των agrolistics οδηγεί σε μια αυξημένη παραγωγικότητα και ανταγωνιστικότητα του αγροτικού τομέα. Οι παραγωγοί και οι αγροτικές επιχειρήσεις μπορούν να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά, οδηγώντας σε υψηλότερες αποδόσεις, με πιο μειωμένα απόβλητα και καλύτερη κερδοφορία.

Η οικονομική διαφοροποίηση: Τα agrolistics προωθούν τη διαφοροποίηση στην οικονομία ενθαρρύνοντας την προστιθέμενη αξία⁵ και την ανάπτυξη βιομηχανιών μεταποίησης. Αυτό μειώνει την εξάρτηση από έναν μόνο τομέα και ενισχύει την οικονομική ανθεκτικότητα.

Μια αποτελεσματική οργάνωση των agrolistics συμβάλλει σημαντικά στην οικονομική ανάπτυξη, την επέκταση του εμπορίου, τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την επισιτιστική ασφάλεια. Βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και ενισχύοντας την ανταγωνιστικότητα των γεωργικών προϊόντων, τα agrolistics διαδραματίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στη συνολική οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας είτε της περιοχής.

Η ανάπτυξη των Agolistics.

Τα agolistics, περιλαμβάνουν την διαδικασία του σχεδιασμού, της υλοποίησης και της διαχείρισης της ροής γεωργικών προϊόντων, των εισροών και των πληροφοριών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού αγροτροφικού τομέα, από το αγρόκτημα μέχρι στον καταναλωτή.

Παρακάτω αναφέρονται μεταξύ άλλων, σημαντικοί λόγοι που συνέβαλαν συλλογικά στην ανάπτυξη των agolistics:

Η παγκοσμιοποίηση και το διεθνές εμπόριο: Η επέκταση του διεθνούς εμπορίου έχει αυξήσει την ανάγκη για την αποτελεσματική μεταφορά και την διανομή γεωργικών προϊόντων τοπικά και διεθνώς. Τα agolistics διαδραματίζουν ένα κρίσιμο ρόλο στη διευκόλυνση της κυκλοφορίας των αγαθών για την κάλυψη της παγκόσμιας ζήτησης.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις: Οι πρόοδοι της τεχνολογίας, και η συμβολή, όπως της γεωργίας ακριβείας⁶, του IoT (Internet of Things), της ανάλυσης δεδομένων και των εφαρμογών για κινητές συσκευές, διασφάλισαν την καλύτερη παρακολούθηση και διαχείριση των γεωργικών προϊόντων, οδηγώντας πια σε μια πιο βελτιωμένη αποτελεσματικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Η αύξηση της ζήτησης για πιο φρέσκα αλλά και ευπαθή προϊόντα: Οι προτιμήσεις των καταναλωτών για φρέσκα και υψηλής ποιότητας γεωργικά προϊόντα, όπως τα φρούτα, τα λαχανικά και τα γαλακτοκομικά, έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη πιο εξειδικευμένων λύσεων logistics για την εξασφάλιση της έγκαιρης παράδοσης, διατηρώντας παράλληλα και την ποιότητα των προϊόντων.

Η αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας: Τα agolistics έχουν σαν στόχο τη μείωση των απορριμμάτων, την ελαχιστοποίηση των απωλειών της σπατάλης των τροφίμων και τη βελτιστοποίηση των διαδρομών της μεταφοράς, της αποθήκευσης και διανομής, συμβάλλοντας στη συνολική αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και στην εξοικονόμηση κόστους.

Οι κρατικοί κανονισμοί και τα πρότυπα: Οι αυστηροί κανονισμοί για την ασφάλεια των τροφίμων και τα πρότυπα ποιότητας έχουν απαιτήσει την εφαρμογή προσθέτων μέτρων ιχνηλασιμότητας και ποιοτικού ελέγχου σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού της παραγωγικής διαδικασίας, οδηγώντας στην ανάγκη για πιο αποτελεσματικά συστήματα logistics.

⁵ Ο όρος - προστιθέμενη αξία είναι οικονομικός όρος και αναφέρεται στην εκάστοτε οικονομική επιβάρυνση της αξίας ενός αγαθού ως πρώτη ύλη σε κάθε στάδιο της επεξεργασίας του μέχρι την τελική μορφή του που φθάνει έτοιμο στη κατανάλωση.

⁶ Η γεωργία ακριβείας αποτελεί εξέλιξη της κλασικής γεωργίας που συνδυάζει σύγχρονες τεχνολογίες, αισθητήρες και δεδομένα για να βελτιστοποιήσει υπάρχουσες αγροτικές δραστηριότητες, μειώνοντας το ρίσκο και παράλληλα αυξάνοντας την ποιότητα και την απόδοση των αγροτικών προϊόντων. Ο τρόπος που δουλεύει είναι πως ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους και της καλλιέργειας δίνει την δυνατότητα στον αγρότη να τροποποιήσει τις εισροές και την τακτική καλλιέργειας ανά σημείο του αγροκτήματος με γνώμονα τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας Wikipedia (2023).

Οι αλλαγές στη συμπεριφορά των καταναλωτών: Οι καταναλωτές απαιτούν ολοένα και περισσότερο διαφάνεια και περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την προέλευση, τις μεθόδους παραγωγής και τη βιωσιμότητα των τροφίμων τους. Αυτό οδήγησε στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών που βοηθούν την ιχνηλασιμότητα και την πιστοποίηση προϊόντων.

Η αειφορία και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες: Καθώς αυξάνεται η ευαισθητοποίηση για τα περιβαλλοντικά ζητήματα, δίνεται μεγαλύτερη έμφαση και βιώσιμες γεωργικές πρακτικές και στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της αλυσίδας εφοδιασμού. Τα agologistics συμβάλουν σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους μεταφοράς και διανομής.

Η πρόσβαση στην αγορά και αγροτική ανάπτυξη: Τα αποτελεσματικά agologistics μπορεί να βοηθήσουν τους παράγωγους σε απομακρυσμένες είτε τοπικές αγροτικές περιοχές να αποκτήσουν πρόσβαση σε ευρύτερες αγορές, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να προωθούν τα προϊόντα τους πέρα από τις τοπικές αγορές και βελτιώνοντας τα προς το ζην τους.

Η προσθήκη της Προστιθέμενης Αξίας: Τα agologistics υποστηρίζουν επίσης την δυναμική προστιθέμενη αξία διασφαλίζοντας ότι οι πρώτες γεωργικές ύλες θα μεταφέρονται αποτελεσματικά στις εγκαταστάσεις για επεξεργασία (στο δευτερογενή τομέα), συμβάλλοντας στη δημιουργία επεξεργασμένων προϊόντων διατροφής.

Η έρευνα και καινοτομία: Η συνεχής έρευνα και καινοτομία στα logistics, τις μεταφορές και τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων μεθόδων, νέων τεχνολογιών και νέων βέλτιστων πρακτικών στον agologistics τομέα.

Η κλιματική αλλαγή και ανθεκτικότητα: Η αλλαγή των καιρικών προτύπων και η ανάγκη της οικοδόμησης της ανθεκτικότητας στον γεωργικό τομέα έχουν ωθήσει την εστίαση σε πιο προσαρμοστικά συστήματα logistics που μπορούν να ανταποκριθούν πιο αποτελεσματικά στις δυσλειτουργίες και να διασφαλίσουν την επισιτιστική ασφάλεια.

Η οικονομική ανάπτυξη και η αστικοποίηση: Η συνεχής ταχεία αστικοποίηση και η οικονομική ανάπτυξη αύξησαν τη ζήτηση για γεωργικά προϊόντα στις κεντρικές αστικές περιοχές, οδηγώντας την ανάγκη για πιο αποτελεσματικά agologistics για τη διασφάλιση της σταθερής προσφοράς τροφίμων στις πόλεις.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες, μεταξύ άλλων, συνέβαλαν συλλογικά στην ανάπτυξη των agologistics, διαδραματίζοντας κρίσιμο ρόλο στα σύγχρονα συστήματα γεωργίας και τροφίμων.

Η συμβολή του εξωτερικού παράγοντα στην εξέλιξη του τομέα Agologistics.

Η ανάπτυξη του τομέα agologistics επηρεάζεται από ποικίλους εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες. Οι εξωτερικοί παράγοντες, ειδικότερα, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση της τροχιάς, των ευκαιριών και των προκλήσεων του κλάδου των agologistics.

Μια επιπλέον έκτακτη κατάσταση από Σεπτέμβριο του 2021, είναι η συνεχιζόμενη σύγκρουση στην Ουκρανία που έχει αρκετές επιπτώσεις στα agologistics, ιδιαίτερα στις περιοχές που επλήγησαν από τον πόλεμο. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η κατάσταση μπορεί να έχει εξελιχθεί από τότε και είναι αναγκαίο για συνεχή έλεγχο για πιο πρόσφατες πηγές για τις τελευταίες εξελίξεις. Να δούμε μερικές από τις βασικές μεταβολές του πολέμου στην Ουκρανία στα agologistics:

Η διακοπή των αλυσίδων εφοδιασμού: Ο πόλεμος στην Ουκρανία, ιδιαίτερα σε περιοχές όπως το Ντόνετσκ και το Λουχάνσκ, έχει διαταράξει τις αλυσίδες του εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων. Στις ζώνες σύγκρουσης έχουν υποστεί ζημιές οι υποδομές, όπως δρόμους, σιδηροδρόμους και εγκαταστάσεις αποθήκευσης, γεγονός που παρεμπόδισε τη μετακίνηση των γεωργικών προϊόντων από τις περιοχές παραγωγής προς τα κέντρα μεταποίησης και τις αγορές.

Ο αντίκτυπος στην παραγωγή: Η σύγκρουση έχει επηρεάσει την αγροτική παραγωγή σε περιοχές κοντά στην πρώτη γραμμή και σε περιοχές που έχουν πληγεί από συγκρούσεις. Οι παράγωγοι αντιμετώπισαν προκλήσεις που σχετίζονται με ανησυχίες για την ασφάλεια, τη διαθεσιμότητα του εργατικού δυναμικού και τη δυσκολία πρόσβασης στα χώρους καλλιέργειας τους, με αποτέλεσμα μειωμένες αποδόσεις και παραγωγή.

Οι προκλήσεις των εξαγωγών και εμπορίου: Η Ουκρανία είναι γνωστή ως ένας από τους σημαντικότερους εξαγωγείς στον κόσμο γεωργικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων σιτηρών όπως το σιτάρι και το καλαμπόκι. Ο πόλεμος έχει επηρεάσει την ικανότητα της Ουκρανίας να εξάγει τα γεωργικά προϊόντα, οδηγώντας σε διαταραχές στο διεθνές εμπόριο και πιθανές οικονομικές συνέπειες τόσο για την Ουκρανία όσο και για τους εμπορικούς της εταίρους.

Η αστάθεια των τιμών: Η αβεβαιότητα που προκαλείται από τη σύγκρουση και οι πιθανές επιπτώσεις της στη γεωργική παραγωγή και το εμπόριο έχει οδηγήσει σε αυξημένη αστάθεια των τιμών στις παγκόσμιες αγορές των βασικών προϊόντων. Οι διακυμάνσεις των τιμών επηρεάζουν όχι μόνο τους Ουκρανούς παραγωγούς αλλά και τους διεθνείς αγοραστές και καταναλωτές γεωργικών προϊόντων.

Οι ανησυχίες για την επισιτιστική ασφάλεια: Η σύγκρουση έχει εγείρει ανησυχίες για την επισιτιστική ασφάλεια στην Ουκρανία και τις γειτονικές χώρες. Οι διαταραγμένες αλυσίδες εφοδιασμού, η μειωμένη παραγωγή και η οικονομική αστάθεια έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα και την οικονομική προσιτότητα των τροφίμων για τους ευάλωτους πληθυσμούς.

Η ανάγκη για ανθρωπιστική βοήθεια: Οι περιοχές που έχουν πληγεί από τις συγκρούσεις στην Ουκρανία έχουν απαιτήσει ανθρωπιστική βοήθεια, συμπεριλαμβανομένης της επισιτιστικής βοήθειας. Η παροχή βοήθειας στους πληγέντες πληθυσμούς απαιτεί προσεκτικό συντονισμό και υλικοτεχνική υποστήριξη για να διασφαλιστεί ότι τα τρόφιμα φθάνουν αποτελεσματικά σε όσους έχουν ανάγκη.

Οι αλλαγές στις εμπορικές οδούς διανομών : Λόγω του πολέμου και των γεωπολιτικών λόγων, υπήρξαν αλλαγές στις εμπορικές οδούς για τα γεωργικά προϊόντα, επηρεάζοντας την αποτελεσματικότητα των agrologistics στην περιοχή και όχι μόνο τοπικά.

Οι ευκαιρίες για τη διαφοροποίηση: Η σύγκρουση ώθησε ορισμένους Ουκρανούς παραγωγούς και στο οικοσύστημα των agrologistics να εξερευνήσουν εναλλακτικές αγορές και οδούς εφοδιαστικής αλυσίδας για να μετριάσουν τους κινδύνους που συνδέονται με τον πόλεμο και τις επιπτώσεις του στους παραδοσιακούς εμπορικούς εταίρους.

Σημαντικό, είναι να τονιστεί ότι η συνεισφορά του πολέμου στα agrologistics στην Ουκρανία είναι κατά κύριο λόγο αρνητική λόγω των πολλών προκλήσεων και αναταραχών που έχει προκαλέσει. Οι προσπάθειες για τη σταθεροποίηση της κατάστασης, την επισκευή των υποδομών και την αποκατάσταση των γεωργικών δραστηριοτήτων είναι ζωτικής σημασίας για τον μετριασμό των επιπτώσεων στα agrologistics και την προώθηση της επισιτιστικής ασφάλειας στην περιοχή.

Ένα άλλος εξωτερικός παράγοντας όπως ο COVID-19 είχε ένα ουσιαστικό αντίκτυπο στις εφοδιαστικές αλυσίδες - Σύμφωνα με έρευνα Ernst & Young, πάνω από τις μισές επιχειρήσεις (57%) αντιμετώπισαν λειτουργικές διαταραχές κατά μήκος της εφοδιαστικής τους αλυσίδας, με κυρίως πληττόμενους, τους κλάδους της λιανικής (74%), των βιομηχανικών προϊόντων (82%), αλλά και της αυτοκινητοβιομηχανίας, όπου εταιρείες του κλάδου που συμμετείχαν στην έρευνα, δήλωσαν ότι η εφοδιαστική τους αλυσίδα επηρεάστηκε αρνητικά. Μεταξύ των αρνητικών επιπτώσεων, περιλαμβάνονται η μείωση της παραγωγικότητας (69%), η αδυναμία επίτευξης αναπτυξιακών στόχων (64%) και η μείωση των εσόδων (61%). Παρόλα αυτά, ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί ότι οι επιχειρήσεις που βίωσαν αρνητικές επιπτώσεις, παρέμειναν προσηλωμένες στον ψηφιακό μετασχηματισμό τους, με 92% να συνεχίζουν απρόσκοπτα τις τεχνολογικές τους επενδύσεις. Τέλος, η έρευνα αναδεικνύει την πεποίθηση των επικεφαλής των λειτουργιών εφοδιαστικής αλυσίδας, ότι η πανδημία θα επιφέρει την επιτάχυνση του ψηφιακού μετασχηματισμού (64%) και την εδραίωση της αυτονομίας των εφοδιαστικών αλυσίδων (52%), μέχρι το 2025. Αναφορικά με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, το 59% των επιχειρήσεων έχουν δρομολογήσει πιλοτικές δοκιμές χρήσης της μηχανικής μάθησης ή της Τεχνητής Νοημοσύνης, με ένα 36% να βρίσκονται σε φάση σχεδιασμού των επενδύσεών τους.

Η πανδημία του COVID-19 έχει επηρεάσει σημαντικά τον αγροδιατροφικό τομέα, δημιουργώντας πια νέες προκλήσεις και απαιτώντας αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας των εμπλεκόμενων μερών της αλυσίδας.

Ακολουθούν μερικοί από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους η πανδημία έχει επηρεάσει τον κλάδο:

Οι διαταραχές της εφοδιαστικής αλυσίδας: Η περίοδος του lockdown, οι ταξιδιωτικοί περιορισμοί και το κλείσιμο των συνόρων διέκοψαν τη λειτουργία των αλυσίδων εφοδιασμών, επηρεάζοντας την κίνηση των γεωργικών προϊόντων, των εισροών, της εργασίας και των τελικών προϊόντων. Η κατάσταση αυτή έκανε πιο μεγάλη την ανάγκη για μια μεγαλύτερη ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και διαφοροποίηση των πηγών.

Οι ελλείψεις του εργατικού δυναμικού: Οι περιορισμοί στην κίνηση και οι ανησυχίες για την ασφάλεια της υγείας οδήγησαν σε ελλείψεις του εργατικού δυναμικού σε διάφορα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας, της μεταποίησης και της διανομής. Αυτό τόνισε τη σημασία της ανάγκης της μηχανοποίησης, του αυτοματισμού και της βελτίωσης των πρακτικών διαχείρισης της εργασίας.

Οι μετατοπίσεις στη ζήτηση των καταναλωτών: Οι αλλαγές στη συμπεριφορά των καταναλωτών λόγω των lockdowns και της οικονομικής αβεβαιότητας επηρέασαν τα πρότυπα ζήτησης κατανάλωσης. Υπήρξε μια στροφή προς την αυξημένη ζήτηση για βασικά είδη διατροφής, προϊόντα σταθερά που συναντούσαν στο ράφι και λύσεις μέσω του ηλεκτρονικού εμπορίου.

Το κλείσιμο των χωρών εστίασης: Το κλείσιμο εστιατορίων και καταστημάτων παροχής τροφίμων οδήγησε σε μείωση της ζήτησης για ορισμένα προϊόντα, όπως τα φρέσκα προϊόντα. Αυτό ώθησε ορισμένες επιχειρήσεις του τομέα να στραφούν προς τις αγορές λιανικής είτε σε ενέργειες προώθησης απευθείας στους καταναλωτές.

Οι προκλήσεις των εξαγωγών και εισαγωγών: Οι περιορισμοί εξαγωγών και εισαγωγών διέκοψαν το διεθνές εμπόριο, επηρεάζοντας τόσο τις εξαγωγές γεωργικών προϊόντων όσο και τη διαθεσιμότητα των εισαγόμενων εισροών όπως λιπάσματα και μηχανήματα.

Η ασφάλεια και η ιχνηλασιμότητα των τροφίμων: Η διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων και η διατήρηση της ιχνηλασιμότητας έγιναν ακόμη πιο κρίσιμες κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Οι καταναλωτές ανησυχούσαν για την ασφάλεια των προϊόντων και την προέλευσή τους, οδηγώντας σε μια αυξημένη ζήτηση για πιο διαφανείς αλυσίδες εφοδιασμού.

Η οικονομική αβεβαιότητα: Οι οικονομικές προκλήσεις οδήγησαν σε αλλαγές στις δαπάνες και τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Οι επιχειρήσεις του τομέα έπρεπε να προσαρμοστούν στην αλλαγή της ευαισθησίας των τιμών και να εξετάσουν τον σχεδιασμό των νέων στρατηγικών παραγωγής και τιμολόγησης.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός: Η πανδημία επιτάχυνε την υιοθέτηση των ψηφιακών τεχνολογιών στον αγροδιατροφικό τομέα. Οι διαδικτυακές πλατφόρμες για πωλήσεις, παραδόσεις και επικοινωνία έγιναν απαραίτητες για τη διατήρηση των επιχειρηματικών λειτουργιών.

Τα μέτρα για την υγεία και την ασφάλεια: Οι οργανισμοί έπρεπε να εφαρμόσουν τα μέτρα υγείας και ασφάλειας για την προστασία των εργαζομένων και των καταναλωτών. Αυτό περιελάμβανε την υιοθέτηση κοινωνικής απόστασης, πρωτοκόλλων υγιεινής και ρυθμίσεις εργασίας εξ αποστάσεως.

Οι νέες προκλήσεις για τα Logistics: Οι διακοπές της μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης διαθεσιμότητας των εμπορευματοκιβωτίων και του αυξημένου κόστους αποστολής τους, επηρέασαν τη διασυννοριακή διακίνηση εμπορευμάτων.

Οι κυβερνητικές παρεμβάσεις: Οι τοπικές κυβερνήσεις εφάρμοσαν διάφορες πολιτικές για τη στήριξη του τομέα, συμπεριλαμβανομένης της οικονομικής βοήθειας για τους αγρότες, της χαλάρωσης των κανονισμών και της προώθησης της τοπικής παραγωγής τροφίμων.

Μέτρα που περιλάμβαναν την άμεση στήριξη των παραγωγών και των αγροτικών περιοχών και την υιοθέτηση νέων μέτρων για την μεγαλύτερη ευελιξία της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ)⁷. Ο αγροδιατροφικός τομέας των κρατών μελών της ΕΕ-27⁸ έχει επιδείξει ανθεκτικότητα σε σύγκριση με άλλους τομείς που επλήγησαν σε μεγάλο βαθμό από την κρίση και με τη στήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής έγινε προσπάθεια για την παροχή ασφαλών και υψηλής ποιότητας τροφίμων στους ευρωπαίους πολίτες (ερευνά της Ernst & Young⁹).

Η ανθεκτικότητα και η καινοτομία: Η πανδημία ανέδειξε την ανάγκη για την ανθεκτικότητα και την προσαρμοστικότητα στον αγροδιατροφικό τομέα. Πολλές επιχειρήσεις του τομέα έδωσαν βάρος στην καινοτομία, εξερευνώντας νέα μοντέλα της διανομής, προώθησης απευθείας στους καταναλωτές και διαδικτυακές αγορές.

Συνολικά από τις παραπάνω προκλήσεις, ο αγροδιατροφικός τομέας έχει να επιδείξει πολύ σημαντική ανθεκτικότητα και δημιουργικότητα. Οι επιχειρήσεις του τομέα έχουν προσαρμόσει τις δραστηριότητές τους, έχουν εξερευνήσει νέες αγορές, έχουν ενισχύσει την παρουσία τους στο διαδίκτυο και έχουν επενδύσει σε τεχνολογίες που επιτρέπουν την εξ αποστάσεως συνεργασία, τη διαφάνεια της εφοδιαστικής αλυσίδας και την αποτελεσματική λειτουργία. Η πανδημία έχει υπογραμμίσει τη σημασία της ευελιξίας και της ετοιμότητας και συλλογής των διδάγματων που αντλήθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου είναι πιθανό να διαμορφώσουν το μέλλον του τομέα της αγροδιατροφής.

⁷ Η Κοινή Αγροτική Πολιτική αποτελεί την ενοποιημένη Αγροτική Πολιτική των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/agriculture_el

⁸ Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αποτελείται από 27 κράτη μέλη. Κάθε κράτος μέλος είναι συμβαλλόμενο μέρος στις ιδρυτικές συνθήκες της ΕΕ και υπό την επιφύλαξη των προνομίων και υποχρεώσεων της ιδιότητας του μέλους. Σε αντίθεση με τους περισσότερους διεθνείς οργανισμούς, τα κράτη μέλη της ΕΕ υπόκεινται σε κοινούς κανονισμούς λόγω της εκπροσώπησής τους στους κοινούς νομοθετικούς και δικαστικούς θεσμούς.

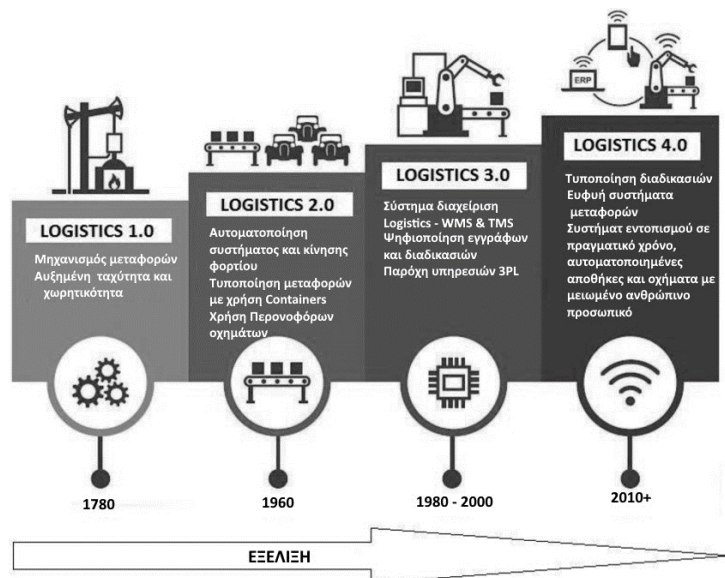
⁹ Έρευνα της Ernst & Young, Πηγή :

https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/el_gr/topics/agribusiness/agribusiness_survey_final.pdf

Κεφάλαιο Πρώτο: Η Ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα (Digital Supply chain)

Στα παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας υπάρχουν αρκετά προβλήματα, όπως η υπερφόρτωση, οι καθυστερήσεις παράδοσης και η έλλειψη προϊόντων. Αυτά τα προβλήματα περιλαμβάνουν παράγοντες, όπως η αβεβαιότητα και η πολυπλοκότητα των αλυσίδων εφοδιασμού. Για να μπορέσουν να λυθούν αυτά τα προβλήματα χρειάστηκε μια ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Με την χρήση του ορού Digital logistics¹⁰, γνωστό και με το ορό Logistics 4.0¹¹ αναφερόμαστε στην εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών και λύσεων που βασίζονται σε δεδομένα για τη βελτιστοποίηση και τον εξορθολογισμό διαφόρων πτυχών των διαδικασιών διαχείρισης εφοδιαστικής και εφοδιαστικής αλυσίδας.



(Σχήμα1 – Η πορεία εξέλιξης του τομέα Logistics)

Περιλαμβάνει την ενσωμάτωση των καινοτόμων τεχνολογιών για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της προβολής και της συνεργασίας στη διακίνηση και διαχείριση αγαθών και υπηρεσιών. Η ψηφιακή εφοδιαστική αξιοποιεί τα ψηφιακά εργαλεία και την ανάλυση των δεδομένων για να μεταμορφώσει τις παραδοσιακές λειτουργίες της εφοδιαστικής, καθιστώντας τις πιο ευέλικτες, πιο οικονομικά αποδοτικές και πιο πελατοκεντρικές επιχειρήσεις του τομέα.

Με τη ψηφιακή εφοδιαστική διασφαλίζεται ότι υπάρχει ορατότητα από άκρο σε άκρο σε απόθεμα, στις παραγγελίες και αποστολές σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Μειώνει τα επίπεδα αποθέματος σε όλο το δίκτυο, μεγιστοποιεί την ικανοποίηση των καταναλωτών και ανταποκρίνεται δυναμικά σε διαφορά συμβάντα του logistics.

Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες για τη μετάβαση στην ψηφιακή εφοδιαστική είναι η ανάγκη της ευελιξίας για την ενσωμάτωση με νεότερα συστήματα για την επικοινωνία πληροφοριών, το συγχρονισμό δραστηριοτήτων και τη συνεργασία μεταξύ διεργασιών.

Καθώς οι αλυσίδες εφοδιασμού καθίστανται όλο και περισσότερο παγκόσμιες και ανταποκρίνονται, η απρόσκοπτη συνεργασία μεταξύ παραγόντων σε ολοκληρωμένες αλυσίδες εφοδιασμού καθίσταται ολοένα και πιο σημαντική. Για να επιτευχθεί αυτό, τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των μεταφορών και της εφοδιαστικής πρέπει να αλληλοεπιδρούν πιο αποτελεσματικά και να μοιράζονται πληροφορίες στο δίκτυο εφοδιασμού.

1.1 Τα χαρακτηριστικά της ψηφιακής εφοδιαστικής

Το Internet of Things (IoT): Οι συσκευές και οι αισθητήρες IoT ενσωματώνονται στις λειτουργίες logistics, παρέχοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την τοποθεσία, την κατάσταση και την κατάσταση των περιουσιακών στοιχείων, των οχημάτων και των αποστολών. Αυτά τα δεδομένα βοηθούν στην παρακολούθηση αγαθών, στη βελτιστοποίηση των διαδρομών και στη βελτίωση της χρήσης των περιουσιακών στοιχείων.

¹⁰ Digital logistics στην αλυσίδα εφοδιασμού βασίζεται στην παραδοσιακή συλλογή δεδομένων, η οποία είναι συχνά χειροκίνητη και επιρρεπής σε ανθρώπινο λάθος, η ψηφιοποίηση για να βελτιώσει και να επιταχύνει τις διαδικασίες, τις στρατηγικές και τα συστήματά σας logistics., η αυτοματοποίηση για τις επαναλαμβανόμενες διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιαστικής που μπορούν να αυτοματοποιηθούν.

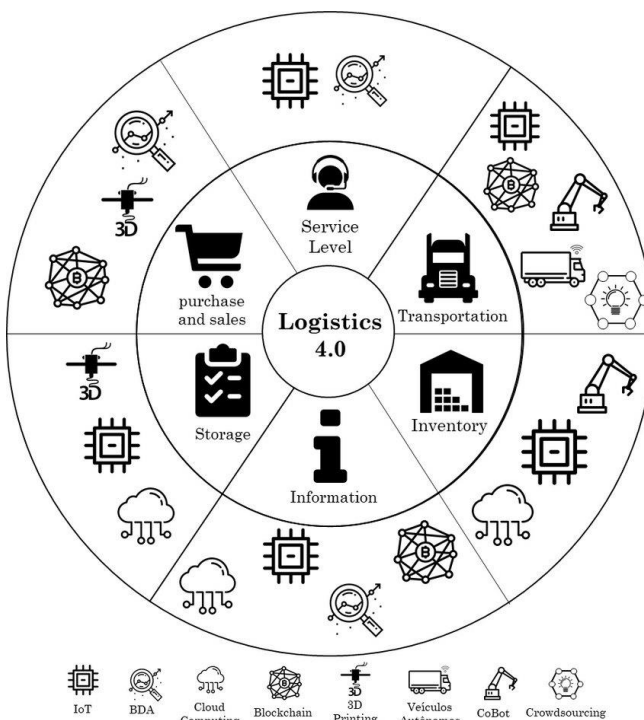
¹¹ Το Logistics 4.0 περιγράφει την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, αναφερόμενη στη διατομεακή λειτουργία των logistics στην παροχή λειτουργικών υπηρεσιών. Το Logistics 4.0 χαρακτηρίζεται από διαφάνεια, δικτύωση και αυτοματοποιημένες διαδικασίες.

Τα Big Data¹² και τα Analytics¹³: Η συνεχής ανάλυση δεδομένων που επεξεργάζεται μεγάλο όγκο δεδομένων που δημιουργούνται από συσκευές τεχνολογίας IoT και άλλες πηγές συγκέντρωσης δεδομένων, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων, την πρόβλεψη ζήτησης και την ανάλυση απόδοσης.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και Μηχανική Μάθηση: Οι αλγόριθμοι με τεχνητή νοημοσύνη αναλύουν μοντέλα δεδομένων και ιστορικά στοιχεία για τάσεις, επιτρέποντας σε προβλέψεις και αναλύσεις για πρόβλεψη ζήτησης, την βελτιστοποίηση διαδρομής και την προληπτική επίλυση προβλημάτων.

Το Cloud Computing: Οι πλατφόρμες που βασίζονται στη τεχνολογία νέφους (cloud) παρέχουν ένα κεντρικό και πιο ασφαλές περιβάλλον αποθήκευσης για τα δεδομένα για τα logistics, διευκολύνοντας την απρόσκοπτη ανταλλαγή των δεδομένων και τη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της αλυσίδας εφοδιασμού

Η τεχνολογία Blockchain: Το Blockchain επιτρέπει την ασφαλή και διαφανή κοινή χρήση δεδομένων και έξυπνων συμβάσεων, ενισχύοντας την ιχνηλασιμότητα, την αυθεντικότητα και τη συμμόρφωση σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.



(Σχήμα2 – οι τεχνολογίες και η συνεργασία με τις λειτουργίες εφοδιαστικής)

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα: Η ρομποτική και ο αυτοματισμός εφαρμόζονται σε αποθήκες και κέντρα διανομής για εργασίες όπως η συλλογή των παραγγελιών, η συσκευασία και η διαχείριση των αποθεμάτων, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια.

Η παρακολούθηση και ορατότητα σε πραγματικό χρόνο: Οι λύσεις της ψηφιακής εφοδιαστικής παρέχουν την παρακολούθηση και τη ορατότητα των αποστολών σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν την διαδρομή των αγαθών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.

Οι εφαρμογές για κινητές συσκευές: Οι εφαρμογές για κινητές συσκευές προσφέρουν εύκολη πρόσβαση σε δεδομένα logistics, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να διαχειρίζονται λειτουργίες, να παρακολουθούν τις

αποστολές και να λαμβάνουν ειδοποιήσεις στα smartphone¹⁴ είτε στις συσκευές tablet τους.

Οι συνεργατικές πλατφόρμες του δικτύου εφοδιασμού: Η ψηφιακή εφοδιαστική προωθεί τη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω των ψηφιακών πλατφορμών που διευκολύνουν την απρόσκοπτη επικοινωνία και την ανταλλαγή δεδομένων.

Όσο πιο υψηλό είναι το επίπεδο της ψηφιακής ωριμότητας των επιχειρήσεων της εφοδιαστικής, η δυνατότητα να συλλέγουν, να ανταλλάσσουν και να επεξεργάζονται τα δεδομένα με συνεργάτες, με

¹² Τα Big Data χρησιμοποιείται για να περιγράψει σύνολα δεδομένων τόσο μεγάλα ή σύνθετα που ξεφεύγουν από τις δυνατότητες καταγραφής, αποθήκευσης και ανάλυσης των παραδοσιακών τεχνικών επεξεργασίας δεδομένων. Τα μεγάλα δεδομένα αναφέρονται σε μη δομημένα, ημι-δομημένα και δομημένα δεδομένα, κυρίως όμως εστιάζουν στα μη δομημένα δεδομένα. Τα μεγάλα δεδομένα προέρχονται από την κυκλοφορία δεδομένων στον ιστό, τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, το περιεχόμενο των μέσων κοινωνικής δικτύωσης, αλλά και τα αυτόματα παραγόμενα στοιχεία δεδομένων από αισθητήρες.

¹³ Το Analytics είναι η συστηματική υπολογιστική ανάλυση δεδομένων είτε στατιστικών. Χρησιμοποιείται για την ανακάλυψη, ερμηνεία και επικοινωνία σημαντικών προτύπων σε δεδομένα. Συνεπάγεται επίσης την εφαρμογή προτύπων δεδομένων για την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων. Μπορεί να είναι πολύτιμο σε περιοχές πλούσιες με καταγεγραμμένες πληροφορίες. Η ανάλυση βασίζεται στην ταυτόχρονη εφαρμογή στατιστικών, προγραμματισμού υπολογιστών και επιχειρησιακής έρευνας για την ποσοτικοποίηση της απόδοσης.

¹⁴ Το smartphone είναι ένα κινητό τηλέφωνο βασισμένο σε ένα λειτουργικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας με περισσότερο προηγμένη υπολογιστική ικανότητα και συνδεσιμότητα σε σχέση με ένα συμβατικό κινητό τηλέφωνο Wikipedia (2023).

πελάτες και δημόσιες υπηρεσίες που ρυθμίζουν τον κλάδο, τόσο μικρότερο είναι το κόστος και ο χρόνος διαχείρισης του φορτίου.

1.1.1 Η ενσωμάτωση του blockchain με το IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα

Η ενσωμάτωση του blockchain με το IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει περισσότερο τη διαφάνεια, την ασφάλεια, την ιχνηλασιμότητα και την αποτελεσματικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Αυτός ο συνδυασμός αξιοποιεί τα δυνατά σημεία και των δύο τεχνολογιών για την αντιμετώπιση των προκλήσεων και τη δημιουργία νέων ευκαιριών. Ας δούμε, πώς λειτουργεί η εντοποίηση και τα οφέλη της:

Η βελτιωμένη ακεραιότητα και ασφάλεια των δεδομένων: Οι συσκευές IoT συλλέγουν και μεταδίδουν τα δεδομένα στο blockchain, διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα παραμένουν αδιάφυστα και αμετάβλητα. Η αποκεντρωμένη και κρυπτογραφική φύση του Blockchain βοηθά στην αποτροπή της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης και χειραγώγησης των δεδομένων, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των συλλεγόμενων πληροφοριών.

Η διαφανής διαδικασία της Ιχνηλασιμότητας: Καθώς οι συσκευές IoT παρακολουθούν την κίνηση και την κατάσταση των αγαθών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, κάθε σημείο δεδομένων μπορεί να καταγραφεί με ασφάλεια στο blockchain. Αυτό δημιουργεί μια διαφανή και πιο ελεγχόμενη διαδρομή στην οποία οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να έχουν πρόσβαση για να επαληθεύσουν την προέλευση, το χειρισμό και την ποιότητα των προϊόντων.

Τα Έξυπνα συμβόλαια: Έξυπνα συμβόλαια (Smart Contracts), ως κομμάτια κώδικα λογισμικού που εκτελούνται μόνα τους, μπορούν να ενεργοποιηθούν από συμβάντα που δημιουργούνται από το IoT. Ένα παράδειγμα, όταν μια αποστολή φτάσει σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία, ένα έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να ξεκινήσει αυτόματα την πληρωμή είτε να ενεργοποιήσει την επόμενη φάση της διαδικασίας της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η ορατότητα σε πραγματικό χρόνο: Οι συσκευές IoT παρέχουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και το blockchain μπορεί να καταγράψει αυτά τα δεδομένα με τρόπο που δεν παραβιάζεται. Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πιο ακριβείς, πιο ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία και την κατάσταση των αγαθών ανά πάσα στιγμή.

Η βελτιωμένη συμμόρφωση και ο έλεγχος: Τα δεδομένα που δημιουργούνται από το IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς και τα πρότυπα. Το blockchain καταγράφει το ιστορικό των δεδομένων, επιτρέποντας στους ελεγκτές των διαδικασιών να επαληθεύουν εύκολα τη συμμόρφωση.

Η πρόληψη των απομιμήσεων: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να ανιχνεύσουν τις μεταβολές στα χαρακτηριστικά του προϊόντος όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η τοποθεσία. Το blockchain μπορεί να καταγράψει αυτά τα δεδομένα, καθιστώντας δύσκολη την είσοδο των πλαστών προϊόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού χωρίς να εντοπιστούν.

Οι μειωμένες διαφορές και ταχύτερη επίλυση: Δεδομένου ότι όλοι οι ενδιαφερόμενοι έχουν πρόσβαση στα ίδια επαληθευμένα δεδομένα στο blockchain, οι διαφορές μπορούν να επιλυθούν πιο αποτελεσματικά και γρήγορα, μειώνοντας τις καθυστερήσεις και τις τριβές στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Η βελτιωμένη διαχείριση αποθέματος: Οι συσκευές IoT ενημερώνουν συνεχώς τα δεδομένα του αποθέματος, τα οποία μπορούν να καταγραφούν στο blockchain. Αυτό επιτρέπει την παρακολούθηση και βελτιστοποίηση του αποθέματος σε πραγματικό χρόνο.

Η διαχείριση των προμηθευτών: Το Blockchain μπορεί να αποθηκεύσει πληροφορίες σχετικά με τις πιστοποιήσεις των προμηθευτών, τα αρχεία συμμόρφωσης και άλλα σχετικά δεδομένα. Αυτή η διαφάνεια βοηθά στην επιλογή αξιόπιστων συνεργατών και προμηθευτών, στη διασφάλιση της ακεραιότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τα περιβαλλοντικά και ηθικά ζητήματα: Οι συσκευές IoT μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τους ηθικούς λόγους που σχετίζονται με την αλυσίδα εφοδιασμού, όπως τις ορθές εργασιακές πρακτικές. Η καταγραφή αυτών των δεδομένων στο blockchain καταδεικνύει μια δέσμευση για πιο βιώσιμες και υπεύθυνες πρακτικές.

Η διαλειτουργικότητα και η διασυνδεσιμότητα: Η εντοποίηση του blockchain και του IoT μπορεί να διευκολύνει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερόμενων μερών και συσκευών, προωθώντας την ομαλή ανταλλαγή δεδομένων και τη συνεργασία.

Η δημιουργία εσόδων από δεδομένα: Οι οργανισμοί μπορούν δυνητικά να δημιουργούν έσοδα από τα δεδομένα που δημιουργούνται από το IoT, προσφέροντας πληροφορίες ή υπηρεσίες που βασίζονται σε δεδομένα σε συνεργάτες, σε καταναλωτές είτε σε άλλες επιχειρήσεις της αλυσίδας εφοδιασμού.

Ενώ η ενσωμάτωση του blockchain και του IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα προσφέρει πολλά οφέλη, συνοδεύεται επίσης και από προκλήσεις, όπως η επεκτασιμότητα, η τυποποίηση και η υιοθέτηση.

Ωστόσο, καθώς και οι δύο τεχνολογίες συνεχίζουν να ωριμάζουν, η συνέργεια τους έχει τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσει τον τρόπο λειτουργίας των αλυσίδων εφοδιασμού, παρέχοντας πιο αυξημένη διαφάνεια, αποτελεσματικότητα και εμπιστοσύνη.

1.2.3 Η τεχνολογία Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στην αλυσίδα εφοδιασμού

Με την ενσωμάτωση των εφαρμογών IoT σε κάθε στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων, οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να επιτύχουν την βελτιωμένη χρήση πόρων, την βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων, την μειωμένη σπατάλη και αυξημένη συνολική διαφάνεια. Αυτή η προσέγγιση με γνώμονα την τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να προωθήσει την καινοτομία και τις βιώσιμες πρακτικές σε ολόκληρη την αλυσίδα και τη βιομηχανία τροφίμων.

Η τεχνολογία Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) έχει μια πολύ σημαντική επίπτωση στις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, φέρνοντας την επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις του αγροτροφικού τομέα που διαχειρίζονται, παρακολουθούν και βελτιστοποιούν τις δραστηριότητές τους.

Μερικοί από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους η τεχνολογία IoT έχει αλλάξει την μορφή την αλυσίδα εφοδιασμού:

Η ορατότητα και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο: Οι συσκευές IoT όπως αισθητήρες, οι ετικέτες RFID¹⁵ και οι ανιχνευτές GPS¹⁶ επιτρέπουν την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των αγαθών καθώς κινούνται στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η δυνατότητα της ορατότητας βοηθά τις επιχειρήσεις του τομέα να παρακολουθούν την τοποθεσία, την κατάσταση και την κατάσταση του αποθέματος και των περιουσιακών τους στοιχείων, οδηγώντας σε καλύτερη λήψη των αποφάσεων, την βελτιωμένη διαχείριση κινδύνου και τη βελτιωμένη ασφάλεια.

Τα Predictive Analytics¹⁷: Τα δεδομένα που δημιουργούνται από το IoT μπορούν να αναλυθούν για να προβλεφθούν τις πιθανές δυσλειτουργίες είτε προβλήματα στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αναλύοντας τα ιστορικά δεδομένα και τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, οι επιχειρήσεις του τομέα μπορούν να προβλέψουν τις ανάγκες της συντήρησης, να εντοπίσουν σημεία ανάγκης συμμόρφωσης και να κάνουν πιο ακριβείς προβλέψεις ζήτησης, ώστε μειώνοντας έτσι το χρόνο διακοπής λειτουργίας και βελτιστοποιώντας τα επίπεδα των αποθεμάτων.

Η χρήση ψηφιακών εργαλείων και νέων τεχνολογιών όπως Internet of things (IoT), big data analytics¹⁸, κ.α. στην εφοδιαστική αλυσίδα, αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο οι πληροφορίες διαχέονται σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, βελτιώνοντας και έχοντας καλύτερο έλεγχο στην ροή των πληροφοριών ανάμεσα σε όλους του εμπλεκόμενους της αλυσίδας, όπως προμηθευτές, παραγωγούς, αγοραστές και καταναλωτές.

1.2.4 Η τεχνολογία Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στην αλυσίδα εφοδιασμού του αγροτροφικού τομέα

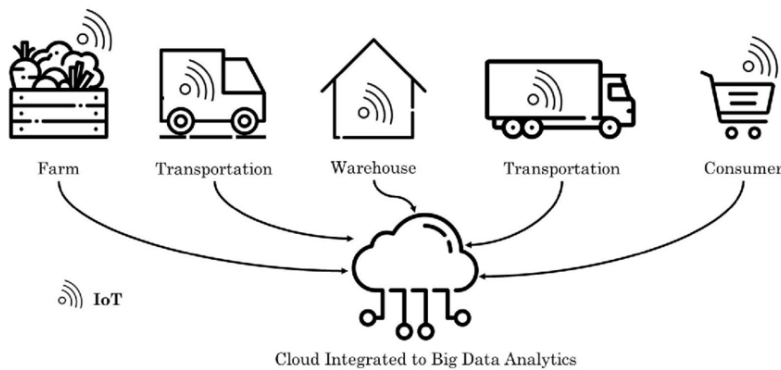
Η ψηφιακή εφοδιαστική γεωργικών προϊόντων αναφέρεται στην εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών και λύσεων που βασίζονται σε δεδομένα στη διαχείριση, τη μεταφορά και τη διανομή αγροτροφικών αγαθών. Αυτή η ενοποίηση των ψηφιακών εργαλείων και της ανάλυσης δεδομένων βελτιστοποιεί την αποτελεσματικότητα, την ορατότητα και τον συντονισμό των λειτουργιών logistics στην αλυσίδα εφοδιασμού της αγροδιατροφής. Η ψηφιακή εφοδιαστική στο πλαίσιο των γεωργικών προϊόντων περιλαμβάνει διάφορες τεχνολογίες και πρακτικές, όπως:

¹⁵ Τα συστήματα RFID (Radio Frequency Identification) αποτελούν ένα υποσύνολο των Συστημάτων Αυτόματου Προσδιορισμού (Automatic Identification Systems) που λειτουργεί χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα για να προσδιορίσουν αντικείμενα και αποτελεί την τεχνολογική εξέλιξη των ραβδωτών κωδίκων (barcode). Η λειτουργία των συστημάτων RFID βασίζεται στη δυναμική και αμφίδρομη επικοινωνία των ετικετών και των αναγνώστων. Τα δεδομένα που αποθηκεύονται στις ετικέτες αποτελούνται από ένα μοναδικό αναγνωριστικό και περιλαμβάνουν ένα λειτουργικό σύστημα, μία αποθήκη δεδομένων και έναν ηλεκτρονικό κώδικα προϊόντων (Electronic Product Code - EPC).

¹⁶ Μια μονάδα παρακολούθησης GPS, μονάδα γεωγραφικής παρακολούθησης, μονάδα δορυφορικής παρακολούθησης ή απλώς ανιχνευτής είναι μια συσκευή πλοήγησης που συνήθως βρίσκεται σε όχημα, περιουσιακό στοιχείο, άτομο ή ζώο που χρησιμοποιεί δορυφορική πλοήγηση για να προσδιορίσει την κίνησή του και να προσδιορίσει τη γεωγραφική του θέση (geotracking) τοποθεσία.

¹⁷ Τα predictive analytics είναι μια μορφή επιχειρηματικής ανάλυσης που εφαρμόζει τη μηχανική μάθηση για τη δημιουργία ενός μοντέλου πρόβλεψης για ορισμένες επιχειρηματικές εφαρμογές.

¹⁸ Η ανάλυση δεδομένων είναι η διαδικασία επιθεώρησης, καθαρισμού, μετατροπής και μοντελοποίησης δεδομένων με στόχο την ανακάλυψη χρήσιμων πληροφοριών, την ενημέρωση των συμπερασμάτων και την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων.



(Σχήμα3 – οι τεχνολογίες IoT και Cloud στις λειτουργίες εφοδιαστικής γεωργικών προϊόντων)

Η Παρακολούθηση με δυνατότητα IoT: Οι συσκευές Internet of Things (IoT), όπως αισθητήρες και ετικέτες RFID, αναπτύσσονται σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού για την παρακολούθηση της

κινητικότητας και της κατάστασης των γεωργικών προϊόντων. Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη θερμοκρασία, την υγρασία, τη θέση και άλλες παραμέτρους επιτρέπουν στους ενδιαφερόμενους να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων και να διασφαλίζουν την ποιότητα του προϊόντος.

Η ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας: Οι λύσεις ψηφιακής εφοδιαστικής παρέχουν από άκρο σε άκρο ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν την κίνηση και την κατάσταση των γεωργικών προϊόντων σε διάφορα στάδια, από αγροκτήματα έως τις εγκαταστάσεις μεταποίησης και τα κέντρα διανομής.

Η Έξυπνη συσκευασία: Οι λύσεις της έξυπνης συσκευασίας με τη δυνατότητα IoT ενσωματώνουν αισθητήρες και δέκτες για την παρακολούθηση της φυσικής κατάστασης και της ποιότητας των γεωργικών προϊόντων. Αυτές οι έξυπνες συσκευές παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την κατάσταση του προϊόντος και μπορούν να ενεργοποιήσουν ειδοποιήσεις σε περίπτωση παραβίασης ορισμένων παραμέτρων.

Η παρακολούθηση της Ιχνηλασιμότητας με βάση το Blockchain: Η τεχνολογία Blockchain χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός αμετάβλητου και διαφανούς αρχείου της διαδρομής των γεωργικών προϊόντων. Αυτό επιτρέπει την ιχνηλασιμότητα από άκρο σε άκρο, την επαλήθευση της προέλευσης, του χειρισμού τους και της γνησιότητας των προϊόντων.

Οι αναλύσεις δεδομένων και η συλλογή από στοιχεία: Η προηγμένη ανάλυση δεδομένων και η μηχανική εκμάθηση εφαρμόζονται σε τεράστιο όγκο δεδομένων που συλλέγονται από συσκευές IoT. Αυτά τα αναλυτικά στοιχεία παρέχουν προγνωστικές πληροφορίες, βοηθώντας στη βελτιστοποίηση των διαδρομών μεταφοράς, στην πρόβλεψη της ζήτησης και στην αποφυγή διαταραχών της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η αυτοματοποιημένη διαχείριση των αποθεμάτων: Οι λύσεις της ψηφιακής εφοδιαστικής αυτοματοποιούν τις διαδικασίες διαχείρισης αποθεμάτων, διασφαλίζοντας τα βέλτιστα επίπεδα αποθεμάτων, μειώνοντας τα αποθέματα και ελαχιστοποιώντας το υπερβολικό απόθεμα.

Η διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας: Οι λύσεις της ψυχρής αλυσίδας με δυνατότητα IoT διατηρούν τα απαιτούμενα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας κατά τη μεταφορά και αποθήκευση των ευαίσθητων στη θερμοκρασία γεωργικών προϊόντων, όπως τα φρούτα και τα λαχανικά.

Η επικοινωνία και συνεργασία σε πραγματικό χρόνο: Οι πλατφόρμες της ψηφιακής εφοδιαστικής διευκολύνουν την απρόσκοπτη επικοινωνία και τη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων στην αλυσίδα εφοδιασμού των γεωργικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των αγροτών, των προμηθευτών, των παροχών υπηρεσιών εφοδιαστικής και των εμπόρων λιανικής.

Η Έξυπνη αποθήκευση: Οι ψηφιακές τεχνολογίες, όπως η ρομποτική και ο αυτοματισμός, εφαρμόζονται στις αποθήκες για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών αποθήκευσης και ανάκτησης, μειώνοντας τον χρόνο χειρισμού και διασφαλίζοντας την ασφάλεια των προϊόντων.

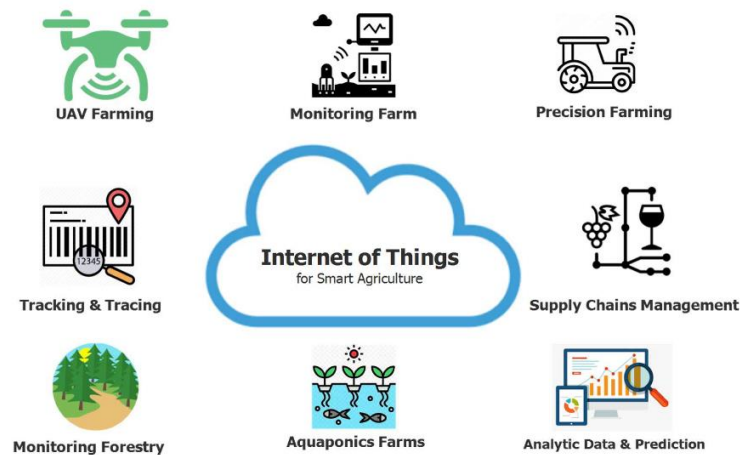
Οι εφαρμογές με χρήση τεχνολογιών και η αφοσίωση των καταναλωτών: Οι εφαρμογές όπως κινητής τεχνολογίας που επιτρέπουν στους καταναλωτές να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τα γεωργικά προϊόντα που αγοράζουν, συμπεριλαμβανομένης της προέλευσης του προϊόντος, του διατροφικού περιεχομένου και των μεθόδων παραγωγής, ενισχύοντας την αφοσίωση και τη διαφάνεια των ελετών.

Με την ενσωμάτωση σε πρακτικές και τεχνολογίες ψηφιακής εφοδιαστικής, η αγροτροφική αλυσίδα μπορεί να επιτύχει την βελτιωμένη αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, με μειωμένα απόβλητα, τη βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων και τη καλύτερη ικανοποίηση των καταναλωτών. Αυτές οι εξελίξεις συμβάλλουν σε μια πιο βιώσιμη και ανθεκτική γεωργική αλυσίδα εφοδιασμού ενόψει των συνεχώς μεταβαλλόμενων απαιτήσεων και προκλήσεων της αγοράς.

1.2.5 Παραδείγματα υποδομής τεχνολογίας αισθητήρων (IoT) στα Agrolologists

Οι αισθητήρες Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) διαδραματίζουν ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη αγροτροφική αλυσίδα εφοδιασμού, παρέχοντας δεδομένα και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τη βελτιστοποίηση διαφόρων πτυχών της γεωργικής αλυσίδας εφοδιασμού. Μερικοί βασικοί τομείς όπου οι αισθητήρες IoT χρησιμοποιούνται συνήθως στα agrolologists :

Η παρακολούθηση της θερμοκρασίας και υγρασίας: Οι αισθητήρες IoT χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των επιπέδων της θερμοκρασίας και υγρασίας σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης, σε οχήματα μεταφοράς, ακόμη και στο χώρο παραγωγής. Κρίσιμη διαδικασία για τη διατήρηση της ποιότητας και της φρεσκάδας των ευπαθών αγαθών όπως τα φρούτα, τα λαχανικά και τα γαλακτοκομικά προϊόντα.



(Σχήμα 4– οι τεχνολογίες IoT στις λειτουργίες εφοδιαστικής γεωργικών προϊόντων).

Η παρακολούθηση μέσω GPS: Οι αισθητήρες IoT με δυνατότητα GPS¹⁹ χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της θέσης των γεωργικών προϊόντων κατά τη μεταφορά. Σημαντική βοήθεια στη βελτιστοποίηση της διαδρομής, στη μείωση του χρόνου διέλευσης και στη διασφάλιση ότι τα αγαθά παραδίδονται στο σωστό μέρος διανομής.

Η παρακολούθηση της φυσικής κατάστασης: Οι αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν τις συνθήκες που μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα των γεωργικών προϊόντων, όπως κραδασμούς λόγω μεταφοράς και τη έκθεση τους σε φυσικό περιβάλλον όπως το φως. Παράδειγμα, αποστολή ειδοποιήσεων στους χειριστές εάν ένα φορτίο με ευαίσθητα προϊόντα υφίσταται την προβλεπόμενη μεταχείριση.

Η παρακολούθηση της υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους: Στη γεωργία ακριβείας, οι αισθητήρες IoT αναπτύσσονται στο χώρο παραγωγής για την παρακολούθηση των επιπέδων υγρασίας του εδάφους και της περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση των πρακτικών στις διαδικασίες όπως άρδευσης και λίπανσης, οδηγώντας σε βελτιωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών και αποδοτικότητα των πόρων.

Η παρακολούθηση της φυσικής υγείας των καλλιεργειών: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να ενσωματωθούν στο αγρόκτημα για την παρακολούθηση της υγείας των καλλιεργειών. Μπορούν να ανιχνεύσουν τα σημάδια των παρασίτων, ασθενειών και ελλείψεων σε θρεπτικά συστατικά, επιτρέποντας στους παράγωγους να λάβουν έγκαιρα μέτρα για την προστασία των καλλιεργειών τους.

Η διαχείριση των αποθεμάτων: Σε αποθηκευτικούς χώρους και σε κέντρα διανομής, χρησιμοποιούνται αισθητήρες IoT για την παρακολούθηση των επιπέδων του αποθέματος. Σημαντική βοήθεια για την αποτελεσματική διαχείριση αποθεμάτων και διασφαλίζει ότι τα προϊόντα είναι άμεσα διαθέσιμα στα καταλληλά χρονικά διαστήματα.

Η περιβαλλοντική παρακολούθηση: Οι αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η ποιότητα του αέρα, τα επίπεδα CO₂ και η ένταση φωτός σε εγκαταστάσεις ελεγχόμενης γεωργίας περιβάλλοντος (CEA), όπως θερμοκήπια και κάθετες παράγωγες. Αυτά επιτρέπουν τον ακριβή έλεγχο των συνθηκών καλλιέργειας.

Η παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών: Οι αισθητήρες IoT παρέχουν δεδομένα καιρικών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με διαδικασίες όπως τη φύτευση, τη συγκομιδή και την προστασία των καλλιεργειών. Μπορούν να προβλέψουν ακραία καιρικά φαινόμενα και να βοηθήσουν τους παράγωγους να προγραμματίσουν ανάλογα τις εργασίες.

Η ορατότητα στη εφοδιαστική αλυσίδα: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να παρέχουν από άκρο σε άκρο ορατότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού, από το αγρόκτημα στον καταναλωτή. Αυτή η διαφάνεια

¹⁹ GPS (Global Positioning System), είναι παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, ακίνητου ή κινούμενου χρήστη, το οποίο βασίζεται σε ένα σύνολο δορυφόρων της Γης, εφοδιασμένων με ειδικές συσκευές εντοπισμού, οι οποίες ονομάζονται πομποδέκτες GPS. Οι πομποδέκτες αυτοί παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Επίσης, σε συνδυασμό με ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης μπορούν να απεικονίσουν γραφικά τις πληροφορίες αυτές Wikipedia (2023).

βοηθά στη μείωση της σπατάλης τροφίμων, στη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας και στη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων διατροφής.

Η ανάλυση των δεδομένων: Οι αισθητήρες IoT παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων και μπορούν να εφαρμοστούν σε προηγμένα αναλυτικά στοιχεία σε αυτά τα δεδομένα για να εξαχθούν πολύτιμες πληροφορίες. Οι αλγόριθμοι μηχανικής εκμάθησης μπορούν να προβλέψουν μεταξύ άλλων τις αποδόσεις των καλλιεργειών, τα κρούσματα ασθενειών και τους βέλτιστους χρόνους φύτευσης.

Η αμεσότητα των ειδοποιήσεων: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να στέλνουν ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο μέσω εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας είτε άλλων καναλιών επικοινωνίας. Αυτό επιτρέπει στους παράγωγους στους επαγγελματίες των logistics να ανταποκρίνονται γρήγορα σε τυχόν ζητήματα είτε αποκλίσεις από τις βέλτιστες συνθήκες.

Η χρήση υποδομής με αισθητήρες τεχνολογίας IoT αποτελούν ένα σημαντικό συστατικό της σύγχρονης αγροτροφικής αλυσίδας εφοδιασμού, επιτρέποντας πιο αποτελεσματική και βιώσιμη γεωργία και διαχείριση της αλυσίδα εφοδιασμού. Σημαντική βοήθεια στους παράγωγους και τις αγροτικές επιχειρήσεις, συνεταιρισμούς να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων που βελτιώνουν την παραγωγικότητα τους, να μειώνουν το κόστος και βελτιώνουν την ποιότητα των γεωργικών προϊόντων.

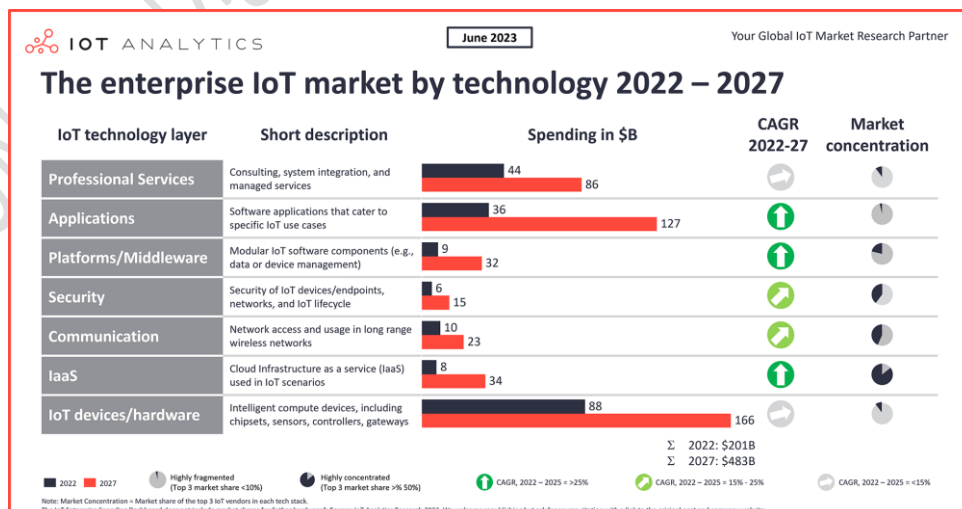
2. Κεφάλαιο Δεύτερο: Το Διαδίκτυο των πραγμάτων και Εφοδιαστική Αλυσίδα

Το διαδίκτυο των πραγμάτων, έχει άμεσο οικονομικό αντίκτυπο 1,9 τρισεκατομμυρίων δολαρίων στην εφοδιαστική και την αλυσίδα εφοδιασμού μέσα στα επόμενα πέντε χρόνια.

Η λειτουργία σε τρία επίπεδα το συνδεδεμένο υλικό, τη υποδομή που διευκολύνει την ανταλλαγή δεδομένων και την επεξεργασία και το επίπεδο λογισμικού, - όπως ένα όχημα παράδοσης, ένα καλάθι παραλαβής ή αντικείμενα αποθέματος μπορεί δυνητικά γίνετε ανιχνεύσιμοι.

Εξοπλισμένες με λύσεις IoT, οι επιχειρήσεις του τομέα παραγωγής, αποθήκευσης και μεταφορών μπορούν να παρακολουθούν τον τόπο των αγαθών σε πραγματικό χρόνο και να διασφαλίζουν ότι φθάνουν στον σωστό χρόνο και τόπο και σε κατάλληλη κατάσταση. Επιπλέον, οι λύσεις IoT επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να εκτιμούν τη ζήτηση βάσει ιστορικών δεδομένων και να αυτοματοποιούν την ανανέωση αποθεμάτων.

Ο αριθμός των παγκόσμιων ενεργών συνδέσεων IoT αυξήθηκε κατά 18% το 2022 σε 14,4 δισεκατομμύρια ενεργά τελικά σημεία IoT. Το 2023, το IoT Analytics αναμένει ότι ο παγκόσμιος αριθμός συνδεδεμένων συσκευών IoT θα αυξηθεί άλλο 16% στα 16,7 δισεκατομμύρια. Ενώ η ανάπτυξη το 2023 προβλέπεται να είναι ελαφρώς χαμηλότερη από ό,τι ήταν το 2022, οι συνδέσεις συσκευών IoT αναμένεται να συνεχίσουν να αυξάνονται για πολλά χρόνια. (Το IoT Analytics, που ιδρύθηκε και δραστηριοποιείται στη Γερμανία, είναι ένας κορυφαίος παγκόσμιος πάροχος πληροφοριών αγοράς και στρατηγικής επιχειρηματικής ευφυΐας για το IoT, AI, Cloud, Edge και Industry 4.0. <https://iot-analytics.com/>)



Πίνακας 1: Ιουνιος 2023 Πηγη: <https://iot-analytics.com/how-enterprise-iot-market-is-evolving/>

2.1 Το Διαδίκτυο των πραγμάτων - Internet of things (IoT)

Με το ορό Διαδίκτυο των Πραγμάτων - Internet of Things (IoT), ορίζουμε ένα σύνολο συσκευών, οχημάτων, οικιακών συσκευών και άλλων στα οποία είναι ενσωματωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα, λογισμικό, αισθητήρες, σε συνδυασμό με μια δικτυακή συνδεσιμότητα η οποία επιτρέπει στα αντικείμενα να διασυνδέονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα με εφαρμογές και πλατφόρμες. Κάθε αντικείμενο έχει μοναδική ταυτοποίηση και μπορεί να αλληλεπιδρά με την υφιστάμενη υποδομή του διαδικτύου. Όταν αναφερόμαστε σε συσκευές όπως οικιακές συσκευές, οχήματα, φορητές συσκευές, βιομηχανικά μηχανήματα και άλλα. Ο πρωταρχικός στόχος της τεχνολογίας IoT είναι να επιτρέψει σε αυτές τις συσκευές να επικοινωνούν, να μοιράζονται πληροφορίες και να εκτελούν ενέργειες χωρίς να απαιτείται άμεση ανθρώπινη παρέμβαση.

Να αναφερθούμε σε ορισμένα από τα βασικά στοιχεία της τεχνολογίας IoT περιλαμβάνουν:

Οι συσκευές και αισθητήρες: Τα φυσικά αντικείμενα που είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες, ενεργοποιητές και δυνατότητες επικοινωνίας για τη συλλογή και μετάδοση δεδομένων. Οι αισθητήρες μπορούν να μετρήσουν διάφορα χαρακτηριστικά όπως θερμοκρασία, υγρασία, φως, κίνηση και άλλα.

Η συνδεσιμότητα: Οι συσκευές IoT χρειάζονται έναν τρόπο μετάδοσης δεδομένων σε κεντρικά συστήματα ή άλλες συσκευές. Αυτό επιτυγχάνεται συχνά μέσω διαφόρων επιλογών συνδεσιμότητας όπως Wi-Fi²⁰, δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, Bluetooth²¹, Zigbee²², LoRa²³ και το LoRaWAN²⁴, κ.α.

Η επεξεργασία των δεδομένων και η ανάλυση: Τα δεδομένα που συλλέγονται από συσκευές IoT είναι συνήθως σε μεγάλο όγκο. Οι πλατφόρμες επεξεργασίας δεδομένων και ανάλυσης χρησιμοποιούνται για να κατανοήσουν αυτά τα δεδομένα, να εξαγάγουν τις πολύτιμες πληροφορίες και να ενεργοποιήσουν τις κατάλληλες ενέργειες.

Το Cloud Computing²⁵: Οι συσκευές IoT συχνά βασίζονται σε πλατφόρμες που βασίζονται σε υπολογιστικό νέφος (cloud computing) για αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων. Το υπολογιστικό νέφος είναι η διάθεση υπολογιστικών πόρων μέσω διαδικτύου, από τα κεντρικά συστήματα που βρίσκονται απομακρυσμένα, τα οποία εξυπηρετούν αυτοματοποιώντας τις διαδικασίες, παρέχοντας ευκολίες και ευελιξία σύνδεσης. Οι υπηρεσίες cloud παρέχουν επεκτασιμότητα και υπολογιστικούς πόρους που είναι απαραίτητοι για τη διαχείριση του μεγάλου όγκου δεδομένων που παράγονται από συσκευές IoT.

²⁰ Το Wi-Fi είναι μια οικοσύστημα τεχνολογιών ασύρματης δικτύωσης, βασισμένη στην οικογένεια προτύπων IEEE 802.11, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για την δικτύωση τοπικής περιοχής συσκευών και πρόσβαση στο διαδίκτυο Wikipedia (2023).

²¹ Το Bluetooth είναι ένα πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα υπολογιστών (Wireless Personal Area Networks, WPAN). Πρόκειται για μια ασύρματη τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία μικρών αποστάσεων, η οποία μπορεί να μεταδώσει σήματα μέσω μικροκυμάτων σε ψηφιακές συσκευές. Το Bluetooth λειτουργεί στο φάσμα συχνοτήτων των 2,4 GHz, ώστε οι συσκευές που το ενσωματώνουν να μπορούν να λειτουργήσουν απροβλημάτιστα σε οποιοδήποτε σημείο. Επιτρέπει τις απευθείας συνδέσεις από συσκευή προς συσκευή (point to point).

²² Το Zigbee βασίζεται στο IEEE 802.15.4 για μια σειρά πρωτοκόλλων επικοινωνίας υψηλού επιπέδου που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία δικτύων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, χαμηλής ταχύτητας δεδομένων και κοντινής απόστασης. Η χαμηλή του κατανάλωση ενέργειας περιορίζει τις αποστάσεις μετάδοσης στα 10–100 μέτρα οπτικής επαφής, ανάλογα με την ισχύ εξόδου και τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά Wikipedia (2023).

²³ Το LoRa (short for long range) είναι μια τεχνική διαμόρφωσης φάσματος εξάπλωσης που προέρχεται από την τεχνολογία εξαπλωμένου φάσματος chirp (CSS). Το LoRa είναι μια ασύρματη πλατφόρμα μεγάλης εμβέλειας, χαμηλής ισχύος που έχει γίνει η de facto ασύρματη πλατφόρμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) Wikipedia (2023).

²⁴ Το LoRaWAN (Wide Area Network) ορίζεται το πρωτόκολλο επικοινωνίας και την αρχιτεκτονική του συστήματος. Το LoRaWAN είναι ένα επίσημο πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (ITU), ITU-T Y.4480. Η συνεχής ανάπτυξη του πρωτοκόλλου LoRaWAN διαχειρίζεται η ανοιχτή, μη κερδοσκοπική LoRa Alliance. Το LoRa και το LoRaWAN ορίζουν ένα πρωτόκολλο δικτύωσης χαμηλής ισχύος, ευρείας περιοχής (LPWA) που έχει σχεδιαστεί για την ασύρματη σύνδεση συσκευών που λειτουργούν με μπαταρία στο Διαδίκτυο σε περιφερειακά, εθνικά ή παγκόσμια δίκτυα και στοχεύει σε βασικές απαιτήσεις Internet of things (IoT), όπως αμφίδρομη υπηρεσίες επικοινωνίας, από άκρο σε άκρο ασφάλειας, κινητικότητας και εντοπισμού. Ο ρυθμός δεδομένων LoRaWAN κυμαίνεται από 0,3 kbit/s έως 50 kbit/s ανά κανάλι Wikipedia (2023).

²⁵ Το υπολογιστικό νέφος (cloud computing) είναι η διάθεση υπολογιστικών πόρων μέσω διαδικτύου (π.χ. servers, apps κλπ), από κεντρικά συστήματα που βρίσκονται απομακρυσμένα από τον τελικό χρήστη, τα οποία τον εξυπηρετούν αυτοματοποιώντας διαδικασίες, παρέχοντας ευκολίες και ευελιξία σύνδεσης

Το Machine learning (ML)²⁶ και Artificial intelligence (AI)²⁷: Οι προηγμένες εφαρμογές IoT ενσωματώνουν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης για τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών που βασίζονται στην ανάλυση δεδομένων.

Η ασφάλεια και το απόρρητο των πληροφοριών : Καθώς οι συσκευές IoT συλλέγουν ευαίσθητα δεδομένα και αλληλεπιδρούν με τον φυσικό κόσμο, η διασφάλιση της ασφάλειας και η προστασία του απορρήτου των δεδομένων συνεχώς καθίσταται πια ζωτικής σημασίας. Μέτρα διασφάλισης όπως η κρυπτογράφηση, ο έλεγχος ταυτότητας και πιο ασφαλή πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται για τον μετριασμό των κινδύνων.

Η ενεργοποιητές και συστήματα ελέγχου: Εκτός από τη συλλογή δεδομένων, οι συσκευές IoT μπορούν επίσης να εξοπλιστούν με ενεργοποιητές που τους επιτρέπουν να εκτελούν τις ενέργειες ως απάντηση στην ανάλυση δεδομένων. Παράδειγμα, ένας έξυπνος θερμοστάτης μπορεί να ρυθμίσει τη θερμοκρασία με βάση την είσοδο από διάφορους αισθητήρες.

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία IoT έχει πια ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε διάφορους κλάδους: Τα έξυπνα σπίτια: Έξυπνοι θερμοστάτες, έξυπνος φωτισμός και τα συστήματα οικιακής ασφάλειας που μπορούν να ελεγχθούν εξ αποστάσεως.

Η υγειονομική περιθαλψη: Φορητές συσκευές που παρακολουθούν τα ζωτικά σημεία, έξυπνοι διανομείς χαπιών και συστήματα απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών.

Στα οχήματα μεταφοράς: Συνδεδεμένα οχήματα που συλλέγουν δεδομένα για την απόδοση του οχήματος, τις συνθήκες κυκλοφορίας και τη συμπεριφορά του οδηγού.

Το βιομηχανικό Internet of things (IIoT): Τα βιομηχανικά μηχανήματα και ο εξοπλισμός με αισθητήρες για την προγνωστική συντήρηση, τη βελτιστοποίηση διαδικασιών και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο.

Η γεωργία ακρίβειας : Έξυπνες γεωργικές λύσεις, συμπεριλαμβάνει τη παρακολούθηση του εδάφους, του ελέγχου της άρδευσης και της διαχείρισης των ζώων.

Οι έξυπνες πόλεις: Παρακολούθηση της υποδομής, τη διαχείριση απορριμμάτων και βελτιστοποίηση ενέργειας για τη δημιουργία πιο αποδοτικών και βιώσιμων αστικών περιβαλλόντων.

Η τεχνολογία IoT έχει τη δυνατότητα να επιφέρει πια σημαντικές προόδους σε διάφορους τομείς, επιτρέποντας την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων, τον αυτοματισμό και τις βελτιωμένες εμπειρίες των χρηστών.

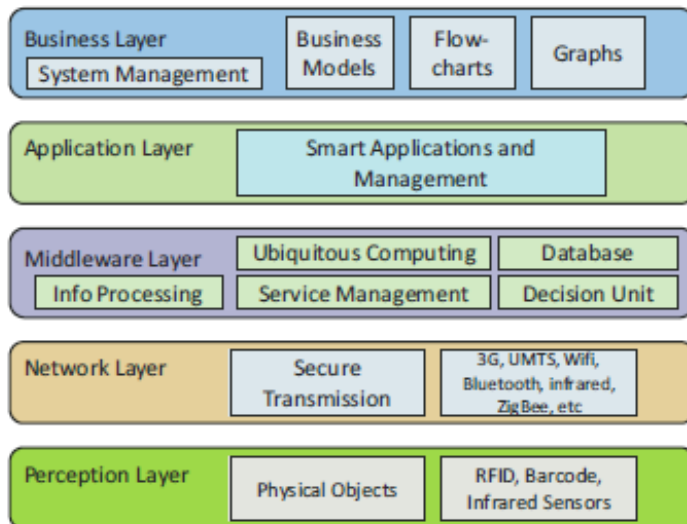
Η αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT)

Η αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) είναι ένα δομημένο πλαίσιο που περιγράφει πώς οι συσκευές, τα δίκτυα, τα δεδομένα και οι εφαρμογές IoT αλληλεπιδρούν και λειτουργούν μεταξύ τους. Το πλαίσιο που έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει την απρόσκοπτη ενοποίηση των συσκευών, της επεξεργασίας δεδομένων, της επικοινωνίας και των εφαρμογών με ένα επεκτάσιμο και αποτελεσματικό τρόπο. Μια τυπική αρχιτεκτονική IoT αποτελείται από τα ακόλουθα επίπεδα:

Επίπεδο αντίληψης (Sensing Layer): Αυτό είναι το κάτω επίπεδο της αρχιτεκτονικής όπου βρίσκονται οι φυσικές συσκευές, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές. Αυτές οι συσκευές συλλέγουν δεδομένα από το περιβάλλον και τα στέλνουν στο επόμενο επίπεδο για την επεξεργασία. Το επίπεδο αντίληψης είναι υπεύθυνο για την απόκτηση δεδομένων, τη μετατροπή των φυσικών σημάτων σε ψηφιακά δεδομένα και τη περαιτέρω μετάδοσή τους.

²⁶ Μηχανική μάθηση (ML) είναι υποπεδίο της επιστήμης των υπολογιστών, διερευνά τη μελέτη και την κατασκευή αλγορίθμων που μπορούν να μαθαίνουν από τα δεδομένα και να κάνουν προβλέψεις σχετικά με αυτά. Τέτοιοι αλγόριθμοι λειτουργούν κατασκευάζοντας μοντέλα από πειραματικά δεδομένα, προκειμένου να κάνουν προβλέψεις βασιζόμενες στα δεδομένα ή να εξάγουν αποφάσεις που εκφράζονται ως το αποτέλεσμα.

²⁷ Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) είναι η νοημοσύνη μηχανών ή λογισμικού, σε αντίθεση με τη νοημοσύνη ανθρώπων ή ζώων. Είναι επίσης το πεδίο σπουδών στην επιστήμη των υπολογιστών που αναπτύσσει και μελετά ευφυείς μηχανές. Τα διάφορα υποπεδία της έρευνας της τεχνητής νοημοσύνης επικεντρώνονται γύρω από συγκεκριμένους στόχους και τη χρήση συγκεκριμένων εργαλείων. Οι παραδοσιακοί στόχοι της έρευνας της τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν συλλογισμό, αναπαράσταση γνώσης, σχεδιασμό, μάθηση, επεξεργασία φυσικής γλώσσας, αντίληψη και υποστήριξη για τη ρομποτική.



Σχημα 5 - Η τυπική αρχιτεκτονική IoT

Επίπεδο δικτύου: Το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών στο επίπεδο αντίληψης και των ανώτερων στρωμάτων της αρχιτεκτονικής. Περιλαμβάνει τα διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας και τεχνολογίες όπως Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, LoRa κ.λπ. Αυτό το επίπεδο εξασφαλίζει αξιόπιστη και αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων.

Επίπεδο Middleware : Το επίπεδο middleware λειτουργεί ως γέφυρα

μεταξύ των συσκευών και του επιπέδου εφαρμογών. Χειρίζεται τις εργασίες όπως το φιλτράρισμα των δεδομένων, τη μεταλλαγή, τη συνάθροιση και τη δρομολόγηση. Αυτό το επίπεδο είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας του χειρισμού δεδομένων από διάφορες συσκευές ώστε να τα καταστήσει προσβάσιμα σε υψηλότερα επίπεδα.

Επίπεδο εφαρμογής (Application Layer): Το επίπεδο εφαρμογής είναι το σημείο όπου πραγματοποιείται η πραγματική αξία του IoT. Περιλαμβάνει διάφορες εφαρμογές, υπηρεσίες και πλατφόρμες που αξιοποιούν τα δεδομένα που συλλέγονται από συσκευές για να παρέχουν πληροφορίες, αυτοματισμούς και εργασίες στο χρήστη. Αυτό το επίπεδο μπορεί να περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως η απομακρυσμένη παρακολούθηση, η πρόβλεψη συντήρησης, τα έξυπνα σπίτια, ο βιομηχανικός αυτοματισμός, οι λύσεις υγειονομικής περίθαλψης και άλλα.

Επιχειρηματικό Επίπεδο (Business Layer): Αυτό το επίπεδο ασχολείται με πτυχές επιχειρηματικής λογικής, της λήψης αποφάσεων και διακυβέρνησης της ανάπτυξης του IoT. Περιλαμβάνει την ανάλυση των πληροφοριών που δημιουργούνται από το επίπεδο εφαρμογής για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων, τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών και την αύξηση της επιχειρηματικής αξίας.

Επίπεδο ασφάλειας και απορρήτου (Security and Privacy Layer): Λόγω της ευαίσθητης φύσης των δεδομένων IoT και των πιθανών επιπτώσεών τους στα φυσικά συστήματα, η ασφάλεια και το απόρρητο των δεδομένων είναι πρωταρχικής σημασίας. Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει μηχανισμούς ασφαλείας όπως κρυπτογράφηση, έλεγχος ταυτότητας, έλεγχος πρόσβασης και παρακολούθηση για την προστασία των δεδομένων και την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή κακόβουλων δραστηριοτήτων.

Επίπεδο των Analytics (Analytics Layer) : Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει την επεξεργασία και την ανάλυση των συλλεγόμενων δεδομένων για τη λήψη σημαντικών πληροφοριών. Χρησιμοποιεί τεχνικές από την ανάλυση δεδομένων, τη μηχανική μάθηση και την τεχνητή νοημοσύνη για τον εντοπισμό προτύπων, ανωμαλιών, τάσεων και συσχετισμών στα δεδομένα.

Το Cloud /Edge Computing Layer: Λόγω του τεράστιου όγκο δεδομένων που παράγονται από συσκευές IoT, το cloud και το edge computing διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο. Οι υπηρεσίες cloud παρέχουν επεκτάσιμες δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας, ενώ ο υπολογισμός άκρων επιτρέπει την επεξεργασία δεδομένων που εφαρμόζεται πιο κοντά στις συσκευές, μειώνοντας τον λανθάνοντα χρόνο και ενισχύοντας την επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο.

Η παραπάνω αρχιτεκτονική αναφέρεται σε ένα γενικό πλαίσιο, οι υλοποιήσεις του IoT μπορεί να διαφέρουν ευρέως ανάλογα με τη συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης εφαρμογής και του κλάδου. Ορισμένες εφαρμογές μπορεί να βασίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό στον υπολογισμό του edge computing, ενώ άλλες μπορεί να επικεντρώνονται σε αναλύσεις των δεδομένων και πληροφορίες. Σημαντικό είναι η αρχιτεκτονική να έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι ευέλικτη και προσαρμόσιμη για να δέχεται διάφορα σενάρια εφαρμογής .

Η αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) για τα agrolologists, έχει σχεδιαστεί για να παρέχει σε ειδικούς των agrolologists τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, πληροφορίες και αυτοματοποίηση για τη βελτιστοποίηση των γεωργικών διαδικασιών, τη βελτίωση αποδόσεις των καλλιεργειών και διαχείριση των πόρων πιο αποτελεσματικά.

Σε επίπεδο ανίχνευσης(Sensing Layer):

Οι συσκευές αισθητήρων (Edge Devices): Ανάπτυξη διάφορων αισθητήρων, όπως αισθητήρες καιρού, αισθητήρες υγρασίας εδάφους, αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας, ιχνηλάτες GPS και drones για τη συλλογή δεδομένων από το γεωργικό πεδίο.

Οι Ενεργοποιητές: Εφαρμογή με ενεργοποιητές όπως σε συστήματα άρδευσης, συστήματα λίπανσης και αυτοματοποιημένα μηχανήματα για την εκτέλεση ενεργειών με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται. Συσκευές που μπορούν να αναλάβουν δράση βάσει δεδομένων αισθητήρων ή απομακρυσμένων εντολών, π.χ. έναρξη μιας άρδευσης ή ρύθμιση εξοπλισμού αποθήκης.

Σε επίπεδο δικτύου (Network Layer):

Η Συνδεσιμότητα: Χρήση των ασύρματων τεχνολογιών όπως LoRa, Zigbee, κυψελωτων δικτύων και τη επικοινωνία και την δημιουργία συνδεσιμότητας μεταξύ των κόμβων αισθητήρων και του κεντρικού συστήματος.

Επικοινωνία μικρής εμβέλειας: Τεχνολογίες όπως το Zigbee, το Wi-Fi και το Bluetooth χρησιμοποιούνται για επικοινωνία δεδομένων σε μικρές αποστάσεις.

Επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας: Τεχνολογίες όπως το LoRaWAN, το NB-IoT²⁸ ή τα κυψελωτά δίκτυα χειρίζονται την επικοινωνία δεδομένων σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Οι Συσκευές πύλης(Gateways): Χρησιμοποιήστε συσκευές πύλης για τη συγκέντρωση και τη μετάδοση δεδομένων από αισθητήρες στους διακομιστές cloud είτε edge.

Το επίπεδο υπολογισμού (Edge Computing Layer) :

Η αρχική επεξεργασία δεδομένων, η ανάλυση και το φιλτράρισμα μπορούν να εκτελεστούν κοντά στην πηγή δεδομένων για να μειωθεί ο φόρτος σε κεντρικούς διακομιστές και να επιταχυνθεί η λήψη αποφάσεων.

Η τοπική επεξεργασία: Επεξεργασία των δεδομένων στην άκρη για να μειωθεί η καθυστέρηση και να γίνει λήψη άμεσων αποφάσεων, ειδικά για τις εργασίες ευαίσθητες στο χρόνο, όπως ο έλεγχος άρδευσης.

Το φιλτράρισμα δεδομένων: Φιλτράρισμα και η προ επεξεργασία των δεδομένων για να μειωθεί ο όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται στο cloud, βελτιστοποιώντας τη χρήση μιας εύρους ζώνης.

Επίπεδο Cloud Computing (Edge Computing Layer) :

Η αποθήκευση δεδομένων: Αποθήκευση των συλλεγμένων δεδομένων σε βάσεις δεδομένων σε υποδομή cloud, επιτρέποντας την ανάλυση ιστορικών δεδομένων και τον προσδιορισμό τάσεων.

Οι αναλύσεις δεδομένων: Εφαρμογή με χρήση αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και εργαλεία ανάλυσης για να εντοπιστούν τα πρότυπα, συσχετίσεις και απώλειες στα δεδομένα.

Η απεικόνιση (Visualization): Δημιουργία σε εργαλεία και οπτικές αναπαραστάσεις δεδομένων για την παροχή στους ειδικούς των agrologists εύκολης και κατανοητής συγκέντρωσης πληροφοριών.

Επίπεδο εφαρμογής(Application Layer) :

Η δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από αισθητήρες.

Η διαχείριση των καλλιεργειών: Παροχή εργαλείων για την παρακολούθηση της φυσικής κατάστασης των καλλιεργειών, της ανάπτυξης και των προσβολών από παράσιτα χρησιμοποιώντας δεδομένα από αισθητήρες και drones.

Η διαχείριση της άρδευσης: Αυτοματοποίηση την άρδευσης με βάση τα δεδομένα υγρασίας του εδάφους για να εξασφαλίσετε τη βέλτιστη χρήση του νερού.

Η βελτιστοποίηση της λίπανσης: Χρήση με βέλτιστα προγράμματα λίπανσης με βάση τα επίπεδα θρεπτικών στοιχείων του εδάφους και τις ανάγκες των καλλιεργειών.

Η Πρόβλεψη καιρού: Ενσωμάτωση με δεδομένα καιρού για να παρέχει ακριβείς προβλέψεις και να βοηθήσει στον προγραμματισμό των γεωργικών δραστηριοτήτων.

Στα συστήματα Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας: Ενοποίηση με τα υπάρχοντα συστήματα για τη βελτιστοποίηση και τον εξορθολογισμό της αλυσίδας εφοδιασμού.

Επιχειρησιακό επίπεδο (Business Layer):

Την υποστήριξη των αποφάσεων: Δώστε τη δυνατότητα στους ειδικούς των agrologists να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις παρέχοντάς τους αξιόπιστες ιδέες που προέρχονται από την ανάλυση δεδομένων.

²⁸ Το Narrowband Internet of things (NB-IoT) είναι ένα ραδιοτεχνολογικό πρότυπο χαμηλής κατανάλωσης ευρείας περιοχής δικτύου (LPWAN) που αναπτύχθηκε από το 3GPP για συσκευές και υπηρεσίες κυψελοειδούς δικτύου. Το NB-IoT εστιάζει ειδικά στην κάλυψη εσωτερικών χώρων, το χαμηλό κόστος, τη μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και την υψηλή πυκνότητα σύνδεσης. Το NB-IoT χρησιμοποιεί ένα υποσύνολο του προτύπου LTE, αλλά περιορίζει το εύρος ζώνης σε μια στενή ζώνη των 200 kHz. Οι εφαρμογές IoT που απαιτούν πιο συχνές επικοινωνίες θα εξυπηρετούνται καλύτερα από το LTE-M, το οποίο δεν έχει περιορισμούς κύκλου λειτουργίας που λειτουργούν στο αδειοδοτημένο φάσμα

Η διαχείριση των διαθέσιμων πόρων: Βελτιστοποιήστε την κατανομή των πόρων, συμπεριλαμβανομένου του νερού, των λιπασμάτων και της ενέργειας, για να ελαχιστοποιήσετε τη σπατάλη και το κόστος.

Το σχεδιασμό των καλλιεργειών: Βοηθήστε στην περίοδο καλλιεργειών, τα χρονοδιαγράμματα φύτευσης και άλλες στρατηγικές αποφάσεις που βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα και προβλέψεις.

Επίπεδο ασφάλειας και απορρήτου (Security and Privacy Layer):

Η ασφάλεια των δεδομένων: Εφαρμογή με μηχανισμούς κρυπτογράφησης, ελέγχου της πρόσβασης και ελέγχου ταυτότητας για την προστασία ευαίσθητων γεωργικών δεδομένων. Διασφάλιση της εμπιστευτικότητας και της ακεραιότητας των δεδομένων κατά την αποθήκευση και τη μετάδοση.

Η ασφάλεια των συσκευών : Διασφάλιση την ασφάλεια των συσκευών IoT για να αποτρέψετε μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και παραβίαση σε συγκεκριμένα δεδομένα ή στοιχεία ελέγχου.

Επίπεδο επικοινωνίας (Communication Layer):

Οι ειδοποιήσεις και μηνύματα: Η αποστολή ειδοποιήσεων σε πραγματικό χρόνο σε ειδικούς των agrologists και αγρότες σχετικά με τα κρίσιμα γεγονότα όπως όπως δυσμενείς καιρικές συνθήκες ή προβλήματα άρδευσης.

Μα αρχιτεκτονική IoT για τα agrologists που να στοχεύει στην αποτελεσματική συλλογή δεδομένων από τη γεωργική αλυσίδα εφοδιασμού, την επεξεργασία τους για την απόκτηση γνώσεων και τη λήψη μέτρων για τη βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ασφάλεια και την αξιοπιστία του συστήματος. Σημαντικό είναι να προσαρμόζεται η αρχιτεκτονική με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες και προκλήσεις του εν λόγω αλυσίδα αγροτροφικού τομέα .

2.1.0 Στατιστικά στοιχεία για την τεχνολογία του Διαδίκτυου των Πραγμάτων (IoT)

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αναφέρεται σε σύνολο δίκτυου διασυνδεδεμένων φυσικών συσκευών, όπως οχημάτων, κτιριακών υποδομών και άλλων συσκευών ενσωματωμένων με αισθητήρες, λογισμικό και τη συνδεσιμότητα δικτύου που τους επιτρέπει να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Η τεχνολογία IoT έχει αρχίσει να αποκτά συνεχώς ένα σημαντικό ενδιαφέρον σε διάφορους κλάδους λόγω των δυνατοτήτων που περιέχει η τεχνολογία ώστε να βελτιώνει την αποτελεσματικότητα, να επιτρέπει σε νέες υπηρεσίες και να βελτιώνει τη λήψη αποφάσεων με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Ορισμένα στατιστικά στοιχεία που σχετίζονται με την:

Στοιχεία σχετικά με τη ανάπτυξη της τεχνολογίας IoT:

- Ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών IoT παγκοσμίως προβλέπεται να φτάσει τα 30 δισεκατομμύρια έως το 2025. (Στοιχεία Statista²⁹)
- Το 2020, υπήρχαν περίπου 7,8 δισεκατομμύρια ήδη συσκευές IoT σε χρήση παγκοσμίως. (Στοιχεία Statista³⁰)

Στοιχεία σχετικά με τις δαπάνες πάνω στην τεχνολογία IoT:

- Οι παγκόσμιες δαπάνες για την τεχνολογία IoT αναμένεται να ξεπεράσουν τα 1,1 τρισεκατομμύρια δολάρια έως το 2023. (Ερευνά IDC)
- Οι τομείς των κατασκευών, μεταφορών και των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας είναι οι τρεις κορυφαίοι κλάδοι που αναμένεται να επενδύσουν περισσότερο σε λύσεις IoT. (Ερευνά IDC³¹)

Στοιχεία σχετικά με τις εφαρμογές στην τεχνολογία IoT:

- Η βιομηχανική αγορά σε industrial internet of things (IIoT) αναμένεται να φτάσει σε αξία 310 δισεκατομμυρίων δολαρίων έως το 2023. (Forrester)
- Οι έξυπνες πόλεις αναμένεται να επενδύσουν 124 δισεκατομμύρια δολάρια στην τεχνολογία IoT έως το 2025 για να βελτιώσουν υπηρεσίες όπως η δημόσια ασφάλεια, οι μεταφορές και οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας. (Ερευνά IDC³²)

Στοιχεία σχετικά με τη συνδεσιμότητα IoT:

²⁹ Στοιχεία Statista πηγή: <https://www.statista.com/statistics/668996/worldwide-expenditures-for-the-internet-of-things/>

³⁰ Στοιχεία Statista πηγή <https://www.statista.com/statistics/1194682/iot-connected-devices-vertically/>

³¹ Στοιχεία IDC πηγή: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS50936423>

³² IDC πηγή: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P23432

- Οι συνδέσεις κινητής τηλεφωνίας αναμένεται να φτάσουν περίπου τα 3,5 δισεκατομμύρια έως το 2023. (Ερευνά Ericsson³³)
- Τα δίκτυα ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (LPWAN), μια τεχνολογία που πάνω από το 85% του παγκόσμιου πληθυσμού έως το 2025. (Ερευνά Ericsson³⁴)

Στοιχεία σχετικά με τη ασφάλεια δικτύων IoT:

- Οι ανησυχίες για την ασφάλεια είναι μια σημαντική πρόκληση για την υιοθέτηση της τεχνολογία IoT. Σε μια έρευνα, το 97% των οργανισμών δήλωσε ότι ανησυχεί για την ασφάλεια του IoT. (έρευνα PwC³⁵)
- Μέχρι το 2025, εκτιμάται ότι το 25% των κυβερνοεπιθέσεων θα στοχεύουν συσκευές IoT. (Gartner³⁶)

Στοιχεία σχετικά με το όγκο δεδομένων από την τεχνολογία IoT:

- Ο όγκος των δεδομένων που παράγονται από συσκευές IoT αναμένεται να φτάσει τα 79,4 zettabyte έως το 2025. (Ερευνά IDC³⁷)
- Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης των δεδομένων IoT προβλέπεται να είναι περίπου 28,7% μεταξύ 2020 και 2025. (Ερευνά Statista³⁸)

Στοιχεία σχετικά με τη τεχνολογία IoT στο τομέα της γεωργίας:

- Η αγορά της έξυπνης γεωργίας προβλέπεται να φτάσει σε αξία 15,3 δισεκατομμυρίων δολαρίων έως το 2025. (Allied Market Research³⁹)
- Η γεωργία ακριβείας με δυνατότητα της τεχνολογίας IoT βοηθά τους αγρότες να βελτιστοποιήσουν την απόδοση των καλλιεργειών, να μειώσουν τη σπατάλη πόρων και να βελτιώσουν τη συνολική απόδοση.

Στοιχεία σχετικά με τη υιοθέτηση της τεχνολογίας IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού:

- Το 80% των παγκόσμιων στελεχών πιστεύει ότι οι τεχνολογίες IoT έχουν σημαντικό ή μετασχηματιστικό αντίκτυπο στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. (Accenture⁴⁰)
- Το 58% των κατασκευαστών έχουν ήδη υιοθετήσει την τεχνολογία IoT στις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού τους. (Cerasis)
- Το 76% των επαγγελματιών της εφοδιαστικής αλυσίδας θεωρεί τη βελτιωμένη ορατότητα από άκρο σε άκρο ως το κορυφαίο όφελος της υιοθέτησης του IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού. (Zebra Technologies⁴¹)
- Οι εταιρείες με ισχυρή ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν 39% χαμηλότερα μέσα επίπεδα αποθεμάτων. (Όμιλος Aberdeen⁴²)
- Το 82% των επαγγελματιών της εφοδιαστικής αλυσίδας πιστεύει ότι η παρακολούθηση των περιουσιακών στοιχείων σε πραγματικό χρόνο είναι σημαντική για την επίτευξη των στόχων της εφοδιαστικής αλυσίδας. (Zebra Technologies)

³³ Ερευνά Ericsson πηγή: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/mobile-traffic-forecast>

³⁴ Ερευνά Ericsson πηγή : <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/key-technology-choices-for-optimal-massive-iot-devices>

³⁵ Ερευνά PwC πηγή: <https://www.pwc.com.au/digitalpulse/2019-pwc-iot-survey-trust.html>

³⁶ Ερευνά Gartner πηγή: https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iotEbook_digital.pdf

³⁷ Ερευνά IDC πηγή: <https://blogs.idc.com/2019/11/04/how-you-contribute-to-todays-growing-datasphere-and-its-enterprise-impact/>

³⁸ Ερευνά Statista πηγή: <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>

³⁹ Allied Market Research πηγή: <https://www.alliedmarketresearch.com/smart-agriculture-market>

⁴⁰ Ερευνά Accenture πηγή: <https://www.accenture.com/us-en/insights/supply-chain-operations/technology-vision-supply-chain-perspective>

⁴¹ Ερευνά Zebra Technologies πηγή: <https://www.zebra.com/content/dam/zebra/white-papers/en-us/internet-of-things-en-us.pdf>

⁴² Ερευνά Όμιλος Aberdeen πηγή: <https://www.aberdeen.com/blog-posts/bryan-ball-disruptions-costs-supply-chain-complexities/>

- Η παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων με δυνατότητα τεχνολογίας IoT μπορεί να μειώσει την απώλεια περιουσιακών στοιχείων κατά 20-30%. (DHL και Cisco Consulting Services⁴³)
- Το 46% των επιχειρήσεων της αλυσίδας εφοδιασμού χρησιμοποιεί IoT για προβολή του αποθέματος σε πραγματικό χρόνο. (Zebra Technologies)
- Η διαχείριση αποθεμάτων που βασίζεται στο IoT μπορεί να μειώσει τα μη αποθέματα κατά 30-50% και να μειώσει το πλεονάζον απόθεμα κατά 20-30%. (Gartner⁴⁴)
- Το 42% των επιχειρήσεων χρησιμοποιούν το IoT για την πρόληψη συντήρησης για τη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας και τη βελτιστοποίηση των χρονοδιαγραμμάτων της συντήρησης. (Zebra Technologies)
- Η πρόληψη συντήρησης που υποστηρίζεται από το IoT μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ζωής των περιουσιακών στοιχείων έως και 20-25%. (McKinsey⁴⁵)

Στοιχεία σχετικά με τη αποδοτικότητα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας:

- Η χρήση της τεχνολογίας IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της απόδοσης κατά 20% κατά μέσο όρο. (McKinsey)
- Οι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν IoT για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας παρουσιάζουν μια αύξηση 10-15% στα ποσοστά πλήρωσης παραγγελιών. (Gartner⁴⁶)

Στοιχεία σχετικά με τη συμβολή στην εξοικονόμηση κόστους:

- Η εφαρμογή της τεχνολογίας IoT στις αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση κόστους 10-15% κατά μέσο όρο. (McKinsey)
- Το κόστος της μεταφοράς και της αποθήκευσης μπορεί να μειωθεί κατά 10-40% μέσω της βελτιστοποίησης. (DHL και Cisco Consulting Services)

Στοιχεία σχετικά με τη παρακολούθηση της Ψυχρής Αλυσίδας:

- Η παγκόσμια αγορά για το IoT στα logistics ψυχρής αλυσίδας προβλέπεται να αυξηθεί με CAGR περίπου 18,7% από το 2021 έως το 2028. (Grand View Research⁴⁷)
- Η παρακολούθηση θερμοκρασίας με δυνατότητα IoT διασφαλίζει την ποιότητα και την ασφάλεια των ευπαθών αγαθών κατά τη μεταφορά.

Στοιχεία σχετικά με τη συνεργασία προμηθευτών:

- Το 76% των στελεχών της εφοδιαστικής αλυσίδας πιστεύει ότι το IoT μπορεί να βελτιώσει τη συνεργασία και τις σχέσεις με τους προμηθευτές. (Zebra Technologies)

Τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία μας παρέχουν μια σύντομη επισκόπηση της ανάπτυξης, του αντίκτυπου και των προκλήσεων που σχετίζονται με την τεχνολογία IoT σε διάφορους κλάδους και ειδικά στην αλυσίδα εφοδιασμού. Σημαντικό είναι ότι η τεχνολογία IoT εξελίσσεται συνεχώς και τα αριθμητικά δεδομένα αλλάζουν συνεχώς καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται περαιτέρω.

2.1.1 Το Internet of things (IoT) και οι εφαρμογές σε τομείς στη Εφοδιαστική Αλυσίδα

Το IoT αναμένεται να έχει έναν σημαντικό αντίκτυπο στην ανθρώπινη ζωή, στις επιχειρήσεις και κατ'επέκταση στην ίδια την κοινωνία η οποία θα κληθεί να αντιμετωπίσει τις νέες προκλήσεις από την

⁴³ Ερευνά DHL πηγή:

<https://www.dhl.com/discover/content/dam/dhl/downloads/interim/full/dhl-trend-report-internet-of-things.pdf>

⁴⁴ Ερευνά Gartner πηγή: <https://www.gartner.com/en/documents/3882883>

⁴⁵ Ερευνά McKinsey πηγή: <https://www.gartner.com/en/documents/3882883>

The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity, Ερευνά Gartner πηγή:

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/iot%20value%20set%20to%20accelerate%20through%202030%20where%20and%20how%20to%20capture%20it/the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf>

⁴⁶ Ερευνά Gartner πηγή: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/get-ready-for-iot-in-supply-chain-planning-2>

⁴⁷ Ερευνά Grand View Research πηγή: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cold-chain-market>

εξέλιξη του. Το IoT παρέχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε διάφορους τομείς όπως η Έξυπνη Πόλη (ρύθμιση της κυκλοφορίας, χώρων στάθμευσης, διαχείριση αποβλήτων, παροχή νερού, διαχείριση φωτισμού)τα Έξυπνα σπίτια (Σύστημα Ανίχνευσης εισβολής Intrusion Detection, Σύστημα ανίχνευσης καπνού είτε αερίου Smoke είτε Gas Detection), στη Γεωργία (καλλιέργεια, Drones, Παρακολούθηση ζώων, θερμοκήπια).

Οι παραγωγοί (αγρότες & κτηνοτρόφοι) μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις ασύρματες εφαρμογές του IoT ώστε να συλλέξουν δεδομένα σχετικά με τη θέση, την ευημερία και την υγεία των βοοειδών τους. Οι πληροφορίες τους βοηθούν στον προσδιορισμό των άρρωστων ζώων, ώστε να μπορούν να τα ξεχωρίσουν με αυτό τον τρόπο από το κοπάδι, αποτρέποντας την εξάπλωση της ασθένειας. Επίσης, βοηθάει στην μείωση του κόστους εργασίας δεδομένου ότι μπορούν εύκολα και γρήγορα να εντοπίσουν τα βοοειδή τους με τη βοήθεια αισθητήρων IoT.

Το έξυπνο θερμοκήπιο είναι μια σύγχρονη μέθοδος, που βοηθάει στην ενίσχυση της παραγωγής των λαχανικών, των φρούτων κ.λπ. Τα έξυπνα θερμοκήπια ελέγχουν τις περιβαλλοντικές παραμέτρους μέσω χειροκίνητης διαχείρισης ή ενός ανάλογου αυτοματοποιημένου μηχανισμού ελέγχου. Δεδομένου ότι η χειρωνακτική επέμβαση οδηγεί σε απώλεια παραγωγής, ενεργειακή απώλεια και υψηλό κόστος εργασίας, αυτές οι μέθοδοι είναι λιγότερο αποτελεσματικές. Ένα έξυπνο θερμοκήπιο σχεδιάζεται αποτελεσματικότερα με τη βοήθεια του IoT. Παράδειγμα για τον έλεγχο του περιβάλλοντος, σε ένα έξυπνο θερμοκήπιο υπάρχουν έξυπνοι αισθητήρες που μετρούν τις παραμέτρους σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εγκαταστάσεων.

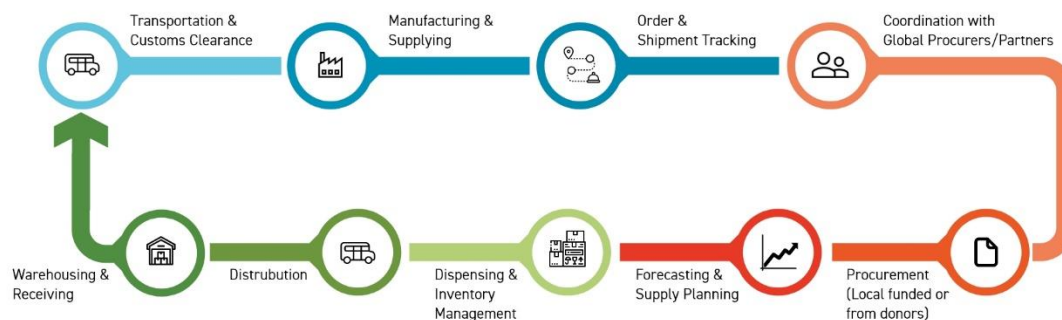
Οι συσκευές των εφαρμογών IoT επικοινωνούν μεταξύ τους, παραμένοντας συνδεδεμένες, με αποτέλεσμα την βέλτιστη ποιότητα και την ταχύτητα της επικοινωνίας. Η αυτοματοποίηση και έλεγχος μεγάλου όγκου δεδομένων οδηγώντας σε ταχύτερη και έγκαιρη παραγωγή των προϊόντων. Οι περισσότερες εφαρμογές IoT χρησιμοποιούν έξυπνους αισθητήρες, ώστε να εξοικονομηθούν κόστος και πολύτιμος χρόνος. Επίσης, δημιουργία νέων επιχειρήσεων, που βασίζονται στη χρήση του IoT, βοηθώντας στην ανάπτυξη της οικονομίας και στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Οι συσκευές προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές, αλλά συσχετίζονται μέσω της τεχνολογίας IoT. Προς το παρόν δεν υπάρχει διεθνής κοινό πρότυπο συμβατότητας για τη σήμανση και την παρακολούθησή τους.

Το IoT αποτελεί ένα ευρύ και πολύπλοκο δίκτυο. Το IoT χρησιμοποιείται από πολλές συσκευές με διαφορετικές τεχνολογίες. Πολλά δεδομένα διαβιβάζονται μέσω των αισθητήρων, συνεπώς υπάρχει ένας προβληματισμός γιατί υπάρχει υψηλός κίνδυνος απώλειας των ιδιωτικών δεδομένων.

2.1.2 Οι Εφαρμογές του IoT στα Logistics

Η παρακολούθηση και η διαχείριση περιουσιακών στοιχείων: Οι αισθητήρες IoT και οι ιχνηλάτες GPS χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της τοποθεσίας και της κατάστασης των περιουσιακών στοιχείων, όπως τα οχήματα, τα εμπορευματοκιβώτια (Containers) και τις αποστολές. Αυτή η συνεχής παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει την καλύτερη ορατότητα, την βελτιωμένη ασφάλεια και την πιο αποτελεσματική χρήση των περιουσιακών στοιχείων.



Η Έξυπνη διαχείριση αποθήκης: Οι συσκευές IoT μπορούν να παρακολουθούν και να βελτιστοποιούν τις λειτουργίες της αποθήκης. Τα έξυπνα ράφια και οι παλέτες είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν τα επίπεδα του αποθέματος, να ανιχνεύουν τα συνολικά αποθέματα και να αυτοματοποιούν τις διαδικασίες του ανεφοδιασμού, βελτιώνοντας τη διαχείριση αποθεμάτων και μειώνοντας τα χειροκίνητα σφάλματα.

Η προληπτική Συντήρηση εξοπλισμού : Οι αισθητήρες IoT που είναι ενσωματωμένοι σε οχήματα και μηχανήματα μπορούν να συλλέγουν δεδομένα για την απόδοση και την κατάσταση της

λειτουργίας τους. Αναλύοντας αυτά τα δεδομένα, στην πορεία οι επιχειρήσεις των logistics μπορούν να προβλέψουν τις ανάγκες της συντήρησης, μειώνοντας το χρόνο της διακοπής λειτουργίας και αποτρέποντας πιο δαπανηρές βλάβες.

Η διαχείριση του στόλου οχημάτων (Fleet Management): Το IoT επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση των συνθηκών του οχήματος μεταφοράς, της συμπεριφοράς του οδηγού και της κατανάλωσης του καυσίμου. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση των διαδρομών, στη μείωση του κόστους καυσίμου και στη βελτίωση της ασφάλειας και της συμμόρφωσης της οδικής συμπεριφοράς.

Η διαχείριση της Ψυχρής Αλυσίδας: Οι μεταποιητικές επιχειρήσεις όπως στα φαρμακευτικά προϊόντα και στα τρόφιμα, οι συσκευές IoT χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας των ευαίσθητων αγαθών κατά τη μεταφορά τους. Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο διασφαλίζει ότι τα προϊόντα παραμένουν στις απαιτούμενες συνθήκες, μειώνοντας την αλλοίωση και διασφαλίζοντας την ποιότητα των προϊόντων.

Η βελτιστοποίηση στη παράδοση του τελευταίου μιλίου (Last Mile) : Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης διαδρομής (vehicle routing problem - VRP) που υποστηρίζονται από το IoT λαμβάνουν υπόψη τα δεδομένα κίνησης, του καιρού και της παράδοσης σε πραγματικό χρόνο για να βελτιστοποιήσουν τις διαδρομές παράδοσης του τελευταίου μιλίου, μειώνοντας τους χρόνους της παράδοσης και ενισχύοντας την ικανοποίηση των καταναλωτών.

Η διαχείριση κινδύνου και ασφάλεια των προϊόντων : Η ανάπτυξη λύσεων με δυνατότητα IoT ενισχύουν την ασφάλεια της εφοδιαστικής αλυσίδας παρακολουθώντας το φορτίο για κλοπή, απώλεια είτε ζημιά κατά τη μεταφορά. Οι σχετικές ειδοποιήσεις μπορούν να αποστέλλονται σε ενδιαφερόμενα μέρη εάν εντοπιστούν ανωμαλίες.

2.1.3 Οι Αναδυόμενες Τεχνολογίες στα Ψηφιακά Logistics

Στη Εφοδιαστική Αλυσίδα συνεχώς ενσωματώνονται νέες τεχνολογίες που οδηγούν σε ψηφιοποίηση των Logistics. Παρακάτω αναφέρονται οι πιο σημαντικές από τις νέες τεχνολογίες, όπως :



Σχήμα 6 – Οι τάσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η συνδεσιμότητα της τεχνολογίας δικτύων 5G⁴⁸: Η ευρεία υιοθέτηση των δικτύων 5G προσφέρει πιο ταχύτερη και πιο αξιόπιστη επικοινωνία, επιτρέποντας τη άμεση μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και υποστηρίζοντας τον αυξανόμενο αριθμό συνδεδεμένων συσκευών στο δίκτυο logistics.

Το Edge Computing⁴⁹: Το Edge computing φέρνει την επεξεργασία των δεδομένων πιο κοντά στις συσκευές του IoT, μειώνοντας τη χρονική περίοδο του αποτελέσματος και τη χρήση εύρους ζώνης. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στις λειτουργίες logistics όπου η λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο είναι κρίσιμης σημασίας.

Η δυναμική παράδοση με τα drones: Τα drones διερευνώνται για παράδοση στο τελευταίο μίλι σε απομακρυσμένες περιοχές είτε περιοχές με κυκλοφοριακή συμφόρηση, προσφέροντας πιο ταχύτερες και πιο οικονομικές επιλογές παράδοσης.

⁴⁸ Τα ασύρματα συστήματα 5ης γενιάς, με συντομογραφία 5G, είναι βελτιωμένες τεχνολογίες ασύρματων δικτύων. Οι πρωτογενείς τεχνολογίες περιλαμβάνουν: Οι ζώνες χιλιοστομετρικών κυμάτων (26, 28, 38 και 60 GHz) προσφέρουν απόδοση έως και 20 gigabits ανά δευτερόλεπτο. Το μαζικό MIMO προσφέρει απόδοση έως και δέκα φορές γρηγορότερο δίκτυο από τα 4G. τις συχνότητες μεσαίας ζώνης, η ταχύτητα 5G με προσομοίωση είναι πολύ παρόμοια με την ταχύτητα 4G LTE, υποθέτοντας την ίδια διαμόρφωση εύρους ζώνης και κεραίας.

⁴⁹ Το Edge computing είναι ένα κατακεκομμένο υπολογιστικό παράδειγμα που φέρνει τον υπολογισμό και την αποθήκευση δεδομένων πιο κοντά στις πηγές δεδομένων. Αυτό αναμένεται να βελτιώσει τους χρόνους απόκρισης και να εξοικονομήσει εύρος ζώνης. Edge computing είναι μια αρχιτεκτονική και όχι μια συγκεκριμένη τεχνολογία και μια μορφή κατακεκομμένου υπολογισμού ευαίσθητη στην τοπολογία και τη θέση. Hamilton, Eric (27 December 2018). "What is Edge Computing: The Network Edge Explained".

Τα αυτόνομα οχήματα: Τα αυτόνομα φορτηγά και τα οχήματα παράδοσης έχουν τη δυνατότητα να φέρουν πολύ σημαντική αλλαγή στην εφοδιαστική, μειώνοντας το κόστος εργασίας της διανομής, αυξάνοντας την απόδοση και ενισχύοντας την ασφάλεια μεταφοράς.

Η τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και Μηχανική Μάθηση (ML): Οι τεχνολογίες (AI) και (ML) μπορούν να βοηθούν στην ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων που παράγονται από το μεγάλο αριθμό συσκευών IoT, παρέχοντας πιο πολύτιμες πληροφορίες και βελτιστοποιούν τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η χρήση της Ρομποτική: Τα ειδικά ρομπότ συστήματα που αναπτύσσονται σε αποθήκες και κέντρα διανομής για εργασίες της συλλογής, της συσκευασίας και της διαλογής, βελτιώνουν τη λειτουργική απόδοση και μειώνουν το κόστος εργασίας.

Η απήχηση της τεχνολογίας IoT στις διαδικασίες εφοδιαστικής αλυσίδας, μπορεί να περιγράψει παρακάτω, όπως:

Η βελτιωμένη ορατότητα: Η χρήση του IoT παρέχει τα δεδομένα και τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, επιτρέποντας την καλύτερη παρακολούθηση του αποθέματος, των αποστολών και των περιουσιακών στοιχείων σε διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η αποτελεσματική διαχείριση αποθέματος: Η παρακολούθηση αποθεμάτων με βάση τη χρήση του IoT διασφαλίζει ότι τα επίπεδα αποθεμάτων παρακολουθούνται με ακρίβεια, μειώνοντας το πλεονάζον απόθεμα, τη βέλτιστη διαχείριση στα αποθέματα και το σχετικό κόστος μεταφοράς.

Τα ενισχυμένα Predictive Analytics: Τα δεδομένα από το IoT σε συνδυασμό με AI και ML επιτρέπουν σε μια καλύτερη δυνατότητα πρόβλεψης ζήτησης, στο σχεδιασμό αποθέματος και στη διαχείριση του κινδύνου, οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικές διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η ταχύτερη λήψη των αποφάσεων: Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από συσκευές IoT επιτρέπουν στους διαχειριστές logistics να λαμβάνουν πιο γρήγορες και πιο βασισμένες στα δεδομένα για πιο αξιόπιστες αποφάσεις, βελτιώνοντας την ανταπόκριση στις διακοπές της αλυσίδας εφοδιασμού.

Το μειωμένο κόστος διαχείρισης της λειτουργίας και της συντήρησης: Η προγνωστική συντήρηση μέσω του IoT βοηθά στην αποφυγή πιθανών βλαβών του εξοπλισμού και μείωση του χρόνου αξιολόγησης σταδίων λειτουργίας, εξοικονομώντας το κόστος συντήρησης και διασφαλίζοντας πιο ομαλότερη λειτουργία.

Τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της διαδρομής παράδοσης: Η βελτιστοποίηση διαδρομής με γνώμονα το IoT και οι προτεινόμενες λύσεις παράδοσης τελευταίου μιλίου οδηγούν σε ταχύτερες και πιο αποτελεσματικές παραδόσεις, μειώνοντας το κόστος παράδοσης και βελτιώνοντας την ικανοποίηση των καταναλωτών.

Η αυξημένη ικανοποίηση των καταναλωτών: Οι διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού με δυνατότητα IoT έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτιωμένη ακρίβεια παράδοσης, τη ορατότητα και τη διαφάνεια, οδηγώντας σε υψηλότερη ικανοποίηση και αφοσίωση των καταναλωτών.

Συνολικά, το IoT μεταμορφώνει το τομέα του logistics επιτρέποντας πιο εξυπνότερες, πιο βασισμένες σε δεδομένα και πιο συνδεδεμένες λειτουργίες αλυσίδας εφοδιασμού. Καθώς η χρήση νέων τεχνολογιών συνεχίζει να προοδεύει και περισσότερες επιχειρήσεις υιοθετούν λύσεις IoT, ο τομέας των logistics θα έχει περαιτέρω περισσότερα κέρδη αποδοτικότητας και μειώσεις κόστους, παρέχοντας τελικά καλύτερες υπηρεσίες στο δίκτυο της αλυσίδα εφοδιασμού σε μια ολοένα και πιο ανταγωνιστική αγορά.

2.1.4 Παραδείγματα του Διαδίκτυου των πραγμάτων (IoT) στη Εφοδιαστική Αλυσίδα

Η επεξεργασία και εκπλήρωση Παραγγελιών:

Τα συστήματα διαχείρισης αποθέματος με δυνατότητα IoT παρακολουθούν τα επίπεδα αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο και δημιουργούν αυτόματα τις παραγγελίες όταν το απόθεμα φτάσει σε ένα προκαθορισμένο όριο, διασφαλίζοντας την πιο έγκαιρη αναπλήρωση.

Οι συσκευές IoT σε αποθήκες και τα κέντρα διανομής μπορούν να βοηθούν στις διαδικασίες συλλογής και συσκευασίας, μειώνοντας τα σφάλματα και βελτιώνοντας την ακρίβεια της παραγγελίας.

Τα έξυπνα ράφια που είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύουν αυτόματα πότε τα προϊόντα εξαντλούνται και να ενεργοποιούν ειδοποιήσεις επαναφόρτισης.

Η διαχείριση μεταφορών και στόλου:

Οι συσκευές IoT εξοπλισμένες με GPS που είναι εγκατεστημένες σε οχήματα μεταφοράς να παρέχουν παρακολούθηση των αποστολών σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στους διαχειριστές

logistics να παρακολουθούν την τοποθεσία και την κατάσταση των εμπορευμάτων υπό διαμεταφορά.

Οι αισθητήρες IoT να παρακολουθούν την απόδοση και την λειτουργία του οχήματος μεταφοράς, επιτρέποντας την προληπτική συντήρηση για τη μείωση των βλαβών και του χρόνου διακοπής λειτουργίας.

Η έξυπνη δρομολόγηση και η βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας με χρήση δεδομένων IoT βοηθούν τους οδηγούς διανομής να επιλέξουν τις πιο αποτελεσματικές διαδρομές που εξοικονομούν χρόνο.

Η διαχείριση αποθήκης:

Οι αισθητήρες IoT στις αποθήκες παρακολουθούν την κίνηση των αγαθών, βελτιστοποιώντας τη διάταξη για αποτελεσματική αποθήκευση και ανάκτηση.

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας παρακολουθούν στις περιβαλλοντικές συνθήκες, διασφαλίζοντας τις βέλτιστες συνθήκες αποθήκευσης για προϊόντα ευαίσθητα στη θερμοκρασία.

Τα αυτοματοποιημένα κατευθυνόμενα οχήματα (Automated Guided Vehicles - AGV) και τα drones (UAS) εξοπλισμένα με τεχνολογία IoT βοηθούν στις εργασίες χειρισμού των υλικών.

Ο ποιοτικός Έλεγχος και Ιχνηλασιμότητα:

Οι αισθητήρες IoT παρακολουθούν και καταγράφουν τη θερμοκρασία, την υγρασία και άλλες παραμέτρους κατά τη μεταφορά, διασφαλίζοντας την ποιότητα του προϊόντος και τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς.

Η τεχνολογία Blockchain ενσωματωμένη στο IoT επιτρέπει σε διαφανή και αμετάβλητα αρχεία προέλευσης, χειρισμού και πιστοποιήσεων προϊόντων, επιτρέποντας βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα.

Η παράδοση τελευταίου μιλίου (Last mile):

Τα φορτηγά παράδοσης με δυνατότητα IoT παρέχουν ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο στους καταναλωτές σχετικά με την κατάσταση και την εκτιμώμενη ώρα άφιξης των δεμάτων τους.

Τα έξυπνα ερμάρια (Smart Delivery Lockers) με τεχνολογία IoT επιτρέπουν ασφαλείς και ανέπαφες επιλογές παράδοσης και παραλαβής για τους καταναλωτές.

Η διαχείριση της επιστροφής των αγαθών (Reverse Logistics) :

Η παρακολούθηση με δυνατότητα IoT διευκολύνουν την επιστροφή των προϊόντων από καταναλωτές σε αποθήκες διανομής ή κέντρα ανακύκλωσης, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των λειτουργιών αντίστροφης εφοδιαστικής.

Οι συσκευές IoT βοηθούν στην αξιολόγηση της κατάστασης των επιστρεφόμενων προϊόντων, υποστηρίζοντας τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων για τη ανακαίνιση είτε τη απόρριψη.

Η διαχείριση Ψυχρής Αλυσίδας (Cold Chain):

Οι αισθητήρες IoT σε χώρους ψύξης μπορούν να παρακολουθούν τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά τη μεταφορά, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των ευπαθών αγαθών.

Οι ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο ειδοποιούν τους ενδιαφερόμενους σε περίπτωση αποκλίσεων θερμοκρασίας, επιτρέποντας άμεσες διορθωτικές ενέργειες.

Τα προγνωστικά Analytics και η πρόβλεψη Ζήτησης:

Τα δεδομένα που δημιουργούνται από τη χρήση του IoT, σε συνδυασμό με προηγούμενα αναλυτικά στοιχεία, μπορούν να βοηθούν τις επιχειρήσεις του τομέα να προβλέψουν τα πρότυπα ζήτησης, να βελτιστοποιήσουν τα επίπεδα αποθέματος και να σχεδιάσουν τις μελλοντικές απαιτήσεις.

Τα παραπάνω παραδείγματα μας καταδεικνύουν τον μετασχηματιστικό αντίκτυπο από την χρήση του IoT στον κλάδο της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και των Logistics, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα, την ορατότητα και την εμπειρία των καταναλωτών με παράλληλη τη μείωση του κόστους και της σπατάλης των πόρων. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT συνεχίζει να εξελίσσεται, καθιστώντας την αλυσίδα εφοδιασμού πιο έξυπνη και πιο ανταποκρινόμενη στις δυναμικές απαιτήσεις του σύγχρονου εμπορίου.

2.1.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του IoT στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.

Πλεονεκτήματα

Η ορατότητα σε πραγματικό χρόνο: Το IoT παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και πληροφορίες για τα διάφορα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού, επιτρέποντας την καλύτερη παρακολούθηση και παρακολούθηση των αγαθών, των περιουσιακών στοιχείων και των λειτουργιών. Η ορατότητα βελτιώνει τη λήψη αποφάσεων και την ανταπόκριση.

Η αποδοτικότητα και εξοικονόμηση του κόστους: Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών, βελτιστοποιώντας τις διαδρομές και μειώνοντας τις μη αυτόματες παρεμβάσεις, με την χρήση του IoT ενισχύει την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, οδηγώντας σε εξοικονόμηση κόστους όσον αφορά τη διαχείριση εργασιών, καυσίμων και αποθεμάτων.

Η βελτίωση του ποιοτικού ελέγχου: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να παρακολουθούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, κατά τη μεταφορά και την

αποθήκευση, διασφαλίζοντας την ποιότητα των προϊόντων και τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς.

Η βελτιωμένη διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων: Οι συσκευές παρακολούθησης IoT επιτρέπουν την καλύτερη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, όπως τα οχήματα διανομής, τα εμπορευματοκιβώτια και το εξοπλισμό, με αποτέλεσμα τη μείωση της κλοπής, της απώλειας και βελτιωμένη χρήση.

Η προληπτική συντήρηση του εξοπλισμού: Η προληπτική συντήρηση που βασίζεται στο IoT βοηθά στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση προβλημάτων εξοπλισμού προτού οδηγήσουν σε δαπανηρές βλάβες, ελαχιστοποιώντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας και το κόστος συντήρησης.

Η βελτιστοποίηση στη εφοδιαστική αλυσίδα: Ο όγκος των δεδομένων που δημιουργούνται από το IoT, σε συνδυασμό με προηγούμενα αναλυτικά στοιχεία, διευκολύνουν την πρόβλεψη ζήτησης, τη βελτιστοποίηση αποθέματος και τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής, οδηγώντας σε μια πιο αποτελεσματική αλυσίδα εφοδιασμού.

Η Ιχνηλασιμότητα και η διαφάνεια: Με το IoT και την τεχνολογία blockchain, οι ενδιαφερόμενοι της αλυσίδας εφοδιασμού μπορούν να εντοπίσουν την προέλευση, τη διαδρομή και την αυθεντικότητα των προϊόντων, ενισχύοντας τη διαφάνεια και χτίζοντας εμπιστοσύνη με τους καταναλωτές. Στο τομέα υπάρχουν πολλά θέματα που αφορούν στην ιχνηλασιμότητα και στην αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας (Tripoli & Schmidhuber, 2018). Δύο από πιο σημαντικούς παράγοντες που προκύπτουν αυτά τα θέματα σχετίζονται τόσο με το πλήθος των διαμεσολαβητών που εμπλέκονται καθ' όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας των τροφίμων, γεγονός που δημιουργεί αυξημένα κόστη συναλλαγών, αλλά και από το γεγονός ότι πολλές φορές η προμήθεια των αγαθών μπορεί να γίνεται από πολλές διαφορετικές περιοχές και από πολλούς μικρούς παραγωγούς, γεγονός που αυξάνει την πολυπλοκότητα (Potts, 2019).

Μειονεκτήματα

Οι κίνδυνοι για την ασφάλεια (cyber security) : Η διασυνδεδεμένη φύση των συσκευών IoT μπορεί να εκθέσει την αλυσίδα εφοδιασμού σε απειλές από επιθέσεις στα συστήματά της, σε παραβιάσεις των δεδομένων και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, που μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες, θέτοντας σε κίνδυνο ευαίσθητες πληροφορίες.

Οι προκλήσεις πολυπλοκότητας και ολοκλήρωσης: Η ενσωμάτωση των διαφόρων συσκευών, των cloud πλατφορμών και συστημάτων IoT μπορεί να είναι μια πολύπλοκη, απαιτώντας και ισχυρή υποδομή και πιο εξειδικευμένο προσωπικό, τα οποία ενδέχεται να παρουσιάζουν πολλές προκλήσεις υλοποίησης στις επιχειρήσεις του τομέα.

Ο τεράστιος όγκος των δεδομένων: Το IoT δημιουργεί τεράστιους όγκους δεδομένων και η διαχείριση και η ανάλυση αυτών των δεδομένων μπορεί να έχει τόσο μεγάλη έκταση χωρίς την κατάλληλη διαχείριση δεδομένων και τις δυνατότητες ανάλυσης.

Η εξάρτηση από τη συνδεσιμότητα των συσκευών : Η αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή λειτουργία των συσκευών IoT. Σε απομακρυσμένες είτε μη επαρκώς συνδεδεμένες περιοχές, οι διακοπές στη συνδεσιμότητα μπορεί να εμποδίσουν την αποτελεσματικότητα των λύσεων IoT.

Οι ανησυχίες περί απορρήτου των πληροφοριών : Οι συσκευές IoT συλλέγουν συνεχώς δεδομένα, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν προσωπικές είτε και ευαίσθητες πληροφορίες. Η διασφάλιση του απορρήτου των δεδομένων και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς προστασίας δεδομένων είναι απαραίτητη για την αποφυγή νομικών κινδύνων και κινδύνων απωλειών και φήμης.

Το κόστος της αρχικής επένδυση: Η εφαρμογή τεχνολογιών IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού απαιτεί σημαντική αρχική επένδυση σε συσκευές, σε υποδομές και εκπαίδευση, κάτι που μπορεί να αποτρέψει ένα σημαντικό αριθμό επιχειρήσεων του τομέα.

Τα ζητήματα διαλειτουργικότητας εξοπλισμού : Οι διαφορετικές συσκευές και πλατφόρμες IoT μπορεί να μην είναι πάντα συμβατές λόγω παλαιότητας τεχνολογιών και πιθανής ασυμβατότητας του εξοπλισμού, γεγονός που οδηγεί σε ζητήματα διαλειτουργικότητας και στην ανάγκη για πρόσθετες προσπάθειες ολοκλήρωσης εκσυγχρονισμού, που αντιμετωπίζεται με διαφορετικούς τρόπους από τις επιχειρήσεις.

Για να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη του IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού και ταυτόχρονα μετριαστούν τα μειονεκτήματά του, οι επιχειρήσεις του τομέα, θα πρέπει να σχεδιάζουν προσεκτικά τις στρατηγικές τους για το IoT, να δίνουν προτεραιότητα στα μέτρα ασφαλείας, να επενδύουν σε νέες δυνατότητες κάλυψης της διαχείρισης δεδομένων και να ενθαρρύνουν τη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών της εφοδιαστικής αλυσίδας.

2.1.6 Οι προκλήσεις στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή της τεχνολογίας IoT στην παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού εισάγει ένα σύνολο προκλήσεων λόγω της πολυπλοκής και διασυνδεδεμένης φύσης των παγκόσμιων δικτύων εφοδιασμού. Ακολουθούν ορισμένες από τις δυσκολίες που αφορούν την ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού:

Η διαλειτουργικότητα και η συμβατότητα: Η τεχνολογία IoT περιλαμβάνει πολλές συσκευές, αισθητήρες, πλατφόρμες και πρωτόκολλα και από διαφορετικούς προμηθευτές. Η διασφάλιση ότι όλα τα παραπάνω να μπορούν απρόσκοπτα να επικοινωνούν και να ενσωματώνονται μεταξύ τους, αυτο μπορεί να είναι μια διαδικασία πολύπλοκη. Μπορεί να προκύψουν ζητήματα μη συμβατότητας, τα οποία οδηγούν σε συγκέντρωση με δεδομένα και με αναποτελεσματικές διαδικασίες.

Η ασφάλεια δεδομένων και απόρρητο των πληροφοριών : Οι συσκευές IoT δημιουργούν και μεταδίδουν ευαίσθητα δεδομένα. Η διασφάλιση αυτών των δεδομένων από απειλές από επιθέσεις και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση είναι ζωτικής σημασίας. Όσο περισσότερες συσκευές υπάρχουν σε ένα δίκτυο, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανή πιθανότητά επίθεσης. Η διατήρηση του απόρρητου των δεδομένων, η συμμόρφωση με τους κανονισμούς και η εφαρμογή πιο ισχυρών μέτρων ασφαλείας αποτελούν συνεχείς προκλήσεις.

Η πολυπλοκότητα και η ενοποίηση υποδομής: Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT σε μια υπάρχουσα υποδομή της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να είναι περίπλοκη. Μπορεί να περιλαμβάνει την τροποποίηση παλαιότερων συστημάτων, την υιοθέτηση νέων πρωτοκόλλων και τη διασφάλιση ότι τα δεδομένα IoT πρέπει να κινούνται απρόσκοπτα στα υπάρχοντα επιχειρησιακά συστήματα. Αυτή η πολυπλοκότητα μπορεί να επιβραδύνει την υλοποίηση και να οδηγήσει σε τεχνικές δυσκολίες.

Η επεκτασιμότητα του δικτύου : Λόγω ότι, ο αριθμός των συσκευών IoT σε μια αλυσίδα εφοδιασμού αυξάνεται, η διαχείριση και η κλιμάκωση της υποδομής για την αντιμετώπιση του αυξημένου όγκου δεδομένων και των απαιτήσεων συνδεσιμότητας γίνεται μια πρόκληση. Η διασφάλιση ότι το σύστημα παραμένει πλήρως λειτουργικό και αξιόπιστο σε κλίμακα είναι σημαντικό κρίσιμο.

Η αξιοπιστία και η συνδεσιμότητα: Οι συσκευές IoT βασίζονται στη συνδεσιμότητα δικτύου για να λειτουργούν σωστά. Τα ζητήματα συνδεσιμότητας, όπως η κακή κάλυψη του δικτύου είτε οι προβληματικές συνδέσεις, μπορούν να διαταράξουν τη ροή δεδομένων και τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, επηρεάζοντας τη λήψη αποφάσεων και τη λειτουργική αποτελεσματικότητα.

Η διαχείριση της ενέργειας και η διάρκεια ζωής μπαταρίας : Πολλές συσκευές IoT τροφοδοτούνται με μπαταρία και η διασφάλιση της βέλτιστης κατανάλωσης ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή συχνών αντικαταστάσεων μπαταριών και της διακοπής λειτουργίας. Η εξισορρόπηση της λειτουργικότητας με την ενεργειακή απόδοση μπορεί να είναι δύσκολη, ειδικά για συσκευές σε απομακρυσμένες τοποθεσίες.

Το κόστος και απόδοση επένδυσης (ROI)⁵⁰: Η εφαρμογή της τεχνολογίας IoT συνεπάγεται ένα σημαντικό αρχικό κόστος για συσκευές, αισθητήρες, υποδομές και ενοποίηση. Ο υπολογισμός και η πραγματοποίηση του ROI μπορεί να είναι μια περίπλοκη διαδικασία, καθώς περιλαμβάνει ποσοτικό προσδιορισμό των κερδών απόδοσης, εξοικονόμηση κόστους και βελτιωμένη λήψη αποφάσεων με την πάροδο του χρόνου.

Η έλλειψη του ειδικευμένου εργατικού δυναμικού: Η τεχνολογία IoT απαιτεί εξειδίκευση σε τομείς όπως η ανάλυση δεδομένων, η τεχνολογία αισθητήρων, η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο⁵¹ και η ανάπτυξη λογισμικού. Η έλλειψη επαγγελματιών ειδικευμένων σε κλάδους που σχετίζονται με την τεχνολογία IoT μπορεί να εμποδίσει τις προσπάθειες ανάπτυξης και συντήρησης.

Οι προκλήσεις κανονισμών και της συμμόρφωσης: Διαφορετικές περιοχές και κλάδοι ενδέχεται να έχουν συγκεκριμένους κανονισμούς σχετικά με το απόρρητο δεδομένων, την ασφάλεια και την ανάπτυξη του IoT. Η καθοδήγηση συνφωνα σε αυτούς τους κανονισμούς με τη παράλληλη διασφάλιση της συμμόρφωσης μπορεί να είναι περίπλοκη, ειδικά για τις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού.

Η διαχείριση των αλλαγών και η αντίδραση στην εφαρμογή λύσεων IoT : Η εισαγωγή της τεχνολογίας IoT ενδέχεται να απαιτεί αλλαγές στις υπάρχουσες διαδικασίες και ροές εργασίας. Η αντίδραση στην αλλαγή από τους εργαζομένους και τα ενδιαφερόμενα μέρη που είναι συνηθισμένα στις παραδοσιακές μεθόδους μπορεί να επηρεάσει την επιτυχή υιοθέτηση της εφαρμογής λύσεων IoT.

⁵⁰ Απόδοση επένδυσης (ROI) είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης ή για να συγκρίνει την αποδοτικότητα διαφορετικών επενδύσεων

⁵¹ Με τον όρο κυβερνοχώρος υποδηλώνεται το περιβάλλον που έχει δημιουργηθεί από δίκτυα επικοινωνιών που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Η συντήρηση και οι αναβαθμίσεις: Οι συσκευές IoT απαιτούν μια τακτική συντήρηση, ενημερώσεις λογισμικού για να διασφαλιστεί ότι παραμένουν ασφαλείς και λειτουργικές. Η διαχείριση αυτών των ενημερώσεων σε ένα ευρύ φάσμα συσκευών μπορεί να είναι δύσκολη.

Συνολικά, η αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων απαιτεί μια καλά σχεδιασμένη στρατηγική που λαμβάνει υπόψη τις τεχνικές, οργανωτικές και λειτουργικές πτυχές, καθώς και τη συνεργασία μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερομένων μερών, συμπεριλαμβανομένων των ομάδων πληροφορικής, των ειδικών της εφοδιαστικής αλυσίδας και των προμηθευτών.

Άλλες δυσκολίες που αφορούν την ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT στην παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού:

Οι διασυνωριακοί κανονισμοί: Οι διαφορετικές χώρες έχουν διαφορετικούς κανονισμούς που σχετίζονται με το απόρρητο των δεδομένων, την ασφάλεια και τα τεχνολογικά πρότυπα. Οι συσκευές IoT ενδέχεται να χρειαστεί να συμμορφώνονται με διάφορα ρυθμιστικά πλαίσια, προσθέτοντας πολυπλοκότητα στη διαδικασία ανάπτυξης και ανάπτυξης.

Οι πολιτιστικές και γλωσσικές διαφορές: Σε μια παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού, οι λύσεις IoT πρέπει να καλύπτουν διαφορετικούς πολιτισμούς και γλώσσες. Οι διεπαφές στην λειτουργία του χρήστη, το εκπαιδευτικό υλικό και τα συστήματα υποστήριξης πρέπει να προσαρμοστούν για να καλύπτουν αυτές τις διαφορές.

Οι κατακερματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας: Οι παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού συχνά περιλαμβάνουν πολλούς συνεργάτες, προμηθευτές και κατασκευαστές που διανέμονται σε διάφορες περιοχές. Ο συντονισμός της ολοκλήρωσης της υποδομής IoT σε αυτές τις οντότητες μπορεί να είναι δύσκολος, ειδικά όταν έχουμε να κάνουμε με διαφορετικά συστήματα και τεχνολογίες. Η μεταβλητότητα της συνδεσιμότητας του δικτύου: Οι συσκευές IoT βασίζονται σε σταθερή και σε συνεχή συνδεσιμότητα δικτύου. Ωστόσο, η ποιότητα του δικτύου μπορεί να διαφέρει πολύ σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, επηρεάζοντας την αξιοπιστία της μετάδοσης δεδομένων και τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο.

Η γεωγραφική κατανομή: Η ανάπτυξη και η συντήρηση των συσκευών IoT σε πολλές γεωγραφικές τοποθεσίες μπορεί να είναι μια υλικοτεχνική πρόκληση. Η αποστολή των προϊόντων, τα τελωνεία και οι τοπικοί κανονισμοί μπορούν να επηρεάσουν την έγκαιρη παράδοση και εγκατάσταση των συσκευών.

Η καθυστέρηση των δεδομένων: Οι παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού μπορούν να εκτείνονται σε τεράστιες αποστάσεις. Η λανθάνουσα κατάσταση των δεδομένων, που προκαλείται από τη φυσική απόσταση μεταξύ των συσκευών IoT και των κέντρων επεξεργασίας δεδομένων, μπορεί να επηρεάσει τη κατάσταση των πληροφοριών και της λήψης αποφάσεων για το IoT σε πραγματικό χρόνο.

Η ενοποίηση υποδομής με το προμηθευτή: Ο συντονισμός με διεθνείς προμηθευτές για την ενσωμάτωση συσκευών IoT στις διαδικασίες τους μπορεί να είναι πολύπλοκος. Οι προμηθευτές μπορεί να έχουν διαφορετικά επίπεδα τεχνικής ετοιμότητας ή αντίστασης στις αλλαγές.

Η ιδιωτικότητα των δεδομένων: Ορισμένες χώρες έχουν αυστηρούς νόμους περί ιδιωτικότητας δεδομένων που επιβάλλουν τα δεδομένα που συλλέγονται εντός των συνόρων τους να παραμένουν εκεί. Αυτό μπορεί να επηρεάσει τις στρατηγικές της αποθήκευσης, επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων για δεδομένα σε υποδομή IoT.

Οι προκλήσεις διαφορετικής ζώνης ώρας: Η παρακολούθηση και η λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο ενδέχεται να επηρεαστούν από διαφορές ζώνης ώρας. Η άμεση ανταπόκριση στις ανάγκες της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να παρεμποδιστεί εάν δεν είναι διαθέσιμο λόγω διαφορών στη ζώνη της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η ετοιμότητα σε μια νέα κρίση: Η διαχείριση διαταραχών και κρίσεων σε διάφορες περιοχές απαιτεί μια ολοκληρωμένη στρατηγική. Οι λύσεις IoT πρέπει να είναι προσαρμοσμένες σε διάφορους τύπους έκτακτων καταστάσεων, από φυσικές καταστροφές έως γεωπολιτικά γεγονότα.

Η μεταβλητότητα της υποδομής: Οι αναπτυσσόμενες χώρες ενδέχεται να έχουν διαφορετικά επίπεδα τεχνολογικής υποδομής. Οι λύσεις IoT που βασίζονται σε προηγμένη συνδεσιμότητα ενδέχεται να αντιμετωπίσουν περιορισμούς σε περιοχές με λιγότερη είτε ανεπαρκή υποδομή.

Η διαχείριση του προμηθευτή: Οι αναπτύξεις IoT συχνά περιλαμβάνουν πολλούς προμηθευτές, καθένας από τους οποίους παρέχει και διαφορετικά στοιχεία μια προτεινόμενης λύσης. Η διαχείριση αυτών των προμηθευτών σε διαφορετικές τοποθεσίες και ζώνες ώρας μπορεί να είναι περίπλοκη.

Η παγκόσμια συνεργασία για την υλοποίηση: Η ανάπτυξη και η διατήρηση λύσεων IoT σε μια παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού απαιτεί μια αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ ομάδων που βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη του κόσμου. Οι προκλήσεις επικοινωνίας και οι διαφορές ζώνης ώρας μπορούν να επηρεάσουν τις προσπάθειες μιας συνεργασίας.

Συνολικά, η ανάγκη για να ξεπεραστούν οι παραπάνω προκλήσεις απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη την πολυπλοκότητα του οικοσυστήματος της παγκόσμιας αλυσίδας

εφοδιασμού. Οι σαφείς στρατηγικές για την αντιμετώπιση των ρυθμιστικών εμποδίων, την αντιμετώπιση των πολιτισμικών διαφορών και τη διασφάλιση αξιόπιστης συνδεσιμότητας είναι απαραίτητες για την επιτυχή ενσωμάτωση του IoT σε παγκόσμια κλίμακα.

Άλλες προκλήσεις σε σχέση με την αλυσίδα εφοδιασμού αγροτροφικού τομέα

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT στην παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού αγροτροφικού τομέα, η οποία περιλαμβάνει τη διαχείριση και τη μεταφορά των αγροτροφικών προϊόντων, συνοδεύεται από το σύνολο προκλήσεων λόγω της ευπαθούς και ποικιλόμορφης φύσης αυτών των αγαθών.

Η διαφορετική γκάμα των προϊόντων: Τα γεωργικά προϊόντα διαφέρουν πολύ ως προς τους τύπους των προϊόντων, τη δυνατότητα αλλοίωσης και τις απαιτήσεις αποθήκευσης. Η ανάπτυξη λύσεων IoT που καλύπτουν τις συγκεκριμένες ανάγκες κάθε προϊόντος μπορεί να είναι περίπλοκη.

Ο έλεγχος θερμοκρασίας και υγρασίας: Πολλά από τα αγροτικά προϊόντα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στη θερμοκρασία και την υγρασία. Η διασφάλιση μιας ακριβούς παρακολούθησης και ελέγχου σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος και τη μείωση της αλλοίωσης.

Η διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας: Η διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας (της αλυσίδας εφοδιασμού με ελεγχόμενη θερμοκρασία) είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας των ευπαθών αγαθών. Η εφαρμογή λύσεων IoT που παρακολουθούν τη θερμοκρασία, την υγρασία και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες σε πραγματικό χρόνο παρουσιάζει και τεχνικές προκλήσεις.

Η ορατότητα στο δίκτυο Εφοδιαστικής Αλυσίδας: Η επίτευξη από άκρο σε άκρο ορατότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού αγροτροφικού τομέα είναι δύσκολη λόγω της συμμετοχής των διαφόρων ενδιαφερόμενων μερών, των τρόπων μεταφοράς και των δυνητικά κατακερματισμένων συστημάτων. Το IoT μπορεί να βοηθήσει στην παροχή ορατότητας σε πραγματικό χρόνο, αλλά η ενοποίηση των δεδομένων από διαφορετικές πηγές είναι πολύπλοκη.

Η ενοποίηση των δεδομένων: Οι λύσεις IoT περιλαμβάνουν πολλαπλές συσκευές και αισθητήρες που παράγουν μεγάλο όγκο δεδομένων. Η ενσωμάτωση αυτών των δεδομένων σε μια συνεκτική και εφαρμόσιμη μορφή σε διάφορα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να είναι αποθαρρυντική.

Οι διασυννομοί κανονισμοί: Οι ειδικοί των *agrolologists* συχνά περιλαμβάνουν διαδικασίες του διεθνούς εμπορίου, που σημαίνει την πλοήγηση σε περίπλοκους τελωνειακούς κανονισμούς και ρυθμιστικά ζητήματα. Η διασφάλιση ότι οι λύσεις IoT συμμορφώνονται με αυτούς τους κανονισμούς μπορεί να είναι πρόκληση.

Η γεωγραφική κατανομή: Τα γεωργικά προϊόντα προέρχονται από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Η εγκατάσταση και η συντήρηση των συσκευών IoT σε απομακρυσμένες είτε αγροτικές περιοχές ενδέχεται να αντιμετωπίσει υλικοτεχνικές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της παροχής ρεύματος και της συνδεσιμότητας του δικτύου.

Η διάρκεια ζωής προϊόντος: Τα διαφορετικά προϊόντα έχουν διαφορετική διάρκεια ζωής. Οι λύσεις IoT πρέπει να παρέχουν ακριβείς και σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες σχετικά με τη φρεσκάδα των προϊόντων και την υπολειπόμενη διάρκεια ζωής για τη βελτιστοποίηση της διανομής και τη μείωση των απορριμμάτων.

Η ακρίβεια και αξιοπιστία των δεδομένων: Η ακρίβεια των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο είναι ζωτικής σημασίας στα *agrolologists*. Η διασφάλιση ότι οι αισθητήρες και οι συσκευές IoT παρέχουν με συνέπεια αξιόπιστα δεδομένα σε δυναμικά περιβάλλοντα μπορεί να είναι δύσκολη.

Η Ιχνηλασιμότητα και πιστοποίηση: Τα *Agrologistics* απαιτούν την ιχνηλασιμότητα για να διασφαλίσουν τη γνησιότητα, την ποιότητα και τη συμμόρφωση των προϊόντων με πιστοποιήσεις (π.χ. βιολογικές ή διεθνείς εμπορίου). Η ανάπτυξη λύσεων IoT που παρακολουθούν και επαληθεύουν αυτές τις πτυχές σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού είναι περίπλοκη.

Η συσκευασία και ο χειρισμός: Οι συσκευές IoT πρέπει να ενσωματωθούν στη συσκευασία χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα είτε η ασφάλεια του προϊόντος. Αυτό απαιτεί ένα προσεκτικό σχεδιασμό και δοκιμές για την αποφυγή μόλυνσης ή ζημιάς.

Η έλλειψη υποδομής: Πολλές περιοχές όπου προέρχονται τα γεωργικά προϊόντα ενδέχεται να στερούνται μιας επαρκούς τεχνολογικής υποδομής, συμπεριλαμβανομένου της αξιόπιστης σύνδεσης ηλεκτρικής ενέργειας και δικτύου, που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη του IoT.

Οι εποχιακές διακυμάνσεις: Η αγροτική παραγωγή είναι συχνά εποχιακή, οδηγώντας σε διακυμάνσεις της προσφοράς και της ζήτησης. Οι λύσεις IoT πρέπει να είναι προσαρμόσιμες για να χειρίζονται αποτελεσματικά αυτές τις παραλλαγές.

Οι προκλήσεις για συνεργασία: Ο κλάδος των agrologistics περιλαμβάνει τη συνεργασία μεταξύ των αγροτών, διανομέων, λιανοπωλητών και άλλων. Η ευθυγράμμιση αυτών των ενδιαφερομένων για την υιοθέτηση και χρήση λύσεων IoT μπορεί να είναι πρόκληση.

Για μια επιτυχή ανάπτυξη της τεχνολογίας IoT στα παγκόσμια agrologistics, οι ενδιαφερόμενοι πρέπει να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις μέσω συλλογικών προσπαθειών που να λαμβάνουν υπόψη τις μοναδικές απαιτήσεις των αγροτροφικών προϊόντων, τους τοπικούς κανονισμούς και τις περιπλοκές της εφοδιαστικής αλυσίδας.

UNIPi - Digital Culture - Smart Cities - IoT

3. Κεφάλαιο Τρίτο: IoT στις διεργασίες στα Agrologistics - εφοδιαστική αλυσίδα Αγροδιατροφικό Τομέα

Τα logistics των αγροτροφικών προϊόντων είναι ένας ραγδαία αναπτυσσόμενος κλάδος που στόχο έχει την ενίσχυση της αγροτικής οικονομίας και της αειφόρου ανάπτυξης αλλά και την βελτίωση του εισοδήματος της αγροτικού πληθυσμού, στην ανάπτυξη της υπαίθρου δια μέσου της διασφάλισης της ποιότητας των αγροτικών προϊόντων.

3.1 Οι παράγοντες στην ανάπτυξη των Agrologistics

Οι παράγοντες που αναφέρονται παρακάτω μεταξύ άλλων, οδηγούν συλλογικά στην ανάπτυξη και ανάπτυξη της agroLogistics:

- Η παγκοσμιοποίηση και το διεθνές εμπόριο: Η επέκταση του διεθνούς εμπορίου έχει αυξήσει την ανάγκη για την αποτελεσματική μεταφορά και την διανομή γεωργικών προϊόντων τοπικά και διεθνώς. Τα agolistics διαδραματίζουν ένα κρίσιμο ρόλο στη διευκόλυνση της κυκλοφορίας των αγαθών για την κάλυψη της παγκόσμιας ζήτησης.
- Οι νέες τεχνολογικές εξελίξεις: Οι πρόοδοι της τεχνολογίας, και η συμβολή, όπως της γεωργίας ακριβείας, του IoT (Internet of Things), της ανάλυσης δεδομένων και των εφαρμογών για κινητές συσκευές, διασφάλισαν την καλύτερη παρακολούθηση και διαχείριση των γεωργικών προϊόντων, οδηγώντας σε μια βελτιωμένη αποτελεσματικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα.
- Η αύξηση της ζήτησης για φρέσκα και ευπαθή προϊόντα: Οι προτιμήσεις των καταναλωτών για φρέσκα και υψηλής ποιότητας γεωργικά προϊόντα, όπως φρούτα, λαχανικά και γαλακτοκομικά, έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη πιο εξειδικευμένων λύσεων logistics για την εξασφάλιση έγκαιρης παράδοσης, διατηρώντας παράλληλα και την ποιότητα των προϊόντων.
- Η αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας: Τα agolistics έχουν σαν στόχο τη μείωση των απορριμμάτων, την ελαχιστοποίηση των απωλειών της σπατάλης τροφίμων και τη βελτιστοποίηση των διαδρομών μεταφοράς, της αποθήκευσης και διανομής, συμβάλλοντας στη συνολική αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και στην εξοικονόμηση κόστους.
- Οι κρατικοί κανονισμοί και πρότυπα: Οι αυστηροί κανονισμοί για την ασφάλεια των τροφίμων και τα πρότυπα ποιότητας έχουν απαιτήσει την εφαρμογή προσθέτων μέτρων ιχνηλασιμότητας και ποιοτικού ελέγχου σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού της γεωργίας, οδηγώντας στην ανάγκη για αποτελεσματικά συστήματα logistics.
- Οι αλλαγές στη συμπεριφορά των καταναλωτών: Οι καταναλωτές απαιτούν ολοένα και περισσότερο διαφάνεια και περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την προέλευση, τις μεθόδους παραγωγής και τη βιωσιμότητα των τροφίμων τους. Αυτό οδήγησε στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών που βοηθούν την ιχνηλασιμότητα και την πιστοποίηση προϊόντων.
- Η αειφορία και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες: Καθώς αυξάνεται σταδιακά η ευαισθητοποίηση για τα περιβαλλοντικά ζητήματα, δίνεται πιο μεγαλύτερη έμφαση και στις βιώσιμες γεωργικές πρακτικές και στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της αλυσίδας εφοδιασμού. Τα agolistics μπορούν να συμβάλουν σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους μεταφοράς και διανομής.
- Η μεγαλύτερη πρόσβαση στην αγορά και αγροτική ανάπτυξη: Τα αποτελεσματικά agolistics μπορεί να βοηθήσουν τους αγρότες σε απομακρυσμένες είτε τοπικές αγροτικές περιοχές να αποκτήσουν πρόσβαση σε ευρύτερες αγορές, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να πωλούν τα προϊόντα τους πέρα από τις τοπικές αγορές και βελτιώνοντας τα προς το ζην τους.
- Η προσθήκη της προστιθέμενης αξίας: Τα agolistics υποστηρίζουν επίσης την δυναμική της προστιθέμενης αξίας διασφαλίζοντας ότι οι πρώτες γεωργικές ύλες θα μεταφέρονται αποτελεσματικά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας (Δευτερογενής τομέας), συμβάλλοντας στη δημιουργία επεξεργασμένων προϊόντων διατροφής.

- Η Έρευνα και η καινοτομία: Η συνεχής έρευνα και η καινοτομία στα logistics, τις μεταφορές και τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων μεθόδων, νέων τεχνολογιών και νέων βέλτιστων πρακτικών στον agologistics τομέα.
- Η κλιματική αλλαγή και ανθεκτικότητα: Η αλλαγή των καιρικών προτύπων και η ανάγκη οικοδόμησης της ανθεκτικότητας στον γεωργικό τομέα έχουν ωθήσει την εστίαση σε προσαρμοστικά συστήματα logistics που μπορούν να ανταποκριθούν αποτελεσματικά στις δυσλειτουργίες και να διασφαλίσουν την επισιτιστική ασφάλεια.
- Η οικονομική ανάπτυξη και η αστικοποίηση: Η συνεχής ταχεία αστικοποίηση και η οικονομική ανάπτυξη αύξησαν τη ζήτηση για γεωργικά προϊόντα στις κεντρικές αστικές περιοχές, οδηγώντας την ανάγκη για αποτελεσματικά agologistics για τη διασφάλιση της σταθερής προσφοράς τροφίμων στις πόλεις.
- Οι κανονισμοί τροφίμων (π.χ. 178/2002 της Ε.Ε.) που υποχρεώνει όλες τις επιχειρήσεις του αγροτροφικού τομέα δηλαδή που παράγουν, τυποποιούν και αποθηκεύουν τρόφιμα να διαθέτουν σύστημα ιχνηλασιμότητας.
- Η περιορισμένη ζωή των αγροτικών προϊόντων η οποία μεγαλώνει την ανάγκη ταχύτητας στις διαδικασίες τους.

Οι παραπάνω παράγοντες, μεταξύ άλλων, συνέβαλαν συλλογικά στην ανάπτυξη των agologistics, διαδραματίζοντας κρίσιμο ρόλο στα σύγχρονα συστήματα γεωργίας και τροφίμων.

3.1.1 Η οργάνωση των Agrollogistics

Η οργάνωση της agrollogistics περιλαμβάνει τον συντονισμό και τη διαχείριση των διαφόρων δραστηριοτήτων, των διαδικασιών και των ενδιαφερομένων μερών εντός της γεωργικής αλυσίδας εφοδιασμού. Τα agrollogistics στοχεύουν να εξασφαλίσουν την αποτελεσματική μετακίνηση των αγροτικών προϊόντων από την παραγωγή στην κατανάλωση, βελτιστοποιώντας παράλληλα τους πόρους, ελαχιστοποιώντας το κόστος και διατηρώντας την ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων. Η οργάνωση των agrollogistics περιλαμβάνει συνήθως τα ακόλουθα στοιχεία:

Τα ενδιαφερόμενα μέρη της αλυσίδα εφοδιασμού: Τα Agrollogistics περιλαμβάνουν πολλούς ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των αγροτών, των μεταποιητών, των διανομέων, των χονδρεμπόρων, των λιανοπωλητών, των μεταφορέων, των εγκαταστάσεων αποθήκευσης και των κρατικών υπηρεσιών. Η αποτελεσματική οργάνωση απαιτεί συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ αυτών των μερών για να διασφαλιστεί η ομαλή ροή αγαθών και πληροφοριών.

Ο σχεδιασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας: Τα agrollogistics ξεκινούν με τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, ο οποίος περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως η πρόβλεψη ζήτησης, η διαχείριση αποθεμάτων και η βελτιστοποίηση διαδρομής. Ο σωστός προγραμματισμός διασφαλίζει ότι τα προϊόντα είναι διαθέσιμα στις σωστές ποσότητες, στο σωστό μέρος και τη σωστή στιγμή.

Η παραγωγή και συγκομιδή: Η οργάνωση των agrollogistics ξεκινά από το στάδιο παραγωγής και συγκομιδής, όπου οι παραγωγοί διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο. Ο συντονισμός με τους παράγωγους περιλαμβάνει τον σχεδιασμό χρονοδιαγραμμάτων φύτευσης, τη διασφάλιση των κατάλληλων τεχνικών συγκομιδής και την τήρηση των προτύπων ποιότητας και ασφάλειας.

Ο χειρισμός της αλυσίδας συλλογής : Μετά τη συγκομιδή, τα agrollogistics περιλαμβάνουν τον κατάλληλο χειρισμό, συμπεριλαμβανομένης της διαλογής, της ταξινόμησης, του πλυσίματος και της συσκευασίας. Αυτό το στάδιο απαιτεί προσεκτική οργάνωση για τη διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος και την παράταση της διάρκειας ζωής.

Η αποθήκευση και χώροι αποθήκευσης: Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης είναι κρίσιμα συστατικά της agrollogistics. Η σωστή οργάνωση και διαχείριση των αποθηκευτικών χώρων είναι απαραίτητη για την αποφυγή αλλοίωσης, τη μείωση των απωλειών και την αποτελεσματική εναλλαγή των αποθεμάτων.

Οι μεταφορές των προϊόντων : Οι μεταφορές είναι μια βασική πτυχή των agrollogistics, που περιλαμβάνει τη μετακίνηση γεωργικών προϊόντων από τα αγροκτήματα και τις εγκαταστάσεις μεταποίησης σε κέντρα διανομής, λιανοπωλητές και καταναλωτές. Η αποτελεσματική οργάνωση της μεταφοράς περιλαμβάνει την επιλογή κατάλληλων τρόπων μεταφοράς, τη βελτιστοποίηση των διαδρομών και τον συντονισμό των χρονοδιαγραμμάτων.

Η διανομή και η λιανική προώθηση: Η αποτελεσματική οργάνωση στη διανομή και το λιανικό εμπόριο περιλαμβάνει τη διαχείριση του αποθέματος, τον χειρισμό των παραγγελιών και τη διασφάλιση έγκαιρων παραδόσεων σε λιανοπωλητές και τελικούς καταναλωτές. Αυτό περιλαμβάνει

το συντονισμό με διανομείς, χονδρεμπόρους και λιανοπωλητές για την αποτελεσματική κάλυψη της ζήτησης.

Η ενοποίηση της τεχνολογίας: Τα σύγχρονα agrolistics βασίζονται όλο και περισσότερο στην ενσωμάτωση τεχνολογίας για τον εξορθολογισμό των λειτουργιών και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση ψηφιακών πλατφορμών για ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και ανάλυση δεδομένων για τη λήψη αποφάσεων.

Ο ποιοτικός έλεγχος και η κανονιστική συμμόρφωση: Τα agrolistics απαιτούν αυστηρή τήρηση των προτύπων ποιοτικού ελέγχου και συμμόρφωσης για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων και την τήρηση των κανονιστικών απαιτήσεων. Η οργάνωση στο αγροτροφικό τομέα περιλαμβάνει τακτικές επιθεωρήσεις, πιστοποιήσεις και τήρηση των πρωτοκόλλων διασφάλισης ποιότητας.

Η διαχείριση κινδύνων: Τα agrolistics περιλαμβάνουν επίσης στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου για την αντιμετώπιση πιθανών προκλήσεων όπως οι καιρικές διαταραχές, οι διακυμάνσεις της αγοράς και τα γεωπολιτικά ζητήματα. Τα σχέδια έκτακτης ανάγκης και η ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι βασικά συστατικά των οργανωτικών προσπαθειών.

Η χρηματοοικονομική διαχείριση: Η διαχείριση οικονομικών πτυχών, όπως ο προϋπολογισμός, ο έλεγχος του κόστους και η τιμολόγηση, είναι αναπόσπαστο κομμάτι της οργάνωσης των agrolistics. Η αποτελεσματική οικονομική διαχείριση βοηθά τα ενδιαφερόμενα μέρη να επιτύχουν κερδοφορία και βιωσιμότητα.

Η βιωσιμότητα και η κοινωνική ευθύνη: Το δίκτυο agrolistics εξετάζει όλο και περισσότερο τις πτυχές της βιωσιμότητας και της κοινωνικής ευθύνης. Αυτό περιλαμβάνει την προώθηση ηθικών πρακτικών, τη διατήρηση του περιβάλλοντος και τη δίκαιη μεταχείριση των αγρωτών και των εργαζομένων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.

Η επιτυχής οργάνωση των agrolistics προϋποθέτει αποτελεσματική συνεργασία, ενσωμάτωση τεχνολογίας και εστίαση στη βιωσιμότητα και την ποιότητα σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. Με τη βελτιστοποίηση αυτών των στοιχείων, τα agrolistics μπορεί να συμβάλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας, στη μείωση των απορριμμάτων, στη βελτίωση της κερδοφορίας και στη βελτίωση της επισιτιστικής ασφάλειας.

3.1.2 Οι τρόποι μεταφοράς και διανομής στα Agrolistics

Οι μεταφορές είναι ένα κρίσιμο δομικό συστατικό των agrolistics, αλλά μπορεί επίσης να είναι και μια πηγή ζημιών και απωλειών εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ωστόσο, η επιλογή μέσου μεταφοράς είναι σημαντική, επειδή η μεταφορά συνδέεται με το κόστος, την ταχύτητα, την ασφάλεια, τις φθορές αλλά και με τις απαιτήσεις συσκευασίας.

Θα περιγράψουμε παρακάτω, παράγοντες που μπορούν να συμβάλουν σε αυτά τα ζητήματα:

Η φυσική βλάβη: Ο κακός χειρισμός, η ανεπαρκής συσκευασία και η ακατάλληλη φόρτωση και εκφόρτωση μπορεί να προκαλέσουν φυσική βλάβη στα γεωργικά προϊόντα κατά τη μεταφορά τους. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει ζημιές όπως οι μώλωπες, η σύνθλιψη, το σπάσιμο και η αλλοίωση.

Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας: Τα ευπαθή αγροτροφικά προϊόντα, όπως τα π.χ. φρούτα, τα λαχανικά και τα γαλακτοκομικά, είναι ευαίσθητα στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Ο ανεπαρκής συνεχής έλεγχος της θερμοκρασίας κατά τη μεταφορά τους μπορεί να οδηγήσει σε αλλοίωση και υποβάθμιση της ποιότητας τους.

Ο ακατάλληλος έλεγχος του εξαερισμού και υγρασίας: Προϊόντα όπως π.χ. σπόροι και ορισμένα φρούτα απαιτούν τον κατάλληλο αερισμό και έλεγχο υγρασίας για να αποτραπεί αλλοιώσεις όπως μια ανάπτυξη μούχλας και να διατηρηθεί η βέλτιστη ποιότητα του προϊόντος. Ο ανεπαρκής αερισμός μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση υγρασίας και συνέχεια σε αλλοίωση.

Η μόλυνση και η διασταυρούμενη μόλυνση: Οι ακατάλληλες πρακτικές χειρισμού και της μεταφοράς μπορούν να οδηγήσουν σε μια μόλυνση των γεωργικών προϊόντων, είτε από εξωτερικές πηγές είτε λόγω και της αποθήκευσης, μόλυνση από άλλα αγαθά, οδηγώντας σε ανησυχίες για την ασφάλεια και την ποιότητα.

Οι καθυστερήσεις και χρονικός προγραμματισμός: Η επικαιρότητα είναι ζωτικής σημασίας για πολλά γεωργικά προϊόντα, ειδικά για τα φρέσκα προϊόντα. Οι καθυστερήσεις στη μεταφορά μπορεί να οδηγήσουν σε χαμένες ευκαιρίες διάθεσης στην αγορά, λόγω μειωμένης διάρκειας ζωής και αυξημένες πιθανότητες αλλοίωσης.

Η κλοπή και απώλεια: Τα αγροτροφικά προϊόντα είναι επιρρεπή σε κλοπή και απώλειες κατά τη μεταφορά, ειδικά όταν δεν ασφαρίζονται είτε παρακολουθούνται επαρκώς. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε οικονομικές απώλειες για τους παραγωγούς και τους διανομείς.

Η Έλλειψη ιχνηλασιμότητας: Τα αναποτελεσματικά συστήματα παρακολούθησης και ανίχνευσης μπορεί να οδηγήσουν σε δυσκολίες στον εντοπισμό της πηγής των ζημιών είτε των απωλειών, καθιστώντας δύσκολη την υποχρέωση να λογοδοτήσουν οι υπεύθυνοι.

Οι υποδομές και οδικές συνθήκες: Η κακή οδική υποδομή, οι ανεπαρκείς μεταφορικές εγκαταστάσεις και το δύσκολο δίκτυο διανομής μπορούν να συμβάλουν σε ζημιές κατά τη μεταφορά, οδηγώντας σε ανάγκη για αυξημένο χειρισμό και πιθανή απώλεια ποιότητας.

Η ανεπαρκής συσκευασία: Η ακατάλληλη συσκευασία που δεν παρέχει τη επαρκή προστασία είτε σε υλικά συσκευασίας μπορεί να οδηγήσει σε πιθανή φυσική βλάβη, μόλυνση και αλλοίωση των γεωργικών προϊόντων.

Η ανακριβής τεκμηρίωση: Τα πιθανά λάθη στην τεκμηρίωση, όπως μια εσφαλμένη επισήμανση, μια κατάλληλη τεκμηρίωση των συνθηκών θερμοκρασίας και του χειρισμού και η ελλιπής γραφειοκρατία, μπορεί να οδηγήσουν σε μια κακή διαχείριση και σε ζημιές.

Οι φυσικές καταστροφές και ατυχήματα: Απρόβλεπτα γεγονότα όπως οι φυσικές καταστροφές, τα ατυχήματα και οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες μπορούν να διαταράξουν τη διαδικασία της μεταφοράς, οδηγώντας σε καθυστερήσεις, ζημιές και απώλειες.

Η κανονιστική συμμόρφωση: Η μη συμμόρφωση με τις κανονιστικές απαιτήσεις των τροφίμων που σχετίζονται με τα πρότυπα μεταφοράς, της ασφάλειας και της ποιότητας μπορεί να οδηγήσει σε μια απόρριψη προϊόντος, σε πρόστιμα και άλλες οικονομικές απώλειες.

Για να την μείωση και πρόβλεψη των ζημιών και απώλειες, είναι απαραίτητες οι αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης agrolistics. Οι στρατηγικές που μπορεί να περιλαμβάνουν βελτιωμένες πρακτικές συσκευασίας και χειρισμού, τη μεταφορά με ελεγχόμενη θερμοκρασίας, την καλύτερη ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω της τεχνολογίας, την εκπαίδευση των εμπλεκόμενων μερών, τις επενδύσεις σε υποδομές και την καλύτερη συνεργασία μεταξύ όλων των μερών που εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού αγροτροφικών προϊόντων.

Κυρίαρχο μέσο μεταφοράς των αγροτροφικών προϊόντων (π.χ. οπωρολαχανικών, φρούτων, εσπεριδοειδών) παραμένει η χρήση του φορτηγού. Ωστόσο, η επιλογή μέσου μεταφοράς είναι πολύ σημαντική, επειδή η μεταφορά συνδέεται με το κόστος, την ταχύτητα, την ασφάλεια, τις φθορές αλλά και με τις απαιτήσεις συσκευασίας. Παράδειγμα τα φρούτα και τα λαχανικά μπορούν να μεταφέρονται και με φορτηγά πλοία δηλαδή με πλοία τα οποία έχουν τους δικούς τους χώρους αποθήκευσης και με πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στα οποία απλά φορτώνουν σε αυτά τα εμποροκιβώτια (Containers) με τα φρούτα μέσα. Η αερομεταφορά, παρόλο που το κόστος της είναι σχετικά υψηλό, ως μέσο μεταφοράς γίνεται όλο και πιο δημοφιλής κυρίως λόγω του γεγονότος ότι είναι σύντομη στα χρονικά παράθυρα της διανομής, τα προϊόντα δεν έχουν τόσες απαιτήσεις σε συσκευασία και επίσης υπάρχουν μικρότερες πιθανότητες για τυχόν απώλειες είτε φθορές. Τα αεροπλάνα μπορεί να χρησιμοποιούνται για την μεταφορά εξωτικών κυρίως φρούτων από την Λ. Αμερική. Άλλος ο οικονομικότερος τρόπος μεταφοράς των αγροτικών προϊόντων συνεχίζει να αποτελεί ο σιδηρόδρομος, όμως αποτελεί παράλληλα και την τελευταία επιλογή για τα νωπά οπωροκηπευτικά, κυρίως λόγω των καθυστερήσεων στις διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης τους αλλά και της αναγκαστικής χρήσης των φορτηγών για τη μετακίνηση των φρούτων από τον τόπο παραγωγής των προϊόντων προς το σταθμό μεταφόρτωσης και διανομής.

3.2 Ιχνηλασιμότητα στην Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων

Η ιχνηλασιμότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων με το IoT αναφέρεται στην ικανότητα της παρακολούθησης της διαδρομής των αγροτροφικών προϊόντων από το αγρόκτημα παραγωγής στους τελικούς καταναλωτές χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως η τεχνολογία του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Η ενσωμάτωση του IoT στη αγροτροφική αλυσίδα εφοδιασμού ενισχύει τη διαφάνεια, τον ποιοτικό έλεγχο και τα μέτρα ασφαλείας, παρέχοντας στους ενδιαφερόμενους δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την προέλευση, τις συνθήκες και το χειρισμό των προϊόντων σε διάφορα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού.

Στην συνέχεια μπορούμε να περιγράψουμε βασικούς λογούς που η τεχνολογία του IoT διευκολύνει την ιχνηλασιμότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων:

Η Έξυπνη γεωργία: Οι αισθητήρες IoT που αναπτύσσονται σε χώρους παραγωγής για την παρακολούθηση των κρίσιμων παραμέτρων όπως η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία, η υγρασία και τα επίπεδα των θρεπτικών ουσιών. Όλα τα παραπάνω τα δεδομένα βοηθούν τους αγρότες να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την άρδευση, τη λίπανση και τον έλεγχο των παρασίτων, εν δυνάμει ασθενειών, διασφαλίζοντας καλύτερη υγεία και ποιότητα των καλλιεργειών.

Η παρακολούθηση κατά τη συγκομιδή και τη συσκευασία: Οι συσκευές IoT, όπως οι ετικέτες RFID και κωδικοί QR, χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση κάθε παρτίδας και συγκομιζομένων

προϊόντων. Αυτές οι πληροφορίες που καταγράφονται σε διάφορα στάδια της συσκευασίας και της επεξεργασίας, δημιουργώντας μια ψηφιακή καταγραφή της προέλευσης του προϊόντος.

Η διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας: Οι αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας με δυνατότητα του IoT χρησιμοποιούνται κατά τη μεταφορά και τη αποθήκευση ευπαθών αγαθών, όπως σε φρούτα και λαχανικά. Τα παραπάνω διασφαλίζουν ότι τα προϊόντα θα διατηρούνται υπό τις απαιτούμενες συνθήκες, αποτρέποντας την αλλοίωση και διατηρώντας τη φρεσκάδα.

Η ορατότητα στη εφοδιαστική αλυσίδα: Οι συσκευές IoT παρακολουθούν την κίνηση των γεωργικών προϊόντων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς, της αποθήκευσης και της διανομής. Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την τοποθεσία και την κατάσταση του προϊόντος.

Η ενσωμάτωση τεχνολογίας Blockchain: Τα δεδομένα IoT μπορούν να καταγραφούν σε μια αλυσίδα μπλοκ (Block), δημιουργώντας ένα αμετάβλητο και διαφανές αρχείο καταγραφής της διαδρομής του προϊόντος. Η ιχνηλασιμότητα με την χρήση της δυνατότητας του blockchain διασφαλίζει την ακεραιότητα και την αυθεντικότητα των δεδομένων, αποτρέποντας την απάτη, παραπληροφόρηση και επιτρέποντας την επαλήθευση των αξιώσεων προϊόντων.

Η παρακολούθηση της ποιότητας και της ασφάλειας: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να ανιχνεύσουν πιθανές μεταβολές στην κατάσταση του προϊόντος, όπως αποκλίσεις θερμοκρασίας είτε την έκθεση σε ρύπους. Αυτό επιτρέπει πιο έγκαιρες διορθωτικές ενέργειες για τη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας του προϊόντος.

Οι πληροφορίες προς τον καταναλωτή: Οι τελικοί καταναλωτές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες προϊόντος χρησιμοποιώντας συσκευασίες με δυνατότητα IoT ή με εφαρμογές για κινητές συσκευές. Οι κωδικοί QR είτε οι ετικέτες NFC στη συσκευασία επιτρέπουν στους καταναλωτές να εντοπίσουν το προϊόν στην πηγή του, να μάθουν για τη διαδικασία παραγωγής του και να επαληθεύσουν τη γνησιότητά του.

Η συμμόρφωση και πιστοποίηση βάσει κανονιστικών υποχρεώσεων: Τα δεδομένα IoT μπορούν να βοηθήσουν στη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους τοπικούς και διεθνείς κανονισμούς για τη γεωργία και την ασφάλεια των τροφίμων. Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας με δυνατότητα IoT διευκολύνουν τους ελέγχους και τις πιστοποιήσεις, αποδεικνύοντας την τήρηση των προτύπων ποιότητας.

Η διαχείριση της ανάκλησης και διορθωτικές ενέργειες: Σε περίπτωση ανάκλησης προϊόντος, η ιχνηλασιμότητα με δυνατότητα IoT επιτρέπει πιο στοχευμένες και πιο αποτελεσματικές ανακλήσεις, ελαχιστοποιώντας τον αντίκτυπο ενεργειών στους καταναλωτές και μειώνοντας τη σπατάλη προϊόντων.

Με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων, οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να δημιουργήσουν μια βέλτιστη ιχνηλασιμότητα από άκρο σε άκρο της αλυσίδα του εφοδιασμού, διασφαλίζοντας την αυθεντικότητα, την ασφάλεια και την ποιότητα των προϊόντων. Αυτό το επίπεδο διαφάνειας όχι μόνο ωφελεί τους καταναλωτές παρέχοντάς τους αξιόπιστες πληροφορίες, αλλά συμβάλλει επίσης στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, στη μείωση της σπατάλης προϊόντων και στην ενίσχυση της φήμης των εμπλεκόμενων μερών, όπως τους παραγωγούς γεωργικών προϊόντων και τους εμπόρους λιανικής πώλησης.

Η Ιχνηλασιμότητα στην Εφοδιαστική Αλυσίδα αγροτροφικών Προϊόντων σε έναν τομέα logistics που χαρακτηρίζεται από υψηλή ευπάθεια προϊόντων. Οι κρίσεις στον τομέα των αγροτικών τροφίμων, οδήγησε τους καταναλωτές πιέζουν για περισσότερη διαφάνεια και διαχείριση ιχνηλασιμότητα στην αλυσίδα αγροτικών προϊόντων τροφίμων. Οι κρίσεις, για την ασφάλεια των τροφίμων απέδειξαν ότι είναι σημαντικός ο ακριβής προσδιορισμός της πηγής προέλευσης των ζωοτροφών και τροφίμων γενικότερα αποτελεί ένα θέμα υψίστης σημασίας στην προστασία των καταναλωτών.

Στις πιο σημαντικές ιδιαιτερότητες ενός συστήματος agrolistics είναι η μικρή διάρκεια ζωής των αγροτικών προϊόντων, η ανάγκη διατήρησης, ο έλεγχος και η πιστοποίηση των συνθηκών διακίνησης εμπορευμάτων, η σημασία στις διαφορετικές απαιτήσεις ανάλογα με το αγαθό.

3.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη αλυσίδα εφοδιασμού Αγροδιατροφικού Τομέα

- Η λειτουργική αποδοτικότητα της αλυσίδα του εφοδιασμού
- Τα καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες για την ολοκληρωμένη διαχείριση
- Η ποιότητα τροφίμων, ασφάλεια τροφίμων (υψηλά επίπεδα υγιεινής και πιστοποίησης, λελογισμένη χρήση φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων κλπ.)

- Η παρακολούθηση κατάστασης προϊόντων και συνθηκών μεταφοράς σε πραγματικό χρόνο (η περιορισμένη ζωή των αγροτικών προϊόντων και η ανάγκη της γνώσης των συνθηκών και του περιβάλλοντος των προϊόντων)
- Οι εμπλεκόμενοι (Παραγωγοί και Γεωργικοί Σύμβουλοι, Τυποποίηση, Αποθήκες και Μεταφορείς, Χονδρέμποροι, Λιανέμποροι, Καταναλωτές)
- Οι διαδικασίες των AgroLogistics (Συγκομιδή, Μεταφορά στο σταθμό συσκευασίας, Προεπιλογή, Ποιοτικός Έλεγχος, Ταξινόμηση, Συσκευασία, Ψύξη και αποθήκευση, Μεταφορά και Διανομή)

3.3 Η διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω Διαδικτύου των Πραγμάτων

Η διαδικασία και η διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) περιλαμβάνει διάφορα στάδια και στρατηγικές για να διασφαλιστεί ότι τα συλλεγόμενα δεδομένα αντιμετωπίζονται, αναλύονται και χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά. Ακολουθεί μια γενική επισκόπηση της διαδικασίας:

Η συλλογή δεδομένων: Οι συσκευές IoT εξοπλισμένες με αισθητήρες συλλέγουν διάφορους τύπους δεδομένων, όπως τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τις καταστάσεις συσκευών, αλληλεπιδράσεις με τους χρήστες. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να δημιουργηθούν σε πραγματικό χρόνο ή περιοδικά, ανάλογα με την περίπτωση χρήσης.

Η μετάδοση δεδομένων: Τα συλλεγόμενα δεδομένα μεταδίδονται από συσκευές IoT σε ένα κεντρικό είτε κατακεντρωμένο σύστημα. Αυτή η μετάδοση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ενσύρματων είτε των ασύρματων πρωτοκόλλων επικοινωνίας, όπως Wi-Fi, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, Bluetooth είτε ακόμα και δορυφορική επικοινωνία.

Η απορρόφηση δεδομένων: Τα δεδομένα εισάγονται σε ένα σύστημα αποθήκευσης δεδομένων, όπως βάσεις δεδομένων. Αυτά τα συστήματα πρέπει να είναι ικανά να χειρίζονται και να αποθηκεύουν μεγάλους όγκους δεδομένων.

Η επεξεργασία Δεδομένων: Τα ακατέργαστα δεδομένα που συλλέγονται από συσκευές IoT συχνά χρειάζονται επεξεργασία πριν γίνουν χρήσιμα. Η επεξεργασία μπορεί να περιλαμβάνει καθαρισμό δεδομένων, μετασχηματισμό, συνάθροιση και εμπλουτισμό. Αυτό το βήμα βοηθά στη βελτίωση της ποιότητας και της συνάφειας των δεδομένων.

Η αποθήκευση δεδομένων: Τα επεξεργασμένα δεδομένα αποθηκεύονται σε κατάλληλες λύσεις αποθήκευσης δεδομένων. Η επιλογή της τεχνολογίας αποθήκευσης εξαρτάται από παράγοντες όπως ο όγκος των δεδομένων, η ταχύτητα και η απαιτούμενη ταχύτητα ανάκτησης. Οι κοινές επιλογές περιλαμβάνουν σχεσιακές βάσεις δεδομένων, βάσεις δεδομένων NoSQL και κατακεντρωμένα συστήματα αρχείων.

Η ανάλυση των δεδομένων: Τα εργαλεία και οι τεχνικές ανάλυσης δεδομένων χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή πληροφοριών και μοτίβων από τα αποθηκευμένα δεδομένα. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει περιγραφική, διαγνωστική, προγνωστική ή συνταγογραφική ανάλυση, ανάλογα με τους επιχειρηματικούς στόχους.

Η επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο: Ορισμένες εφαρμογές IoT απαιτούν ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Οι πλατφόρμες επεξεργασίας ροής χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των δεδομένων καθώς φτάνουν, επιτρέποντας άμεσες ενέργειες και απαντήσεις.

Η οπτικοποίηση των δεδομένων: Η οπτικοποίηση δεδομένων μέσω πινάκων εργαλείων, γραφημάτων, γραφημάτων και άλλων οπτικών αναπαραστάσεων βοηθά να γίνουν οι πληροφορίες κατανοητές και εφαρμόσιμες για τα ενδιαφερόμενα μέρη.

Η εντοποίηση των δεδομένων: Τα δεδομένα IoT μπορεί να χρειαστεί να ενσωματωθούν με άλλες πηγές δεδομένων σε έναν οργανισμό για να παρέχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα των λειτουργιών και των διαδικασιών.

Η ασφάλεια δεδομένων και απόρρητο των πληροφοριών: Λόγω της ευαίσθητης φύσης των δεδομένων IoT, πρέπει να ισχύουν ισχυρά μέτρα ασφαλείας για την προστασία των δεδομένων από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, παραβίαση και επιθέσεις. Οι τεχνικές ανωνυμοποίησης και κρυπτογράφησης δεδομένων συμβάλλουν στη διατήρηση του απόρρητου.

Η επεκτασιμότητα και η υποδομή: Καθώς η τεχνολογία του IoT αυξάνεται, η υποκείμενη υποδομή πρέπει να είναι επεκτάσιμη για να ανταποκρίνεται σε αυξανόμενους όγκους δεδομένων και απαιτήσεις επεξεργασίας. Το cloud computing και οι τεχνολογίες υπολογιστών χρησιμοποιούνται συχνά για την αντιμετώπιση προκλήσεων επεκτασιμότητας.

Η Διακυβέρνηση δεδομένων: Η καθιέρωση πρακτικών διακυβέρνησης δεδομένων διασφαλίζει την αποτελεσματική διαχείριση των δεδομένων, τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς συμμόρφωσης και την ευθυγράμμιση με τις πολιτικές δεδομένων του οργανισμού.

Η μηχανική μάθηση και τεχνητή νοημοσύνη: Οι προηγμένες τεχνικές ανάλυσης, όπως η μηχανική μάθηση και η τεχνητή νοημοσύνη, μπορούν να εφαρμοστούν σε δεδομένα IoT για την ανακάλυψη περίπλοκων μοτίβων, την πραγματοποίηση προβλέψεων και τη δυνατότητα αυτόνομης λήψης αποφάσεων.

Η συνεχής βελτίωση: Η διαδικασία διαχείρισης δεδομένων πρέπει να είναι επαναληπτική. Οι οργανισμοί θα πρέπει να αξιολογούν τακτικά τις στρατηγικές διαχείρισης δεδομένων τους, να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις και να βελτιώνουν συνεχώς τις διαδικασίες τους. Η διαχείριση μεγάλων όγκων δεδομένων IoT απαιτεί έναν συνδυασμό ισχυρών τεχνολογιών, ειδικευμένου προσωπικού και στρατηγικού σχεδιασμού για την αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού των πληροφοριών που παράγονται από τα δεδομένα.

3.3.1 Εφαρμογές του IoT στη αλυσίδα εφοδιασμού Αγροδιατροφικό Τομέα

Οι εφαρμογές IoT (Internet of Things) στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας αγροδιατροφής είναι πολυάριθμες. Αξιοποιούν την τεχνολογία αισθητήρων, την ανάλυση δεδομένων και τη συνδεσιμότητα για να βελτιώσουν διάφορες πτυχές της γεωργικής παραγωγής, διανομής και διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να τοποθετηθούν σε οχήματα, εμποροκιβώτια και προϊόντα για να παρέχουν παρακολούθηση και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της κίνησης, της τοποθεσίας και της κατάστασής τους. Αυτό βοηθά στη βελτιστοποίηση των logistics, στη μείωση των καθυστερήσεων και στη διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων κατά τη μεταφορά.

Η διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας: Η διατήρηση των κατάλληλων συνθηκών θερμοκρασίας είναι κρίσιμη για τα ευπαθή αγαθά. Οι αισθητήρες IoT μπορούν να παρακολουθούν τη θερμοκρασία, την υγρασία και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες σε εγκαταστάσεις ψύξης, ψυγεία και εμπορευματοκιβώτια αποστολής. Οποιοσδήποτε αποκλίσεις μπορούν να ενεργοποιήσουν ειδοποιήσεις, αποτρέποντας την αλλοίωση και διασφαλίζοντας την ασφάλεια των τροφίμων.

Η διαχείριση του αποθέματος: Οι συσκευές με δυνατότητα IoT μπορούν να παρακολουθούν τα επίπεδα αποθέματος αυτόματα και σε πραγματικό χρόνο. Αυτό αποτρέπει το υπερβολικό απόθεμα, βελτιώνει την αποδοτικότητα της αποθήκης και απλοποιεί την εκπλήρωση των παραγγελιών.

Ο ποιοτικός έλεγχος: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να παρακολουθούν την ποιότητα και τη φρεσκάδα των γεωργικών προϊόντων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Παράμετροι όπως η υγρασία, η υγρασία και τα επίπεδα αερίου μπορούν να μετρηθούν για να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα πληρούν τα πρότυπα ποιότητας.

Η προγνωστική διαδικασία συντήρησης: Οι αισθητήρες σε μηχανήματα και εξοπλισμό μπορούν να παρακολουθούν την απόδοση και τα δεδομένα χρήσης. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να αναλυθούν για την πρόβλεψη των αναγκών συντήρησης, μειώνοντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας και αυξάνοντας τη λειτουργική απόδοση.

Η Έξυπνη συσκευασία: Η συσκευασία που είναι εξοπλισμένη με αισθητήρες IoT μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση ενός προϊόντος, όπως θερμοκρασία, υγρασία και ακεραιότητα. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των συσκευασμένων τροφίμων.

Η ορατότητα στο δίκτυο της εφοδιαστικής αλυσίδας: Οι συσκευές IoT παρέχουν ορατότητα σε πραγματικό χρόνο σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να εντοπίσουν σημεία συμφόρησης, να βελτιστοποιήσουν τις διαδρομές και να εξορθολογίσουν τις διαδικασίες.

Η διαχείριση κινδύνου: Τα δεδομένα IoT μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό πιθανών κινδύνων όπως διακυμάνσεις θερμοκρασίας, καθυστερήσεις είτε αποκλίσεις από τις καθορισμένες συνθήκες. Αυτό επιτρέπει την εφαρμογή προληπτικών στρατηγικών διαχείρισης κινδύνου.

Η Ιχνηλασιμότητα και η διαφάνεια: Το IoT μπορεί να παρέχει μια λεπτομερή, αδιάψευστη εγγραφή για κάθε βήμα στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό ενισχύει τη διαφάνεια, διασφαλίζει τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς και βοηθά στον γρήγορο εντοπισμό της προέλευσης των προϊόντων σε περίπτωση ανάκλησης.

Η Γεωργία ακριβείας: Οι αισθητήρες IoT που αναπτύσσονται στα χωράφια μπορούν να παρακολουθούν την υγρασία του εδάφους, τα επίπεδα θρεπτικών ουσιών και τις καιρικές συνθήκες. Αυτά τα δεδομένα ενημερώνουν τις αποφάσεις άρδευσης, λίπανσης και φύτευσης, βελτιστοποιώντας την απόδοση των καλλιεργειών και τη χρήση των πόρων.

Η διαχείριση των ζώων: Οι αισθητήρες IoT σε ζώα μπορούν να παρακολουθούν την υγεία, τη συμπεριφορά και τη θέση τους. Αυτά τα δεδομένα βοηθούν στην έγκαιρη ανίχνευση της νόσου, στη διαχείριση των προγραμμάτων διατροφής και στη βελτίωση της συνολικής καλής διαβίωσης των ζώων.

Τα market insights: Τα δεδομένα IoT μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για τις προτιμήσεις και τις τάσεις των καταναλωτών. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν τους παραγωγούς να προσαρμόσουν τα προϊόντα τους ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της αγοράς.

Οι Έξυπνες συμβάσεις και πληρωμές: Το IoT μπορεί να αυτοματοποιήσει διαδικασίες, όπως ενεργοποιήσεις πληρωμής, όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, όπως επιβεβαίωση παράδοσης ή επικύρωση ποιότητας.

Η βιωσιμότητα και αποδοτικότητα πόρων: Τα δεδομένα IoT συμβάλλουν στη μείωση των αποβλήτων βελτιστοποιώντας τη χρήση του νερού και της ενέργειας, ελαχιστοποιώντας την υπερβολική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και προωθώντας βιώσιμες πρακτικές.

Η συνεργασία στην Εφοδιαστική Αλυσίδα: Το IoT διευκολύνει την επικοινωνία και την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ διαφορετικών ενδιαφερομένων, ενισχύοντας τη συνεργασία και τον συντονισμό.

Οι παραπάνω εφαρμογές συμβάλλουν συλλογικά σε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, μειωμένα απόβλητα, βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων, ενισχυμένη ασφάλεια και συνολική βιωσιμότητα τόσο στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας αγροδιατροφής,

4. Κεφάλαιο Τέταρτο: Η τεχνολογία Blockchain και οι Έξυπνες συμβάσεις (smart contracts) στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Στα προηγούμενα κεφάλαια, έχουμε αναφέρει ότι τα συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αδύνατα σε αποδοτικότητα, είναι και ανεπαρκή και αδιαφανείς. Η συστημική ενσωμάτωση κάθε σημείου της εφοδιαστικής αλυσίδας παραμένει μία δύσκολη πρόκληση. Η χρήση των νέων τεχνολογιών, μπορεί να δοθεί μια λύση π.χ. όπως στη χαμηλού επιπέδου τελωνειακή επιτήρηση της διοίκησης των τελωνείων, στη χαμηλή αποτελεσματικότητα και στα υψηλά κόστη κατά την εισαγωγή εμπορευμάτων στα σύνορα που προέρχονται από ηλεκτρονικές αγορές.

Η τεχνολογία blockchain μπορεί να προσφέρει λύσεις σε θέματα που έχει η εφοδιαστική αλυσίδα και να παρέχει νέες μεθόδους καταγραφής, μετάδοσης και διαμοιρασμού δεδομένων. Επίσης μπορεί να συνδυαστεί με την εφοδιαστική αλυσίδα προϊόντων και να προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες από τον καταναλωτή από όπου και αν βρίσκεται. Επίσης μπορεί να βοηθήσει στην ασφαλή καταγραφή και τον ασφαλή διαμοιρασμό των πληροφοριών.

Οι τεχνολογίες blockchain αναμένεται να αλλάξουν ριζικά τον τρόπο λειτουργίας των περισσότερων οργανισμών και βιομηχανιών. Το blockchain, είναι μία αλυσίδα από blocks, στα οποία καταχωρούνται οι συναλλαγές είτε τα δεδομένα οποιασδήποτε μορφής, δημιουργώντας μία σειρά συναλλαγών. Πρόκειται για ένα «λογιστικό» καθολικό (ledger), στο οποίο με τη χρήση κρυπτογραφίας, τα δεδομένα αποθηκεύονται με μια χρονολογική σειρά. Η αλυσίδα των blocks διαμοιράζεται στο δίκτυο των υπολογιστών που συμμετέχουν σε αυτή, οι οποίοι ονομάζονται κόμβοι nodes. Κάθε node περιέχει ένα πλήρες αντίγραφο όλων των συναλλαγών που έχουν μέχρι τότε έχει καταγραφεί στο συγκεκριμένο Blockchain .

4. Η συμβολή της τεχνολογίας Blockchain

Παρακάτω, θα αναφέρουμε τα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain τα οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τα logistics, την εφοδιαστική αλυσίδα και το δίκτυο εφοδιασμού, όπως :

- Ασφάλεια, επαληθευσσιμότητα, ακεραιότητα των πληροφοριών κατά μήκος μίας αλυσίδας από blocks σε πραγματικό χρόνο και προσβάσιμα από όλα τα μέλη του δικτύου εφοδιασμού ή για οποιονδήποτε άλλο, ανάλογα με τον τύπο της αλυσίδας block (δημόσια ή ιδιωτικά). Οι πιο σημαντικές περιοχές εφαρμογής είναι η ιχνηλάτηση προέλευσης των προϊόντων, η παρακολούθηση του προϊόντος μέσα στο δίκτυο εφοδιασμού, η πρόβλεψη της ζήτησης, η ανοικτή πρόσβαση σε πληροφορίες, η μείωση των φαινομένων απάτης και εμπορευμάτων απομίμησης, η μείωση περιβαλλοντολογικού αποτυπώματος και αυτοματοποίηση διαδικασιών στα πλαίσια των έξυπνων συμβολαίων.

- Δυνατότητα αυτόματης επικύρωσης και εκτέλεσης των συμφωνημένων συναλλαγών όταν ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις που έχουν τεθεί σε ένα έξυπνο συμβόλαιο που έχει καταχωρηθεί στην αλυσίδα από μπλοκ.

4.1 Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Blockchain

Η Ιχνηλασιμότητα και παρακολούθηση - Η ιχνηλασιμότητα στη εφοδιαστική αλυσίδα είναι η σημαντική και έτσι επιβεβαιώνεται η προέλευση του προϊόντος (όπως ο τόπος παραγωγής, ημερομηνία παραγωγής και ποιος παράγωγος συμμετείχε στην παραγωγή του) και η πληροφορία σχετικά με τα στάδια που πέρασε το προϊόν από τον τόπο προέλευσης μέχρι και το τελικό καταναλωτή. Η δυνατότητα παροχής πληροφοριών σχετικά με το ποιος το παράγαγε, από πού και πως μεταφέρθηκε και που βρίσκεται τώρα αποτελεί σημαντικό για την απόκτηση του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και προσθέτει αξία στο τελικό προϊόν. Οι πληροφορίες που επιτρέπουν στην διοίκηση να έχουν ένα καλύτερο πλάνο σε συγχρονισμό με τις καταναλωτικές απαιτήσεις και οδηγήσει σε βελτιστοποίηση σε λειτουργικό επίπεδο. Η τεχνολογία Blockchain δίνει τη δυνατότητα στο τελικό πελάτη να έχει πρόσβαση σε αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τη προέλευση του και τη διαδρομή που έκανε το προϊόν⁵².

⁵² Το blockchain παρέχει μια ακριβή και σταθερή καταγραφή από την προέλευση του προϊόντος μέχρι τον προορισμό του. Έτσι, το προϊόν και η διαδικασία παραγωγής του μπορεί να ακολουθηθεί και ανάποδα, από το τέλος μέχρι την αρχή. Είναι δυνατή η παρακολούθηση της προέλευσης, της διαδρομής, της εταιρείας κατασκευής, των διεργασιών που εφαρμόζονται, του κόστους σε κάθε στάδιο της διαδικασίας προμήθειας, των επιπέδων θερμοκρασίας και πίεσης που παρουσιάζονται κατά τη μεταφορά ή αποθήκευση. Επιπλέον, οι καθυστερήσεις χρόνου, τα ανθρώπινα λάθη και οι παράγοντες κόστους μπορεί να εξαλειφθούν, καθώς και να αποτραπεί η απάτη ή η κλοπή προϊόντων. (Apte και Petrovsky, 2016).

Η πρόβλεψη ζήτησης - Η διαχείριση της πρόβλεψης ζήτησης αποτελεί ένα κρίσιμο μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας η οποία χρειάζεται ένα συντονισμό. Πολύ σημαντικό, για να γίνει η σωστή πρόβλεψη ώστε να υπάρξει ισορροπία μεταξύ ζήτησης και προσφοράς και να επιτευχθεί όσο το δυνατό μεγαλύτερο κέρδος και όλο το μήκος της αλυσίδα εφοδιασμού. Η διαχείριση της ζήτησης, η προετοιμασία των εμπλεκομένων για τις μελλοντικές διακυμάνσεις της ζήτησης καταβάλλοντας προσπάθειες για όσο το δυνατόν καλύτερη πρόβλεψη της μελλοντικής κάλυψη της ζήτησης.

Η διαφάνεια⁵³ και ένα ολοκληρωμένο σύστημα ασφαλείας με την χρήση της τεχνολογίας blockchain είναι η βάση για μία επιτυχημένη και μεγάλης ανταλλαγή πληροφοριών για τη διαχείριση της ζήτησης στο δίκτυο εφοδιασμού.

Η ανοικτή πρόσβαση⁵⁴, με πληροφορίες που έχουν καταχωρηθεί μέσω Blockchain μπορούν να είναι διαθέσιμες σε όλους που συμμετέχουν στο δίκτυο είτε σε περιορισμένο αριθμό. Έτσι η ανταλλαγή παραστατικών και η ανταλλαγή της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας μειώνονται. Στα logistics τα οφέλη από την εφαρμογή τεχνολογίας Blockchain εμφανίζονται κατά τη μεταφορά εμπορευμάτων.

Η αποτροπή απάτης - Η ανοικτή πληροφορία σχετικά με τη πιστοποίηση γνησιότητας και προέλευσης αποτελεί ένα δυνατό όπλο για την καταπολέμηση φαινομένων απάτης και προϊόντων απομίμησης. Η λειτουργία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη μεταποίηση φαρμάκων και υψηλής αξίας κοσμημάτων. Όλη η αλυσίδα (οι προμηθευτές πρώτων υλών, οι ρυθμιστικοί οργανισμοί, συσκευαστικές επιχειρήσεις, χονδρέμποροι, επιχειρήσεις υπηρεσιών logistics, λιανοπωλητές και καταναλωτές) με την χρήση τεχνολογίας blockchain μπορεί να βοηθηθεί στη διαχείριση παρέχοντας ορατότητα στα ενδιαφερόμενα μέρη και βοηθώντας στην απλοποίηση της διαδικασίας ανάκλησης προϊόντος.

4.2 Εμπόδια στη εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain

Εμπόδια εντός της επιχείρησης

- Οι οικονομικοί περιορισμοί- Η εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain προϋποθέτει την επένδυση σε νέο λειτουργικό και λογισμικό υλικό το οποίο μπορεί να είναι μια ακριβή δαπάνη για την επιχείρηση.
- Η Έλλειψη αφοσίωσης και υποστήριξης νέων τεχνολογιών από τα διοίκηση των επιχειρήσεων.
- Η Έλλειψη οργανωτικής για την εφαρμογή νέων τεχνολογιών: Με την εφαρμογή μίας νέας τεχνολογίας όπως Blockchain εσωτερικά στον οργανισμό θα υπάρξουν και αλλαγές όπως η κουλτούρα οι αξίες και οι συμπεριφορές.
- Η Έλλειψη γνώσης και εξειδίκευσης: Η νέα τεχνολογία απαιτεί εκδικούμενο προσωπικό και τεχνικούς που η διαθεσιμότητα τους να αποτελεί ένα εμπόδιο για την εφαρμογή της σε ένα οργανισμό.

Εμπόδια κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού

- Η Έλλειψη της επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών.
- Η ανάγκη για δημιουργία νέας πολιτικής για τις πληροφορίες που ανταλλάσσουν τα ενδιαφερόμενα μέρη.
- Η ενιαία και αποτελεσματική και βιώσιμη πρακτική από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού για την ενσωμάτωση της νέας τεχνολογίας.
- Οι διαφορετικές επιχειρησιακές κουλτούρες μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών.
- Η Έλλειψη γνώσης και ενημέρωσης των πελατών σχετικά με την τεχνολογία.

Εμπόδια σχετικά με τα συστήματα

- Τα κενά ασφαλείας συστήματος, ανάγκη για πολιτικές ασφαλείας.
- Ο δισταγμός υιοθέτησης της νέας τεχνολογίας.

⁵³ Οι Singh και Sharma (2022) αναφέρουν ότι σε αυτό τον υπερ-συνδεδεμένο και συνεχώς εξελισσόμενο κόσμο η διαύγεια στον αγροδιατροφικό τομέα αποτελεί τη νέα δύναμη. Τις δύο τελευταίες δεκαετίες κέρδιζαν οι «ισχυρισμοί» ενός νέου αγροδιατροφικού προϊόντος στην αγορά. Η ανάγκη για διαφάνεια και αξιοπιστία σε όλη τη διατροφική αλυσίδα είναι περισσότερο από πότε πιο επιτακτική και αποτελεί το μέλλον στην αλυσίδα τροφίμων. Όσοι παραγωγοί επιτύχουν αυτή τη διαφάνεια, θα κερδίσουν την εμπιστοσύνη και τελικά την αφοσίωση των καταναλωτών. Με την τεχνολογία Blockchain μπορεί να επιτευχθεί ένας αξιόπιστος και κατανοητός τρόπος να γίνονται οι συναλλαγές ανάμεσα σε διαφορετικούς συντελεστές της γραμμής παραγωγής αγροδιατροφικών προϊόντων, έως τον τελικό καταναλωτή.

⁵⁴ Οι πληροφορίες σε ένα Blockchain σύστημα θα επιτρέψουν σε έναν παραγωγό να ενδυναμώσει τη σχέση του με τους υπάρχοντες καταναλωτές και να προσελκύσει νέους, καθώς θα μοιράζεται τη διαδικασία παραγωγής, με καταγεγραμμένα αξιόπιστα αρχεία. (Babich και Hilary (2020)

- Η τεχνολογία είναι καινούργια ώστε να την εφαρμοστεί κάθε επιχείρηση.
- Εμπόδια από το εξωτερικό περιβάλλον
- Η Έλλειψη κυβερνητικών πολιτικών για την ασφαλή εφαρμογή της νέας τεχνολογίας αλλά και την υποστήριξη των πολιτικών ασφάλειας.
 - Η Έλλειψη αμέσων επενδυτών ώστε να επενδύσουν μέρος του κεφαλαίου τους στην νέα τεχνολογία είτε σε πιλοτικά προγράμματα.

4.2 Η τεχνολογία Blockchain

4.2.1 Περιγραφή της τεχνολογίας Blockchain

Η τεχνολογία blockchain είναι ένα αποκεντρωμένο και κατανεμημένο σύστημα ψηφιακού καθολικού που επιτρέπει σε πολλά μέρη να καταγράφουν τις συναλλαγές με ασφαλή, διαφανή και αμετάβλητο τρόπο. Αρχικά είχε δημιουργηθεί για να χρησιμοποιηθεί ως η βασική τεχνολογία για το κρυπτονομίσμα όπως το Bitcoin, αλλά οι εφαρμογές του έχουν επεκταθεί από τότε σε διάφορους κλάδους.

Στο κεντρικό σχεδιασμό, ένα blockchain⁵⁵ αποτελείται από μια αλυσίδα μπλοκ, όπου κάθε μπλοκ περιέχει ένα σύνολο συναλλαγών. Αυτές οι συναλλαγές ομαδοποιούνται, κρυπτογραφούνται και στη συνέχεια προστίθενται στο blockchain με διαδοχική σειρά. Το blockchain είναι μοναδικό λόγω της αποκεντρωμένης φύσης του, δηλαδή αντί να βασίζονται σε μια κεντρική αρχή για την επικύρωση και την καταγραφή των συναλλαγών, οι πολλοί συμμετέχοντες (κόμβοι) στο δίκτυο συνεργάζονται για την επικύρωση και την έναρξη συναλλαγής σχετικά με την εγκυρότητα των συναλλαγών. Αυτός ο μηχανισμός της συναίνεσης περιλαμβάνει συχνά σύνθετους αλγόριθμους, όπως Απόδειξη Εργασίας - Proof of Work (PoW)⁵⁶ ή Απόδειξη επικύρωσής - Proof of Stake (PoS)⁵⁷.

Ορισμός

Το blockchain αποτελεί μια νέα τεχνολογία η οποία δημιουργήθηκε από τον Satoshi Nakamoto το 2008⁵⁸ με σκοπό την ασφαλή συναλλαγή του κρυπτονομίσματος bitcoin⁵⁹. Αποτελείται από δυο μέρη: τις σελίδες που στην συνέχεια δημιουργούν ένα μπλοκ (block) και την διασύνδεση των σελίδων μεταξύ τους (chain). Κάθε φορά που δημιουργείται ένα νέο block συνδέεται με τα προηγούμενα, δημιουργώντας έτσι το blockchain.

Κάθε τέτοιο block(block) που δημιουργείται αποστέλλεται σε όλους τους χρήστες του δικτύου. Ο αρχικός σκοπός του blockchain είναι οι άνθρωποι να έχουν τον έλεγχο των συναλλαγών τους χωρίς την παρέμβαση τρίτων (π.χ. τράπεζες), γνωρίζοντας την ακραιότητα της συναλλαγής τους.

Λειτουργία

Αρχικά, το blockchain για να μπορέσει να λειτουργήσει, αλλά και να έχει νόημα θα πρέπει να υπάρξει ανάγκη μιας συναλλαγής (π.χ. χρημάτων, εγγράφων, καυσίμων), μεταξύ δύο είτε περισσότερων ανθρώπων. Έτσι, καθένας που λαμβάνει μέρος στην συναλλαγή διαθέτει μια κενή (αρχικά) σελίδα στην οποία καταγράφεται κάθε συναλλαγή που γίνεται μεταξύ του ίδιου αλλά και των υπολοίπων ατόμων του δικτύου.

Συνάρτηση Hash

⁵⁵ Το blockchain είναι ένας κατανεμημένος λογιστικός κατάλογος (distributed ledger), δημόσιος ή ιδιωτικός, στον οποίο συναλλαγές ή δεδομένα συνδέονται μεταξύ τους σε συνδεδεμένα μπλοκ δεδομένων καθιστώντας τα πρακτικά αμετάβλητα και αδιαμφισβήτητα από όλους τους κατανεμημένους κόμβους (nodes) στους οποίους έχει γίνει η ενημέρωση του καταλόγου (ledger)

<https://www.Blockchain.org.gr/home/mathe/>

⁵⁶ Proof of Work (PoW) Consensus Protocols αλγόριθμος συναίνεσης περιλαμβάνει την επίλυση μίας μαθηματικής συνάρτησης που απαιτεί ιδιαίτερα υψηλή υπολογιστική ισχύ προκειμένου να δημιουργηθούν νέα μπλοκ στην αλυσίδα.

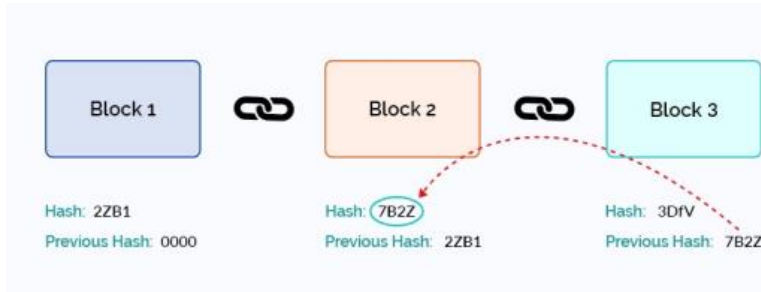
⁵⁷ Proof of Stake (PoS) Consensus Protocols είναι ένας μηχανισμός συναίνεσης που οι κόμβοι δεσμεύουν ουσιαστικά εγγυώνται ότι ένα μπλοκ έχει τις προϋποθέσεις για να καταχωρηθεί στην αλυσίδα των μπλοκ. Η λέξη stake αφορά στην πράξη αυτών που επικυρώνουν για την δέσμευση δικών τους πόρων στο σύστημα για να μπορούν να είναι στην συμμετοχή της παραγωγής καινούργιων block.

⁵⁸ Η παρουσίαση και η δημιουργία της τεχνολογίας Blockchain, ήταν η εμφάνιση του Bitcoin, ενός κρυπτονομίσματος που το 2008 παρουσιάστηκε και περιγράφηκε από τον Ιάπωνα Satoshi Nakamoto στην μελέτη «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System»

⁵⁹ Sally Davies (2018) 'Blockchain is to Bitcoin, what the internet is to email', δηλαδή 'το Blockchain είναι για το Bitcoin ό,τι είναι το διαδίκτυο για το ηλεκτρονικό μήνυμα'.

Η συνάρτηση Hash αποτελεί ίσως τον πιο σημαντικό παράγοντα. Είναι η συνάρτηση⁶⁰ με την οποία η σελίδα η οποία σφραγίζεται και διατηρεί την ασφάλεια αλλά και την εμπιστευτικότητα μεταξύ των μελών του δικτύου και χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο SHA-256. Παίρνει σαν είσοδο μια έκφραση (αριθμό είτε και γράμματα) και γίνεται η μετατροπή ώστε να παραχθεί ένας αριθμός με τον οποίο θα σφραγιστεί η σελίδα.

(Σχήμα7 Μια αναπαράσταση Blockchain και συνάρτησης Hash).



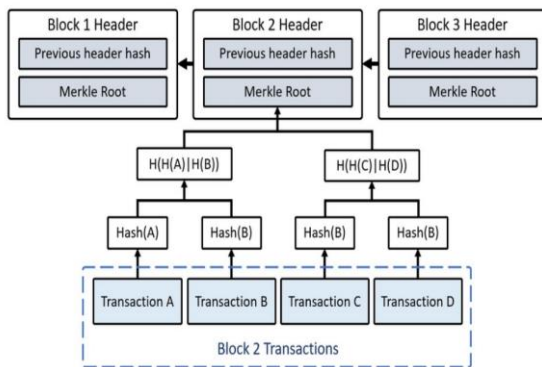
Η παραπάνω διαδικασία αυτή ονομάζεται ως Proof Of Work και δεν μπορεί να υπολογιστεί αντίστροφα αλλά και ούτε να προβλεφθεί. Αυτός ο υπολογισμός γίνεται και ταυτόχρονα από όλα τα μέλη του δικτύου. Όποιος ολοκληρώσει πρώτος τον

υπολογισμό τον ανακοινώνει και στα υπόλοιπα μέλη και αυτοί με τον απαραίτητο έλεγχο ελέγχουν για την εγκυρότητα του. Στην περίπτωση που κάποιος καταλάβει λάθος τότε διαγράφει την συγκεκριμένη σελίδα και ζητάει από κάποιο άλλο άτομο του δικτύου να την αντιγράψει ώστε να μπορέσει να ολοκληρώσει την διαδικασία. Σκοπός της διαδικασίας αυτής δεν είναι άλλος από το κέρδος. Ο πρώτος που θα μπορέσει να υπολογίσει την έξοδο της Hash function ανταμείβεται με ένα ποσό το οποίο παράγεται. Η διαδικασία έχει ως εξής:

Αρχικά εικάζεται ένας τυχαίος αριθμός ("nonce"), ο οποίος αποτελεί τυχαίο κρυπτογραφημένο αριθμό ο οποίος χρησιμοποιεί πρωτόκολλο ασφαλείας ώστε να μην να μπορεί να ξανά χρησιμοποιηθεί στο μέλλον. Στην συνέχεια ο αριθμός αυτός προστίθεται στο τέλος όλων των δεδομένων της σελίδας του block. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο SHA256.

Αν η συνάρτηση hash ξεκινάει με έναν προκαθορισμένο αριθμό από "0" τότε ένα νέο block δημιουργείται. Διαφορετικά ο miner θα πρέπει να ξεκινήσει την διαδικασία από τη αρχή εικάζοντας έναν νέο αριθμό nonce έως ότου βρεθεί ο προκαθορισμένος αριθμός με "0"

Κάθε block περιέχει μία ή πολλές συναλλαγές. Κάθε συναλλαγή περιέχει πληροφορία όπως η hash function, άρα και πολλά δεδομένα.



Επομένως τα δεδομένα που εμπεριέχονται σε ένα μόνο block αποτελούν έναν πολύ μεγάλο όγκο δεδομένων. Την λύση έρχεται να δώσει μια δομή δεδομένων λεγόμενη ως Merkle tree.

(Σχήμα8 Απεικόνιση της Merkle tree στο Blockchain).

Ένα δέντρο κατακερματισμού, γνωστό και ως Merkle tree, είναι ένα δέντρο στο οποίο κάθε κόμβος φύλλου επισημαίνεται με τον κρυπτογραφικό κατακερματισμό ενός μπλοκ

δεδομένων και κάθε κόμβος που δεν είναι φύλλο επισημαίνεται με τον κρυπτογραφικό κατακερματισμό των ετικετών των θυγατρικών κόμβων του. Η πλειοψηφία των εφαρμογών δέντρου κατακερματισμού είναι δυαδικές (κάθε κόμβος έχει δύο θυγατρικούς κόμβους), αλλά μπορούν επίσης να έχουν πολλούς περισσότερους θυγατρικούς κόμβους. Η δομή αυτή έχει σκοπό την ελαχιστοποίηση του όγκου των δεδομένων αλλά και την διατήρηση της ασφάλειας ώστε να μην μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί η hash function της κάθε συναλλαγής.

Η δομή δέντρου αυτή αποτελείται από μια ρίζα, από φύλλα και από τα ενδιάμεσα "κλαδιά". Κάθε συναλλαγή ενός block που πραγματοποιείται αντιπροσωπεύεται από μια hash function. Αν υποθέσουμε ότι σε ένα block έχουμε 10 συναλλαγές τότε κάθε συναλλαγή θα έχει και από μια hash

⁶⁰ Η συνάρτηση κατακερματισμού SHA256 Hash, είναι ένας ανοιχτός αλγόριθμος ο οποίος αποτελείται από 64 χαρακτήρες, καθένας από τους οποίους καταλαμβάνει 4 16 byte⁹. Η συνάρτηση hash δημιουργεί έναν μαθηματικό αλγόριθμο μεγέθους 256 bits. Ο αριθμός 256 στο όνομα του αλγορίθμου προκύπτει από τον χώρο που καταλαμβάνει συνολικά 64×4=256 bytes). Το σημαντικότερο πλεονέκτημά είναι ότι δουλεύει για οποιοδήποτε ψηφιακό αρχείο από κείμενο και βίντεο, έως ολόκληρο λειτουργικό σύστημα. Οποιαδήποτε αλλαγή προκύπτει από τη συνάρτηση Hash αλλάζει ολοκληρωτικά το αρχείο.

function. Χρησιμοποιώντας την δομή merkle tree θα έχουμε 10 φύλλα τα οποία ανά δυάδες, (από το πρώτο μέχρι το τελευταίο) θα ενοποιηθούν παράγοντας μια νέα hush function. Για την συναλλαγή 1 και την συναλλαγή 2 θα παραχθεί η hush 1-2. Με αυτόν τον τρόπο και χτίζοντας το δένδρο με τις ενοποιήσεις αυτές φτάνουμε στην κορυφή που ονομάζεται ρίζα. Η ρίζα θα αποτελεί την hush function και των 10 συναλλαγών, επομένως οι 10 hush έχουν πλέον ενοποιηθεί σε μια, κερδίζοντας έτσι αρκετή από την πολυπλοκότητα του μεγάλου όγκου των δεδομένων που είχαμε στην αρχή.

Τρόπος λειτουργίας βάση δεδομένων στο Blockchain

Η τεχνολογία blockchain είναι μια ψηφιακά κατανεμημένη, αποκεντρωμένη και κοινόχρηστη βάση δεδομένων η οποία καθιστά δυνατή την αναγνώριση, την παρακολούθηση και τον εντοπισμό κάθε συναλλαγής στο δίκτυο blockchain. Οι συναλλαγές αυτές καταγράφονται με τη μορφή μπλοκ (Block) τα οποία στη συνέχεια προστίθενται στην αλυσίδα ονόματι blockchain σε γραμμική και χρονολογική σειρά. Έτσι παρέχεται μια ασφαλής ανταλλαγή πληροφοριών ενώ παράλληλα καθίσταται η διαδικασία διαφανής και αμετάβλητη για όλους τους συμμετέχοντες του δικτύου και των συναλλαγών. (MarketsandMarkets, 2018).

Μια βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται ως μια δομή για την αποθήκευση δεδομένων. Χρησιμοποιεί ένα σχεσιακό μοντέλο για την συλλογή και ταξινόμηση των δεδομένων. Η πληροφορία, δηλαδή τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων μπορούν να προσπελαστούν χρησιμοποιώντας το κεντρικό σύστημα διαχείρισης που βρίσκεται στην κάθε πλατφόρμα που χρησιμοποιείται η βάση δεδομένων μας. Μια βάση δεδομένων που αποθηκεύει ένα πίνακα, ο οποίος με την σειρά του αποτελείται από πεδία, στα οποία είναι αποθηκευμένα τα δεδομένα που χρησιμοποιούμε. Κάθε πεδίο αποτελείται από γραμμές και στήλες που αποσκοπούν στην ενημέρωση των πεδίων με τα δεδομένα που μας ενδιαφέρουν.

Ένα από τα κύρια στοιχεία του blockchain είναι η βάση δεδομένων. Η βάση δεδομένων αυτή διαφέρει σε μερικές λεπτομέρειες από τις συνήθεις βάσεις δεδομένων, αφού η βάση δεδομένων του blockchain παρέχει καθολική ενημέρωση όλων των προηγούμενων συναλλαγών, όλων των χρηστών που αποτελούν το δίκτυο. Αυτή η βάση δεδομένων, χαρακτηρίζεται από τον αποκεντρωμένο έλεγχο που παρέχει σε όλους τους χρήστες, κάτι που σε κοινές βάσεις δεδομένων διαφέρει αφού η είσοδος σε μια τέτοια βάση δεδομένων παρέχεται μόνο σε ένα άτομο, συνήθως στον διαχειριστή (administrator), ο οποίος και έχει την ευθύνη. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της βάσης δεδομένων του blockchain αποτελεί η αμετάβλητη αποθήκευση δεδομένων αλλά και η ασφάλεια των δεδομένων.

4.2.2 Τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain

Το blockchain συνδυάζει υπάρχουσες τεχνολογίες και τεχνικές σε ένα νέο αρχιτεκτονικό σχέδιο λειτουργίας, που αποτελείται από τα στοιχεία⁶¹:

Η αποκέντρωση: Δεν υπάρχει ενιαίο σημείο ελέγχου, το οποίο αυξάνει την ασφάλεια και αποτρέπει ένα μόνο σημείο αστοχίας.

Η διαφάνεια: Όλοι οι συμμετέχοντες μπορούν να δώσουν ολόκληρο το ιστορικό συναλλαγών, προωθώντας τη λογοδοσία και μειώνοντας την απάτη.

Το αμετάβλητο: Μόλις προστεθεί μια συναλλαγή στο blockchain, είναι εξαιρετικά δύσκολο να τροποποιηθεί είτε να διαγραφεί. Αυτό ενισχύει την ασφάλεια και αποτρέπει την παραβίαση.

Η ασφάλεια: Οι συναλλαγές κρυπτογραφούνται και συνδέονται με τρόπο που καθορίζουν τις μη εξουσιοδοτημένες αλλαγές πολύ δύσκολες.

Τα Έξυπνα συμβόλαια: Πρόκειται για συμβάσεις αυτοεκτελούμενες με τους όρους της συμφωνίας απευθείας γραμμένους σε κώδικα. Τα Έξυπνα συμβόλαια εκτελούνται όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις, αφαιρώντας την ανάγκη για μεσάζοντες.

Το κατανεμημένο καθολικό: Κάθε συμμετέχων στο δίκτυο έχει ένα αντίγραφο ολόκληρου του blockchain, διασφαλίζοντας το πλεονασμό και την ανθεκτικότητα.

Η τεχνολογία blockchain έχει διάφορες εφαρμογές πέρα από τα κρυπτονομίσματα, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, της υγειονομικής περίθαλψης, των συστημάτων ψηφοφορίας, της επαλήθευσης ταυτότητας, της ακίνητης περιουσίας και πολλά άλλα. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν διαφορετικοί τύποι blockchains όπως για τις δημόσιες αλυσίδες μπλοκ, τις ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ και μπλοκ αλυσίδες κοινοπραξίας, καθεμία από τις δύο διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης και επιπέδων άδειας χρήσης.

⁶¹ Brtchenk, I., Cherniavska, T., Cherniavsky, B. (2019), Blockchain Technology Into The Logistics Supply Chain Implementation Effectiveness

Η τεχνολογία blockchain προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, έχει όμως επίσης περιορισμούς, όπως τα ζητήματα επεκτασιμότητας, η υψηλή κατανάλωση ενέργειας (στην συστήματα που βασίζονται σε PoW Proof Of Work) και την πρόκληση της εφαρμογής σε ένα κατανεμημένο δίκτυο. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να αναπτύσσεται, καταβάλλονται προσπάθειες για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και την επέκταση των πιθανών εφαρμογών της.

4.2.3 Η Λειτουργία του Blockchain

Η λειτουργία ενός blockchain περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση των διαφόρων στοιχείων και διαδικασιών που διασφαλίζουν συλλογικά την ασφαλή και συνεπή καταγραφή των συναλλαγών με αποκεντρωμένο και κατανεμημένο τρόπο. Ακολουθεί μια επισκόπηση του τρόπου λειτουργίας ενός blockchain:

Η δημιουργία των συναλλαγών: Οι συμμετέχοντες ξεκινούν τις συναλλαγές δημιουργώντας τα ψηφιακά αρχεία που αντιπροσωπεύουν κάποια μορφή μεταφοράς αξίας είτε ανταλλαγής πληροφοριών.

Η διάδοση των συναλλαγών: Οι συναλλαγές μεταδίδονται στο δίκτυο των κόμβων (συμμετεχόντων) στο blockchain.

Η επικύρωση και η συναίνεση: Οι κόμβοι στο δίκτυο εργάζονται για την επικύρωση των συναλλαγών εφαρμόζοντας μηχανισμούς συναίνεσης. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει την επίλυση πολύπλοκων κρυπτογραφικών παζλ (Proof of Work) ή τη χρήση μηχανισμών που βασίζονται στο ποντάρισμα (Proof of Stake). Μόλις επιτευχθεί συναίνεση, η συναλλαγή θεωρείται έγκυρη και προστίθεται στο επόμενο μπλοκ.

Η δημιουργία μπλοκ (Block) : Οι επικυρωμένες συναλλαγές ομαδοποιούνται σε ένα μπλοκ. Κάθε μπλοκ τυπικά περιέχει μια αναφορά στο προηγούμενο μπλοκ, σχηματίζοντας μια αλυσίδα.

Η εξόρυξη είτε δημιουργία μπλοκ (Block): Σε ορισμένες αρχιτεκτονικές blockchain (όπως το Bitcoin), οι κόμβοι γνωστοί ως «miners» ανταγωνίζονται για να λύσουν ένα κρυπτογραφικό πρόβλημα. Ο πρώτος που θα το λύσει έχει το δικαίωμα να προσθέσει το επόμενο μπλοκ (Block) στο blockchain και ανταμείβεται με πρόσφατες χρεώσεις κρυπτονομισμάτων και συναλλαγών.

Η διάδοση του μπλοκ (Block): Μόλις δημιουργηθεί ένα μπλοκ, μεταδίδεται στο δίκτυο για επαλήθευση και προσθήκη σε μεμονωμένα αντίγραφα της αλυσίδας μπλοκ που διατηρεί κάθε κόμβος.

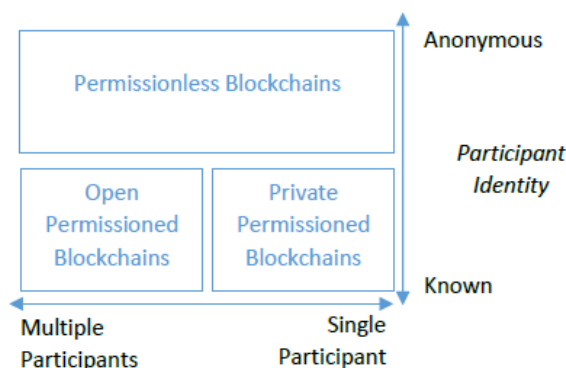
Η επαλήθευση του αποκλεισμού: Άλλοι κόμβοι στο δίκτυο επαληθεύουν την εγκυρότητα του μπλοκ και των συναλλαγών του πριν το αποδεχτούν στα δικά τους αντίγραφα της αλυσίδας μπλοκ.

Η συναίνεση και η επέκταση της αλυσίδας: Η μεγαλύτερη έγκυρη αλυσίδα θεωρείται η «αληθινή» αλυσίδα. Οι κόμβοι συνεχίζουν να προσθέτουν νέα μπλοκ στην αλυσίδα, επεκτείνοντας το μήκος της και διατηρώντας τη συναίνεση.

Το αμετάβλητο των συναλλαγών : Καθώς προστίθενται περισσότερα μπλοκ στην αλυσίδα, οι συναλλαγές γίνονται όλο και πιο δύσκολο να αλλάξουν λόγω των κρυπτογραφικών δεσμών μεταξύ των μπλοκ.

4.2.4 Η Αρχιτεκτονική Blockchain:

Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος blockchain καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο τα διάφορα στοιχεία του αλληλεπιδρούν και συνεργάζονται για την επίτευξη των στόχων της αποκέντρωσης, της ασφάλειας και της αμετάβλητης. Ενώ υπάρχουν οι διάφοροι τύποι αρχιτεκτονικών blockchain, οι πιο συνηθισμένοι είναι:



Τα δημόσια blockchains: Αναφέρονται σε αυτά που είναι ανοιχτά σε οποιονδήποτε και είναι πλήρως αποκεντρωμένα. Οποιοσδήποτε μπορεί να συμμετέχει στο δίκτυο, να επικυρώνει συναλλαγές και να δημιουργεί νέα μπλοκ. Το Bitcoin και το Ethereum είναι παραδείγματα δημόσιων blockchain.

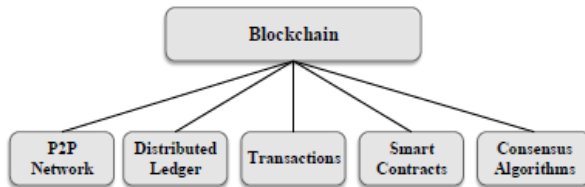
Οι Ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ (Block): Περιορίζονται σε μια συγκεκριμένη ομάδα συμμετεχόντων. Η πρόσβαση και η συμμετοχή περιορίζονται, συχνά σε οντότητες ενός και μόνο οργανισμού. Οι

ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ προσφέρουν αυξημένο έλεγχο της ασφάλειας και της ιδιωτικής ζωής.

Οι κοινοπραξίες Blockchains: Είναι ημι-αποκεντρωμένες και περιλαμβάνουν πολλούς οργανισμούς που συνεργάζονται για τη διατήρηση του blockchain. Μια ομάδα οντοτήτων σχηματίζει μια κοινοπραξία για τη διαχείριση του blockchain συλλογικά.

Οι υβριδικές αλυσίδες μπλοκ: Συνδυάζουν στοιχεία δημόσιων και ιδιωτικών μπλοκ αλυσίδων. Μπορεί να επιτρέπουν κάποιο επίπεδο συμμετοχής του κοινού, διατηρώντας παράλληλα περιορισμένη πρόσβαση για ορισμένες λειτουργίες.

Σε όλες τις αρχιτεκτονικές που αναφερθηκαν, ένα blockchain αποτελείται συνήθως από τα ακόλουθα στοιχεία:



Σχήμα9 – Τα στοιχεία του blockchain

Οι κόμβοι: Συμμετέχοντες στο δίκτυο που επικυρώνουν τις συναλλαγές και διατηρούν αντίγραφα του blockchain.

Οι συναλλαγές: Οι Ψηφιακές εγγραφές που αντιπροσωπεύουν μεταφορές αξίας είτε

ανταλλαγές πληροφοριών.

Το μπλοκ (Block) : Οι Ομάδες των επικυρωμένων συναλλαγών που προστίθενται στο blockchain με διαδοχικό τρόπο.

Ο μηχανισμός Συναίνεσης: Ο αλγόριθμος είτε η διαδικασία μέσω της οποίας οι κόμβοι συμφωνούν για την εγκυρότητα των συναλλαγών και τη σειρά των μπλοκ (Block).

Τα κρυπτογραφικά Hashes: Οι Συναρτήσεις κατακερματισμού που συνδέουν τα μπλοκ μεταξύ τους, σχηματίζοντας την αμετάβλητη αλυσίδα.

Οι Έξυπνες συμβάσεις: Αυτοεκτελούμενες συμβάσεις με προκαθορισμένους όρους, που επιτρέπουν την αυτοματοποιημένη εκτέλεση των συμφωνιών.

Τα Wallets: Τα Ψηφιακά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, τη διαχείριση και την αλληλεπίδραση με κρυπτονομίσματα και περιουσιακά στοιχεία που βασίζονται σε blockchain.

Οι διαφορετικές πλατφόρμες και τα δίκτυα blockchain μπορεί να έχουν παραλλαγές στην αρχιτεκτονική και τη λειτουργία τους με βάση τις συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης και τους στόχους σχεδιασμού τους.

4.2.5 Η Ψηφιακή Υπογραφή στο Blockchain και στις τεχνολογία IoT (Internet of Things)

Οι ψηφιακές υπογραφές αποτελούν μια από τις κύριες πτυχές ασφάλειας και ακεραιότητας των δεδομένων που καταγράφεται επάνω σε ένα blockchain. Είναι ένα τυποποιημένο μέρος του πρωτοκόλλου ενός blockchain το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για την εξασφάλιση των συναλλαγών, των φραγμών τους, την μεταφορά των πληροφοριών, την διαχείριση των συμβάσεων και οποιωνδήποτε άλλων ειδικών περιπτώσεων. Οι ψηφιακές υπογραφές χρησιμοποιούν ένα μη συμμετρικό σύστημα κρυπτογραφίας, στο οποίο οι πληροφορίες μπορούν να μοιραστούν σε οποιονδήποτε μέσω της χρήσης ενός δημόσιου κλειδιού.

Οι ψηφιακές υπογραφές διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο τόσο στις τεχνολογίες blockchain όσο και στις τεχνολογίες IoT (Internet of Things), διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των δεδομένων, τον έλεγχο ταυτότητας και την ασφάλεια.

Παρακάτω, θα δούμε πώς χρησιμοποιούνται οι ψηφιακές υπογραφές στο Blockchain:

Η επαλήθευση συναλλαγών: Σε ένα δίκτυο blockchain, χρησιμοποιούνται τις ψηφιακές υπογραφές για την επαλήθευση της γνησιότητας των συναλλαγών. Όταν ένας χρήστης ξεκινά μια συναλλαγή, δημιουργεί μια ψηφιακή υπογραφή χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό του κλειδί. Άλλοι συμμετέχοντες στο δίκτυο αυτό μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δημόσιο κλειδί του αποστολέα για να επαληθεύσουν την υπογραφή, διασφαλίζοντας ότι η συναλλαγή ξεκίνησε πράγματι από τον νόμιμο κάτοχο του ιδιωτικού κλειδιού.

Η αμετάβλητη εγγραφή: Μόλις μια συναλλαγή προστεθεί σε ένα μπλοκ (Block) και επικυρωθεί, δεν μπορεί να τροποποιηθεί. Οι ψηφιακές υπογραφές παρέχουν τα μέσα για την απόδειξη της εγκυρότητας της συναλλαγής και διασφαλίζουν ότι δεν έχει παραβιαστεί.

Ο έλεγχος ταυτότητας χρήστη: Οι χρήστες του blockchain μπορούν να έχουν πρόσβαση με ασφάλεια στους λογαριασμούς τους και να εκτελούν ενέργειες υπογράφοντας τις συναλλαγές τους με τα ιδιωτικά τους κλειδιά. Αυτό διασφαλίζει ότι μόνο τα εξουσιοδοτημένα άτομα μπορούν να ξεκινήσουν ενέργειες στο blockchain.

Οι έξυπνες συμβάσεις: Οι ψηφιακές υπογραφές χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ταυτότητας των αλληλεπιδράσεων με τις έξυπνες συμβάσεις. Οι χρήστες υπογράφουν τις συναλλαγές τους για να

εκτελέσουν συγκεκριμένες λειτουργίες στο πλαίσιο ενός έξυπνου συμβολαίου και η σύμβαση επαληθεύει αυτές τις υπογραφές πριν προχωρήσει.

Παρακάτω, θα δούμε τη συμμετοχή στο IoT με τις ψηφιακές υπογραφές:

Η ακεραιότητα των δεδομένων: Οι συσκευές IoT μπορούν να υπογράψουν τα δεδομένα που δημιουργούν χρησιμοποιώντας τις ψηφιακές υπογραφές. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει ότι τα δεδομένα παραμένουν αμετάβλητα κατά τη μετάδοση και την αποθήκευση. Οποιαδήποτε παραβίαση των δεδομένων μπορεί να εντοπιστεί μέσω της επαλήθευσης της υπογραφής.

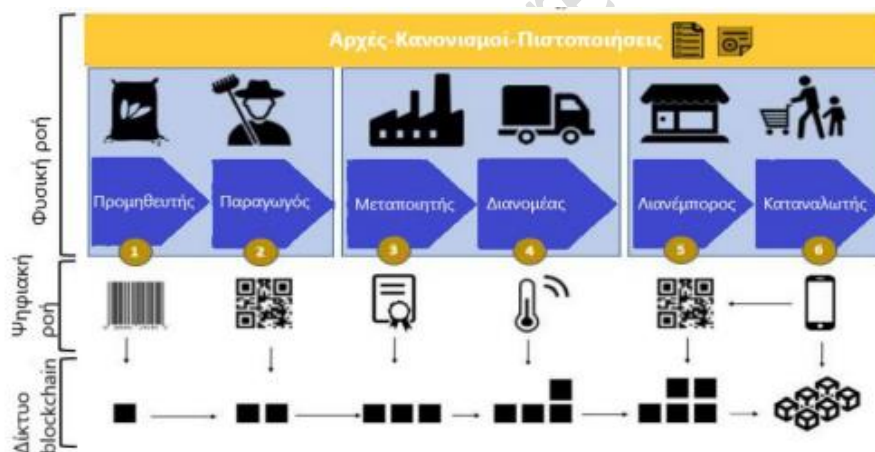
Ο έλεγχος ταυτότητας της συσκευής: Οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις ψηφιακές υπογραφές για τον έλεγχο ταυτότητας στο δίκτυο είτε σε άλλες συσκευές. Η διαδικασία αυτή βοηθά στην αποτροπή της πρόσβασης μη εξουσιοδοτημένων συσκευών στο δίκτυο και διασφαλίζει την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων.

Οι ασφαλείς ενημερώσεις: Οι ψηφιακές υπογραφές είναι απαραίτητες για τη διασφάλιση της αυθεντικότητας και της ακεραιότητας των ενημερώσεων firmware⁶² και λογισμικού για συσκευές IoT. Μόνο οι ενημερώσεις που υπογράφονται από αξιόπιστες οντότητες θα πρέπει να γίνονται δεκτές από συσκευές IoT για την αποτροπή κακόβουλου λογισμικού είτε μη εξουσιοδοτημένων αλλαγών.

Το Chain of Trust: Οι ψηφιακές υπογραφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μιας αλυσίδας εμπιστοσύνης σε ένα οικοσύστημα IoT. Οι συσκευές μπορούν να εμπιστευτούν τα δεδομένα που προέρχονται από άλλες συσκευές, εάν μπορούν να επαληθεύσουν τις ψηφιακές υπογραφές που σχετίζονται με αυτά τα δεδομένα.

Το απόρρητο των δεδομένων: Οι ψηφιακές υπογραφές μπορούν επίσης να ενισχύσουν το απόρρητο των δεδομένων του IoT επιτρέποντας στις συσκευές να αποδείξουν την ταυτότητά τους χωρίς να αποκαλύπτουν ευαίσθητες πληροφορίες.

Τόσο στο blockchain όσο και στο IoT, οι ψηφιακές υπογραφές είναι ένα θεμελιώδες εργαλείο για τη διασφάλιση της εμπιστοσύνης, της ακεραιότητας των δεδομένων και της ασφάλειας. Συνολικά, και στα δυο συμβάλουν στη δημιουργία ενός ασφαλούς και αξιόπιστου περιβάλλοντος για συναλλαγές, τις αλληλεπιδράσεις και ανταλλαγή δεδομένων σε αυτές τις τεχνολογίες.



(Σχήμα10 - Η ενσωμάτωση της blockchain τεχνολογίας στην αγροφοδιαστική αλυσίδα (Tiwari, 2020)

Παρακάτω, θα δούμε που χρησιμοποιούνται οι ψηφιακές υπογραφές στην εφοδιαστικής αλυσίδα :
Η φορτωτική και έγγραφα αποστολής: Οι ψηφιακές υπογραφές μπορούν να επικυρώσουν τα έγγραφα αποστολής, διασφαλίζοντας ότι δεν έχουν παραβιαστεί κατά τη μεταφορά και ότι ο αποστολέας και ο παραλήπτης συμφωνούν για το περιεχόμενο.

Η απόδειξη προέλευσης και της ιδιοκτησίας: Οι ψηφιακές υπογραφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση της προέλευσης και της ιδιοκτησίας προϊόντων είτε των περιουσιακών στοιχείων καθώς κινούνται στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στη μεταποίηση όπου η αυθεντικότητα είναι κρίσιμης σημασίας, όπως τα προϊόντα πολυτελείας ή τα φαρμακευτικά προϊόντα.

⁶² Το firmware είναι μια συγκεκριμένη κατηγορία λογισμικού που παρέχει τον έλεγχο χαμηλού επιπέδου για το συγκεκριμένο υλικό μιας συσκευής. Για λιγότερο σύνθετες συσκευές, μπορεί να λειτουργεί ως το πλήρες λειτουργικό σύστημα της συσκευής, εκτελώντας όλες τις λειτουργίες ελέγχου, παρακολούθησης και χειρισμού δεδομένων. Διατηρείται non-volatile memory όπως ROM, EPROM, EEPROM και μνήμη flash. Η ενημέρωσή τους μπορεί να απαιτεί τη φυσική αντικατάσταση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ROM είτε τον επαναπρογραμματισμό του EPROM είτε της μνήμης flash μέσω ειδικής διαδικασίας. Οι συνήθεις λόγοι για την ενημέρωσή τους περιλαμβάνουν τη διόρθωση σφαλμάτων ή την προσθήκη λειτουργιών.

Η κοινή χρήση δεδομένων και απόρρητο: Οι ψηφιακές υπογραφές επιτρέπουν την επιλεκτική κοινή χρήση δεδομένων. Μόνο τα εξουσιοδοτημένα μέρη με τα σωστά ιδιωτικά κλειδιά μπορούν να έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένα δεδομένα, ενισχύοντας το απόρρητο και την εμπιστευτικότητα.

Η δυνατότητα ελέγχου και η συμμόρφωση: Οι ψηφιακές υπογραφές δημιουργούν μια διαδρομή ελέγχου των ενεργειών που πραγματοποιούνται εντός της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτό είναι απαραίτητο για την απόδειξη της συμμόρφωσης με κανονισμούς, πρότυπα και συμβατικές υποχρεώσεις.

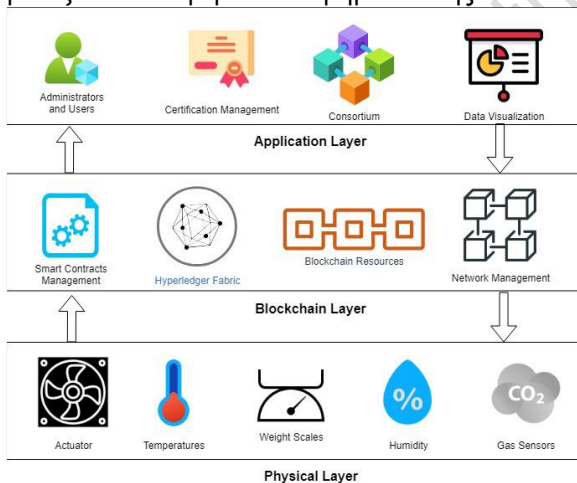
Η μειωμένη απάτη και αμφισβητήσεις: Η χρήση των ψηφιακών υπογραφών μειώνει την πιθανότητα δόλιων δραστηριοτήτων, διαφωνιών και μη εξουσιοδοτημένων αλλαγών σε κρίσιμα έγγραφα, καθώς η κρυπτογραφική φύση της ψηφιακής υπογραφής διασφαλίζει την εγκυρότητά της.

Οι αυτοματοποιημένες ροές εργασίας: Οι ψηφιακές υπογραφές μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις ροές εργασιών έγκρισης. Όταν μια συγκεκριμένη ενέργεια απαιτεί έγκριση από πολλά μέρη, το blockchain μπορεί να προγραμματιστεί να εκτελεί την ενέργεια μόνο όταν παρέχονται οι απαιτούμενες ψηφιακές υπογραφές.

Οι ψηφιακές υπογραφές παρέχουν έναν μηχανισμό για τους συμμετέχοντες σε μια αλυσίδα εφοδιασμού που βασίζεται σε blockchain για τον έλεγχο ταυτότητας, την επαλήθευση και την ασφάλεια δεδομένων και συναλλαγών. Οι ψηφιακές υπογραφές αποτελούν θεμελιώδες εργαλείο για τη διασφάλιση της ακεραιότητας και της αυθεντικότητας των πληροφοριών καθώς κινούνται μέσω του δικτύου της εφοδιαστικής αλυσίδας.

4.2.6 Η Εφαρμογή του Blockchain με το IoT στη αλυσίδα εφοδιασμού

Το blockchain ενσωματώθηκε σε διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας για να μπορέσει να την καταστήσει πιο διαφανή, αυθεντική και αξιόπιστη. Το blockchain παρέχει ένα αρχείο συναλλαγών. Όλα τα στοιχεία ενός προϊόντος είτε μιας αποστολής συλλέγονται μέσω διαφορετικών τεχνολογιών και επικυρώνονται κάθε φορά που είναι να καταγραφούν στο μόνιμο αρχείο του blockchain. Για παράδειγμα, μπορεί να δημιουργηθεί ένα block για μια συναλλαγή από την διανομή ενός προϊόντος έως και την πώλησή του. Αυτό το επίπεδο διαφάνειας και ορατότητας είναι ουσιώδες για τη βελτίωση της ανιχνευσιμότητας των προϊόντων και τη διασφάλιση της γνησιότητας των προϊόντων καθώς και της νομιμότητάς τους. Η ενσωμάτωση των blockchain μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων, καθώς η τεχνολογία blockchain επιταχύνει τη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων της.



Σχήμα11 - Μια επισκόπηση της προτεινόμενης στοίβας πρωτοκόλλου blockchain. Το Fabric blockchain χρησιμοποιεί έξυπνα συμβόλαια

Το blockchain είναι επίσης η τεχνολογία που μπορεί να αξιοποιήσει στο έπακρο τις μεγάλες δυνατότητες που παρέχει η τεχνολογία Internet of Things (IoT), η οποία έχει εμφανιστεί και αφομοιωθεί μαζικώς τα τελευταία χρόνια. Η τεχνολογία Internet of Things (IoT) που έχει τη δυνατότητα να συνδέει τον φυσικό κόσμο με τον ψηφιακό, συγκεντρώνοντας τα δεδομένα από φυσικά αντικείμενα και στη συνέχεια να τα επικοινωνεί ως πληροφορία εισόδου σε κάποιο

δίκτυο.

Οι έξυπνες συσκευές μπορούν να συνδεθούν είτε να ενσωματωθούν με διαδικασίες ασφάλειας στο φυσικό προϊόν για να καταγράψουν και να μεταδώσουν αυτόνομα δεδομένα σχετικά με την τοποθεσία και κατάσταση των αντικειμένων, συμπεριλαμβανομένων των μεταβολών της θερμοκρασίας και των επιπέδων υγρασίας, για να εξασφαλίσουν την ακεραιότητα του προϊόντος, καθώς και κάθε ένδειξη παραβίασης του καθ' όλη τη ροή, τόσο την ψηφιακή όσο και την πραγματική. Στη προσέγγιση της υποδομής IoT και του blockchain, όλες οι αλληλεπιδράσεις περνούν από blockchain, επιτρέποντας μια αμετάβλητη καταγραφή όλων των συναλλαγών. Η διασφάλιση ότι όλες οι επιλεγμένες αλληλεπιδράσεις είναι ανιχνεύσιμες καθώς οι πληροφορίες τους μπορούν να αναζητηθούν από το blockchain και επιπλέον να αυξάνει την αυτονομία των συσκευών IoT, γεγονός που μπορεί να αξιοποιηθεί σε εύρος εφαρμογών και υπηρεσιών. Η καταγραφή όλων των

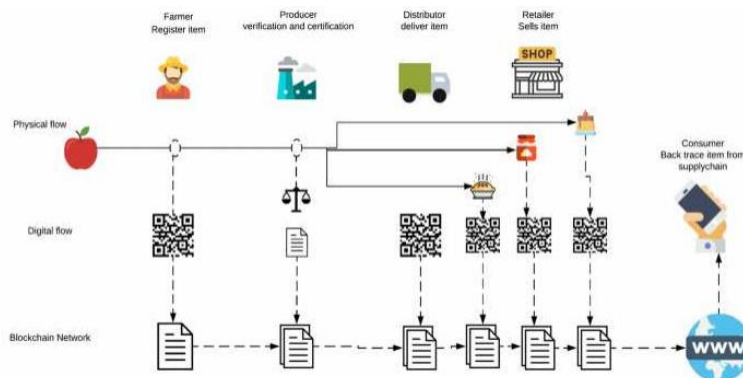
συναλλαγών στο blockchain θα συνεπαγόταν τη αύξηση του εύρους ζώνης της σύνδεσης αλλά και των δεδομένων, κάτι που αποτελεί και μία από τις προκλήσεις για το blockchain.

Ο συνδυασμός τεχνολογιών blockchain και Internet of Things (IoT) στην εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να επιφέρει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που ενισχύουν τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα,

την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα.

Παρακάτω, αναφέρονται ορισμένες συγκεκριμένες εφαρμογές του blockchain με IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού:

Η Ιχνηλασιμότητα προϊόντος: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να προσαρτηθούν σε προϊόντα και συσκευασίες για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με το ταξίδι τους στην αλυσίδα



εφοδιασμού. Αυτά τα δεδομένα, μαζί με τις αντίστοιχες ψηφιακές υπογραφές, μπορούν να καταγραφούν σε μια αλυσίδα μπλοκ, δημιουργώντας μια αμετάβλητη και διαφανή καταγραφή της προέλευσης, του χειρισμού και της ποιότητας κάθε προϊόντος.

Η παρακολούθηση της ψυχρής αλυσίδας: Οι συσκευές IoT μπορούν να παρακολουθούν τη θερμοκρασία, την υγρασία και άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη μεταφορά ευπαθών αγαθών. Αυτές οι συνθήκες μπορούν να καταγραφούν σε μια αλυσίδα μπλοκ, διασφαλίζοντας ότι τα αγαθά αποθηκεύονται και μεταφέρονται εντός των απαιτούμενων παραμέτρων.

Η διασφάλιση ποιότητας: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να συλλέξουν δεδομένα σχετικά με την κατάσταση των προϊόντων, όπως το ιστορικό θερμοκρασίας, την έκθεση στο φως και τους φυσικούς κραδασμούς. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν σε μια αλυσίδα μπλοκ για να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα πληρούν τα πρότυπα ποιότητας και ότι έχουν γίνει σωστά.

Η επαλήθευση του προμηθευτή: Οι συσκευές IoT μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τις πιστοποιήσεις των προμηθευτών, τα αρχεία συμμόρφωσης και τις μετρήσεις απόδοσης. Αυτά τα δεδομένα, μαζί με την επικύρωση από τα μέρη ελέγχου, μπορούν να καταγραφούν σε ένα blockchain για να παρέχουν ένα διαφανές και αξιόπιστο σύστημα επαλήθευσης προμηθευτών.

Τα αυτοματοποιημένα Έξυπνα συμβόλαια: Τα δεδομένα που δημιουργούνται από το IoT μπορούν να ενεργοποιήσουν έξυπνες συμβάσεις σε μια αλυσίδα μπλοκ. Για παράδειγμα, όταν μια αποστολή φτάσει σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία ή συνθήκη, ένα έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να ξεκινήσει αυτόματα την πληρωμή ή άλλες προκαθορισμένες ενέργειες.

Η διαχείριση ανάκλησης προϊόντων: Σε περίπτωση ανακλήσεων προϊόντων, οι αισθητήρες IoT μπορούν να βοηθήσουν στον γρήγορο εντοπισμό των ευπαθών προϊόντων. Το Blockchain διασφαλίζει ότι οι πληροφορίες ανάκλησης είναι ασφαλείς και ακριβείς, ελαχιστοποιώντας τον αντίκτυπο και το εύρος της ανάκλησης.

Η διαχείριση αποθέματος: Οι συσκευές IoT μπορούν να ενημερώνουν συνεχώς τα δεδομένα αποθέματος και αυτές οι πληροφορίες μπορούν να αποθηκευτούν με ασφάλεια σε μια αλυσίδα μπλοκ. Αυτό βοηθά στη βελτιστοποίηση των επιπέδων αποθέματος, στη μείωση της υπερ αποθέματος και στον εξορθολογισμό της εκπλήρωσης των παραγγελιών.

Κατά της παραπληροφόρησης: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να παρακολουθούν τα χαρακτηριστικά και τις συνθήκες του προϊόντος, βοηθώντας στον εντοπισμό παραποιημένων προϊόντων. Το blockchain μπορεί να επαληθεύσει την αυθεντικότητα των προϊόντων καταγράφοντας το ταξίδι τους σε ένα αμετάβλητο καθολικό.

Η διαφάνεια σε πραγματικό χρόνο: Οι συσκευές IoT παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και το blockchain διασφαλίζει ότι αυτά τα δεδομένα καταγράφονται με ασφάλεια και είναι προσβάσιμα σε εξουσιοδοτημένα μέρη. Αυτή η διαφάνεια βοηθά όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη να παρακολουθούν τη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η μειωμένη γραφειοκρατία και μη αυτόματες διαδικασίες: Η αυτοματοποίηση και η ασφαλής καταγραφή δεδομένων μέσω IoT και blockchain μειώνουν την ανάγκη για μη αυτόματη εισαγωγή δεδομένων, τη γραφειοκρατία και συμφωνία.

Η ηθική και περιβαλλοντική πρακτική: Τα δεδομένα του IoT μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις ηθικές και περιβαλλοντικές πρακτικές που εμπλέκονται στην παραγωγή αγαθών. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να επαληθευτούν και να αποθηκευτούν σε blockchain για να διασφαλιστεί η διαφάνεια και η λογοδοσία.

Η συνεργασία πολλών μερών: Το Blockchain επιτρέπει την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών μερών στην αλυσίδα εφοδιασμού, ενισχύοντας τη συνεργασία και μειώνοντας τα σιλό πληροφοριών.

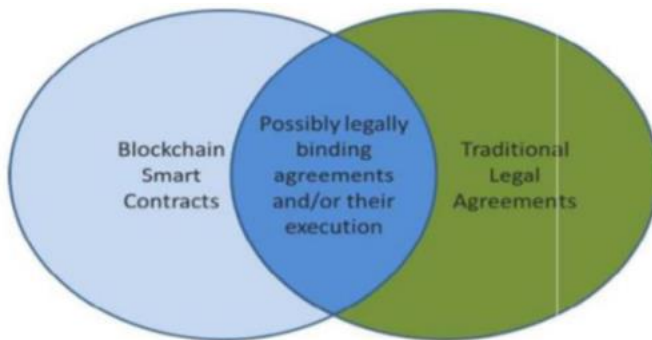
Ο αποτελεσματικός τελωνειακός και συνοριακός έλεγχος: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να παρακολουθούν τη διασυνοριακή διακίνηση αγαθών και το blockchain μπορεί να παρέχει ένα ασφαλές, αδιάψευστο αρχείο των διαδικασιών τελωνείου και συνοριακού ελέγχου.

Η δημιουργία εσόδων δεδομένων: Οι οργανισμοί μπορούν ενδεχομένως να δημιουργήσουν έσοδα από δεδομένα που δημιουργούνται από το IoT, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες είτε υπηρεσίες σε συνεργάτες, πελάτες είτε άλλες επιχειρήσεις.

Όλες οι παραπάνω εφαρμογές, δείχνουν πώς η ενοποίηση των τεχνολογιών blockchain και IoT μπορεί να οδηγήσει σε μετασχηματιστικές βελτιώσεις στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, ωφελώντας τελικά τους καταναλωτές, τους παραγωγούς και τους ενδιαφερόμενους σε διάφορους κλάδους.

4.2.7 Το Blockchain και τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts)

Τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts)⁶³ είναι τα βασικά δεδομένα σε κώδικα λογισμικού τα οποία κωδικοποιούνται και αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές συμφωνίες στον κυβερνοχώρο. Έξυπνο συμβόλαιο ορίζεται ένα γραμμένο σε κώδικα (όπως ένα πρόγραμμα λογισμικού) και ηλεκτρονικά υπογεγραμμένο συμβόλαιο μεταξύ δύο μερών, με συγκεκριμένους και αμετάβλητους όρους είτε ένα σύνολο αμετάβλητων συνθηκών.



Σχήμα12 - Σχέση μεταξύ των παραδοσιακών συμβάσεων και των έξυπνων (Πηγή: Kelechi E., 2018).

Μόλις οι συνθήκες αυτές εκπληρώνονται, τότε το συμβόλαιο εκτελεί αυτόματα κάποιες προκαθορισμένες ενέργειες, όπως για παράδειγμα την απελευθέρωση μιας πληρωμής. Και σε αυτήν την περίπτωση χρήσης, το blockchain λειτουργεί σε συνδυασμό με το IoT

στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας και καθιστά δυνατή την αυτοματοποίηση συγκεκριμένων διαδικασιών, οι οποίες κατά τα άλλα είναι χρονοβόρες και απαιτούν μεγάλη ανθρώπινη παρέμβαση. Η χρήση της τεχνολογίας blockchain στις έξυπνες συμβάσεις, τις καθιστά ασφαλείς και διαφανείς. Οι έξυπνες συμβάσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα μπορούν να καταγράψουν τα δικαιώματα ιδιοκτησίας, ενώ τα προϊόντα μεταφέρονται μέσω της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όλοι οι συμμετέχοντες στο δίκτυο μπορούν να παρακολουθούν τη θέση του προϊόντος σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή. Ένα από τα οφέλη των έξυπνων συμβολαίων είναι η αύξηση της διαφάνειας των συναλλαγών. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περίπλοκες συναλλαγές εισαγωγής και εξαγωγής, οι οποίες περιλαμβάνουν πολλά στάδια και μέρη. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) παίζει επίσης ρόλο στη διευκόλυνση της παρακολούθησης. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από συσκευές συνδεδεμένες με IoT μεταδίδονται στο blockchain και ενεργοποιούν συμβάντα που κωδικοποιούνται σε ένα έξυπνο συμβόλαιο.

Για παράδειγμα, τα εμπορεύματα μεταφέρονται από ένα αποθηκευτικό χώρο μέσω θαλάσσιας μεταφοράς π.χ. πλοίο. Το σύστημα επιβεβαιώνει ότι η παραλαβή του αντικειμένου είναι σε ικανοποιητική κατάσταση, γεγονός που ενεργοποιεί την απελευθέρωση της πληρωμής στον παραγωγό. Αυτές οι συναλλαγές μπορεί να γίνουν πολύ περίπλοκες. ένα έξυπνο συμβόλαιο απλοποιεί τη διαδικασία

Η τεχνολογία Blockchain και τα έξυπνα συμβόλαια έχουν τη δυνατότητα να αποφέρουν σημαντικά οφέλη στον αγροδιατροφικό τομέα. Παρακάτω αναφέρονται ποιες είναι οι εισφορές στην αλυσίδα του εφοδιασμού και πως μπορούν να επηρεάσουν θετικά αυτόν τον τομέα:

Η διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας: Το Blockchain επιτρέπει τη δημιουργία διαφανών και αμετάβλητων αρχείων για κάθε βήμα στην αλυσίδα εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων. Στα agrolologists μπορούν να χρησιμοποιήσουν το blockchain για να παρακολουθούν τη διαδρομή των γεωργικών προϊόντων από το αγρόκτημα στο τραπέζι, διασφαλίζοντας ότι οι

⁶³ Ο όρος των έξυπνων συμβολαίων υιοθετήθηκε από τον κρυπτογράφο και επιστήμονα πληροφορικής Nick Szabo. Είναι ένα ηλεκτρονικό πρωτόκολλο συναλλαγών που εκτελεί τους όρους μιας σύμβασης (Szabo, 1997).

πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή, την επεξεργασία, τη μεταφορά και την αποθήκευση είναι ακριβείς και άμεσα διαθέσιμες. Αυτή η διαφάνεια μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό της πηγής μόλυνσης είτε ζητημάτων ποιότητας και στη διευκόλυνση των ανακλήσεων, εάν είναι απαραίτητο.

Η διασφάλιση ποιότητας των προϊόντων : Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτόματη επιβολή προκαθορισμένων προτύπων και προϋποθέσεων ποιότητας για τα γεωργικά προϊόντα. Οι ειδικοί του τομέα της αλυσίδα του εφοδιασμού, μπορούν να ορίσουν συγκεκριμένες παραμέτρους για παράγοντες όπως η περιεκτικότητα σε υγρασία, η θερμοκρασία και η φυσική κατάσταση των προϊόντων. Όταν πληρούνται αυτές οι προϋποθέσεις, το έξυπνο συμβόλαιο ενεργοποιεί τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν όπως πληρωμή, αποστολή είτε η επεξεργασία. Αυτό διασφαλίζει ότι μόνο προϊόντα που πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα διακινούνται μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η απάτη και αλλοίωση της πληροφορίας: Η αδιαπραγμάτευτη φύση του blockchain καθιστά δύσκολο για αυτούς που θέλουν να χειραγωγήσουν είτε να παραποιήσουν πληροφορίες που σχετίζονται με γεωργικά προϊόντα. Οι ειδικοί του τομέα της αλυσίδα του εφοδιασμού μπορούν να επαληθεύσουν την αυθεντικότητα των πιστοποιήσεων, την προέλευση και άλλα κρίσιμα δεδομένα, μειώνοντας τις πιθανότητες για δόλιες δραστηριότητες εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η κοινή χρήση δεδομένων και συνεργασία: Οι ειδικοί του τομέα συχνά εργάζονται σε ομάδες και με διάφορους ενδιαφερόμενους, όπως οι αγρότες, οι μεταποιητές, οι διανομείς και οι ρυθμιστικές αρχές. Η τεχνολογία Blockchain παρέχει μια ασφαλή πλατφόρμα για κοινή χρήση και συνεργασία σε παροχή δεδομένων, διατηρώντας όμως παράλληλα την ακεραιότητα των δεδομένων. Αυτό μπορεί να εξορθολογήσει την επικοινωνία, την ανταλλαγή δεδομένων και τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στον αγροδιατροφικό τομέα.

Η πληρωμή και οικονομική αποτελεσματικότητα: Τα έξυπνα συμβόλαια που βασίζονται σε τεχνολογία του blockchain μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις διαδικασίες πληρωμής με βάση προκαθορισμένες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται. Αυτό μπορεί να ωφελήσει τους αγρότες και άλλους συμμετέχοντες στην αλυσίδα εφοδιασμού μειώνοντας τις καθυστερήσεις και τα διοικητικά έξοδα. Οι ειδικοί του τομέα μπορούν να διασφαλίσουν ότι οι δίκαιες πληρωμές στους αγρότες με βάση τους συμφωνημένους όρους και την πραγματική ποιότητα και ποσότητα των προϊόντων.

Η αποκέντρωση και εμπιστοσύνη: Τα αποκεντρωμένα δίκτυα blockchain μπορούν να ενισχύσουν την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων στον αγροδιατροφικό τομέα. Οι ειδικοί του τομέα μπορούν να συμβάλουν στην επικύρωση και επαλήθευση των δεδομένων στο blockchain, διασφαλίζοντας ότι καταγράφονται ακριβείς πληροφορίες. Αυτή η αποκεντρωμένη προσέγγιση μειώνει την ανάγκη για την συμμετοχή από μεσάζοντες και προωθεί μια πιο άμεση σχέση μεταξύ των ενδιαφερομένων της αλυσίδα του εφοδιασμού.

Οι βιώσιμες πρακτικές: Το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή και την επαλήθευση των βιώσιμων γεωργικών πρακτικών, των πιστοποιήσεων και των βιολογικών ετικετών. Οι ειδικοί του τομέα μπορούν να τεκμηριώσουν και να παρακολουθήσουν πρακτικές που προάγουν την περιβαλλοντική διαχείριση και την προωθημένη αξία, βοηθώντας τους καταναλωτές να κάνουν συνειδητές επιλογές και ανταμείβοντας τους αγρότες που υιοθετούν τις βιώσιμες μεθόδους.

Η Έρευνα και ακεραιότητα δεδομένων: Το Blockchain μπορεί να εξασφαλίσει την ακεραιότητα των ερευνητικών δεδομένων, αποτρέποντας μη εξουσιοδοτημένες αλλαγές και διασφαλίζοντας ότι τα ερευνητικά ευρήματα παραμένουν ακριβή και αξιόπιστα. Οι ειδικοί του τομέα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το blockchain για να δημοσιεύσουν την έρευνά τους και να μοιραστούν τα δεδομένα, διατηρώντας παράλληλα τον έλεγχο των δικαιωμάτων πρόσβασης και χρήσης.

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain και των έξυπνων συμβάσεων στον αγροδιατροφικό τομέα απαιτεί τη συνεργασία των ειδικών του τομέα, των αγροτών, των ρυθμιστικών αρχών και των ειδικών της τεχνολογίας. Ενώ τα πιθανά οφέλη είναι πολλά υποσχόμενα, οι προκλήσεις που σχετίζονται με την υιοθέτηση, την ενσωμάτωση και την τεχνική εμπειρογνωμοσύνη πρέπει να αντιμετωπιστούν για την πλήρη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων αυτών των τεχνολογιών στον τομέα του αγροτροφικού τομέα.

Μειονεκτήματα των έξυπνων συμβολαίων

Τα έξυπνα συμβόλαια προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στο τομέα agrologistics, όπως η αυξημένη διαφάνεια, τη μείωση της απάτη και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών. Ωστόσο, έχουν επίσης ορισμένα μειονεκτήματα αλλά και προκλήσεις, όπως:

Η πολυπλοκότητα: Τα έξυπνα συμβόλαια μπορεί να είναι πολύπλοκα στο σχεδιασμό και την εφαρμογή, ειδικά για περίπλοκες διαδικασίες στα agrologistics που περιλαμβάνουν πολλαπλά μέρη, συνθήκες και μεταβλητές. Η διασφάλιση της ακριβούς κωδικοποίησης όλων των απαιτήσεων μπορεί να είναι πιο δύσκολη.

Η Έλλειψη της νομικής σαφήνειας: Πολλά νομικά συστήματα δεν έχουν ακόμη πλήρως αναγνωρίσει είτε έχουν ρυθμιστεί στις έξυπνες συμβάσεις. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει μια αβεβαιότητα σχετικά με την εκτέλεση των όρων των έξυπνων συμβολαίων και μπορεί να απαιτήσει πρόσθετη νομική υποστήριξη.

Η αμετάβλητο: Μόλις αναπτυχθεί ένα έξυπνο συμβόλαιο σε μια αλυσίδα μπλοκ (block), είναι συνήθως αμετάβλητο, που σημαίνει ότι δεν μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί. Αυτό μπορεί να επιφέρει δυσκολίες εάν υπάρχουν σφάλματα είτε απρόβλεπτες συνθήκες που απαιτούν αλλαγές στη σύμβαση.

Τα Oracles - οι πηγές δεδομένων: Τα έξυπνα συμβόλαια βασίζονται συχνά σε εξωτερικές πηγές δεδομένων (oracles) για την ενεργοποίηση ενεργειών. Η διασφάλιση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας αυτών των πηγών δεδομένων μπορεί να είναι πρόκληση, καθώς οι ανακριβείς πληροφορίες μπορεί να οδηγήσουν σε μια εσφαλμένη εκτέλεση της σύμβασης.

Το κόστος (gas): Η ανάπτυξη των έξυπνων συμβάσεων σε μια αλυσίδα μπλοκ (block) μπορεί να είναι δαπανηρή, ιδιαίτερα όσον αφορά τα τέλη είτε το κόστος συναλλαγής που σχετίζεται με πολλά δίκτυα blockchain. Αυτά τα κόστη μπορεί να αποτελέσουν ένα εμπόδιο για την είσοδο μικρότερων συμμετεχόντων στα agrologistics

Η επεκτασιμότητα: Τα δίκτυα blockchain μπορεί να υποφέρουν από προβλήματα επεκτασιμότητας, ιδιαίτερα σε περιόδους υψηλής ζήτησης. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα καθυστερήσεις και αυξημένο κόστος συναλλαγών, το οποίο μπορεί να επηρεάσει την αποτελεσματικότητα των εργασιών στα agrologistics.

Οι ανησυχίες για το απόρρητο δεδομένων : Ενώ η τεχνολογία blockchain παρέχει διαφάνεια, μπορεί επίσης να δημιουργήσει ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο, ειδικά όταν ασχολούμαστε με ευαίσθητα γεωλογικά δεδομένα. Η διασφάλιση της κατάλληλης προστασίας των εμπιστευτικών πληροφοριών μπορεί να είναι μια πρόκληση.

Τα εμπόδια υιοθεσίας στην αλυσίδα εφοδιασμού: Η εφαρμογή έξυπνων συμβάσεων στον κλάδο agrologistics μπορεί να απαιτεί μια ευρεία υιοθέτηση μεταξύ των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Όλα τα μέρη για να πειστούν να υπακούσουν σε για τη μετάβαση σε αυτήν την τεχνολογία μπορεί να είναι μια αργή χρονικά και με προκλήσεις διαδικασία.

Οι τεχνικές προκλήσεις: Τα έξυπνα συμβόλαια βασίζονται στην τεχνολογία blockchain, η οποία εξακολουθεί να εξελίσσεται. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε τεχνικές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένων των αναβαθμίσεων δικτύου, των τρωτών σημείων ασφαλείας και των αλλαγών στα πρωτόκολλα blockchain.

Η εκπαίδευση και η κατάρτιση: Οι συμμετέχοντες στον κλάδο των agrologistics μπορεί να απαιτούν τη εκπαίδευση και τη κατάρτιση για να κατανοήσουν πώς λειτουργούν τα έξυπνα συμβόλαια και πώς να τα χρησιμοποιούν πιο αποτελεσματικά. Αυτό μπορεί να είναι χρονοβόρο και μπορεί να οδηγήσει σε αρχική αντίσταση.

Τα έξυπνα συμβόλαια προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια στον τομέα agrologistics, δεν είναι χωρίς μειονεκτήματα και προκλήσεις. Η εφαρμογή και η διαχείριση των έξυπνων συμβάσεων απαιτεί τον προσεκτικό σχεδιασμό, τη εξέταση νομικών και των κανονιστικών πτυχών και αντιμετώπιση των τεχνικών εμποδίων και εμποδίων που σχετίζονται με την υιοθεσία τους.

4.2.8 Οι τεχνολογίες IoT και Blockchain και τα θέματα απορρήτου και ασφάλειας

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT και blockchain στον αγροτροφικού τομέα μπορεί να προσφέρει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, να βελτιώσει την ιχνηλασιμότητα και να διασφαλίσει την ποιότητα και την αυθεντικότητα των γεωργικών προϊόντων. Ο συνδυασμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και των τεχνολογιών blockchain παρουσιάζει τόσο προκλήσεις όσο και ευκαιρίες, ειδικά όταν εξετάζονται τα ζητήματα απορρήτου και ασφάλειας. Οι προκλήσεις για το απορρήτου και την ασφάλεια, όπως :

- **Η επεκτασιμότητα:** Οι αλυσίδες μπλοκ (Block), ειδικά οι δημόσιες, μπορεί να υποφέρουν από προβλήματα επεκτασιμότητας. Το IoT έχει τη δυνατότητα να συνδέσει δισεκατομμύρια

συσκευές, επομένως η διασφάλιση ότι το blockchain μπορεί να χειριστεί αυτόν τον όγκο είναι ζωτικής σημασίας.

- Η αποθήκευση των δεδομένων: Το Blockchain μεγαλώνουν σε μέγεθος με την πάροδο του χρόνου. Δεδομένου του τεράστιου όγκου δεδομένων που μπορούν να παράγουν οι συσκευές IoT, η αποθήκευση μπορεί να γίνει ένα σημαντικό ζήτημα.
- Η πολυπλοκότητα της ολοκλήρωσης του δικτύου: Η ενσωμάτωση των υπάρχουσών υποδομών IoT με λύσεις blockchain μπορεί να είναι πολύπλοκη, απαιτώντας ένα σημαντικό χρόνο, συνέχεις πόρους και νέα τεχνογνωσία.
- Οι επιπτώσεις εν αναμονή του Quantum Computing: Οι μελλοντικές εξελίξεις στον κβαντικό υπολογισμό ενδέχεται να θέτουν κινδύνους για τις κρυπτογραφικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε blockchains.
- Η ασφάλεια των συσκευών: Όπως έχει γίνει αναφορά και παραπάνω το blockchain μπορεί να είναι ασφαλές, οι συσκευές IoT μπορεί να είναι ευάλωτες σε φυσικές παραβιάσεις.
- Τα προσωπικά δεδομένα στο Blockchain: Η αμετάβλητη χρήση του Blockchain σημαίνει ότι τα προσωπικά δεδομένα, αφού αποθηκευτούν, δεν μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα. Παρόλου που η κρυπτογράφηση μπορεί να εξασφαλίσει αυτά τα δεδομένα, η πρόκληση είναι ότι τι μπορεί προκύπτει εάν τα κλειδιά αποκρυπτογράφησης γίνουν διαθέσιμα στο μέλλον.
- Η διαρροή των δεδομένων μιας συσκευής: Ακόμα κι αν προσωπικά δεδομένα δεν αποθηκεύονται στο blockchain, η συμπεριφορά των συσκευών IoT μπορεί να διαρρεύσει πληροφορίες. Παράδειγμα, εάν ένα ψυγείο με τεχνολογία IoT μπορεί να παραγγέλνει γάλα τακτικά κάθε δύο εβδομάδες, αλλά ξαφνικά παραγγέλνει δύο φορές την εβδομάδα, αυτό θα μπορούσε να σημαίνει την παρουσία επίθεσης και διαρροής πληροφοριών.
- Πιο λεπτομερής έλεγχος: Διασφάλιση με μηχανισμούς ώστε οι χρήστες να έχουν τον έλεγχο των δεδομένων που κοινοποιούνται, τότε και με ποιον. Το blockchain μπορεί ενδεχομένως να το διευκολύνει εάν εφαρμοστεί σωστά.

Προτάσεις

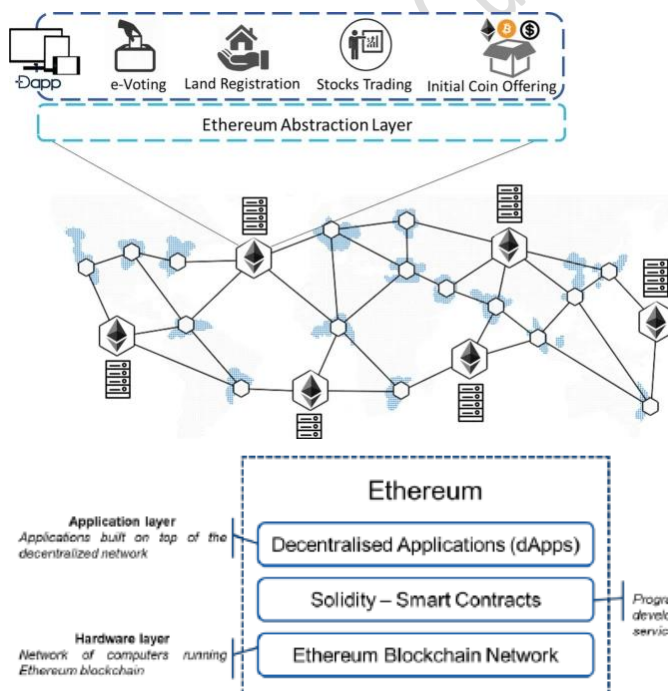
Παρακάτω, γίνεται αναφορά για την ανάγκη για την ελαχιστοποίηση δεδομένων, τη βελτιωμένη κρυπτογράφηση δεδομένων, τον έλεγχο πρόσβασης, για τους τακτικούς ελέγχους και ενημερώσεις, την ασφαλή ενσωμάτωση της συσκευής, τις τεχνικές ανωνυμοποίησης, τη ασφάλεια δικτύου, την αποκεντρωμένη ταυτότητα για συσκευές IoT, την ανάγκη για εκπαίδευση και κατάρτιση, τη ασφάλεια των έξυπνων συμβολαίων, η ανάκτηση και δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας δεδομένων, τη διαφάνεια και συναίνεση. Προτάσεις για την αντιμετώπιση της μείωσης των ευπαθειών, όπως :

- Η προδιαγραφή σκοπού της συλλογής δεδομένων. Η συλλογή των δεδομένων μόνο για συγκεκριμένους, σαφείς και νόμιμους σκοπούς. Παράδειγμα, ενώ τα δεδομένα θερμοκρασίας από μια ψυχή αποθήκευση μπορεί να είναι απαραίτητα, τα προσωπικά δεδομένα του εργαζόμενου που παρακολουθεί την αποθήκευση μπορεί να μην είναι απαραίτητα.
- Ο περιορισμός στη συλλογή δεδομένων: Η συλλογή μόνο δεδομένων οπου είναι απολύτως απαραίτητα για τον καθορισμένο σκοπό. Αυτό βοηθά στη μείωση την πιθανή επιφάνειας μιας επίθεσης.
- Η κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο. Η διασφάλιση ότι τα δεδομένα, όταν μεταδίδονται από αισθητήρες IoT στο blockchain είτε σε οποιοδήποτε ενδιάμεσο σύστημα, είναι ισχυρά κρυπτογραφημένα.
- Για τα ευαίσθητα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο blockchain, χρήση τεχνικών κρυπτογράφησης, έτσι ώστε ακόμα και τα δεδομένα blockchain, το περιεχόμενο παραμένουν εμπιστευτικό.
- Η πρόσβαση βάζει ρόλων. Η εκχώρηση σε επίπεδα πρόσβασης με βάση τους ρόλους εντός της αλυσίδας εφοδιασμού. Παράδειγμα, ένας παράγωγος μπορεί να έχει πρόσβαση σε δεδομένα σχετικά με την υγεία των καλλιεργειών, αλλά όχι απαραίτητα σε αναλύσεις τιμών αγοράς.
- Η έγκριση πολλαπλών υπογραφών. Όσο αναφορά για κρίσιμες ενέργειες (όπως η απελευθέρωση μιας παρτίδας προϊόντων για αποστολή είτε η αλλαγή των ρυθμίσεων θερμοκρασίας σε ένα χώρο αποθήκευσης), απαιτούνται πολλαπλές εγκρίσεις για την εκτέλεση.
- Η διεξαγωγή πιο τακτικούς ελέγχους ασφαλείας των συσκευών IoT και των πλατφορμών blockchain.
- Η διασφάλιση του firmware των συσκευών IoT και του λογισμικό των πλατφορμών blockchain ότι ενημερώνονται τακτικά για να επιδιορθώνονται πιθανά τα τρωτά σημεία.

- Η εφαρμογή των ασφαλών πρωτοκόλλων για την προσθήκη νέων συσκευών IoT στο δίκτυο. Η συστηματική εφαρμογή για το κρυπτογραφικό έλεγχο της ταυτότητας για να διασφαλιστεί ότι μόνο νόμιμες συσκευές μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο.
- Τα δεδομένα που πρέπει να αποθηκευτούν σε δημόσιες αλυσίδες μπλοκ είτε να κοινοποιηθούν σε πολλά μέρη, η διερεύνηση τεχνικών όπως zero-knowledge proofs είτε άλλες κρυπτογραφικές μεθόδους που επιτρέπουν την επικύρωση δεδομένων χωρίς να αποκαλύπτονται τα πραγματικά δεδομένα.
- Η εφαρμογή ισχυρών μέτρων ασφάλειας δικτύου, όπως συστήματα ανίχνευσης εισβολών, συσκευές προστασίας (πχ. Firewalls) και πιο ασφαλή πρωτόκολλα επικοινωνίας για την αποτροπή πιθανών επιθέσεων
- Η Χρήση της τεχνολογία blockchain για την δημιουργία αποκεντρωμένων ταυτοτήτων για τις συσκευές IoT. Η διασφάλιση μιας αδιάψευστης, επαληθεύσιμης ταυτότητα για συσκευές, μετρίζοντας τους κινδύνους επιθέσεων man-in-the-middle.
- Την συνεχής εκπαίδευση των ενδιαφερόμενων μερών της αλυσίδα εφοδιασμού σχετικά με τη σημασία της ασφάλειας και τις βέλτιστες πρακτικές για την εξασφάλιση.
- Η χρήση των έξυπνων συμβολαίων στο blockchain των agrologistics, την διασφάλιση ότι υποβάλλονται σε ενδελεχείς δοκιμές και ελέγχους. Τα ευάλωτα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο εκμετάλλευσης επιθέσεων, οδηγώντας σε παραβιάσεις δεδομένων και σε οικονομικές απώλειες.
- Το blockchain προσφέρει ένα επίπεδο αμετάβλητου και πλεονασμού δεδομένων, αναγκαία η διασφάλιση ότι υπάρχουν μηχανισμοί για την ανάκτηση δεδομένων σε περίπτωση αστοχίας από συσκευή IoT.
- Η σαφή και ενημερωμένη συγκατάθεση πριν από τη συλλογή είτε την κοινή χρήση δεδομένων, διασφαλίζοντας ότι οι ενδιαφερόμενοι (π.χ. όπως οι παραγωγοί ή οι μεταφορείς) γνωρίζουν πώς θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα τους.

Η ενσωμάτωση του IoT και του blockchain στα αγρολογικά έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον τομέα διασφαλίζοντας τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα και την αποτελεσματικότητα. Η προληπτική αντιμετώπιση των ανησυχιών για το απόρρητο και την ασφάλεια μπορεί να βοηθήσει στην οικοδόμηση εμπιστοσύνης μεταξύ των ενδιαφερομένων και να εξασφαλίσει την απρόσκοπτη υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών.

5. Η πλατφόρμα του Ethereum και τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts)



Source: IDATE based on Medium - How Does Ethereum work? ⁵

Η πλατφόρμα προσφέρει μια ειδική γλώσσα προγραμματισμού turing-complete. Στη συνέχεια αυτή

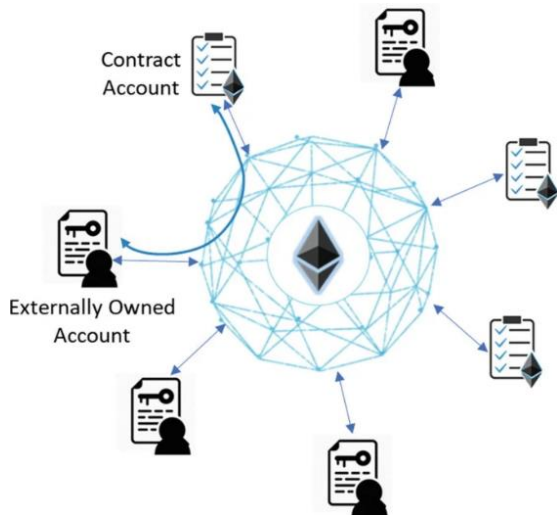
Το Ethereum είναι μια ανοιχτή πλατφόρμα blockchain η οποία δίνει τη δυνατότητα να δημιουργούνται, να εκτελούνται και να χρησιμοποιούνται αποκεντρωμένες εφαρμογές (DApps) και έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) Χαρακτηριστική είναι η διευκόλυνση και η αυτοματοποίηση που προσφέρει στην αλληλεπίδραση μεταξύ των συμμετεχόντων του δικτύου.

(Σχήμα 13 - Λειτουργία Του Ethereum)

Το ether (ETH) είναι το νόμισμα της πλατφόρμας και λειτουργεί επίσης ως αντίτιμο για τις εξορύξεις στο δίκτυο Ethereum. Για την κατασκευή των αποκεντρωμένων εφαρμογών, η

μεταφράζεται και τρέχει σε εικονικό σύστημα του (Ethereum Virtual Machine). Τεχνικά, λόγω του Turing-complete συστήματος, το μεγάλο πλεονέκτημα είναι πως οι εφαρμογές και τα έξυπνα συμβόλαια που υποστηρίζει η πλατφόρμα μπορούν να γραφτούν σε μια πληθώρα από σύγχρονες και παλιές γλώσσες προγραμματισμού, όπως C++, Python, Ruby, Go, Java, JavaScript, Rust κ.α.

5.1 Τα Έξυπνα συμβόλαια (Smart Contracts)



Ο όρος των έξυπνων συμβολαίων χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον Αμερικάνο επιστήμονα πληροφορικής και κρυπτογράφο Nick Szabo (Szabo, 1997).

Εικόνα 2 Smart Contract

Τα έξυπνα συμβόλαια είναι μικρά αυτόνομα προγράμματα λογισμικού που λαμβάνουν μια συναλλαγή ως είσοδο, επεξεργάζονται και παράγουν μια νέα έξοδο. Η εκτέλεσή τους ξεκινάει αυτόματα, υπό συγκεκριμένες συνθήκες και παράγει ένα αποτέλεσμα. Αυτό πραγματοποιείται στο επίπεδο του blockchain όπου ζει η επιχειρηματική λογική και συγκεκριμένες προγραμματικές λειτουργίες που εξυπηρετούν μια περίπτωση χρήσης. Το κυριότερο όφελος του

συμβολαίου είναι ότι το blockchain εγγυάται πως οι συμβατικοί όροι δεν μπορούν να τροποποιηθούν και είναι αδύνατη η παραβίαση τους. Με την εφαρμογή αυτών αναμένεται να μειωθεί το κόστος εκτέλεσης, επαλήθευσης, ελέγχου και αποφυγής απάτης μια σύμβασης.

Οι προϋποθέσεις και οι όροι των συμβολαίων επικυρώνονται από τα μέλη του δικτύου. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συμβόλαια, όπου η εμπιστοσύνη μεταξύ των μερών παίζει σημαντικό ρόλο, τα έξυπνα συμβόλαια αφαιρούν την ανάγκη εμπιστοσύνης. Οι όροι των συμβολαίων και οι σχετικές νομικές ενέργειες γράφονται ψηφιακά ως προγράμματα λογισμικού και αποθηκεύονται στην πλατφόρμα blockchain. Τα Έξυπνα συμβόλαια αφαιρούν την αποκλειστική ανθρώπινη κρίση από τις συναλλαγές. Ο ρόλος των διαμεσολαβητών, και νομικά πρόσωπα που εμπλέκονται σε παραδοσιακά συμβόλαια, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί μέσω της χρήσης των έξυπνων συμβολαίων. Η βελτίωση της αποδοτικότητας μειώνει το κόστος των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.

5.2 Οι τρόποι που τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να εφαρμοστούν στα logistics

Τα έξυπνα συμβόλαια στο blockchain Ethereum μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα logistics. Αξιοποιώντας την αποκεντρωμένη και τη αμετάβλητη φύση του Ethereum, τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπουν την ασφαλή και αυτοματοποιημένη εκτέλεση των συμφωνιών, συναλλαγών και διαδικασιών εφοδιαστικής αλυσίδας. Παρακάτω περιγράφονται μερικοί τρόποι με τους οποίους τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να εφαρμοστούν στα logistics:

1. Supply Chain Tracking: Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να διευκολύνουν την παρακολούθηση και τον εντοπισμό των αγαθών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Κάθε στάδιο της διαδικασίας logistics, όπως η κατασκευή, η συσκευασία, η αποστολή και η παράδοση, μπορεί να καταγραφεί στο blockchain Ethereum. Αυτό επιτρέπει στους ενδιαφερόμενους να επαληθεύουν την προέλευση, τη γνησιότητα και την τρέχουσα θέση των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο.

2. Automated Payments: Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις διαδικασίες πληρωμών στον κλάδο της εφοδιαστικής. Παράδειγμα, όταν θα πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις είτε κάποιων οροσήμων (π.χ. μια επιτυχής παράδοση, ο έλεγχος ποιότητας), το έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να ενεργοποιήσει αυτόματα τις μεταφορές πληρωμών στα σχετικά μέρη, εξαλείφοντας την ανάγκη για μη αυτόματη τιμολόγηση και μειώνοντας τις καθυστερήσεις και τις διαφορές.

3. Streamlined Customs and Compliance: Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να προγραμματιστούν για την επιβολή των τελωνειακών κανονισμών και των απαιτήσεων συμμόρφωσης. Όταν τα εμπορεύματα θα φτάσουν σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία είτε διασχίζοντας ένα σύνορο, το έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να επαληθεύσει την απαραίτητη τεκμηρίωση, να υπολογίσει φόρους είτε τους δασμούς και να ξεκινήσει αυτόματα τη διαδικασία εκτελωνισμού.

4. Dispute Resolution: Σε περίπτωση των διαφωνιών είτε των ασυμφωνιών, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να παρέχουν ένα διαφανές και ελεγχόμενο αρχείο συναλλαγών και συμφωνιών. Καθορίζοντας τους προκαθορισμένους όρους και κυρώσεις στο έξυπνο συμβόλαιο, γίνεται ευκολότερη η επίλυση των διαφορών χωρίς την ανάγκη διαμεσολαβητών, μειώνοντας το κόστος και τις χρονικές καθυστερήσεις.

5. Smart Warehousing: Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση των αποθεμάτων και των αποθηκευτικών χώρων πιο αποτελεσματικά. Με την ενσωμάτωση συσκευών IoT (Internet of Things), όπως οι αισθητήρες και οι ετικέτες RFID, με το blockchain Ethereum, μπορούν να καταγραφούν και να επαληθευτούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τα επίπεδα αποθέματος, τη θερμοκρασία και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, διασφαλίζοντας τη διαφάνεια και τη ακρίβεια.

5.3 Παράδειγμα Smart Contract στη εφοδιαστική αλυσίδα τροφίμων(FoodDelivery)

Το έξυπνο συμβόλαιο που παρουσιάζεται παρακάτω, δημιουργήθηκε στην πλατφόρμα Ethereum Blockchain . Οι χρήστες του έξυπνου συμβολαίου είναι όπως:

Αποστολέας: Ο αποστολέας που είναι η οντότητα που είναι υπεύθυνη για την έναρξη της αποστολής της παλέτας τροφίμων και την παροχή ενημερώσεων σχετικά με την κατάσταση παράδοσης της παλέτας. Η Αλληλεπίδραση με το έξυπνο συμβόλαιο γίνεται καλώντας τη λειτουργία addShipment, παρέχοντας τη διεύθυνσή τους Ethereum μαζί με δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας.

Σχετικά με τα Βήματα υλοποίησης:

Περιβάλλον ανάπτυξης: Αξιοποιήθηκε το ένα περιβάλλον ανάπτυξης του Remix όπου έγινε και η μεταγλώττιση και η δοκιμασία του κώδικα του του έξυπνου συμβολαίου .

Ανάπτυξη έξυπνου συμβολαίου: Σχετικά η μεταγλώττιση του κώδικα μέσω Solidity και την ανάπτυξη χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία όπως το Remix.

Η Αλληλεπίδραση με το Έξυπνο Συμβόλαιο: Οι χρήστες μπορούν να αλληλοεπιδράσουν με το έξυπνο συμβόλαιο καλώντας τις λειτουργίες του. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης σύμβασης, η συνάρτηση addShipment καλείται από τον αποστολέα για να προσθέσει μια νέα αποστολή. Αυτή η λειτουργία απαιτεί τη διεύθυνση Ethereum του αποστολέα, μαζί με δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας.

Η Διεπαφή χρήστη - User Interface : Θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένα User Interface (UI) για να διευκολύνονται οι αλληλεπιδράσεις των χρηστών με το έξυπνο συμβόλαιο. Το User Interface (UI)για το χρήστη θα μπορούσε να ήταν μια εφαρμογή Web είτε μια εφαρμογή για κινητά mobile app που θα επιτρέπει στους χρήστες να εισάγουν δεδομένα και να προβάλλουν ενημερώσεις από το έξυπνο συμβόλαιο.

Η Δοκιμή και ανάπτυξη: Δοκιμάστηκε για να διασφαλίσετε τη λειτουργικότητα, την ασφάλειά του και την τήρηση της επιθυμητής λογικής. Μόλις ολοκληρωθεί η δοκιμή του, αναπτύχθηκε η σύμβαση στο επιθυμητό δίκτυο Ethereum στο Sepolia testnet.

Sepolia Testnet

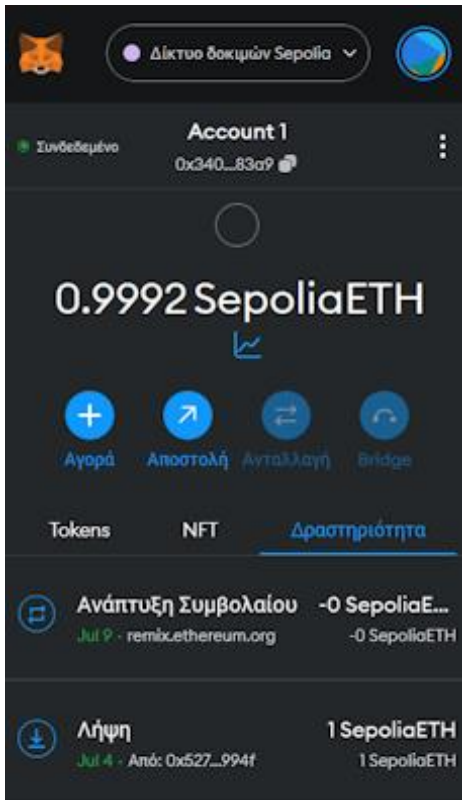
Search by Address / Txn Hash / Block / Token

Overview State

[This is a Sepolia Testnet transaction only]

Transaction Hash:	0x3206dfbc67e1d31f50987c2dbcc6c5dd6ca3f4b309552300a1ec60f0eac1dbc
Status:	Success
Block:	3857103 1 Block Confirmation
Timestamp:	14 secs ago (Jul-09-2023 12:29:36 PM +UTC)
From:	0x340F88EcdC1FCbf147BD06ff873c6Fe44e7083a9
To:	[0xe1035c2c2da5fe85a4f2182bc061b5e10a7333e9 Created]
Value:	0 ETH (\$0.00)
Transaction Fee:	0.000779467529307978 ETH (\$0.00)
Gas Price:	2.500000094 Gwei (0.000000002500000094 ETH)

Εικόνα 2 . Sepolia Testnet Transaction



Μέσω του Metamask, δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο του Ethereum αλλά και με ένα σύνολο από δοκιμαστικά δίκτυά του, όπως είναι το Sepolia Testnet. Το MetaMask είναι ένα δημοφιλές wallet κρυπτονομισμάτων και porτ σε αποκεντρωμένες εφαρμογές (dApps) που τρέχουν στο blockchain Ethereum.

Το δίκτυο Sepolia Testnet χρησιμοποιήθηκε για δοκιμαστικούς σκοπούς, όπως, για παράδειγμα, για την εγκατάσταση του συγκεκριμένου smart contract και για έλεγχο του σε ένα πραγματικό δοκιμαστικό περιβάλλον ανάπτυξης.

Πληροφορίες σχετικά με την δομή του έξυπνου συμβόλαιου:

- Η σύμβαση FoodDelivery περιέχει μια δομή που ονομάζεται Shipment, η οποία αντιπροσωπεύει μια μεμονωμένη αποστολή της παλέτας τροφίμων. Περιλαμβάνει πεδία για shipper (address), timestamp, temperature και humidity.

- Η shipments χρησιμοποιείται για την αποθήκευση αποστολών, όπου το κλειδί είναι το shipment ID (a uint256) και η τιμή είναι μια struct `Shipment`.

- Η μεταβλητή ShipmentAddedt παρακολουθεί τον συνολικό αριθμό των αποστολών που πραγματοποιήθηκαν.

- Το συμβάν addShipment εκπέμπεται κάθε φορά που προστίθεται μια νέα αποστολή. Περιλαμβάνει το

αναγνωριστικό αποστολής, τη διεύθυνση του αποστολέα, τη χρονική σήμανση, τη θερμοκρασία και την υγρασία.

- Η λειτουργία addShipment επιτρέπει σε οποιονδήποτε να προσθέσει μια νέα αποστολή παρέχοντας τη διεύθυνση, τη θερμοκρασία και τις τιμές υγρασίας του αποστολέα. Καταγράφει αυτόματα την τρέχουσα χρονική σήμανση χρησιμοποιώντας το block.timestamp. Η αποστολή αποθηκεύεται στη shipments και το event ShipmentAdded εκπέμπεται με τις σχετικές πληροφορίες.

```
/ SPDX-License-Identifier: GPL-3.0
```

```
pragma solidity ^0.8.0;
```

```
contract FoodDeliveryContract {
```

```
    address public sender;
```

```
    address public recipient;
```

```
    uint public timestamp;
```

```
    uint public temperature;
```

```
    uint public humidity;
```

```
    bool public delivered;
```

```
    event DeliveryStatusUpdated(address indexed sender, address indexed recipient, uint timestamp, uint temperature, uint humidity, bool delivered);
```

```
    constructor(address _recipient) {
```

```
        sender = msg.sender;
```

```
        recipient = _recipient;
```

```
        timestamp = block.timestamp;
```

```
        temperature = 0;
```

```
        humidity = 0;
```

```
        delivered = false;
```

```

}
function updateTemperatureAndHumidity(uint _temperature, uint _humidity) public {
    require(msg.sender == recipient, "Only the recipient can update the temperature and humidity");
    require(!delivered, "Delivery has already been completed");

    temperature = _temperature;
    humidity = _humidity;
    emit DeliveryStatusUpdated(sender, recipient, timestamp, temperature, humidity, delivered);
}

Function updateDeliveryStatus() public {
    require(msg.sender == sender, "Only the sender status");
    require(!delivered, "Delivery has already been completed");

    delivered = true;
    emit DeliveryStatusUpdated(sender, recipient, timestamp, temperature, humidity, delivered);
}
}
}

```

Ορισμένοι Περιορισμοί και Απαιτήσεις στο Smart Contract :

Η εφαρμογή της έξυπνης σύμβασης για την παρακολούθηση της παράδοσης μιας παλέτας τροφίμων με χρονικές σημάνσεις, θερμοκρασία, κατάσταση υγρασίας και ενημερώσεις στη διεύθυνση του αποστολέα έχει ορισμένους περιορισμούς και απαιτήσεις.

Η εμπιστοσύνη στα εξωτερικά δεδομένα: Η σύμβαση βασίζεται σε εξωτερικές πηγές είτε για την παροχή δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία αυτών των πηγών μπορεί να επηρεάσει την ακεραιότητα των καταγεγραμμένων πληροφοριών. Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των δεδομένων είτε να εξεταστεί το ενδεχόμενο εφαρμογής πρόσθετων μηχανισμών επαλήθευσης.

Το απόρρητο πληροφοριών: Το έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να εκθέτει δημόσια όλα τα δεδομένα αποστολής, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της διεύθυνσης του αποστολέα. Για την εξασφάλιση για το απόρρητο, ενδέχεται να απαιτούνται και πρόσθετα μέτρα όπως η κρυπτογράφηση είτε μια άδεια πρόσβασης χρήστη.

Το κόστος gas: Η αποθήκευση και η ανάκτηση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων στη σύμβαση μπορεί να οδηγήσει σε υψηλό το κόστος gas, ειδικά όταν πρόκειται για συχνές ενημερώσεις είτε σε μεγάλο αριθμό αποστολών. Είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι επιπτώσεις στο κόστος και να βελτιστοποιηθούν οι λειτουργίες αποθήκευσης και υπολογισμού της σύμβασης όπου είναι δυνατόν.

Η επεκτασιμότητα: Οι περιορισμοί του Ethereum, όπως η συμφόρηση του δικτύου και τα τέλη gas, μπορούν να επηρεάσουν την επεκτασιμότητα της σύμβασης. Εάν στην υλοποίηση μπορεί να χειριστεί σημαντικό αριθμό αποστολών είτε ενημερώσεων υψηλής συχνότητας, θα πρέπει να διερευνηθούν λύσεις π.χ. με εναλλακτική πλατφόρμα blockchain.

Η αποθήκευση δεδομένων: Το έξυπνο συμβόλαιο αποθηκεύει όλα τα δεδομένα αποστολής on-chain, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κόστος αποθήκευσης και πιθανά προβλήματα επεκτασιμότητας με την πάροδο του χρόνου. Μπορεί να χρειαστεί απόφαση για λύσεις για τη μακροπρόθεσμη αποθήκευση δεδομένων.

Επόμενες απαιτήσεις που μπορούν να προκύψουν όπως :

Οι αξιόπιστες πηγές δεδομένων: Για τη διασφάλιση της ακρίβεια και της ακεραιότητα των δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας, είναι σημαντικό η ύπαρξη σε αξιόπιστες και αξιόπιστες πηγές δεδομένων. Η προσεκτική αξιολόγηση και επιλογή αυτών των πηγών είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ποιότητας των δεδομένων.

Ο Έλεγχος ταυτότητας και της επαλήθευσης: Για τη διασφάλιση της γνησιότητας της διεύθυνσης του αποστολέα και να αποτραπεί η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, μπορεί να εφαρμοστούν πρόσθετοι μηχανισμοί ελέγχου ταυτότητας και επαλήθευσης, όπως ψηφιακές υπογραφές είτε έλεγχος ταυτότητας πολλαπλών παραγόντων.

Οι Έλεγχοι δοκιμών και ασφάλειας: Ύπαρξη ανάγκης διενέργειας με ενδεδειγμένες δοκιμές και έλεγχοι ασφάλειας για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση τυχόν τρωτών σημείων είτε αδυναμιών στην υλοποίηση της σύμβασης. Αυτό περιλαμβάνει το έλεγχο κώδικα, τη δοκιμή διείσδυσης και παρακολούθηση βέλτιστων πρακτικών για ασφαλή ανάπτυξη έξυπνων συμβολαίων.

Το User Interface (UI): Ανάγκη για να παρέχετε μια πιο φιλική προς το χρήστη User Interface. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει ειδοποιήσεις των συμβάντων, τον έλεγχο ταυτότητας χρήστη και παρουσίαση δεδομένων.

Το θέμα συμμόρφωσης: Ανάλογα με τη φύση της παράδοσης τροφίμων και τους σχετικούς κανονισμούς π.χ. , Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (ΕΕ) 2016/679, το σύστημα HACCP (ISO 22000), να ενδέχεται να χρειαστεί να ενσωματωθούν στην εφαρμογή με απαιτήσεις συμμόρφωσης όπως το απόρρητο δεδομένων, η ασφάλεια των τροφίμων.

UNIPi - Digital Culture - Smart Cities - IoT

6. Κεφάλαιο Έκτο : Συμπεράσματα

Στα προηγούμενα κεφάλαια μιλήσαμε για την εφοδιαστική αλυσίδα αγροτροφικού τομέα, για στην συμβολή και την ανάπτυξη. Επίσης, την ενσωμάτωση της τεχνολογίας του διαδικτύου των πράγματων (IoT) και του Blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα. Επίσης, ειδικά στο Blockchain τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts) στα agrologistics.

Ο συνδυασμός των τεχνολογιών IoT και blockchain έχει τη δυνατότητα να φέρει πολύ σημαντικές αλλαγές στην αλυσίδα εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων ενισχύοντας τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα και την αποτελεσματικότητα. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να συμβάλλουν στη διασφάλιση της ποιότητας, της ασφάλειας και της αυθεντικότητας των προϊόντων της διατροφής, ωφελώντας τελικά τους καταναλωτές, τους παραγωγούς και όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη που εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η επιτυχής εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών απαιτεί τη συνεργασία, την τυποποίηση και την προσεκτική εξέταση των ζητημάτων απορρήτου και ασφάλειας.

Παρακάτω μπορούμε να αναφέρουμε κάποια συμπεράσματα για σχετικά με το πώς αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να βοηθήσουν την αλυσίδα εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων:

- Οι αισθητήρες IoT μπορούν να παρακολουθούν τις διάφορες παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η τοποθεσία, διασφαλίζοντας ότι τα τρόφιμα αποθηκεύονται και μεταφέρονται υπό κατάλληλες συνθήκες.
- Το Blockchain παρέχει μια αμετάβλητη και διαφανές καταγραφή της διαδρομής των προϊόντων διατροφής από το αγρόκτημα στο τραπέζι. Οι καταναλωτές μπορούν να εντοπίσουν την προέλευση των τροφίμων τους, βοηθώντας σε περιπτώσεις μόλυνσης ή ανάκλησης.
- Οι συσκευές IoT μπορούν να παρακολουθούν συνεχώς την ποιότητα των καλλιεργειών, των ζώων και των συνθηκών αποθήκευσης, παρέχοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τα μέτρα ποιοτικού ελέγχου.
- Το Blockchain μπορεί να καταγράψει αυτά τα ποιοτικά δεδομένα, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους της αλυσίδας εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την αποδοχή είτε την απόρριψη των προϊόντων.
- Η διαφάνεια και η αμετάβλητη διαδικασία του blockchain καθιστούν δύσκολο σε κακόβουλους παράγοντες να αλλάξουν τις πληροφορίες προϊόντων είτε να εμπλακούν σε απάτες τροφίμων.
- Οι συσκευές IoT μπορούν να βοηθήσουν στην επαλήθευση της γνησιότητας των προϊόντων παρακολουθώντας το ταξίδι στο δίκτυο της αλυσίδας και τις συνθήκες τους.
- Οι αισθητήρες IoT μπορούν να βελτιστοποιήσουν τα logistics παρακολουθώντας τις αποστολές, παρακολουθώντας τις συνθήκες της μεταφοράς και μειώνοντας τις απώλειες κατά τη μεταφορά.
- Το blockchain μπορεί να αυτοματοποιήσει και να εξορθολογίσει τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας με τα έξυπνα συμβόλαια, διασφαλίζοντας ότι οι συναλλαγές πραγματοποιούνται με την επιτυχή παράδοση των αγαθών.
- Τα δεδομένα που δημιουργούνται από το IoT μπορούν να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες που στην συνέχεια γίνονται γνώσεις για την υγεία των καλλιεργειών, τις προβλέψεις της απόδοσης και τη διαχείριση των πόρων της αλυσίδας εφοδιασμού, βοηθώντας τους παράγωγους να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων.
- Το blockchain μπορεί να αποθηκεύσει και να μοιραστεί με ασφάλεια αυτά τα δεδομένα μεταξύ των σχετικών ενδιαφερομένων της αλυσίδα εφοδιασμού, όπως οι παραγωγοί, οι διανομείς και οι χονδρέμποροι, οι λιανοπωλητές.
- Τόσο η τεχνολογία IoT όσο και του blockchain συμβάλλουν στην οικοδόμηση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών, προσφέροντας την διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων.
- Οι καταναλωτές μπορούν να επαληθεύσουν τη γνησιότητα, την ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για προϊόντα του αγροτροφικού τομέα.
- Τα δεδομένα IoT μπορούν να βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης του αποθέματος και στη μείωση της σπατάλης τροφίμων διασφαλίζοντας έτσι ότι τα προϊόντα προωθούνται είτε καταναλώνονται πριν από τις ημερομηνίες λήξης τους.

- Το blockchain μπορεί να διευκολύνει τη προώθηση του πλεονάζοντος φαγητού για τη μείωση της σπατάλης των αγαθών (Food Waste⁶⁴, η μεγάλη απειλή για τον πλανήτη).
- Το blockchain μπορεί να βελτιστοποιήσει τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές απαιτήσεις και πιστοποιήσεις, παρέχοντας τη μη παραβίαση στο αρχείο των δραστηριοτήτων και της συμμόρφωσης τους.
- Οι αισθητήρες IoT μπορούν να βοηθήσουν στη συλλογή των δεδομένων και στην επαλήθευση των μέτρων συμμόρφωσης τους.
- Το blockchain διασφαλίζει τις ασφαλείς και διαφανείς συναλλαγές σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, μειώνοντας τις απάτες και τις διαφορές μεταξύ των μερών της αλυσίδας.
- Οι τεχνολογίες IoT και blockchain μπορούν να διευκολύνουν το διεθνές εμπόριο διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των προϊόντων, τη συμμόρφωση με τους τελωνειακούς κανονισμούς και τις ασφαλείς διασυνοριακές πληρωμές.

Συμπερασματικά, ο συνδυασμός τεχνολογιών IoT και blockchain έχει τη δυνατότητα να φέρει την εφαρμογή νέων είτε σημαντικά βελτιωμένων υπηρεσιών και διαδικασιών για την αλυσίδα εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων ενισχύοντας τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα και την αποτελεσματικότητα. Επίσης, συμβάλλουν πια στη διασφάλιση της ποιότητας, της ασφάλειας και της αυθεντικότητας των προϊόντων διατροφής, ωφελώντας τελικά τους καταναλωτές, τους παραγωγούς και όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη που εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών απαιτεί τη συνεργασία, τη τυποποίηση και τη προσεκτική εξέταση των ζητημάτων απορρήτου και ασφάλειας.

⁶⁴Food waste - υπολείμματα φαγητού είναι τα τρόφιμα που πετιούνται, είτε επειδή δεν χρειάζονται, είτε επειδή πρέπει να πεταχτούν από το νόμο. Όταν αποθηκεύονται τρόφιμα, σημαντικές ποσότητες σπαταλούνται λόγω των παρασίτων και μικροοργανισμών. Αυτό το πρόβλημα εμφανίζεται όπου έχει και σχετικά ζέστη και υγρασία. Αυτές οι συνθήκες ενισχύουν την ανάπτυξη παρασίτων και μικροοργανισμών. Οι ακραίες θερμοκρασίες, η υγρασία ή οι μικροοργανισμοί επηρεάζουν επίσης τη θρεπτική αξία, τη θερμιδική αξία και τη βιωσιμότητα των προϊόντων και ευθύνονται για τη σπατάλη τροφίμων. Πολλές φορές η πρόληψη των προβλημάτων υγείας είναι πιο σημαντική από την πρόληψη της σπατάλης τροφίμων ή την επαναχρησιμοποίηση τροφίμων που δεν πληρούν τα πρότυπα.

Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

1. Abdel-basset, M., Manogaran, G. and Mohamed, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems, *Future Generation Computer Systems*. Elsevier B.V., 86, : 614–628.
2. Γιαννακόπουλος, Δ., Μοσχούρης, Σ., (2013) *Logistics Μανατζμεντ και Στρατηγική*. Rosili, Αθηνά.
3. Μαλινδρέτος Γεώργιος (2015), *Εφοδιαστική Αλυσίδα, Logistics & Εξυπηρέτηση Πελατών*, Έκδοση: 1η, Εκδόσεις : Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα – Αποθετήριο «Κάλλιππος», Αθηνά.
4. *Cloud Computing, Theory and Practice*, Dan C. Marinescu, Elsevier 2013, (ISBN: 978-0-12404-627-6)
5. Rose, K., Eldridge, S. και Chapin, L. (2015). *The Internet of Things: An Overview. Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World.* The Internet Society (ISOC), Online source: https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf?fbclid=IwAR3O5bhXucoDerNX8-GWASFajiCf49nO4H_M5AlcVR7ujoWlVljMpyk1-28
6. Internet of things for smart agriculture:Technologies, practices and future direction, Partha Pratim Ray, Department of Computer Applications, Sikkim University, India, *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 9 (2017) 395–420,
7. Lora Technology, Online source: <http://www.lora-alliance.org/What-Is-LoRa/Technology>
8. Atlam, H. F. and Wills, G. B. (2018). *Technical aspects of blockchain and IoT*. 1st edn, *Role of Blockchain Technology in IoT Applications*. 1st edn. Elsevier Inc. doi: 10.1016/bs.adcom.2018.10.006.
9. Brtchenk, I., Cherniavska, T., Cherniavsky, B. (2019), *Blockchain Technology Into The Logistics Supply Chain Implementation Effectiveness*
10. Dujak, D., Sajter, D., (2019) *Blockchain Application in Supply Chain*. Springer International Publishing
11. VButerin. *Ethereum Improvement Proposals*. 2014. Online source: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-155>
12. S. Sayeed, H. Marco-Gisbert and T. Caira, *Smart Contract: Attacks and Protections* in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 24416-24427, 2020, doi:10.1109/ACCESS.2020.2970495.
13. Πατρικάκης, Ζ. Χ., Λελίγκου, Αικ.-Ε. & Κόγιας, Γ. Δ. (2022). *Αλυσίδες συστοιχιών (Blockchain), Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις*.
14. Deloitte University Press, (n.d). *Inside the Internet of Things (IoT)*. Online source:: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/iot-primeriot-technologies-applications/DUP_1102_InsideTheInternetOfThings.pdf
15. *Whitepaper NarrowBand IoT 2017: The Game Changer for the Internet of Things*, source:https://iot.telekom.com/en#download_110
16. Apte, S. and Petrovsky, N. (2016) 'Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management?', *Journal of Excipients and Food Chemicals*
17. Babich, V. and Hilary, G. (2020) 'Distributed ledgers and operations: What operations management researchers should know about blockchain technology', *Manufacturing and Service Operations Managemen*
18. *Internet of Things Architectures, Protocols and Standards*, Simone Cirani, Gianluigi Ferrari, Marco Picone, Luca Veltri, Wiley International Publishing 2019.
19. *Legal Tech, Smart Contracts and Blockchain*, Marcelo Corrales , Mark Fenwick , Helena Haapio, Springer International Publishing 2019.

20. Supply chain re-engineering using blockchain technology: A case of smart contract-based tracking process Shuchih Ernest Chang, Yi-Chian Chen, and Ming-Fang Lu, Institute of Technology Management, National Chung Hsing University.
21. Blockchain for supply chains and international trade, Panel for the Future of Science and Technology, EPRS | European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA) PE 641.544 – May 2020.
22. The Global Supply Chain, How Technology and Circular Thinking Transform Our Future, Wolfgang Lehmacher, Springer International Publishing AG 2017.
23. Agribusiness Supply Chain Risk Management: A Review of Quantitative Decision Models, Golnar Behzadia, Michael Justin O'Sullivan, Tava Lennon Olsen, Abraham Zhang, Department of Engineering Science, Faculty of Engineering, The University of Auckland, Auckland 1010, New Zealand, Information Systems and Operations Management, Business School, The University of Auckland, Auckland 1010, New Zealand, August 2017.
24. Auckland University of Technology (AUT) Business School, AUT, Auckland 1010 New Zealand Department of Management Systems, University of Waikato Management School, Hamilton 3240, New Zealand.
25. Economic Evaluation of the Efficiency of Supply Chain Management in Agricultural Production Based on Multidimensional Research Methods, Alisa M. Ableeva, Guzel A. Salimova, Nuria T. Rafikova, Ilvir I. Fazrahmanov, Zaria A. Zalilova, Tatiana N. Lubova, Gulnara R. Nigmatullina, Irina N. Girfanova, Fanisa F. Farrahova, Aigul M. Haziyeva, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, Russia, February 2019.
26. Assessing and Managing Environmental and Social Risks in an Agro-Commodity Supply Chain, International Finance Corporation (IFC) The World Bank Group, August 2013.
27. Retailing Logistics & Fresh Food Packaging, Managing Change in the Supply Chain, Kerstin Gustafsson, Gunilla Joönson, David Smith & Leigh Sparks, The Chartered Institute of Logistics and Transport (CILT) 2006.
28. Singh, V. and Sharma, K. S. (2022) 'Application of blockchain technology in shaping the future of food industry based on transparency and consumer trust', *Revue des études slaves*, 67(1), doi: 10.3406/slave.1995.6240.
29. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021) COVID-19 pandemic – impact on food and agriculture. source: <https://www.fao.org/2019-ncov/q-and-a/impact-on-food-and-agriculture/en/>.
30. Blockchain in Logistics, Perspectives on the upcoming impact of blockchain technology and use cases for the logistics industry, Accenture - DHL 2018 from source : <https://www.dhl.com/discover/en-sg/logistics-advice/logistics-insights/Blockchain-in-Logistics-The-Future-of-Supply-Chain-Management>
31. An IoT-based E-business model of intelligent vegetable greenhouses and its key operations management issues, Junhu Ruan, Xiangpei Hu, Xuexi Huo, Yan Shi, Felix T. S. Chan, Xuping Wang, Springer-Verlag London Ltd., 2019
32. Significance of Electric Vehicle in Agro Logistics and Supply Chain, Dr. Anshu, Rohit Bansal, *International Journal of 360 Management Review*, Vol. 06, Issue 02, October 2018, ISSN: 2320-7132
33. T. K. Dasaklis, F. Casino, and C. Patsakis, "A traceability and auditing framework for electronic equipment reverse logistics based on blockchain : the case of mobile phones," Piraeus, Greece, 2019
34. The Connected Farm, A Smart Agriculture Market Assessment, X Labs – Huawei, Market and Markets, India. (2020)
35. Παπαβασιλείου, Ν. και Μπάλτας Γ., 2003, 'Διοίκηση Δικτύων Διανομής και Logistics', Εκδόσεις Rosili

36. Wikipedia. (2023) Εύρεση Τεχνικών ορισμών Wi-Fi , Bluetooth , Zigbee , LoRa, LoRaWAN, from <http://el.wikipedia.org>.

UNIPI - Digital Culture - Smart Cities - IoT

Παράρτημα Α: Στατιστικά στοιχεία - Αναφορές πηγών.

1. Πώς μπορεί ο Αγροδιατροφικός τομέας να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις του αύριο, σήμερα, Έρευνα της Ernst & Young, Πηγή : https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/el_gr/topics/agribusiness/agribusiness_survey_final.pdf
2. Prognosis of worldwide spending on the Internet of Things (IoT) from 2018 to 2023, Στοιχεία Statista πηγή: <https://www.statista.com/statistics/668996/worldwide-expenditures-for-the-internet-of-things/>
3. Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2030, by vertical Στοιχεία Statista πηγή: <https://www.statista.com/statistics/1194682/iot-connected-devices-vertically/>
4. Στοιχεία σχετικά με τη ανάπτυξη της τεχνολογίας IoT - Στοιχεία Statista πηγή: <https://www.statista.com/statistics/668996/worldwide-expenditures-for-the-internet-of-things/>
5. Στοιχεία σχετικά με τις συσκευές IoT σε χρήση παγκοσμίως - Στοιχεία Statista πηγή: <https://www.statista.com/statistics/1194682/iot-connected-devices-vertically/>
6. Οι παγκόσμιες δαπάνες για την τεχνολογία IoT Έρευνα IDC πηγή: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P29475
7. Η βιομηχανική αγορά σε industrial internet of things (IIoT) Έρευνα Forrester πηγή: <https://www.forrester.com/report/the-forrester-wave-tm-industrial-internet-of-things-software-platforms-q3/RES176190>
8. Worldwide Spending on the Internet of Things is Forecast to Surpass \$1 Trillion in 2026, According to a New IDC Spending Guide, Στοιχεία της IDC πηγή: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS50936423>
9. DC Government Insights: Worldwide Smart, Sustainable Cities: AI, Cloud and Edge Strategies. Στοιχεία της IDC πηγή: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P23432
10. Key technology choices for optimal massive IoT devices, Έρευνά Ericsson πηγή: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/key-technology-choices-for-optimal-massive-iiot-devices>
11. Mobile data traffic outlook, Έρευνά Ericsson πηγή: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/mobile-traffic-forecast>
12. With IoT, trust is fundamental, Έρευνά PwC πηγή: <https://www.pwc.com.au/digitalpulse/2019-pwc-iiot-survey-trust.html>
13. Leading the IoT, Έρευνά Gartner πηγή: https://www.gartner.com/imagesrv/books/iiot/iiotEbook_digital.pdf
14. How You Contribute to Today's Growing DataSphere and Its Enterprise Impact, Έρευνά IDC πηγή: <https://blogs.idc.com/2019/11/04/how-you-contribute-to-todays-growing-datasphere-and-its-enterprise-impact/>
15. Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2023, with forecasts from 2022 to 2030, Έρευνά Statista πηγή: <https://www.statista.com/statistics/1183457/iiot-connected-devices-worldwide/>
16. The Global Smart Agriculture Market, Allied Market Research πηγή: <https://www.alliedmarketresearch.com/smart-agriculture-market>
17. What are the supply chain's technology priorities, Έρευνά Accenture πηγή: <https://www.accenture.com/us-en/insights/supply-chain-operations/technology-vision-supply-chain-perspective>
18. Internet of Things (IoT), Έρευνά Zebra Technologies πηγή: <https://www.zebra.com/content/dam/zebra/white-papers/en-us/internet-of-things-en-us.pdf>
19. Disruptions + Cost Increases = Continued Supply Chain Complexity, Έρευνά Όμιλος Aberdeen πηγή: <https://www.aberdeen.com/blog-posts/bryan-ball-disruptions-costs-supply-chain-complexities/>

20. Internet of Things in Logistics, Ερευνά DHL πηγή:
<https://www.dhl.com/discover/content/dam/dhl/downloads/interim/full/dhl-trend-report-internet-of-things.pdf>
21. Gartner's Top Actions for Supply Chain Inventory Reduction, Ερευνά McKinsey πηγή:
<https://www.gartner.com/en/documents/3882883>
22. The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity, Ερευνά Gartner πηγή:
<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/iot%20value%20set%20to%20accelerate%20through%202030%20where%20and%20how%20to%20capture%20it/the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf>
23. Get Ready for IoT in Supply Chain Planning, Ερευνά Gartner πηγή:
<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/get-ready-for-iot-in-supply-chain-planning-2>
24. Cold Chain Market Size, Share & Trends Analysis Report, Ερευνά Grand View Research πηγή: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cold-chain-market>

Παράρτημα Β: Code of Smart Contract FoodDelivery

/ SPDX-License-Identifier: GPL-3.0

pragma solidity ^0.8.0;

```
contract FoodDeliveryContract {
    address public sender;
    address public recipient;
    uint public timestamp;
    uint public temperature;
    uint public humidity;
    bool public delivered;

    event DeliveryStatusUpdated(address indexed sender, address indexed recipient, uint timestamp,
    uint temperature, uint humidity, bool delivered);

    constructor(adres_recipient) {
        sender =msg.sender;
        recipient = _recipient;
        timestamp = block.timestamp;
        temperature =0;
        humidity =0;
        delivered = false;
    }
    function updateTemperatureAndHumidity(uint_ temperature, uint_humidity) public {
        require(msg.sender == recipient, "Only the recipient can update the temperature and humidity");
        require(!delivered, "Delivery haw already been completed");

        temperature =_temperature;
        humidity =_humidity;
        emit DeliveryStatusUpdated(sender, recipient, timestamp, temperature, humidity, delivered);
    }

    Function updateDeliveryStatus() public {
        require(msg.sender == sender, "Only the sender status");
        requite(!delivered, "Delivery haw already been completed");

        delivered = true;
        emit DliveryStatusUpdated(sender, repipient, timestamp, temperature, humidity, delivered);
    }
}
```