



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Επισκόπηση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) στην περίπτωση της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Αγροτικών Προϊόντων A survey of IoT (Internet of Things) applications in Agrifood Supply Chain Management
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Αναστάσιος Πολυχρόπουλος
Πατρώνυμο	Κωνσταντίνος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/17056
Επιβλέπων	Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής
Συνεπιβλέπων	Δρ. Θωμάς Δασακλής

Ημερομηνία Παράδοσης **Μάιος 2019**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Χρήστος Δουληγέρης
Καθηγητής

Παναγιώτης Κοτζανικολάου
Επίκουρος Καθηγητής

Σαράντης Μητρόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής», στην κατεύθυνση «Δικτυοκεντρικά και Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα», του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όσους με υποστήριξαν κατά την εκπόνηση και συγγραφή της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον συνεπιβλέποντα Δρ. Θωμά Δασακλή για τις πολύτιμες συμβουλές, καθοδήγηση και άμεση ανταπόκρισή του κατά την έρευνα και συγγραφή, όπως επίσης και τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Χρήστο Δουληγέρη.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, για τη στήριξη και τη συμπαράσταση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες	3
Ευρετήριο σχημάτων.....	7
Ευρετήριο πινάκων.....	8
Περίληψη.....	9
Abstract	10
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	11
1.1 Αντικείμενο της εργασίας.....	11
1.2 Σύγχρονες προκλήσεις στη Διοίκηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας	11
1.3 Μεθοδολογία έρευνας.....	13
Κεφάλαιο 2: Διαδίκτυο των Πραγμάτων.....	15
2.1 Περιγραφή	15
2.2 Ιστορική αναδρομή	16
2.3 Η σημασία του ΔτΠ.....	18
2.3.1 Βελτίωση στις δυνατότητες διασύνδεσης.....	18
2.3.2 Βελτίωση του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing).....	19
2.3.3 Εργαλεία ανάλυσης δεδομένων και ταχεία βελτίωση των δυνατοτήτων διαχείρισης δεδομένων.....	19
2.3.4 Χαμηλό κόστος.....	19
2.4 Τομείς εφαρμογής του ΔτΠ.....	20
2.4.1 Εφαρμογές Έξυπνων Σπιτιών (Smart Homes)	20
2.4.2 Φορητές συσκευές (wearables).....	21
2.4.3 Οχήματα	21
2.4.4 Βιομηχανικό Διαδίκτυο (Industrial Internet).....	22
2.4.5 Έξυπνες Πόλεις (Smart Cities)	22
2.4.6 Αγροτικός τομέας.....	22
2.4.7 Λιαν εμπόριο	23
2.4.8 Ενέργεια	23
2.4.9 Υγεία.....	23
2.4.10 Ζωική παραγωγή.....	24
2.5 Αρχιτεκτονική και βασικές τεχνολογίες του ΔτΠ.....	24
2.6 Τεχνολογικές Ευκαιρίες και προκλήσεις του ΔτΠ.....	29
2.7 Ευκαιρίες και οφέλη του ΔτΠ για τις επιχειρήσεις	31
2.8 Προκλήσεις στην υιοθέτηση του ΔτΠ από τις επιχειρήσεις	32
2.9 Σχέση ΔτΠ, Μεγάλων Δεδομένων (Big Data) & Επιχειρηματικής Ευφυΐας (Business Intelligence).....	34
Κεφάλαιο 3: Εφοδιαστική Αλυσίδα (EA)	37
3.1 Περιγραφή	37

3.1.1 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	37
3.1.2 Προέλευση και Ιστορική Αναδρομή.....	39
3.2 Στρατηγική σημασία και οφέλη	39
3.2.1 Μοντέλο Αναφοράς Διαδικασιών Αλυσίδας Εφοδιασμού (SCOR).....	40
3.2.2 Μοντελοποίηση διαδικασιών	40
3.2.3 Μετρήσεις απόδοσης.....	41
3.2.4 Βέλτιστες πρακτικές.....	42
3.3 Αδύναμα σημεία	42
3.4 Ο Ψηφιακός μετασχηματισμός (Digital transformation) της ΕΑ	43
3.4.1 Τεχνητή νοημοσύνη.....	45
3.4.2 Προηγμένες Αναλυτικές μέθοδοι (Analytics)	45
3.4.3 Διαδίκτυο των Πραγμάτων (ΔΤΠ).....	45
3.4.4 Πράκτορες Συζήτησης (Conversational Systems)	45
3.4.5 Αυτοματοποίηση Ρομποτικών Διαδικασιών (Robotic Process Automotation-RPA) ...	45
3.4.6 Τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού (Blockchain / Distributed Ledger technology)	46
3.4.7 Αλληλοεπικαλυπτόμενες υπηρεσίες logistics και τεχνολογίας	46
3.4.8 Συγκερασμός σχεδιασμού και υλοποίησης.....	46
3.4.9 Πράσινη Εφοδιαστική Αλυσίδα	46
Κεφάλαιο 4: Περιπτώσεις εφαρμογής ΔΤΠ στην ΕΑΑΠ	48
4.1 Περιγραφή της ΕΑΑΠ	48
4.2 Η χρήση του ΔΤΠ στην ΕΑΑΠ.....	50
4.2.1 Συσκευές ΔΤΠ	50
4.2.2 Τεχνολογία τηλεπικοινωνιών	50
4.2.3 Διαδίκτυο	51
4.2.4 Αποθήκευση δεδομένων και επεξεργασία	52
4.3 Εφαρμογές ΔΤΠ στην ΕΑΑΠ.....	52
4.3.1 Παρακολούθηση	52
4.3.2 Ανίχνευση και εντοπισμός	53
4.3.3 Γεωργικά μηχανήματα	54
4.3.4 Γεωργία ακριβείας	54
4.3.5 Παραγωγή θερμοκηπίου.....	55
4.4 ΔΤΠ και Ανάλυση Δεδομένων (Data Analytics-DA).....	55
4.4.1 Πρόβλεψη.....	55
4.4.2 Διαχείριση αποθήκευσης	55
4.4.3 Λήψη αποφάσεων	56
4.4.4 Διαχείριση φάρμας.....	56
4.4.5 Γεωργία της ακριβείας	56

4.4.6 Ασφάλιση.....	57
Κεφάλαιο 5: Κατηγοριοποίηση εφαρμογών ΔτΠ στην ΕΑΑΠ.....	58
5.1 Κατηγοριοποίηση με βάση τα προϊόντα.....	58
5.1.1 Κρέας.....	58
5.1.2 Οπωροκηπευτικά (Σπόροι – Φρούτα – Λαχανικά).....	60
5.2 Κατηγοριοποίηση με βάση τις διαδικασίες.....	64
5.2.1 Μεταφορά.....	64
5.2.2 Διαχείριση Δεδομένων.....	65
5.2.3 Καταγραφή εμπορευμάτων (logistics).....	67
5.2.4 Αξιοποίηση πόρων.....	71
5.2.5 Ασφάλεια τροφίμων.....	74
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....	77
6.1 Συμπεράσματα.....	77
6.2 Περιορισμοί έρευνας.....	79
6.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	79
Βιβλιογραφία.....	82

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής διαδικασίας επιλογής της βιβλιογραφίας	13
Σχήμα 2. Διαχρονική Εξέλιξη του ΔτΠ [15]	16
Σχήμα 3. Χρονική εξέλιξη του ΔτΠ [17].....	18
Σχήμα 4. Σχέση του ΔτΠ και της Ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analytics) [18]	19
Σχήμα 5. Παγκόσμιο μερίδιο λύσεων ΔτΠ το 2016 [19].....	20
Σχήμα 6. Τυπική εγκατάσταση Έξυπνου Σπιτιού (Smart home) [20]	21
Σχήμα 7. Οικοσύστημα ενός ΔτΠ οχήματος [22]	22
Σχήμα 8. Η εξέλιξη της ψηφιακής φάρμας [24]	23
Σχήμα 9: Τεχνολογίες που αξιοποιούνται στο ΔτΠ [28].....	25
Σχήμα 10. Σύγκριση κυψελωτών επικοινωνιών ΔτΠ και πεδία εφαρμογής [32]	27
Σχήμα 11. Σύγκριση ασύρματων τεχνολογιών ΔτΠ και αντίστοιχα πεδία εφαρμογής [33].....	28
Σχήμα 12: Βασική αρχιτεκτονική λύσεων ΔτΠ [37]	29
Σχήμα 13: Προτεραιότητες και ευκαιρίες για το ΔτΠ [38]	30
Σχήμα 14. Προστιθέμενη αξία του ΔτΠ στις επιχειρήσεις [40]	32
Σχήμα 15. Συσχέτιση ΔτΠ, ανάλυσης δεδομένων και αποφάσεων [44]	35
Σχήμα 16. Μεθοδολογία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων [45]	36
Σχήμα 17. Τα στάδια της ΕΑ [48]	37
Σχήμα 18. Τυπική απεικόνιση διαχείρισης ΕΑ [49].....	38
Σχήμα 19. Ψηφιακός μετασχηματισμός της παραδοσιακής ΕΑ [58]	44
Σχήμα 20. Η ΕΑΑΠ με χρήση ΔτΠ [62].....	49
Σχήμα 21. Το πλαίσιο διεργασιών της ΕΑΑΠ με χρήση ΔτΠ [62]	49
Σχήμα 22. Κατηγοριοποίηση εφαρμογών ΔτΠ στην ΕΑΑΠ.	58

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1. Διαδικασία επιλογής της βιβλιογραφίας	14
Πίνακας 2. Πρωτόκολλα ΔτΠ [29]	25
Πίνακας 3. Αντιστοίχιση πρωτοκόλλων IoT με το μοντέλο TCP/IP [30]	26
Πίνακας 4. Ανάπτυξη και εξέλιξη τεχνολογιών σχετικών με το ΔτΠ [31]	26
Πίνακας 5. Συγκριτική λίστα υποδομών Νέφους για ΔτΠ [29]	29

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αποτελεί μια ενδελεχή επισκόπηση και κριτική ανάλυση της πρόσφατης ερευνητικής βιβλιογραφίας αναφορικά με τη χρήση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων. Η μεταπτυχιακή διατριβή διαρθρώνεται σε έξι επιμέρους ενότητες. Στην πρώτη ενότητα περιγράφεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την εκπόνηση και συγγραφή της διατριβής καθώς και μια εισαγωγή στην Εφοδιαστική Αλυσίδα. Στη δεύτερη ενότητα περιγράφεται το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, οι σχετικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, οι τομείς στους οποίους εφαρμόζεται καθώς και τα σχετικά οφέλη για τις επιχειρήσεις από τη χρήση του. Στην τρίτη ενότητα αναλύεται η Εφοδιαστική Αλυσίδα, τα επιμέρους χαρακτηριστικά της, οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα και οι σύγχρονες τάσεις αναφορικά με την Διοίκηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Στην τέταρτη ενότητα, η έρευνα επικεντρώνεται στην Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων, στην σύνδεσή της με τις τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων και στους τομείς και τους τρόπους που οι τελευταίες εφαρμόζονται. Ακολούθως, στην πέμπτη ενότητα κατηγοριοποιούνται και παρουσιάζονται οι εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων σε δύο άξονες: με βάση το προϊόν (κρέας, σπόροι, κλπ.) και με βάση τις διαδικασίες (logistics, ασφάλεια τροφίμων κλπ.). Τέλος, στην έκτη ενότητα, παρουσιάζονται οι διάφοροι περιορισμοί των εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων και παρατίθενται κάποια συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις κλειδιά: Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων, «έξυπνη γεωργία», μοντέλο ΑΔΑΕ (SCOR)

Abstract

This master thesis provides a thorough review of the available literature related to the Internet of Things applications in agri-food supply chain management. The master thesis is structured into six sections. The first section describes in brief the overall methodology used for conducting the research as well as a brief introduction to supply chain management. The second section describes the Internet of Things, the technologies used, the domains in which is applied, and how Internet of Things applications can benefit businesses. The third section analyzes the supply chain, logistics operations and the current trends in supply chain management. In the fourth section the research focuses on the supply chain of agricultural products and its interrelationship with the Internet of Things and sections and ways in which the latter is applied. In the fifth section a classification of the available literature is provided based on two key drivers: product (meat, seeds, etc) and processes (logistics, food safety, etc). Finally, in the sixth section several limitations of the Internet of Things applications in agrifood supply chain are highlighted along with fruitful areas for further research.

Keywords: Internet of Things, agrifood supply chain, smart agriculture, SCOR model

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την επισκόπηση των εφαρμογών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (ΔτΠ) στη διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΕΑ), με έμφαση στην Εφοδιαστική Αλυσίδα Αγροτικών Προϊόντων (ΕΑΑΠ). Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται το ΔτΠ, αναλύονται οι σχετικές τεχνολογίες ΔτΠ, όπως επίσης και τι προσφέρει η χρήση του στις επιχειρήσεις. Επισημαίνεται ότι ο τρόπος που το ΔτΠ μπορεί να εφαρμοστεί στην ΕΑ προσφέρει πολλές ευκαιρίες ανάπτυξης στις επιχειρήσεις, αλλά ταυτόχρονα θέτει σε αυτές αρκετές προκλήσεις. Ακολούθως παρουσιάζεται η στρατηγική σημασία της ΕΑ και πώς αυτή ενδυναμώνεται από τη χρήση τεχνολογιών του ΔτΠ. Προκειμένου να αναδειχθεί η σημαντικότητα των εφαρμογών αυτών στη διαχείριση της ΕΑ και την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων, επιλέχθηκαν μελέτες περίπτωσης στον αγροτικό τομέα. Η έρευνα της εργασίας εστιάζει στην ΕΑΑΠ και στον τρόπο με τον οποίο η χρήση τεχνολογιών ΔτΠ υλοποιείται. Το πώς αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται προσεγγίζεται από δύο μεριές: αναφορικά με το είδος των αγροτικών προϊόντων στην ΕΑ και σε σχέση με τα προβλήματα που καλείται να επιλύσει ή να αντιμετωπίσει.

Η επιλογή του αγροτικού τομέα δεν έγινε τυχαία. Πρόκειται για έναν τομέα ο οποίος ασχολείται με την παραγωγή απαραίτητων προϊόντων για τη διατροφή του ανθρώπου, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή ευπάθεια. Γενικότερα είναι ένας κλάδος ο οποίος είναι από τους σημαντικότερους της κάθε οικονομίας και σε επίπεδο τζίρου και σε επίπεδο ευημερίας της κοινωνίας [1].

Τέλος, παρατίθενται οι περιορισμοί στην παρούσα εργασία και παρουσιάζονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

1.2 Σύγχρονες προκλήσεις στη Διοίκηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Στη σύγχρονη πραγματικότητα, οι επιχειρήσεις δεν μπορούν να είναι ανταγωνιστικές ως ανεξάρτητες οντότητες αλλά ως ενεργά μέλη μιας ευρύτερης ΕΑ που περιλαμβάνει ένα δίκτυο πολλαπλών επιχειρήσεων και σχέσεων [2]. Ως εκ τούτου, οι ΕΑ λειτουργούν υπό ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον και είναι ευάλωτες σε μια πληθώρα κινδύνων σε όλα τα επίπεδα. Πολλές ΕΑ επεκτείνονται σε ευρείες γεωγραφικές περιοχές και αυτό τις καθιστά περισσότερο ευάλωτες σε εξωτερικούς κινδύνους [3]. Οι πελάτες είναι όλο και πιο απαιτητικοί όσον αφορά την προσαρμογή των προϊόντων, την τιμή και το επίπεδο εξυπηρέτησης [4]. Η πολυπλοκότητα των προϊόντων αυξάνεται επίσης λόγω: 1) του γρήγορου ρυθμού λειτουργίας των περισσότερων βιομηχανιών, 2) των ραγδαίων αλλαγών στην τεχνολογία και 3) της συνεχούς εισαγωγής νέων προϊόντων στην αγορά [5]. Επιπλέον, το εξωτερικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα δυναμικό λόγω:

- οικονομικών παραγόντων, (ενεργειακό κόστος, τιμές και διαθεσιμότητα πρώτων υλών, συναλλαγματικές ισοτιμίες),
- κοινωνικών παραγόντων, (κοινωνικοπολιτικές αναταραχές, απαιτητικοί πελάτες), και
- περιβαλλοντικών παραγόντων (ακραίες καιρικές συνθήκες, σεισμοί, κλιματική αλλαγή).

Προκειμένου οι επιχειρήσεις να επιβιώσουν σε ένα τόσο περίπλοκο περιβάλλον, πρέπει να είναι εξαιρετικά ευέλικτες και να οικοδομήσουν υψηλό επίπεδο ανθεκτικότητας, και ικανότητες μετριασμού ή απαλοιφής του κινδύνου και διαρθρωτικής ευελιξίας, έτσι ώστε να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν τάχιστα αυτές τις προκλήσεις. Οι [6] ορίζουν τη διαρθρωτική ευελιξία αναφορικά με την ικανότητα της ΕΑ να προσαρμόζεται στις θεμελιώδεις αλλαγές στο επιχειρηματικό περιβάλλον. Ωστόσο, η ευελιξία και η ανθεκτικότητα προσφέρονται με επιπλέον κόστος. Απαιτούνται λοιπόν συμπληρωματικοί πόροι, όπως πρόσθετη αποθηκευτική χωρητικότητα και υψηλότερο κόστος συντονισμού [6]. Προκειμένου να εξισορροπηθεί το απαιτούμενο επίπεδο ανθεκτικότητας και ευελιξίας με το κόστος επίτευξής αυτού, οι επιχειρήσεις πρέπει όχι μόνο να έχουν μια εκ βαθέων παρακολούθηση ολόκληρης της ΕΑ, αλλά επιπλέον κατάλληλα αντανakλαστικά και την απαραίτητη ταχύτητα ώστε να ανταποκρίνονται γρήγορα στις αλλαγές και

την αποτελεσματική συνεργασία με προμηθευτές και πελάτες. Ο [4] συνόψισε τις αρχές (4R's) που μπορούν να καθοδηγήσουν τους διαχειριστές της ΕΑ στα εξής:

- ανταπόκριση (Responsiveness)
- αξιοπιστία (Reliability)
- ανθεκτικότητα (Resilience)
- σχέσεις (Relationships).

Οι τεχνολογίες πληροφορικής αποτελούν βασικό παράγοντα για την αποτελεσματική διαχείριση της ΕΑ [7]. Διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο βοηθώντας τις ΕΑ να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του συνεχώς μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος και των μυριάδων κινδύνων σε όλα τα επίπεδα. Οι τεχνολογίες πληροφορικής έχουν ήδη επηρεάσει σημαντικά τη φύση και τη δομή των ΕΑ λόγω της ικανότητάς τους για εσωτερική ολοκλήρωση διαφόρων διαδικασιών και, κυρίως, για εξωτερική ενοποίηση με προμηθευτές και πελάτες. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω της βελτίωσης της επικοινωνίας, της απόκτησης και της μετάδοσης δεδομένων, επιτρέποντας έτσι την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων και την ενίσχυση της απόδοσης της ΕΑ. Το ΔτΠ, μία από τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα των τεχνολογιών πληροφορικής, είναι μια νέα τεχνολογική επανάσταση, η οποία έχει επηρεάσει και συμπαρασύρει σε μεγάλο βαθμό αρκετούς τομείς, συμπεριλαμβανομένης και της ΕΑ. Το ΔτΠ συμβάλλει σημαντικά στο να περάσουν σε άλλο επίπεδο οι δυνατότητες επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπων και «πραγμάτων», οι δυνατότητες αυτόματου και αυτόνομου συντονισμού μεταξύ των "πραγμάτων" και η αποθήκευση των συλλεγόμενων πληροφοριών για την περαιτέρω ανάλυσή τους. Αυτές οι νέες δυνατότητες προσφέρουν τεράστιες ευκαιρίες για πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση των προκλήσεων στη διαχείριση της ΕΑ.

Το ΔτΠ ενισχύει την διαύγεια (visibility), την ευελιξία και την προσαρμοστικότητα στην ΕΑ για να αντιμετωπίσει τις διάφορες προκλήσεις της [8]. Τα δεδομένα που μεταδίδονται από έξυπνα αντικείμενα, όταν συλλέγονται, αναλύονται και μετατρέπονται σε χρήσιμες πληροφορίες όπου μπορούν να προσφέρουν έγκαιρες προειδοποιήσεις για εσωτερικές και εξωτερικές καταστάσεις οι οποίες απαιτούν αποκατάσταση. Η έγκαιρη ανταπόκριση σε αυτά τα σήματα καθιστά την ΕΑ πιο αποτελεσματική και πιο ανθεκτική.

Αυτό που μέχρι στιγμής χρήζει περαιτέρω βελτίωσης δεν είναι η διαθεσιμότητα πληροφοριών, αλλά οι τεχνολογίες συλλογής και επεξεργασίας μεγάλων δεδομένων και η καθυστέρηση μεταξύ συλλογής δεδομένων και αντίδρασης. Εδώ λοιπόν έρχεται το ΔτΠ για να συντελέσει στη μείωση του χρόνου μεταξύ της λήψης δεδομένων και της λήψης αποφάσεων που θα επιτρέψει στις ΕΑ να αντιδράσουν στις αλλαγές σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας μεγαλύτερα επίπεδα ευκινησίας και ανταπόκρισης [8]. Το ΔτΠ επιτρέπει επίσης την απομακρυσμένη διαχείριση των επιχειρήσεων ΕΑ, τον καλύτερο συντονισμό με τις εμπλεκόμενες οντότητες και παρέχει πιο ακριβείς πληροφορίες για πιο αποτελεσματική λήψη αποφάσεων.

Παραδοσιακά η ΕΑ είναι ένα δίκτυο διαδικασιών και εμπλεκόμενων φορέων που αποσκοπεί στη μεταφορά υλικών, πληροφοριών, υπηρεσιών και χρημάτων από τον έναν εμπλεκόμενο φορέα στον άλλον μέχρι την τελική παράδοση του προϊόντος στον πελάτη. Τα συστήματα ΕΑ γίνονται πιο ανταγωνιστικά και πολύπλοκα, διότι οι επιχειρήσεις δρουν σε ένα παγκοσμιοποιημένο, ανταγωνιστικό και πολύπλοκο περιβάλλον. Οι επιχειρήσεις ψάχνουν συνεχώς νέους τρόπους να μετριάσουν τα λειτουργικά κόστη, χωρίς όμως να αλλοιώσουν την ικανοποίηση του πελάτη, και να ελαχιστοποιήσουν το ρίσκο [9]. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν πλέον πολλές προκλήσεις στη διοίκηση της ΕΑ, οι οποίες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

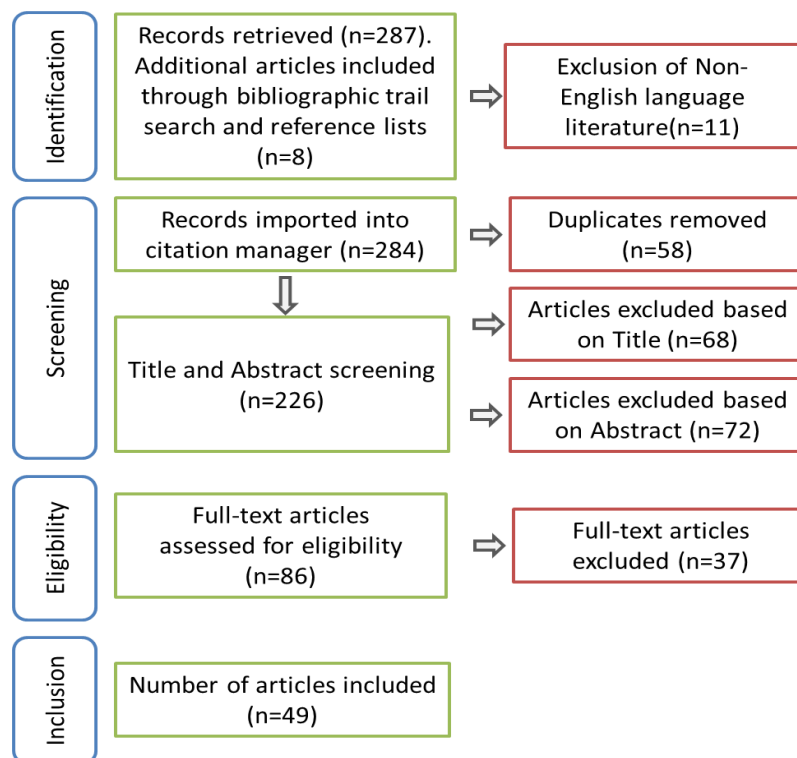
- επιχειρησιακό μικρο - περιβάλλον: οι κύριες προκλήσεις που έχει μία επιχείρηση να αντιμετωπίσει, έχουν να κάνουν κυρίως με την ευελιξία της στρατηγικής διοίκησης της επιχείρησης, τη διαχείριση των παραγγελιών των πελατών, όλη τη διοίκηση λειτουργιών της επιχείρησης, το πώς μετράει μία επιχείρηση τα οφέλη που απολαμβάνει από την καλή λειτουργία της ΕΑ της και, σε πιο καθημερινό επίπεδο, τη διαχείριση παραγγελιών από τους πελάτες προς τους προμηθευτές της.
- επιχειρησιακό μέγρο - περιβάλλον: οι κύριες προκλήσεις που έχει να αντιμετωπίσει είναι: η ενοποίηση των επιχειρηματικών διαδικασιών οι οποίες πλέον μπορεί να έχουν μία παγκοσμιοποιημένη διάσταση, η διαχείριση της αλλαγής των προμηθευτών και γενικότερα η διαχείριση της κουλτούρας, τη μεταστροφή της επιχείρησης ώστε να μπορεί

να ανταπεξέλθει στις παγκοσμιοποιημένες συνθήκες και, γενικότερα, τον αντίκτυπο της παγκοσμιοποίησης.

- **τεχνολογικές προκλήσεις:** Οι τεχνολογικές προκλήσεις που έχει να ανταπεξέλθει μία επιχείρηση έχουν να κάνουν με τη διαχείριση των δεδομένων της ΕΑ, τα οποία πλέον όπως είναι φυσιολογικό αυξάνονται σε όγκο και σε ρυθμό. Άλλη πρόκληση που έχει να διαχειριστεί κάθε επιχείρηση στον τεχνολογικό τομέα είναι η διασύνδεση των διάφορων πλατφορμών που αξιοποιεί και δημιουργεί πολυπλοκότητα (complexity), αφού όλα πλέον γίνονται ηλεκτρονικά από την παραγωγή, την τοποθέτηση της παραγγελίας, την παρακολούθηση της πορείας της παραγγελίας και την παράδοση. Η παράδοση μπορεί να γίνεται αποκλειστικά ηλεκτρονικά, εφόσον πλέον υπάρχουν και ηλεκτρονικά κανάλια διανομής, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση που αγοράζεται ένα λογισμικό. Επιπλέον υπάρχει και η αποδιοργανωτική τεχνολογία (disruptive technology) η οποία είναι αυτή που μετατοπίζει μια καθιερωμένη τεχνολογία και κλονίζει τη βιομηχανία ή ένα πρωτοποριακό προϊόν που δημιουργεί μια εντελώς νέα βιομηχανία. Η αποδιοργανωτική τεχνολογία δεν είναι αρκετά στοχευμένη, συχνά παρουσιάζει προβλήματα απόδοσης επειδή είναι νέα, απευθύνεται σε περιορισμένο κοινό και ίσως να μην έχει ακόμα αποδεδειγμένη πρακτική εφαρμογή. Τέλος, φυσικά στις τεχνολογικές προκλήσεις είναι και η ασφάλεια όλων αυτών των συστημάτων η οποία υπόκειται στους κινδύνους όχι μόνο του ψηφιακού κόσμου (cyber threats) αλλά και του φυσικού (physical threats).

1.3 Μεθοδολογία έρευνας

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας ξεκίνησε ορίζοντας τις καταλληλότερες λέξεις κλειδιά για τη συλλογή της πιο σχετικής βιβλιογραφίας. Η περίοδος αναφοράς ορίστηκε από το 2015 έως το 2019, ενώ η έρευνα έγινε κατά τη διάρκεια του Νοεμβρίου 2018 έως το Φεβρουάριο 2019 και περιλάμβανε το Scopus. Εξετάστηκαν επίσης αναφορές των βασικών άρθρων για τον προσδιορισμό πρόσθετων αναφορών. Η διαχείριση των αναφορών έγινε με την χρήση της ελεύθερης εφαρμογής Mendeley. Στο Σχήμα 1 (Διάγραμμα ροής) και ακολούθως στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η διαδικασία επιλογής της βιβλιογραφίας:



Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής διαδικασίας επιλογής της βιβλιογραφίας

Selection criteria	Database	
Inclusion criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Peer reviewed research articles (including articles in press), conference papers, notes, book chapters, review papers, editorials, short surveys etc. • With time-frame restrictions (2015-2019) 	
Exclusion criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Prior to importation to bibliographic manager 	<ul style="list-style-type: none"> • Non English articles
	<ul style="list-style-type: none"> • During title screening 	<ul style="list-style-type: none"> • Generic articles related to telecommunications protocols implemented in IoT technologies
	<ul style="list-style-type: none"> • During abstract screening 	<ul style="list-style-type: none"> • Articles related to protocols / gateways / routing algorithms / devices
	<ul style="list-style-type: none"> • During full-text screening 	<ul style="list-style-type: none"> • Articles addressing technical aspects of the IoT technology

Πίνακας 1. Διαδικασία επιλογής της βιβλιογραφίας

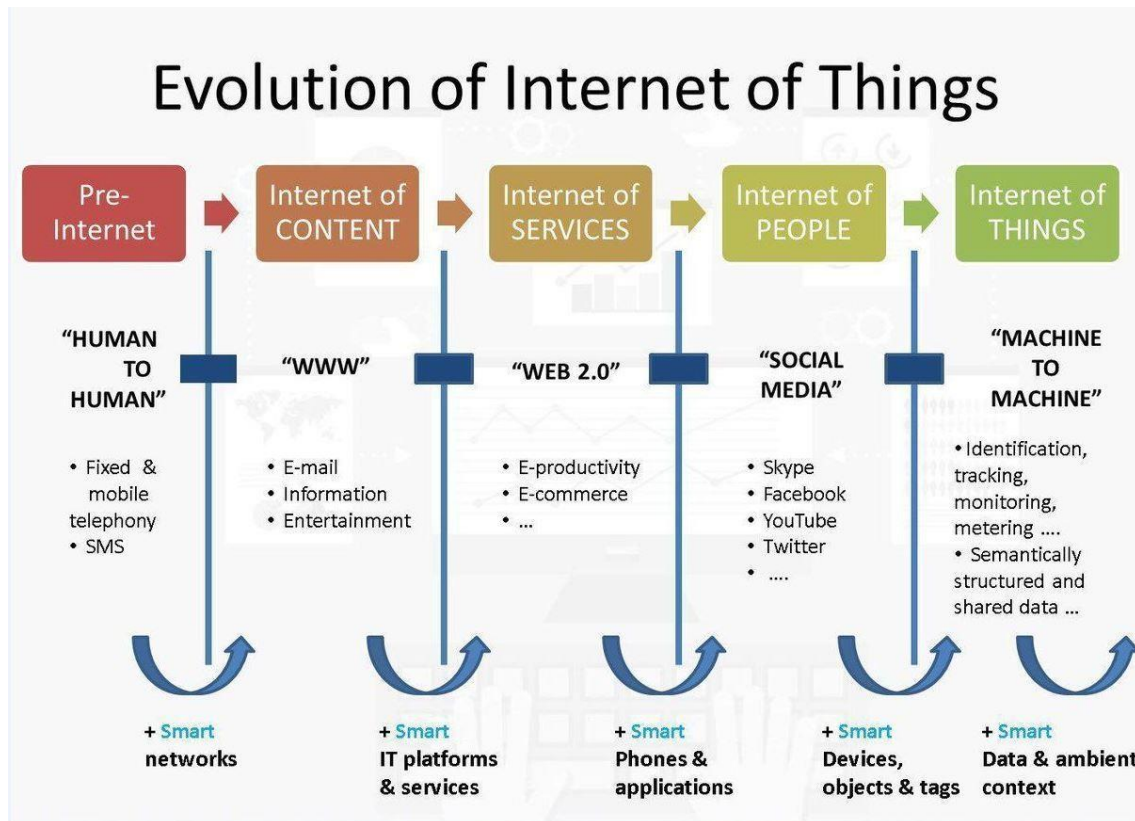
Κεφάλαιο 2: Διαδίκτυο των Πραγμάτων

2.1 Περιγραφή

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (ΔτΠ) ανήκει στο τρίτο κύμα του Διαδικτύου, μαζί με το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing), και την Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analytics). Με τον όρο ΔτΠ, εννοούμε ένα δίκτυο φυσικών αντικείμενων, συσκευών, οχημάτων, κτιρίων αλλά και ηλεκτρονικών καταναλωτικών αγαθών τα οποία είναι συνδεδεμένα ενσύρματα ή ασύρματα με το διαδίκτυο. Προβλέπεται να συνδεθούν διαδικτυακά περίπου 50 δισεκατομμύρια αντικείμενα μέχρι το 2020 [10], που μπορεί να είναι από φορητές συσκευές έως αυτοκίνητα. Ο όρος "ΔτΠ" που προτάθηκε αρχικά από τον βρετανό Kevin Ashton, είχε σκοπό να περιγράψει την δυνατότητα να διασυνδεθούν τα αντικείμενα έτσι ώστε να δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες προϊόντων και υπηρεσιών. Πλέον, το ΔτΠ χρησιμοποιείται σε τομείς όπως αυτοί της υγειονομικής περίθαλψης, σε οικιακές συσκευές και κτίρια, αγορές λιανικής, επιχειρήσεις ενέργειας και μεταποίησης, εταιρείες logistics, και από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Οι υποδομές γίνονται πιο ψηφιοποιημένες και πιο συνδεδεμένες, δημιουργώντας δίκτυα μεταξύ των μηχανών, των ανθρώπων και του διαδικτύου, οδηγώντας στη δημιουργία νέων οικοσυστημάτων που επιτρέπουν υψηλότερη παραγωγικότητα και υψηλότερη κερδοφορία. Οι έξυπνες συσκευές δεν συλλέγουν μόνο πληροφορίες από το περιβάλλον τους, αλλά είναι σε θέση να λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Η τεχνολογία ΔτΠ χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή, όπως για παράδειγμα σε αυτόματες κλειδαριές, στην ανίχνευση οχημάτων, για την παρακολούθηση των κατοικίδιων ζώων κλπ. Το ΔτΠ περιλαμβάνει συσκευές με δυνατότητα σύνδεσης στο Διαδίκτυο, και παρέχει μια κοινή πλατφόρμα επικοινωνίας όπου αναπτύσσοντας νέες εφαρμογές θα μπορεί να προσελκύει νέες ομάδες χρηστών [11].

Το ΔτΠ αντιπροσωπεύει τη σύνδεση μεταξύ οποιονδήποτε συσκευών με το Διαδίκτυο, συμπεριλαμβανομένων του κινητού τηλεφώνου, του συστήματος αυτοματισμού στο σπίτι και των φορητών συσκευών [12]. Αφορά τη σύνδεση αυτών των «πραγμάτων», στα οποία με την βοήθεια ενσωματωμένων τεχνολογιών, όπως λειτουργικά συστήματα, πρωτόκολλα, αισθητήρες και επεξεργαστές, δίνεται η δυνατότητα να ελέγχονται απομακρυσμένα, να επικοινωνούν μεταξύ τους (Machine-to-Machine), αλλά και να ανταλλάσσουν πληροφορίες με ολόκληρες υποδομές συστημάτων, με το περιβάλλον και με οποιαδήποτε «έξυπνη» συσκευή. Ο σκοπός είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας, η μείωση του κόστους και η αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρει σε όλους τους τομείς ώστε να διευκολυνθεί ο τρόπος ζωής προς όφελος του ανθρώπου. Τέλος, σύμφωνα με τον ορισμό της [13], το ΔτΠ είναι μια παγκόσμια υποδομή για τον κόσμο της πληροφορίας η οποία ενεργοποιεί εξελιγμένες υπηρεσίες μέσω της διαδικτύωσης εικονικών και πραγματικών πραγμάτων βασιζόμενη στις υπάρχουσες και εξελισσόμενες διαλειτουργικές τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών. Τα καθημερινά αντικείμενα μπορούν να κατανοούν το περιβάλλον τους, να αλληλεπιδρούν με τους ανθρώπους και να λαμβάνουν αποφάσεις. Ένας κόσμος γεμάτος έξυπνα αντικείμενα δίνει μια μεγάλη υπόσχεση για τη βελτίωση των επιχειρηματικών διαδικασιών και της ζωής των ανθρώπων, αλλά έρχεται επίσης με σοβαρές απειλές και τεχνικές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν [14].

Είναι γνωστή η έμφυτη ανάγκη του ανθρώπου για επικοινωνία. Η επικοινωνία αυτή μέσω της τεχνολογίας εξελίχθηκε με την πάροδο των χρόνων σε αυτό που σήμερα ονομάζουμε ΔτΠ, το οποίο απεικονίζεται στο σχήμα 2:



Σχήμα 2. Διαχρονική Εξέλιξη του ΔΤΠ [15]

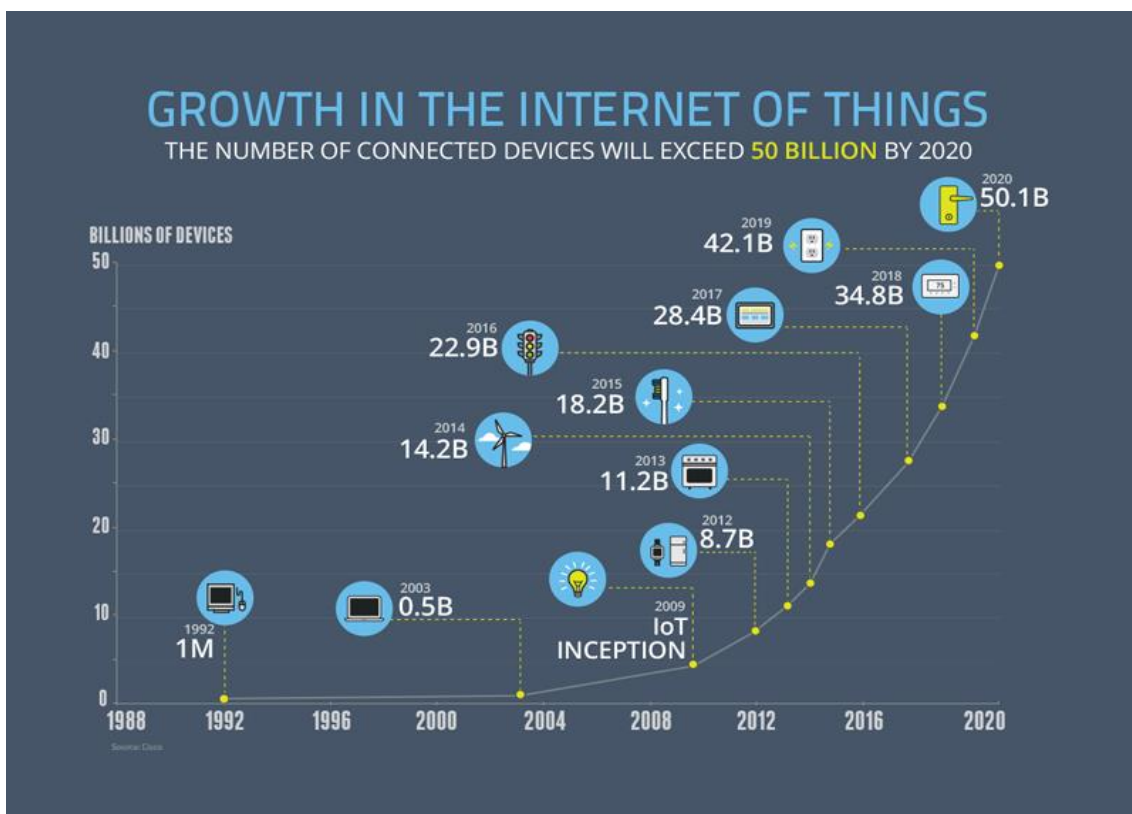
2.2 Ιστορική αναδρομή

Η σύλληψη της έννοιας ενός δικτύου διασυνδεδεμένων έξυπνων συσκευών είχε συζητηθεί ήδη από το 1982, όταν στο πανεπιστήμιο Carnegie Mellon, μια τροποποιημένη μηχανή αυτόματης πώλησης αναψυκτικού έγινε η πρώτη συσκευή που συνδέθηκε με το Διαδίκτυο. Ήταν ικανή να αναφέρει την ποσότητα που περιείχε διαθέσιμη για πώληση, καθώς επίσης και αν τα καινούρια ποτά ήταν κρύα [16]. Η δημοσίευση του Mark Weiser το 1991 για την πανταχού παρούσα πληροφορική (ubiquitous computing), "The Computer of the 21st Century", όπως επίσης ακαδημαϊκές εκδηλώσεις, το UbiComp και το PerCom, οδήγησαν στο σύγχρονο όραμα του ΔΤΠ.

Με μια σύντομη ματιά στο παρελθόν, αναφέρονται οι ακόλουθες σημαντικές στιγμές στην πορεία για την δημιουργία, εξέλιξη και καθιέρωση του ΔΤΠ:

- 1999: Ο Kevin Ashton, συνιδρυτής του κέντρου Auto-ID (Automatic Identification) στο MIT, δημιούργησε τον όρο "Διαδίκτυο των Πραγμάτων". Ο ορισμός του ΔΤΠ βασίστηκε στην επανεξέταση της τεχνολογίας RFID (Radio Frequency Identifier) ως δικτυακής τεχνολογίας, συνδέοντας αντικείμενα με το διαδίκτυο χρησιμοποιώντας την ετικέτα RFID. Το όραμα του Ashton ήταν να δημιουργήσει ένα σύστημα όπου οι υπολογιστές θα ήταν σε θέση να συλλέγουν δεδομένα χωρίς ανθρώπινη βοήθεια και να τα καθιστούν χρήσιμες πληροφορίες. Αυτά τα δεδομένα θα επιτρέπουν με τη βοήθεια τεχνολογιών όπως οι αισθητήρες και η χρήση τεχνολογιών ταυτοποίησης με ραδιοσυχνότητες (RFID) στους υπολογιστές, να παρατηρούν, να αναγνωρίζουν, να αντιλαμβάνονται και να κατανοούν τον κόσμο.
- 1999: Η επικοινωνία Συσκευή με Συσκευή (Device to Device-D2D) ως ιδέα επινοήθηκε από τον Bill Joy ως μέρος του πλαισίου του «Six Webs» στο Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ.
- 2000: Το LG Internet Digital DIOS αποτελεί το πρώτο ψυγείο συνδεδεμένο στο Internet. Το ψυγείο διαθέτει μια θύρα LAN για σύνδεση IP.

- 2001: Ο David Brock, διευθυντής στο Κέντρο Auto-ID στο MIT, πρότεινε ένα νέο σχήμα αναγνώρισης αντικειμένων, τον Ηλεκτρονικό Κωδικό Προϊόντος (EPC), αντί του συμβατικού Παγκόσμιου Κωδικού Προϊόντος (Universal Product Code -UPC ή 'bar code') για μοναδική αναγνώριση και παρακολούθηση των αντικειμένων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, χρησιμοποιώντας την υποδομή του διαδικτύου.
- 2003: Το "Project JXTA-C: Enabling a Web of Things", δημοσιεύεται από τον Bernard Traversat και την ομάδα του στο 36ο Ετήσιο Διεθνές Συνέδριο της Χαβάης. Ο στόχος του Project JXTA είναι να καθορίσει ένα τυποποιημένο σύνολο πρωτοκόλλων για ad hoc, διάχυτο, peer-to-peer υπολογισμό ως θεμέλιο του επερχόμενου Ιστού των Πραγμάτων (Web of Things).
- 2003: Ένα ειδικό δίκτυο για τη σύνδεση πολλών εκατομμυρίων ετικετών που είναι ήδη στον κόσμο ξεκίνησε στο συνεδριακό κέντρο McCormick Place. Την έναρξη λειτουργίας του δικτύου Ηλεκτρονικών Κωδικών Προϊόντων (EPC) παρακολούθησαν πολλοί εκπρόσωποι από όλο τον κόσμο της λιανικής, της τεχνολογίας και της ακαδημαϊκής κοινότητας. Σκοπός τους ήταν να αντικαταστήσουν τον παγκόσμιο γραμμωτό κώδικα με ένα καθολικό σύστημα που μπορεί να προσφέρει έναν μοναδικό αριθμό για κάθε αντικείμενο στον κόσμο. Μερικοί έχουν ήδη αρχίσει να ονομάζουν αυτό το δίκτυο «το Διαδίκτυο των Πραγμάτων».
- 2005: Η σχολή του Interaction Design Institute Ivrea (IDII), στην Ιταλία, εφευρίσκει έναν μικροελεγκτή single-board για να χρησιμοποιηθεί σε διαδραστικά προγράμματα που αναπτύσσονται από τους σπουδαστές. Αργότερα εκείνο το έτος, η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών δημοσίευσε μια έκθεση με τίτλο "The Internet of Things".
- 2008: Διαφορετικοί φορείς της βιομηχανίας σχηματίζουν τη IPSO Alliance για την προώθηση των διασυνδεδεμένων συσκευών. Αυτό ήταν ένα μεγάλο άλμα για την εφαρμογή του ΔτΠ από επιχειρήσεις μεγάλης κλίμακας σε πραγματικές συνθήκες παραγωγής.
- 2016 κι έπειτα: Έχουμε διασυνδεδεμένες κατοικίες, αυτοκίνητα, εργοστάσια παραγωγής, ηλιακούς ανιχνευτές βασισμένους στο ΔτΠ. Το ΔτΠ έχει εξαπλωθεί στις βιομηχανίες και έχει δημιουργηθεί ένας νέος όρος "Επιχειρηματικό ΔτΠ" (Enterprise IoT-EIoT) που περιλαμβάνει συσκευές που χρησιμοποιούνται σε επιχειρηματικές και εταιρικές εγκαταστάσεις. Αρκετοί εμπειρογνώμονες της αγοράς υποστηρίζουν ότι μέχρι το 2020 θα υπάρχουν περίπου 50 δισεκατομμύρια διασυνδεδεμένες συσκευές [10].



Σχήμα 3. Χρονική εξέλιξη του ΔτΠ [17]

Παρόλο που ο ορισμός του ΔτΠ έχει αλλάξει από αυτό που ο Kevin Ashton είχε οραματιστεί να υλοποιείται με διάφορες τεχνολογικές εφευρέσεις, η θεμελιώδης αρχή της ύπαρξης ενός δικτύου διασυνδεδεμένων συσκευών που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον για τη συλλογή και ανάλυση πληροφοριών μέσω διαδικτύου παρέμεινε ίδια.

2.3 Η σημασία του ΔτΠ

Μερικοί από τους βασικούς παράγοντες της ευρείας υιοθέτησης του ΔτΠ από τον σύγχρονο επιχειρηματικό κόσμο μπορεί να συνοψιστούν ως εξής:

- Βελτίωση στις δυνατότητες σύνδεσης και δικτύου.
- Βελτίωση του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing).
- Η ανάπτυξη εργαλείων ανάλυσης δεδομένων και η ταχεία βελτίωση των δυνατοτήτων διαχείρισης δεδομένων.
- Υψηλή διαθεσιμότητα συσκευών χαμηλού κόστους συνδυαστικά με το μειωμένο κόστος υπολογιστών και μνήμης.

2.3.1 Βελτίωση στις δυνατότητες διασύνδεσης

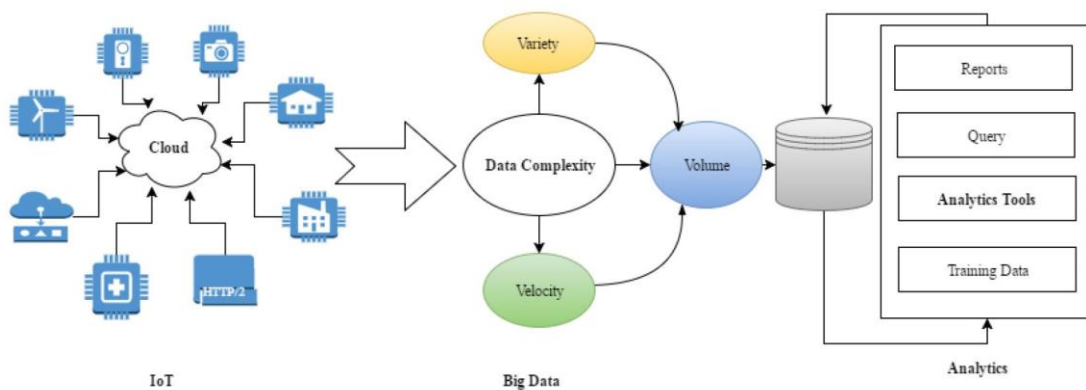
Σήμερα, υπάρχουν πολλές ασύρματες τεχνολογίες που διατίθενται στην αγορά και επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών. Ορισμένες από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες δικτύωσης είναι Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, DECT, Thread, κ.ά.. Εκτός από αυτά, το AllSeen, το DLNA και το UPnP (peer-to-peer τεχνολογίες) επιτρέπουν άμεση συνδεσιμότητα συσκευών χωρίς να απαιτείται κάποιο κεντρικό σημείο πρόσβασης.

2.3.2 Βελτίωση του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing)

Η απότομη αύξηση και βελτίωση των τεχνικών δυνατοτήτων του Υπολογιστικού Νέφους υπήρξε ένας σημαντικός παράγοντας για να γίνει το ΔΤΠ τόσο προσβάσιμο όσο και ευρέως διαδεδομένο. Αυτό συμβαίνει επειδή το Νέφος (Cloud) παρέχει μια χαμηλού κόστους και πάντα σε λειτουργία υποδομή για την αποθήκευση και την επεξεργασία δεδομένων και πληροφοριών. Η διαθεσιμότητα της προσιτής υποδομής του, διευκόλυνε την απρόσκοπτη εκφόρτωση των εργασιών αποθήκευσης και υπολογιστικών εργασιών στους διακομιστές Νέφους από τις συσκευές ΔΤΠ. Αυτό με τη σειρά του έχει διευκολύνει πολλές βιομηχανίες να αγκαλιάσουν το ΔΤΠ πιο γρήγορα. Σήμερα, το ΔΤΠ και το Υπολογιστικό Νέφος είναι άρρηκτα συνδεδεμένα και εφαρμόζονται για την απλοποίηση σύνθετων επιχειρηματικών προβλημάτων.

2.3.3 Εργαλεία ανάλυσης δεδομένων και ταχεία βελτίωση των δυνατοτήτων διαχείρισης δεδομένων

Την τελευταία δεκαετία, παρατηρείται αύξηση στον όγκο της διαχείρισης των δεδομένων καθώς και στην αναλυτική ικανότητα αυτών. Η συλλογή και ανάλυση δεδομένων είναι κάτι στο οποίο βασίζεται το ΔΤΠ. Σήμερα, υπάρχει ένα πλήθος συνδεδεμένων συσκευών που αλληλοεπιδρούν και ανταλλάσσουν μεταξύ τους τεράστιους όγκους δεδομένων ποικίλης μορφής και τύπου. Η μετατροπή των δεδομένων σε μορφή τέτοια ώστε να λαμβάνονται οι κατάλληλες στρατηγικές αποφάσεις ανάλογα με την περίπτωση, γεγονός που σημαίνει αύξηση κέρδους, ήταν δυνατή με την έλευση των αναλυτικών εργαλείων που βασίζονται στα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data). Πολυάριθμες τεχνικές ανάλυσης δεδομένων, όπως η Χωρική Ανάλυση (Spatial Analytics), η Ανάλυση Χρονοσειρών (Time Series Analytics) και η Ανάλυση Ροών (Streaming Analytics) χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των δεδομένων που ποικίλλουν τόσο σε μορφές όσο και στη δομή. Έτσι, οι εξελίξεις στον τομέα της ανάλυσης δεδομένων δεν βοήθησαν μόνο τις επιχειρήσεις στην ευρεία υιοθέτηση του ΔΤΠ, αλλά άνοιξαν και νέες ευκαιρίες για τη δημιουργία και την κλιμάκωση των επιχειρήσεων. Στο σχήμα 4 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ του ΔΤΠ και της Ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων:



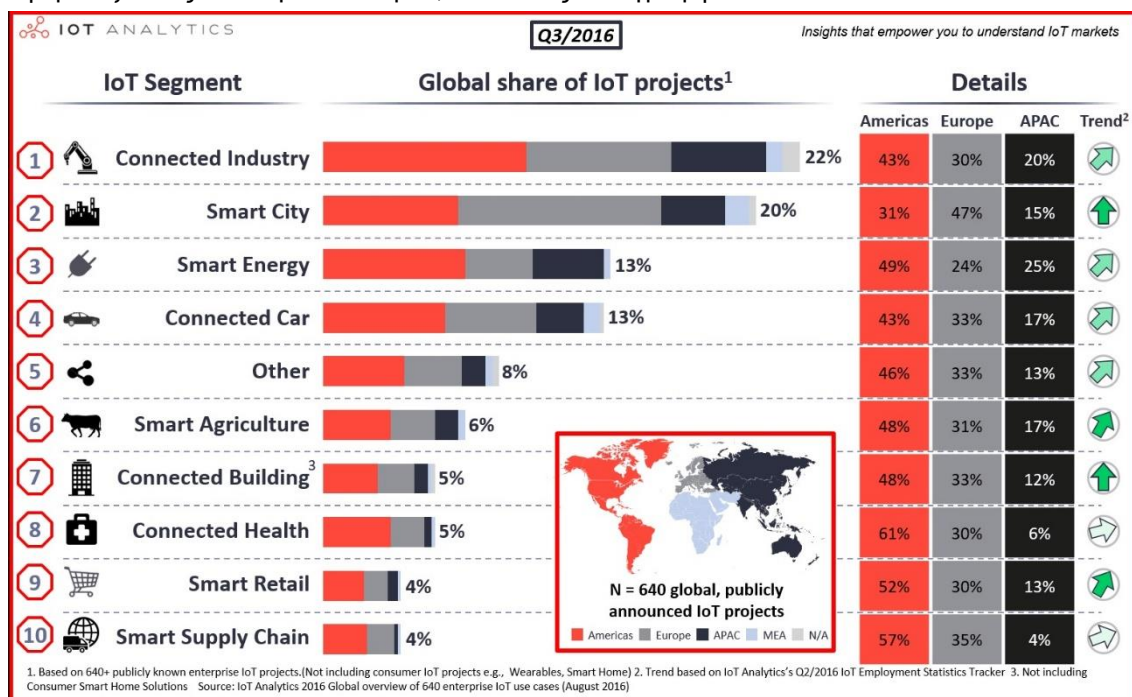
Σχήμα 4. Σχέση του ΔΤΠ και της Ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analytics) [18]

2.3.4 Χαμηλό κόστος

Η διαθεσιμότητα αισθητήρων χαμηλού κόστους μαζί με τη σταδιακή μείωση του κόστους των συνδεδεμένων συσκευών βοήθησαν τις επιχειρήσεις - τόσο μεσαίου μεγέθους όσο και μικρής κλίμακας - να εξετάσουν το ΔΤΠ ως βιώσιμη λύση για την διαχείριση των διαφόρων ροών πληροφορίας. Χάρη στις πολυάριθμες τεχνικές εξελίξεις που έγιναν κατά την πάροδο του χρόνου, σήμερα τα κόστη σε υπολογιστική ισχύ, το κόστος μνήμης και το κόστος ασύρματης συνδεσιμότητας έχουν γίνει όλα προσιτά στους περισσότερους χρήστες.

2.4 Τομείς εφαρμογής του ΔτΠ

Οι τομείς εφαρμογής του ΔτΠ είναι πολλοί και σε σημαντικές δραστηριότητες της οικονομίας. Με μια ματιά, στο σχήμα 5 απεικονίζονται οι βασικοί από αυτούς, την διάχυση των λύσεων ΔτΠ και την μεταξύ τους αναλογία ανά τομέα, έτσι όπως καταγράφηκαν το 2016.



Σχήμα 5. Παγκόσμιο μερίδιο λύσεων ΔτΠ το 2016 [19]

2.4.1 Εφαρμογές Έξυπνων Σπιτιών (Smart Homes)

Ένα σύστημα οικιακού αυτοματισμού ελέγχει το φωτισμό, το κλίμα, τα συστήματα ψυχαγωγίας και τις συσκευές. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνει ασφάλεια στο σπίτι, όπως συστήματα ελέγχου πρόσβασης και συναγερμού. Όταν συνδέονται με το Διαδίκτυο, οι οικιακές συσκευές αποτελούν σημαντικό συστατικό στοιχείο του ΔτΠ. Ένα τυπικό σύστημα οικιακού αυτοματισμού συνδέει συνήθως τις ελεγχόμενες συσκευές με έναν κεντρικό διανομέα (ή μια πύλη, gateway). Η διεπαφή χρήστη χρησιμοποιείται για να διευκολύνει και να επιταχύνει την αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και της συσκευής είτε σε επίτοιχα τερματικά, tablet και επιτραπέζιους υπολογιστές, είτε σε μια εφαρμογή κινητού τηλεφώνου με πρόσβαση στο διαδίκτυο. Ένα τυπικό Έξυπνο Σπίτι (Smart Home) φαίνεται στο σχήμα 6.



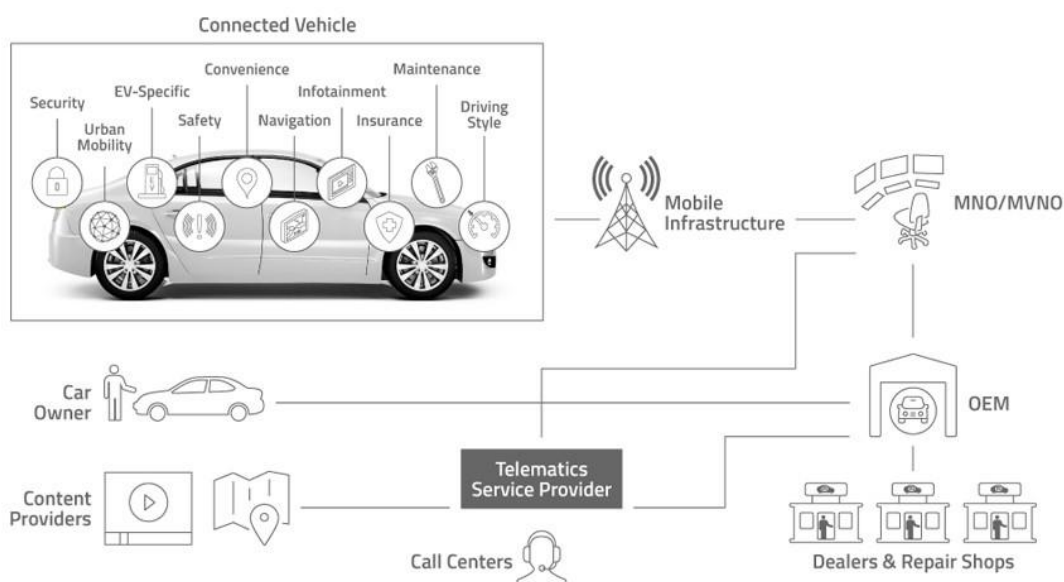
Σχήμα 6. Τυπική εγκατάσταση Έξυπνου Σπιτιού (Smart home) [20]

2.4.2 Φορετές συσκευές (wearables)

Οι φορετές συσκευές βρίσκονται σε μεγάλη ζήτηση σε όλο τον κόσμο. Εταιρείες, όπως για παράδειγμα η Google και η Samsung, έχουν επενδύσει σε μεγάλο βαθμό στην κατασκευή τέτοιων συσκευών. Οι φορετές συσκευές εγκαθίστανται με αισθητήρες και λογισμικά που συλλέγουν δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με τους χρήστες και τις δραστηριότητές τους. Αυτά τα δεδομένα προετοιμάζονται αργότερα για να εξαγάγουν βασικές πληροφορίες σχετικά με το χρήστη. Αυτές οι συσκευές καλύπτουν ευρέως τις απαιτήσεις γυμναστικής, υγείας και ψυχαγωγίας, ενώ βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η υψηλή ενεργειακή απόδοση, η εξαιρετικά χαμηλή ισχύς και το μικρό μέγεθος.

2.4.3 Οχήματα

Με τη διεύθυνση του ΔτΠ στα αυτοκίνητα, παρουσιάζονται πολλές δυνατότητες, όπως οι παρακάτω: Η πληροφορία που συλλέγεται μέσα από τα αυτοκίνητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για στατιστικά κίνησης, πρόληψη ατυχημάτων, εξοικονόμηση ενέργειας, μείωση εκπομπών ρύπων, έγκαιρη αλλαγή ανταλλακτικών, αυτόματη πληρωμή διοδίων, ενημέρωση για τις καιρικές συνθήκες στο οδικό δίκτυο, εύρεση αυτοκινήτου σε περίπτωση κλοπής, χρήση βιομετρικών στοιχείων για την ταυτοποίηση του οδηγού ή του ιδιοκτήτη κλπ. Τα αυτοκίνητα Tesla είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ΔτΠ [21]. Μια τυπική εγκατάσταση ενός τέτοιου οικοσυστήματος απεικονίζεται στο σχήμα 7.



Σχήμα 7. Οικοσύστημα ενός ΔΤΠ οχήματος [22]

2.4.4 Βιομηχανικό Διαδίκτυο (Industrial Internet)

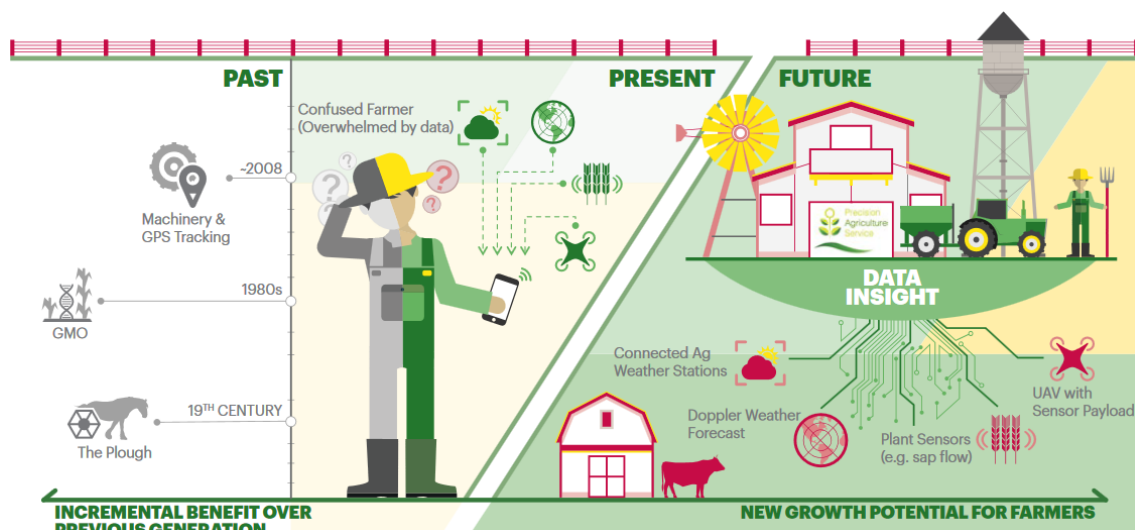
Η κυρίαρχη μορφή επικοινωνίας στο βιομηχανικό ΔΤΠ είναι η επικοινωνία Μηχανή με Μηχανή (Machine to Machine-M2M). Το Βιομηχανικό Διαδίκτυο συντελεί στη μείωση της ανθρώπινης παρέμβασης με σκοπό τη μεγιστοποίηση του αυτοματισμού στις βιομηχανικές διαδικασίες. Κύριες εφαρμογές είναι η βελτιωμένη υπηρεσία πεδίου, η διαχείριση ενέργειας και παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων (assets). Επιπλέον, το Βιομηχανικό ΔΤΠ συμβάλλει στον έλεγχο ποιότητας, στην παρακολούθηση της ΕΑ και στην αύξηση της αποδοτικότητάς της.

2.4.5 Έξυπνες Πόλεις (Smart Cities)

Η έξυπνη πόλη είναι ένα ακόμα πεδίο εφαρμογής του ΔΤΠ. Η έξυπνη παρακολούθηση, οι αυτοματοποιημένες μεταφορές, τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης της ενέργειας, η διανομή νερού, η αστική ασφάλεια και η παρακολούθηση του περιβάλλοντος είναι όλα παραδείγματα εφαρμογών ΔΤΠ για τις Έξυπνες Πόλεις. Το ΔΤΠ αποτελεί λύση στα σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι που ζουν σε πόλεις όπως η ρύπανση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η έλλειψη ενεργειακού εφοδιασμού κλπ. Προϊόντα όπως αυτά της [23] στέλλουν προειδοποιήσεις στις δημοτικές υπηρεσίες όταν πρέπει να αδειάσει ένας κάδος απορριμμάτων. Με την εγκατάσταση αισθητήρων και τη χρήση εφαρμογών ιστού, οι πολίτες μπορούν να βρουν δωρεάν διαθέσιμους χώρους στάθμευσης σε όλη την πόλη. Επίσης, οι αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν ζητήματα παραβίασης μετρητών ενέργειας, γενικές δυσλειτουργίες και τυχόν προβλήματα εγκατάστασης.

2.4.6 Αγροτικός τομέας

Με τη συνεχή αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, η ζήτηση για παροχή τροφίμων αυξάνεται σημαντικά. Οι κυβερνήσεις βοηθούν τους αγρότες να χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνικές και έρευνες για την αύξηση της παραγωγής τροφίμων. Τα δεδομένα που συλλέγονται αποφέρουν στους γεωργούς ουσιαστικές γνώσεις με σκοπό την καλύτερη απόδοση της επένδυσής τους. Η ανίχνευση της υγρασίας και των θρεπτικών συστατικών του εδάφους, ο έλεγχος της χρήσης του νερού για την ανάπτυξη των φυτών και ο καθορισμός του προσαρμοσμένου λιπάσματος είναι μερικές απλές χρήσεις του ΔΤΠ στον αγροτικό τομέα. Στο σχήμα 8 απεικονίζεται η εξέλιξη της φάρμας στην ψηφιακή εποχή.



Σχήμα 8. Η εξέλιξη της ψηφιακής φάρμας [24]

2.4.7 Λιανεμπόριο

Οι δυνατότητες του ΔτΠ στον τομέα του λιανικού εμπορίου είναι τεράστιες. Το ΔτΠ παρέχει τη δυνατότητα στους λιανοπωλητές να επικοινωνούν με τους πελάτες προκειμένου οι τελευταίοι να απολαμβάνουν καλύτερη καταναλωτική εμπειρία. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης του ΔτΠ είναι τα καταστήματα της Amazon (Amazon Go). Με την χρήση των Έξυπνων Κινητών Τηλεφώνων (ΕΚΤ), δίνεται η δυνατότητα στους εμπόρους λιανικής πώλησης να παραμείνουν συνδεδεμένοι με τους καταναλωτές τους, ακόμη και εκτός καταστήματος. Η αλληλεπίδραση μέσω των ΕΚΤ και η χρήση της τεχνολογίας Beacon μπορεί να βοηθήσει τους λιανοπωλητές να εξυπηρετήσουν καλύτερα τους καταναλωτές τους. Μπορούν, επίσης, να παρακολουθήσουν την πορεία των καταναλωτών μέσω ενός καταστήματος και να βελτιώσουν τη διάταξη των καταστημάτων και να τοποθετήσουν προϊόντα υψηλής ποιότητας σε περιοχές υψηλής κυκλοφορίας.

2.4.8 Ενέργεια

Τα ηλεκτρικά δίκτυα του μέλλοντος δεν θα είναι μόνο αρκετά έξυπνα αλλά και εξαιρετικά αξιόπιστα. Η ιδέα του έξυπνου δικτύου γίνεται όλο και πιο δημοφιλής σε όλο τον κόσμο. Η βασική ιδέα πίσω από τα έξυπνα ενεργειακά δίκτυα είναι η συλλογή δεδομένων με αυτοματοποιημένο τρόπο και η ανάλυση της συμπεριφοράς των καταναλωτών ή/και των προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας για τη βελτίωση της απόδοσης του δικτύου καθώς και της οικονομικής χρήσης αυτού. Τα Έξυπνα Δίκτυα (Smart Grids) θα είναι επίσης σε θέση να ανιχνεύουν πηγές διακοπών ρεύματος πιο γρήγορα και σε επιμέρους επίπεδα οικιακής χρήσης, όπως κοντά στην ηλιακή ενέργεια, καθιστώντας δυνατό το καταμετρημένο ενεργειακό σύστημα. Εκτός από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, Έξυπνα Δίκτυα μπορούν να υλοποιηθούν στα δίκτυα ύδρευσης και παροχής αερίου και γενικότερα σε δίκτυα κοινής ωφελείας [25].

2.4.9 Υγεία

Η έννοια του συνδεδεμένου συστήματος υγειονομικής περίθαλψης και των έξυπνων ιατρικών συσκευών έχει τεράστιες δυνατότητες όχι μόνο για τις επιχειρήσεις αλλά και για την ευημερία των ανθρώπων εν γένει. Το ΔτΠ, στον τομέα της υγείας, στοχεύει στην ενδυνάμωση των ανθρώπων να ζουν πιο υγιεινά με τη χρήση συνδεδεμένων συσκευών. Τα δεδομένα που συλλέγονται θα βοηθήσουν στην εξατομικευμένη ανάλυση της υγείας ενός ατόμου και θα παράσχουν προσαρμοσμένες στρατηγικές για την καταπολέμηση των ασθενειών.

2.4.10 Ζωική παραγωγή

Η έξυπνη κτηνοτροφία είναι, επίσης, ένα από τα ταχύτερα αναπτυσσόμενα πεδία στον τομέα του ΔτΠ. Η χρήση εφαρμογών ΔτΠ στην κτηνοτροφία σχετίζεται με την παρακολούθηση των ζώων, την παρακολούθηση των προϊόντων τους όπως τρόφιμα, πρώτες ύλες κλπ, με άμεσο αντίκτυπο στην εξοικονόμηση του κόστους. Χρησιμοποιώντας εφαρμογές ΔτΠ για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την υγεία και την ευημερία των ζώων, οι κτηνοτρόφοι αυξάνουν την ποιότητα των προϊόντων τους, περιορίζουν τις ζημιές, αφού μπορούν να γνωρίζουν για τα άρρωστα ζώα και μπορούν να κάνουν καλύτερες προβλέψεις για το κοπάδι τους.

2.5 Αρχιτεκτονική και βασικές τεχνολογίες του ΔτΠ

Σύμφωνα με τους [26], ένα τυπικό δίκτυο ΔτΠ περιέχει τέσσερα βασικά στρώματα:

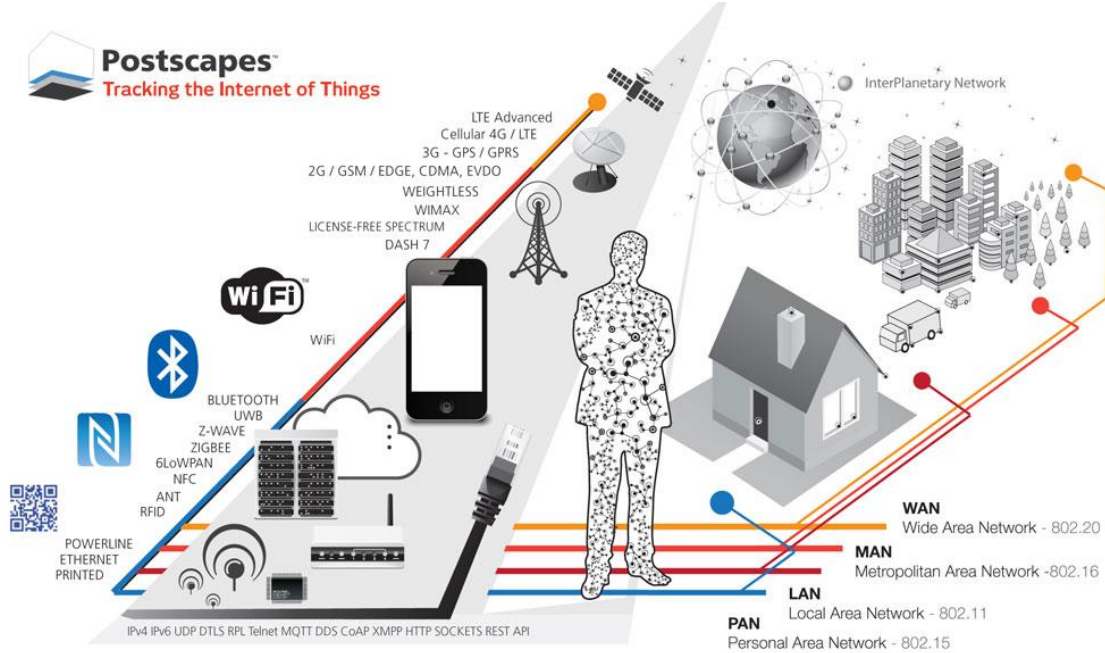
- Στρώμα Ανίχνευσης (Sensing Layer): ενσωματώνει διαφορετικούς τύπους πραγμάτων (ετικέτες ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων-RFID tags, αισθητήρες-sensors, ενεργοποιητές-actuators)
- Στρώμα Δικτύωσης (Networking Layer): υποστηρίζει τη μεταφορά πληροφορίας μέσω ενσύρματων ή ασύρματων δικτύων
- Στρώμα Υπηρεσίας (Service Layer): ενσωματώνει υπηρεσίες και εφαρμογές μέσω ενδιάμεσου λογισμικού (middleware)
- Στρώμα Διεπαφής (Interface Layer): οπτικοποιεί την πληροφορία στο χρήστη και επιτρέπει την αλληλεπίδραση αυτού με το σύστημα

Υπάρχει πληθώρα αισθητήρων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία διαφόρων εφαρμογών ΔτΠ. Μπορούν να αναφέρουμε την παρακάτω λίστα αισθητήρων για τη δημιουργία ομοιογενών ή ετερογενών δικτύων [27]

- Αισθητήρες μηχανικής όρασης / οπτικού φωτισμού περιβάλλοντος
- Αισθητήρες επιτάχυνσης / κλίσης
- Αισθητήρες θέσης και παρουσίας
- Αισθητήρες κίνησης, ταχύτητας και μετατόπισης
- Αισθητήρες υγρασίας, θερμοκρασίας και υγρασίας
- Αισθητήρες διαρρών και επιπέδων
- Ηλεκτρικοί και μαγνητικοί αισθητήρες

Οι συνδέσεις των αισθητήρων γίνεται με την χρήση συστημάτων:

- κινητών επικοινωνιών συμπεριλαμβανομένου του παγκόσμιου συστήματος για κινητές επικοινωνίες (GSM),
- με το τηλεπικοινωνιακό σύστημα UMTS - 3G ή 4G,
- με δορυφορικές επικοινωνίες,
- αδειοδοτημένα ή χωρίς άδεια ραδιοδίκτυα (RF, free space optical και άλλα)
- και γραμμή ηλεκτρικής ενέργειας επικοινωνιών (PLC) και παραδοσιακών δικτύων χαλκού.



Σχήμα 9: Τεχνολογίες που αξιοποιούνται στο ΔτΠ [28]

Στον πίνακα 2 απεικονίζονται κάποια πρωτόκολλα επικοινωνίας και δεδομένων ΔτΠ. Τα πιο πρόσφατα πρωτόκολλα έχουν σχεδιαστεί ειδικά για συσκευές ΔτΠ όπως τα NB-IoT, LoraWan ή Sigfox. Όλα τα παραπάνω πρωτόκολλα χρησιμοποιούν δίκτυα ευρείας ζώνης χαμηλής κατανάλωσης (LPWAN) για να εγκαθιδρύσουν συνδέσεις χαμηλού ρυθμού δεδομένων ανάμεσα σε έναν μεγάλο αριθμό συσκευών με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και χαμηλό κόστος. Πράγματι, οι έξυπνες μηχανές ή οι ενσωματωμένοι αισθητήρες συνήθως χρειάζεται μόνο να στέλνουν μικρές ποσότητες δεδομένων σε τακτά χρονικά διαστήματα και μερικές φορές πρέπει να συνδέονται σε απομακρυσμένες περιοχές χωρίς την παραδοσιακή ασύρματη ή κυψελοειδή υποδομή και χωρίς μια εύκολα προσβάσιμη τροφοδοσία για τη λειτουργία τους [29].

Type	Protocol	Features
Infrastructure	IPV6	Internet layer protocol for transmission across IP networks
Communication/transport	6LoWPAN	Low-power wireless personal area networks. Adaption of IPV6
	IEEE 802.15.4	Physical layer and media access control used as a basic standard for other communication protocols such as Zigbee
	Bluetooth	Transfer data up to 3 Mbps and a maximum range of 100 m
	Zigbee	Can handle a maximum number of 1024 nodes with a maximum range of 300 m and based on IEEE 802.15.4 standards
	Wifi	Wireless local area networking based on the IEEE 802.11 standards. An access point has usually a range of 20-m indoors a greater range outdoors
Communication/transport: low-power wide-area networks (LPWAN)	WiMax	Wireless metropolitan area networks based on IEEE 802.16 standards. The range for fixed stations can reach 50 km and for mobile stations between 5 and 15 km
	NB-IoT	Narrow Band IoT is a radio technology standard specifically designed for indoor coverage of a large number of devices with low cost, long battery life and using cellular telecommunications bands
	LoraWan	Wireless Network protocol for battery-operated devices in regional or global network
	Sigfox	Global wireless network for securely connecting devices to the cloud with a low energy consumption and low cost
Data protocols	MQTT	Message Queuing Telemetry Transport to enable publishing messaging model in a lightweight way for a machine-to-machine connectivity
	MQTT-SN	Specifically designed for sensor networks
	XMPP	Open source technology for Extensible Messaging and Presence Protocol mainly used for real-time communication and people to people communication
	XMPP IoT	Specifically designed for machine-to-machine and machine-to-people communication

Πίνακας 2. Πρωτόκολλα ΔτΠ [29]

Στον πίνακα 3 φαίνεται η αντιστοίχιση των πρωτοκόλλων ΔτΠ (IoT) με το μοντέλο TCP/IP [30].

ΜΟΝΤΕΛΟ TCP/IP	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔτΠ (IoT)
APPLICATION	HTTPS, XMPP, CoAP, MQTT, AMQP
TRANSPORT	UDP, TCP
INTERNET	IPv6, 6LoWPAN, RPL
NETWORK ACCESS & PHYSICAL	IEEE 802.15.4, WIFI, ETHERNET, GSM, CDMA, LTE

Πίνακας 3. Αντιστοίχιση πρωτοκόλλων IoT με το μοντέλο TCP/IP [30]

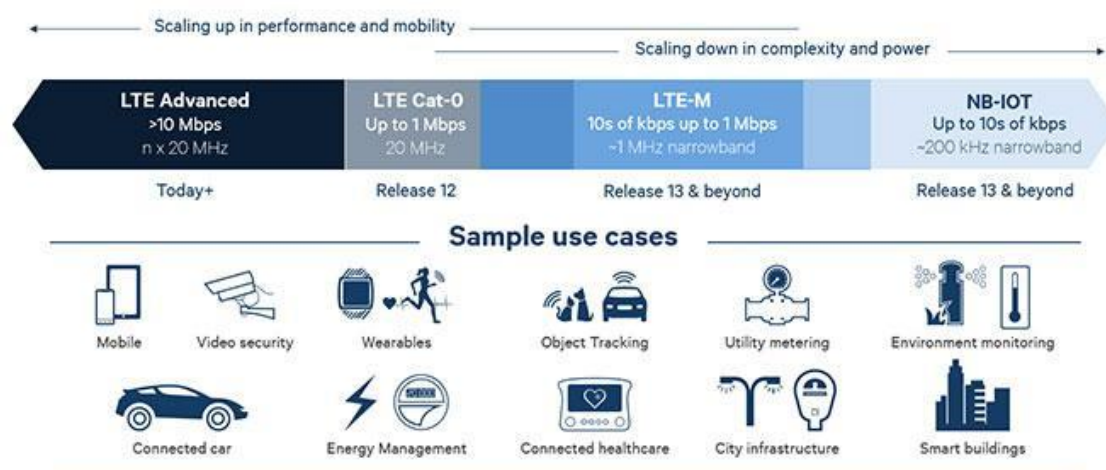
Όλες αυτές οι τεχνολογίες βέβαια, αναπτύχθηκαν σταδιακά με την πάροδο πολλών ετών. Στον πίνακα 4 παρουσιάζεται ένας συνοπτικός πίνακας της εξέλιξης των τεχνολογιών που συνεργάζονται ώστε να είναι δυνατή σήμερα η ανάπτυξη εφαρμογών ΔτΠ.

	Before 2010	2010–2015	2015–2020	Beyond 2020
Network	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor networks 	<ul style="list-style-type: none"> • Self-aware and self-organizing networks • Sensor network location transparency • Delay-tolerant networks • Storage networks and power networks • Hybrid networking technologies 	<ul style="list-style-type: none"> • Network context awareness 	<ul style="list-style-type: none"> • Network cognition • Self-learning, self-repairing networks
Software and Algorithms	<ul style="list-style-type: none"> • Relational database integration • IoT-oriented RDBMS • Event-based platforms • Sensor middleware • Sensor networks middleware • Proximity/Localization algorithms 	<ul style="list-style-type: none"> • Large-scale, open semantic software modules • Composable algorithms • Next generation IoT-based social software • Next generation IoT-based enterprise applications 	<ul style="list-style-type: none"> • Goal-oriented software • Distributed intelligence, problem solving • Things-to-Things collaboration environments 	<ul style="list-style-type: none"> • User-oriented software • The invisible IoT • Easy-to-deploy IoT software • Things-to-Humans collaboration • IoT 4 All
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> • RFID tags and some sensors • Sensors built into mobile devices • NFC in mobile phones • Smaller and cheaper MEMs technology 	<ul style="list-style-type: none"> • Multiprotocol, multistandards readers • More sensors and actuators • Secure, low-cost tags (e.g., Silent Tags) 	<ul style="list-style-type: none"> • Smart sensors (biochemical) • More sensors and actuators (tiny sensors) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nanotechnology and new materials
Data Processing	<ul style="list-style-type: none"> • Serial data processing • Parallel data processing • Quality of services 	<ul style="list-style-type: none"> • Energy, frequency spectrum-aware data processing • Data processing context adaptable 	<ul style="list-style-type: none"> • Context-aware data processing and data responses 	<ul style="list-style-type: none"> • Cognitive processing and optimization

Πίνακας 4. Ανάπτυξη και εξέλιξη τεχνολογιών σχετικών με το ΔτΠ [31]

Στο σχήμα 10 απεικονίζεται μια σύγκριση των τεχνολογιών κυψελωτής επικοινωνίας και Narrow Band IoT (NB-IoT) αναφορικά με:

- Απόδοση και κινητικότητα.
- Πολυπλοκότητα και απαιτήσεις σε κατανάλωση ενέργειας.
- Συχνότητα φάσματος λειτουργίας και ρυθμός μεταφοράς δεδομένων.
- Περιβάλλον χρήσης και εφαρμογές.



Σχήμα 10. Σύγκριση κυψελωτών επικοινωνιών ΔΤΠ και πεδία εφαρμογής [32]

Πριν από πέντε χρόνια η χρήση ΔΤΠ ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη, λόγω των πολλών δυνατοτήτων του, σε αντίθεση με τις τεχνολογίες Low Power Wide Area (LPWA). Τότε, η αγορά ήταν σχετικά μικρή και σε αυτήν κυριαρχούσαν κυρίως τεχνολογίες δικτύων προσωπικής περιοχής (PAN), όπως το Bluetooth και ασύρματες τεχνολογίες τοπικού δικτύου (WLAN), όπως το Wi-Fi. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του όγκου προβλέπεται να χρησιμοποιεί τεχνολογίες PAN / WLAN και όχι τα παραδοσιακά κυψελωτά δίκτυα (κινητής τηλεφωνίας). Αυτό συμβαίνει επειδή οι τεχνολογίες PAN / WLAN καταφέρνουν καλύτερα να καλύψουν τις απαιτήσεις κόστους και ισχύος των εφαρμογών ΔΤΠ. Ωστόσο, αυτές οι τεχνολογίες παρέχουν μικρή κάλυψη, η οποία αποτελεί βασική προϋπόθεση για πολλές εφαρμογές ΔΤΠ. Ακόμη και αν η παραδοσιακή κυψέλη δικτύων κινητής τηλεφωνίας προσφέρει μεγαλύτερη γεωγραφική κάλυψη, εξακολουθεί να έχει νεκρές ζώνες βαθιά μέσα στα κτίρια ή σε πολύ απομακρυσμένες περιοχές.

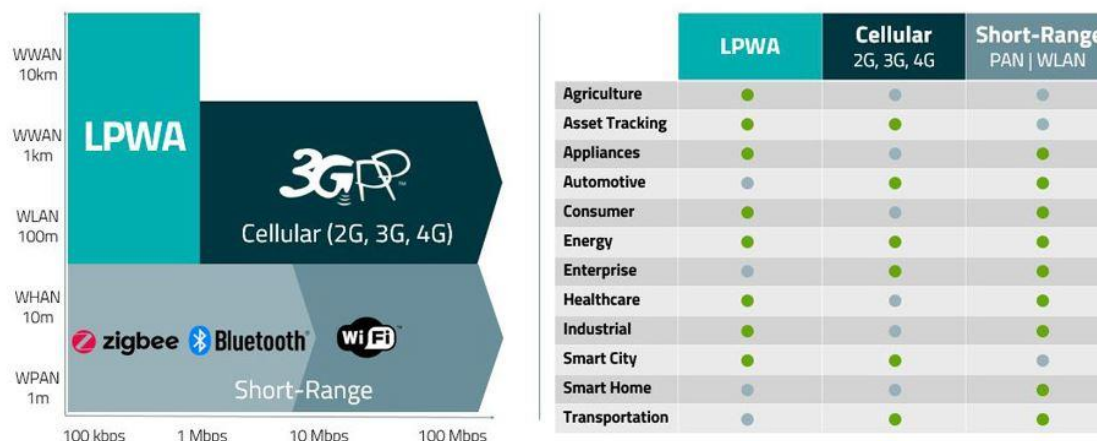
Σύμφωνα με τον [33], ο πυρήνας των υλοποιήσεων ΔΤΠ χρειάζεται τέσσερα «C»:

- **Cost** (κόστος συσκευών και υπηρεσιών).
- **Current** (ζωή μπαταρίας).
- **Coverage** (γεωγραφική κάλυψη).
- **Capacity** (χωρητικότητα δικτύου).

Τα παραδοσιακά κυψελωτά δίκτυα σήμερα αντιπροσωπεύουν μόνο ένα μικρό κομμάτι της συνολικής αγοράς ΔΤΠ, κυρίως επειδή δεν ανταποκρίνονται και στα τέσσερα «C». Η τεχνολογία LPWA, μια νέα κατηγορία ασύρματης τεχνολογίας ευρείας περιοχής, είναι ειδικά σχεδιασμένη για να καλύψει τα τέσσερα «C».

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι καμία τεχνολογία από μόνη της δεν μπορεί να εξυπηρετήσει οποιαδήποτε εφαρμογή ΔΤΠ. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι τεχνολογίες PAN / WLAN, όπως το χαμηλής ενέργειας Bluetooth, το Zigbee και το Wi-Fi, εξακολουθούν να είναι προτιμητέες επιλογές. Το παραδοσιακό κυψελωτό σύστημα επικοινωνιών διαθέτει επίσης τα δικά του πλεονεκτήματα, τα οποία οι τεχνολογίες PAN / WLAN και LPWA δεν μπορούν να παρέχουν, όπως η πλήρης κινητικότητα με πολύ υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων και χωρίς την πολυπλοκότητα και την ανάγκη για κεντροποιημένη σύνδεση συσκευών. Το παρακάτω σχήμα 11 αναδεικνύει τις παραπάνω διαφοροποιήσεις στην πρακτική εφαρμογή των πρωτοκόλλων επικοινωνίας ΔΤΠ με βάση την περιοχή κάλυψης αναφορικά με τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Wireless technology comparison



Σχήμα 11. Σύγκριση ασύρματων τεχνολογιών ΔΤΠ και αντίστοιχα πεδία εφαρμογής [33]

Με τη σειρά τους, οι [31], καθόρισαν πέντε βασικές τεχνολογίες ΔΤΠ με κυρίαρχη την υποδομή Νέφους:

- Ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification-RFID): Επιτρέπει τον εντοπισμό, την παρακολούθηση και τη μετάδοση πληροφοριών. Υπάρχουν 5 κύριες κατηγορίες ετικετών RFID [34]. Οι ετικέτες κατηγορίας 1 είναι μόνο παθητικές ετικέτες με μνήμη ανάγνωσης / εγγραφής. Ορισμένες λειτουργίες που σχετίζονται με την ασφάλεια προστίθενται στις ετικέτες της κλάσης 2. Οι ημι-παθητικές ετικέτες (κλάση 3) τροφοδοτούνται από μπαταρία και μπορεί να περιλαμβάνουν αισθητήρες. Οι ενεργές ετικέτες (κλάση 4) επίσης τροφοδοτούνται με μπαταρία και μπορούν να επικοινωνούν με παρόμοιες ετικέτες. Τέλος, οι ετικέτες κλάσης 5 μπορούν να ενεργοποιήσουν άλλες ετικέτες και συνδέονται άμεσα με τελικά (back-end) δίκτυα
- Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Wireless Sensor Networks-WSN): Πρόκειται για ένα δίκτυο που αποτελείται από ένα σύνολο αισθητήρων για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση της κατάστασης διαφόρων συσκευών όπως η θέση, οι κινήσεις ή η θερμοκρασία τους. Οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλούς σκοπούς όπως θερμοκρασία, πίεση, ροή, στάθμη, απεικόνιση, θόρυβος, ατμοσφαιρική ρύπανση, εγγύτητα και μετατόπιση, υπέρυθη ακτινοβολία, υγρασία και ταχύτητα [35]. Τα εν λόγω δίκτυα μπορούν, επίσης, να συνεργάζονται και να επικοινωνούν με ετικέτες RFID.
- Ενδιάμεσο λογισμικό (Middleware): Είναι ένα στρώμα λογισμικού που επιτρέπει στους προγραμματιστές να επικοινωνούν με ετερογενείς συσκευές όπως αισθητήρες, ενεργοποιητές ή ετικέτες RFID
- Υπολογιστικό Νέφος: Πρόκειται για μια υποδομή η οποία βασίζεται στο Διαδίκτυο και μέσω αυτού δίνει πρόσβαση και διαμοιράζει μια σειρά από υπολογιστικούς πόρους (υπολογιστές, δίκτυα, αποθήκευση, λογισμικό κ.λπ.). Το Υπολογιστικό Νέφος είναι κρίσιμο για την ανάπτυξη του ΔΤΠ λόγω του τεράστιου όγκου των δεδομένων που παράγονται από συσκευές ΔΤΠ και της αναγκαιότητας αυτά να αναλύονται από υπολογιστές επεξεργασίας υψηλής ταχύτητας [31]. Πολλές πλατφόρμες Νέφους του ΔΤΠ διατίθενται στην αγορά. Παίζουν τον ίδιο ρόλο με το λογισμικό middleware και ο κύριος σκοπός τους είναι να συνδέσουν συσκευές ΔΤΠ και εφαρμογές ΔΤΠ. Βοηθούν τη μετάδοση και τη διασφάλιση δεδομένων από συσκευές ΔΤΠ σε Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Πόρων (Enterprise Resource Planning Systems-ERP) και λογισμικό επιχειρηματικής ευφυΐας (business intelligence), βοηθώντας έτσι στη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.

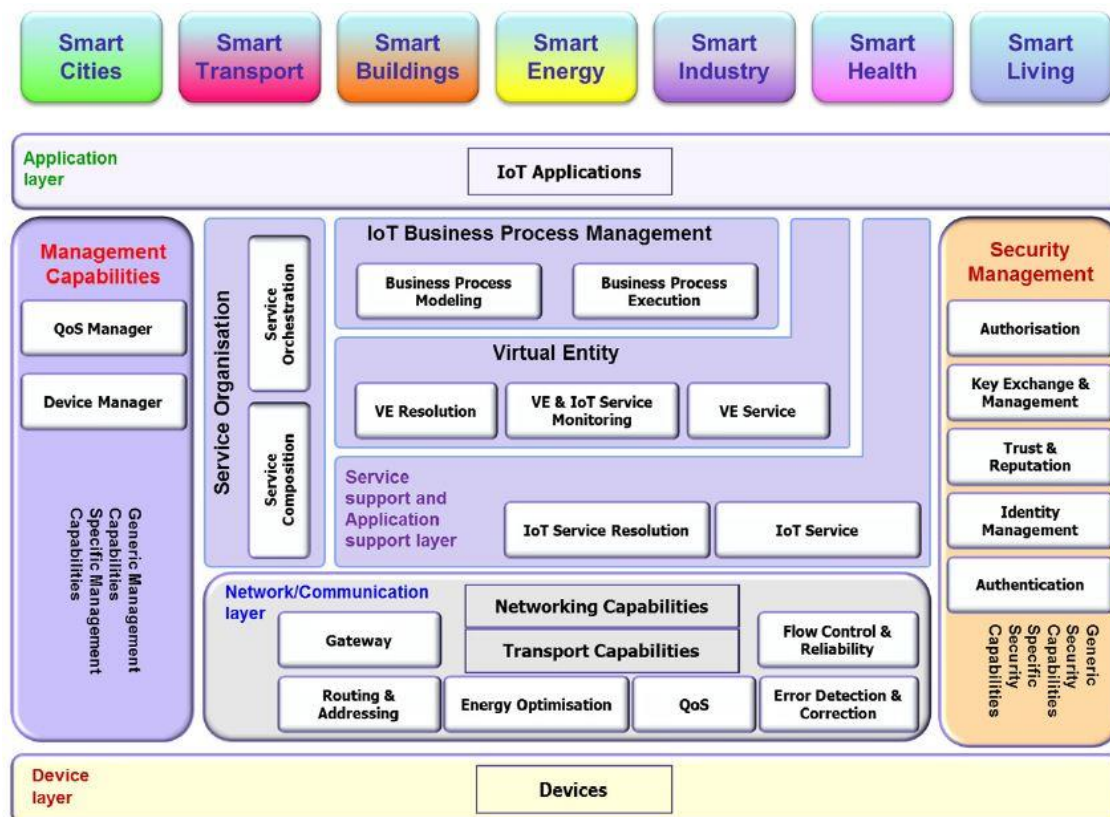
Ο πίνακας 5 περιλαμβάνει τις πιο κοινές πλατφόρμες ΔΤΠ και τα βασικά χαρακτηριστικά τους. Τα χαρακτηριστικά κατάταξης ανήκουν σε τέσσερις κατηγορίες: συνδεσιμότητα, ασφάλεια, παρακολούθηση συμβάντων και προηγμένα αναλυτικά στοιχεία, σύμφωνα με τις δυνατότητες

εκμάθησης μηχανών της πλατφόρμας (machine learning). Οι υπηρεσίες Νέφους αντιπροσωπεύουν μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση για την διαχείριση των κέντρων δεδομένων (data centers). Ωστόσο, για ορισμένες εφαρμογές ευαίσθητες σε καθυστέρηση, οι εταιρείες ενδέχεται να χρειάζονται τοπικές δυνατότητες αποθήκευσης, υπολογισμού και επικοινωνίας [36].

IoT platform	Connectivity (more than internet)	Security	Event monitoring	Machine learning
Amazon Web Services (AWS)	x	x	x	x
Carriots	x	x	x	
Cisco IoT Cloud Connect	x	x	x	
GE Predix	x	x	x	x
IBM Watson	x	x	x	x
Microsoft Azure	x	x	x	x
Kaa	x	x	x	x
Oracle IoT	x	x	x	x
Salesforce IoT platform	x	x	x	
SAP Leonardo	x	x	x	x
Thingworx	x	x	x	x

Πίνακας 5. Συγκριτική λίστα υποδομών Νέφους για ΔΤΠ [29]

Το μέγεθος και η ετερογένεια της προβλεπόμενης ανάπτυξης προσθέτει επιπλέον πολυπλοκότητα και καθιστά επείγουσα την ανάγκη για επίλυση στο υπάρχον πρόβλημα σύνδεσης και ενσωμάτωσης. Πολλές προσεγγίσεις για την αρχιτεκτονική των λύσεων έχουν προταθεί, με επικρατέστερη την Αρχιτεκτονική Προσανατολισμού Υπηρεσιών (Service Oriented Architecture-SOA). Σε κάθε περίπτωση, ένα γενικό πλαίσιο αρχιτεκτονικής είναι το παρακάτω:

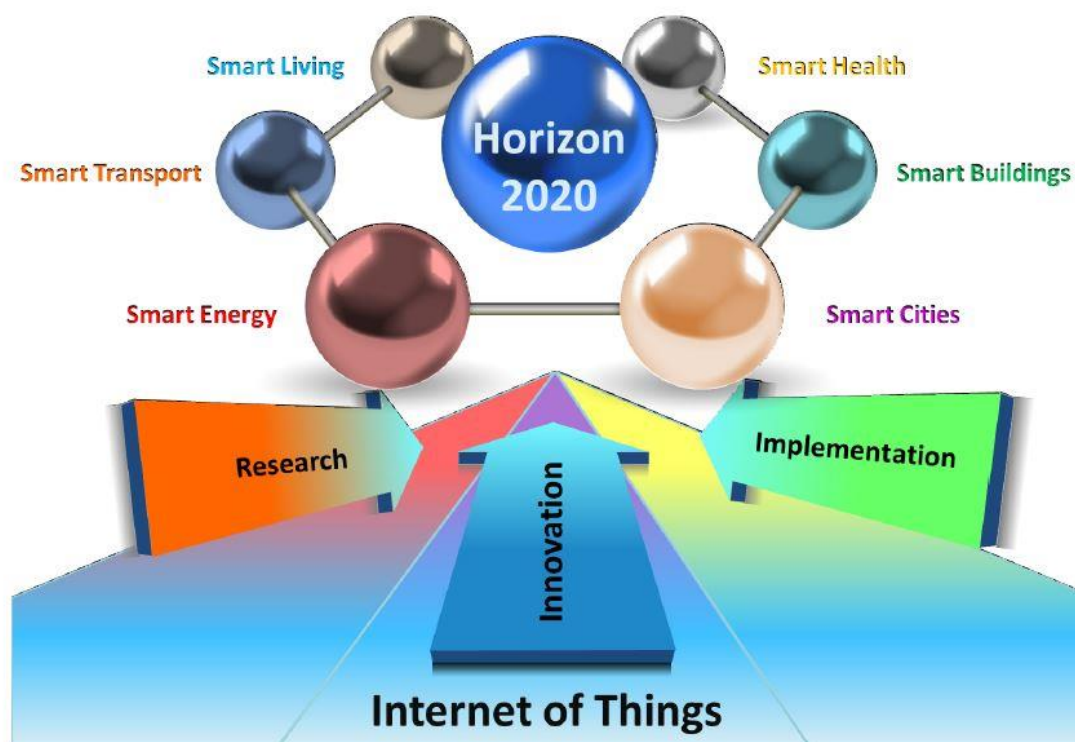


Σχήμα 12: Βασική αρχιτεκτονική λύσεων ΔΤΠ [37]

2.6 Τεχνολογικές Ευκαιρίες και προκλήσεις του ΔΤΠ

Σε όλο τον κόσμο αλλά και στην Ευρώπη, είναι αντικείμενο προτεραιότητας η έρευνα για τις ευκαιρίες και τις προκλήσεις του ΔΤΠ.

Επισκόπηση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) στην περίπτωση της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Αγροτικών Προϊόντων



Σχήμα 13: Προτεραιότητες και ευκαιρίες για το ΔτΠ [38]

Πιο συγκεκριμένα, οι ευκαιρίες και οι προκλήσεις που μελετώνται έχουν να κάνουν με τις εξής θεματικές ενότητες:

- **ΔτΠ και αισθητήρες:** Σύμφωνα με έρευνα σε κατασκευαστές σε παγκόσμιο επίπεδο τα δεδομένα που παράγονται από τους περισσότερους αισθητήρες δεν χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά. Σε ποσοστό 62% οι ερωτηθέντες κατασκευαστές πιστεύουν ότι η λειτουργικότητα του ΔτΠ μπορεί να βελτιωθεί με την καλύτερη ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες.
- **ΔτΠ και κινητά δεδομένα:** Η αποτελεσματικότητα της δημιουργίας δεδομένων από αισθητήρες ΔτΠ θεωρείται χαμηλής ποιότητας. Τα δεδομένα συλλέγονται συνήθως από τα ΕΚΤ που έχουν αναπόσπαστο ρόλο στο Διαδίκτυο. Το περιβάλλον χρήστη για εφαρμογές ΔτΠ παρέχεται από τα ΕΚΤ. Ωστόσο, δεν θεωρείται καλή επιλογή.
- **ΔτΠ και ο όγκος των δεδομένων:** Η παραγωγή των δεδομένων των εφαρμογών του διαδικτύου είναι εκτεταμένη. Αλλά το συνολικό ποσό των δεδομένων που δημιουργούνται από εφαρμογές ΔτΠ δεν χρειάζεται να αποθηκεύονται στο Νέφος, καθώς αποτελείται από πολλά «σκουπίδια». Στο πλαίσιο αυτό φαίνεται η ανάγκη για επιλεκτική αποθήκευση δεδομένων.
- **ΔτΠ και κέντρα δεδομένων (datacenters):** Τα δεδομένα στα κέντρα δεδομένων διαχειρίζονται όλες τις διαδικασίες στο διαδίκτυο. Είναι γεγονός ότι το κέντρο δεδομένων είναι εξ ολοκλήρου ένας βασικός παράγοντας για το ΔτΠ. Πρέπει, επίσης, να υπάρχει επικέντρωση στην αξιοπιστία του δικτύου που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση των εφαρμογών ΔτΠ.
- **ΔτΠ ως μελλοντική τεχνολογία:** Μικροελεγκτές και μικροεπεξεργαστές, αισθητήρες και συσκευές δικτύωσης είναι μερικές από τις βασικές δομικές μονάδες του ΔτΠ και αυτές είναι σε ευρεία χρήση σήμερα.
- **ΔτΠ και προστασία της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας:** Η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα αποτελούν τις κύριες ανησυχίες κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη συσκευών ΔτΠ - και η αντιμετώπιση αυτών των ανησυχιών πρέπει να αποτελεί υψηλή προτεραιότητα [39].

2.7 Ευκαιρίες και οφέλη του ΔτΠ για τις επιχειρήσεις

Σήμερα, οι περισσότερες εταιρείες λειτουργούν με βάση την απλή λογική του ρητού «αν χαλάσει κάτι το επιδιορθώνουμε». Η χρήση έξυπνων αισθητήρων και σωστού λογισμικού, θα επιτρέψει τη σωστή πρόβλεψη των επερχόμενων αποτυχιών. Ο εξοπλισμός μπορεί να αντικατασταθεί και να συντηρηθεί με πιο αποτελεσματικό τρόπο, μειώνοντας τον κίνδυνο διακοπής λειτουργίας των βιομηχανικών διεργασιών. Το φάσμα των εφαρμογών του Διαδικτύου είναι αρκετά μεγάλο και ποικίλο. Επί του παρόντος, οι λύσεις του ΔτΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθούν όλα τα παρακάτω:

- **Διαχείριση εγκαταστάσεων.** Η συντήρηση των εγκαταστάσεων μπορεί να είναι πλέον βασισμένη σε αισθητήρες οι οποίοι μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των εγκαταστάσεων. Ο κατασκευαστικός εξοπλισμός υπόκειται σε συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας αλλά είναι επιρρεπής σε φθορά. Οι αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν τη θερμοκρασία, τους κραδασμούς και άλλους παράγοντες που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες συνθήκες πέρα από τις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας.
- **Διαχείριση αποθεμάτων.** Οι λύσεις ΔτΠ μπορούν, επίσης, να είναι πολύ ευεργετικές όταν πρόκειται να μειωθεί ο κίνδυνος σφαλμάτων της διαχείρισης αποθεμάτων. Τα γεγονότα ενδιαφέροντος είναι εύκολο να παρακολουθούνται σε όλη την ΕΑ, παρέχοντας στις εταιρείες μια ολοκληρωμένη εικόνα των αποθεμάτων. Οι εκτιμήσεις των διαθέσιμων υλικών και προμηθειών είναι ακριβείς, γεγονός που εμποδίζει τις καθυστερήσεις.
- **Βελτιωμένη βιομηχανική ασφάλεια.** Το ΔτΠ συνδυάζεται αποτελεσματικά με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων. Ως εκ τούτου, οι βασικοί δείκτες απόδοσης της υγείας και της ασφάλειας μπορούν να παρακολουθούνται συνεχώς για να εξασφαλιστούν καλύτερες συνθήκες εργασίας. Οι ανασταλτικοί παράγοντες, όπως ο αριθμός των ατυχημάτων μπορούν να αντιμετωπιστούν άμεσα.
- **Βελτιστοποίηση logistics και της ΕΑ.** Οι εφαρμογές ΔτΠ προσφέρουν πληροφορίες και δεδομένα για την ΕΑ σε πραγματικό χρόνο. Τα προϊόντα και οι προμήθειες θα είναι πολύ πιο εύκολο να εντοπιστούν, οι ανεπάρκειες ή ελλείψεις, καθώς οι όποιες επιβραδύνσεις. Τα εργοστάσια θα συνδεθούν με τους προμηθευτές μέσω του Νέφους. Όλα τα εμπλεκόμενα μέρη μπορούν να ανιχνεύσουν τις απαιτούμενες πληροφορίες πιο γρήγορα για την πρόβλεψη ζητημάτων και τη μείωση των αποθεμάτων.
- **Έξυπνη μέτρηση.** Οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να παρακολουθούν την κατανάλωση πόρων όπως ηλεκτρική ενέργεια, νερό, καύσιμα κλπ. Με τη χρήση αισθητήρων ΔτΠ, οι κατασκευαστές θα γνωρίζουν τι καταναλώνεται και για ποιό λόγο. Μέσω της αποτελεσματικής διαχείρισης, οι λειτουργικές δαπάνες μπορούν να μειωθούν σημαντικά.

Τα παραπάνω είναι μόνο μερικές από τις δυνατότητες που προσφέρει το ΔτΠ στην ΕΑ της βιομηχανίας. Οι βιομηχανικές λύσεις ΔτΠ μπορούν να παρέχουν σε οχήματα που μεταδίδουν σχετικές πληροφορίες, καλύτερη διαχείριση στόλου και γεωπληροφόρηση.

Οι [31] συνοψίζουν τα οφέλη και τις ευκαιρίες για τις επιχειρήσεις σε τρία σημεία:

- Παρακολούθηση και έλεγχος
- Ανάλυση μεγάλων δεδομένων
- Κοινή χρήση πληροφοριών και συνεργασία

Στο σχήμα 14 συνοψίζονται όλα τα παραπάνω, σύμφωνα με την [40].



Σχήμα 14. Προστιθέμενη αξία του ΔτΠ στις επιχειρήσεις [40]

2.8 Προκλήσεις στην υιοθέτηση του ΔτΠ από τις επιχειρήσεις

Πολλές εταιρείες εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν προβλήματα όσον αφορά την υιοθέτηση εφαρμογών ΔτΠ. Δεν γνωρίζουν από πού να ξεκινήσουν και ποιες αυτοματοποιημένες διαδικασίες θα συμβάλλουν στην υψηλότερη αύξηση της αποτελεσματικότητας. Μια έρευνα [41] δείχνει, επίσης, ότι η υιοθέτηση του ΔτΠ είναι γεωγραφικά περιορισμένη. Μόνο μερικές χώρες παρέχουν κίνητρα για τη χρήση και διάδοση αυτής της τεχνολογίας. Πρωτοπόροι της αγοράς είναι οι ΗΠΑ, η Ελβετία, οι Κάτω Χώρες και οι Σκανδιναβικές Χώρες. Τόσο η τεχνολογία όσο και η επιχειρηματική υποδομή που απαιτείται για την αύξηση της διάδοσης του Διαδικτύου διατίθενται σε αυτά τα μέρη του κόσμου. Στον αντίποδα, χώρες όπως η Ρωσία, η Ιταλία και η Ισπανία, για παράδειγμα, θα πρέπει πρώτα να επενδύσουν στη σωστή υποδομή. Χωρίς τη δημιουργία ενός δικτύου υποδομών, η υιοθέτηση βιομηχανικών λύσεων ΔτΠ θα είναι πρακτικά αδύνατη.

Επιχειρήσεις και κυβερνήσεις, πρέπει να συνεργαστούν για να δώσουν λύση στις προκλήσεις και να εφαρμόσουν πολιτικές για τη σωστή και νόμιμη χρήση του ΔτΠ και στα θέματα που είναι πιο πιθανό να εμφανιστεί μεγάλο πρόβλημα όπως:

- Ευπάθειες ασφάλειας. Οι συσκευές ΔτΠ επικοινωνούν αυτόματα μεταξύ τους. Η υιοθέτηση του ΔτΠ θα μπορούσε να οδηγήσει σε καινούριες προκλήσεις ασφάλειας και ευπάθειας λόγω έλλειψης ενός ασφαλούς και κατάλληλα κρυπτογραφημένου δικτύου. Τεχνολογίες ασφαλείας θα πρέπει να εφαρμοστούν στο δίκτυο για να αποτρέψουν τον κίνδυνο επιθέσεων από χάκερς ή διαρροών δεδομένων. Αρκετές εφαρμογές λογισμικού ΔτΠ υποστηρίζουν κρίσιμες υποδομές ή στρατηγικές υπηρεσίες. Άλλες παράγουν πάρα πολλά ιατρικά, οικονομικά και προσωπικά ή και ευαίσθητα εμπορικά δεδομένα. Η έλλειψη λοιπόν ιδιωτικότητας και ασφάλειας των δεδομένων αποθαρρύνει τη χρήση ΔτΠ από τις επιχειρήσεις και είναι κάτι το οποίο ο επιχειρηματικός κόσμος θα πρέπει να λάβει σοβαρά υπόψη όταν υλοποιεί λύσεις ΔτΠ.
- Η προστασία της ιδιωτικής ζωής και οι κανόνες στους οποίους εφαρμόζονται τα προσωπικά δεδομένα, η ταυτοποίηση και παρακολούθηση συσκευών και όλες οι ενέργειες κατά τις οποίες γίνεται συλλογή προσωπικών δεδομένων.
- Έλλειψη συμβατότητας και προτύπων ΔτΠ. Πολλές συσκευές αυτοματισμού λειτουργούν με βάση μια σειρά βιομηχανικών και κατασκευαστικών ρυθμίσεων. Το πρόβλημα είναι ότι διάφοροι πάροχοι πλατφόρμας χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα και δεν υπάρχει τυποποίηση που θα διασφαλίζει εκ των προτέρων τη διαλειτουργικότητα. Αυτή η αυξανόμενη πολυπλοκότητα μπορεί να λειτουργήσει ως τροχοπέδη για τις επιχειρήσεις μιας και θα προκαλούσε προβλήματα επικοινωνίας.
- Πολυπλοκότητα. Μπορεί να προκύψουν σφάλματα σε σύνθετα συστήματα που συνδέουν και διαχειρίζονται πολλά αντικείμενα. Οι επιχειρήσεις δεν θα πρέπει να βασίζονται υπερβολικά στην τεχνολογία. Για παράδειγμα, κατά τη σάρωση δακτυλικών αποτυπωμάτων για βιομετρική ασφάλεια, ένας τραυματισμός στο δάκτυλο μπορεί να δώσει λάθος αποτέλεσμα.
- Υψηλό κόστος υλοποίησης λύσεων ΔτΠ. Είναι ένα στοιχείο που δύσκολα τα στελέχη επιχειρήσεων μπορούν να παραβλέψουν. Το κόστος υλοποίησης της υποδομής ΔτΠ θεωρείται συχνά δυσθεώρητο. Πολλές εταιρείες ανησυχούν για την απόδοση μιας τέτοιας

επένδυσης και έτσι παραμένουν διστακτικές. Επομένως έχει μεγάλη σημασία η κατάλληλη επιλογή των σωστών λύσεων ΔΤΠ. Η ευκολία στη χρήση, η ευκολία στην εκπαίδευση και η ανάπτυξη πιο εύκολα υιοθετημένων προϊόντων θα μπορούσαν επίσης να βοηθήσουν στην εξάλειψη κάποιου τέτοιου δισταγμού στο μέλλον.

Οι [31] επιπρόσθετα επισημαίνουν τα εξής δύο σημεία αναφορικά με τη:

- **Διαχείριση όγκου δεδομένων.** Τα δεδομένα που παράγονται από τις συσκευές ΔΤΠ είναι αρκετά ογκώδη. Αυτά θα πρέπει να αποθηκευτούν και να αναλυθούν περαιτέρω. Συνήθως, το υπάρχον κέντρο δεδομένων (datacenter) μιας εταιρείας δε μπορεί να φιλοξενήσει τόσο μεγάλο όγκο, οπότε θα πρέπει να επενδύσει σε αναβάθμιση της υπάρχουσας υποδομής.
- **Εξόρυξη δεδομένων.** Πολλές από τις συσκευές ΔΤΠ παράγουν δεδομένα τα οποία είναι αδόμητα. Συνεπώς παραδοσιακά εργαλεία εξόρυξης και ανάλυσης δεδομένων δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Θα πρέπει πρώτα τα αδόμητα δεδομένα να κανονικοποιηθούν και να ομογενοποιηθούν στο σύνολό τους και κατόπιν να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο το κατάλληλο λογισμικό, αλλά επιπρόσθετα ειδικοί αναλυτές να εξορύξουν τα κατάλληλα δεδομένα και να τα αναλύσουν. Πάνω σε αυτά τα αποτελέσματα θα βασιστούν οι επιχειρηματικές αποφάσεις και από αυτά κρίνεται η ορθότητα και η αμεσότητα αυτών.

Τέλος, οι οργανισμοί που έχουν τη στρατηγική βούληση να υλοποιήσουν τεχνολογίες ΔΤΠ, σύντομα έρχονται αντιμέτωποι με πέντε τεχνικά ερωτήματα [42]:

- Ερώτηση 1: Ποιο είδος τελικών συσκευών χρειάζεται για να υποστηριχθεί η λύση;

Μια συσκευή ΔΤΠ μπορεί να είναι οποιαδήποτε υπολογιστική συσκευή η οποία, χωρίς να απαιτεί την ανθρώπινη αλληλεπίδραση, μπορεί να επικοινωνεί με άλλες συσκευές. Έτσι οι δυνατότητες επιλογών είναι σχεδόν απεριόριστες. Οι οργανισμοί πρέπει να εξετάσουν το επίπεδο της υπολογιστικής ισχύος που χρειάζονται για την εργασία την οποία θα εκτελέσει η συσκευή, τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας που απαιτείται για τη συχνότητα την επικοινωνία και το δίκτυο που θα επικοινωνήσει η συσκευή, το κόστος της συσκευής και τη διαθεσιμότητα του προσωπικού με τα κατάλληλα σετ δεξιοτήτων για τη δημιουργία εφαρμογών για τους διάφορους τύπους συσκευών.

- Ερώτηση 2: Τι είδους συνδεσιμότητα είναι κατάλληλη για την ανάπτυξη;

Κατά την τελευταία παγκόσμια έρευνα της IDC [42] ζητήθηκε από τα άτομα που λαμβάνουν τις σχετικές αποφάσεις να παραθέσουν τον τύπο και τις συνδέσεις που χρησιμοποίησαν στις υλοποιήσεις εφαρμογών ΔΤΠ. Υπήρξε ένας συνδυασμός απαντήσεων, αφού αυτές συμπεριελάμβαναν όλους τους πιθανούς τύπους πρόσβασης (π.χ. WiFi, κυψελοειδές, δορυφορικό, Zigbee). Η IDC κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το ζήτημα της συνδεσιμότητας εξακολουθεί να είναι ένα πολύπλοκο στοιχείο στην υλοποίηση εφαρμογών ΔΤΠ. Συνεπώς, οι οργανισμοί θα πρέπει να λάβουν υπόψη τα ακόλουθα:

- ❖ Η τελική συσκευή θα εγκατασταθεί σε προκαθορισμένο σημείο ή θα είναι κινητή;
- ❖ Απαιτείται συνδεσιμότητα πραγματικού χρόνου για αυτή;
- ❖ Καταναλώνει μεγάλη ποσότητα ενέργειας; Είναι πάντα σε λειτουργία ή μόνο κατά τη συλλογή ή/και αποστολή δεδομένων;
- ❖ Καταναλώνει σημαντικό εύρος ζώνης για την αποστολή/λήψη των δεδομένων;
- Ερώτηση 3: Πώς θα διαχειρίζεται η πολυπλοκότητα του δικτύου;

Κάθε φορά που οι οργανισμοί θέλουν να προσθέσουν μια συσκευή που χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας, όπως WiFi, Zigbee ή BLE, πρέπει να κατασκευάσουν (ή, ακόμα πιο δύσκολα, να έχουν ήδη προβλέψει) ένα δίκτυο που μπορεί να δεχθεί την καινούρια συσκευή. Αυτή η προσπάθεια θεωρείται δαπανηρή και χρονοβόρα.

- Ερώτηση 4: Πως θα γίνεται η διαχείριση και θα εξασφαλίζεται η ασφάλεια των συσκευών;

Μόλις οι οργανισμοί καθορίσουν τον κατάλληλο συνδυασμό συσκευών και τον τρόπο που θα συνδέσουν αυτές τις συσκευές στο διαδίκτυο, η επόμενη πρόκληση είναι η ασφάλεια. Εδώ υπάρχουν πολλές ανησυχίες, διότι πολλές συσκευές δεν ενσωματώνουν μηχανισμούς ασφαλείας

και το λογισμικό τους δε μπορεί να υποστηρίξει διεργασίες ανώτερες από αυτές για τις οποίες έχουν κατασκευαστεί να επιτελούν.

- Ερώτηση 5: Πώς θα συλλεχθούν τα δεδομένα που παράγονται από τις συσκευές και πώς μπορεί να τα διαχειριστεί κάποιος;

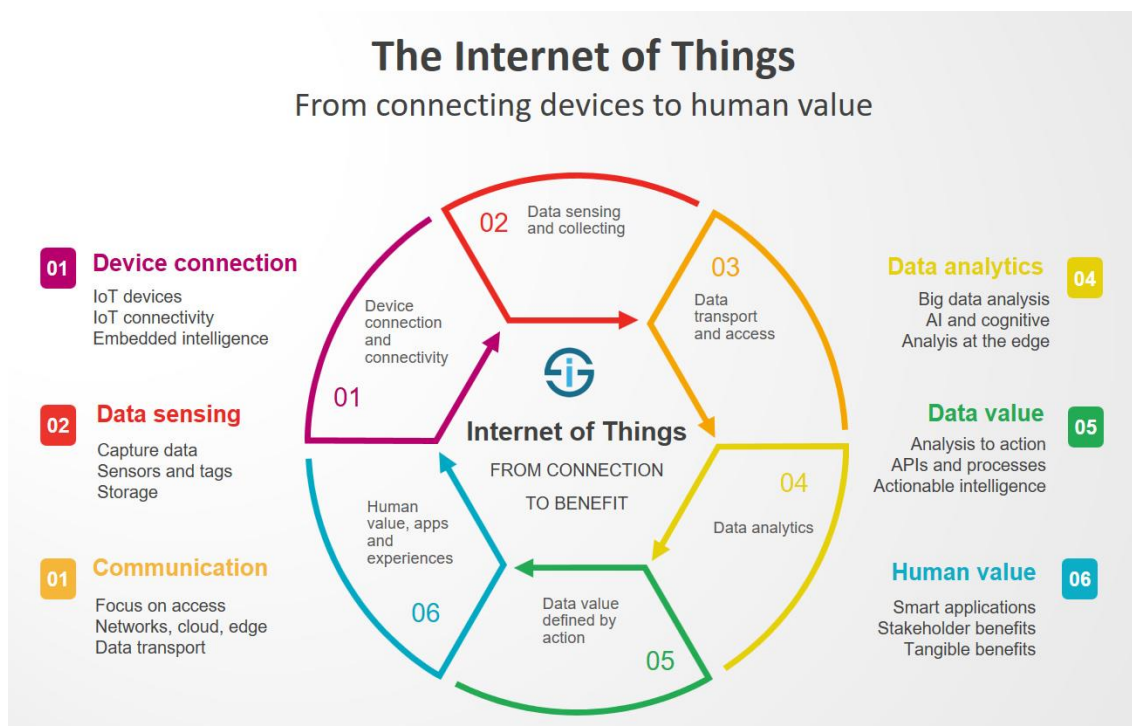
Μια σχετική πρόκληση είναι να εντοπιστεί το μέρος όπου θα συλλέγονται τα δεδομένα και το μέρος όπου θα γίνεται η επεξεργασία τους. Μια ακόμα μεγαλύτερη πρόκληση είναι η ενσωμάτωση αυτών των δεδομένων σε άλλα εταιρικά συστήματα ή βάσεις δεδομένων [42].

2.9 Σχέση ΔτΠ, Μεγάλων Δεδομένων (Big Data) & Επιχειρηματικής Ευφυΐας (Business Intelligence)

Η πραγματική αξία του ΔτΠ είναι η δημιουργία πιο έξυπνων προϊόντων, η παροχή έξυπνων ιδεών και η παροχή νέων επιχειρηματικών αποτελεσμάτων. Παράλληλα, η ποσότητα των δεδομένων σε παγκόσμιο επίπεδο έχει αυξηθεί εκθετικά και η αύξησή τους δείχνει ότι τα κλασικά συστήματα για τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και απεικόνιση δεδομένων δεν επαρκούν για τον μεγάλο όγκο, ταχύτητα και ποικιλία των δεδομένων που δημιουργούνται συνεχώς. Αυτά τα τρία είναι και τα χαρακτηριστικά των Μεγάλων Δεδομένων-ΜΔ (Big Data). Όταν τα εκατομμύρια των συσκευών αρχίσουν να συνδέονται, το ΔτΠ αναμένεται να προκαλέσει μια τεράστια εισροή ΜΔ. Η πρόκληση είναι να βρεθούν νέες τεχνολογίες και εργαλεία για τη διαχείριση και εκμετάλλευση αυτών των μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων. Μεγάλος όγκος ή μεγάλα ποσά δεδομένων είναι το πρώτο χαρακτηριστικό των ΜΔ και μια ευκαιρία για τους μεγάλους οργανισμούς να κατανοήσουν καλύτερα την ανθρώπινη συμπεριφορά και να προσαρμόσουν τους πόρους τους.

Τα δεδομένα μπορεί να χωριστούν σε δομημένα (κείμενο, αριθμοί, έγγραφα, οικονομικά δεδομένα, αρχεία, προσωπικά δεδομένα κ.λπ.) και μη δομημένα (φωτογραφίες, μηνύματα κειμένου, ήχου και βίντεο, τρισδιάστατα μοντέλα, προσομοιώσεις, γεωγραφική θέση και ούτω καθεξής). Σήμερα έχουμε πολλά αδόμητα δεδομένα, τα οποία καθίστανται ακατάλληλα με τους παραδοσιακούς τρόπους επεξεργασίας [43]. Η βασική πρόκληση είναι η οπτικοποίηση και η αποκάλυψη πληροφοριών από διάφορους τύπους δεδομένων (δομημένα, αδόμητα, εικόνες, συμφραζόμενα, σκοτεινά δεδομένα) σε πραγματικό χρόνο. Ο τελικός στόχος είναι να αξιοποιηθούν τα δεδομένα που προέρχονται από τους αισθητήρες και άλλες πηγές, για να ανακαλυφθούν πρότυπα και συσχετίσεις σε πραγματικό χρόνο που θα επηρεάσουν θετικά τις επιχειρήσεις και τη σχετική λήψη αποφάσεων.

Στην εποχή του ΔτΠ, μια τεράστια ποσότητα αισθητήρων συλλέγει ή/και παράγει δεδομένα με την πάροδο του χρόνου για ένα ευρύ φάσμα πεδίων και εφαρμογών. Με βάση τη φύση της εφαρμογής, αυτές οι συσκευές θα έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλες ή γρήγορες ροές δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Οι υφιστάμενες τεχνολογίες ΜΔ πρέπει να αυξηθούν για την αποτελεσματική αποθήκευση, διαχείριση και εξαγωγή της αξίας από δεδομένα αισθητήρων. Για παράδειγμα, εκτιμάται ότι τα συνδεδεμένα αυτοκίνητα στέλνουν 25 gigabytes δεδομένων στο Νέφος κάθε ώρα. Η μεγαλύτερη πρόκληση είναι να κατανοηθούν αυτά τα δεδομένα, να εντοπιστούν που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να υπάρξει μια γρήγορη ενέργεια. Η εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων σε τέτοιες ροές δεδομένων για την ανακάλυψη νέων πληροφοριών, την πρόβλεψη μελλοντικών στοιχείων και την λήψη αποφάσεων ελέγχου είναι μια κρίσιμη διαδικασία που καθιστά το ΔτΠ ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για τις επιχειρήσεις και μια τεχνολογία που αποσκοπεί στη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Στο σχήμα 15 απεικονίζεται η συσχέτιση συλλογής και ανάλυσης δεδομένων με την μετέπειτα επεξεργασία τους για τη λήψη αποφάσεων η οποία τελικά θα συντελέσει στην αποτίμησή τους.



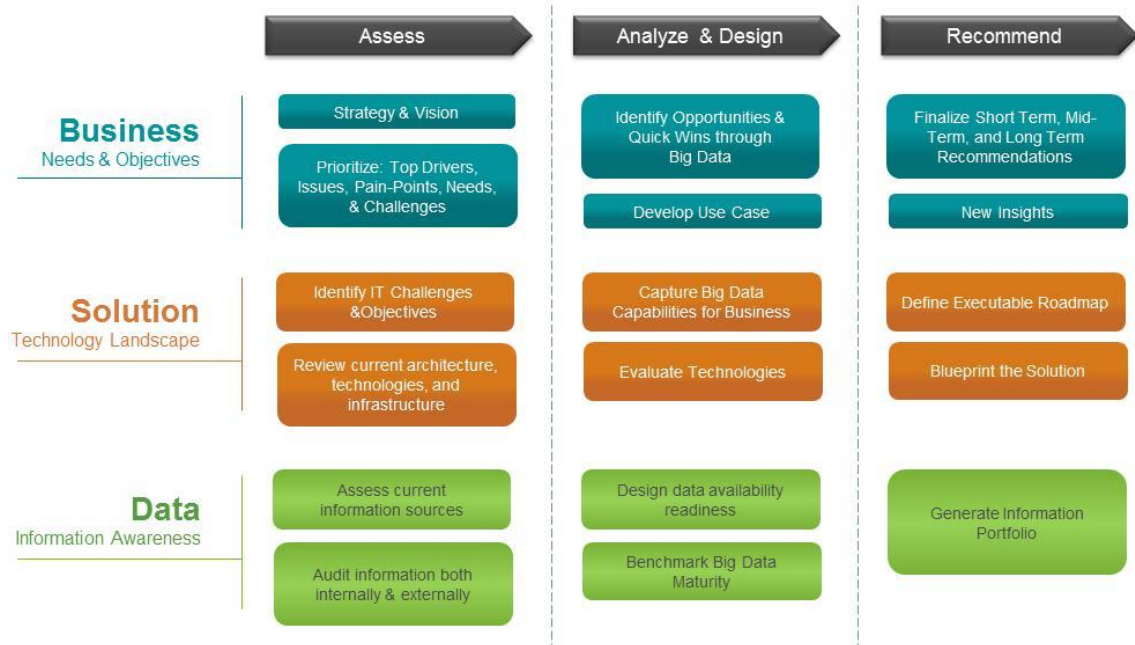
Σχήμα 15. Συσχέτιση ΔτΠ, ανάλυσης δεδομένων και αποφάσεων [44]

Τελικά, με ποιον τρόπο το ΔτΠ και τα ΜΔ είναι ευεργετικά για τις επιχειρήσεις;

Οι αναλύσεις δεδομένων του ΔτΠ μπορεί να είναι χρήσιμες για:

- ✓ Διερεύνηση
- ✓ Εμφάνιση και μελέτη τάσεων
- ✓ Αποκάλυψη νέων μοτίβων
- ✓ Αποκάλυψη κρυφών συσχετίσεων
- ✓ Αποκάλυψη νέας πληροφορίας.

Ως εκ τούτου, οι εταιρείες μπορούν να επωφεληθούν από την ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων ΔτΠ και να αποκτήσουν γνώση για τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζονται από αυτά. Ως αποτέλεσμα, το ΔτΠ βοηθά τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς να επιτύχουν μεγαλύτερη κατανόηση των στρατηγικών στόχων τους και συνεπώς, να λαμβάνουν αποτελεσματικές και καλά ενημερωμένες αποφάσεις. Μια γενική μεθοδολογία απεικονίζεται στο σχήμα 16.



Σχήμα 16. Μεθοδολογία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων [45]

Από τα παραπάνω καταλήγουμε σε ένα ορισμό του ΔΤΠ διαφοροποιημένο ώστε να αφορά αποκλειστικά τη χρήση του στη διαχείριση της ΕΑ. Μια ΕΑ είναι ένα σύνολο οντοτήτων και διαδικασιών που εμπλέκονται στην εκπλήρωση μιας παραγγελίας πελατών. Οι οντότητες συχνά περιλαμβάνουν προμηθευτές, εργοστάσια, διανομείς, λιανοπωλητές και πελάτες. Σύμφωνα με το μοντέλο SCOR οι διαδικασίες της ΕΑ ταξινομούνται ως σχέδιο, πηγή, παραγωγή, παράδοση, επιστροφή και ενεργοποίηση. Το εν λόγω μοντέλο περιγράφεται στο κεφάλαιο 3. Όπως ορίζεται από τον [46], ο ρόλος της διαχείρισης της ΕΑ είναι να «μεγιστοποιηθεί το πλεόνασμα: με άλλα λόγια, η τιμή που καταβάλλει ο τελικός πελάτης μείον το σύνολο των δαπανών που πραγματοποιούνται σε όλη την ΕΑ».

Δεδομένου ότι η παρούσα εργασία αφορά το ΔΤΠ και τις δυνατότητες εφαρμογής του στη διαχείριση της ΕΑ, περιλαμβάνει τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά [29]:

- ✓ Ψηφιακή συνδεσιμότητα των φυσικών πραγμάτων στην ΕΑ.
- ✓ Η φύση αυτής της συνδεσιμότητας να είναι προληπτική επιτρέποντας την αποθήκευση, ανάλυση και ανταλλαγή δεδομένων.
- ✓ Η επικοινωνία να περιλαμβάνει διεργασίες εντός ενός οργανισμού, καθώς και συναλλαγές μεταξύ οργανισμών που καλύπτουν όλες τις κύριες διαδικασίες ΕΑ.
- ✓ Το ΔΤΠ να διευκολύνει τον προγραμματισμό, τον έλεγχο και τον συντονισμό των διαδικασιών της ΕΑ.

Κεφάλαιο 3: Εφοδιαστική Αλυσίδα (ΕΑ)

3.1 Περιγραφή

Μια ΕΑ είναι ένα σύστημα οργανισμών, ανθρώπων, δραστηριοτήτων, πληροφοριών και πόρων που σχετίζονται με τη μετακίνηση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας από τον προμηθευτή στον πελάτη. Οι δραστηριότητες της ΕΑ περιλαμβάνουν τη μετατροπή των φυσικών πόρων, των πρώτων υλών και των συστατικών τους σε τελικό προϊόν που παραδίδεται στον τελικό πελάτη.

Σύμφωνα με το [47], η διαχείριση της ΕΑ ορίζεται ως εξής:

Η διαχείριση της ΕΑ περιλαμβάνει τον προγραμματισμό και τη διαχείριση όλων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την προμήθεια, τη μετατροπή και όλες τις δραστηριότητες διαχείρισης logistics. Σημαντικό στοιχείο είναι επίσης ο συντονισμός και η συνεργασία με τους εταίρους των καναλιών, οι οποίοι μπορούν να είναι προμηθευτές, μεσάζοντες, πάροχοι υπηρεσιών τρίτων και πελάτες. Στην ουσία, η διαχείριση της ΕΑ ενσωματώνει τη διαχείριση προσφοράς και ζήτησης εντός και μεταξύ των εταιρειών. Η διαχείριση της ΕΑ είναι μια ολοκληρωμένη λειτουργία με πρωταρχική ευθύνη τη σύνδεση σημαντικών επιχειρηματικών λειτουργιών και επιχειρηματικών διαδικασιών εντός και μεταξύ των εταιρειών σε ένα συνεκτικό επιχειρηματικό μοντέλο υψηλής απόδοσης. Περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες διαχείρισης logistics που αναφέρονται παραπάνω, καθώς και δραστηριότητες κατασκευής. Οδηγεί στον συντονισμό διαδικασιών και δραστηριοτήτων σε όλο το φάσμα του μάρκετινγκ, των πωλήσεων, του σχεδιασμού προϊόντων, της χρηματοδότησης και της τεχνολογίας των πληροφοριών.

Μια τυπική ΕΑ ξεκινά με την οικολογική, βιολογική και πολιτική ρύθμιση των φυσικών πόρων, ακολουθούμενη από την ανθρώπινη εξόρυξη πρώτων υλών και περιλαμβάνει αρκετές φάσεις παραγωγής (π.χ. κατασκευή εξαρτημάτων, συναρμολόγηση και συγχώνευση). Κατόπιν τα προϊόντα διέρχονται από διάφορες εγκαταστάσεις αποθήκευσης σε ολοένα και πιο απομακρυσμένες γεωγραφικές τοποθεσίες και τελικά φθάνουν στον καταναλωτή.

Πολλές από τις συναλλαγές που συναντώνται στην ΕΑ είναι, συνεπώς, μεταξύ διαφορετικών εταιρειών που επιδιώκουν να μεγιστοποιήσουν τα έσοδά τους στο πεδίο ενδιαφέροντός τους, αλλά ενδέχεται να έχουν ελάχιστες ή καθόλου γνώσεις ή ενδιαφέρον για τους υπόλοιπους συμμετέχοντες στην ΕΑ. Στο σχήμα 17, φαίνονται τα στάδια της ΕΑ.



Σχήμα 17. Τα στάδια της ΕΑ [48]

3.1.1 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η διαχείριση της ΕΑ διατηρεί την ισορροπία μεταξύ ζήτησης και προσφοράς και συνεπάγεται δραστηριότητες από την προμήθεια υλικών ως τη μετατροπή τους σε τελικά προϊόντα για να διασφαλιστεί η παράδοσή τους σε κατάλληλο χρόνο στον τελικό καταναλωτή. Ως εκ τούτου, η διαχείριση της ΕΑ είναι παράγοντας ζωτικής σημασίας σε έναν οργανισμό. Όσο πιο πολύ βελτιώνεται η διαχείριση της ΕΑ, τόσο ενισχύει τις σχέσεις με τους πελάτες, μειώνοντας ταυτόχρονα το λειτουργικό κόστος.

Η διαχείριση της ΕΑ είναι μια διαλειτουργική προσέγγιση που περιλαμβάνει τη διαχείριση της μετακίνησης των πρώτων υλών σε έναν οργανισμό, ορισμένες πτυχές της εσωτερικής επεξεργασίας των υλικών σε έτοιμα προϊόντα και της κυκλοφορίας των τελικών προϊόντων από τον οργανισμό προς τον τελικό καταναλωτή. Οι εταιρείες προσπαθούν να επικεντρωθούν στις βασικές ικανότητες και να γίνουν πιο ευέλικτες, με αποτέλεσμα να μειώνουν την ιδιοκτησία στις

πηγές πρώτων υλών και στα κανάλια διανομής τους. Αυτές οι λειτουργίες όλο και περισσότερο ανατίθενται σε άλλες επιχειρήσεις που μπορούν να εκτελούν τις δραστηριότητες καλύτερα ή/και πιο οικονομικά. Το αποτέλεσμα είναι να αυξηθεί ο αριθμός των οντοτήτων που εμπλέκονται στην ικανοποίηση της ζήτησης των πελατών, μειώνοντας παράλληλα τον διαχειριστικό έλεγχο των καθημερινών εργασιών logistics. Λιγότεροι έλεγχοι και περισσότεροι εταίροι της ΕΑ οδηγούν στη δημιουργία της έννοιας της διαχείρισης της ΕΑ. Ο σκοπός της διαχείρισης της ΕΑ είναι να βελτιωθεί η εμπιστοσύνη και η συνεργασία μεταξύ των εταιρών της ΕΑ, βελτιώνοντας έτσι την εποπτεία των αποθεμάτων και την ταχύτητα μετακίνησης αυτών.



Σχήμα 18. Τυπική απεικόνιση διαχείρισης ΕΑ [49]

Σε ευρύτερο επίπεδο, η διαχείριση της ΕΑ αποτελείται από αυτές τις τέσσερις κύριες λειτουργίες και βασικά στοιχεία, όπως:

- ✓ **Ενσωμάτωση (Integration):** Αυτό αποτελεί τη βάση της ΕΑ και αποσκοπεί στο συντονισμό των επικοινωνιών ώστε να παράγει αποτελεσματικά και έγκαιρα αποτελέσματα. Μπορεί να περιλαμβάνει καινοτομία νέου λογισμικού ή προηγμένες τεχνολογικές διαδικασίες για τη βελτίωση των επικοινωνιών.
- ✓ **Λειτουργίες (Operations):** Αυτό περιλαμβάνει τη διαχείριση των καθημερινών εργασιών στην επιχείρηση ηλεκτρονικού εμπορίου. Για παράδειγμα, μπορεί να ασχοληθεί με την παρακολούθηση του αποθέματος ή με τις προσεγγίσεις μάρκετινγκ.
- ✓ **Αγοραστικότητα (Purchasing):** Πρόκειται για τις αποφάσεις αγοράς και τη διαχείριση, όπως η αγορά πρώτων υλών, αρχικών υλικών κ.ο.κ.
- ✓ **Διανομή (Distribution):** Πρόκειται για τη διαχείριση της εφοδιαστικής σε χονδρεμπόρους, λιανοπωλητές και πελάτες. Αυτό μπορεί να σημαίνει την παρακολούθηση της αποστολής και άλλες λεπτομέρειες.

Επιπρόσθετα στα παραπάνω, μια αποτελεσματική διαχείριση ΕΑ πληροί τα παρακάτω:

- ✓ Ευθυγράμμιση ροών διανομής.
- ✓ Ενσωμάτωση των λειτουργιών από την παραγωγή μέχρι την παράδοση.
- ✓ Σχεδιασμός σύνθετων και προηγμένων συστημάτων.
- ✓ Διαχείριση και συντονισμός πόρων.

3.1.2 Προέλευση και Ιστορική Αναδρομή

Το 1982, ο Keith Oliver, σύμβουλος της Booz Allen Hamilton, εισήγαγε στον δημόσιο τομέα τον όρο "Διαχείριση της ΕΑ" σε μια συνέντευξή του για τους Financial Times.

Στα μέσα της δεκαετίας του '90, περισσότερο από μια δεκαετία αργότερα, ο όρος "Διαχείριση της ΕΑ" έγινε ευρύτερα γνωστός, όταν για το θέμα ασχολήθηκαν πολλά άρθρα και εφημερίδες. Οι ΕΑ ορίστηκαν αρχικά ως ότι καλύπτουν όλες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη ροή και τον μετασχηματισμό αγαθών από τις πρώτες ύλες μέχρι τον τελικό χρήστη, καθώς και τις συναφείς ροές πληροφοριών. Η διαχείριση της ΕΑ προσδιορίστηκε περαιτέρω ως η ενσωμάτωση των δραστηριοτήτων της ΕΑ μέσω βελτιωμένων σχέσεων ΕΑ για την επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990, η "Διαχείριση της ΕΑ" αυξήθηκε σε εξέχουσα θέση και οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων άρχισαν να το χρησιμοποιούν ως ορολογία ολοένα και περισσότερο [50].

3.2 Στρατηγική σημασία και οφέλη

Σήμερα, περισσότερο από ποτέ, η Διαχείριση της ΕΑ έχει γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της επιχείρησης και είναι απαραίτητη για την επιτυχία και την κερδοφορία αυτής. Η διαχείριση της ΕΑ έχει τη δύναμη να ενισχύσει την εξυπηρέτηση των πελατών, να μειώσει το λειτουργικό κόστος και να βελτιώσει την οικονομική κατάσταση μιας επιχείρησης. Αυτό γίνεται με τους παρακάτω τρόπους [51].

- Παροχή βελτιωμένων υπηρεσιών στον τελικό καταναλωτή

Οι πελάτες αναμένουν να λάβουν τα σωστά προϊόντα και στην σωστή ποσότητα η οποία θα πρέπει να παραδοθεί έγκαιρα. Αυτό συντελεί στη δημιουργία σχέσης εμπιστοσύνης. Τα προϊόντα πρέπει να είναι διαθέσιμα στο σωστό σημείο. Η ικανοποίηση του πελάτη μειώνεται όταν παρατηρηθεί έλλειψη διαθεσιμότητας των προϊόντων. Επίσης, η παρακολούθηση υποστήριξης μετά από μια πώληση πρέπει να γίνει άμεσα. Αν το τελικό προϊόν δεν ακολουθεί τις προδιαγραφές ποιότητας, αυτό θα πρέπει να αντικατασταθεί. Εξίσου σημαντικό είναι να βρεθεί το σημείο ή τα σημεία εκείνα της ΕΑ, κατά τα οποία υπήρξε η εν λόγω αστοχία, ώστε να γίνουν οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες και να μην επαναληφθεί παρόμοιο συμβάν.

- Μείωση λειτουργικού κόστους

Μείωση του κόστους αγοράς: Οι έμποροι εξαρτώνται από τις ΕΑ για να διανέμουν γρήγορα τα δαπανηρά προϊόντα και με αυτό τον τρόπο αποφεύγουν το να παραμένουν τα προϊόντα αυτά στάσιμα (σε αποθήκες) καθότι η φύλαξή τους είναι δαπανηρή.

Μείωση κόστους παραγωγής: Οποιαδήποτε καθυστέρηση στην παραγωγή μπορεί να κοστίζει σε μια επιχείρηση ένα σεβαστό ποσό χρημάτων. Αυτός ο παράγοντας καθιστά ακόμη πιο σημαντική τη διαχείριση της ΕΑ. Η αξιόπιστη παράδοση υλικών στις εγκαταστάσεις (λ.χ. συναρμολόγησης) αποφεύγει τυχόν δαπανηρές καθυστερήσεις στην παραγωγή.

Μείωση του συνολικού κόστους της ΕΑ: Οι παραγωγοί χονδρικής πώλησης και οι έμποροι λιανικής εξαρτώνται από την καλή Διαχείριση της ΕΑ για να σχεδιάσουν ένα δίκτυο που να ανταποκρίνεται στους στόχους εξυπηρέτησης πελατών. Αυτό δίνει στις επιχειρήσεις ένα αρκετά πιο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά.

- Βελτίωση της οικονομικής θέσης

Μόχλευση κέρδους: Οι επιχειρήσεις στηρίζονται αρκετά στους Διαχειριστές της ΕΑ, επειδή συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στον έλεγχο και τη μείωση των δαπανών της ΕΑ.

Μείωση των παγίων/περιουσιακών στοιχείων: Οι Διαχειριστές της ΕΑ μειώνουν τη χρήση μεγάλων παγίων στοιχείων ενεργητικού, όπως εγκαταστάσεων, αποθηκών και οχημάτων μεταφοράς, μειώνοντας ουσιαστικά το κόστος.

Αύξηση των ταμειακών ροών: Οι επιχειρήσεις εκτιμούν ιδιαίτερα το γεγονός ότι η προστιθέμενη αξία της Διαχείρισης της ΕΑ συμβάλλει στην ταχύτητα ροής προϊόντων προς τους πελάτες [52].

3.2.1 Μοντέλο Αναφοράς Διαδικασιών Αλυσίδας Εφοδιασμού (SCOR)

Το μοντέλο "Αναφορά Διαδικασιών Αλυσίδας Εφοδιασμού-ΑΔΑΕ" (Supply Chain Operations Reference-SCOR), είναι ένα μοντέλο αναφοράς διαδικασιών που αναπτύχθηκε και εγκρίθηκε από το Συμβούλιο ΕΑ (SCC) ως το διεπαγγελματικό, τυποποιημένο εργαλείο διάγνωσης για τη διαχείριση της ΕΑ. Το μοντέλο ΑΔΑΕ περιγράφει τις επιχειρηματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την ικανοποίηση της ζήτησης ενός πελάτη, οι οποίες περιλαμβάνουν το σχέδιο, την πηγή, τη δημιουργία, την παράδοση, την επιστροφή και την ενεργοποίηση [53]. Η χρήση του μοντέλου περιλαμβάνει την ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης των διαδικασιών και των στόχων μιας επιχείρησης, την ποσοτικοποίηση των επιχειρησιακών επιδόσεων και τη σύγκριση της απόδοσης της εταιρείας με δεδομένα αναφοράς. Το μοντέλο αναφοράς ΑΔΑΕ έχει αναπτύξει ένα σύνολο μετρήσεων για την απόδοση της ΕΑ και τα μέλη του Συμβουλίου ΕΑ έχουν διαμορφώσει ομάδες της βιομηχανίας για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εταιρείες για την βελτίωση των μοντέλων που χρησιμοποιούν για τις ΕΑ τους.

Αυτό το μοντέλο αναφοράς επιτρέπει στους χρήστες να αντιμετωπίζουν, να βελτιώνουν και να επικοινωνούν τις πρακτικές Διαχείρισης της ΕΑ εντός και μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων μερών σε αυτό που ονομάζεται «extended enterprise» (εκτεταμένη επιχείρηση) [54].

Το μοντέλο ΑΔΑΕ αναπτύχθηκε το 1996 από την εταιρεία συμβούλων διαχείρισης PRTM, η οποία αποτελεί πλέον μέρος της PricewaterhouseCoopers LLP (PwC) και της AMR Research [55]. Έχει εγκριθεί από το Συμβούλιο ΕΑ, που αποτελεί σήμερα τμήμα του APICS, ως ένα, εκ των πραγμάτων, διαβιομηχανικό πρότυπο στρατηγικής, διαχείρισης της απόδοσης και διαγνωστικό εργαλείο βελτίωσης των διαδικασιών για τη διαχείριση της ΕΑ.

Το ΑΔΑΕ βασίζεται σε τέσσερις βασικούς άξονες [53]:

- Μοντελοποίηση και ανασχεδιασμός διαδικασιών
- Μετρήσεις απόδοσης
- Βέλτιστες πρακτικές
- Δεξιότητες

3.2.2 Μοντελοποίηση διαδικασιών

Περιγράφοντας τις ΕΑ χρησιμοποιώντας δομικά στοιχεία μοντελοποίησης της διαδικασίας, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τόσο τις πολύ απλές όσο και τις αρκετά πολύπλοκες, χρησιμοποιώντας ένα κοινό σύνολο ορισμών. Ως αποτέλεσμα, οι διαφορετικές βιομηχανίες μπορούν να περιγράψουν το βάθος και το εύρος σχεδόν οποιασδήποτε ΕΑ.

Το μοντέλο ΑΔΑΕ βασίζεται σε έξι διακριτές διαδικασίες διαχείρισης [29]:

- ✓ **Σχέδιο (Plan):** Διαδικασίες που εξισορροπούν τη συνολική ζήτηση και την προσφορά για την ανάπτυξη μιας πορείας δράσης που ανταποκρίνεται καλύτερα στις απαιτήσεις προμήθειας, παραγωγής και παράδοσης.
- ✓ **Πηγή (Source):** Διαδικασίες που προμηθεύουν αγαθά και υπηρεσίες για την κάλυψη της προγραμματισμένης ή πραγματικής ζήτησης.
- ✓ **Δημιουργία (Make):** Διαδικασίες που μετατρέπουν το προϊόν σε τελική κατάσταση για να καλύψει την προγραμματισμένη ή πραγματική ζήτηση.
- ✓ **Παράδοση (Deliver):** Διαδικασίες που παρέχουν τελικά αγαθά και υπηρεσίες για την κάλυψη προγραμματισμένης ή πραγματικής ζήτησης, που συνήθως περιλαμβάνουν τη διαχείριση παραγγελιών, τη διαχείριση των μεταφορών και τη διαχείριση διανομής.
- ✓ **Επιστροφή (Return):** Διαδικασίες που σχετίζονται με την επιστροφή ή λήψη επιστρεφόμενων προϊόντων για οποιοδήποτε λόγο. Αυτές οι διαδικασίες επεκτείνονται σε υποστήριξη πελατών μετά την παράδοση.
- ✓ **Ενεργοποίηση (Enable):** Οι διαδικασίες συνδέονται με τη Διαχείριση της ΕΑ. Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν τη διαχείριση: επιχειρηματικών κανόνων, επιδόσεων, δεδομένων, πόρων, εγκαταστάσεων, συμβάσεων, διαχείρισης δικτύων ΕΑ, διαχείρισης κανονιστικής συμμόρφωσης και διαχείρισης κινδύνων. Η διαδικασία εφαρμόζεται από την έκδοση 11 [53], ενώ από το έτος 2017 έχει δοθεί στο κοινό η έκδοση 12 [56].

Το μοντέλο ΑΔΑΕ έχει συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής, όπως άλλωστε και οποιοδήποτε άλλο μοντέλο αναφοράς. Εστιάζεται στα ακόλουθα σημεία [55]:

- Σε όλες τις αλληλεπιδράσεις των πελατών, από την είσοδο της εντολής μέσω του τιμολογίου που εκδόθηκε.
- Σε όλες τις συναλλαγές προϊόντων (υλικών και υπηρεσιών), από τον προμηθευτή του προμηθευτή έως τον πελάτη του πελάτη, συμπεριλαμβανομένου εξοπλισμού, αναλώσιμων, ανταλλακτικών, χύμα προϊόντος, λογισμικού κλπ.
- Σε όλες τις αλληλεπιδράσεις της αγοράς, από την κατανόηση της συνολικής ζήτησης έως την εκπλήρωση κάθε εντολής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το μοντέλο ΑΔΑΕ δεν επιχειρεί να περιγράψει κάθε επιχειρηματική διαδικασία ή δραστηριότητα. Οι σχέσεις μεταξύ αυτών των διαδικασιών μπορούν να γίνουν στο ΑΔΑΕ και μερικές έχουν σημειωθεί στο μοντέλο. Άλλες βασικές υποθέσεις που εξετάζονται από το ΑΔΑΕ είναι: η κατάρτιση, η ποιότητα, η τεχνολογία των πληροφοριών και η διοίκηση (όχι η Διαχείριση της ΕΑ). Οι τομείς αυτοί δεν εξετάζονται ρητώς στο μοντέλο, αλλά μάλλον υποτίθεται ότι αποτελούν βασική διαδικασία υποστήριξης σε όλο το μοντέλο.

Το ΑΔΑΕ παρέχει λεπτομερή ανάλυση των διαδικασιών σε τρία επίπεδα. Κάθε επίπεδο λεπτομέρειας βοηθά μια εταιρεία να καθορίσει το πεδίο εφαρμογής (Επίπεδο 1), τη διαμόρφωση ή τον τύπο της ΕΑ (Επίπεδο 2), λεπτομέρειες στοιχείου διεργασίας, συμπεριλαμβανομένων χαρακτηριστικών απόδοσης (Επίπεδο 3). Κάτω από το επίπεδο 3, οι εταιρείες αποσυνθέτουν στοιχεία διεργασίας και αρχίζουν να εφαρμόζουν συγκεκριμένες πρακτικές διαχείρισης της ΕΑ. Σε αυτό το στάδιο, οι εταιρείες ορίζουν πρακτικές για την επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες επιχειρηματικές συνθήκες.

Το ΑΔΑΕ είναι ένα μοντέλο αναφοράς διαδικασίας που έχει σχεδιαστεί για την αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων οντοτήτων της ΕΑ. Ως βιομηχανικό πρότυπο, διευκολύνει επίσης τη συνεργασία με την ΕΑ, την οριζόντια ολοκλήρωση της διαδικασίας, εξηγώντας τις σχέσεις μεταξύ των διαδικασιών (δηλ. Σχέδιο-Πηγή Plan-Source, Σχέδιο-Δημιουργία Plan-Make κ.λπ.). Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος δεδομένων για την ολοκλήρωση μιας ανάλυσης των εναλλακτικών λύσεων διαμόρφωσης (π.χ. Επίπεδο 2) όπως: Κατασκευή για Αποθήκευση (Make-to-Stock) ή Κατασκευή βάση Παραγγελίας (Make-To-Order). Το ΑΔΑΕ χρησιμοποιείται για την περιγραφή, τη μέτρηση και την αξιολόγηση των ΕΑ για τη στήριξη του στρατηγικού σχεδιασμού και της συνεχούς βελτίωσης [55].

3.2.3 Μετρήσεις απόδοσης

Το μοντέλο ΑΔΑΕ περιέχει περισσότερους από 150 βασικούς δείκτες που μετρούν την απόδοση των πράξεων ΕΑ. Αυτές οι μετρήσεις απόδοσης προέρχονται από την εμπειρία και τη συμβολή των μελών του Συμβουλίου. Οι μετρήσεις ΑΔΑΕ οργανώνονται σε 3 επίπεδα [56]:

- Το επίπεδο 1 περιέχει διαγνωστικές μετρήσεις για τη συνολική υγεία της ΕΑ. Αυτές οι μετρήσεις είναι γνωστές ως στρατηγικές μετρήσεις, όπως επίσης και ως βασικοί δείκτες απόδοσης (KPI). Η αξιολόγηση των μετρήσεων του επιπέδου 1, βοηθά στην εγκαθίδρυση ρεαλιστικών στόχων για την υποστήριξη στρατηγικών κατευθύνσεων.
- Οι μετρήσεις του επιπέδου 2 χρησιμεύουν ως διαγνωστικά για τις μετρήσεις του επιπέδου 1. Η διαγνωστική σχέση βοηθά στον εντοπισμό της αιτίας ή των αιτιών ενός κενού απόδοσης για μια μέτρηση επιπέδου 1.
- Οι μετρήσεις του επιπέδου 3, αντίστοιχα, χρησιμεύουν ως διαγνωστικά για τις μετρήσεις επιπέδου 2.

Οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα Χαρακτηριστικά Απόδοσης. Τα Χαρακτηριστικά Απόδοσης είναι χαρακτηριστικά της ΕΑ που της επιτρέπουν να αναλύεται και να αξιολογείται σε σχέση με άλλες ΕΑ με ανταγωνιστικές στρατηγικές. Με τον ίδιο τρόπο που θα γινόταν η περιγραφή για ένα φυσικό αντικείμενο όπως ένα κομμάτι ξυλείας που χρησιμοποιεί πρότυπα χαρακτηριστικά (π.χ. ύψος, πλάτος, βάθος), έτσι και μια ΕΑ απαιτεί τυπικά χαρακτηριστικά που πρέπει να περιγραφούν. Χωρίς αυτά τα χαρακτηριστικά είναι εξαιρετικά δύσκολο να συγκριθεί ένας οργανισμός που επιλέγει να είναι ο πάροχος χαμηλού κόστους έναντι ενός οργανισμού που επιλέγει να ανταγωνιστεί στην αξιοπιστία και την απόδοση.

Μία από τις βασικές πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι ότι η μέτρηση των επιδόσεων και επομένως η βαθμολόγηση γίνεται σε επίπεδο ΕΑ και όχι σε οργανωτικό επίπεδο. Οι ΕΑ προσδιορίζονται με μια οργάνωση που βασίζεται σε πελάτες και προϊόντα. Μια οργάνωση που προσφέρει πολλά προϊόντα θα έχει πολλές ΕΑ. Στην πραγματικότητα, η ΕΑ για την παράδοση του υλικού και στη συνέχεια την επιστροφή του υλικού από τον πελάτη θα είναι επίσης διαφορετική.

Στη συνέχεια εντοπίζεται η ΕΑ που πρέπει να βελτιωθεί, η οποία θα μπορούσε να βασιστεί σε πολλαπλές παραμέτρους με την υψηλότερη κερδοφορία και ταυτόχρονα με λιγότερες απώλειες. Μόλις προσδιοριστεί η ΕΑ, γίνεται μόνο η μέτρηση της απόδοσης και η συγκριτική αξιολόγηση με αντίστοιχο δείκτη αναφοράς. Ας σημειωθεί ότι το μοντέλο ΑΔΑΕ ενδέχεται να μην έχει τα δεδομένα συγκριτικής αξιολόγησης για όλα τα είδη ΕΑ, οπότε αυτά θα πρέπει να αναζητηθούν. Το ζητούμενο είναι ότι το μοντέλο αφορά τη βελτίωση των ΕΑ σε έναν οργανισμό και η βασική αρχή είναι ότι εάν βελτιωθεί μια ενιαία ΕΑ, έχει επιπτώσεις σε ολόκληρο τον οργανισμό [57].

3.2.4 Βέλτιστες πρακτικές

Αφού μετρηθούν οι επιδόσεις των διεργασιών της ΕΑ και εντοπιστούν τα κενά απόδοσης (gap analysis), είναι σημαντικό να προσδιοριστούν οι δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεστούν για να καλυφθούν αυτά τα κενά. Πάνω από 430 εκτελέσιμες πρακτικές που προκύπτουν από την εμπειρία των μελών του Συμβουλίου ΕΑ (Supply Chain Council-SCC) είναι διαθέσιμες.

Το μοντέλο ΑΔΑΕ ορίζει μια βέλτιστη πρακτική ως τρέχουσα (current), δομημένη (structured), αποδεδειγμένη (proven) και επαναλαμβανόμενη (repeatable) μέθοδο για να έχει θετικό αντίκτυπο στα επιθυμητά λειτουργικά αποτελέσματα [53]:

- Τρέχουσα: δεν πρέπει να είναι αναδυόμενη και δεν μπορεί να είναι απαρχαιωμένη.
- Δομημένη: διαθέτει ένα σαφή στόχο, πεδίο εφαρμογής, διεργασία και διαδικασία.
- Αποδεδειγμένη: η επιτυχία έχει αποδειχθεί σε ένα εργασιακό περιβάλλον και μπορεί να συνδεθεί με βασικές μετρήσεις.
- Επαναλαμβανόμενη: αποδεδειγμένη σε πολλούς οργανισμούς και βιομηχανίες.

3.3 Αδύναμα σημεία

Τα αδύναμα σημεία σε μια ΕΑ είναι:

- Προσαρμοστικότητα: Διαχείριση απότομων μεταβολών στη ζήτηση.
- Ορατότητα: Δύσκολο να αποκτηθεί η σωστή προβολή των απαιτήσεων της αγοράς.
- Ευκινησία: Ανταπόκριση στις απαιτήσεις των πελατών.
- Ανάλυση (Analytics): Δεν είναι αρκετά αποτελεσματική για να αναπτυχθεί σε ολόκληρη την ΕΑ.

Σε όλα τα παραπάνω έρχεται να δώσει λύση η Διαχείριση Έξυπνης Αλυσίδας Εφοδιασμού-ΔΕΑΕ (Smart Supply Chain Management), αφού μια τέτοιου είδους διαχείριση της ΕΑ είναι: με Όργανα (Instrumented), Διασυνδεδεμένη (Interconnected) και Ευφυής (Intelligent). Η έξυπνη ΕΑ ξεπερνά τους αδύναμους κρίκους του συστήματος με τη χρήση του ΔτΠ, διότι δίνει γρήγορες λύσεις στις προκλήσεις μιας παραδοσιακής ΕΑ όπως:

- Παρακολούθηση προϊόντων
- Βελτίωση της συναλλακτικής απόδοσης

Με τα προαναφερθέντα παρέχεται ορατότητα από άκρο σε άκρο σε ολόκληρη την ΕΑ. Η Διαχείριση των ΕΑ σε διάφορους κλάδους έχει αναπτυχθεί σημαντικά από παλαιότερες χειρωνακτικές, επίπονες και επικίνδυνες επιχειρήσεις σε πραγματικό χρόνο, αυτόματες και χωρίς κινδύνους λειτουργίες σε μεγάλο βαθμό. Η εμφάνιση του Διαδικτύου και των εφαρμογών του στη Διαχείριση της ΕΑ έχει αναπτυχθεί σε βαθμό που δεν βοήθησε μόνο την παρακολούθηση και τα εμπορεύματα υπό διαμετακόμιση αλλά επηρέασε την αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων και τη μείωση των απωλειών των ΕΑ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλα οικονομικά οφέλη για τις εταιρείες και έχει βοηθήσει στην επέκταση των επιχειρήσεων ΕΑ καλύπτοντας

μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Ξεκινώντας από τις απλές συσκευές ταυτοποίησης εμπορευμάτων έως το σύνθετο δίκτυο φυσικών συσκευών που λειτουργούν με συντονισμένο τρόπο, η εφαρμογή του ΔΤΠ έχει δώσει μεγαλύτερη ορατότητα στην κατασκευή προϊόντων καθώς και στις ΕΑ για την παράδοση των προϊόντων μέχρι τον τελικό χρήστη [51].

3.4 Ο Ψηφιακός μετασχηματισμός (Digital transformation) της ΕΑ

Οι δραματικές εξελίξεις στον τομέα της υπολογιστικής μνήμης και της επεξεργασίας ενθαρρύνουν τις επιχειρήσεις να αναπτύξουν καινοτόμες ψηφιακές τεχνολογίες και να προωθήσουν το επνομαζόμενο Industry 4.0, την «τέταρτη βιομηχανική επανάσταση». Οι καινοτόμες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων των νέων αισθητήρων και της τεχνητής νοημοσύνης (ονομάζεται επίσης μηχανική μάθηση και γνωσιακή πληροφορική), δημιουργούν τις βάσεις για την ανάλυση και τη μετατροπή μεταξύ φυσικού και ψηφιακού κόσμου, μετατρέποντας τις παραδοσιακές, γραμμικές ΕΑ σε συνδεδεμένες, ευφυείς, κλιμακούμενες, προσαρμόσιμες ΕΑ. Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 19, η γραμμικότητα της παραδοσιακής ΕΑ, με το ΔΤΠ μετατρέπεται σε «πλέγμα» διασυνδεδεμένων και δυναμικών οντοτήτων. Η διαχείριση της ΕΑ περιλαμβάνει πλέον τη συλλογή πληροφοριών από κατανεμημένα δεδομένα, αισθητήρες και συνδεδεμένα στοιχεία ενεργητικού για την προώθηση βελτιώσεων που μπορούν να γίνουν μέσω βελτιωμένων αναλυτικών και ψηφιακών λύσεων.

Οι «έξυπνες» ΕΑ δημιουργούν μια ζεύξη μέσω φυσικών και ψηφιακών καναλιών, συνδέοντας πληροφορίες, αγαθά και υπηρεσίες με τους παρακάτω τρόπους:

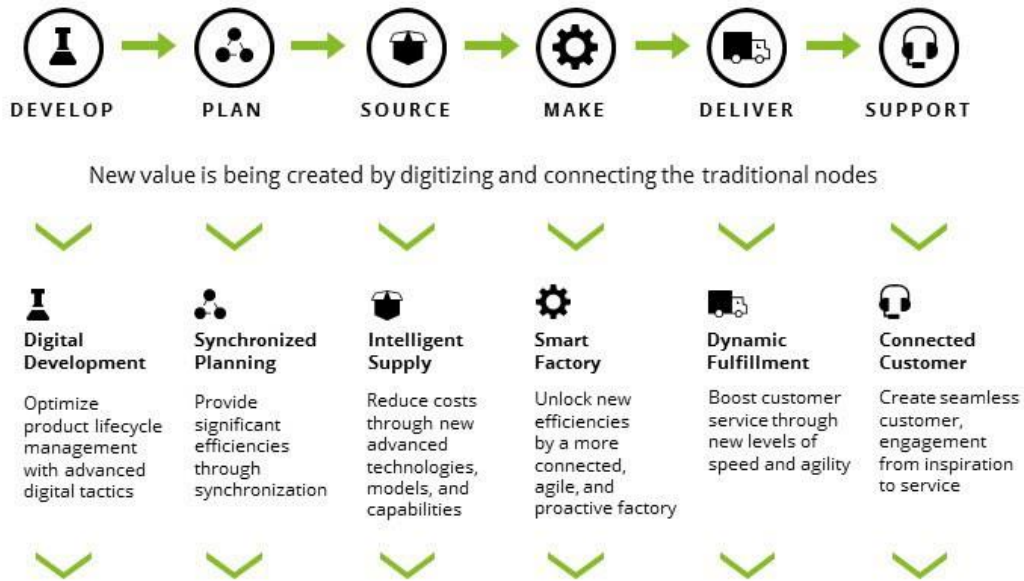
- Φυσικό με Ψηφιακό (Physical to Digital): Καταγραφή σημάτων και δεδομένων από τον φυσικό κόσμο για να τη δημιουργία ενός ψηφιακού αρχείου.
- Ψηφιακό με Ψηφιακό (Digital to Digital): Ανταλλαγή και εμπλουτισμός των πληροφοριών χρησιμοποιώντας προηγμένες αναλύσεις, τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση, ώστε η πληροφορία να αποκτήσει πρακτική αξία.
- Ψηφιακό με Φυσικό (Digital to Physical): Παροχή πληροφοριών με αυτοματοποιημένους και πιο αποτελεσματικούς τρόπους για τη δημιουργία ενεργειών που επιφέρουν αλλαγές στον φυσικό κόσμο.

Σε αντίθεση με ένα παραδοσιακό μοντέλο ΕΑ, το ψηφιακό είναι δυναμικό, ολοκληρωμένο και χαρακτηρίζεται από συνεχή ροή πληροφοριών και αναλυτικών στοιχείων.

Με την εμφάνιση πρωτοπόρων τεχνολογιών ΕΑ όπως η τεχνητή νοημοσύνη, οι ηγέτες της ΕΑ πρέπει να καθορίσουν τις συνέπειες αυτών των τάσεων για να επιτρέψουν το μέλλον της ΕΑ και των επιχειρήσεων.

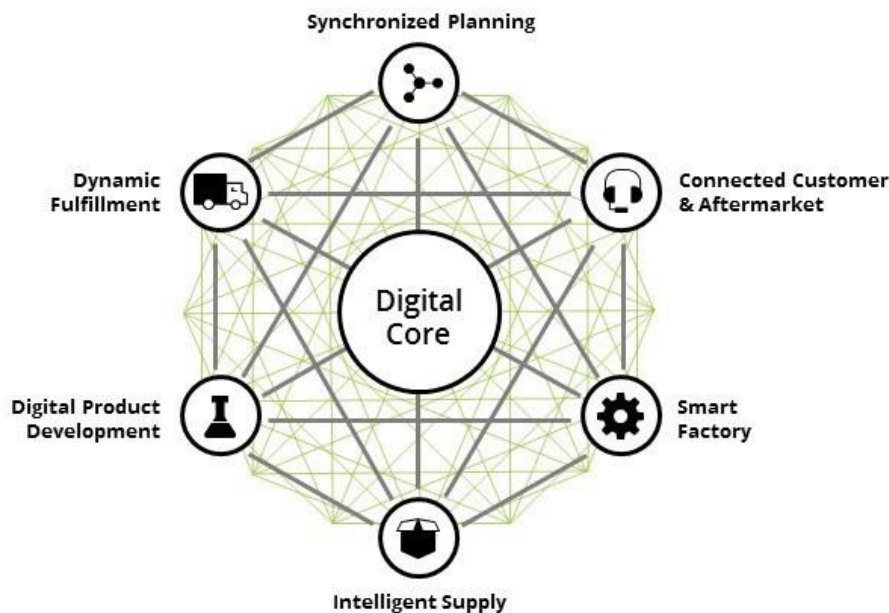
THE COLLAPSE OF THE LINEAR SUPPLY CHAIN

New technologies and tools have allowed the traditionally linear supply chain to collapse into an agile interconnected network that unlocks new value across the digitized nodes



THE BIRTH OF THE DIGITAL SUPPLY NETWORK (DSN)

Innovative and disruptive technologies can enable supply chains to transform into Digital Supply Networks, which can serve as a powerful competitive weapon



Σχήμα 19. Ψηφιακός μετασχηματισμός της παραδοσιακής ΕΑ [58]

Σύμφωνα με τον Christian Titze, διευθυντή έρευνας της Gartner, "Οι ηγέτες της ΕΑ πρέπει να αξιολογήσουν την κουλτούρα κινδύνου της εταιρείας τους για να καθορίσουν την ετοιμότητά τους να εξερευνήσουν και να υιοθετήσουν αναδυόμενες προσφορές. Σε περίπτωση αμφιβολίας, θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο να υλοποιηθούν αρχικά μικρά έργα για να προσδιοριστεί αν

το πιθανό όφελος της τεχνολογικής τάσης αξίζει τον κίνδυνο και την επένδυση σε νέες δεξιότητες, ικανότητες και υπηρεσίες". Η Gartner παρουσιάζει σε έκθεσή της τις στρατηγικές τάσεις τεχνολογίας για την ΕΑ και πώς μπορούν να προσφέρουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα [59].

3.4.1 Τεχνητή νοημοσύνη

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει μεγάλη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στις διαδικασίες της ΕΑ. Η δυνατότητα εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης για την ενίσχυση ή ακόμα και την αυτοματοποίηση της λήψης αποφάσεων, την επανεμφάνιση επιχειρησιακών μοντέλων και οικοσυστημάτων και τον επαναπροσδιορισμό της εμπειρίας των πελατών θα μπορούσε να καταστήσει περιπτώσεις πολλές άλλες αναδυόμενες τεχνολογικές τάσεις. Ωστόσο, παρόλο που οι τρέχουσες λύσεις τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να βρουν μοτίβα και να προβλέψουν μελλοντικά σενάρια, εξακολουθούν να μην διαθέτουν τις ικανότητες λήψης αποφάσεων. Ο συνδυασμός των δυνατοτήτων των προτύπων με τις πιο προηγμένες προδιαγραφικές ικανότητες θα είναι επομένως καθοριστικής σημασίας για την ευρεία υιοθέτηση της ΕΑ, επιτρέποντας στους χρήστες να αφιερώνουν τις δεξιότητές τους σε περιπτώσεις χρήσης υψηλότερης τάξης, όπως σχεδιασμός στρατηγικού δικτύου ή σχεδιασμός χωρητικότητας.

3.4.2 Προηγμένες Αναλυτικές μέθοδοι (Analytics)

Οι Προηγμένες Αναλυτικές μέθοδοι (Analytics) επιτρέπουν στις εταιρείες να αξιοποιούν δυναμικά τις μελλοντικές ευκαιρίες και να μετριάζουν τις μελλοντικές ανεπιθύμητες ενέργειες. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να βελτιώσουν τη λήψη αποφάσεων σε λειτουργικούς τομείς όπως ο προγραμματισμός της ΕΑ, η προμήθεια, το logistics, οι μεταφορές και μπορούν να αναπτυχθούν για να βελτιώσουν τις επιδόσεις της ΕΑ από άκρο σε άκρο. Οι διαδικασίες που προηγουμένως βασίζονταν στην ανθρώπινη κρίση μπορεί να χρησιμοποιηθούν με προβλέψιμα αναλυτικά στοιχεία και θα μπορούσαν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις μελλοντικές απαιτήσεις για εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό ΕΑ.

3.4.3 Διαδίκτυο των Πραγμάτων (ΔΤΠ)

Η υιοθέτηση του ΔΤΠ αναπτύσσεται σε επιλεγμένους τομείς της ΕΑ, αλλά σπάνια ως μέρος μιας ολοκληρωμένης διαδικασίας ΕΑ από άκρο σε άκρο. Μία εξαίρεση είναι η αεροπορική και αμυντική βιομηχανία, όπου τα αεροπλάνα διαθέτουν χιλιάδες αισθητήρες και τα δεδομένα αξιοποιούνται στην εκτεταμένη ΕΑ. Άλλες πιθανές περιπτώσεις χρήσης της ΕΑ είναι η προληπτική συντήρηση, η προμήθεια, η κατασκευή, η εφοδιαστική, η διαχείριση της ζήτησης και οι υπηρεσίες. Αυτά περιλαμβάνουν τη βελτιωμένη αξιοποίηση των στοιχείων ενεργητικού, την υψηλότερη διαθεσιμότητα μέσω απομακρυσμένης παρακολούθησης και συντήρησης, την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών με την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς και των αναγκών των πελατών και την ενεργητική ανταπόκριση και διαμόρφωση της ζήτησης των πελατών.

3.4.4 Πράκτορες Συζήτησης (Conversational Systems)

Τα πιο αναγνωρίσιμα τέτοια συστήματα σήμερα είναι οι εικονικοί προσωπικοί βοηθοί (Virtual Personal Assistants, VPAs) και οι έξυπνοι βοηθοί αυτοματοποιημένης γραπτής επικοινωνίας (chatbots). Όχι μόνο μπορούν να χειριστούν ερωτήσεις και να προσφέρουν λύσεις χωρίς να εμπλέκονται με τον ανθρώπινο παράγοντα, τα συστήματα συνομιλίας μπορούν να επιτρέψουν συναλλαγές, να διαχειριστούν πληρωμές, να εξασφαλίσουν την παράδοση και να παράσχουν εξυπηρέτηση πελατών.

3.4.5 Αυτοματοποίηση Ρομποτικών Διαδικασιών (Robotic Process Automotiation-RPA)

Η Αυτοματοποίηση Ρομποτικών Διαδικασιών (RPA) επιτρέπει στους ηγέτες της ΕΑ να μειώσουν το κόστος. Για παράδειγμα, ένας οργανισμός μπορεί να θέλει να δουλέψει με δομημένα δεδομένα

για να αυτοματοποιήσει μια υπάρχουσα χειροκίνητη εργασία ή διαδικασία με ελάχιστη διαδικασία ανασχεδιασμού ή για να αποφύγει μεγάλα έργα ενοποίησης συστημάτων ή συγκεκριμένες νέες μεγάλες εφαρμογές ανάπτυξης.

3.4.6 Τεχνολογίες καταμεμημένου καθολικού (Blockchain / Distributed Ledger technology)

Ορισμένες εξαιρετικά αποκεντρωμένες λειτουργίες διαχείρισης της ΕΑ, όπως οι έξυπνες συμβάσεις ή η ιχνηλασιμότητα και ο έλεγχος ταυτότητας, είναι πρωταρχικοί υποψήφιοι για το blockchain. Πολλές περιπτώσεις επιχειρηματικής χρήσης δεν έχουν ακόμη αποδειχθεί, αλλά έχουν εμφανιστεί κάποια πρότυπα πειραματικά έργα δοκιμάζοντας τις δυνατότητες blockchain για την ΕΑ. Για παράδειγμα, το blockchain χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της κίνησης των διαμαντιών από τα ορυχεία μέχρι τα καταστήματα λιανικής πώλησης αναπτύσσοντας ένα ψηφιακό αρχείο που περιλαμβάνει τα μοναδικά χαρακτηριστικά, όπως το χρώμα, το καράτι και τον αριθμό πιστοποιητικού που μπορούν να εγγραφούν με λέιζερ στην πέτρα [59].

3.4.7 Αλληλοεπικαλυπτόμενες υπηρεσίες logistics και τεχνολογίας

Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί διαχειρίζονται τα logistics. Δεν υπάρχει πλέον σαφής διαφοροποίηση μεταξύ logistics και της τεχνολογίας παρόλο που οι δύο κατηγορίες γίνονται πιο συνυφασμένες. Επιτυχημένες εταιρείες 3PL (3rd Party Logistics) εκμεταλλεύονται αυτήν την αναδυόμενη τάση, προσφέρουν ολοκληρωμένες εφαρμογές τεχνολογίας, οι οποίες παρακολουθούν και μετράνε κόστος, υπηρεσία και αποτελέσματα ποιότητας. Οι πελάτες 3PL αναμένουν περισσότερα από τους παρόχους υπηρεσιών logistics, από ότι οι τελευταίοι απλώς να υποστηρίζουν τη φυσική ροή της διαδικασίας. Οι 3PLs έχουν δομήσει λειτουργικές λύσεις με ενσωματωμένες τεχνολογίες για την παροχή ορατότητας πραγματικού χρόνου [60].

3.4.8 Συγκερασμός σχεδιασμού και υλοποίησης

Η διαχείριση της ΕΑ παραδοσιακά αποτελείται από διαδικασίες που συνδέονται και λειτουργούν ανεξάρτητα η μια από την άλλη. Οι λειτουργίες σχεδιασμού, όπως η πρόβλεψη, η αγορά και ο σχεδιασμός προϊόντων και υπηρεσιών, υπάρχουν σε μια περιοχή, ενώ οι λειτουργίες εκτέλεσης, όπως η αποθήκευση, οι μεταφορές και η εξυπηρέτηση πελατών υπάρχουν σε μια άλλη. Αλλά αυτή η αυτοτελής προσέγγιση δημιουργεί προβλήματα επικοινωνίας, διαφάνειας και αποτελεσματικότητας. Οι εταιρείες κινούνται προς μια πιο συνεργατική και βελτιωμένη λύση διαχείρισης της αλυσίδας ΕΑ, συνδυάζοντας τα βήματα σχεδιασμού και εκτέλεσης σε ένα συνεκτικό σύστημα. Αυτή η στρατηγική βοηθά τις εταιρείες να είναι πιο ευέλικτες, ανταποκρίσιμες και προσαρμοστικές όταν αντιμετωπίζουν προκλήσεις και αποφάσεις, ενώ παράλληλα παρέχουν μεγαλύτερο έλεγχο και προβολή [60].

3.4.9 Πράσινη Εφοδιαστική Αλυσίδα

Η ενσωμάτωση περιβαλλοντικής συνείδησης και σκέψης (ή πολύ απλά φιλικής προς το περιβάλλον) στην εκτέλεση των διαδικασιών logistics και της ΕΑ, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού προϊόντων, την αναζήτηση και επιλογή υλικών, την παραγωγική διαδικασία, την τελική διανομή προϊόντων στους πελάτες και την διαχείριση αυτών στο τέλος της ωφέλιμης ζωής της ονομάζεται Πράσινη ΕΑ. Ενώ αρχικά η επικέντρωση δινόταν στην επίδραση του περιβάλλοντος στην εκτέλεση των διαδικασιών logistics, τις τελευταίες δύο δεκαετίες οι εταιρείες υπό την πίεση των κοινωνικών απαιτήσεων εξετάζουν την επίδραση των logistics στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, οι εταιρείες σχεδιάζουν και υλοποιούν έργα που προτείνουν την εφαρμογή φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών και τεχνολογιών με τους ακόλουθους στόχους: μείωση αποβλήτων, μείωση επιπέδων μόλυνσης, βελτίωση βιωσιμότητας φυσικών πηγών και τη βελτίωση βιοτικού επιπέδου. Η Πράσινη ΕΑ συνδέεται με την Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη που αναφέρεται στις ενέργειες των επιχειρήσεων που αποσκοπούν στην συμβολή αντιμετώπισης περιβαλλοντικών και κοινωνικών ζητημάτων. Συγκεκριμένα, οι επιχειρήσεις αποτελούν οντότητες Επισκόπηση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) στην περίπτωση της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Αγροτικών Προϊόντων

οι οποίες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το κοινωνικό σύνολο μέσα στο οποίο δραστηριοποιούνται. Οφείλουν επομένως να αναγνωρίζουν την ευθύνη που τους αναλογεί, απέναντι στην κοινωνία και το περιβάλλον. Να σέβονται δηλαδή τις αρχές και τις αξίες που χαρακτηρίζουν τον πολιτισμό (τον σεβασμό προς τον άνθρωπο - την ανθρώπινη αξιοπρέπεια και την παροχή ίσων ευκαιριών, τον σεβασμό στο περιβάλλον που κληρονομήσαμε και την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και της ποιότητας ζωής). Μερικές από τις «πράσινες» πρακτικές που εφαρμόζονται είναι: η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση προϊόντων, η μείωση κατανάλωσης της ενέργειας, η συνδυασμένη μεταφορά, η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον μέσων μεταφοράς (όπως ηλεκτροκίνητα φορτηγά, τραμ μεταφοράς εμπορευμάτων, εφαρμογή νυκτερινών δρομολογίων - μεταφορών), η μείωση φύρας, η χρήση κατάλληλων υλικών για παραγωγή, κλπ.

Κεφάλαιο 4: Περιπτώσεις εφαρμογής ΔτΠ στην ΕΑΑΠ

4.1 Περιγραφή της ΕΑΑΠ

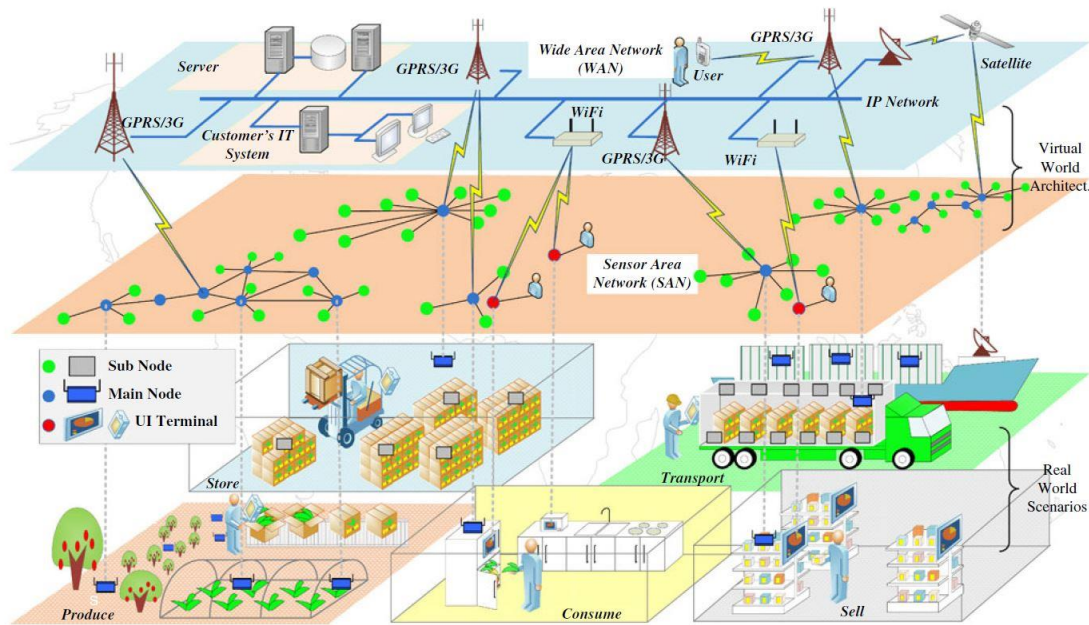
Σύμφωνα με τους [61], η ΕΑΑΠ μπορεί να διαχωριστεί σε τρία στάδια, ανάλογα με το βάθος επεξεργασίας των γεωργικών προϊόντων. Μπορεί να διαιρεθεί σε πρωτογενή μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, ενδιάμεση επεξεργασία και βαθιά μεταποίηση γεωργικών προϊόντων. Η πρωτογενής μεταποίηση γεωργικών προϊόντων αφορά πρωτογενή μεταποίηση ή μη μεταποιημένα γεωργικά προϊόντα, όπως: ρύζι, σιτάρι κλπ. Η ενδιάμεση επεξεργασία γεωργικών προϊόντων αναφέρεται σε «καθαρά πιάτα», ημιτελή προϊόντα κλπ., όπως για παράδειγμα τα προϊόντα σε σουπέρ μάρκετ και καταστήματα. Τα μεταποιημένα γεωργικά προϊόντα αναφέρονται στο τελικό προϊόν, το οποίο μπορεί να καταναλωθεί άμεσα, όπως τα κονσερβοποιημένα γεωργικά προϊόντα, τα οποία έχουν την υψηλότερη προστιθέμενη αξία.

Κατά τη διαδικασία πώλησης και αγοράς, η μεταφορά της αξίας των αγαθών είναι το logistics, η οποία εκδηλώνεται στη μεταφορά, την αποθήκευση, την επεξεργασία, τη διαλογή, την ταξινόμηση και τον έλεγχο της ποιότητας των εμπορευμάτων, τη συσκευασία και τη μεταχείριση αυτών. Το logistics αλλάζει τη χωρική θέση και την εμφάνιση του προϊόντος, επίσης, αφορά τη φυσική διανομή και την ανανέωση των εμπορευμάτων.

Το logistics των γεωργικών προϊόντων περιλαμβάνει την απόκτηση, τη μεταφορά, τη φόρτωση, εκφόρτωση, τη μεταχείριση, τη συσκευασία, τη διανομή και την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων και πληροφοριών. Σε αυτή τη διαδικασία, διαμορφώνεται η προστιθέμενη αξία των γεωργικών προϊόντων.

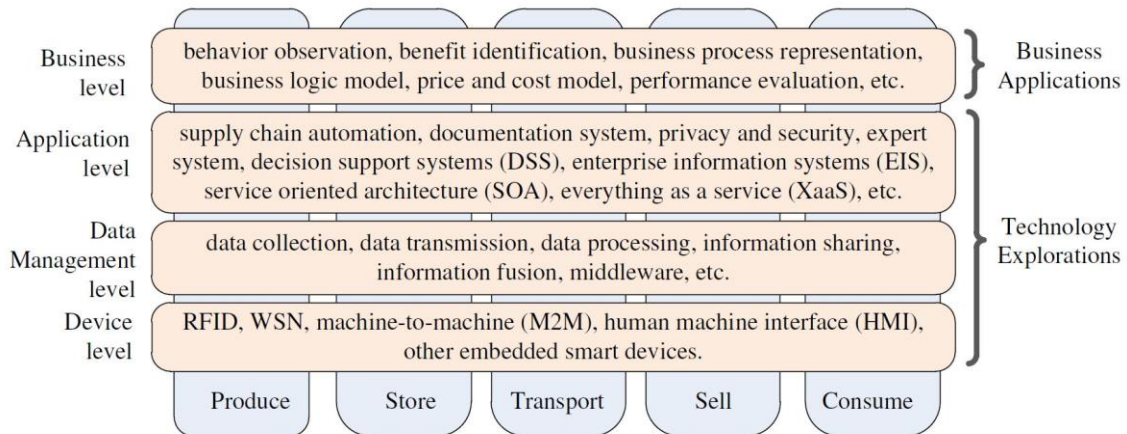
Η ΕΑΑΠ περιλαμβάνει ολόκληρη τη διαδικασία του προϊόντος και είναι ένα σύνθετο σύστημα προσαρμογής της παραγωγής σύμφωνα με την κατανάλωση. Μια επιτυχημένη ΕΑΑΠ τροφίμων περιλαμβάνει την παραγωγή, την παράδοση και τη διανομή γεωργικών προϊόντων που θα επιτρέψουν την ενσωμάτωση και την αλληλεπίδραση του logistics, των πληροφοριών και των ταμειακών ροών. Η ΕΑΑΠ μπορεί να χωριστεί σε νωπή (fresh) και σε μεταποιημένη. Η ΕΑ για νωπά προϊόντα αποτελείται από καλλιεργητές, χονδρεμπόρους, εισαγωγείς και εξαγωγείς, λιανοπωλητές, καταστήματα με πρώτες ύλες και παρόχους υπηρεσιών. Η κύρια διαδικασία της είναι η επεξεργασία, αποθήκευση, συσκευασία και μεταφορά. Στην ΕΑ επεξεργασμένων τροφίμων, το προϊόν λαμβάνεται μέσω της επεξεργασίας των πρώτων υλών, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη προστιθέμενη αξία [61].

Η σημερινή τυπική ΕΑΑΠ είναι ένα κατανεμημένο σύστημα με μεγάλη γεωγραφική και χρονική κλίμακα, πολύπλοκες διαδικασίες λειτουργίας και ποικίλες τεχνικές απαιτήσεις. Παρόλα αυτά πέντε είναι οι βασικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα: Παραγωγή, Αποθήκευση, Μεταφορά, Πώληση και Κατανάλωση [62]. Στο σχήμα 20 απεικονίζεται μια τυπική λύση ΔτΠ για ΕΑΑΠ, η οποία περιλαμβάνει: μια σειρά συσκευών πεδίου (κόμβοι WSN, αναγνώστες / ετικέτες RFID, τερματικά διεπαφής χρήστη κ.λπ.), ένα σύστημα κορμού (βάσεις δεδομένων, διακομιστές και πολλά είδη τερματικά συνδεδεμένα με κατανεμημένα δίκτυα υπολογιστών κ.λπ.) και μια σειρά ετερογενών ενσύρματων και ασύρματων τηλεπικοινωνιακών υποδομών (WiFi, κυψελοειδές, δορυφορικό, ηλεκτρικό δίκτυο, Ethernet κ.λπ.). Λόγω της διάχυτης συνδεσιμότητας, όλες οι φυσικές οντότητες συσκευών πεδίου και εξοπλισμού ραχοκοκαλιάς, μπορεί να κατανεμηθούν σε ολόκληρη την ΕΑ.



Σχήμα 20. Η ΕΑΑΠ με χρήση ΔτΠ [62]

Μέσω λειτουργιών ανίχνευσης και αισθητήρων, όλες οι πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον και διάφορα συμβάντα, μπορούν να συγκεντρωθούν σε ημερήσια βάση. Η τεράστια ποσότητα ακατέργαστων δεδομένων εξαγεται και συγχωνεύεται σε υψηλού επιπέδου και άμεσα χρησιμοποιήσιμες πληροφορίες για συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Στο σχήμα 21 απεικονίζεται το πλαίσιο τεσσάρων επιπέδων το οποίο αφορά τις πέντε διαδικασίες που προαναφέρθηκαν. Η διαστρωμάτωση αποτελείται από το επίπεδο συσκευής, το επίπεδο διαχείρισης δεδομένων, το επίπεδο εφαρμογής και το επιχειρηματικό επίπεδο [62].



Σχήμα 21. Το πλαίσιο διεργασιών της ΕΑΑΠ με χρήση ΔτΠ [62]

Η ΕΑΑΠ διαφέρει όμως από άλλες ΕΑ γιατί διέπεται από πιο αυστηρές προδιαγραφές και κριτήρια. Σύμφωνα με τον [63], τα νωπά γεωργικά προϊόντα περιλαμβάνουν τα λαχανικά, τα φρούτα, τα πουλερικά, τα αυγά, τα υδρόβια προϊόντα, το κρέας, τα γαλακτοκομικά προϊόντα, κλπ. Η διαχείριση της ΕΑ με φρέσκα προϊόντα αφορά το σχεδιασμό, την οργάνωση, το συντονισμό και τον έλεγχο του logistics, της διανομής και της ροής κεφαλαίων και των πληροφοριών στην ΕΑ, τον σωστό αριθμό των εμπορευμάτων στον κατάλληλο χρόνο και τόπο, για να ελαχιστοποιηθεί το κόστος. Ως εκ τούτου, η ΕΑ δεν είναι μόνο ένας κρίκος μεταξύ του προμηθευτή και του καταναλωτή, ούτε ένας κρίκος στην αλυσίδα των πληροφοριών και στο κεφάλαιο, αλλά επίσης είναι μια αξία λόγω της υψηλής προστιθέμενης αξίας από τη βελτίωση της επεξεργασίας, συσκευασίας, και το κέρδος της εταιρείας ή του οργανισμού.

Επιπλέον, λόγω της φύσης των προϊόντων, εισέρχονται στο προσκήνιο πιο αυστηρές απαιτήσεις, σε σύγκριση με άλλα καταναλωτικά προϊόντα. Αρχικά, το νωπό προϊόν συνεπάγεται και μικρότερο χρονικό διάστημα από το σημείο παραγωγής (φάρμα). Επιπλέον, στα νωπά προϊόντα πρέπει να εξασφαλιστεί η επίτευξη ή η βελτίωση της ποιότητας και ένας σταθερός κύκλος ανάπτυξης. Τέλος, θα πρέπει να παρέχονται στους καταναλωτές φρέσκα, ασφαλή, υγιεινά αλλά και ποικιλόμορφα προϊόντα [63].

4.2 Η χρήση του ΔτΠ στην ΕΑΑΠ

Το ΔτΠ στην ΕΑΑΠ αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία [64]:

- Συσκευές ΔτΠ.
- Τεχνολογία τηλεπικοινωνιών.
- Διαδίκτυο.
- Αποθήκευση δεδομένων και επεξεργασία.

4.2.1 Συσκευές ΔτΠ

Οι συσκευές ΔτΠ αποτελούνται από ενσωματωμένα συστήματα που αλληλεπιδρούν με αισθητήρες και ενεργοποιητές και απαιτούν ασύρματη συνδεσιμότητα. Αυτές οι συσκευές ΔτΠ είναι στην πλειοψηφία τους αισθητήρες ΔτΠ. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τη μέτρηση των διαφόρων γεωργικών μεταβλητών (π.χ. θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, δεδομένα για τις καιρικές συνθήκες) και παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή. Οι αισθητήρες μπορεί να ταξινομηθούν σε αισθητήρες θέσης, οπτικούς αισθητήρες, μηχανικούς αισθητήρες, ηλεκτροχημικούς αισθητήρες και αισθητήρες ροής αέρα. Οι αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφοριών, όπως η θερμοκρασία του αέρα, η θερμοκρασία του εδάφους σε διάφορα βάθη, η βροχόπτωση, η υγρασία των φύλλων, η χλωροφύλλη, η ταχύτητα του ανέμου, η θερμοκρασία του σημείου δρόσου, η κατεύθυνση του ανέμου, η σχετική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και η ατμοσφαιρική πίεση. Τα βασικά χαρακτηριστικά της συσκευής ΔτΠ που την καθιστά κατάλληλη για γεωργικούς σκοπούς είναι: 1) ενεργειακή αποδοτικότητα, 2) μνήμη, 3) υπολογιστική αποτελεσματικότητα, 4) φορητότητα, 5) αντοχή, 6) γεωγραφική κάλυψη, 7) αξιοπιστία και 8) κόστος [64].

4.2.2 Τεχνολογία τηλεπικοινωνιών

Η τεχνολογία των τηλεπικοινωνιών διαδραματίζει βασικό ρόλο στην επιτυχή ανάπτυξη των συστημάτων ΔτΠ. Η υπάρχουσα τεχνολογία τηλεπικοινωνιών μπορεί να ταξινομηθεί βάσει φάσματος, προτύπων και περιπτώσεων εφαρμογής. Το πρότυπο επικοινωνίας μπορεί να αφορά πρότυπα τηλεπικοινωνιών μικρής εμβέλειας και μεγάλης εμβέλειας. Το φάσμα μπορεί να αφορά αδειοδοτημένο φάσμα και χωρίς άδεια. Οι περιπτώσεις εφαρμογής των συσκευών ΔτΠ μπορούν να αφορούν χρήση αισθητήρων ή δίκτυο ραχοκοκαλιάς [64].

- Φάσμα: Το μη αδειοδοτημένο φάσμα χρησιμοποιεί τη βιομηχανική, επιστημονική και ιατρική ζώνη RF, γνωστή και ως ζώνη ISM. Το μειονέκτημα της χρήσης του μη αδειοδοτημένου φάσματος είναι θέματα ασφάλειας, κόστος υποδομής και παρεμβολές. Οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές δημιουργούνται από συσκευές ISM ΔτΠ οι οποίες διακόπτουν τις ραδιοεπικοινωνίες μιας και χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα. Από την άλλη πλευρά, το αδειοδοτημένο φάσμα που διατίθεται στο κυψελοειδές δίκτυο προσφέρει πιο αποτελεσματική διαχείριση κίνησης, λιγότερες παρεμβολές, καλύτερη αξιοπιστία, αυξημένη ποιότητα υπηρεσιών (QoS), υψηλό επίπεδο ασφάλειας, ευρύτερη κάλυψη και μικρότερο κόστος υποδομής για τους χρήστες. Το μειονέκτημα της χρήσης αδειοδοτημένου φάσματος είναι το κόστος συνδρομής για τη μετάδοση δεδομένων και την κατανάλωση ισχύος μετάδοσης στις συσκευές ΔτΠ.
- Πρότυπα: Υπάρχουν πάρα πολλές προδιαγραφές για ασύρματες επικοινωνίες. Μπορούν να ταξινομηθούν σε πρότυπα επικοινωνίας μικρής και μεγάλης εμβέλειας. Παραδείγματα των προτύπων μικρής εμβέλειας είναι οι συσκευές Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, παθητικά

και ενεργά συστήματα αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID). Τα πρότυπα μικρής εμβέλειας μπορούν να καλύψουν αποστάσεις εντός 100 μέτρων. Τα πρότυπα τηλεπικοινωνιών μεγάλης εμβέλειας μπορούν να καλύψουν αποστάσεις δεκάδων χιλιομέτρων. Τα πρότυπα επικοινωνίας μεγάλης εμβέλειας ταξινομούνται ως η ευρεία περιοχή χαμηλής ισχύος (LPWA) (παραδείγματα είναι τα LoRa, Sigfox, NB-IoT). Το LPWA χρησιμοποιεί χαμηλή ισχύ και μπορεί να καλύψει ευρεία περιοχή.

- Περιπτώσεις εφαρμογής: Η επιλογή της τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών εξαρτάται επίσης από το πεδίο εφαρμογής της συσκευής ΔΤΠ. Η τεχνολογία επικοινωνίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για συσκευές ΔΤΠ που λειτουργούν ως κόμβοι είτε ως δίκτυα ραχοκοκαλίας. Οι κόμβοι μεταδίδουν μικρές ποσότητες δεδομένων και καλύπτουν πολύ μικρές αποστάσεις με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Το δίκτυο ραχοκοκαλίας υποστηρίζει υψηλές ταχύτητες δεδομένων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολύ μεγάλες αποστάσεις. Ορισμένες από τις τεχνολογίες επικοινωνίας υποστηρίζουν αμφίδρομη σύνδεση. Η αμφίδρομη ζεύξη επιτρέπει τη διόρθωση σφαλμάτων προς τα εμπρός, την ακεραιότητα των δεδομένων, την κρυπτογράφηση αυτών, τις ενημερώσεις λογισμικού ασύρματα (over-the-air) και την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών. Η σύγκριση του LoRa και του NB-IoT δείχνει ότι κάθε τεχνολογία έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, επομένως η πιο κατάλληλη τεχνολογία εξαρτάται από το πεδίο εφαρμογής.

Επιπρόσθετα, η επιλογή της τεχνολογίας για τη συσκευή ΔΤΠ εξαρτάται επίσης από τον τύπο της τοπολογίας που πρόκειται να αναπτυχθεί. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι τοπολογίας, όπως η τοπολογία ομότιμων κόμβων (P2P), η ακολουθιακή, το αστέρι, το πλέγμα, ο δακτύλιος, το δέντρο και η αρτηρία. Σε κάθε μία από αυτές τις τοπολογίες, μια συσκευή ΔΤΠ μπορεί να έχει διαφορετικούς ρόλους και να επιτελεί διαφορετικές λειτουργίες. Ο ρόλος μπορεί να είναι είτε συντονιστής PAN (Personal Area Network) είτε ως τελική συσκευή. Οι λειτουργίες μπορεί να είναι Συσκευή Πλήρους Λειτουργίας-ΣΠΛ (Full Function Device-FFD) ή Συσκευή Μειωμένης Λειτουργίας-ΣΜΛ (Reduced Function Device-RFD). Στην τοπολογία P2P, το PAN λειτουργεί ως ΣΠΛ και ξεκινά την επικοινωνία, ενώ οι τελικές συσκευές μπορούν είτε να λειτουργούν ως ΣΠΛ είτε ΣΜΛ. Η τελική συσκευή που λειτουργεί ως ΣΠΛ μπορεί να έχει πολλαπλές συνδέσεις ενώ η τελική συσκευή που ενεργεί ως ΣΜΛ μπορεί να συνδεθεί μόνο σε μια ΣΠΛ και δεν μπορεί να συνδεθεί με άλλη ΣΜΛ. Η τοπολογία αστέρα αποτελείται από PAN που εκκινεί την επικοινωνία και δέχεται σύνδεση από άλλες συσκευές. Οι τελικές συσκευές μπορούν να δημιουργήσουν συνδέσεις μόνο με τον συντονιστή PAN [64].

4.2.3 Διαδίκτυο

Η πρόοδος στον τομέα των ασύρματων συστημάτων επικοινωνίας, των κινητών συσκευών και των υπηρεσιών διάχυτου υπολογισμού, έχει ανοίξει το δρόμο για μαζική συνδεσιμότητα με το Διαδίκτυο. Σύμφωνα με την έρευνα της [65], ο αριθμός των συνδεδεμένων γεωργικών συσκευών αναμένεται να αυξηθεί από 13 εκατομμύρια στο τέλος του 2014 σε 225 εκατομμύρια μέχρι το 2024. Το Διαδίκτυο αποτελεί το βασικό στρώμα του δικτύου, όπου παρέχονται υπηρεσίες για τη μεταφορά και την ανταλλαγή δεδομένων και πληροφοριών δικτύου μεταξύ πολλών υποδικτύων. Η σύνδεση των συσκευών ΔΤΠ στο Διαδίκτυο διευκολύνει στο να είναι διαθέσιμα τα δεδομένα οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Ωστόσο, η μεταφορά δεδομένων μέσω του Διαδικτύου απαιτεί επαρκή ασφάλεια, υποστήριξη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και ευκολία πρόσβασης. Σε αυτό το σημείο έρχεται να δώσει λύση το Υπολογιστικό Νέφος, όπου συγκεντρώνονται μεγάλα δεδομένα για αποθήκευση και επεξεργασία. Το Υπολογιστικό Νέφος περιλαμβάνει τη διαχείριση του περιβάλλοντος χρήστη, τις υπηρεσίες, την οργάνωση και το συντονισμό των κόμβων δικτύου, τον υπολογισμό και τα δεδομένα επεξεργασίας. Για να επιτευχθεί η συνδεσιμότητα ετερογενών συστημάτων και συσκευών μέσω του Διαδικτύου, αναπτύσσονται πρωτόκολλα ενδιάμεσου λογισμικού (middleware) και συνδεσιμότητα ΔΤΠ. Παραδείγματα του ενδιάμεσου λογισμικού ΔΤΠ είναι η Αρχιτεκτονική Προσανατολισμένη στις Υπηρεσίες-ΑΠΥ (Service Oriented Architecture-SOA), ενώ το λογισμικό ΔΤΠ που βασίζεται σε Νέφος και το λογισμικό ΔΤΠ actor-based έχουν υλοποιηθεί για την υποστήριξη του ΔΤΠ. Η ΑΠΥ για ΔΤΠ αποτελείται από πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες αρχιτεκτονικές ΔΤΠ αποτελούνται από τα

ακόλουθα επίπεδα: αισθητήρων (sensing), πρόσβασης (accessing), δικτύωσης (networking), ενδιάμεσου λογισμικού (middleware), and επιπέδων εφαρμογής (application layers) [64].

4.2.4 Αποθήκευση δεδομένων και επεξεργασία

Η γεωργία που βασίζεται σε δεδομένα περιλαμβάνει τη συλλογή τεράστιων, δυναμικών, σύνθετων και χωρικών δεδομένων, τα οποία απαιτούν αποθήκευση και επεξεργασία. Όπως έχει αναφερθεί, τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι δομημένα ή μη δομημένα, ενώ μπορούν να έχουν τη μορφή κειμένου, εικόνων, ήχου και βίντεο. Τα δεδομένα επίσης μπορεί να είναι ιστορικά, δεδομένα αισθητήρων, δεδομένα που αντλούνται την ίδια στιγμή, δεδομένα σχετικά με την επιχείρηση και με την αγορά. Η χρήση Νέφους ΔΤΠ επιτρέπει την αποθήκευση μεγάλων δεδομένων από τους αισθητήρες σε αυτό. Αυτό περιλαμβάνει τη φιλοξενία εφαρμογών που είναι κρίσιμες για την παροχή υπηρεσιών και τη διαχείριση της αρχιτεκτονικής ΔΤΠ από άκρη-σε-άκρη. Η νέα τάση υποστηρίζει Υπολογιστική στα Άκρα του Δικτύου (Edge Computing) ή Ομιχλώδους Επεξεργασίας (Fog Computing), όπου οι συσκευές και οι πύλες ΔΤΠ πραγματοποιούν οι ίδιες υπολογισμούς και ΑΔ. Κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση της καθυστέρησης για κρίσιμες εφαρμογές, μείωση του κόστους και συγκεκριμένη Ποιότητα Εξυπηρέτησης (Quality of Service-QoS). Υπάρχουν διάφορα συστήματα πληροφοριών διαχείρισης της γεωργίας που έχουν αναπτυχθεί για τη διαχείριση των διαφόρων μορφών δεδομένων. Παραδείγματα μερικών από τις εμπορικά διαθέσιμες πλατφόρμες είναι τα συστήματα Onfarm, το Farmobile, η πλατφόρμα Silent Herdsman, η Cropx, η Farmx, η Easyfarm, η ΚΑΑ και η Farmlogs. Αυτές οι πλατφόρμες παρέχουν αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων, καθώς επίσης και Ανάλυσης Δεδομένων [64].

4.3 Εφαρμογές ΔΤΠ στην ΕΑΑΠ

Υπάρχουν διάφορα παραδείγματα εφαρμογής του ΔΤΠ στη γεωργία. Παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων χρήσης είναι η καλλιέργεια και η κτηνοτροφία, η μηχανική, η άρδευση και η παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων, η παρακολούθηση του καιρού, η παρακολούθηση του εδάφους, ο έλεγχος των ασθενειών και των παρασίτων, η αυτοματοποίηση και η ακρίβεια. Τα πεδία εφαρμογής του ΔΤΠ αναλύονται με βάση τα εξής χαρακτηριστικά: παρακολούθηση, ανίχνευση και εντοπισμός, γεωργικά μηχανήματα, γεωργία ακριβείας και παραγωγή θερμοκηπίου [64].

4.3.1 Παρακολούθηση

Στη γεωργία μπορεί να παρακολουθούνται πολλοί τομείς. Οι κυριότεροι εξ αυτών επισημαίνονται και αναλύονται ακολούθως [64]:

- ✓ **Καλλιέργειες:** Στην καλλιέργεια, υπάρχουν διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα αγροτικά προϊόντα. Η απόκτηση αυτών των δεδομένων βοηθά στην κατανόηση των προτύπων και της διαδικασίας της εκμετάλλευσης. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν την ποσότητα των βροχοπτώσεων, την υγρασία των φύλλων, τη θερμοκρασία, την υγρασία του αέρα, την υγρασία του εδάφους, την αλατότητα, το κλίμα, τον ξηρό κύκλο, την ηλιακή ακτινοβολία, τη μετακίνηση παρασίτων, τις ανθρώπινες δραστηριότητες κλπ. Η απόκτηση τέτοιου λεπτομερούς αρχείου επιτρέπει τη βέλτιστη λήψη αποφάσεων για την ποιότητα των γεωργικών προϊόντων, την ελαχιστοποίηση του κινδύνου και τη μεγιστοποίηση των κερδών. Για παράδειγμα, τα δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολίας παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την έκθεση των φυτών στο ηλιακό φως, όπου ο γεωργός μπορεί να εντοπίσει εάν τα φυτά είναι σωστά εκτεθειμένα ή υπέρμετρα εκτεθειμένα. Οι πληροφορίες για την περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο των εδαφολογικών συνθηκών και στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης φυτικών ασθενειών. Επιπλέον, τα έγκαιρα και ακριβή δεδομένα πρόγνωσης καιρού, όπως οι κλιματικές αλλαγές και οι βροχοπτώσεις, μπορούν να βελτιώσουν το επίπεδο παραγωγικότητας. Επιπρόσθετα, τα δεδομένα αυτά μπορούν να βοηθήσουν τους αγρότες στο στάδιο του σχεδιασμού και να μειώσουν το κόστος της εργασίας. Οι γεωργοί μπορούν επίσης να λάβουν εκ των προτέρων διορθωτικά και προληπτικά μέτρα

με βάση τα παρεχόμενα δεδομένα. Τα δεδομένα κίνησης των παρασίτων μπορούν να συλλεχθούν και να παρασχεθούν εξ αποστάσεως την ίδια χρονική στιγμή στους αγρότες για τον έλεγχο των παρασίτων ή να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν συμβουλές στους αγρότες βάσει της καταγραφής των εμφανίσεών τους.

- ✓ **Ενυδραιοπονία (Aquaponics):** Η Ενυδραιοπονία είναι ο συνδυασμός της υδατοκαλλιέργειας και της υδροπονίας, όπου τα απόβλητα από τα ψάρια τροφοδοτούνται σε φυτά για να παρέχουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για αυτά. Σε αυτές τις φάρμες, είναι σημαντικό να παρακολουθείται συνεχώς η ποιότητα του νερού, η στάθμη του νερού, τα επίπεδα θερμοκρασίας, η υγεία των υδάτων, η αλατότητα, το επίπεδο pH, η υγρασία και το φως του ήλιου. Τα ακριβή δεδομένα μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση των φυτών και των ψαριών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς αυτοματισμού με άμεσο αποτέλεσμα την ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση.
- ✓ **Δασοκομία:** Η δασοκομία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα και επίσης φιλοξενεί πάνω από τα δύο τρίτα των παγκοσμίως γνωστών ειδών. Οι παράγοντες που πρέπει να παρακολουθούνται σε ένα δάσος περιλαμβάνουν: τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους και του αέρα και τα διαφορετικά επίπεδα αερίων, όπως μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα, τολουόλιο, οξυγόνο, υδρογόνο, μεθάνιο, ισοβουτάνιο, αμμωνία, αιθανόλη, υδρόθειο και διοξείδιο του αζώτου. Αυτές οι παράμετροι μπορούν να παράσχουν συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης και συναγερμού ενάντια στις πυρκαγιές στο δάσος και επίσης να βοηθήσουν στην παρακολούθηση των ασθενειών.
- ✓ **Κτηνοτροφία:** Οι παράγοντες που πρέπει να παρακολουθούνται στην κτηνοτροφία εξαρτώνται από τους τύπους ζώων που εξετάζονται. Για παράδειγμα, η αγωγιμότητα του γάλακτος από βουβάλια και αγελάδες μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση υγείας των ζώων. Άλλοι παράγοντες είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η απόδοση, η επιδημία και η ποιότητα του νερού. Η τεχνολογική λύση που θα υλοποιηθεί επιτρέπει στους αγρότες να εντοπίζουν και να αναζητούν την τοποθεσία του κοπαδιού τους, επισημαίνοντας μεμονωμένα ζώα με συσκευή RFID, αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την κλοπή ζώων. Μπορούν επίσης να παρακολουθούνται και άλλοι τομείς, όπως η παρακολούθηση της αποθήκευσης που περιλαμβάνει τα ύδατα, τα καύσιμα και τις ζωοτροφές και τα δεδομένα μπορούν να βοηθήσουν τους αγρότες να προγραμματίσουν και να εξοικονομήσουν κόστος. Ενώ έχουν παρασχεθεί αρκετές λύσεις στον τομέα της παρακολούθησης, η υιοθέτηση σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις μικρής και μεσαίας κλίμακας είναι πολύ περιορισμένη, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες λόγω έλλειψης κόστους ευαισθητοποίησης και ανάπτυξης. Η δυνατότητα ανάπτυξης οικονομικά αποδοτικών γεωργικών λύσεων ΔΤΠ εξακολουθεί να είναι μια πολύ ανοικτή περιοχή [64].

4.3.2 Ανίχνευση και εντοπισμός

Το ΔΤΠ μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στην παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων για τη βελτίωση της ΕΑ των επιχειρήσεων. Το Διαδίκτυο μπορεί να παράσχει δεδομένα που θα επιτρέψουν στις γεωργικές επιχειρήσεις να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις, να προγραμματίζουν, να συνδέονται έξυπνα με τους επιχειρηματικούς εταίρους και να εξοικονομούν χρόνο και χρήμα. Οι πληροφορίες, όπως η τοποθεσία, η αναγνώριση στοιχείων, μπορούν να εντοπιστούν χρησιμοποιώντας το RFID και το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) που βασίζεται στο Νέφος. Η παρακολούθηση και ο εντοπισμός της ΕΑΑΠ επιτρέπει στον καταναλωτή να γνωρίζει το πλήρες ιστορικό του προϊόντος, βελτιώνοντας έτσι την εμπιστοσύνη του αναφορικά με θέματα που αφορούν την ασφάλεια των προϊόντων και την υγεία. Η παρακολούθηση και ο εντοπισμός επιτρέπουν την συλλογή πολλών δεδομένων κατά μήκος της ΕΑ, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται στον καταναλωτή και σε άλλους ενδιαφερόμενους η προέλευση, η τοποθεσία και το ιστορικό της ζωής ενός προϊόντος. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που μπορούν να εντοπιστούν, ανάμεσα στους οποίους περιλαμβάνονται το περιβάλλον, οι συνθήκες παραγωγής, παράγοντες παρασίτων, παράγοντες διαχείρισης, συνθήκες αποθήκευσης, μεταφοράς και χρόνου αγοράς. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν επίσης να δημιουργήσουν άμεσο ή δυνητικό

κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών. Οι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το περιβάλλον είναι το έδαφος, ο αέρας και το νερό. Οι συνθήκες παραγωγής επηρεάζονται από την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων. Επιπλέον, ο τύπος των ζωοτροφών και των εμβολίων που χορηγούνται στα ζώα μπορεί να παρακολουθηθεί, καθώς μπορεί να προκαλέσει άμεσα προβλήματα υγείας. Τα γεωργικά προϊόντα μπορούν γενικά να επηρεαστούν από τα παράσιτα κατά τη διάρκεια ολόκληρης της διαδικασίας, τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ποσότητα και την ποιότητα του προϊόντος, η παρακολούθηση των προϊόντων μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να βελτιώσουν την αλυσίδα παραγωγής και εφοδιασμού. Τα συστήματα παρακολούθησης και ανίχνευσης θα πρέπει βασικά να περιλαμβάνουν: εισαγωγή πληροφοριών, αποθήκευση, μεταφορά, επεξεργασία και έξοδο. Οι πληροφορίες εισόδου περιλαμβάνουν τα δεδομένα ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος, τη γεωγραφική προέλευση, την τρέχουσα θέση, τον προορισμό και τους εμπλεκόμενους φορείς σε ολόκληρη την ΕΑ. Τα συστήματα θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνουν μνήμη για την αποθήκευση των πληροφοριών σε μια χρονική περίοδο για σκοπούς έρευνας και ανάπτυξης. Η μεταφορά πληροφοριών αναφέρεται στη διαδικασία ενοποίησης και τυποποίησης ολόκληρης της πληροφορίας. Το σύστημα παρακολούθησης και ανίχνευσης θα πρέπει επίσης να είναι σε θέση να επεξεργάζεται τα δεδομένα που συλλέγονται και τελικά να τα εξαγει σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς καθ' όλο το φάσμα της ΕΑ [64].

4.3.3 Γεωργικά μηχανήματα

Τα γεωργικά μηχανήματα που βασίζονται σε ΔΤΠ μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών και στη μείωση των απωλειών. Με τη σωστή χαρτογράφηση, τη χρήση του GPS και των παγκόσμιων δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης (Global Navigation Satellite Systems, GNSS), τα γεωργικά μηχανήματα μπορούν να λειτουργήσουν από μόνα τους. Οι μηχανές που περιλαμβάνουν οχήματα, μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (Unmanned Aerial Vehicles, UAV) και ρομπότ, μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες που συλλέγονται μέσω του συστήματος ΔΤΠ για ακριβή και αποτελεσματική εφαρμογή των πόρων στις απαιτούμενες εκτάσεις. Τα μηχανήματα μπορούν επίσης να συλλέγουν δεδομένα και αυτά τα δεδομένα μπορούν να βοηθήσουν τους αγρότες να χαρτογραφήσουν τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις τους και να σχεδιάσουν διαδικασίες, όπως λίπανση, άρδευση και διατροφή. Τέτοια γεωργικά μηχανήματα κατασκευάζει η CLAAS, έχοντας εγκαταστήσει ΔΤΠ στον εξοπλισμό τους, ενώ οι αισθητήρες των UAV της Precisionhawk, μπορούν να παρέχουν στους αγρότες πληροφορίες, όπως ταχύτητα ανέμου και πίεση αέρα, μεταξύ άλλων παραμέτρων. Η λύση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για απεικόνιση και χαρτογράφηση γεωργικών αγροτεμαχίων [66], [67].

4.3.4 Γεωργία ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας μπορεί απλώς να οριστεί ως η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από γεωργικές μεταβλητές και η χρήση προγνωστικών αναλύσεων για έξυπνες αποφάσεις, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν οι αποδόσεις, να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να μειωθεί το κόστος. Η γεωργία ακριβείας στηρίζεται σε διάφορες τεχνολογίες, οι οποίες περιλαμβάνουν κόμβους αισθητήρων, GPS και Ανάλυση Δεδομένων για να επιτευχθεί η βελτιωμένη απόδοση καλλιεργειών. Μέσω της Ανάλυσης Δεδομένων επιτυγχάνονται λιγότερες απώλειες πόρων, όπως το νερό στα αρδευτικά συστήματα, τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα κλπ. Η γεωργία ακριβείας παρουσιάζει νέες προκλήσεις για τους ερευνητές στον τομέα της ρομποτικής, της επεξεργασίας εικόνων, της ανίχνευσης μετεωρολογικών δεδομένων κλπ. Με το GPS και το GNSS, οι γεωργοί είναι σε θέση να εντοπίσουν ακριβείς τοποθεσίες και τοποθεσίες χαρτών με πολλές μεταβλητές δεδομένων, οι οποίες στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τη βέλτιστη διανομή αγροτικών πόρων, όπως σπορά, ψεκασμό και άλλες υπηρεσίες. Παρόλο που η γεωργία ακριβείας μπορεί να βελτιώσει την απόδοση, είναι απαραίτητο να παρέχει λύσεις που να είναι εύκολο να χρησιμοποιηθούν από τους αγρότες και να παρέχει επίσης κατάρτιση που να επιτρέπει στους μικρομεσαίους αγρότες να επωφεληθούν από τέτοια συστήματα [64].

4.3.5 Παραγωγή θερμοκηπίου

Η τεχνολογία θερμοκηπίου, είναι μια τεχνική, όπου τα φυτά καλλιεργούνται υπό ελεγχόμενο περιβάλλον. Προσφέρει το πλεονέκτημα της καλλιέργειας σε οποιοδήποτε σημείο ανά πάσα στιγμή παρέχοντας κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες. Έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες σχετικά με την εφαρμογή των Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων (Wireless Sensor Network – WSN) στο θερμοκήπιο για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών. Πρόσφατα έργα έχουν δείξει πώς μπορεί να εφαρμοστεί το ΔτΠ στο θερμοκήπιο, προκειμένου να μειωθούν οι ανθρωπίνιοι πόροι, να εξοικονομηθεί ενέργεια και να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης ώστε να μπορούν οι παραγωγοί να συνδεθούν απευθείας με τους πελάτες [64].

4.4 ΔτΠ και Ανάλυση Δεδομένων (Data Analytics-DA)

Η ακριβής Ανάλυση Δεδομένων-ΑΔ στη γεωργία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας και στην αύξηση της παραγωγικότητας. Η ΑΔ έχει ταξινομηθεί σε τύπους με βάση την απαίτηση των εφαρμογών ΔτΠ. Αυτό περιλαμβάνει αναλύσεις σε πραγματικό χρόνο, αναλύσεις εκτός σύνδεσης (offline), αναλύσεις σε επίπεδο μνήμης, αναλύσεις επιπέδων επιχειρηματικής ευφυΐας και μαζικές αναλύσεις. Η επεξεργασία εικόνων έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη γεωργία για διάφορους σκοπούς που κυμαίνονται από την ανίχνευση της ασθένειας στα φύλλα, το στέλεχος και τα φρούτα, την ποιότητα των φρούτων, την ανίχνευση ζιζανίων και την άρδευση. Πρόσφατα, ο συνδυασμός της επεξεργασίας εικόνων και του ΔτΠ στη γεωργία πραγματοποιείται για την επίτευξη προϊόντων υψηλότερης ποιότητας και τη μείωση της αποτυχίας των καλλιεργειών. Αυτό συνεπάγεται τη χρήση drones για να συλλάβει τις αεροφωτογραφίες σε τακτά χρονικά διαστήματα, καθώς και την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραγόντων χρησιμοποιώντας τις συσκευές ΔτΠ. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι ΑΔ, οι οποίες αναλύονται διεξοδικά από τους [18]. Προκύπτει έτσι η κατηγοριοποίηση αυτών των μεθόδων, σύμφωνα με την ταξινόμηση, την ομαδοποίηση, την εξόρυξη κανόνων συσχέτισης και την πρόβλεψη. Στην εργασία των [64] δίνεται έμφαση στη σημασία της ΑΔ στη γεωργία και πώς η ΑΔ μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη, τη διαχείριση της αποθήκευσης, τη λήψη αποφάσεων, τη διαχείριση της φάρμας, την καλλιέργεια ακριβείας και την ασφάλιση.

4.4.1 Πρόβλεψη

Το ΔτΠ παρέχει μεγάλου όγκου δεδομένα που μπορούν να μελετηθούν με την πάροδο του χρόνου για να εκτιμηθούν οι σημερινές περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα δεδομένα που συλλέγονται σε διάφορους τύπους αισθητήρων δικτύων μπορούν να μελετηθούν χρησιμοποιώντας ΑΔ και μπορεί να αναπτυχθεί έξυπνος αλγόριθμος για την πρόβλεψη των περιβαλλοντικών αλλαγών και την παροχή λύσεων. Παρόλο που τα δεδομένα του ΔτΠ μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο ενός αγροκτήματος, όπως τα συστήματα άρδευσης, τα δεδομένα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη και την προειδοποίηση των αγροτών από ασθένειες ή ακραίες καιρικές συνθήκες, όπως φθορές ή ξηρασία. Για παράδειγμα, στη δασοκομία, οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πρόβλεψη, τον εντοπισμό καθώς και την παρακολούθηση της εστίας φωτιάς.

4.4.2 Διαχείριση αποθήκευσης

Ένας μεγάλος αριθμός γεωργικών προϊόντων χάνεται συνήθως λόγω κακής διαχείρισης του συστήματος αποθήκευσης. Ενώ η θερμοκρασία, η υγρασία και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν σημαντικά τη μόλυνση των προϊόντων διατροφής, τα έντομα, οι μικροοργανισμοί και τα τρωκτικά μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα και την ποσότητα των τροφίμων. Η χρήση του ΔτΠ και της ΑΔ στα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποθήκευσης γεωργικών προϊόντων. Μπορούν να αναπτυχθούν αισθητήρες για την παρακολούθηση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Τα δεδομένα αποστέλλονται στο Νέφος και αναλύονται. Ένα αυτοματοποιημένο σύστημα αποφάσεων, το οποίο βασίζεται στα δεδομένα που έχουν αναλυθεί, μπορεί να αναπτυχθεί για να προσαρμόσει τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, οι γεωργοί μπορούν να ενημερώνονται

εκ των προτέρων για ακραίες συνθήκες ή εάν έχουν αναφερθεί επιβλαβείς οργανισμοί στην εγκατάσταση αποθήκευσης. Στην Ινδία, αναφέρεται ότι περίπου 35% έως 40% του νωπού προϊόντος χάνεται μετά τη συγκομιδή λόγω αλλοίωσης ή παράσιτων. Οι [68] παρουσιάζουν ένα σύστημα διαχείρισης ψυχρής αποθήκευσης το οποίο σχεδιάστηκε με βάση την τεχνολογία ΔτΠ, όπου η εγκατάσταση αποθήκευσης λειτουργεί με ελεγχόμενη υγρασία και θερμοκρασία. Παρόλο που το ΔτΠ μπορεί να βελτιώσει τη μονάδα αποθήκευσης γεωργικών προϊόντων, η ασφάλεια πρέπει να ενσωματωθεί σε ένα τέτοιο σύστημα για να αποφευχθεί κλοπή του προϊόντος σε περίπτωση διακοπών ρεύματος.

4.4.3 Λήψη αποφάσεων

Η λήψη αποφάσεων απαιτεί αξιόπιστες πληροφορίες που μπορούν να ληφθούν από δεδομένα αισθητήρων. Τα μεγάλα δεδομένα που προέρχονται από αισθητήρες προσφέρουν ευκαιρίες μάθησης για τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων σε διαρκώς μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η λήψη τέτοιων αποφάσεων μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη. Μπορούν να ληφθούν αυτοματοποιημένες αποφάσεις από το σύστημα ΔτΠ όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, συνεπώς απαιτούνται λιγότερες ή καθόλου ανθρώπινες παρεμβάσεις. Μια τέτοια αυτοματοποιημένη απόφαση θα μπορούσε να περιλαμβάνει τη ρύθμιση των θερμοκρασιών μέχρι τον έλεγχο της παροχής νερού σε ένα σύστημα άρδευσης. Για παράδειγμα, στα θερμοκήπια η χρήση της μηχανικής μάθησης μπορεί να συμβάλει στον προσδιορισμό των βέλτιστων συνθηκών κάτω από τις οποίες θα αναπτυχθεί μια συγκεκριμένη καλλιέργεια παρατηρώντας τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες που σχετίζονται με τα θρεπτικά συστατικά, την απόδοση, την ανάπτυξη, τη διαπνοή, το χρώμα, τη γεύση και την επαναμεταμόσχευση και την ποιότητα του αέρα. Η άμεση λήψη σωστών αποφάσεων μπορεί επίσης να ενισχυθεί από το ποσό των πληροφοριών που λαμβάνονται από την ΑΔ, επομένως είναι σημαντικό τα δεδομένα να είναι ακριβή, συνοπτικά, πλήρη και έγκαιρα. Έχουν αναπτυχθεί αρκετά συστήματα γεωργικής λήψης αποφάσεων που επιτρέπουν στους γεωργούς να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τα αγροκτήματα και τα ζώα τους. Ένα τέτοιο σύστημα παρουσίασαν οι [69]. Η ΑΔ παρέχει απόφαση σχετικά με την τεχνική καθοδήγηση στους αγρότες, τον έλεγχο παρασίτων και ασθενειών και τη σύσταση από απομακρυσμένα συστήματα καθοδήγησης εμπειρογνομόνων.

4.4.4 Διαχείριση φάρμας

Το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης επιτρέπει την παρακολούθηση ολόκληρης της φάρμας. Τα δεδομένα συλλέγονται μέσω ενός δικτύου αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων σε ζώα, με μοναδικό σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας. Τρεις βασικοί παράγοντες που περιλαμβάνουν τη διαχείριση κινδύνου, το κόστος και την απόδοση παραγωγικότητας πρέπει να διαχειρίζονται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και να βελτιστοποιούνται κατάλληλα για να μεγιστοποιηθεί η παραγωγικότητα. Η ΑΔ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, αφού παρέχει στους αγρότες δεδομένα που μπορούν να μελετηθούν για να αποφευχθεί ο περιττός κίνδυνος ή να εφαρμοστούν προληπτικά μέτρα για τη βελτίωση της παραγωγικότητας. Η ΑΔ επιτρέπει επίσης τη σύνδεση και τη διαχείριση διαφόρων γεωργικών εκμεταλλεύσεων σε μια ενιαία πλατφόρμα, όπου μεταδίδονται πληροφορίες σχετικά με την πρόοδο στον τομέα της επιστήμης, την παραγωγή, το μάρκετινγκ, τις συστάσεις και άλλα συναφή θέματα, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η παραγωγικότητα, η απόδοση και τα έσοδα [64].

4.4.5 Γεωργία της ακριβείας

Η ΑΔ που χρησιμοποιεί δεδομένα από τους αισθητήρες μπορεί να επιτρέψει την ακριβή εφαρμογή των χημικών και των λιπασμάτων σε συγκεκριμένες περιοχές του αγροκτήματος, γεγονός που μπορεί να βελτιώσει την παραγωγικότητα μειώνοντας το κόστος καλλιέργειας. Ωστόσο, το κόστος εγκατάστασης, η τεχνολογία και η ευαισθητοποίηση εξακολουθούν να περιορίζουν την ανάπτυξη συστημάτων αγροτικής ακριβείας με βάση το Διαδίκτυο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Επιπλέον, οι περισσότερες υλοποιήσεις στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι μικρής κλίμακας, οι περισσότεροι αγρότες δεν βλέπουν την ανάγκη να εφαρμόσουν μια τέτοια τεχνολογία. Η ανάπτυξη κατάλληλων

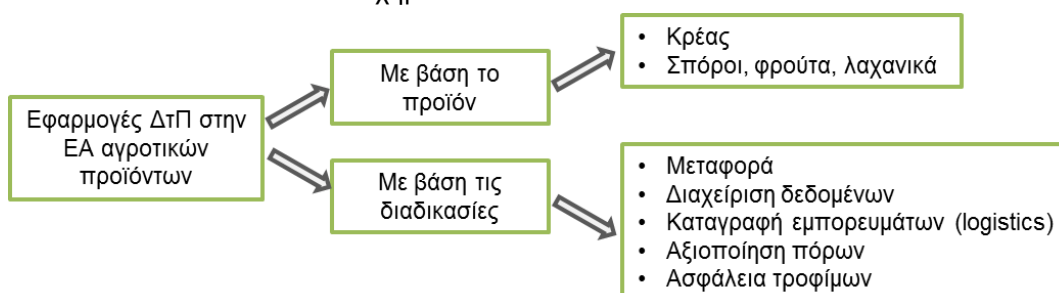
λύσεων για τη γεωργία της ακριβείας για τις μικρές φάρμες εξακολουθεί να παραμένει ανοιχτός χώρος για τους ερευνητές [64].

4.4.6 Ασφάλιση

Οι γεωργοί είναι συνήθως εκτεθειμένοι σε ακραίες καιρικές συνθήκες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε κακή συγκομιδή. Ωστόσο, με την εφαρμογή της τεχνολογίας του ΔτΠ, μπορεί να αναπτυχθεί ένα δίκτυο αισθητήρων και η παρακολούθηση μπορεί να επιτευχθεί με απομακρυσμένους μη επανδρωμένους σταθμούς. Τα δεδομένα μπορούν να σταλούν στο Νέφος και να αναλυθούν. Το ασφαλιστήριο συμβόλαιο μπορεί να ενσωματώνει συστήματα προειδοποίησης, όπου προβλέπονται ακραίες καιρικές συνθήκες και οι ασφαλισμένοι αγρότες ειδοποιούνται με μηνύματα κειμένου. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα της ΑΔ είναι το γεγονός ότι οι ασφαλιστικές εταιρείες έχουν πρόσβαση στα δεδομένα από τα απομακρυσμένα αγροκτήματα και μπορούν να εκτελέσουν μια αυτοματοποιημένη πληρωμή μέσω των συστημάτων πληρωμών ΔτΠ όταν παρατηρηθούν ακραίες συνθήκες. Αυτό μπορεί να εξαλείψει την ανάγκη για μακρά διαδικασία αποζημιώσεων, όπου η ασφαλιστική εταιρεία πρέπει να εξακριβώσει την έκταση της ζημίας μέσω αυτοψίας στα αγροκτήματα [64].

Κεφάλαιο 5: Κατηγοριοποίηση εφαρμογών ΔτΠ στην ΕΑΑΠ

Αφού έχει περιγραφεί η ΕΑΑΠ, ο τρόπος με τον οποίο υπηρεύεται το ΔτΠ σε αυτή καθώς και οι τομείς εφαρμογής του σε αυτή, παρουσιάζονται εφαρμογές ΔτΠ οι οποίες είτε λύνουν κάποιο πρόβλημα στην ΕΑΑΠ, είτε καταπιάνονται με συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντος. Η προσέγγιση αποτυπώνεται στο ακόλουθο σχήμα 22:



Σχήμα 22. Κατηγοριοποίηση εφαρμογών ΔτΠ στην ΕΑΑΠ.

5.1 Κατηγοριοποίηση με βάση τα προϊόντα

5.1.1 Κρέας

Στο πλαίσιο ενός τεράστιου όγκου πληροφοριών, απαιτείται μια έξυπνη διαχείριση της ΕΑ. Για αρκετό καιρό τώρα η ΕΑ χρησιμοποιεί στατιστικά στοιχεία και έρευνα της λειτουργίας για τη βελτιστοποίηση των στόχων προσφοράς και ζήτησης. Ένα καινούριο πεδίο ΑΔ θα μπορούσε να ληφθεί από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, όπου η χρήση τους επιτρέπει να αποκτηθούν γνώσεις σχετικά με την αντίληψη των καταναλωτών και να αποτυπωθούν σε πραγματικό χρόνο οι αντιδράσεις τους σχετικά με ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα προϊόντα. Από αυτή την άποψη, αναπτύσσονται διαφορετικές σύγχρονες προσεγγίσεις, όπως το ΔτΠ ή το Κβαντικό Νευρωνικό Δίκτυο (Quantum Neural Network). Πάνω σε αυτόν τον άξονα, οι [70], προτείνουν μια αναλυτική προσέγγιση, βασισμένη σε τρία μοντέλα μηχανικής μάθησης: το KNN (K-Nearest Neighbours), το Logistic Regression και το SVM (Support Vector Machine), συνδυαστικά με τη χρήση των δεδομένων από Twitter στην διαχείριση ΕΑ για το κοτόπουλο. Η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να επεκταθεί και σε άλλα θέματα, όπως ανίχνευση ανωμαλιών και κωδικοποίηση πληροφοριών πελατών. Η ανάλυση της δεδομένης πληροφορίας από τα κοινωνικά μέσα, χρησιμοποιείται για να κατανοηθεί η ΕΑ κοτόπουλου, με βάση την ανατροφοδότηση των καταναλωτών στο Twitter. Η μελέτη αυτού του είδους δεδομένων συμπεριλαμβάνει την κατανόηση των λόγων για τα θετικά και αρνητικά συναισθήματα, τον εντοπισμό της επικοινωνιακής φύσης και τις παρατηρήσεις των χρηστών του Twitter που συζητούν για διάφορες πτυχές που σχετίζονται με την ΕΑ κοτόπουλου. Οι καταναλωτές χρησιμοποιούν τα κοινωνικά μέσα όπως το Twitter για να εκφράσουν την άποψή τους σχετικά με την ποιότητα του κοτόπουλου (χρώμα, γεύση, τιμή, συσκευασία, κ.ά.), η οποία παράγει πολλές χρήσιμες, διαθέσιμες πληροφορίες για την ανάπτυξη και τη βελτίωση της στρατηγικής της ΕΑ. Αυτές οι πληροφορίες είναι μεγάλες σε μέγεθος, λαμβάνοντας υπόψη τον όγκο, την ποικιλία και την ταχύτητά τους και είναι ασαφείς και αδόμητες. Στην προτεινόμενη μεθοδολογία, τα tweets των πελατών που σχετίζονται με την ΕΑ κοτόπουλων εξάγονται, ταξινομούνται και οργανώνονται σε πίνακες με διαφορετικές μεταβλητές, οι οποίες θα καθαρίζονται και θα μετασχηματίζονται προκειμένου να εκπαιδευτούν και να δοκιμάζονται στα μοντέλα. Ένας νέος πίνακας των tweets εξάγεται, πάνω στον οποίο θα εφαρμοστεί το τελικό μοντέλο ταξινόμησης. Βάσει αυτής της ανάλυσης, τα αποτελέσματα της ταξινόμησης έδειξαν ενδιαφέροντα στοιχεία σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι καταναλωτές αντιδρούν στο Twitter σχετικά με θέματα σχετικά με την ΕΑ κοτόπουλου. Το Twitter παρέχει διάφορα μεταδεδομένα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για πιο εξελιγμένες αναλύσεις, όπως γεωγραφικά δεδομένα, ημερομηνία και ώρα για την ανάλυση των χρονοσειρών σχετικά με τον τρόπο εξέλιξης των απόψεων των χρηστών. Τα παραπάνω έχουν αντίκτυπο στον κατάλληλο ανασχεδιασμό της ΕΑ κοτόπουλου.

Οι [71], ασχολούνται με τη μελέτη της ΕΑ κρέατος και πιο συγκεκριμένα εξετάζουν τρεις περιοχές: την παραγωγή χοιρινού, τη διαχείριση ΕΑ πουλερικών και τη διαφάνεια και ανιχνευσιμότητα στο κρέας. Αναλυτικότερα σημειώνουν για τη:

α) Διαχείριση παραγωγής χοίρων

Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν οδηγήσει σε μεγάλες δυνατότητες που δεν αξιοποιούνται πλήρως στις χοιροτροφικές εκμεταλλεύσεις. Το πρώτο βήμα είναι να συγκεντρωθούν και να συνδεθούν τα δεδομένα μεμονωμένων ζώων ή ομάδων ζώων στην εκμετάλλευση (μέσω αισθητήρων) και σε άλλα μέρη της αλυσίδας αξίας (σφαγείο, κτηνοτρόφοι). Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά επεξεργάζονται για να λάβουν:

- Πληροφορίες διαχείρισης για τον αγρότη με σκοπό την καλύτερη και περισσότερο προσανατολισμένη στην αγορά παραγωγή, μέσω επιχειρηματικής ευφυΐας (Business Intelligence), που περιλαμβάνει:
 - ✓ Τη σχετική ανάλυση των ζωοτροφών (που συνδέεται με τη γενετική, τον τύπο ζωοτροφής κ.λπ.).
 - ✓ Την απόδοση σφαγείου και συναφείς αναλύσεις (που σχετίζονται επίσης με τη γενετική, τον τύπο ζωοτροφής κ.λπ.).
 - ✓ Τις αναλύσεις δεδομένων αισθητήρων και συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (τροφοδοσία, νερό, ανάπτυξη κ.λπ.).
- Νέες γνώσεις για το ποιες είναι οι συσχετίσεις μεταξύ:
 - ✓ Των στοιχείων για τα ζώα (γενετική, τροφή, ανάπτυξη, ηλικία, βάρος κ.λπ.).
 - ✓ Της διαχείρισης της εκμετάλλευσης (στέγαση, υγιεινή, επίπεδο υγείας).
 - ✓ Της ποιότητας του κρέατος (άρωμα βοοειδών).
 - ✓ Της προστιθέμενης αξίας για τον πελάτη / καταναλωτή.

β) Διαχείριση αλυσίδων πουλερικών

Η συλλογή και η αξιολόγηση/σύνδεση των δεδομένων από συσκευές ΔΤΠ, μέσω έξυπνων αναλύσεων δεδομένων σε κρίσιμα σημεία ΕΑ κρέατος, ενδεχομένως με χρήση Υπολογιστικού Νέφους, παρέχει στον κτηνοτρόφο και στους υπόλοιπους συμμετέχοντες στην ΕΑ χρήσιμες αναλυτικές πληροφορίες μέσω:

- Του συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για την εκτροφή πουλερικών με στόχο την υποστήριξη μιας βέλτιστης διαδικασίας εκτροφής πτηνών.
- Του συστήματος παρακολούθησης της διαχείρισης των πτηνών που αποσκοπεί στην εκτίμηση της διαδικασίας εκτροφής και της επίδρασής της στη φυσική κατάσταση και την ευζωία των ζώων.
- Του συστήματος Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης για τη μέτρηση των επιπτώσεων της μεταφοράς στις φυσικές συνθήκες και τις συνθήκες διαβίωσης των ζώων.
- Της αξιολόγησης της ποιότητας του κρέατος και της διαχείρισης της παραγωγής, με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω συσκευών ΔΤΠ στα κύρια κρίσιμα σημεία της ΕΑ.

Νέες γνώσεις παράγονται επίσης σχετικά με:

- τα στοιχεία που αναφέρονται στην εκτροφή ζώων.
- τη διαχείριση της εκμετάλλευσης (στέγαση, υγιεινή, επίπεδο υγείας).
- την ποιότητα του κρέατος (αιματώματα, σπασμένα φτερά).
- την προστιθέμενη αξία για τον πελάτη / καταναλωτή.

γ) Διαφάνεια και ανιχνευσιμότητα του κρέατος.

Οι ερευνητές εξέτασαν μια υποδομή η οποία αποτελείται από πολλά μέρη. Πρώτα υλοποιούνται ένα ή περισσότερα αποθετήρια Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών Πληροφοριών Κωδικού Προϊόντος-ΗΥΠΚΠ (Electronic Product Code Information Services- EPCIS). Πάνω από τα αποθετήρια ΗΥΠΚΠ, αναπτύχθηκαν διάφορες εφαρμογές, οι οποίες πρόσθεσαν λειτουργικότητα στην υποδομή. Ένας «σύνδεσμος» υλοποιείται για τη μετατροπή των συμβάντων της φάρμας σε ΗΥΠΚΠ. Τα υπόλοιπα συμβάντα λαμβάνονται απευθείας από ένα σύστημα διαχείρισης φάρμας ή ένα ERP. Βασικές πτυχές της αρχιτεκτονικής για την υποδομή είναι:

- ✓ η χρήση του παγκόσμιου προτύπου ανταλλαγής πληροφοριών συμβάντων, δηλαδή του ΗΥΠΚΠ.
- ✓ η χρήση παγκόσμιων προτύπων ταυτοποίησης όπως GTIN, SGTIN και GLN και η χρήση του κοινής ορολογίας μεταξύ των επιχειρήσεων.

Οι [72] ανέπτυξαν ένα δίκτυο αισθητήρων στην Μονάδα Έρευνας για τη Βιοποικιλότητα και την Υδατική Βιοποικιλότητα (UR-ABAO) στο Πανεπιστήμιο NAZI BONI. Οι εγκατεστημένοι αισθητήρες, παρακολουθούν μόνιμα το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και τη θερμοκρασία νερού σε ένα εκκολαπτήριο clarias (είδος ψαριών), μετρούν την υγρασία του εδάφους των μπανανιών και της παπάγιας, καθώς επίσης τις μετεωρολογικές παραμέτρους (ταχύτητα ανέμου, υγρασία αέρα, βροχόπτωση, ηλιοφάνεια) του χώρου του εργαστηρίου. Οι παραμέτροι του εκκολαπτηρίου που συλλέγονται καθιστούν δυνατή τη ρύθμιση της θνησιμότητας του ψαριού (αποστολή μηνυμάτων SMS, twitter, facebook σε περίπτωση υπέρβασης του ορίου ορισμένων παραμέτρων). Η συλλεγόμενη υγρασία του εδάφους θα βελτιστοποιήσει το πότισμα των πεδίων από το νερό πλούσιο σε λιπάσματα που παράγονται από τα ψάρια των υδατοκαλλιεργειών. Τέλος, οι καιρικές παράμετροι θα επιτρέψουν τον προσδιορισμό των συσχετίσεων μεταξύ των παραμέτρων του καιρού και της παραγωγής των πεδίων μπανάνας και παπάγιας. Τα δεδομένα που συλλέγονται αποστέλλονται σε πλατφόρμα Νέφους μέσω πύλης με κεραία LoRa και 3G Modem. Οι αισθητήρες επικοινωνούν με ένα ραδιοκύμα στην πύλη χρησιμοποιώντας επίσης την τεχνολογία LoRa. Αυτοί οι ενεργειακώς αποδοτικοί αισθητήρες είναι εφοδιασμένοι με ηλιακή παροχή ρεύματος και μια κεραία LoRa που μπορεί να μεταδώσει έως 15 χιλιόμετρα σε αγροτικές περιοχές.

5.1.2 Οπωροκηπευτικά (Σπόροι – Φρούτα – Λαχανικά)

Οι [73], παρατηρούν ότι χρησιμοποιώντας αισθητήρες και ενεργοποιητές ΔτΠ είναι δυνατό να αυξηθεί η αξία του προϊόντος, ελέγχοντας την αλυσίδα παραγωγής του. Οι τεχνολογίες του Διαδικτύου όπως το FIWARE μπορούν να παρέχουν τις υπηρεσίες που χρειάζεται η σύγχρονη βιομηχανία να επεξεργαστεί και να αξιολογήσει τα δεδομένα αισθητήρων για να εφαρμόσει υψηλότερα πρότυπα παραγωγής, τα οποία αυξάνουν την αξία του προϊόντος. Παρόλο που οι μηχανισμοί FIWARE παρέχουν τα εργαλεία για την κάλυψη των σύγχρονων βιομηχανικών αναγκών, υπάρχει ένα χάσμα διαλειτουργικότητας, ένα χάσμα μεταξύ των εφαρμογών και των ενεργοποιητών, καθώς διαφορετικοί ενεργοποιητές έχουν διαφορετικά πρωτόκολλα και ανάγκες. Η εργασία των ερευνητών περιγράφει ένα σύστημα γεωργίας για τα φρούτα, το οποίο αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το νf-OS (εικονικό εργοστάσιο Λειτουργικού Συστήματος), μια πλατφόρμα που στοχεύει να γίνει η γέφυρα μεταξύ εφαρμογών και ενεργοποιητών, καθώς παρέχει τα μέσα αλληλεπίδρασης με αυτά. Το αναπτυγμένο σύστημα αποτελείται από διαφορετικές εφαρμογές, οι οποίες επιτρέπουν τη χρήση προϊόντων που ενσωματώνουν το σύστημα νf-OS, την τρέχουσα διαχείριση περιβάλλοντος και τις θεωρίες ποιότητας των φρούτων. Έτσι επιτυγχάνεται ο έλεγχος της ποιότητας των προϊόντων σε ολόκληρη την αλυσίδα παραγωγής φρούτων.

Οι [74] παρουσιάζουν μια πλατφόρμα υποδομής αισθητήρων Νέφους για την καλλιέργεια και διαχείριση ρυζιού σε περιοχές με σχετικά μικρό υδροφόρο ορίζοντα για αυτό, όπως η κεντρική Αφρική. Το Σύστημα Ενίσχυσης του Ρυζιού (Rice Intensification System, SRI) χρησιμοποιεί λιγότερο νερό και βελτιώνει την απόδοση του ρυζιού μέσω της συνέργειας πολλών πρακτικών διαχείρισης αγρονομίας σε όλο τον κόσμο. Το ρύζι είναι μια βασική καλλιέργεια για πολλές χώρες και είναι μία από τις τρεις κύριες καλλιέργειες τροφίμων στην Κεντρική Αφρική. Οι περιβαλλοντικές πιέσεις όπως η ξηρασία, η αλατότητα, η ασθένεια, η οξύτητα και η τοξικότητα του σιδήρου μπορούν να περιορίσουν την ανάπτυξη και την απόδοση. Στην Κεντρική Αφρική, το ρύζι καλλιεργείται κυρίως στα πεδινά. Η Αφρική καταναλώνει 11,5 εκατομμύρια τόνους ρυζιού ετησίως, εκ των οποίων εισάγεται το 33,6% αυτού του ποσού. Οι τάσεις στις εισαγωγές παρουσίασαν ελαφρά μείωση μόνο κατά 55.000 τόνους, ενώ η παραγωγή ρυζιού αυξήθηκε κατά 2.3 εκατομμύρια τόνους. Η πιο φυσική μέθοδος για την αύξηση της παραγωγής, είναι η χρήση διαφορετικών μηχανών στο αγρόκτημα με τη σύνδεση διαφορετικών αισθητήρων, συνδεδεμένων συσκευών, ανάπτυξη όσο το δυνατόν ευφυών συστημάτων αναπαραγωγής. Στο άρθρο προτείνεται μια αρχιτεκτονική βασισμένη στη γεωργία του ΔτΠ μετά την ανάλυση του οργανικού εδάφους. Η εργασία περιλαμβάνει την επέκταση του ισοζυγίου διαχείρισης του ρυζιού, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπινων πόρων, του νερού και της γεωργικής γης, στρατηγικές

αντιμετώπισης της άρδευσης κατά τη διάρκεια της ξηρασίας και την εφαρμογή πολλών αγροτικών υδάτινων πόρων. Τέλος, παρουσιάζει μια αρχιτεκτονική για τις γεωργικές υπηρεσίες διαδικτύου που βασίζονται σε υποδομή αισθητήρων Νέφους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το ρύζι είναι εφικτό να καλλιεργηθεί σε συστήματα παραγωγής στην Κεντρική Αφρική.

Οι [75], ασχολήθηκαν με την πρόληψη της ασθένειας της πανώλης στις καλλιέργειες με πατάτες. Προτείνουν ένα σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (Decision Support System, DSS), το οποίο επιτρέπει την αποτελεσματικότητα, ελαχιστοποιεί το κόστος και το περιβαλλοντικό αντίκτυπο, εκτιμώντας την ακριβή ποσότητα μυκητοκτόνου που πρέπει να εφαρμοστεί. Μέχρι τώρα, αυτή η πρόβλεψη χρησιμοποιεί ένα μοντέλο πρόβλεψης που βασίζεται σε καιρικές συνθήκες. Οι απαιτούμενες πληροφορίες για τον καιρό συλλέγονται από μετεωρολογικό σταθμό ο οποίος έχει μεγάλο κόστος και παράγει σχετικά ανακριβή ιστορικά δεδομένα. Ωστόσο, με την εξέλιξη του ΔτΠ, τεράστιος αριθμός κόμβων αισθητήρων χαμηλού κόστους και χαμηλής ισχύος μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν σε γεωργικές εκτάσεις, προκειμένου να συγκεντρωθούν πιο ακριβή δεδομένα για το κλίμα. Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να προωθηθούν μέσω σύνδεσης στο Διαδίκτυο, στο Νέφος ΔτΠ. Στην εργασία τους παρουσιάζεται ένα νέο πρωτότυπο σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων βασισμένο στο δίκτυο αισθητήρων και στο Νέφος ΔτΠ για να βοηθηθούν οι αγρότες ώστε να εφαρμόσουν αποτελεσματική θεραπεία της νόσου. Στην αναπτυγμένη αυτή εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ένα δίκτυο αισθητήρων και ένας διακομιστής Νέφους για την αποθήκευση των πληροφοριών σχετικά με τη θερμοκρασία και την υγρασία. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα DSS, ενημερώνεται ο αγρότης μέσω SMS, όταν θα γίνει η πρώτη εμφάνιση της ασθένειας. Η εφαρμογή μπορεί να βελτιωθεί αναπτύσσοντας μια πλατφόρμα ΔτΠ που συλλέγει τις εικόνες των φυτών και αναλύει τους ξαφνικούς μετασχηματισμούς κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της νόσου είτε στα φύλλα με τη μορφή ανοιχτού καφέ και ανοιχτού πράσινου περιθωρίου είτε στα φύλλα. Ο μύκητας αφήνει καφέ κηλίδες που μπορεί να προκαλέσουν την καταστροφή των νεαρών φυτών ή τη θραύση των στελεχών των ενήλικων φυτών.

Οι [76] στο άρθρο τους στοχεύουν να καθοδηγήσουν τους ενδιαφερόμενους φορείς της βιομηχανίας και τους ερευνητές που έχουν αναλάβει το καθήκον να οικοδομήσουν μεγάλης κλίμακας πιλοτικά προγράμματα στη γεωργία που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις τεχνολογίες ΔτΠ. Οι προκλήσεις και οι περιορισμοί που σχετίζονται με τον τομέα των γεωργικών προϊόντων διατροφής περιγράφονται μαζί με τους βασικούς στόχους των LSP (Large Scale Pilots) που βασίζονται στο ΔτΠ. Προτείνεται μια αρχιτεκτονική προσέγγιση σε ένα σύστημα συστημάτων, με έμφαση στις πτυχές διαλειτουργικότητας που είναι κρίσιμες για την υιοθέτηση ΔτΠ στον τομέα των γεωργικών προϊόντων διατροφής. Προτείνεται η προσέγγιση του Μοντέλου Γεωργικών Πληροφοριών για την αντιμετώπιση της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας και περιγράφεται μια λύση συστήματος διαχείρισης πληροφοριών από το αγρόκτημα στο πιρούνι (from farm to fork) που εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα των δεδομένων. Παραμένουν πολλές προκλήσεις, όπως η ανάγκη για νέα επιχειρηματικά μοντέλα, η ασφάλεια, η προστασία της ιδιωτικής ζωής και η διαχείριση δεδομένων, δεδομένου ότι όλες αυτές είναι κρίσιμες για την εκτέλεση των LSP που βασίζονται στο ΔτΠ προϊόντων διατροφής. Τέλος, παρουσιάζεται λεπτομερής απολογισμός των πλέον ενδεδειγμένων τεχνολογιών του Διαδικτύου και των εφαρμογών γεωργικών προϊόντων διατροφής, καθώς και των κύριων βασικών δεικτών απόδοσης στους οποίους μπορεί κανείς να αναφερθεί για την ποσοτική εκτίμηση της απόδοσης των προτεινόμενων LSP. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται ανάλυση των εφαρμογών σε τέσσερα είδη προϊόντων: γαλακτοκομικά, φρούτα, κρέας και λαχανικά και προϊόντα αροτραίων καλλιεργειών.

Εφαρμογές στα γαλακτοκομικά προϊόντα:

- ✓ Βελτιστοποίηση γονιμότητας
- ✓ Διαχείριση παστερίωσης
- ✓ Παρακολούθηση επιπέδων τοξικών αερίων, σκόνης και σωματιδίων
- ✓ Παρακολούθηση κοπαδιού εντός και εκτός της φάρμας
- ✓ Διαχείριση κινδύνων από αρρώστιες/επιδημίες

Εφαρμογές στα φρούτα:

- ✓ Διαχείριση μικροκλίματος θερμοκηπίου
- ✓ Βελτίωση εδάφους για ποιοτικότερα φρούτα
- ✓ Αποφυγή ασθενειών/ζιζανίων

- ✓ Αεροφωτογραφίες για εκτίμηση της απόδοσης
- ✓ Τοπική πληροφόρηση για τη συγκομιδή της σοδειάς

Εφαρμογές στο κρέας και στα λαχανικά:

- ✓ Παρακολούθηση των συνθηκών των προϊόντων σε όλη την ΕΑ
- ✓ Πρόβλεψη της ζωής των προϊόντων
- ✓ Ενημέρωση των καταναλωτών
- ✓ Ιχνηλασιμότητα προϊόντων
- ✓ Παρακολούθηση προϊόντων κατά τη μεταφορά

Εφαρμογές στις αροτραίες καλλιέργειες:

- ✓ Διαχείριση ασθενειών/ζιζανίων
- ✓ Διαχείριση ζωνών εντός της καλλιέργειας
- ✓ Αεροφωτογραφίες για διαχείριση της βιομάζας και της συγκομιδής
- ✓ Πλοήγηση ακριβείας των μηχανημάτων καλλιέργειας

Η εκτέλεση τέτοιων LSP θα προωθήσει αναμφισβήτητη τη χρήση του ΔτΠ στη γεωργία, βελτιστοποιώντας έτσι τις διάφορες δραστηριότητες σε ολόκληρη την ΕΑ τροφίμων, με αποτέλεσμα τη μείωση της προσπάθειας και του κόστους για τους παραγωγούς, την υψηλότερη ποιότητα και ασφάλεια των τροφίμων.

Μια από τις βασικές πρακτικές στις καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου στην κοιλάδα του ποταμού Cauca είναι η εφαρμογή νερού μέσω άρδευσης. Ο έγκαιρος προγραμματισμός της άρδευσης με τη χρήση αισθητήρων για την παρακολούθηση της δυναμικότητας του εδάφους είναι μια στρατηγική που συμβάλλει στην επίτευξη αυτού του στόχου. Στο ερευνητικό κέντρο ζαχαροκάλαμου της Κολομβίας, οι [77], εκπόνησαν έρευνα που επιτρέπει την ανάπτυξη τεχνολογιών για τη χρήση αισθητήρων για τη διαχείριση άρδευσης στις καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου. Η τεχνολογία αποτελείται από τους αισθητήρες που εισάγονται στο έδαφος, το σύστημα απόκτησης, την αποθήκευση και τη διαβίβαση των δεδομένων και την εφαρμογή διαχείρισης δεδομένων και απεικόνισης. Επιπλέον, καθορίστηκαν τα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη χρήση αυτής της τεχνολογίας. Σε μια πιλοτική φάση, εγκαταστάθηκε ένα δίκτυο ΔτΠ σε περιοχές καλλιεργούμενες με ζαχαροκάλαμο στην κοιλάδα του ποταμού Cauca, προκειμένου να μετρηθεί το δυναμικό του εδάφους και να χρησιμοποιηθεί για προγραμματισμό άρδευσης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν επέτρεψαν να διαπιστωθεί ότι το κατώτατο όριο για την έναρξη των αρδεύσεων των καλλιεργειών από ζαχαροκάλαμο είναι -85 kPa. Διαπιστώθηκε ότι οι αισθητήρες μήτρας δυναμικού είναι χρήσιμες συσκευές για τον έλεγχο άρδευσης ζαχαροκάλαμου, ο οποίος μπορεί να εγκατασταθεί μόνιμα στο πεδίο για να λαμβάνει πληροφορίες χειροκίνητα ή αυτοματοποιημένα.

Σκοπός της έρευνας των [78] ήταν να επεξηγήσει τη χρήση των χωρικών δεδομένων που προέρχονται από τους αισθητήρες για τη δημιουργία ταξινομήσεων διαχείρισης και την εφαρμογή μηχανοποίησης αμπελώνων μεταβλητής απόδοσης για τη βελτίωση της ισορροπίας των αμπελώνων και της ποιότητας των καρπών. Σε έναν εμπορικό αμπελώνα «Concord» στο Westfield, Νέα Υόρκη, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από αισθητήρες για τη δημιουργία χωρικών χαρτών της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, του δείκτη βλάστησης Normalized Difference Vegetation (NDVI) και του βάρους καλλιέργειας. Χρησιμοποιήθηκε local block kriging σε όλα τα επίπεδα χωρικών δεδομένων μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών για την πρόβλεψη τιμών σε κοινά σημεία πλέγματος που προσέγγισαν τις σειρές αμπελώνων και την απόσταση αμπέλου έτσι ώστε να διερευνηθούν οι σχέσεις μεταξύ των επιπέδων δεδομένων για να προσδιοριστούν τα επίπεδα που αντικατοπτρίζουν τη συνολική παραγωγή των αμπελώνων. Η ανάλυση συστάδας (k-means) χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία τριών ταξινομήσεων διαχείρισης και η διαστρωμένη δειγματοληψία χειρωνακτικής αμπελοκαλλιέργειας χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη του μεγέθους της καλλιέργειας και του μεγέθους του αμπέλου σε κάθε περιοχή. Το φορτίο καλλιέργειας είναι η σχέση μεταξύ της απόδοσης των καρπών φύτευσης (μέγεθος καλλιέργειας) και της βλαστικής ανάπτυξης του αμπελιού (μέγεθος αμπέλου). Ο δείκτης Ravaz (RI) είναι ένας πρακτικός δείκτης για το φορτίο καλλιέργειας μέσω της μέτρησης του λόγου βάρους καλλιέργειας - κλάδου κλαδέματος. Σε αυτή τη μελέτη, ο RI προβλεπόταν στα μέσα της σεζόν σε κάθε διαχειριστική ταξινόμηση και το φορτίο της καλλιέργειας προσαρμόστηκε μέσω της μηχανοποιημένης αραίωσης φρούτων με μεταβλητό ρυθμό. Για να επιτευχθεί η Επισκόπηση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) στην περίπτωση της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Αγροτικών Προϊόντων

λέπτυνση των καρπών με μεταβλητό ρυθμό, δημιουργήθηκε ένας χωροταξικός χάρτης συνταγών και διασυνδέθηκε με υλικό/λογισμικό γεωργίας ακριβείας που ελέγχει την υδραυλική ροή σε μια μηχανή συγκομιδής. Η αραίωση φρούτων με μεταβλητό ρυθμό μετατόπισε το μέσο όρο του πληθυσμού κατά 34% προς τις τιμές στόχου RI και μείωσε την τυπική απόκλιση κατά 30%, υποδεικνύοντας ότι ο αμπελώνας ήταν πιο ισορροπημένος και πιο ομοιομορφος κατά τη συγκομιδή. Η μελέτη τους αυτή καταδεικνύει την επιτυχή μέτρηση του μεγέθους των καλλιεργειών αμπελώνων και του μεγέθους της αμπέλου μέσω της επικύρωσης εγγύς αισθητήρων, της χωρικής μοντελοποίησης του φορτίου των αμπελώνων μέσω της ανάλυσης δεδομένων πολλαπλών επιπέδων και την εφαρμογή προσαρμογής καλλιεργειών μεταβλητού ρυθμού για βελτιωμένη ισορροπία και ομοιομορφία του αμπελώνα.

Η έρευνα των [79] προτείνει μια πλατφόρμα παρακολούθησης της συμπεριφοράς των ζώων, η οποία βασίζεται σε τεχνολογίες ΔΤΠ. Περιλαμβάνει ένα τοπικό δίκτυο ΔΤΠ για τη συλλογή δεδομένων από ζώα και μια πλατφόρμα Νέφους, με δυνατότητες επεξεργασίας και αποθήκευσης. Η πλατφόρμα του Νέφους περιλαμβάνει επίσης λειτουργίες μηχανικής μάθησης, επιτρέποντας την εξαγωγή σχετικών πληροφοριών από τα δεδομένα που συγκεντρώνονται από το δίκτυο ΔΤΠ. Έτσι, εκτός από την περιγραφή της πλατφόρμας, παρουσιάζονται ορισμένα αποτελέσματα σχετικά με την πλατφόρμα εκμάθησης μηχανών. Η εργασία τους περιλαμβάνει μια σύγκριση αλγορίθμων, οι οποίοι δοκιμάστηκαν. Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι ένα πρόβλημα στους αμπελώνες. Απαιτεί από τους οινοποιούς σημαντικούς οικονομικούς πόρους. Επιπλέον, οι λύσεις που χρησιμοποιούνται επί του παρόντος, είτε μηχανικές είτε χημικές, αποφεύγονται από τους παραγωγούς προκειμένου να μην ζημιωθεί η ποιότητα των προϊόντων τους. Έτσι, τα πρόβατα, λόγω της τάσης τους να τρέφονται από ζιζάνια, θεωρούνται ως εναλλακτική και φιλική προς το περιβάλλον λύση. Ωστόσο, το πρόγραμμα SheepIT προτείνει ένα σύστημα για τον καθορισμό της θέσης των προβάτων ενώ βόσκουν σε αμπελώνες. Εκτός από την τοπική λειτουργία, το σύστημα περιλαμβάνει μια υπολογιστική πλατφόρμα που εκτελείται στο Νέφος που λαμβάνει τα δεδομένα που συλλέγονται τοπικά και επεξεργάζεται για να ανακτήσει πρόσθετες πληροφορίες από αυτές. Ένας από τους μηχανισμούς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η μηχανική μάθηση. Στην εργασία τους παρουσιάζουν τη συνολική αρχιτεκτονική του συστήματος, από τα περιλαίμια, τους κινητούς κόμβους που μεταφέρουν τα πρόβατα, μέχρι την πλατφόρμα του Νέφους, η οποία περιλαμβάνει την επεξεργασία ή αποθήκευση δεδομένων. Στη συνέχεια αξιολογήθηκαν διάφοροι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης για να εκτιμηθεί η ισχύς της πλατφόρμας. Όλοι οι αλγόριθμοι έδειξαν παρόμοια ακρίβεια, αλλά τα αποτελέσματα που ελήφθησαν με τη μέθοδο δέντρων απόφασης είναι ιδιαίτερα σημαντικά, καθώς η ευκολότερη ερμηνεία τους βοήθησε στον ορισμό του αλγορίθμου ελέγχου στάσης που πρέπει να εφαρμοστεί στα περιλαίμια, ώστε να μην κινδυνεύει η καλλιέργεια.

Οι [80] παρουσιάζουν τις σχετικές περιπτώσεις χρήσης ΔΤΠ σε σενάρια έξυπνης γεωργίας, τις ασύρματες τεχνολογίες που επιτρέπουν και τις λειτουργικές απαιτήσεις του δικτύου. Παρουσιάζεται επίσης μια σύντομη επισκόπηση των επίγειων και εναέριων οχημάτων, μαζί με τα συστήματα όρασης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα UAV. Ως παράδειγμα της χρήσης drones στη γεωργία και συγκεκριμένα στον τομέα της παραγωγής οίνου, οι πολυφασματικές κάμερες που αυτά διαθέτουν έχουν αναδείξει τη στενή συσχέτιση μεταξύ της ποιότητας των σταφυλιών και της υγείας των φυτών. Ένα άλλο παράδειγμα χρήσης drones είναι η μείωση των αποβλήτων νερού γύρω από ένα αγρόκτημα: τα drones μπορούν να εξοπλιστούν με τηλεπισκόπηση (συστήματα πολλαπλής δέσμης, υπερφασματικής ή θερμικής ανίχνευσης) προκειμένου να εντοπιστούν γρήγορα και εύκολα τα στεγνά τμήματα μιας περιοχής, επιτρέποντας έτσι στους αγρότες να διαθέσουν τους υδάτινους πόρους τους πιο οικονομικά. Ακόμη και η ποσότητα των χημικών ουσιών που προσβάλλουν το έδαφος για την καταστροφή των παρασίτων και των μολύνσεων από μύκητες μπορεί να μειωθεί αν τα drones σαρώνουν αποτελεσματικά τη γη μιας φάρμας και ψεκάζουν τη σωστή ποσότητα χημικής ουσίας.

Τα μη επανδρωμένα οχήματα εδάφους (UGV) βοηθούν τους αγρότες να μειώσουν τη φυσική τους προσπάθεια: οι ελκυστήρες φυτεύουν αυτόνομα τους σπόρους με πολύ μεγάλη ακρίβεια και οι μηχανισμοί με οδηγό GPS μπορούν να πραγματοποιήσουν αποκομιδή με μεγάλη ακρίβεια στις καλλιέργειες. Τα οχήματα έχουν τροποποιηθεί με κάμερες, λέιζερ και συστήματα πλοήγησης GPS. Ταυτόχρονα, τα UGV είναι επιφορτισμένα με τη συλλογή δειγμάτων εδάφους, ενώ ένα UAV παρακολουθεί την εργασία από ψηλά. Μια περαιτέρω τεχνολογική πρόκληση συνίσταται σε ένα drone που καθοδηγεί ένα αυτόνομο όχημα: ενώ το χερσαίο όχημα έχει περιορισμένη εικόνα των

πιθανών άμεσων εμποδίων, το drone μπορεί να ενημερώσει τους χάρτες σε πραγματικό χρόνο χάρη στην πλεονεκτική του θέση να εμποπτεύει από ψηλά.

5.2 Κατηγοριοποίηση με βάση τις διαδικασίες

5.2.1 Μεταφορά

Στην εργασία των [81] σκοπός τους είναι να καταστήσουν την ΕΑΑΠ τριών επιπέδων συντονισμένη στο ΔΤΠ εξετάζοντας την επίδραση των φρέσκων αγροτικών προϊόντων στη ζήτηση της αγοράς και στο κόστος ελέγχου της ποιότητας κατά τη μετακίνησή τους. Το αντικείμενο προς μελέτη είναι μια ΕΑΑΠ τριών επιπέδων που περιλαμβάνει έναν παραγωγό, έναν διανομέα και έναν λιανοπωλητή στο ΔΤΠ. Αυτή η μελέτη καθορίζει τη βέλτιστη λύση όταν η ΕΑ επιτυγχάνει μέγιστο κέρδος σε τρεις τύπους καταστάσεων λήψης αποφάσεων. Επιπλέον αναπτύσσει το μοντέλο διανομής κερδών με βάση τη βελτιωμένη σύμβαση κατανομής εσόδων για τον συντονισμό της ΕΑ. Ο βαθμός χρησιμοποίησης των πόρων μπορεί να βελτιωθεί μετά από τον συντονισμό ολόκληρης της ΕΑ. Τα κυριότερα συμπεράσματα των ερευνητών είναι τα εξής:

- α) Το ΔΤΠ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ΕΑΑΠ, βελτιώνει την ποιότητά της, μειώνει τα ποσοστά ζημιών και ατυχημάτων και εξασφαλίζει την ανταλλαγή πληροφοριών αναφορικά με τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο κατά τη μεταφορά και τη διαχείριση της ασφάλειας. Αυτοί οι παράγοντες είναι ευεργετικοί για τον συντονισμό της ΕΑ.
- β) Το μέγιστο αναμενόμενο κέρδος της ΕΑ μπορεί να διανεμηθεί αυθαίρετα μεταξύ των παραγωγών, των διανομέων και των λιανοπωλητών. Η ακριβής αξία καθορίζεται από τη σημασία και τη διαπραγματευτική ισχύ του παραγωγού, του διανομέα και του λιανοπωλητή στην ΕΑ.
- γ) Η ελαστικότητα των τιμών της ζήτησης στην αγορά έχει τεράστια επίδραση στο κέρδος της ΕΑ. Μέσω εμπειρικής ανάλυσης, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η αλλαγή της ελαστικότητας των τιμών στις ΕΑΑΠ επηρεάζει σημαντικά το κέρδος της. Με την αύξηση της ελαστικότητας των τιμών, η ζήτηση στην αγορά, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελιών και η ποιότητα του προϊόντος μειώνονται σταδιακά, μειώνοντας έτσι και το μέγιστο αναμενόμενο κέρδος της ΕΑ. Επομένως, η τιμολόγηση σε λογικά επίπεδα είναι σημαντική για την πώληση σε μια ΕΑΑΠ. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει να προσαρμόζουν τις αποφάσεις τους σύμφωνα με την αλλαγή των απαιτήσεων της αγοράς για τη μεγιστοποίηση των κερδών κατά τη διαχείριση.
- δ) Οι ερευνητές τελικά συμπεραίνουν ότι, το βέλτιστο κέρδος μειώνεται με την αύξηση του χρόνου διακίνησης και τη μείωση της ποιότητας. Επιπλέον, η εγγύηση ότι η ΕΑΑΠ είναι αποδοτική στις μεταφορές των προϊόντων είναι απαραίτητη για την επίτευξη σημαντικών κερδών. Τέλος, ο χρόνος διακίνησης και το περιβάλλον συντήρησης πρέπει να ελέγχονται αυστηρά για να δημιουργηθεί μια αποδοτική ΕΑ, η οποία υποστηρίζεται από τη χρήση της τεχνολογίας ΔΤΠ.

Προκειμένου να παρουσιάσουν μια όσο το δυνατόν καθολική λύση για την παρακολούθηση πολλών διαφορετικών τροφίμων κατά τη μεταφορά, οι [82], εγκαθιστούν στην περιοχή φορτίων (περιέκτης, ρυμουλκούμενο) ένα Raspberry Pi (ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας) και αισθητήρες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Το πλεονέκτημα του προτεινόμενου συστήματος είναι το γεγονός ότι μπορούν να προστεθούν εύκολα επιπλέον αισθητήρες, ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις παρακολούθησης των προϊόντων διατροφής. Εκτός αυτού, ένα ολόκληρο σύστημα συνδέεται με συσκευές για τη σάρωση και την ανάγνωση αντικειμένων φορτίου (κιβώτιο, παλέτες, βαρέλια κ.λπ.), συνήθως RFID, αλλά και συσκευές NFC ή Bluetooth. Ως προηγμένη λειτουργία, μια σύνδεση με το Smart Packaging μπορεί να υλοποιηθεί μέσω της τεχνολογίας nano-επικοινωνιών που περιγράφεται παραπάνω. Στην προτεινόμενη λύση, το RESTful web service (RESTful web service) έχει μοναδική δημόσια IP διεύθυνση και παρέχει πρόσβαση μέσω του Διαδικτύου (για την αποστολή δεδομένων μέτρησης στο Αναλυτικό Σύστημα (RTS) ή στο Κεντρικό Σύστημα Παρακολούθησης (CMS) μέσω μιας ασύρματης διεπαφής 802.11 ή GSM / GPRS. Μετά την φόρτωση του εμπορεύματος στο όχημα, το Raspberry Pi κάνει σάρωση με RFID και ανιχνεύει όλα τα αποθηκευμένα αντικείμενα. Όταν ολοκληρωθεί η ανίχνευση αντικειμένων, μπορεί να διαβαστεί ένας κατάλογος φορτίων από το CMS ή να προσπελαστεί μέσω ενός μοναδικού URI, ανάλογα με το ποια είναι η περαιτέρω ανάλυση. Το Επισκόπηση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) στην περίπτωση της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Αγροτικών Προϊόντων

CMS ανιχνεύει και συνδέει στοιχεία σε βάση δεδομένων GS1, αναγνωρίζοντας τις βασικές παραμέτρους για την παρακολούθηση (θερμοκρασία και υγρασία) κατά τη διαδικασία μεταφοράς και εφαρμόζει ένα απλό ή σύνθετο σύστημα παρακολούθησης. Το απλό σύστημα στηρίζεται στις τιμές ανάγνωσης από αισθητήρες και προειδοποιεί όταν αλλάζουν οι παρακολουθούμενες παράμετροι. Το σύνθετο σύστημα βασίζεται σε υποσυστήματα ασαφούς λογικής ή συστήματα νευρωνικών δικτύων για τη λήψη αποφάσεων. Αυτό το σύστημα μπορεί να παρέχει μια απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο της ασφάλειας των τροφίμων, με στόχο τη πρόληψη σε κίνδυνους και ζημιές. Το σύνολο του συστήματος μπορεί να τροφοδοτηθεί από ένα όχημα ή από αυτόνομη τροφοδοσία μπαταρίας. Προαιρετικά, η προτεινόμενη λύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη δημιουργία δικτύων αισθητήρων σε συνδεδεμένα περιβάλλοντα οχημάτων.

5.2.2 Διαχείριση Δεδομένων

Οι [83] προτείνουν ένα γεωργικό μοντέλο για την ενσωμάτωση του ΔτΠ. Χρησιμοποιώντας την προτεινόμενη προσέγγιση, οι επικαιροποιημένες πληροφορίες επιτρέπουν στους αγρότες να αντιμετωπίσουν και ακόμη και να επωφεληθούν από τις αλλαγές στο έδαφος, τις καιρικές συνθήκες, τα παράσιτα και ασθένειες των φυτών. Η πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο συμβάλλει στην αποτελεσματική διαχείριση και αξιοποίηση των πόρων. Προτείνεται μια συνδυασμένη χρήση του διαδικτύου και των ασύρματων επικοινωνιών, δηλαδή ένα σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης (Remote Monitoring System, RMS). Κύριος στόχος είναι η συλλογή δεδομένων πραγματικού χρόνου για το περιβάλλον γεωργικής παραγωγής που παρέχει εύκολη πρόσβαση σε γεωργικές εγκαταστάσεις, όπως ειδοποιήσεις μέσω SMS και συμβουλές σχετικά με τις καιρικές συνθήκες και τις καλλιέργειες.

Το ΔτΠ είναι μία από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες σε όλη την Ινδία. Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού (70%) στην Ινδία εξαρτάται από τη γεωργία. Γίνεται ιδιαίτερη προσπάθεια για να αναπτυχθεί η «έξυπνη» γεωργία, χρησιμοποιώντας ολοένα και νέες τεχνολογικές μεθόδους αντί των παραδοσιακών γεωργικών μεθόδων. Ως εκ τούτου, οι [84], προτείνουν μια νέα τεχνολογία ΔτΠ με Υπολογιστικό Νέφος και Li-Fi. Το Wi-Fi είναι ιδανικό για γενική ασύρματη κάλυψη εντός κτιρίων, ενώ το Li-Fi είναι ασύρματη κάλυψη δεδομένων με υψηλή πυκνότητα σε περιορισμένη περιοχή. Το Li-Fi παρέχει καλύτερο εύρος ζώνης, αποδοτικότητα, διαθεσιμότητα και ασφάλεια από το Wi-Fi. Σε πρώτη φάση προτείνουν μια διαδικασία τηλεχειρισμού για εκτέλεση εργασιών όπως ο ψεκασμός, το ξεσκόνισμα, η απώθηση πτηνών και ζώων, η επαγρύπνηση, η μέτρηση υγρασίας κλπ. Δεύτερον, προτείνεται μια «έξυπνη» διαχείριση αποθήκης, η οποία περιλαμβάνει συντήρηση θερμοκρασίας, συντήρηση υγρασίας και ανίχνευση κλοπών. Τρίτον, η λήψη αποφάσεων βασίζεται σε ακριβή δεδομένα πραγματικού χρόνου για «έξυπνη» άρδευση με «έξυπνο» έλεγχο. Ο έλεγχος όλων αυτών των λειτουργιών γίνεται μέσω οποιασδήποτε απομακρυσμένης «έξυπνης» συσκευής ή υπολογιστή συνδεδεμένου στο διαδίκτυο και οι λειτουργίες εκτελούνται με διεπαφές κάμερας, αισθητήρων και συσκευών Li-Fi ή ZigBee.

Η σύγχρονη κοινωνία απειλείται σοβαρά από έλλειψη τροφίμων και αγροτικής γης. Ο λόγος που συμβαίνει το συγκεκριμένο φαινόμενο, είναι η συνεχής αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού ο οποίος χρειάζεται όλο και περισσότερη γη για στέγαση, και της υποβάθμισης των γεωργικών εκτάσεων λόγω της υψηλής εκβιομηχάνισης, της κλιματικής αλλαγής και της γήρανσης του πληθυσμού. Ως εκ τούτου, η σύγχρονη κοινωνία μελετά διαφορετικές λύσεις για την επίλυση του προβλήματος της παραγωγής τροφίμων. Οι [85], προτείνουν ένα πλαίσιο για τη γεωργία ακριβείας που χρησιμοποιεί μια πύλη ΔτΠ. Στην εργασία τους παρέχουν τεχνικές και τεχνολογικές εφαρμογές. Το αποτέλεσμα δείχνει τα πλεονεκτήματα διαφόρων τύπων αισθητήρων για τις γεωργικές υπηρεσίες στη λήψη αποφάσεων. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική για υπηρεσίες Κινητής Γεωργίας (Agriculture Mobile) βασισμένη στην υποδομή Νέφους Αισθητήρων (Sensor Cloud) βοηθά μια φάρμα να γίνει πιο «έξυπνη» και πιο αποδοτική. Ο αλγόριθμος των ερευνητών είναι μια διαδικασία διαχείρισης του ΔτΠ ικανή να ανιχνεύει τους κινδύνους που σχετίζονται με τη γεωργική ΕΑ, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν μια μετρική για να ποσοτικοποιήσουν και να ταξινομήσουν τους κινδύνους. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η χρήση των drones μπορεί να αυξήσει σημαντικά την ακρίβεια της ταξινόμησης των δεδομένων για τον αγρότη στο Νέφος. Η ανάπτυξη ασύρματων τεχνολογιών ανίχνευσης, όπως Wi-Fi, οι αισθητήρες ασύρματης παρακολούθησης καθιστούν το αγρόκτημα πιο βολικό, οικονομικό και εύκολο στην εγκατάσταση.

Στην εργασία των [86], προτείνεται η χρήση Μη Επανδρωμένου εναέριου Οχήματος (Unmanned Aerial Vehicle-UAV) σε ένα σχήμα δυναμικής ομαδοποίησης και συγκέντρωσης δεδομένων, για την αξιοποίηση του ΔΤΠ στη γεωργία, το AG-IoT. Στο προτεινόμενο πρωτόκολλο δρομολόγησης URP, οι ετερογενείς συσκευές ΔΤΠ εγκαθίστανται στο αγρόκτημα και διαμορφώνονται σε μορφή συμπλεγμάτων σύμφωνα με τις οδηγίες από το UAV. Ο καλύτερος κόμβος μεταξύ όλων, στη συνέχεια, εκλέγεται ως Επικεφαλής Συστάδας-ΕΣ (Cluster Head-CH). Η διαδικασία εντοπισμού κόμβου, ομαδοποίησης και σχηματισμού ΕΣ διεξάγεται δυναμικά κατά το χρόνο εκτέλεσης. Η ελάχιστη επικοινωνία μεταξύ ομάδων και η χρήση πολλαπλών συχνοτήτων καθιστούν δυνατή την ελαχιστοποίηση της ενέργειας που καταναλώνουν οι κόμβοι. Η προσομοίωση έδειξε ότι η προτεινόμενη τεχνική ομαδοποίησης και δρομολόγησης λειτουργεί καλύτερα μεταξύ όλων των άλλων.

Οι [87], παρουσίασαν ένα σύστημα ελέγχου που βασίζεται στο ΔΤΠ για την ανάπτυξη των καλλιεργειών στις αγροτικές περιοχές. Προτείνουν μια συνδυαστική λύση MAC και δρομολόγησης για ΔΤΠ η οποία δίνει καλύτερη απόδοση ενέργειας και μικρότερη καθυστέρηση. Συνδυάζοντας την προτεινόμενη λύση με το δίκτυο WiLD (WiFi-based Long Distance), είναι δυνατόν να μειωθεί η καθυστέρηση μετάδοσης και να επιτευχθεί μεγαλύτερη γεωγραφική κάλυψη. Η προτεινόμενη λύση είναι επίσης κατάλληλη για άλλες εφαρμογές όπως η έξυπνη υγειονομική περιθαλψη και το έξυπνο δίκτυο στις αγροτικές περιοχές. Για να μειωθεί η συμφόρηση στο προτεινόμενο δίκτυο μεγάλης κλίμακας, μαζί με τη λύση δρομολόγησης και fog computing, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες όπως το IEEE 802.11n / ac / ah που έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα. Επιπρόσθετα, μπορεί να εγκατασταθεί περαιτέρω η διαμόρφωση δυναμικού εύρους ζώνης σε υπάρχοντα κόμβο WiLD.

Οι [88] εκπόνησαν μια έρευνα προσπαθώντας να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της ανεπαρκούς ανταλλαγής πληροφοριών, της αναποτελεσματικότητας και της κακής ποιότητας διαβίβασης των πληροφοριών στις ΕΑΑΠ. Σε αυτή τη μελέτη εισήγαγαν ένα μοντέλο εφαρμογής ΔΤΠ των αγροτικών ΕΑ. Σχεδίασαν και αναλύσαν ένα ΗΥΠΚΠ, το οποίο αποτελεί βασικό κομμάτι της ανταλλαγής πληροφοριών για το AG-IoT. Εξέτασαν επίσης την καταχώριση πληροφοριών μέσω της Υπηρεσίας Ανακάλυψης Ηλεκτρονικού Προϊόντος-ΥΑΗΠ (Electronic Product Code Discovery Service-EPDCDS) και της πληροφόρησης των γεωργικών προϊόντων από την Υπηρεσία Ονόματος Αντικειμένου-YOA (Object Name Service-ONS). Η εφαρμογή των γεωργικών ΔΤΠ δείχνει την ικανότητα ανταλλαγής πληροφοριών. Το ΔΤΠ μπορεί να βοηθήσει τους φορείς εκμετάλλευσης γεωργικών προϊόντων να καθιερώσουν ένα σύστημα επιθεώρησης και παράδοσης που να τους επιτρέπει να εντοπίζουν τη ροή των προϊόντων και να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τα προβλήματα παραγωγής, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια της κυκλοφορίας τους.

Οι [89] υλοποίησαν ένα εργαλείο προσομοίωσης που ενσωματώνει το πρότυπο ΔΤΠ στη διαχείριση ΕΑ τροφίμων με σκοπό να παρουσιάσουν τα πιθανά οφέλη και ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση των φυσικών οικοσυστημάτων τροφίμων σε εικονικό περιβάλλον ελέγχου με υπολογιστή. Ξεκινώντας από την ανάλυση των βασικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων του οικοσυστήματος εφοδιασμού τροφίμων, από την καλλιέργεια του αγρού μέχρι τις βοηθητικές ενεργειακές απαιτήσεις, γίνεται ένα πλαίσιο αναφοράς των παραμέτρων, των αποφάσεων και των ορίων όπου στη συνέχεια εικονικοποιείται σε ένα εργαλείο εργασίας. Αυτό επιτρέπει σε εταιρείες να κατανοήσουν καλύτερα τις διαδικασίες τους και τις αλληλεξαρτήσεις τους με άλλους παράγοντες, να προσομοιώσουν τις λειτουργίες της ΕΑ τους, να εντοπίσουν τους θύλακες ή να ποσοτικοποιήσουν τα οφέλη από την υιοθέτηση ορισμένων τεχνολογιών παρακολούθησης, ανιχνευσιμότητας και ελέγχου σε πραγματικό χρόνο. Το εργαλείο αναδεικνύει τις επιπτώσεις μιας απόφασης σε μια σύνδεση ΕΑ σε ολόκληρο το σύστημα. Με το συγκεκριμένο εργαλείο επιτρέπεται η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο της δυνατότητας της ΕΑ να μην χάνει τα τρόφιμα και να τα μεταφέρει με βάση τη διάρκεια ζωής τους, την εξοικονόμηση χρημάτων και χωρίς να ρυπαίνει το περιβάλλον.

Οι [90] στην έρευνά τους αναλύουν την έννοια των εικονικών ΕΑ τροφίμων μέσω ΔΤΠ και προτείνουν μια αρχιτεκτονική για την υλοποίηση συστημάτων πληροφορικής και την εφαρμόζουν σε μια ΕΑ για ψάρια. Συμπεραίνουν ότι η εικονικοποίηση μπορεί να αντιμετωπίσει συγκεκριμένες προκλήσεις των ΕΑ τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων της αλλοίωσης των προϊόντων, των απρόβλεπτων διακυμάνσεων της προσφοράς και των αυστηρών απαιτήσεων ασφάλειας και βιωσιμότητας των τροφίμων. Η έννοια των εικονικών ΕΑ τροφίμων προσδιορίζεται από μια προοπτική εικονικών πραγμάτων στην οποία εξετάζονται τέσσερις διαστάσεις πολυπλοκότητας: Επισκόπηση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) στην περίπτωση της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Αγροτικών Προϊόντων

της ΕΑ: α) δίκτυο, β) αντικείμενο, γ) διαδικασία και δ) έλεγχος. Η εικονικοποίηση μπορεί να αποτελέσει λύση για τη διαχείριση αυτής της πολυπλοκότητας, διότι επιτρέπει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων σε όλη την ΕΑ τροφίμων να παρακολουθούν, να ελέγχουν, να προγραμματίζουν και να βελτιστοποιούν τις επιχειρηματικές διαδικασίες εξ αποστάσεως και σε πραγματικό χρόνο μέσω του Διαδικτύου, βασισμένου σε εικονικά αντικείμενα. Η εφαρμογή της εικονικοποίησης στις ΕΑ τροφίμων απαιτεί μια υποδομή που επιτρέπει τις εταιρείες τροφίμων, να συνδέονται εύκολα με εικονικά αντικείμενα με ασφάλεια και εμπιστοσύνη, ενώ παράλληλα διασφαλίζεται η ακεραιότητα. Για το σκοπό αυτό, η αρχιτεκτονική πλατφόρμας Fispace σχεδιάστηκε ως ένα επιχειρηματικό περιβάλλον στο οποίο οι έξυπνες εφαρμογές και οι υπηρεσίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για τη διαχείριση εικονικών αντικειμένων.

Στην εργασία των [91], παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση μιας νέας αρχιτεκτονικής δικτύων υβριδικού τύπου που συνδυάζει ταυτόχρονα πολλαπλές συνδέσεις διαδικτύου και ad hoc (M2M), για να παρέχει ισχυρή και αξιόπιστη επικοινωνία σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο. Οι ερευνητές προτείνουν μια υβριδική αρχιτεκτονική δικτύου που έχει σχεδιαστεί για ευρωστία υπό δύσκολες συνθήκες στις γεωργικές εφαρμογές. Ορίζουν ένα συνδυασμό δικτύων που βασίζονται σε υποδομές (π.χ. Δημόσια Land Mobile Networks (PLMN) ή Ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN)) και δίκτυα μηχανή με μηχανή (M2M) (π.χ. Δίκτυα Καθυστερήσεων (DTNs)) ή ευκαιρικά (opportunistic) δίκτυα). Τα δεδομένα που αποστέλλονται μέσω της αρχιτεκτονικής προγραμματίζονται από έναν αλγόριθμο που βασίζεται σε προκαθορισμένες προτεραιότητες και τη διαθεσιμότητα των διαφόρων συνδέσεων επικοινωνίας.

Στην εργασία των [92] παρουσιάζεται ένα ολιστικό σύστημα παρακολούθησης της γεωργίας, ο σχεδιασμός του και η υλοποίησή του. Το σύστημα επικεντρώνεται κυρίως στην επιτόπια αξιολόγηση του δείκτη της περιοχής των φύλλων (Leaf Area Index, LAI), μιας πολύ σημαντικής παραμέτρου καλλιέργειας. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι πραγματικές προκλήσεις και οι εμπειρίες που αποκτήθηκαν σε διάφορες υλοποιήσεις. Το δίκτυο αισθητήρων επικεντρώνεται στη συνεχή αξιολόγηση του LAI, που είναι χρήσιμη για την ακριβή παρακολούθηση των διαδικασιών ανάπτυξης των καλλιεργειών. Χρησιμοποιώντας υποδομή ΔτΠ που βασίζεται σε MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) και συνδεσιμότητα PLMN (Public Land Mobile Networks), το δίκτυο αισθητήρων συνδέεται με κεντρικό διακομιστή. Ο διακομιστής είναι υπεύθυνος για τα δεδομένα, τα αναλυτικά στοιχεία και επίσης για την απεικόνισή τους στους αγρότες.

5.2.3 Καταγραφή εμπορευμάτων (logistics)

Οι [93] προτείνουν μια αρχιτεκτονική αναφοράς για συστήματα πληροφοριών logistics με βάση το ΔτΠ στις ΕΑ αγροτικών τροφίμων. Η αρχιτεκτονική αναφοράς εξυπηρετεί τρεις συγκεκριμένους σκοπούς:

- α) η αρχιτεκτονική αναφοράς παρέχει μια υβριδική λύση κεντρικών και αποκεντρωμένων συστημάτων ΕΑ που συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα του ΔτΠ και του Υπολογιστικού Νέφους. Για να γίνει αυτό, το σχεδιαζόμενο σύστημα περιλαμβάνει μια τοπική παράσταση του ελεγκτή ροής εργασίας, η οποία επιτρέπει αποσυνδέσεις από το Internet, π.χ. σε περιπτώσεις προβλημάτων επικοινωνίας. Συντονίζει την καταγραφή τοπικών αντιγράφων δεδομένων και δεδομένων από συσκευές AutoID, αισθητήρα και ενεργοποιητή. Ο τοπικός ελεγκτής ροής εργασίας μπορεί επίσης να ενορχηστρώσει διάφορες τοπικές υπηρεσίες που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση των εργασιών logistics. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών που αποθηκεύονται τοπικά μέσω δικτύου P2P, καθώς και πληροφορίες που αποθηκεύονται στο Νέφος ή πληροφορίες συμβάντων που μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση μέσω διασυνδέσεων σύμφωνα με το πρότυπο ΗΥΠΚΠ (Electronic Product Code Information Services- EPCIS) (GS1 2014a).
- β) η αρχιτεκτονική διευκολύνει τη χρήση των τεχνολογιών που επιτρέπουν την τεχνολογία και την επαναχρησιμοποίηση συγκεκριμένων λειτουργικών τομέων για να υποστηρίξει την παροχή εύχρηστων εξειδικευμένων λύσεων. Ένα βασικό στοιχείο για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η χρήση των GE (Generic Enablers) και DSE (Domain Specific Enablers) της πλατφόρμας Core Future Internet Core (FIWARE 2014). Οι DSE παρέχουν τις κοινές υπηρεσίες που απαιτούνται από όλες τις οντότητες στον τομέα των γεωργικών προϊόντων διατροφής, οι οποίες επιτρέπουν την παρακολούθηση και τον εντοπισμό

τροφίμων από το αγρόκτημα μέχρι την κατανάλωση. Τέσσερις από αυτές τις DSE καθορίζονται στην αρχιτεκτονική: (1) υπηρεσία ταυτοποίησης, (2) υπηρεσία πιστοποίησης, (3) υπηρεσία πληροφοριών προϊόντων και (4) υπηρεσία επιχειρηματικών σχέσεων. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική αναφοράς περιλαμβάνει ένα αποθετήριο επαναχρησιμοποιήσιμων υπηρεσιών, ειδικά για το logistics γεωργικών προϊόντων διατροφής.

- γ) η αρχιτεκτονική αναφοράς εφαρμόζεται σε ειδικά σενάρια που αντιμετωπίζουν μείζονες προκλήσεις στην ΕΑ γεωργικών προϊόντων διατροφής. Οι ερευνητές παρουσίασαν τέσσερα τέτοια μοντέλα σεναρίων τα οποία προέρχονται από δύο μελέτες εφαρμογής: (1) αυτόματη αναγνώριση και διαχείριση συμβάντων, (2) επισήμανση και καταγραφή προϊόντων, (3) ανάκληση προϊόντων σε περίπτωση συμβάντων σε τρόφιμα και (4) πρόβλεψη και επαναπρογραμματισμός.

Η βασική αξία της αρχιτεκτονικής αναφοράς είναι ότι συμβάλλει στη μοντελοποίηση, έγκαιρα, με τρόπο ακριβή και συνεπή, των πληροφοριακών συστημάτων ΕΑ στον τομέα των γεωργικών ειδών διατροφής. Διευκολύνει την επαναχρησιμοποίηση των υπηρεσιών λογισμικού και τις ειδικές γνώσεις του τομέα. Συνεπώς, επιτρέπει την ανάπτυξη και λειτουργία αποτελεσματικών λύσεων που είναι ανεξάρτητες από γεωγραφικές τοποθεσίες και ανεξάρτητες από συγκεκριμένες επιλογές υλοποίησης. Αυτό θα ενισχύσει ενδεχομένως την εφαρμογή έξυπνων συστημάτων πληροφοριών για τη διαχείριση της ΕΑΑΠ.

Τα τρέχοντα συστήματα ιχνηλασιμότητας και προέλευσης που βασίζονται στο ΔτΠ για τις ΕΑΑΠ είναι χτισμένα πάνω από τις συγκεντρωτικές υποδομές και αυτό αφήνει περιθώρια για άλυτα ζητήματα και μείζονες ανησυχίες, συμπεριλαμβανομένης της ακεραιότητας των δεδομένων, των παραβιάσεων και των ενιαίων σημείων αποτυχίας. Το blockchain, αντιπροσωπεύει μια νέα και καινοτόμο τεχνολογική προσέγγιση για την υλοποίηση αποκεντρωμένων συστημάτων εμπιστοσύνης. Πράγματι, οι εγγενείς ιδιότητες αυτής της ψηφιακής τεχνολογίας παρέχουν ανοχή σφάλματος, μη τροποποίηση, διαφάνεια και πλήρη ιχνηλασιμότητα των αποθηκευμένων αρχείων των συναλλαγών, καθώς και συνεκτικές ψηφιακές αναπαραστάσεις υλικών περιουσιακών στοιχείων και αυτόνομες εκτελέσεις συναλλαγών. Οι [94] παρουσίασαν το AgriBlockIoT, μια πλήρως αποκεντρωμένη λύση για την ιχνηλασιμότητα που βασίζεται σε blockchain για τη διαχείριση της ΕΑ, ικανή να ενσωματώνει χωρίς προβλήματα τις συσκευές ΔτΠ που παράγουν και καταναλώνουν ψηφιακά δεδομένα κατά μήκος της ΕΑ. Για να αξιολογήσουν αποτελεσματικά το AgriBlockIoT, όρισαν πρώτα μια κλασική περίπτωση χρήσης κάθετα στην ΕΑ, δηλαδή από το «αγρόκτημα στο πιρούνι». Στη συνέχεια, ανέπτυξαν μια τέτοια περίπτωση χρήσης, επιτυγχάνοντας την ιχνηλασιμότητα χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές υλοποιήσεις blockchain, συγκεκριμένα το Ethereum και το Hyperledger Sawtooth. Τέλος, αξιολόγησαν και συγκρίναν τις επιδόσεις και των δύο προτάσεων, όσον αφορά την καθυστέρηση, την CPU και τη χρήση του δικτύου, επισημαίνοντας επίσης τα υπέρ και τα κατά. Το AgriBlockIoT επιτρέπει την ενοποίηση των τεχνολογιών ΔτΠ και Blockchain, δημιουργώντας διαφανή, ανεκτά, ανυπολόγιστα και ελεγχόμενα αρχεία τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας αγροτικών προϊόντων. Η εφαρμογή βασισμένη στο Hyperledger Sawtooth είχε καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τις μετρήσεις σε σχέση με το Ethereum, και οι δύο υλοποιήσεις έχουν διαφορετικές ιδιότητες και δυνατότητες που πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν από την επιλογή ενός από το άλλο. Σημειώνουν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι βολικό να ανεχθούμε την υψηλή καθυστέρηση του Ethereum χάριν της επεκτασιμότητας και της αξιοπιστίας του, δεδομένου ότι επιτρέπει μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων και η ωριμότητα του λογισμικού του είναι πολύ υψηλότερη από το Hyperledger Sawtooth. Επιπλέον, από οικονομική άποψη, υπενθυμίζουν ότι το χρηματικό κόστος της χρήσης του δικτύου Ethereum μπορεί να αποφευχθεί, χρησιμοποιώντας απλά ιδιωτικά δίκτυα. Ωστόσο, σε αυτό το περιβάλλον, ο περιορισμός της ύπαρξης μιας ενιαίας γλώσσας για την εφαρμογή έξυπνων συμβάσεων, καθώς και μια σταθερή δομή για τα αρχεία, μπορεί να αποτελούν μειονέκτημα κατά την ανάπτυξη πιο περίπλοκης επιχειρησιακής λογικής. Τελευταίο, αλλά εξίσου σημαντικό, ο τρέχων συναινετικός αλγόριθμος του Ethereum είναι αρκετά πιο απαιτητικός με το CPU και αυτό μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για υπολογιστικά περιορισμένες συσκευές, όπως συσκευές ΔτΠ. Από την άλλη πλευρά, η εφαρμογή Hyperledger Sawtooth προσφέρει έναν νέο αλγόριθμο συναίνεσης ο οποίος μπορεί να είναι πιο κατάλληλος για τέτοιες μικρές συσκευές. Επιπλέον, η δυνατότητα εφαρμογής της λογικής χρησιμοποιώντας διαφορετικές γλώσσες, καθώς και η προσαρμογή των αρχείων, μπορεί να επιτρέψει ταχύτερες υλοποιήσεις και ευκολότερη ενσωμάτωση με άλλα συστήματα. Ωστόσο,

το Hyperledger Sawtooth εξακολουθεί να απέχει πολύ από το να θεωρείται ώριμη εφαρμογή συγκρινόμενη με το Ethereum. Ως μελλοντικές εργασίες, σκοπεύουν να επεκτείνουν την ανάλυση απόδοσης σε πιο περιορισμένες αρχιτεκτονικές υλικού, προκειμένου να εκτιμηθεί η καταλληλότητα του προτεινόμενου πλαισίου για εφαρμογές που περιλαμβάνουν πραγματικές συσκευές και πύλες ΔτΠ στην ΕΑΑΠ.

Με το blockchain ασχολήθηκε και ο [95], ο οποίος επισημαίνει ότι οι δραστηριότητες της ΕΑ συγκαταλέγονται μεταξύ εκείνων που είναι πιο πιθανό να μεταλλαχθούν λόγω της εφαρμογής του blockchain. Τονίζει επίσης ότι, μεταξύ άλλων, το blockchain διευκολύνει την έγκυρη και αποτελεσματική μέτρηση των αποτελεσμάτων και των επιδόσεων των βασικών διαδικασιών ΕΑ. Η βιομηχανία τροφίμων είναι πολύ πιθανό να επηρεαστεί από το blockchain. Το παράδειγμα της επιδημίας E. coli του 2015 στο Chipotle Mexican Grill είναι ενδεικτικό ενός ευρέως διαδεδομένου προβλήματος που αντιμετωπίζει η ΕΑ τροφίμων. Αυτό το παράδειγμα δείχνει ότι υπάρχει μια επιθυμία για αξιόπιστους προμηθευτές στη βιομηχανία τροφίμων. Από την άποψη αυτή, ένα βασικό στοιχείο του μοντέλου βασισμένου σε blockchain είναι ότι όλες οι συναλλαγές είναι ελεγχόμενες, πράγμα που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ενίσχυση της εμπιστοσύνης μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων μερών. Με το blockchain, οι καταναλωτές γνωρίζουν εάν η τροφή που καταναλώνουν είναι σωστή και αυθεντική. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέτρα για την αύξηση της διαφάνειας στις ΕΑ. Το blockchain μπορεί επίσης να βοηθήσει στην επίτευξη ισχυρών μέτρων για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Τέλος, ο συγγραφέας καταλήγει ότι θα πρέπει να αφιερωθούν περισσότεροι πόροι για την αντιμετώπιση ζητημάτων όπως η συμμετοχή διαφόρων μελών της ΕΑ και ο εμπλουτισμός του υφιστάμενου οικοσυστήματος αποκλεισμού προκειμένου να αξιοποιηθεί πλήρως η δυναμική του blockchain.

Η αναδιάρθρωση των πρακτικών της παραδοσιακής διαχείρισης αποθεμάτων καθίσταται πιο σημαντική για τη βελτιστοποίηση της διαφάνειας της ΕΑΑΠ και των τιμών των γεωργικών προϊόντων. Οι [96], παρατήρησαν ότι η μεγάλη αποτυχία για τους αγρότες οφείλεται στην κακή οργάνωση της ΕΑ. Οι πρόσφατες τεχνολογίες μπορούν να έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στη διαδικασία αποθήκευσης, εντοπισμού, διανομής και παρακολούθησης της γεωργικής παραγωγής. Ο στόχος της εργασίας τους είναι να ενσωματωθεί το ΔτΠ στη διαχείριση αποθεμάτων και στο logistics. Τα μοναδικά χαρακτηριστικά των γεωργικών προϊόντων, όπως η πρόβλεψη της προσφοράς, της ζήτησης, της θέσης των αποθηκών, της διανομής και της παρακολούθησης του αποθέματος, μπορούν να ενσωματωθούν μέσω του ΔτΠ. Η εργασία τους προτείνει ένα εννοιολογικό πλαίσιο για τη διαφάνεια της διαχείρισης των αποθεμάτων που εμπλέκονται στην ΕΑ των γεωργικών προϊόντων. Αυτό το προτεινόμενο μοντέλο αποθεμάτων που χρησιμοποιεί το ΔτΠ αποτελεί μέρος του συνολικού συστήματος σχεδιασμού δικτύου μιας ΕΑ. Αυτό μειώνει το περιττό κόστος και το χρόνο στην ΕΑ. Μέσω της σύνδεσης των στοιχείων των καλλιεργητών με αυτά των τελικών χρηστών, το μοντέλο απογραφής γεωργικών προϊόντων θα επηρεάσει ολόκληρη την ΕΑ και θα αναβαθμίσει την αξία της. Το μοντέλο είναι ευαίσθητο σε δεδομένα, η χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και το σύστημα παρακολούθησης οχημάτων αξιοποιούνται και απεικονίζουν λύσεις με απλούστερο τρόπο στους αγρότες, στους διανομείς και τους μεταπωλητές ακόμα και στα κινητά τους τηλέφωνα.

Η See Your Box Ltd (SYB) [97] έχει αναπτύξει μια τεχνολογία ΔτΠ ικανή να καλύψει κάποια κενά στον τομέα της γεωργίας. Η SYB παρέχει υπηρεσία παρακολούθησης επιχειρήσεων σε πραγματικό χρόνο, η οποία παρέχει στους χρήστες ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών και γεωγραφικών πληροφοριών, χωρίς να χρειάζονται ειδικές υποδομές. Η υπηρεσία SYB επιτρέπει τελικά τη συγχώνευση της έννοιας της ιχνηλάτησης με την έννοια της παρακολούθησης. Η SYB ιδρύθηκε το 2013, είναι μια ειδική υπηρεσία B2B και χρησιμοποιεί μια λύση που βασίζεται στο βιομηχανικό ΔτΠ για την παροχή υπηρεσίας παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο για προϊόντα που αποστέλλονται και αποθηκεύονται διεθνώς. Η υπηρεσία SYB παρέχει την ενσωμάτωση τεσσάρων τεχνολογιών, μιας συσκευής υλικού μεγέθους πακέτου τσιγάρων, ενός διεθνούς δικτύου επικοινωνίας με αποκλειστικό πρωτόκολλο μετάδοσης, ένα πλήρως ιδιόκτητο σύστημα διακομιστή Νέφους και έναν εύκολο τρόπο ενσωμάτωσης όλων των πληροφοριών που συλλέγονται στους διακομιστές των εταιρειών.

Οι τρέχουσες εφαρμογές στην έρευνα περιλαμβάνουν:

- ✓ Μεταφορά υψηλής ποιότητας νερού και οίνου και οινοπνευματωδών ποτών: η μεταφορά εμπορευμάτων σε μεγάλες αποστάσεις μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα των αγαθών στο σημείο χρήσης που σχετίζεται

περισσότερο με τη θερμοκρασία και την έκθεση στο φως, τη μόλυνση και το σπάσιμο των μπουκαλιών.

- ✓ Παρακολούθηση της αλυσίδας: παρακολούθηση των διαφόρων σταδίων του ταξιδιού κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατεψυγμένων τροφίμων από τον παραγωγό στους πελάτες, τη μεγάλη διανομή ή τα εστιατόρια. Η SYB επιτρέπει την αποφυγή αυτής της έλλειψης πληροφοριών και τη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων (μέσω της παρακολούθησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας) στη διαδικασία μεταφοράς κατεψυγμένων τροφίμων.
- ✓ Φρούτα και λαχανικά: Η μεταφορά με βάρκα από τη Νότια και Κεντρική Αμερική στην Ευρώπη είναι μια καλά εδραιωμένη διαδικασία, αλλά υπάρχει μεγάλη ανάγκη για αποδοτικότητα της ΕΑ. Για τις εταιρείες αυτές, μία από τις κύριες πηγές πρόσθετου κόστους είναι η επιβολή χρηματικών ποινών για καθυστερημένη παράδοση σε μεγάλους πελάτες διανομής (κενά ράφια). Η υιοθέτηση της SYB θα μπορούσε να παρέχει προειδοποίηση για την υποβάθμιση του προϊόντος κατά τη μεταφορά φορτίου και πλοίων.

Στο άρθρο του ο [98] προτείνει ένα νέο σύστημα αποκεντρωμένης ανιχνευσιμότητας βασισμένο στο ΔτΠ και την τεχνολογία blockchain, και διερευνά τις προκλήσεις στην κλιμάκωση των blockchain γενικότερα. Επιπλέον, δίνει ένα παράδειγμα σεναρίου για να δείξει πώς λειτουργεί στην ΕΑ τροφίμων με το σύστημα HACCP. Αυτό το σύστημα παρέχει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σε όλα τα μέλη της ΕΑ σχετικά με την κατάσταση ασφαλείας των προϊόντων διατροφής και μειώνει εξαιρετικά τον κίνδυνο κεντρικών συστημάτων πληροφοριών αφού φέρει τις πληροφορίες αυτές με τρόπο πιο ασφαλή, κατανοητό, διαφανή και συνεργατικό. Το σύστημα μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια της ΕΑ τροφίμων, γεγονός που προφανώς ενισχύει την ασφάλεια των τροφίμων και αποκαθιστά την εμπιστοσύνη των καταναλωτών στη βιομηχανία τροφίμων.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις παρακολούθησης και ανίχνευσης κατά τη διαχείριση μιας ΕΑ τροφίμων και της ποιότητας και της ασφάλειας, οι [99], προτείνουν μια πλατφόρμα πληροφοριών για την ασφάλεια των τροφίμων χρησιμοποιώντας το ΔτΠ, με αναφορά στο πρότυπο EPC, τη χρήση της τεχνολογίας RFID, υιοθετώντας το μοντέλο SOA βασισμένο στις βασικές διαδικασίες ΑΔΑΕ. Επίσης, η πλατφόρμα πληροφόρησης, η οποία αφορά ολόκληρη τη διαδικασία από την πηγή έως την κατανάλωση, παρέχει πληροφορίες ιχνηλασιμότητας, πληροφορίες για τα τρόφιμα, επαλήθευση της ταυτότητας των τροφίμων, αποτρέπει την λανθασμένη αναγνώριση των τροφίμων από τους καταναλωτές και τις κυβερνητικές ρυθμιστικές αρχές και τελικά αποτελεί καλή πρακτική για την ασφάλεια των τροφίμων και την ανιχνευσιμότητα της ΕΑ. Η προτεινόμενη λύση περιγράφει το μοντέλο E-R, την αρχιτεκτονική δικτύου, το τεχνολογικό πλαίσιο και τις λειτουργικές μονάδες για την επίτευξη της παρακολούθησης της τροφής μέσω τεχνολογιών RFID. Λεπτομερείς ηλεκτρονικές πληροφορίες παρακολούθησης σχετικά με τα τρόφιμα θα μπορούσαν να αναζητηθούν μέσω υπηρεσίας Web ή κινητών τηλεφώνων ή/και άλλων συσκευών.

Σήμερα, η ύπαρξη συστημάτων βασισμένων στο ΔτΠ είναι μια πρόκληση στην αλυσίδα αξίας αγροτικών προϊόντων. Οι [100] επισημαίνουν ότι ο κύριος στόχος αυτών των συστημάτων είναι να διασφαλιστεί η ανιχνευσιμότητα και η διαφάνεια σε όλους τους παράγοντες της ΕΑ που ξεκινούν από τον παραγωγό μέχρι τον τελικό καταναλωτή. Για την επίτευξη αυτού του στόχου πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορες πτυχές: οι πληροφορίες που προέρχονται από τους αισθητήρες, οι πληροφορίες που απαιτούνται και παράγονται από τις επιχειρηματικές διαδικασίες που εμπλέκονται στην ΕΑ, αλληλοεπικάλυψη αυτών των δύο τύπων πληροφοριών για την καλύτερη διαχείριση τους. Στην εργασία τους προτείνουν ένα πλαίσιο ικανό να διαχειριστεί αυτές τις πτυχές τόσο από μεθοδολογική όσο και από τεχνολογική άποψη.

Οι [101] προτείνουν μια αποτελεσματική και οικονομική πλατφόρμα διαχείρισης για την παρακολούθηση και τον εντοπισμό σε πραγματικό χρόνο της ΕΑ προσυσκευασμένων τροφίμων με βάση τις τεχνολογίες ΔτΠ και την εξασφάλιση ενός ασφαλούς περιβάλλοντος κατανάλωσης τροφίμων. Μετά την αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες, αναπτύσσεται μια ευέλικτη πολυεπίπεδη πλατφόρμα παρακολούθησης και ανίχνευσης για προσυσκευασμένα τρόφιμα. Εκτός αυτού, για να μειωθεί το κόστος υλοποίησης, ενώ πραγματοποιείται η λεπτομερής παρακολούθηση και ο εντοπισμός, προτείνεται μια ολοκληρωμένη λύση χρησιμοποιώντας τόσο τον κώδικα QR όσο και την ετικέτα αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (RFID). Επιπλέον, υιοθετείται

η Extensible Markup Language (XML) για τη διευκόλυνση της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ εφαρμογών και ενδιαφερομένων. Η προτεινόμενη πλατφόρμα αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική για την παρακολούθηση των τροφίμων σε όλη την ΕΑ και μπορεί να ωφελήσει όλους τους εμπλεκόμενους φορείς. Επίσης, η ενσωμάτωση των τεχνολογιών QR code και RFID αποδείχθηκε οικονομική και μπορούσε να εξασφαλίσει τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, η μέθοδος XMLbased είναι αποτελεσματική για να πραγματοποιήσει την ανταλλαγή πληροφοριών κατά τη διάρκεια ολόκληρης της διαδικασίας.

Η τεράστια ζήτηση για φρέσκα εμπορεύματα προκάλεσε πολλές έρευνες σχετικά με την αλλοιώσιμη ΕΑ τροφίμων. Τα χαρακτηριστικά των φθαρτών τροφίμων και η διαπεριφερειακή μεταφορά έχουν φέρει πολλές προκλήσεις στα μοντέλα λειτουργίας της αλλοιώσιμης ΕΑ. Στόχος της έρευνας των [102] είναι να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις με βάση τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που αποκτώνται από τις συσκευές ΔΤΠ. Το ΔΤΠ και η μοντελοποίηση του Κέντρου Προμηθειών στα Βιομηχανικά Πάρκα υιοθετήθηκαν στην αλλοιωμένη ΕΑ τροφίμων. Καταρτίστηκε ένα εννοιολογικό μοντέλο ΔΤΠ για την ΕΑ τροφίμων με διανομέα που απαρτίζεται από δύο σκέλη. Η απόδοση της ΕΑ βελτιώθηκε κατά την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου, όπως αποδεικνύεται από μια μελέτη περίπτωσης. Με το μοντέλο αυτό, οι κόμβοι προσφοράς που λειτουργούν ως κυρίαρχοι της ΕΑ μπορούν να ανταποκριθούν στις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο που συλλέγονται από τις διαδικασίες λειτουργίας μιας ΕΑ με ενεργοποίηση του ΔΤΠ, παρέχοντας έτσι δημόσια αποθήκη και υπηρεσίες logistics.

5.2.4 Αξιοποίηση πόρων

Η γεωργία ακριβείας είναι ο μηχανισμός που ελέγχει την παραγωγικότητα της γης, μεγιστοποιεί τα έσοδα και ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις στο περιβάλλον με την πλήρη αυτοματοποίηση των γεωργικών διαδικασιών. Πιο συγκεκριμένα, για την γεωργική παραγωγή λαχανικών, η εργασία των [103], βασίζεται στο ΔΤΠ και χρησιμοποιεί ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN), το οποίο αποτελείται από αισθητήρα υγρασίας εδάφους, συσκευή μέτρησης θερμοκρασίας εδάφους, αισθητήρα θερμοκρασίας περιβάλλοντος, συσκευή ανίχνευσης υγρασίας περιβάλλοντος, αισθητήρα CO₂, αισθητήρα ανίχνευσης της έντασης του φωτός ημέρας, για την απόκτηση πληροφοριών αγροκλήματος σε πραγματικό χρόνο μέσω μέτρησης πολλαπλών σημείων. Η προτεινόμενη τεχνική τήρησης αποτελείται από όλους τους ανεξάρτητους κόμβους WSN που χρησιμοποιούνται για την έγκαιρη απόκτηση δεδομένων και αποθήκευση γεωργικών πληροφοριών. Το ιστορικό της εκμετάλλευσης αποθηκεύεται επιπρόσθετα για τη δημιουργία της απαραίτητης δράσης καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας. Η εργασία συνοψίζει τη βέλτιστη χρήση της άρδευσης από τη διαχείριση ακριβείας της βαλβίδας νερού, χρησιμοποιώντας πρόβλεψη της ύπαρξης νερού από το νευρωνικό δίκτυο για την επόμενη μία ώρα. Το προτεινόμενο σχέδιο ελέγχου άρδευσης χρησιμοποιεί μηχανισμό διαχείρισης βαλβίδων, ο οποίος χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό αγροτικών περιοχών με έλλειψη ύδατος. Επιπλέον, πραγματοποιείται μια συγκριτική μελέτη των τεχνικών βελτιστοποίησης, όπως η μεταβαλλόμενη ταχύτητα εκμάθησης και η ταξινόμηση προτύπων βασισμένη στο νευρωνικό δίκτυο. Η βέλτιστη πρακτική χρησιμοποιείται, επίσης, για την πρόβλεψη του εδάφους σε ωριαία βάση μαζί με τη μέθοδο παρεμβολής για την παραγωγή χάρτη υγρασίας εδάφους. Τέλος, υπολογίζεται η έλλειψη του κατάλληλου βαθμού υγρασίας του εδάφους ώστε να επιτυγχάνεται ο κατάλληλος χειρισμός σε συγκεκριμένες βαλβίδες για τη διατήρηση της ομοιόμορφης παρουσίας ύδατος σε ολόκληρη την περιοχή εκμετάλλευσης. Οι εντολές ελέγχου βαλβίδων επεξεργάζονται μέσω ενός συστήματος αφηρημένης προσομοίωσης με βάση την ασαφή λογική, λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικές καιρικές συνθήκες.

Η παραδοσιακή γεωργία μετατρέπεται σε «έξυπνη» γεωργία λόγω της διεξόδου του ΔΤΠ. Το χαμηλό κόστος και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας είναι οι βασικοί παράγοντες για να καταστεί το δίκτυο ΔΤΠ χρήσιμο και αποδεκτό από τους αγρότες. Οι [104] προτείνουν ένα δίκτυο ΔΤΠ χαμηλής κατανάλωσης χαμηλού κόστους για «έξυπνη» γεωργία. Για την παρακολούθηση της περιεκτικότητας σε υγρασία του εδάφους, χρησιμοποίησαν έναν εσωτερικό αισθητήρα, τον οποίο είχαν σχεδιάσει. Στο προτεινόμενο δίκτυο, το βύσμα IITH χρησιμοποιείται ως κόμβος αισθητήρα που παρέχει επικοινωνία χαμηλής ισχύος. Η ισχύς και το κόστος είναι οι δύο μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του δικτύου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το προτεινόμενο δίκτυο καταναλώνει λιγότερη ενέργεια και έχει κατά μέσο όρο 83% παρατεταμένη διάρκεια ζωής με χαμηλότερο κόστος σε σχέση με το προηγούμενο προτεινόμενο δίκτυο στον Επισκόπηση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) στην περίπτωση της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Αγροτικών Προϊόντων

τομέα της γεωργίας, λόγω του βελτιστοποιημένου χρόνου ύπνου των αισθητήρων κόμβων και της λιγότερης κατανάλωσης ενέργειας από τους αισθητήρες κόμβων. Το γεγονός ότι οι αισθητήρες χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια, επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του δικτύου. Επίσης προτείνουν μια πύλη βασισμένη στο LoRa για την επίλυση του προβλήματος των γραμμών ηλεκτρικής ενέργειας και την κάλυψη μεγάλων εκτάσεων στον τομέα της γεωργίας. Μελλοντικά, προτείνουν τη χρήση drone για απομακρυσμένη παρακολούθηση των γεωργικών εκτάσεων.

Με την ενεργειακή απόδοση των αισθητήρων ασχολήθηκαν και οι [105]. Πρότειναν ένα πλαίσιο ενεργειακής απόδοσης για τους αισθητήρες ΔΤΠ στο σύστημα παρακολούθησης. Το προτεινόμενο πλαίσιο επιτρέπει στους κόμβους των αισθητήρων να συλλέγουν τα δεδομένα με βάση την περιβαλλοντική αλλαγή. Επιπλέον, προτείνουν έναν αποτελεσματικό αλγόριθμο μετάδοσης ενέργειας για το προτεινόμενο πλαίσιο. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η ενεργειακή ισχύς στους κόμβους των αισθητήρων, ενώ ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται η ταχύτητα μετάδοσης. Για την επίλυση του προβλήματος χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος χαμηλής υπολογιστικής πολυπλοκότητας και βασίζεται σε μια άπληστη μέθοδο. Η απόδοση του αλγορίθμου συγκρίνεται με δύο παραδοσιακά πρωτόκολλα μετάδοσης, που ονομάζονται SPIN και ESPIN, με τη βοήθεια ενός πειράματος. Από τα αποτελέσματα, ο αλγόριθμός μπορεί να προσφέρει καλύτερη ενεργειακή απόδοση περίπου 81,53% από το SPIN και 36,84% από το ESPIN. Επίσης, ο προτεινόμενος αλγόριθμος μπορεί να δαπανήσει λιγότερο χρόνο μετάδοσης από άλλους αλγόριθμους με μετάδοση μεγαλύτερου όγκου δεδομένων. Η επιτυχία τους στηρίζεται στο γεγονός ότι ο προτεινόμενος αλγόριθμος δεν χρειάζεται να αποστείλει διαφήμιση σε πολλούς άλλους κόμβους κάθε φορά πριν από τη μετάδοση των δεδομένων όπως κάνουν στα SPIN και ESPIN. Επιπλέον, τα SPIN και ESPIN πρέπει να περιμένουν τα μηνύματα αίτησης από τους κόμβους αναμετάδοσης πριν ξεκινήσουν τη μετάδοση. Μια τέτοια διαδικασία αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας και επιβαρύνει σημαντικά τη διαδικασία μετάδοσης.

Τα προβλήματα της επεκτασιμότητας και της δυνατότητας διαχείρισης αντιμετωπίζουν οι [106]. Στην εργασία τους, παρουσιάζουν το σχεδιασμό ενός έξυπνου διαχειριστή συστήματος επικοινωνιών ΔΤΠ που χρησιμοποιείται ως ελεγκτής χαμηλού κόστους άρδευσης. Προτείνουν ένα μηχανισμό άρδευσης που χρησιμοποιεί δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, όπως η άρδευση μεταβλητού ρυθμού και μερικές παραμέτρους που λαμβάνονται από το πεδίο. Οι παράμετροι του πεδίου, ο δείκτης βλάστησης (που υπολογίζεται από αεροφωτογραφίες) και τα γεγονότα άρδευσης, όπως το επίπεδο ροής, το επίπεδο πίεσης ή η ταχύτητα του ανέμου, λαμβάνονται περιοδικά κατόπιν δειγματοληψίας. Τα δεδομένα τροφοδοτούν μια υπηρεσία Νέφους, η οποία βασίζεται στο Drooms Gunvor (Business Rules Manager). Η εξελιγμένη πλατφόρμα πολυμέσων μπορεί να ελεγχθεί εξ αποστάσεως από ένα κινητό τηλέφωνο. Τέλος, οι ερευνητές μέτρησαν το εύρος ζώνης που καταναλώνεται όταν το σύστημα στέλνει διαφορετικά είδη εντολών και δεδομένων.

Οι παράγοντες της θερμοκρασίας και της υγρασίας του εδάφους επηρεάζουν την ανάπτυξη της γεωργίας, όπως η παραγωγικότητα, οι ασθένειες των φυτών και η απόδοση της παραγωγής. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες τεχνικές για να εκτιμηθούν οι σωστές περιβαλλοντικές συνθήκες με βάση τα στοιχεία για την υγρασία, δίνουν μια εσφαλμένη εκτίμηση για το χρόνο και την κατανάλωση ενέργειας. Οι [107], προτείνουν ένα δείκτη μέτρησης CLAY-MIST Measurement (CMM) με βάση τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία για να αξιολογήσουν τα επίπεδα άνεσης μιας καλλιέργειας. Σε αυτή την έρευνα, η θερμοκρασία εκτιμάται με βάση την ποσότητα υδρατμού και την πίεση στον αέρα που συνιστούν τη σωστή ανάπτυξη των φυτών. Η σχετική υγρασία αφαιρείται με την τυπική σταθερή βέλτιστη θερμοκρασία για να εξαχθεί το επίπεδο άνεσης. Ως εκ τούτου, οι πειραματικοί δείκτες CMM με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο δείχνουν μια απόφαση ακριβείας και τη λεπτομερή έκθεση που αποστέλλεται στους αγρότες. Τα αποτελέσματα είναι 94% ακριβή με μικρότερο χρόνο εκτέλεσης σε σύγκριση με τις υπάρχουσες τεχνικές θερμικής άνεσης. Η συνάρτηση θερμοκρασίας (PQ_{10}) καινοτομεί και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της κυτταρικής ανάπτυξης. Αν φθάσει στη βέλτιστη τιμή, τότε θα λειτουργήσει ως παράμετρος για την επιτυχή λήψη απόφασης, η οποία υποδεικνύεται από το ThingSpeak (διαδικτυακή πλατφόρμα analytics ΔΤΠ). Αυτό το έξυπνο σύστημα μέτρησης υποστηρίζει την παρακολούθηση της θερμικής άνεσης όσον αφορά τις κατηγορίες δεικτών ασφαλείας για τα ζώα και τα εκτιμώμενα αποτελέσματα δίνουν 75% υγιή ανάπτυξη μιας γεωργικής καλλιέργειας. Η εφαρμογή δείκτη μέτρησης CLAY-MIST με βάση το νέφος ΔΤΠ είναι μια καινοτόμος μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για τον σκοπό μέτρησης και παρακολούθησης. Μειώνει κατά 6% το ποσοστό σφάλματος και κατά 37% το χρόνο επεξεργασίας δεδομένων αισθητήρων σε σύγκριση με τις

υπάρχουσες τεχνικές. Το προτεινόμενο πλαίσιο μπορεί να αποστέλλει ειδοποιήσεις στον πελάτη σύμφωνα με τις κατηγορίες δεικτών ασφαλείας για τα ζώα. Ως εκ τούτου, ο γεωργός μπορεί να λάβει τα κατάλληλα μέτρα για την υγιή ανάπτυξη της καλλιέργειας.

Η γεωργία ακριβείας έχει ως στόχο να παράσχει υψηλότερη παραγωγικότητα και καλύτερη χρήση των πόρων σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερο κόστος με υψηλότερες αποδόσεις. Οι [108], τονίζουν ότι ζωτικής σημασίας δραστηριότητα για την καλλιέργεια είναι η άρδευση νερού, ενώ για την κτηνοτροφία είναι η παρακολούθηση της υγείας των ζώων. Στην εργασία τους παρουσιάζουν δύο μελέτες σκοπιμότητας με λύσεις ΔτΠ, για αυτοματοποιημένη άρδευση και μία μελέτη για αυτοματοποιημένη παρακολούθηση των ζώων. Τα συστήματα δικτύου αισθητήρων που παρουσιάζονται εδώ έχουν όλα τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά: ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων / ενεργοποιητών συνδεδεμένο σε ένα διακομιστή και μια βάση δεδομένων. Οι μελέτες έδειξαν ότι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων παρουσίασαν βελτίωση στην απόδοση σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Στην περίπτωση της άρδευσης, τα δεδομένα σχετικά με τα αρδευτικά γεγονότα ενσωματώνονται στα συστήματα που ελέγχουν τα γεωργικά μηχανήματα για τη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών και της χρήσης λιπασμάτων. Οι τάσεις που εμφανίζονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό μελλοντικών γεωργικών στρατηγικών με βάση τα καταγεγραμμένα αποτελέσματα. Η παρακολούθηση των ζώων επισημαίνει μη φυσιολογική συμπεριφορά των ζώων και βοηθά στο να εντοπιστούν τα πιθανά αίτια. Αυτά τα δεδομένα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να ενημερώσουν τις κτηνιατρικές υπηρεσίες σχετικά με τη φύση του προβλήματος.

Οι [109], παρουσιάζουν ένα καινοτόμο σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου του pH σε πραγματικό χρόνο για το απόβλητο νερό στη γεωργία και κηπουρική. Η τεχνολογία Wi-Fi χρησιμοποιείται για να υλοποιηθεί ένα WSN. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ σημαντική με τη χρήση αυτού του συστήματος. Το κεντρικό σύστημα είναι εξοπλισμένο με μια ηλεκτρονική μονάδα προγραμματισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τις πιο δημοφιλείς κινητές συσκευές Android συνδεδεμένες άμεσα για να αυξήσουν τη συνολική ευκολία και την ταχύτητα του συστήματος. Στο μέλλον αυτό το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως σε ποικίλες παραμέτρους για το νερό, όπως DO (Dissolved Oxygen), COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biological Oxygen Demand) κλπ. Σε συνδυασμό με το ΔτΠ, ανεξάρτητα από το που βρίσκεται ο χρήστης, αυτός μπορεί να λάβει άμεσα μηνύματα και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο.

Μία από τις σημαντικές διαδικασίες στη γεωργία είναι η άρδευση. Η ακατάλληλη άρδευση θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια νερού. Το σωστό σύστημα άρδευσης θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη χρήση της τεχνολογίας WSN. Οι εφαρμογές παρακολούθησης και ελέγχου της άρδευσης βελτιώθηκαν αρκετά με τη χρήση της τεχνολογίας WSN. Το WMSN είναι ένα WSN με αισθητήρες υγρασίας. Οι [110], στη μελέτη τους, χρησιμοποίησαν το WMSN για την αποτελεσματική άρδευση στη γεωργία της ακριβείας (PA). Σε αυτό το άρθρο, περιγράφουν σχετικά με το ΔτΠ και το WMSN στις γεωργικές εφαρμογές, ιδιαίτερα στο περιβάλλον του θερμοκηπίου. Εξηγούν και αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της μεθόδου ελέγχου ανατροφοδότησης στην άρδευση καλλιεργειών θερμοκηπίου. Διεξήχθη μια δοκιμή για να δούν τις διαφορετικές αυτές τις δύο μεθόδους. Οι μέθοδοι είναι η άρδευση με χρονοδιάγραμμα ή άρδευση με βάση την ανατροφοδότηση. Η άρδευση με το χρονοδιάγραμμα είναι η παροχή νερού στο εργοστάσιο σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Η άρδευση με βάση την ανάδραση είναι η άρδευση των εγκαταστάσεων όταν η υγρασία ή το επίπεδο υγρασίας των μέσων ενημέρωσης έφτασαν σε προκαθορισμένη τιμή. Η δοκιμή δείχνει ότι υπάρχει μέση εξοικονόμηση 1.500 ml ανά ημέρα ανά δέντρο.

Σύμφωνα με τους [111], το θερμοκήπιο με το υψηλότερο επίπεδο αυτοματισμού αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό αισθητήρων και ενεργοποιητών. Ωστόσο, είναι δύσκολο να συσχετίζονται όλοι οι αισθητήρες μεταξύ τους. Υπάρχουν δύο μεγάλα υποσυστήματα σε αυτοσυναρμολογημένα θερμοκήπια που δεν είναι διαλειτουργικά. Αυτά τα υποσυστήματα εγκαθιστούν διαφορετικούς τύπους ελέγχου και τεχνολογιών:

- ✓ Άρδευση και διατροφή.
- ✓ Κλιματισμός και εξαερισμός.

Ο γεωργός, μαζί με τον τεχνικό των τεχνολογιών της πληροφορίας, συγκλίνουν στις εξής βελτιώσεις:

- ✓ Διεπαφές παρακολούθησης και ελέγχου στο Διαδίκτυο (υπηρεσίες ελέγχου και επικοινωνίας).
- ✓ Υπηρεσία επικοινωνίας συμβάντων και αλλαγών (υπηρεσίες επικοινωνίας).
- ✓ Διασύνδεση των υποσυστημάτων άρδευσης και κλιματισμού (υπηρεσίες διαλειτουργικότητας).
- ✓ Ενσωμάτωση του αυτοματισμού για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης νερού (υπηρεσίες AI).

Στην εργασία των [111], αναλύονται διάφορες βιομηχανικές γεωργικές εγκαταστάσεις με τους αγρότες και τους καλλιεργητές για να σχεδιάσουν νέες λειτουργίες βασισμένες στην ανάπτυξη των εφαρμογών ΔΤΠ. Το μοντέλο σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη χρησιμοποιείται για την απόκτηση γνώσεων και εμπειριών στη διαδικασία εισαγωγής τεχνολογίας σε γεωργικές εφαρμογές. Οι εφαρμογές ΔΤΠ χρησιμοποιούνται ως πόροι για τη διευκόλυνση της λήψης αποφάσεων. Η αρχιτεκτονική του ΔΤΠ, οι κανόνες λειτουργίας και οι έξυπνες διαδικασίες υλοποιούνται χρησιμοποιώντας ένα καταναμημένο μοντέλο που βασίζεται σε παραδειγματικά μοντέλα άκρων (edge) και ομίχλης (fog). Προτείνεται μια αρχιτεκτονική επικοινωνίας χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνολογίες. Στόχος είναι να βοηθηθούν οι γεωργοί να αναπτύξουν έξυπνα συστήματα τόσο στις σημερινές όσο και στις νέες εγκαταστάσεις. Διαφορετικά δέντρα απόφασης για την αυτοματοποίηση της εγκατάστασης, σχεδιασμένα από τον αγρότη, μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν με τη μέθοδο που προτείνεται στην έρευνά τους.

Οι [112] παρατηρούν ότι ο τομέας των τροφίμων αντιμετωπίζει ολοένα και περισσότερο σημαντικές προκλήσεις σε ολόκληρη την ΕΑ για να γίνει πιο αποδοτικός από πλευράς πόρων. Στο πλαίσιο αυτό, οι τρεις κρίσιμοι τομείς είναι η μείωση των απορριμμάτων τροφίμων, της κατανάλωσης ενέργειας και της κατανάλωσης νερού. Ένας από τους βασικούς παράγοντες που χαρακτηρίζονται ως εμπόδιο για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων είναι η έλλειψη κατάλληλων δυνατοτήτων για τη συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ διαφόρων ενδιαφερομένων. Στην εργασία τους εξετάζεται η σκοπιμότητα υιοθέτησης ΔΤΠ για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των ΕΑ τροφίμων. Προτείνεται ένα βασικό πλαίσιο ΔΤΠ για την υποστήριξη της ενσωμάτωσης των σχετικών δεδομένων στα μοντέλα λήψης αποφάσεων της ΕΑ για τη μείωση των απορριμμάτων τροφίμων, της κατανάλωσης ενέργειας και νερού. Η ενσωμάτωση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο στα συστήματα προγραμματισμού της ΕΑ, όπως SAP, APS, MRP και ERP, θα μπορούσε να βοηθήσει τους ενδιαφερόμενους φορείς να λάβουν καλύτερα αποφάσεις σχετικά με τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης πόρων και τη μείωση της σπατάλης.

5.2.5 Ασφάλεια τροφίμων

Οι [113] παρουσιάζουν ένα πιλοτικό πρόγραμμα στην Κίνα: το Internet of Agricultural Things (AIoT), το οποίο στοχεύει στην αξιοποίηση των τεχνολογιών του ΔΤΠ για να εξασφαλίσει την ασφάλεια των τροφίμων. Το AIoT παρουσιάζει μια παγκόσμια υπηρεσία ταυτοποίησης, μια κλιμακούμενη αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες και την αξιόπιστη διασφάλιση δεδομένων με την επέκταση της ηλεκτρονικής γενεαλογίας. Ως αποτέλεσμα, το AIoT μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες, συμπεριλαμβανομένων των πελατών, των εποπτών και των προμηθευτών, να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται εύκολα τα παρεχόμενα τρόφιμα. Το σημείο που τονίζουν ότι χρειάζεται προσοχή είναι να διασφαλιστεί η εμπιστευτικότητα των δεδομένων που παράγονται σε μια ΕΑ. Στην εργασία τους υποδεικνύουν μια μέθοδο ιχνηλάτησης και παρακολούθησης των διαδικασιών εφοδιασμού τροφίμων. Ειδικά, το AIoT μπορεί να συγχωνεύσει τα δεδομένα από τις ΕΑ των φρέσκων λαχανικών για να δείξει μια διαισθητική άποψη για τους χρήστες, συμπεριλαμβανομένων των τελικών πελατών. Αυτές οι συγχωνεύσεις μπορούν να βοηθήσουν τους χρήστες να λαμβάνουν πιο εύκολα αποφάσεις όταν αγοράζουν ή επιβλέπουν τα τρόφιμα. Η πρότασή τους συνιστά μια πλατφόρμα αποδοτική και αποτελεσματική, για τη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων.

Οι [114] παρατηρούν ότι η χρήση του ΔΤΠ στην ΕΑ τροφίμων πιστεύεται ότι βελτιώνει την ποιότητα ζωής με τον εντοπισμό και την παρακολούθηση των συνθηκών των τροφίμων και τη

διάθεση των δεδομένων που λαμβάνονται στους καταναλωτές ή στους επιβλέποντες της ΕΑ. Επί του παρόντος, η πλήρης εφαρμογή του ΔΤΠ στην ΕΑ βρίσκεται ακόμη στο αναπτυξιακό στάδιο και υπάρχουν περιθώρια για περαιτέρω βελτίωση. Σκοπός της εργασίας τους είναι να διερευνηθεί η δυνατότητα εφαρμογής του ΔΤΠ στη γεωργία για την ανίχνευση και την παρακολούθηση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων. Εξετάστηκε μια εφαρμογή για κινητό τηλέφωνο για τη φρεσκάδα των τροφίμων και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την αξιολόγηση αυτής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μελέτη της εικόνας του φαγητού και τη σύγκρισή του με μια εικόνα αναφοράς. Η κατάσταση του φαγητού, είτε είναι φρέσκια, καλή, είτε αλλοιωμένη, μπορεί να διαμοιραστεί με όλους τους καταναλωτές και τους επιβλέποντες τροφίμων μέσω του δικτύου και των επιπέδων εφαρμογής της τεχνολογίας ΔΤΠ.

Με τη βοήθεια της συγκεντρωτικής συλλογής και ΑΔ, οι μηχανισμοί που βασίζονται στο ΔΤΠ μπορούν να μειώσουν σημαντικά τα απόβλητα τροφίμων, να βελτιώσουν την αποδοτικότητα μεταφοράς και διανομής και να υποστηρίξουν τη γρήγορη απομάκρυνση των μολυσμένων ή αλλοιωμένων προϊόντων από την ΕΑ με νωπά τρόφιμα. Οι [115], παρουσιάζουν μια λύση παρακολούθησης των τροφίμων. Τα κιβώτια αποτελούν μέρος μιας παλέτας και πολλές τέτοιες παλέτες μπορούν να μεταφερθούν από έναν μεταφορέα ή να αποθηκευτούν σε μια αποθήκη. Κάθε φορέας ή αποθήκη διαθέτει ένα τοπικό δίκτυο που παρέχει επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας (LR) στο πίσω άκρο (για παράδειγμα, κυψελοειδές) για να επιτρέψει τη μεταφορά δεδομένων σε ένα κέντρο ανάλυσης και λειτουργιών (AOC), το οποίο θα μπορούσε να φιλοξενηθεί στο Νέφος. Το AOC λαμβάνει δεδομένα περιοδικά από όλους τους ενεργούς μεταφορείς και αποθήκες (συμπεριλαμβανομένων και των κενών) που λειτουργεί από τους 3rd Party Logistics σε ολόκληρο το δίκτυο τους, έτσι ώστε να έχει μια συνολική εικόνα των λειτουργιών και των πόρων.

Προκειμένου να διατηρηθεί η σωστή υγιεινή και ο ασφαλής εφοδιασμός με τρόφιμα, η ποιότητα των τροφίμων πρέπει να ελέγχεται και να παρακολουθείται τακτικά. Για να μεγιστοποιηθεί το κέρδος όμως, προστίθενται αλλεργιογόνα στα τρόφιμα με απώτερο σκοπό τα χαμηλής ποιότητας τρόφιμα να πουληθούν στην υψηλότερη τιμή. Οι [116], προτείνουν να χρησιμοποιηθεί σύστημα παρακολούθησης της νομιμοποίησης τροφής για την ανίχνευση της παρουσίας παρασίτων στο προϊόν διατροφής. Αυτό το σύστημα διέπεται από το Raspberry Pi, το οποίο ελέγχει τη χρήση αισθητήρων στο σύστημα. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα μεταφέρονται χρησιμοποιώντας τη μονάδα ZigBee και εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Η τεχνολογία ΔΤΠ εισήχθη στο σύστημα με σκοπό να καταστήσει το σύστημα έξυπνο. Με τη χρήση αυτού του συστήματος, μπορεί να αποφευχθεί η κατανάλωση τροφίμων κακής ποιότητας. Επιπλέον, η απλότητα του συστήματος μπορεί να βοηθήσει όλους (πολίτες, επιθεωρητές τροφίμων και ιδιοκτήτες καταστημάτων) να χρησιμοποιήσουν το σύστημα παρακολούθησης της νομιμοποίησης τροφίμων.

Με σκοπό να επιτευχθεί ο ποιοτικός εντοπισμός της ψυκτικής ΕΑ και η απόκτηση και μετάδοση δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας σε πραγματικό χρόνο, με βάση την ανάλυση της τρέχουσας μεθόδου απόκτησης και μετάδοσης δεδομένων ΕΑ, μια νέα μέθοδος ενσωμάτωσης της αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID) με το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN) προτείνεται από τους [117]. Διερεύνησαν το σχεδιασμό του συστήματος και το πρωτόκολλο επικοινωνίας δικτύου. Σχεδίασαν επίσης την πλατφόρμα ανίχνευσης ποιότητας βάσει RFID. Αυτή η πλατφόρμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της ποιότητας των προϊόντων και του περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο. Μπορεί να πραγματοποιήσει όλη την ανιχνευσιμότητα των προϊόντων της γεωργίας και της θερμοκρασίας και της υγρασίας στην ψυκτική αλυσίδα από τη μεταφορά και την αποθήκευση. Σε σύγκριση με τα παλαιότερα συστήματα διαχείρισης σχετικά με τη ψυκτική ΕΑ, αυτή η πλατφόρμα ανιχνευσιμότητας ποιότητας μπορεί να μειώσει την απώλεια προϊόντος και να εξασφαλίσει την καλύτερη ποιότητά του.

Οι [118] τονίζουν ότι ο τομέας των τροφίμων καλείται να παράσχει ασφαλή και ποιοτικά τρόφιμα στους καταναλωτές σε προσιτές τιμές και να τροφοδοτήσει κατάλληλα τον αυξανόμενο πληθυσμό χρησιμοποιώντας φυσικούς πόρους, όπως το έδαφος και το νερό, με βιώσιμο τρόπο. Η ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σχετικά με την προέλευση των τροφίμων, τις διατροφικές ιδιότητες και τις ιδιότητες ευεξίας, την προσοχή στα συστατικά των επεξεργασμένων γευμάτων λόγω ζητημάτων υγείας και των απαιτήσεων για νέες μορφές εξατομικευμένων μερίδων που σχετίζονται με αλλαγές στις συνήθειες, αποτελούν νέες προκλήσεις. Πολλές τεχνολογίες μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των ευθυνών της αποδοτικής, ασφαλούς και φιλικής περιβαλλοντικής παραγωγής και της επικοινωνίας και διασύνδεσης με τους καταναλωτές. Η Επισκόπηση εφαρμογών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) στην περίπτωση της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Αγροτικών Προϊόντων

εργασία τους παρέχει μια εφαρμογή έξυπνων και άλλων αναδυόμενων τεχνολογιών που πλαισιώνουν ολόκληρη την ΕΑ τροφίμων, ώστε να δημιουργηθεί μια προστιθέμενη αξία που μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία στο συγκεκριμένο τομέα.

Οι [119] παρουσιάζουν το "HouseGarden High Tech", στο οποίο υλοποιείται ένα ολοκληρωμένο δίκτυο αισθητήρων και τεχνολογιών αυτοματισμού και στοχεύει στην αγρονομική ανάπτυξη των καλλιεργειών κηπευτικών. Σε αυτό το θερμοκήπιο «υψηλής τεχνολογίας» δοκιμάζουν καινοτόμες τεχνολογίες, προκειμένου να τονωθεί η παραγωγή και η ανάπτυξη φυτών με βελτιστοποιημένη χρήση χημικών προϊόντων. Συγκεκριμένα, το θερμοκήπιο High Tech έχει σχεδιαστεί για να διαχειρίζεται, με ελεγχόμενο και αποτελεσματικό τρόπο, διαφορετικά είδη καλλιεργειών με διαφορετικές καλλιεργητικές ανάγκες. Το θερμοκήπιο είναι ένα ευπροσάρμοστο και πολυλειτουργικό περιβάλλον εξοπλισμένο με αισθητήρες και συστήματα παρακολούθησης που επιτρέπουν την απόκτηση δεδομένων και πληροφοριών, ώστε να εκτελούν αποτελεσματικούς ενεργούς ελέγχους και να παρέχουν ένα χρήσιμο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων. Σε αυτό το θερμοκήπιο υψηλής τεχνολογίας χρησιμοποιείται καινοτόμος τεχνολογία, η τεχνολογία μη θερμικών πλαστικών (NTP), για τη δημιουργία ρευμάτων ιονισμένου αερίου, για την επεξεργασία φυτών και νερού άρδευσης με απολυμαντικές και διεγερτικές ιδιότητες ανάπτυξης της καλλιέργειας. Το τυπικό μεσογειακό θερμοκήπιο, παρά το γεγονός ότι παράγει προϊόντα υψηλής ποιότητας, είναι φτωχό στην τεχνολογία ανίχνευσης που είναι θεμελιώδης για την εφαρμογή άλλων αποδοτικών τεχνολογιών καλλιέργειας, ικανές να μεγιστοποιήσουν τις εισροές χημικών ενώ ελαχιστοποιούν τα απόβλητα νερού και ρύπων. Η παρουσία μιας τέτοιας τεχνολογίας είναι επομένως στρατηγικής σημασίας για τον περιορισμό του περιβαλλοντικού και οικονομικού αντίκτυπου των καλλιεργειών.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα

Τα οφέλη που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση του ΔτΠ στη γεωργία είναι αρκετά. Ενδεικτικά παρουσιάζονται ακολούθως:

- 1) Κοινοτική γεωργία: Η χρήση του ΔτΠ μπορεί να συμβάλλει στην προώθηση της κοινοτικής γεωργίας, ιδίως στις αγροτικές περιοχές. Το ΔτΠ μπορεί να αξιοποιηθεί για την προώθηση υπηρεσιών που επιτρέπουν στην κοινότητα να διαθέτει κοινή αποθήκευση δεδομένων, να μοιράζεται δεδομένα και πληροφορίες, και να αυξάνει την αλληλεπίδραση μεταξύ των γεωργών και των εμπειρογνομόνων στον τομέα της γεωργίας.
- 2) Έλεγχος της ασφάλειας και πρόληψη της απάτης: Η πρόκληση στον τομέα της γεωργίας δεν περιορίζεται μόνο στην επαρκή παραγωγή αλλά και στην ικανότητα εξασφάλισης ασφαλούς και θρεπτικού εφοδιασμού σε τρόφιμα. Η απάτη σε τρόφιμα περιλαμβάνει νοθεία, παραποίηση και τεχνητή ενίσχυση. Ορισμένες από τις συνιστώσες της απάτης τροφίμων είναι η ακεραιότητα του προϊόντος, η ακεραιότητα της διαδικασίας, η ακεραιότητα των ανθρώπων και η ακεραιότητα των δεδομένων, μπορούν να αντιμετωπιστούν χρησιμοποιώντας την τεχνολογία ΔτΠ. Το ΔτΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξασφαλίσει την ανιχνευσιμότητα της ΕΑ και την ποιοτική ιχνηλασιμότητα των τροφίμων.
- 3) Ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα: Η αύξηση της ζήτησης για τρόφιμα και η χρήση καινοτόμων τεχνολογιών αναμένεται να καταστήσει τον αγροτικό τομέα πολύ ανταγωνιστικό. Η δυνατότητα μείωσης του κόστους, μείωσης της σπατάλης κατά την εφαρμογή γεωργικών εισροών, όπως τα λιπάσματα και τα παρασιτοκτόνα, αυξάνει την παραγωγικότητα. Η χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για τη λήψη αποφάσεων θα παράσχει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα που απαιτείται για τους αγρότες που υιοθετούν το οικοσύστημα ΔτΠ.
- 4) Δημιουργία και Διανομή Πλούτου: Η ανάπτυξη του ΔτΠ θα προσφέρει νέα επιχειρηματικά μοντέλα, όπου οι μεμονωμένοι αγρότες μπορούν να αποφύγουν την εκμετάλλευση από τους μεσάζοντες και να έχουν άμεση σχέση με τους καταναλωτές, αποκομίζοντας έτσι υψηλότερα κέρδη.
- 5) Μείωση κόστους και σπατάλης: Ένα από τα αντιληπτά πλεονεκτήματα του ΔτΠ είναι η δυνατότητα παρακολούθησης από απόσταση συσκευών και εξοπλισμού. Η εφαρμογή του ΔτΠ στη γεωργία θα συμβάλλει στην εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος στην επιθεώρηση μεγάλων περιοχών σε σύγκριση με το προσωπικό που επιθεωρεί φυσικά τον τομέα είτε με τη χρήση οχημάτων είτε με το περπάτημα.
- 6) Επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα: Η επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα δεν αφορά μόνο τους αγρότες, αλλά και τους φορείς λήψης αποφάσεων που σχετίζονται με τον γεωργικό τομέα, όπως κυβερνητικές και μη κυβερνητικές υπηρεσίες. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τα προγράμματα επιτήρησης της γεωργίας μέσω του διαδικτύου μπορούν να χρησιμεύσουν ως οδηγός στις γεωργικές παρεμβάσεις. Τέτοιες παρεμβάσεις μπορεί να είναι η πρόληψη της εξάπλωσης ασθενειών, των συστημάτων αποζημίωσης και κατανομής πόρων. Επιπλέον, οι αγρότες μπορούν να επωφεληθούν από το ΔτΠ και την ΑΔ για να λάβουν έγκαιρες και ακριβείς αποφάσεις όσον αφορά τη διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και τις γεωργικές διαδικασίες. Η δυνατότητα αυτόματης τεκμηρίωσης της κατάστασης της υγείας των ζώων ή των καλλιεργειών θα παράσχει στους γεωργούς αποτελεσματική διάγνωση και κατά συνέπεια ορθή χορήγηση κτηνιατρικού ή γεωργικού φαρμάκου. Αυτό θα βοηθήσει στη μείωση των ζημιών. Επίσης, με τη χρήση του ΔτΠ, η ΕΑ των γεωργικών ειδών διατροφής μπορεί να βελτιστοποιηθεί. Η χρήση του ΔτΠ στην ΕΑ θα βοηθήσει στην εξισορρόπηση της ζήτησης και της προσφοράς σε πραγματικό χρόνο.
- 7) Ευαισθητοποίηση: Το ΔτΠ αναμένεται να οδηγήσει σε εφαρμογές χαμηλού κόστους και πρόσβαση σε υπηρεσίες ασύρματων δικτύων στον τομέα της γεωργίας. Για το σκοπό αυτό, είναι εφικτή η πρόσβαση στις πληροφορίες σχετικά με τις αγορές, τις τιμές και τις υπηρεσίες μέσω εφαρμογών για κινητά. Επίσης, οι κυβερνητικές υπηρεσίες και τα

κανονιστικά πρότυπα σχετικά με τα διάφορα αγροτικά προϊόντα μπορούν να διατεθούν άμεσα. Επιπλέον, οι καταναλωτές που ενδιαφέρονται για βιολογικά προϊόντα και φρέσκα προϊόντα μπορούν εύκολα να εντοπίσουν τους αγρότες ή να ειδοποιηθούν όταν διατίθενται νωπά προϊόντα.

- 8) Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων: Το ΔΤΠ θα επιτρέψει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των περιουσιακών στοιχείων και μηχανημάτων της εκμετάλλευσης από την κλοπή, την αντικατάσταση εξαρτημάτων και την έγκαιρη συντήρηση.

Από το σύνολο της βιβλιογραφίας που μελετήθηκε, συμπεραίνουμε ότι παρόλο που το ΔΤΠ προσελκύει διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον, εξακολουθεί να είναι στα πρώτα του βήματα στον τομέα της γεωργίας και της διατροφής. Οι εφαρμογές είναι συχνά αποσπασματικές, στερούνται ομαλής ολοκλήρωσης και ιδιαίτερα πιο προηγμένες λύσεις βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο ανάπτυξης. Σημαντικές προκλήσεις για την υπέρβαση αυτής της κατάστασης περιλαμβάνουν:

- α) την ενσωμάτωση των υφιστάμενων λύσεων ΔΤΠ με ανοικτές αρχιτεκτονικές, πλατφόρμες και πρότυπα ΔΤΠ.
- β) την αναβάθμιση της χρήσης διαλειτουργικών τεχνολογιών ΔΤΠ, ιδίως με την απλούστευση των υφιστάμενων λύσεων για τελικούς χρήστες.
- γ) την περαιτέρω βελτίωση των τεχνολογιών ΔΤΠ ώστε να εξασφαλιστεί ευρεία χρηστικότητα στην ποικιλομορφία του τομέα των γεωργικών προϊόντων διατροφής, π.χ. διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, τύπους καλλιεργειών και εδάφους.

Το ΔΤΠ αναμένεται να είναι ένας ισχυρός οδηγός που θα μετατρέψει τη γεωργία και τα τρόφιμα σε έξυπνα δίκτυα συνδεδεμένων αντικειμένων που είναι ευαίσθητα στο περιβάλλον και μπορούν να ταυτοποιηθούν, να ανιχνευθούν και να ελεγχθούν εξ αποστάσεως. Αυτό αναμένεται να μεταβάλει τις διαδικασίες γεωργικών προϊόντων διατροφής με πρωτοφανείς τρόπους, με αποτέλεσμα νέους μηχανισμούς ελέγχου και νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Ως εκ τούτου, το ΔΤΠ θα επιφέρει πραγματική αλλαγή στη γεωργία και τη συνολική τροφική αλυσίδα που βελτιώνει δραστικά την παραγωγικότητα και τη βιωσιμότητα. Για παράδειγμα, το ΔΤΠ θα βοηθήσει τους αγρότες να υπηρετήσουν μια γεωργία που βασίζεται σε δεδομένα και θα υποστηρίζεται από εργαλεία λήψης αποφάσεων με έγκαιρα και ακριβή επιχειρησιακά δεδομένα. Ως αποτέλεσμα, οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις θα πάνε να είναι προσανατολισμένες στην προσφορά, με βάση το κόστος, αλλά με βάση τη πραγματική ζήτηση και προσφορά της αγοράς. Τελικά, οι ΕΑ τροφίμων μπορούν να γίνουν αυτοπροσαρμοζόμενα συστήματα στα οποία έξυπνα, αυτόνομα αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένου του αγροτικού εξοπλισμού, μπορούν να λειτουργήσουν, να αποφασίσουν και ακόμη και να μάθουν χωρίς παρέμβαση από τον άνθρωπο.

Οι [120] θεωρούν ότι οι αντιλήψεις των καταναλωτών για τον κίνδυνο ενθαρρύνουν την αναζήτηση πληροφοριών και τον χειρισμό του κινδύνου. Όταν αντιμετωπίζουν μια δυνητικά επικίνδυνη απόφαση αγοράς, οι καταναλωτές θα προσπαθήσουν να μειώσουν τον κίνδυνο αναπτύσσοντας μια στρατηγική για τη μείωση της αντίληψης κινδύνου. Αυτό θα τους επιτρέψει να ενεργούν με σχετική εμπιστοσύνη σε αβέβαιες καταστάσεις. Κάθε ΕΑ θα ήθελε να βοηθήσει τους καταναλωτές να μειώσουν την αβεβαιότητα και να κάνουν αγορές με ασφάλεια. Έτσι, η ΕΑ θα χρειαστεί να δώσει τη δυνατότητα στους καταναλωτές να αποκτήσουν ακριβή και πλήρη δεδομένα σχετικά με το προϊόν. Ο κίνδυνος μόλυνσης των προϊόντων είναι ένας από τους πλέον σημαντικούς κινδύνους για τα τρόφιμα. Η μόλυνση μπορεί να προέρχεται εξωτερικά ή εσωτερικά λόγω προβλημάτων στην επεξεργασία τροφίμων. Οι καταναλωτές θα μπορούσαν να είναι δυσαρεστημένοι επειδή δεν γνωρίζουν όλες τις διαδικασίες πρόληψης που έχουν τεθεί σε εφαρμογή από τον παραγωγό. Στην περίπτωση αυτή, η καλύτερη λύση είναι να επιτραπεί στον καταναλωτή να «επικοινωνήσει» με το προϊόν (smart packaging). Η έξυπνη συσκευασία μπορεί να παρακολουθεί την κατάσταση της υγείας των τροφίμων και του κινδύνου σήματος τη στιγμή που ανιχνεύει τα αποτελέσματα των διεργασιών αποικοδόμησης (συγκεκριμένα αέρια, θερμοκρασία και αύξηση πίεσης κλπ). Το σήμα αυτό μπορεί να ληφθεί από δέκτες σε αποθήκες, φορητά, ράφια καταστημάτων ή ακόμα και από το κινητό τηλέφωνο του καταναλωτή. Επίσης, η έξυπνη συσκευασία μπορεί να ελέγξει την πίεση στο εσωτερικό της (κενό ή ελαφρώς αυξημένη πίεση) και να σηματοδοτήσει εάν υπάρχει αλλαγή σε σχέση με μια προκαθορισμένη τιμή αναφοράς. Οι νέοι (και οι υπάρχοντες) αυστηροί κανονισμοί για την ασφάλεια των τροφίμων απαιτούν συνήθως ορισμένες παραμέτρους να είναι σε συγκεκριμένο διάστημα τιμών ή να είναι ίσες με το μηδέν. Η έξυπνη συσκευασία μπορεί να είναι υπεύθυνη για την παρακολούθηση αυτής της παραμέτρου και του σήματος εάν λαμβάνει τιμές εκτός αποδεκτού εύρους. Ο κίνδυνος

σκόπιμης μόλυνσης του τροφίμου μπορεί να αντιμετωπιστεί με προληπτικά μέτρα ή ανίχνευση με έξυπνη συσκευασία, όπως και στην περίπτωση ακούσιας μόλυνσης.

6.2 Περιορισμοί έρευνας

Όντας ένας τομέας που μόλις πρόσφατα γνωρίζει ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον, η σχετική βιβλιογραφία είναι περιορισμένης έκτασης. Σε αυτό θα πρέπει να συνυπολογιστεί ο περιορισμένος χρονικός ορίζοντας για την εκπόνηση της παρούσας διατριβής. Επίσης, η εξαντλητική επισκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας ήταν εκτός του σκοπού της παρούσας, καθώς αυτή επικεντρώθηκε μόνο στις πιο πρόσφατες επιστημονικές μελέτες και έρευνες. Τέλος, ως σημειωθεί ότι δε λήφθηκε υπόψιν η γκριζα βιβλιογραφία κατά τη συγγραφή.

6.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Μπορούν να καταταχτούν τα ανοιχτά θέματα προς έρευνα σε τρεις κατηγορίες:

- A. Επιχειρηματικά θέματα: Το περιθώριο κέρδους στον τομέα της γεωργίας είναι πολύ λεπτό και ως εκ τούτου υπάρχει η ανάγκη εξισορρόπησης των εμπορικών συναλλαγών μεταξύ της ανάπτυξης της τεχνολογίας ΔτΠ έναντι των δυνητικών κερδών. Λαμβάνοντας υπόψιν το κόστος, τα επιχειρηματικά μοντέλα και την έλλειψη επαρκούς γνώσης, σημειώνεται:
- ✓ Κόστος: Υπάρχουν πολλές δαπάνες που σχετίζονται με την ανάπτυξη του ΔτΠ στη γεωργία, οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν σε κόστος εγκατάστασης και κόστος λειτουργίας. Το κόστος εγκατάστασης περιλαμβάνει την αγορά υλικού (συσκευές ΔτΠ, πύλες, υποδομή σταθμού βάσης). Το τρέχον κόστος συνεπάγεται συνεχή εγγραφή για χρήση κεντρικών υπηρεσιών ή πλατφόρμες ΔτΠ, η οποία παρέχει τη συλλογή δεδομένων, τη διαχείριση συσκευών διαδικτύου, την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ άλλων υπηρεσιών. Άλλο πρόσθετο κόστος λειτουργίας είναι το κόστος που προκύπτει από την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών ΔτΠ, πυλών και εξυπηρετητών Νέφους, ενέργειας και συντήρησης. Η επιτυχία του ΔτΠ πρέπει να ικανοποιεί δύο προϋποθέσεις: α) οι πελάτες να είναι πεπεισμένοι ότι οι συσκευές ΔτΠ προσφέρουν αξία που υπερβαίνει το φυσικό τους κόστος και το κόστος ιδιωτικής τους ζωής και β) να έχουν οικονομικό όφελος.
 - ✓ Επιχειρηματικά μοντέλα: Οι αγρότες θα ενδιαφέρονται για επιχειρηματικά μοντέλα που υποστηρίζουν τη δημιουργία εσόδων από τα δεδομένα που συλλέγονται από την εκμετάλλευσή τους χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ΔτΠ. Οι περισσότεροι από τους υπάρχοντες παρόχους υπηρεσιών πλατφόρμας ΔτΠ προσφέρουν δωρεάν και πλήρεις υπηρεσίες με διαφορετικό επίπεδο συνδρομών. Τα παρεχόμενα δεδομένα αξιοποιούνται από τους παρόχους υπηρεσιών ΔτΠ και τούτο παραμένει ένας τομέας αμφισβήτησης από τους αγρότες για τον έλεγχο και την ιδιοκτησία των δεδομένων τους.
 - ✓ Έλλειψη επαρκούς γνώσης: Η έλλειψη επαρκούς γνώσης του ΔτΠ και της εφαρμογής του, ιδίως στους αγρότες που βρίσκονται στις αγροτικές περιοχές, αποτελεί βασικό παράγοντα επιβράδυνσης της υιοθέτησης του ΔτΠ στη γεωργία. Αυτό είναι σύνηθες στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου η πλειονότητα των αγροτών βρίσκονται συχνά στις αγροτικές περιοχές και είναι ως επί το πλείστον χωρίς εκπαίδευση. Η αδυναμία του γεωργού να χρησιμοποιεί πληροφορίες μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εμπόδιο εάν δεν υπάρχουν ανθρώπινες παρεμβάσεις.
- B. Τεχνικά θέματα:
- ✓ Παρεμβολές: Η ανάπτυξη μαζικών συσκευών ΔτΠ για γεωργικούς και άλλους σκοπούς θα προκαλέσει προβλήματα παρεμβολής ειδικά στις συσκευές ΔτΠ που χρησιμοποιούν το μη εξουσιοδοτημένο φάσμα, όπως το ZigBee, το Wi-Fi, το Sigfox και το LoRa. Οι παρεμβολές που προκαλούνται μπορούν να οδηγήσουν σε απώλεια δεδομένων και μείωση της αξιοπιστίας του οικοσυστήματος του ΔτΠ.
 - ✓ Ασφάλεια και ιδιωτικότητα: Στη γεωργία, οι συσκευές του ΔτΠ είναι ευάλωτες στη φυσική παραποίηση, όπως κλοπή ή επιθέσεις από αρπακτικά ζώα και ζώα,

αλλαγή φυσικής διεύθυνσης ή σύνδεσης. Επιπλέον, για τις συσκευές ΔΤΠ, είναι δύσκολο να εφαρμοστούν περίπλοκοι αλγόριθμοι λόγω της περιορισμένης μνήμης, των δυνατοτήτων επικοινωνίας και της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Η πύλη μπορεί να είναι επιρρεπής σε επίθεση συμφόρησης, άρνηση εξυπηρέτησης (DoS) και προώθηση επιθέσεων. Η ασφάλεια και η θέση των πληροφοριών τοποθεσίας, που χρησιμοποιούνται για τη γεωργία της ακριβείας, εκτίθενται σε επιθέσεις, όπως η επίθεση καταγραφής συσκευών. Επιπλέον, οι διακομιστές Νέφους μπορεί να είναι επιρρεπείς σε παραβιάσεις δεδομένων, μη εξουσιοδοτημένες υπηρεσίες που μπορούν να επηρεάσουν τις αυτοματοποιημένες διεργασίες των καλλιεργειών.

- ✓ **Επιλογή τεχνολογίας:** Υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες διαδικτύου που έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα, ορισμένες από τις οποίες υποβάλλονται ακόμη σε πιλοτική δοκιμή. Η σωστή επιλογή της τεχνολογίας ΔΤΠ είναι μια μεγάλη πρόκληση επειδή απαιτούνται πολλές επενδύσεις για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών. Επί του παρόντος, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ποια από τις νέες τεχνολογίες του ΔΤΠ θα κυριαρχήσει στην αγορά. Πρέπει να εξεταστούν πολλοί παράγοντες, όπως η υποστήριξη της περιαγωγής, η καταλληλότητα της τεχνολογίας σε μικρή κλίμακα, μεσαία κλίμακα και μεγάλη κλίμακα, η καταλληλότητα σε διαφορετική γεωγραφική θέση, οι τύποι εδάφους και οι κλιματικές συνθήκες.
- ✓ **Αξιοπιστία:** Οι συσκευές ΔΤΠ είναι φυσικό να αναπτυχθούν σε εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό θα εκθέσει τις συσκευές σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε υποβάθμιση των ενεργοποιημένων αισθητήρων με το χρόνο καθώς και σε αποτυχίες επικοινωνίας. Πρέπει να διασφαλιστεί η φυσική ασφάλεια των εγκατεστημένων αισθητήρων και συστημάτων ΔΤΠ, προκειμένου να προστατευθεί ο δαπανηρός εξοπλισμός από τις αντίξοες καιρικές συνθήκες, όπως οι πλημμύρες και οι τυφώνες.
- ✓ **Επεκτασιμότητα:** Δισεκατομμύρια συσκευές ΔΤΠ αναμένεται να αναπτυχθούν στον τομέα της γεωργίας. Οι υφιστάμενες πύλες και πρωτόκολλα θα πρέπει να υποστηρίζουν μεγάλο αριθμό συσκευών / κόμβων ΔΤΠ.
- ✓ **Τοπικότητα:** Οι συσκευές ΔΤΠ θα πρέπει να τοποθετούνται οπουδήποτε και να συνδέονται με τον υπόλοιπο κόσμο χωρίς (ή ελάχιστη διαμόρφωση ή ανάπτυξη πρόσθετων συσκευών, όπως πύλες). Εναλλακτικά θα πρέπει να τοποθετούνται εκεί όπου θα παρέχουν επαρκείς πληροφορίες και αξιοπιστία χωρίς να προκαλούν παρεμβολές (ή ελάχιστες παρεμβολές). Επιπροσθέτως, πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα υποστήριξης της περιαγωγής συσκευής ΔΤΠ και η ανάπτυξη στατικών συσκευών ΔΤΠ σε τοποθεσία χωρίς προηγούμενη γνώση της τεχνολογίας / υποδομής κινητών ΔΤΠ.
- ✓ **Βελτιστοποίηση πόρων:** Οι γεωργοί χρειάζονται μηχανισμό βελτιστοποίησης πόρων για να καθορίσουν πόσες πύλες, συσκευές ΔΤΠ, ποσότητα μεταδιδόμενων δεδομένων, μέγεθος αποθηκευτικού χώρου Νέφους, για να έχουν ένα σημαντικό περιθώριο κέρδους. Αυτό είναι ιδιαίτερα δύσκολο λόγω των διαφορετικών καλλιεργήσιμων εκτάσεων και των διαφορετικών τύπων αισθητήρων που απαιτούνται για την παρακολούθηση των γεωργικών μεταβλητών για συγκεκριμένες καλλιέργειες ή ζώα. Αυτό θα απαιτήσει την ανάπτυξη πολύπλοκων αλγορίθμων και μαθηματικών μοντέλων ώστε να είναι σε θέση να καθορίσουν τη βέλτιστη κατανομή πόρων, ελαχιστοποιώντας παράλληλα το κόστος και μεγιστοποιώντας τη γεωργική παραγωγή και τα κέρδη.

Γ. Τομεακά θέματα:

- ✓ **Προκλήσεις σχετικά με τις κανονιστικές ρυθμίσεις:** Πρέπει να διευθετηθεί ο κανονισμός και τα νομικά πλαίσια σχετικά με τον έλεγχο και την ιδιοκτησία των γεωργικών δεδομένων μεταξύ γεωργών και εταιρειών δεδομένων. Οι κανονισμοί ενδέχεται να διαφέρουν από χώρα σε χώρα όσον αφορά την κατανομή πόρων (δηλ. το φάσμα για κυψελοειδές ΔΤΠ), τις τεχνικές προκλήσεις, τον ανταγωνισμό, το ιδιωτικό απόρρητο δεδομένων και την ασφάλεια. Διαφορετικές ρυθμίσεις μεταξύ περιφερειών ή χωρών ενδέχεται να επηρεάσουν την εφαρμογή του ΔΤΠ

σε περιπτώσεις χρήσης, όπως η παρακολούθηση και η προμήθεια γεωργικών προϊόντων διατροφής.

- ✓ Διαλειτουργικότητα: Υπάρχουν συνεχιζόμενες εργασίες σχετικά με τα πρωτόκολλα και τα πρότυπα που απαιτούνται για τη διαλειτουργικότητα των δισεκατομμυρίων συσκευών διαδικτύου. Αυτό συνεπάγεται τεχνική, συντακτική, σημασιολογική και οργανωτική διαλειτουργικότητα. Η τεχνική διαλειτουργικότητα περιλαμβάνει την ανάπτυξη πρωτοκόλλων και υποδομής που επιτρέπει στις συσκευές ΔΤΠ να επικοινωνούν.

Κλείνοντας, από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε, συμπεραίνουμε ότι το ΔΤΠ συμβάλλει σημαντικά στον τομέα της σύγχρονης γεωργίας, αφού βοηθά τους αγρότες να ελέγχουν τις καλλιέργειές τους εξ αποστάσεως και να διαχειρίζονται τις γεωργικές δραστηριότητες με πιο αποτελεσματικό τρόπο. Οι [121] στην έρευνα τους τονίζουν ότι δεδομένου ότι η τεχνολογία δεν είναι στατική, μια νεότερη μορφή του ΔΤΠ θα εμφανιστεί στο εγγύς μέλλον. Τα δεδομένα που παράγονται από διάφορους αισθητήρες είναι υψίστης σημασίας και πρέπει να διαχειρίζονται και να αξιολογούνται με υψηλό επίπεδο ακριβείας. Επιπρόσθετα, τα επόμενα χρόνια, μεγάλοι αισθητήρες γεωργίας, ενεργοποιητές και συσκευές θα συνδεθούν μέσω του διαδικτύου με βασικό στόχο την αλληλεπίδραση, τον έλεγχο και τη λήψη αποφάσεων. Το γεγονός αυτό θα ελαχιστοποιήσει την ανθρώπινη παρέμβαση, θα εξοικονομήσει χρόνο, θα αυξήσει την απόδοση και τα κέρδη. Τέλος, η εκτεταμένη έρευνα στον τομέα του ΔΤΠ και της γεωργίας της ακριβείας θα αποτελέσει ένα τεράστιο άλμα για την βελτίωση της ανθρωπότητας εν γένει.

Βιβλιογραφία

- [1] European parliament, *DIRECTORATE-GENERAL FOR EXTERNAL POLICIES The impact of the Common Agricultural Policy on developing countries*. 2018.
- [2] D. M. Lambert and M. C. Cooper, "Issues in Supply Chain Management," vol. 83, pp. 65–83, 2000.
- [3] K. Butner, "The smarter supply chain of the future," *Strateg. Leadersh.*, vol. 38, no. 1, pp. 22–31, 2010.
- [4] C. Martin, *Logistics & Supply Chain Management*, vol. 48, no. 4. 2011.
- [5] D. Simchi-Levi, P. Kaminsky, and E. Simchi-Levi, "Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies," *J. Bus. Logist.*, vol. 22, no. 1, pp. 259–261, 2001.
- [6] M. Christopher and M. Holweg, "'Supply Chain 2.0': Managing supply chains in the era of turbulence," *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 41, no. 1, pp. 63–82, 2011.
- [7] D. F. Ross, *Introduction to Supply Chain Management Technologies*. 2011.
- [8] S. Ellis, H. D. Morris, and J. Santagate, "IoT-Enabled Analytic Applications Revolutionize Supply Chain Planning and Execution (White Paper)," *Int. Data Corp. White Pap.*, no. November, 2015.
- [9] K. Bala, "Supply Chain Management: Some Issues and Challenges-A Review," *Rev. Artic. Int. J. Curr. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 946–953, 2014.
- [10] G. Davis, "2020: Life with 50 billion connected devices," *2018 IEEE Int. Conf. Consum. Electron.*, pp. 1–1, 2018.
- [11] B. K. Tripathy and J. Anuradha, *Internet of things (IoT) Technologies, Applications, Challenges, and Solutions*. 2018.
- [12] N. D. Aboul, E. Hassanien, C. Bhatt, A. S. A. Suresh, and C. Satapathy, *Studies in Big Data 30 Internet of Things and Big Data Analytics Toward Next-Generation Intelligence*. 2018.
- [13] ITU, "ITU-T Y.4000/Y.2060 (06/2012)," *ITU-T Recomm.*, 2012.
- [14] A. Whitmore, A. Agarwal, and L. Da Xu, "The Internet of Things—A survey of topics and trends," *Inf. Syst. Front.*, vol. 17, no. 2, pp. 261–274, 2015.
- [15] "Evolution of Internet of Things." [Online]. Available: <https://twitter.com/fisher85m/status/926360908900773889>. [Accessed: 13-Jan-2019].
- [16] H. N. Saha, A. Mandal, and A. Sinha, "Recent trends in the Internet of Things," *2017 IEEE 7th Annu. Comput. Commun. Work. Conf. CCWC 2017*, pp. 1–4, 2017.
- [17] "Growth in the Internet of Things." [Online]. Available: <https://blog.sasken.com/what-2019-holds-for-iot-just-a-happy-new-year-or-more>. [Accessed: 03-Jan-2019].
- [18] M. Marjani *et al.*, "Big IoT Data Analytics: Architecture, Opportunities, and Open Research Challenges," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 5247–5261, 2017.
- [19] N. Angelova, G. Kiryakova, and L. Yordanova, "The great impact of internet of things on business," *Trakia J. Sci.*, vol. 15, no. Suppl.1, pp. 406–412, 2017.
- [20] "Einfaches Ladegerät versorgt das Smart Home." [Online]. Available: <https://www.smarterworld.de/smart-power/sonstige/artikel/153023/>. [Accessed: 03-Jan-2019].
- [21] R. K. Bajaj, M. Rao, and H. Agrawal, "Internet Of Things (IoT) In The Smart Automotive Sector : A Review," *IOSR J. Comput. Eng.*, pp. 36–44, 2018.
- [22] "Top 3 Keys for Automakers to Succeed in Connected Services." [Online]. Available: <https://www.sierrawireless.com/iot-blog/iot-blog/2016/05/top-3-keys-for-automakers-to-succeed-in-connected-services/>. [Accessed: 13-Jan-2019].
- [23] Big Belly, "No Title," 2018. [Online]. Available: <http://bigbelly.com/solutions/city/>. [Accessed: 30-Dec-2018].

- [24] Accenture Digital, "Digital Agriculture: Improving Profitability," p. 16, 2017.
- [25] ETIP SNET, "No Title," 2018. [Online]. Available: <https://www.etip-snet.eu/>. [Accessed: 13-Jan-2019].
- [26] L. Da Xu, W. He, and S. Li, "Internet of things in industries: A survey," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, 2014.
- [27] S. A. Hassan, S. S. Syed, and F. Hussain, "Communication Technologies in IoT Networks," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 7768 LNCS, pp. 257–282, 2017.
- [28] "IoT Technology Guidebook." [Online]. Available: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-technologies/>. [Accessed: 13-Jan-2019].
- [29] M. Ben-Daya, E. Hassini, and Z. Bahroun, "Internet of things and supply chain management: a literature review," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 7543, pp. 1–24, 2017.
- [30] G. Anna, "Connecting all the things in the Internet of Things - A guide to selecting network technologies to solve your IoT networking challenges," 2018. [Online]. Available: <https://developer.ibm.com/articles/iot-lp101-connectivity-network-protocols/>. [Accessed: 03-Jan-2019].
- [31] I. Lee and K. Lee, "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises," *Bus. Horiz.*, vol. 58, no. 4, pp. 431–440, 2015.
- [32] Z. Ghadialy, "Cellular IoT (CIoT) or LoRa?" [Online]. Available: <https://blog.3g4g.co.uk/2015/11/cellular-iot-ciot-or-lora.html>. [Accessed: 13-Jan-2019].
- [33] V. Gus, "What is LPWA for the Internet of Things? Part 1: The Four C's of IoT," 2018. [Online]. Available: https://www.sierrawireless.com/iot-blog/iot-blog/2016/07/what_is_lpwa_for_the_internet_of_things_part-1_the_thre_cs_of_iot/. [Accessed: 03-Jan-2019].
- [34] T. S. López, D. C. Ranasinghe, B. Patkai, and D. McFarlane, "Taxonomy, technology and applications of smart objects," *Inf. Syst. Front.*, vol. 13, no. 2, pp. 281–300, 2011.
- [35] A. Rayes and S. Salam, *Internet of Things From Hype to Reality*. 2019.
- [36] F. Bonomi, R. Milito, P. Natarajan, and J. Zhu, "Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments," vol. 546, pp. 169–186, 2014.
- [37] V. Ovidiu and F. Peter, *Internet of Things – From Research and Innovation to Market Deployment*. 2014.
- [38] IERC, "IERC-European Research Cluster on the Internet of Things," *Ierc*, p. 1, 2015.
- [39] F. Jindal, R. Jamar, and P. Churi, "Future and Challenges of Internet of Things," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 13–25, 2018.
- [40] Gartner, "2017 Planning Guide for the Internet of Things," no. October 2016, 2016.
- [41] Accenture, "Winning with the Industrial Internet of Things," 2015.
- [42] S. Crook, "Overcoming the Challenges of Enterprise IoT Adoption The Opportunities and Challenges of Deploying an IoT Solution," *IDC Technol. Spotlight*, 2018.
- [43] M. Mohammadi, A. Al-Fuqaha, S. Sorour, and M. Guizani, "Deep Learning for IoT Big Data and Streaming Analytics: A Survey," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 20, no. 4, pp. 2923–2960, 2018.
- [44] "The Internet of Things (IoT) – essential IoT business guide." [Online]. Available: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/>. [Accessed: 03-Jan-2019].
- [45] "Why are so many customers failing in their Big Data initiatives?" [Online]. Available: <https://www.bodhtree.com/blog/?tag=consultants>. [Accessed: 03-Jan-2019].
- [46] E. Hassini, "Supply Chain Optimization: Current Practices and Overview of Emerging Research Opportunities," *INFOR*, vol. 46, no. 2, pp. 93–96, 2008.
- [47] CSCMP, "SUPPLY CHAIN MANAGEMENT TERMS and GLOSSARY," *Transfus. Med. Hemotherapy*, vol. 3, no. 6, pp. 346–352, 2013.
- [48] "Supply Chain Management." [Online]. Available: <https://www.swtc.edu/academics/programs/business/supply-chain-management>.

- [Accessed: 24-Jan-2019].
- [49] “The Most Valuable Skills for the Future of Supply Chain Management – Part 2.” [Online]. Available: <http://ltxsolutions.com/valuable-skills-future-supply-chain-management-part-2/>. [Accessed: 24-Jan-2019].
- [50] CSCMP, *The Definitive Guide to Integrated Supply Chain Management*, vol. 91. 2014.
- [51] A. Phase and N. Mhetre, “Using IoT in Supply Chain Management,” *Int. J. Eng. Tech.*, vol. 4, no. 2, pp. 2395–1303, 2018.
- [52] CSCMP, “The Importance of Supply Chain Management,” 2019. [Online]. Available: https://cscmp.org/CSCMP/Develop/Starting_Your_SCM_Career/Importance_of_SCM/CSCMP/Develop/Starting_Your_Career/Importance_of_Supply_Chain_Management.aspx?hkey=cf46c59c-d454-4bd5-8b06-4bf7a285fc65. [Accessed: 24-Jan-2019].
- [53] SCC, *Supply Chain Operations Reference Model*. 2012.
- [54] C. P. Pappis, *Climate change, supply chain management, and enterprise adaptation : implications of global warming on the economy*. 2011.
- [55] Supply Chain Council, “Supply chain operations reference model: Overview of SCOR version 7.0.,” *Supply Chain Council*, 2005.
- [56] APICS, “Supply Chain Operations Reference Model, Revision 12.0,” *Bus. Intell.*, pp. 233–252, 2017.
- [57] P. Bolstroff and R. Resenbaum, *Supply Chain Excellence*. 2012.
- [58] Deloitte, “Unlocking value by solving the classic issues with leading digital tools and disruptive capabilities Digital supply chain Business analytics,” 2018.
- [59] “Gartner Top 8 Supply Chain Technology Trends for 2018.” [Online]. Available: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-8-supply-chain-technology-trends-for-2018/>. [Accessed: 24-Jan-2019].
- [60] Exegistics, “10 Trends Transforming Supply Chain,” 2018.
- [61] K. Leng, L. Jin, W. Shi, and I. van Nieuwenhuysse, “Research on agricultural products supply chain inspection system based on internet of things,” *Cluster Comput.*, pp. 1–9, 2018.
- [62] Z. Pang, Q. Chen, W. Han, and L. Zheng, “Value-centric design of the internet-of-things solution for food supply chain: Value creation, sensor portfolio and information fusion,” *Inf. Syst. Front.*, vol. 17, no. 2, pp. 289–319, 2015.
- [63] F. Zhang, “Research on Applications of Internet of Things in Agriculture,” vol. 205, 2013.
- [64] O. Elijah, T. A. Rahman, I. Orikumhi, C. Y. Leow, and M. N. Hindia, “An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 5, pp. 3758–3773, 2018.
- [65] Machina Research, “AGRICULTURAL IOT WILL SEE A VERY RAPID GROWTH OVER THE NEXT 10 YEARS,” 2016. [Online]. Available: <https://machinaresearch.com/news/agricultural-iot-will-see-a-very-rapid-growth-over-the-next-10-years/>. [Accessed: 24-Jan-2019].
- [66] CLAAS, “No Title,” 2018. [Online]. Available: <https://www.claas.co.uk/products>. [Accessed: 24-Jan-2019].
- [67] Precisionhawk, “DRONE DATA COLLECTION AND ANALYTICS FOR AGRICULTURE,” 2018. [Online]. Available: <https://www.precisionhawk.com/agriculture>. [Accessed: 24-Jan-2019].
- [68] D. Venkatesh, M. M. Tatti, M. P. G. Hardikar, and S. S. Ahmed, “Cold Storage Management System for Farmers based on IOT,” *Int. J. Recent Trends Eng. Res.*, vol. 3, no. 5, pp. 556–561, 2017.
- [69] Y. Zou and L. Quan, “A new service-oriented grid-based method for AIoT application and implementation,” *Mod. Phys. Lett. B*, vol. 31, no. 19–21, p. 1740064, 2017.
- [70] A. Amar, Z. E. Guennoun, C. Bensouda, R. El-Khchine, and Y. Laaroussi, “Machine Learning for Supply Chain’s Big Data: State of the art and application to Social Networks’ data,” *MATEC Web Conf.*, vol. 200, p. 00015, 2018.

- [71] J. Maselyne, A. Van Nuffel, H. Scholten, and I. N. Athanasiadis, "IoF2020-the Internet Of Meat : towards applications of Internet of Things in the meat supply chain," no. September, 2017.
- [72] T.-W. Zougmore, S. Malo, F. Kagembega, and A. Togueyini, "Low cost IoT solutions for agricultures fish farmers in Afirca : a case study from Burkina Faso," 2018.
- [73] P. Corista, D. Ferreira, J. Giao, J. Sarraipa, and R. J. Goncalves, "An IoT Agriculture System Using FIWARE," *2018 IEEE Int. Conf. Eng. Technol. Innov. ICE/ITMC 2018 - Proc.*, pp. 1–6, 2018.
- [74] S. K. Y. Donzia, Y. Hyun, and K. Haeng-Kon, *Design and Evaluation of Soil pH IoT Sensor Attribute for Rice Agriculture in Central Africa*, vol. 1. Springer International Publishing, 2019.
- [75] K. Foughali, K. Fathallah, and A. Frihida, "Using Cloud IOT for disease prevention in precision agriculture," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 130, pp. 575–582, 2018.
- [76] C. Brewster, I. Roussaki, N. Kalatzis, K. Doolin, and K. Ellis, "IoT in Agriculture: Designing a Europe-Wide Large-Scale Pilot," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 55, no. 9, pp. 26–33, 2017.
- [77] J. A. Angelov, Plamen; Iglesias, "Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change," vol. 687, pp. 249–259, 2019.
- [78] T. Bates, J. Dresser, R. Eckstrom, G. Badr, T. Betts, and J. Taylor, "Variable-rate mechanical crop adjustment for crop load balance in 'Concord' vineyards," *2018 IoT Vert. Top. Summit Agric. - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, no. table I, pp. 1–4, 2018.
- [79] L. Nobrega, A. Tavares, A. Cardoso, and P. Goncalves, "Animal monitoring based on IoT technologies," *2018 IoT Vert. Top. Summit Agric. - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, pp. 1–5, 2018.
- [80] M. Bacco *et al.*, "Smart farming: Opportunities, challenges and technology enablers," *2018 IoT Vert. Top. Summit Agric. - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, pp. 1–6, 2018.
- [81] B. Yan, X. hua Wu, B. Ye, and Y. wang Zhang, "Three-level supply chain coordination of fresh agricultural products in the Internet of Things," *Ind. Manag. Data Syst.*, vol. 117, no. 9, pp. 1842–1865, 2017.
- [82] F. Sciences, "Application of internet of things in food packaging and transportation Mirjana Maksimovi ć * and Vladimir Vujovi ć * Enisa Omanovi ć -Mikli č anin," vol. 1, no. 4, pp. 333–350, 2015.
- [83] K. A. Patil and N. R. Kale, "A model for smart agriculture using IoT," *Proc. - Int. Conf. Glob. Trends Signal Process. Inf. Comput. Commun. ICGTSPICC 2016*, pp. 543–545, 2017.
- [84] M. S. Mekala and P. Viswanathan, "A novel technology for smart agriculture based on IoT with cloud computing," *Proc. Int. Conf. IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud, I-SMAC 2017*, pp. 75–82, 2017.
- [85] S. Karl, Y. Donzia, H. Kim, and H. J. Hwang, *A Software Model for Precision Agriculture Framework Based on Smart Farming System and Application of IoT Gateway*, vol. 787. Springer International Publishing, 2019.
- [86] M. A. Uddin, A. Mansour, D. Le Jeune, and E. H. M. Aggoune, "Agriculture internet of things: AG-IoT," *2017 27th Int. Telecommun. Networks Appl. Conf. ITNAC 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1–6, 2017.
- [87] N. Ahmed, D. De, and I. Hussain, "Internet of Things (IoT) for Smart Precision Agriculture and Farming in Rural Areas," *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 6, pp. 4890–4899, 2018.
- [88] B. Yan, C. Yan, C. Ke, and X. Tan, "Information sharing in supply chain of agricultural products based on the Internet of Things," *Ind. Manag. Data Syst.*, vol. 116, no. 7, pp. 1397–1416, 2016.
- [89] R. Accorsi, M. Bortolini, G. Baruffaldi, F. Pilati, and E. Ferrari, "Internet-of-things Paradigm in Food Supply Chains Control and Management," *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 889–895, 2017.

- [90] C. N. Verdouw, J. Wolfert, A. J. M. Beulens, and A. Rialland, "Virtualization of food supply chains with the internet of things," *J. Food Eng.*, vol. 176, pp. 128–136, 2016.
- [91] F. Krampe, H. Deeken, T. Steckel, and N. Aschenbruck, "HOAR: A hybrid-opportunistic architecture for robust agricultural networking," *2018 IoT Vert. Top. Summit Agric. - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, pp. 1–6, 2018.
- [92] J. Bauer and N. Aschenbruck, "Design and implementation of an agricultural monitoring system for smart farming," *2018 IoT Vert. Top. Summit Agric. - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, pp. 1–6, 2018.
- [93] C. N. Verdouw, R. M. Robbmond, T. Verwaart, J. Wolfert, and A. J. M. Beulens, "A reference architecture for IoT-based logistic information systems in agri-food supply chains," *Enterp. Inf. Syst.*, vol. 12, no. 7, pp. 755–779, 2018.
- [94] M. P. Caro, M. S. Ali, M. Vecchio, and R. Giaffreda, "Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation," *2018 IoT Vert. Top. Summit Agric. - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, pp. 1–4, 2018.
- [95] N. Kshetri, "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 39, no. June 2017, pp. 80–89, 2018.
- [96] S. P. Srinivasan, D. S. Shanthy, and A. V. Anand, "Inventory transparency for agricultural produce through IOT," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 211, no. 1, 2017.
- [97] F. Capello, M. Toja, and N. Trapani, "A real-Time monitoring service based on industrial internet of things to manage agrifood logistics," *ILS 2016 - 6th Int. Conf. Inf. Syst. Logist. Supply Chain*, no. June, pp. 1–8, 2016.
- [98] F. Tian, "A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things," *14th Int. Conf. Serv. Syst. Serv. Manag. ICSSSM 2017 - Proc.*, pp. 1–6, 2017.
- [99] L. Zhang and S. Zhu, "Food security information platform model based on internet of things," *Adv. J. Food Sci. Technol.*, vol. 8, no. 5, pp. 312–315, 2015.
- [100] A. Corallo, R. Paiano, A. L. Guido, A. Pandurino, M. E. Latino, and M. Menegoli, "Intelligent monitoring Internet of Things based system for agri-food value chain traceability and transparency: A framework proposed," *EESMS 2018 - Environ. Energy, Struct. Monit. Syst. Proc.*, pp. 1–6, 2018.
- [101] Z. Li, G. Liu, L. Liu, X. Lai, and G. Xu, "IoT-based tracking and tracing platform for prepackaged food supply chain," *Ind. Manag. Data Syst.*, vol. 117, no. 9, pp. 1906–1916, 2017.
- [102] Y. Zhang, L. Zhao, and C. Qian, "Modeling of an IoT-enabled supply chain for perishable food with two-echelon supply hubs," *Ind. Manag. Data Syst.*, vol. 117, no. 9, pp. 1890–1905, 2017.
- [103] B. Keswani *et al.*, "Adapting weather conditions based IoT enabled smart irrigation technique in precision agriculture mechanisms," *Neural Comput. Appl.*, vol. 1, 2018.
- [104] S. Heble, A. Kumar, K. V. V. D. Prasad, S. Samirana, P. Rajalakshmi, and U. B. Desai, "A low power IoT network for smart agriculture," *IEEE World Forum Internet Things, WF-IoT 2018 - Proc.*, vol. 2018-Janua, pp. 609–614, 2018.
- [105] P. Lersuwan and P. Phunchongharn, "An Energy-Efficient Transmission Framework for IoT Monitoring Systems in Precision Agriculture," *Springer Sci.*, vol. 339, p. 8, 2017.
- [106] C. Carlos, S. Sandra, L. Jaime, and G. Laura, "An IoT Service-Oriented System for Agriculture Monitoring," 2017.
- [107] M. S. Mekala and P. Viswanathan, "CLAY-MIST: IoT-cloud enabled CMM index for smart agriculture monitoring system," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 134, pp. 236–244, 2018.
- [108] R. C. Andrew, R. Malekian, and D. C. Bogatinoska, "IoT solutions for precision agriculture," *2018 41st Int. Conv. Inf. Commun. Technol. Electron. Microelectron. MIPRO 2018 - Proc.*, pp. 345–349, 2018.
- [109] N. Khatri, A. Sharma, K. K. Khatri, and G. D. Sharma, "An IoT-based innovative real-time pH monitoring and control of municipal wastewater for agriculture and gardening," *Smart*

- Innov. Syst. Technol.*, vol. 79, pp. 353–362, 2018.
- [110] I. Mat, M. R. Mohd Kassim, A. N. Harun, and I. Mat Yusoff, “IoT in Precision Agriculture applications using Wireless Moisture Sensor Network,” *ICOS 2016 - 2016 IEEE Conf. Open Syst.*, pp. 24–29, 2017.
- [111] F. J. Ferrández-Pastor, J. M. García-Chamizo, M. Nieto-Hidalgo, and J. Mora-Martínez, “Precision agriculture design method using a distributed computing architecture on internet of things context,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 6, 2018.
- [112] S. Jagtap and S. Rahimifard, “Unlocking the Potential of the Internet of Things to Improve Resource Efficiency in Food Supply Chains,” pp. 287–301, 2019.
- [113] Y. Liu, W. Han, Y. Zhang, L. Li, J. Wang, and L. Zheng, “An Internet-of-Things solution for food safety and quality control: A pilot project in China,” *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 3, pp. 1–7, 2016.
- [114] G. Witjaksono, A. A. Saeed Rabih, N. B. Yahya, and S. Alva, “IOT for Agriculture: Food Quality and Safety,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 343, no. 1, 2018.
- [115] A. Pal and K. Kant, “IoT-Based Sensing and Communications Infrastructure for the Fresh Food Supply Chain,” *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 51, no. 2, pp. 76–80, 2018.
- [116] K. Gupta and N. Rakesh, “IoT-based solution for food adulteration,” *Smart Innov. Syst. Technol.*, vol. 79, pp. 9–18, 2018.
- [117] Y. Li, Y. Peng, L. Zhang, J. Wei, and D. Li, “Quality monitoring traceability platform of agriculture products cold chain logistics based on the internet of things,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 46, pp. 517–522, 2015.
- [118] L. Ramundo, M. Taisch, and S. Terzi, “State of the art of technology in the food sector value chain towards the IoT,” *2016 IEEE 2nd Int. Forum Res. Technol. Soc. Ind. Leveraging a Better Tomorrow, RTSI 2016*, pp. 1–6, 2016.
- [119] G. Burchi *et al.*, “Information technology controlled greenhouse: A system architecture,” *2018 IoT Vert. Top. Summit Agric. - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, pp. 1–6, 2018.
- [120] I. Beker, M. Delić, S. Milisavljević, D. Gošnik, G. Ostojić, and S. Stankovski, “Can IoT be used to mitigate food supply chain risk?,” *Int. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 43–48, 2016.
- [121] A. Khanna and S. Kaur, “Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 157, no. January, pp. 218–231, 2019.