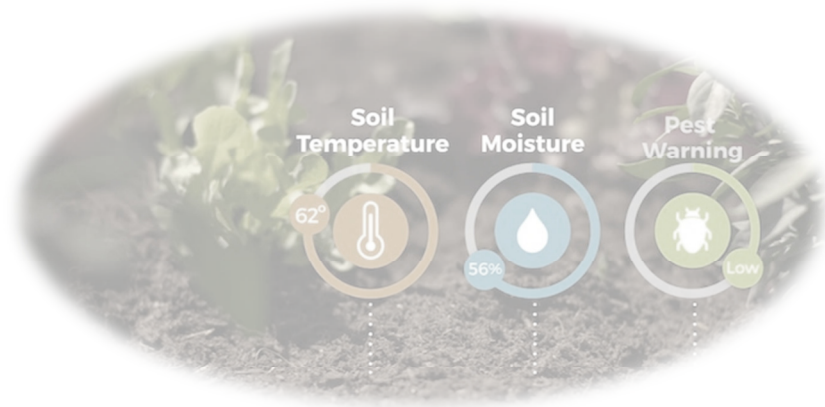




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Πανεπιστήμιο Πατρών
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας

Διαχείριση καλλιεργειών με συστήματα του διαδικτύου των
πραγμάτων (IoT)



Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας
Κωνσταντίνα Κουτσαντώνη

Αμαλιάδα 2021

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λιόπα-Τσακαλίδη

Αντί προλόγου

Η παρούσα πτυχιακή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Βοτανικής και Ζιζανιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Πατρών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας και Πρόεδρο του Τμήματος Δρ. Α. Λιόπα –Τσακαλίδη για την αδιάκοπη επιστημονική καθοδήγηση, την πολύπλευρη βοήθεια, τις πολύτιμες συμβουλές, και το ειλικρινές ενδιαφέρον της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Λητώ Ροδίτη.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτατες ευχαριστίες στην οικογένεια μου για τη στήριξη και τη δύναμη που μου πρόσφεραν ώστε να εκπληρώσω τους στόχους μου.

Περιεχόμενα

	Πρόλογος	5
	Περίληψη	6
	Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο1		
1	Ευφυής γεωργία (smart farming)	8
1.1	Οφέλη της ευφυούς γεωργίας	10
1.2	Ζώνες διαχείρισης στην ευφυή γεωργία	13
Κεφάλαιο		15
2	Διαδίκτυο των πραγμάτων (internet of things (IoT))	15
2.1	Τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του Internet of Things	15
2.2	Τομείς εφαρμογών του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) στην ευφυή γεωργία	16
2.3	Οφέλη από τη χρήση IoT τεχνολογιών στην ευφυή γεωργία.	26
2.4	Οφέλη της έξυπνης γεωργίας	28
2.5	Μελέτες περιπτώσεων στην ευφυή γεωργία.	28
2.5.1	Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (Monitoring)	38
2.5.2	Διαχείριση καλλιεργειών (Crop Management).	38
2.5.3	(Smart Irrigation)	39
2.6	Σύνοψη του κεφαλαίου	44
Κεφάλαιο3		44
3	Παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στη γεωργία.	45
3.1	Εφαρμογές από τον ελληνικό και τον διεθνή χώρο	46
Κεφάλαιο4		49
4	Ο ρόλος της ευφυής γεωργίας	49
4.1	Οι επιπτώσεις της ευφυής γεωργίας	49
4.2	Κριτική επισκόπηση των τεχνολογιών της ευφυής γεωργίας	50
4.3	Μελλοντικές προοπτικές	52
4.4	Κοινωνικοοικονομικές και άλλες μη τεχνικές προκλήσεις	54

Συμπεράσματα	54
Βιβλιογραφία	55

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρει την βασική γνώση της τεχνολογίας του διαδικτύου των πράγματος [Internet of Things (IoT)]. Νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται για να καλύψουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις ενός καινούριου ψηφιακού κόσμου, όπου όλες οι συσκευές είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους, αποτελώντας μέρος ενός IoT οικοσυστήματος. Η ευφυής γεωργία αποτελεί μία ολοκληρωμένη προσέγγιση διαχείρισης της αγροτικής δραστηριότητας, η οποία αξιοποιεί τις σύγχρονες τεχνολογίες αλλά και την επιστημονική γνώση, με στόχο την σωστή λήψη αποφάσεων με πολλαπλά οφέλη για το περιβάλλον. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εξέλιξη της τεχνολογίας αυτής μέχρι σήμερα και οι δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει τόσο στον κλάδο της γεωργίας όσο και στο περιβάλλον γενικότερα.

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία αναλύει την διαχείριση καλλιεργειών με συστήματα του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Αποτελείται από τέσσερα (4) κεφάλαια. Το *πρώτο κεφάλαιο* περιλαμβάνει τον ορισμό της ευφυούς γεωργίας, τα οφέλη της καθώς και τις ζώνες διαχείρισης. Το *δεύτερο κεφάλαιο* αναφέρει το διαδίκτυο των πραγμάτων, τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του, τις εφαρμογές και τα οφέλη του διαδικτύου των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία και επιπλέον τις μελέτες περιπτώσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν την παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών, τη διαχείριση καλλιεργειών καθώς και την αυτοματοποιημένη άρδευση. Το *τρίτο κεφάλαιο* περιλαμβάνει παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στη γεωργία αλλά και εφαρμογές από τον ελληνικό και τον διεθνή χώρο. Στο *τέταρτο κεφάλαιο* αναφέρεται ο ρόλος της ευφυούς γεωργίας, οι επιπτώσεις της, οι μελλοντικές προοπτικές καθώς και οι κοινωνικοοικονομικές και άλλες μη τεχνικές προκλήσεις. Σκοπός της πτυχιακής είναι να αναλυθούν οι προοπτικές και η δυναμική σε συνδυασμό με την ευφυή γεωργία να τροποποιηθούν τα τωρινά δεδομένα και να φτιάξουν ένα περιβάλλον στο οποίο ο αγροτικός κλάδος δεν θα βασίζεται μόνο στη χειρονακτική εργασία αλλά θα καλύπτεται με την βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης.

Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων ορίζεται ως ένα παράδειγμα επικοινωνίας, το οποίο συνδέεται με πολλές ψηφιακές συσκευές. Η σημασία του IoT στοχεύει να καταστήσει το Διαδίκτυο πιο εντυπωσιακό αλλά και πιο χρήσιμο. Παρέχοντας εύκολη πρόσβαση και αλληλεπίδραση με πολλές συσκευές όπως κάμερες, οθόνες και οχήματα, το IoT προωθεί την ανάπτυξη πολλών νέων εφαρμογών για την παροχή καινούριων υπηρεσιών στις επιχειρήσεις και στους πολίτες. Οι κατασκευαστές και οι επιχειρήσεις αρχίζουν να μαθαίνουν τις ευκαιρίες που προσφέρει το IoT.

Επιπρόσθετα, η εφαρμογή του IoT σε αστικό περιβάλλον έχει επίσης αποκτήσει ξεχωριστό ενδιαφέρον, διότι συνεργάζεται στο να υιοθετήσουν λύσεις τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) στη διαχείριση των δημοσίων υποθέσεων. Η εισαγωγή των ΤΠΕ στην αστική διακυβέρνηση προσφέρει πολλά οφέλη στην καλύτερευση και στη διαχείριση των δημοσίων υπηρεσιών όπως είναι ο δημόσιος φωτισμός, η στάθμευση, η επίβλεψη και η συντήρηση των δημοσίων χώρων, η υγιεινή των νοσοκομείων και των σχολείων. Τα πρότυπα Διασύνδεσης IoT παίζουν σημαντικό ρόλο στην διεύρυνση κατάλληλων υποδομών σε έργα μεγάλης κλίμακας. (Mehmood et al, 017) (Zanella et al, 014).

Οι τεχνολογίες μικρής εμβέλειας π.χ. ZigBee και Bluetooth, θεωρήθηκαν ως ένας βιώσιμος τρόπος για την εφαρμογή υπηρεσιών IoT. Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και η περιορισμένη κάλυψη τους δημιουργεί εμπόδιο στις απαιτήσεις κάλυψης σε ολόκληρη την πόλη, δηλαδή στις εφαρμογές Smart City.

Επιπλέον, η επικοινωνία IoT αναμένεται να δημιουργήσει σποραδικές μεταδόσεις σύντομων πακέτων και παράλληλα ο μεγάλος αριθμός συσκευών IoT που θέλουν σύνδεση μέσω ενός σταθμού βάσης (Base Station, BS), θα γεννήσει καινούρια θέματα που σχετίζονται με τον έλεγχο και τη σηματοδοσία της κυκλοφορίας.

Τέλος, το σώμα τυποποίησης σχέδιο σύμπραξης τρίτης γενιάς επιδιώκει να αναβαθμίσει τις ήδη υπάρχουσες κυψελοειδής τεχνολογίες, για να στηρίξει την διεύρυνση καθώς και την εξέλιξη του IoT υιοθετώντας την αρχιτεκτονική Cellular IoT (CIoT) (Centenaro et al, 016).

Κεφάλαιο 1

1 Ευφυής Γεωργία (Smart Farming)

Η ευφυής γεωργία αποτελεί ένα ολοκληρωμένο παραγωγικό σύστημα, το οποίο αξιοποιεί τα επιτεύγματα και δημιουργήματα της τεχνολογίας, χρησιμοποιεί συγκεκριμένες διαδικασίες στη λήψη αποφάσεων, συνδυάζει όλους τους συντελεστές παραγωγής και αξιοποιεί τη γνώση και τη γεωργική έρευνα, με σκοπό τη βελτιστοποίηση του επιδιωκόμενου αποτελέσματος. Η ευφυής γεωργία, όπως είναι γνωστό, αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση διαχείρισης της αγροτικής δραστηριότητας, η οποία αξιοποιεί τις σύγχρονες τεχνολογίες και την επιστημονική γνώση, με στόχο την ορθή λήψη αποφάσεων με πολλαπλά οφέλη για την αγροτική εκμετάλλευση και το περιβάλλον. Βασικό στόχο ενός Συστήματος Ευφυούς Γεωργίας πρέπει να αποτελεί η ενίσχυση και η βελτιστοποίηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και εφαρμογών ακριβείας στις αγροτικές καλλιέργειες όσο μικρού ή μεγάλου μεγέθους, σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά τους. Η γεωργία, γενικότερα, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα σύστημα, το οποίο καλείται να αναπτυχθεί σε ένα περιβάλλον γεμάτο με περιορισμούς, στο οποίο δεν υφίστανται επί τοις ουσίας οι ιδανικές συνθήκες. Οι λεγόμενοι συντελεστές παραγωγής, όπως είναι το έδαφος η εργασία και το κεφάλαιο έχουν ένα πεπερασμένο όριο και δεν διατίθενται σε αφθονία. Επιπλέον, υφίστανται μια σειρά από άλλους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν περιοριστικά την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος, όπως οι μετεωρολογικές συνθήκες και η κλιματική αλλαγή, η ανάπτυξη των εχθρών και των ασθενειών, η ανθεκτικότητα των φυτών. Η ευφυΐα του συστήματος επιστεγάζεται από την ικανότητα να αξιοποιήσει όλη την απαιτούμενη πληροφορία και να δημιουργήσει την απαιτούμενη γνώση, που θα οδηγήσει στην ορθή λήψη αποφάσεων, με την αξιοποίηση διάφορων μηχανισμών και λειτουργιών, όπως είναι το Αποθετήριο Γνώσης, τα μοντέλα επεξεργασίας δεδομένων Κ.Ο.Κ. Επιπρόσθετα, οι διαδικασίες και οι λειτουργίες του Συστήματος Ευφυούς Γεωργίας συνεισφέρουν στη διάχυση της παραγόμενης γνώσης σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

Η ευφυΐα ενός τέτοιου συστήματος, συνοπτικά, χαρακτηρίζεται από τις εξής δυνατότητες:

- την πολυδιάστατη συλλογή δεδομένων και τη δυνατότητα συσχέτισης αυτών
- τη δημιουργία γνώσης

- την ανάδειξη του βέλτιστου σεναρίου
- την αλληλεπίδραση όλων των εμπλεκόμενων μερών (παραγωγοί, γεωργικοί σύμβουλοι, εργαστήρια, ερευνητές),
- την αξιολόγηση και συνεχή βελτίωση των εφαρμοζόμενων διαδικασιών

Παρόλο αυτά, η ευφυΐα ενός Συστήματος Ευφυούς Γεωργίας δεν αποδίδεται μόνο στα παραπάνω χαρακτηριστικά, αλλά βασίζεται κυρίως στην αντικειμενικότητα και την αμεροληψία, που πρέπει να τη χαρακτηρίζουν, κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η ανάδειξη του βέλτιστου σεναρίου προϋποθέτει την αντικειμενική και αμερόληπτη αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων μέσων και πρακτικών για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος για λογαριασμό του παραγωγού. Δεν υφίσταται ευφυής μηχανισμός λήψης αποφάσεων η προώθηση συγκεκριμένων προϊόντων με απώτερο στόχο την εμπορία αυτών, διότι έτσι υπονομεύεται ο αντικειμενικός στόχος του Συστήματος και η υποκειμενικότητα αυτή περιορίζει αρκετά την «ευφυΐα» ενός τέτοιου μηχανισμού. Ο βασικός ρόλος ενός Συστήματος Ευφυούς Γεωργίας είναι η συνεχής βελτίωση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων, με απώτερο στόχο την πραγματική διάχυση της γνώσης και την αξιοποίησή της στην παραγωγική διαδικασία. Η ευφυής γεωργία βελτιστοποιεί την γεωργική παραγωγή μειώνοντας τα κόστη και χρησιμοποιώντας τους πόρους στο έπακρο. Έρευνες σε παγκόσμια κλίμακα σχετικά με την εφαρμογή λύσεων ευφυής γεωργίας έδειξαν πως ενώ στις ΗΠΑ το 0-0% των γεωργών χρησιμοποιούν κάποια λύση Έξυπνης Γεωργίας, στην Ευρώπη μόνο το 0% -4% των γεωργών χρησιμοποιεί κάτι αντίστοιχο. Οι εφαρμογές ευφυής Γεωργίας βοηθούν τον γεωργό με την χρήση δεδομένων να εκμεταλλεύεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τους πόρους του όπως το ανθρώπινο δυναμικό, τα μηχανήματα και τον αγρό με σκοπό να αυξήσει την ποιότητα και την ποσότητα παραγωγής και να ελαχιστοποιήσει την σπατάλη πόρων και το ρίσκο από εξωτερικούς παράγοντες όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες.

Τα συστήματα ευφυής γεωργίας μπορούν να καταταχτούν σε 3 βασικές κατηγορίες:

- **Πληροφοριακά συστήματα ελέγχου:** Προγραμματισμένα συστήματα που αυτόματα συλλέγουν, επεξεργάζονται, αποθηκεύουν και μεταδίδουν δεδομένα σε μηχανισμούς αυτοματισμών για την εκτέλεση εργασιών.
- **Γεωργία Ακριβείας:** Σύστημα διαχείρισης αγρών που εφαρμόστηκε περί το 1990 χάρη στην ανάπτυξη του συστήματος προσδιορισμού θέσης GPS. Ο τρόπος που δουλεύει είναι πως ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους και της καλλιέργειας δίνει την δυνατότητα στον αγρότη να τροποποιήσει τις εισροές και την τακτική καλλιέργειας ανά σημείο του αγροκτήματος με γνώμονα τις πραγματικές

ανάγκες της καλλιέργειας. Σε αντίθεση, στην συμβατική γεωργία θεωρούνται πανομοιότυπα τα χαρακτηριστικά του εδάφους και οι ανάγκες των φυτών.

- **Γεωργικοί αυτοματισμοί και ρομποτική:** Η εφαρμογή της ρομποτικής, του αυτόματου ελέγχου και των τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης σε όλα τα στάδια της γεωργικής παραγωγής.

Οι εφαρμογές ευφυής γεωργίας δεν στοχεύουν αποκλειστικά σε μεγάλα αγροκτήματα. Τα οφέλη τους μπορούν να εκμεταλλευτούν και μικρές ή μεσαίες αγροτικές επιχειρήσεις ώστε να αυξήσουν τα κέρδη και την ανταγωνιστικότητά τους μέσα από υγιή ανάπτυξη. Η ευφυής γεωργία λοιπόν ενισχύει τον πρωτογενή τομέα της γεωργίας εμπνέοντας σεβασμό και διαφάνεια στον ευρωπαϊό καταναλωτή με ποιοτικότερα προϊόντα σε μεγαλύτερες ποσότητες και πιο προσιτές τιμές. Πέρα από την οικονομία, σημαντικά οφέλη έχει και το περιβάλλον καθώς μειώνεται η αλόγιστη σπατάλη πόρων όπως το νερό και βελτιώνονται αγροτικές πρακτικές χρησιμοποιώντας λιγότερα φυτοφάρμακα.

1.1 Οφέλη της ευφυούς γεωργίας

- Χαμηλότερο κόστος παραγωγής: Η βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών διαχείρισης της φυτικής και ζωικής παραγωγής οδηγεί σε μείωση του κόστους παραγωγής.
- Αυξημένη παραγωγή: Οι αποδόσεις αυξάνονται με βελτιστοποιημένη φύτευση, χρήση προϊόντων φυτοπροστασίας και συγκομιδή
- Καλύτερη ποιότητα: Οι ακριβείς πληροφορίες για τις διαδικασίες παραγωγής και την ποιότητα βοηθούν τους γεωργούς να προσαρμόζουν και να ενισχύουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προϊόντων καθώς και τη θρεπτική τους αξία.
- Ευφυής λίπανση: Στόχος της εφαρμογής υπηρεσιών ευφυούς γεωργίας στην περίπτωση της θρέψης είναι η παροχή με ακρίβεια των απαιτούμενων θρεπτικών στοιχείων (μακροστοιχείων, ιχνοστοιχείων), τη σωστή χρονική περίοδο και με τον απαιτούμενο τρόπο χορήγησης αυτών (διαφυλλική, διασπορά κ.ά.). Βασικά προ απαιτούμενα για συμβουλή λίπανσης ακριβείας, είναι η σωστή δειγματοληψία εδάφους και η εργαστηριακή ανάλυση των φυσικοχημικών παραμέτρων (μηχανική σύσταση, pH, οργανική ουσία κ.ά), μακροστοιχείων (άζωτο, φώσφορο, κάλιο, μαγνήσιο) και ιχνοστοιχείων (σίδηρος, ψευδάργυρος, μαγγάνιο, χαλκός, βόριο) του ληφθέντος εδαφολογικού δείγματος.

- Ευφυής φυτοπροστασία: Το σύστημα επιτρέπει στον παραγωγό να γνωρίζει για κάθε σημείο του χωραφιού του χωριστά, πότε υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες για να αναπτυχθεί μια ασθένεια ή να προσβληθεί από έναν εχθρό πάντα βλαβερό και συχνά καταστροφικό για την παραγωγή.
- Ευφυής Άρδευση: Χαμηλότερη κατανάλωση νερού χάρη στους αισθητήρες εδάφους και στην ακριβέστερη πρόγνωση του καιρού. Η ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού στο χωράφι μπορεί να επιτευχθεί με τη λήψη μέτρων και την υιοθέτηση ενεργειών από την πλευρά του παραγωγού σε συνεργασία με γεωπόνους εξειδικευμένους στις αρδεύσεις. Ακόμα, η βελτίωση της γνώσης για τις ελληνικές συνθήκες, σχετικά με τις επιπτώσεις στην παραγωγή από την έλλειψη νερού, καθώς και ο εντοπισμός των ευαίσθητων σε νερό σταδίων ανάπτυξης της καλλιέργειας για τη διατήρηση της παραγωγής σε υψηλά επίπεδα, θα επιτρέψει την εφαρμογή μιας αποτελεσματικής ελλειμματικής άρδευσης, ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιόδους ή χρονιές έντονης λειψυδρίας.

(Abhishek Khanna Sanmeet Kaur (019)).

Άλλες βασικές και καθημερινές φροντίδες που θα μειώσουν τη χρήση νερού στο χωράφι αποτελούν:

α) Η διατήρηση του αρδευτικού συστήματος που χρησιμοποιείται σε καλή κατάσταση, ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη άρδευση.

β) Η αποφυγή άρδευσης σε συνθήκες υψηλής εξάτμισης.

Η σωστή φυτοπροστασία της καλλιέργειας επιτυγχάνεται ακολουθώντας μία διαδικασία, μέσα από το σύστημα Ευφυούς Γεωργίας:

α) Δημιουργούνται εδαφικές και κλιματικές ζώνες, δηλαδή τα σημεία της εκμετάλλευσης που έχουν κοινά χαρακτηριστικά εδάφους και μικροκλίματος ομαδοποιούνται, ώστε να είναι ευκολότερες, αφενός η παρατήρηση των επικίνδυνων αλλαγών, αφετέρου η αντιμετώπιση των αναπτυσσόμενων φαινομένων ή κινδύνων.

β) Τοποθετούνται τηλεμετρικοί φακοί σε αυτές τις ζώνες, που μετράνε υγρασία του αέρα, της γης, τη θερμοκρασία, την κατάσταση των φυτών και πολλές ακόμα παραμέτρους, που επιτρέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια και ασφάλεια την αναγνώριση των ασθενειών και των εχθρών της καλλιέργειας.

γ) Τοποθετούνται παγίδες σε καίρια σημεία του χωραφιού.

δ) Γίνονται επιτόπιες μετρήσεις από τον αρμόδιο Γεωργικό συμβούλιο

ε) Τέλος, η έκταση στην οποία τοποθετήθηκε το σύστημα, προσαρμόζεται σε ένα μοντέλο φυτοπροστασίας, που θα είναι αποτελεσματικό και άμεσο.

Εφαρμογές GPS στην ευφυή γεωργία: Στην Ευφυή Γεωργία έχει μεγάλη σημασία η πληροφορία σχετικά με τη θέση ενός οχήματος, καθώς κινείται στον αγρό και αυτό είναι δυνατό να γίνει χάρη στο GPS. Υπάρχουν διάφορες εφαρμογές του GPS στην Ευφυή Γεωργία, όπως δημιουργία περιγράμματος αγρών, παρακολούθηση καλλιεργειών και σύνδεση με τα σημεία του αγρού, χαρτογράφηση εδάφους, χαρτογράφηση παραγωγής. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει έναν δέκτη GPS ή DGPS, μια συσκευή για αποθήκευση της πληροφορίας (π.Χ. ένας φορητός H/Y) και λογισμικό για τη δημιουργία και απεικόνιση χαρτών. Ο δέκτης GPS με την κεραία του τοποθετούνται στο όχημα που κινείται στον αγρό. Για τη δημιουργία περιγράμματος του αγρού απλά ο παραγωγός περιπατεί ή οδηγεί γύρω από τον αγρό με το GPS και τον φορητό H/Y για να καταγράψει τα δεδομένα. Στη συνέχεια, δίνει ένα όνομα στο περίγραμμα όμοιο με το όνομα του αγρού και αποθηκεύει τα δεδομένα. Με τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιεί για το περίγραμμα, ο παραγωγός περπατά στον αγρό και καταγράφει στη διάρκεια της βλαστικής τις περιοχές που υπάρχουν ζιζάνια, προβλήματα με εχθρούς και ασθένειες ή προβλήματα με τροφωπενίες. (Brase 006, σ33). Καταγράφοντας τις θέσεις που υπάρχουν τα παραπάνω προβλήματα, ο παραγωγός μπορεί να επιστρέψει και να εφαρμόσει τα κατάλληλα αγροχημικά ή άλλες καλλιεργητικές φροντίδες. Για την χαρτογράφηση του εδάφους, το GPS χρησιμοποιείται για να καταγραφεί η θέση που λαμβάνονται τα δείγματα εδάφους και στη συνέχεια, αφού γίνει η ανάλυση των δειγμάτων στο εδαφολογικό εργαστήριο, δημιουργούνται οι αντίστοιχοι χάρτες χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό για τη δημιουργία χαρτών. Για την χαρτογράφηση της παραγωγής, το GPS μαζί με αισθητήρες ροής του υλικού στη μηχανή και ένα σύστημα καταγραφής της ροής, του πλάτους εργασίας, της ταχύτητας εργασίας και της αντίστοιχης θέσης που προσαρμόζονται στις μηχανές συγκομιδής, μπορεί να καταγράψει την παραγωγή σε κάθε θέση του αγρού και μετά να δημιουργηθούν οι αντίστοιχοι χάρτες παραγωγής. Εκτός από την καταγραφή της θέσης ενός οχήματος, το GPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην πλοήγηση και στην καθοδήγηση ενός οχήματος στον αγρό. Στην Ευφυή Γεωργία αυτόματα συστήματα καθοδήγησης υποστηρίζουν ελκυστήρες, φορτηγά και αεροπλάνα για να κρατούν τα παραπάνω μεταφορικά μέσα σε παράλληλες διαδρομές στον αγρό χωρίς να αφήνουν κενά ή επικαλύψεις μεταξύ των παράλληλων διαδρομών. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να εφαρμοστούν χημικά στο έδαφος και στις καλλιέργειες, χωρίς να υπάρχουν κενά που

δεν έγινε αφορμή του χημικού ή επικαλύψεις που οδηγούν σε υπερ. εφαρμογή η οποία με την σειρά της έχει σαν συνέπεια το μεγαλύτερο κόστος, την καταστροφή των καλλιεργειών και τον κίνδυνο.

1.2 Ζώνες Διαχείρισης στην ευφυή γεωργία

Η βάση ενός συστήματος ευφυούς γεωργίας είναι η διαμόρφωση στον αγρό ζωνών διαχείρισης που έχουν στόχο την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις. Ζώνη διαχείρισης είναι ένα επιμέρους τμήμα του αγρού που έχει κοινά χαρακτηριστικά και όπου η διαχείριση μπορεί να είναι ενιαία. Βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι ζώνες διαχείρισης είναι:

- α) Σταθερότητα στο χρόνο.
- β) Ευκολία στην οριοθέτηση.
- γ) Συσχέτιση με την παραγωγή.
- δ) Χαμηλό κόστος δημιουργίας.

Η δημιουργία των ζωνών διαχείρισης γίνεται αξιολογώντας όλες τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για τον αγρό όπως είναι:

- α) Φυσικές ιδιότητες του εδάφους
- β) Δυνατότητες διαχείρισης του παραγωγού
- γ) Πιθανό κέρδος του παραγωγού.

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης εξαρτάται από:

- α) Το μέγεθος του αγρού.
- β) Την παραλλακτικότητα του αγρού.

Σχετικά με το μέγεθος των ζωνών διαχείρισης, το ελάχιστο μέγεθος καθορίζεται από την δυνατότητα του παραγωγού να διαφοροποιήσει τις εισροές σε έναν αγρό. Αυτό είναι συνάρτηση του μεγέθους του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί. Το μέγιστο μέγεθος των ζωνών διαχείρισης καθορίζεται από τα περιθώρια του αγρού. Για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται διάφορες πληροφορίες όπως φαίνεται παρακάτω:

- α) Αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες του αγρού χωρίς βλάστηση.
- β) Περίγραμμα του αγρού.
- γ) Τοπογραφικοί χάρτες.

- δ) Εδαφικοί χάρτες.
- ε) Χάρτες παραγωγής.
- στ) Αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες του αγρού με βλάστηση.
- ζ) Δείκτες βλάστησης.
- η) Δεδομένα από εδαφολογικές αναλύσεις.
- θ) Ελάχιστο μέγεθος ζώνης.
- ι) Ανωμαλίες του αγρού.
- κ) Προσβολές από έντομα
- λ) Περιοχές στράγγισης.

Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν στοιχεία της ιστορίας του αγρού όπως:

- α) Θέσεις παλαιών δρόμων κτισμάτων.
- β) Χάρτες που δείχνουν τη διέλευση των οχημάτων στο παρελθόν.
- γ) Λίπανση προηγούμενων ετών.
- δ) Καλλιέργειες των προηγούμενων ετών.
- ε) Κάλυψη άρδευσης
- στ) Περιοχές του αγρού που συγκρατούν μεγάλη υγρασία.
- ζ) Περιοχές του αγρού που έχουν υποστεί διάβρωση.

Οι γνώσεις που χρειάζονται για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι:

- α) Αγρονομικές.
- β) Διαχείριση και οικονομικά.
- γ) Ιστορία του αγρού.
- δ) Δυνατότητες και περιορισμοί που προκύπτουν από την χρήση του εξοπλισμού.

Κεφάλαιο 2

2. Διαδίκτυο των πράγματος (internet of things (IoT))

2.1 Τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του Internet of Things

Μερικά από τα βασικά και θεμελιώδη χαρακτηριστικά του IoT είναι τα εξής:

- **Διασυνδεσιμότητα (Interconnectivity):** Οποιαδήποτε συσκευή ή πράγμα μπορεί να διασυνδεθεί με την παγκόσμια υποδομή πληροφόρησης και επικοινωνίας.

- **Υπηρεσίες που σχετίζονται με τα πράγματα (Things-related services):**

Το IoT είναι ικανό να παρέχει υπηρεσίες, που σχετίζονται με τα πράγματα, χωρίς να αγνοεί τη σημασιολογική συνοχή που υπάρχει μεταξύ των εικονικών και των φυσικών πραγμάτων. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην αλλαγή, τόσο των τεχνολογιών του φυσικού κόσμου, όσο και του κόσμου της πληροφορίας.

- **Ετερογένεια (Heterogeneity):** Οι συσκευές του Διαδικτύου βασίζονται σε διαφορετικές πλατφόρμες και δίκτυα, καθώς το IoT διακρίνεται από ετερογένεια. Μέσα από το IoT όμως όλες οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν με άλλες συσκευές και να χρησιμοποιούν υπηρεσίες μέσω διαφορετικών δικτύων.

- **Δυναμικές αλλαγές (Dynamic changes):** Η λειτουργική κατάσταση των συσκευών αλλάζει δυναμικά. Για παράδειγμα, μπορεί να είναι <<ενεργές >> ή <<απενεργοποιημένες >> ή από <<συνδεδεμένες >> να γίνονται <<αποσυνδεδεμένες >> κτλ. Η θέση αλλά και η ταχύτητα τους αλλάζει και επιπλέον ο αριθμός των διασυνδεδεμένων συσκευών μπορεί να αλλάξει και αυτός δυναμικά.

- **Τεράστια κλίμακα χρηστών (Enormous scale):** Ο συνολικός αριθμός συσκευών, όπου οι χρήστες χειρίζονται και επικοινωνούν μέσω IoT μεταξύ τους, αναμένεται να είναι μεγαλύτερος από το πλήθος συσκευών που είναι συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο. Οι επικοινωνίες που θα ενεργοποιούνται από την πλευρά των ανθρώπων θα είναι λιγότερες σε σχέση με αυτές των αντικειμένων.

- **Ασφάλεια (Safety):** Η ασφάλεια προσωπικών δεδομένων επιβάλλει έναν ασφαλή σχεδιασμό ιδιωτικής ζωής, τόσο για τους δημιουργούς, όσο και για τους παραλήπτες του IoT. Η σωστή ασφάλεια πρέπει να περιλαμβάνει την ακεραιότητα των ανταλλασσόμενων δεδομένων και την ορθή λειτουργία των δικτύων.

- **Συνδεσιμότητα(Connectivity):** Έχει σχέση με την προσβασιμότητα, η οποία επιτρέπει τη σύνδεση σε ένα δίκτυο, αλλά και με την συμβατότητα του δικτύου, η οποία παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας δεδομένων του δικτύου.(Patel, et al 016).

2.2 Τομείς Εφαρμογών του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) στην Ευφυή γεωργία

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) στην ευφυή γεωργία χρησιμοποιείται σε οπωρώνες, σε ελαιώνες, και γενικότερα σε γεωργικές καλλιέργειες. Εφαρμόζεται με πολλούς και διάφορους τρόπους όπως :

Συστήματα Εντοπισμού Θέσης (GPS) –Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS):

Τα συστήματα εντοπισμού θέσης παρέχουν κάλυψη όλο το εικοσιτετράωρο και χάρη στο γεωγραφικό πλάτος και μήκος τους, καταγράφουν τις αγροτικές εκτάσεις και εντοπίζουν τα γεωργικά οχήματα με ακρίβεια Brase.(006, σ.33)

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) είναι συστήματα πληροφοριακά, τα οποία δίνουν την δυνατότητα αποθήκευσης, συλλογής, διαχείρισης, ανάλυσης και επεξεργασίας των δεδομένων που έχουν σχέση με τον χώρο με την βοήθεια του λογισμικού. Τα δεδομένα χαρακτηρίζονται και ως μοναδικά και επίσης μπορούν να σχετιστούν και από περιγραφικά δεδομένα. Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών λειτουργεί με χάρτες, όπου κάθε επίπεδο του χάρτη είναι μία αναπαράσταση ψηφιακή, η οποία καταγράφει χιλιάδες στοιχεία του πραγματικού κόσμου. Οι αγρότες μπορούν να επιβλέπουν τις καλλιέργειες τους έχοντας ένα αρχείο στο οποίο καταγράφουν τα αποτελέσματα που τους ωθεί στη μείωση του κόστους παραγωγής. (Brase 006 σ.33)



Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT) :

Η εφαρμογή μεταβλητού ποσοστού είναι ένας τομέας τεχνολογίας όπου εφαρμόζεται σε αγροτικά μηχανήματα και εστιάζει στην εφαρμογή των υλικών όπως για παράδειγμα τα

λιπάσματα και οι σπόροι σε ένα συγκεκριμένο σημείο του χωραφιού. Τα υλικά εφαρμόζονται χάρη στα δεδομένα που συλλέγονται από χάρτες και GPS και από αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στο χωράφι. (Sundmaeker et al, 016). Τα οφέλη από το σύστημα VRA μπορούν να βοηθήσουν στην αυτοματοποίηση της γεωργικής διαδικασίας. Αν μία επιχείρηση βάλει στις δραστηριότητες της περισσότερη ακρίβεια και αυτοματοποίηση, τόσο περισσότερα χρήματα μπορούν να κερδίσουν χάρη στην υψηλότερη παραγωγή. Μερικά οικονομικά οφέλη από την VRA είναι τα εξής:

- **Εξοικονόμηση σε λιπάσματα και χημικά.**
- **Προστασία του περιβάλλοντος** από τον υπερβολικό ψεκασμό χημικών ουσιών ή από την παραπάνω λίπανση.
- **Πιθανή αύξηση της απόδοσης** χάρη στην αποτελεσματικότερη λίπανση και στον ψεκασμό με βάση τις αληθινές ανάγκες του χωραφιού.

Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)

Είναι μία διαδικασία, η οποία λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την επιφάνεια της γης, χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. (Wojtowicz et al 006). Βασικός σκοπός αυτής της μεθόδου είναι η βελτιστοποίηση των αποδόσεων των εισροών, εξασφαλίζοντας έτσι την διαχείριση του περιβάλλοντος.

Η τηλεπισκόπηση έχει χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των αποδόσεων των καλλιεργειών, οι οποίες βασίζονται σε στατιστικές σχέσεις που έχουν σχέση με τους δείκτες βλάστησης και απόδοσης (Thenkabail et al, 00, Casa and Jones 00). Οι πληροφορίες που λαμβάνονται σχετικά με την απόδοση είναι πολύ σημαντικές για τους παραγωγούς όσον αφορά την μεταφορά, την αποθήκευση, την συγκομιδή και την εμπορία. Αν είναι διαθέσιμες σε σύντομο χρονικό διάστημα μπορούν να αποφύγουν τον οικονομικό κίνδυνο έχοντας ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη απόδοση αλλά και αύξηση των επενδύσεων. Επίσης με την τηλεπισκόπηση μπορεί να γίνει ανίχνευση των ασθενειών, μπορεί να γίνει αξιολόγηση στις απαιτήσεις που έχουν οι καλλιέργειες για νερό, οι γεωργικές καλλιέργειες μπορούν να ελεγχτούν για ζιζάνια και τέλος μπορούν να εντοπιστούν οι διατροφικές απαιτήσεις που έχουν τα φυτά.



Αυτοδιαχειριζόμενα συστήματα (Self-driving Systems)

Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται για την γεωργία ακριβείας. Τα μηχανήματα έχουν εξοπλιστεί με αυτόματο σύστημα πλοήγησης και μπορούν να καλυτερεύσουν την ακρίβεια εργασίας και να περιορίσουν την εργασία ενός οδηγού. Η συνεχής αύξηση του κόστους εργασίας και η μείωση της γεωργικής εργασίας είναι τα δύο κίνητρα που έχουν τραβήξει το ενδιαφέρον των ερευνητών.(Zhang et al, 019).

Τα αυτοδιαχειριζόμενα συστήματα μειώνουν την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους και αποκαλούνται ως αναπόσπαστο κομμάτι της διαχείρισης των αγροτεμαχίων.(Brusse et al, 019).

Οι απομακρυσμένες συνδέσεις όπως τα smartphones και τα tablets δίνουν τη δυνατότητα στο χειριστή ή στον αγρότη να εφαρμόζει διαδρομές για τα χωράφια αλλά και να χειρίζεται τα αγροτικά οχήματα, τα οποία εκτελούν διάφορες εργασίες στον ίδιο ή σε ξεχωριστό τομέα.(Matt Nielsen Digital trends, 016).

Επιπλέον, με την χρήση ραντάρ και υπέρυθρων ακτινών τα μηχανοκίνητα οχήματα όπως είναι τα τρακτέρ θα έχουν τη δυνατότητα με αυτό-διαχείριση να αποφύγουν εμπόδια π.χ. ζώα, άλλα οχήματα και θα μπορούν επίσης να ενημερώσουν τον αγρότη για τυχόν προβλήματα ή βλάβες.(Richard van Hooijdonk, 01).

Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial intelligence)

Θεωρείται ένας από τους βασικούς τομείς της έρευνας στην επιστήμη των υπολογιστών. Λόγω της ταχύτητας της τεχνολογικής προόδου, η τεχνητή νοημοσύνη γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη χάρη στις λύσεις που εφαρμόζονται στα προβλήματα, τα οποία δεν μπορούν να λυθούν σωστά από τις υπολογιστικές δομές και από τους ανθρώπους. Ένας από αυτούς τους τομείς είναι η γεωργία όπου το 30, 7% του παγκόσμιου πληθυσμού ασχολείται με 71 εκατομμύρια εκτάρια γεωργικής γης.(Gouranmoy Bannerjee et al, 01). Τον τελευταίο καιρό, οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης αξιοποιούνται ευρέως για την

πρόβλεψη της θερμοκρασίας του εδάφους σε διαφορετικά βάθη. (Behnaz Nahvi et al, 016).

Η γεωργία έρχεται αντιμέτωπη με πολλές προκλήσεις από την σπορά έως και την συγκομιδή. Τα βασικότερα ζητήματα είναι οι μολύνσεις από παράσιτα και από ασθένειες, η μη κατάλληλη στράγγιση και άρδευση, η επίβλεψη των ζιζανίων, η εφαρμογή μικρής ποσότητας χημικών ουσιών, η πρόβλεψη απόδοσης κ.αλ.(Gouravmoy Bannerjee et al, 01).

Στις μέρες μας, η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) έχει καταφέρει αλλαγές στον αγροτικό τομέα. Αρκετές εταιρίες στράφηκαν στην Τεχνητή Νοημοσύνη για την καλύτερευση της παραγωγικότητας τους λόγω της εξειδίκευσης των έξυπνων αλγορίθμων. Οι πιο πολλές καλλιέργειες πραγματοποιούνται σε μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις, αλλά οι μικρές επιχειρήσεις κατά των ασθενειών των φυτών δεν φτάνουν όταν οι ασθένειες εξοντώνουν μεγάλες εκτάσεις. Για αυτό λοιπόν οι αγρότες θέλουν έναν τρόπο ώστε να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα με λύσεις εξειδικευμένες.

Στις εταιρίες παραγωγής σπόρων, χρησιμοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη για την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων, για να εστιάσουν ποιο είδος σπόρων θα παράγει τις κατάλληλες ποσότητες των καλλιεργειών. Για την πραγματοποίηση αυτού, οι γενετιστές θα πρέπει να ξέρουν πώς οι καιρικές συνθήκες θα μπορούσαν να βλάψουν τους περισσότερους τύπους των σπόρων.(Richard van Hooijdonk, 01).

Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για την καταστροφή των εντόμων και των παρασίτων που βλάπτουν τις καλλιέργειες. Οι τεχνικοί ελέγχου των παρασίτων κάνουν χρήση από πολλές εφαρμογές μέχρι να εντοπίσουν τα σφάλματα. Η διαδικασία αυτή είναι εύκολη και απλή. Οι τεχνικοί, βγάζουν φωτογραφίες τα σφάλματα και η τεχνητή νοημοσύνη δείχνει το είδος τους. Όταν τελειώσει η αναγνώριση ενός παρασίτου, οι εφαρμογές συνιστούν επιλογές, οι οποίες θα βοηθήσουν τους τεχνικούς να καθορίσουν μία λύση.

Τέλος, επισημαίνεται ότι κάθε φορά που κάποιος τεχνικός βγάζει μία φωτογραφία, ενισχύει τις δυνατότητες αναγνώρισης και αρχειοθέτησης των αλγορίθμων Machine Learning.(Richard van Hooijdonk, 01).

Ρομποτική (Robots)

Η τεχνολογική πρόοδος στις ανεπτυγμένες χώρες ελάττωσε το ανθρώπινο δυναμικό, το οποίο ήταν διαθέσιμο για γεωργικές δραστηριότητες κατά το 0 %.(Avital Bechar et al, 016).Ο αυτοματισμός ενθάρρυνε την αύξηση της παραγωγικότητας των γεωργικών μηχανημάτων σε μεγάλο βαθμό, καθώς και την αξιοπιστία και την ακρίβεια,

ελαττώνοντας την βοήθεια για ανθρώπινη παρέμβαση. Η έλλειψη των εργαζομένων είναι ένα από τα προβλήματα της γεωργίας, τα οποία στη συνέχεια ενισχύονται παραπάνω με την αύξηση του μεγέθους της εκμετάλλευσης, με τον σχετικά χαμηλό αριθμό αγροτών και με την διόγκωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Χάρη στην σημαντική αύξηση της προόδου των τεχνολογιών πληροφορικής, τα ρομποτικά συστήματα εξασφάλισαν γόνιμο έδαφος στα καθήκοντα της γεωργίας. Η αύξηση της ζήτησης για συγκεκριμένες δραστηριότητες του πεδίου, περιόρισε αντίστοιχα τις επιπτώσεις του περιβάλλοντος και οι ρομποτικές πλατφόρμες θεωρήθηκαν ως εναλλακτικές λύσεις για τα εργαλεία και τα τρακτέρ. Οι ηλεκτροκίνητες πλατφόρμες μικρού μεγέθους εφαρμόζονται για το όργωμα, τον ψεκασμό, τη λίπανση και τη συγκομιδή.(Espejo-García et al, 00).

Τα γεωργικά ρομπότ είναι αυτόνομα ή ημιαυτόνομα συστήματα, τα οποία μπορούν να μεταχειριστούν σε διαφορετικά στάδια της διαδικασίας για την ορθή λύση των προβλημάτων. Έχει γίνει χρήση σε αυτά με επιτυχία για πολλές επαναλαμβανόμενες εργασίες, επιδιώκοντας την μείωση του φόρτου εργασίας του αγρότη και την βελτιστοποίηση του κόστους της διαδικασίας π.χ. άρδευση νερού, ψεκασμός, κλάδεμα, συγκομιδή, παρακολούθηση, επιθεώρηση και χαρτογράφηση. Στα θερμοκήπια, τα ρομπότ πράττουν καθήκοντα όπως είναι η συγκομιδή, η κοπή, η μεταφύτευση, η άρδευση, ο ψεκασμός ακριβείας και η ταξινόμηση χρωμάτων.

Στις μέρες μας, υπάρχουν ελάχιστα εμπορικά ρομπότ όπου δουλεύουν σε γεωργικά ζητήματα, καθώς η πλειονότητα εξακολουθεί να μεγαλώνει δοκιμαστικά. Ένα παράδειγμα των ρομπότ είναι το TERRA-MEPP, το οποίο διαδίδει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε σχέση με την ανάπτυξη των φυτών. Το ρομπότ με την βοήθεια λέιζερ και καμερών μαζεύουν δεδομένα σχετικά με τη διάμετρο του στελέχους, με το ύψος και με το χρωματισμό ενός φυτού, προσφέροντας πληροφορίες που έχουν σχέση με την ανάπτυξη των καλλιεργειών.(Richard van Hooijdonk et al, 01).

Η ρομποτική και ο αυτοματισμός επιδιώκουν πιο εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό και εξοπλισμό, παρ'όλα αυτά όμως βοηθούν στην αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας, γιατί το εργατικό δυναμικό φτάνει για να αντισταθμίσει το μεγαλύτερο αρχικό κόστος. Η μέση ηλικία του αγροτικού εργατικού δυναμικού αυξάνεται διαρκώς, υποστηρίζοντας ότι αυτό το επάγγελμα δεν είναι ιδιαίτερα ελκυστικό για τη νέα γενιά. Οι χειρονακτικές εργασίες που ενεργούνται υπό σκληρές συνθήκες μειώνονται χάρη στην βοήθεια των ρομπότ και των εφαρμογών αυτοματισμού για γεωργικές δραστηριότητες και με αυτό

τον τρόπο καλύτερεύουν την ποιότητα ζωής του αγρότη και ταυτόχρονα το επάγγελμα γίνεται πιο ελκυστικό για τις επόμενες γενιές. (Avital Bechar et al, 016).

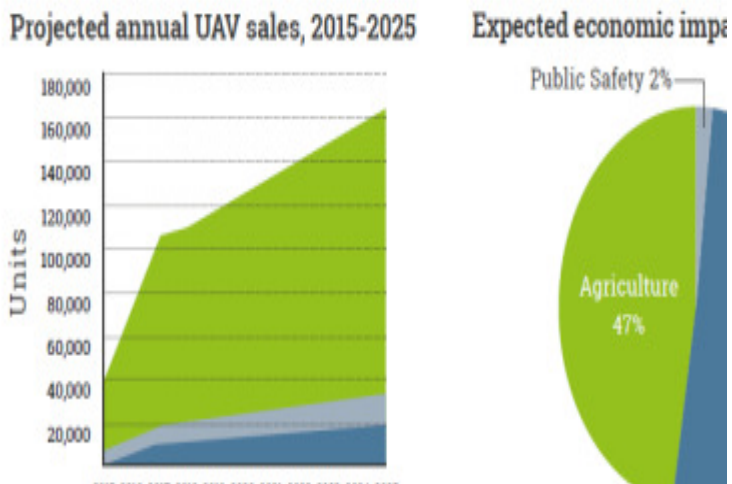
Η ρομποτική πλέον έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε αρκετές εφαρμογές του θερμοκηπίου και σε γεωργικές εργασίες, οι οποίες θεωρούνται σημαντικά εργαλεία για την μείωση του φόρτου εργασίας αλλά και για την αύξηση της παραγωγικότητας των γεωργικών διεργασιών.

Η πορεία που πρέπει να διανύσει η ρομποτική για να επιτύχει μία εντελώς αυτόνομη γεωργική διαδικασία θεωρείται ακόμα μεγάλη, διότι ζητάει επενδύσεις που είναι σημαντικές και οι πιο πολλές από αυτές είναι περίπλοκες. (Juan P.Vasconez et al, 019).

Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Drones)

Στις αναπτυσσόμενες χώρες, πάνω από το 70 % των αγροτών στηρίζεται από τους γεωργικούς τομείς. Οι γεωργικοί τομείς αντικρούουν απώλειες δραματικές λόγω των ασθενειών που υπάρχουν. Οι ασθένειες αυτές συνέβησαν από τα παράσιτα, πράγμα που φθείρει σε σημαντικό βαθμό την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Για την βελτίωση της ποιότητας της καλλιέργειας γίνεται χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, για να εξοντώσουν τα έντομα και τα παράσιτα. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας βρέθηκε ότι ένα εκατομμύριο περιπτώσεις εμφάνισαν προβλήματα υγείας, κατά την διάρκεια του ψεκασμού των φυτοφαρμάκων στη συγκομιδή, η οποία έγινε χειροκίνητα. Τα Drones χρησιμοποιούνται για τον ψεκασμό των φυτοφαρμάκων για να αποφύγουν τα προβλήματα υγείας των ανθρώπων καθώς ψεκάζουν. Επίσης, έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε χειρωνακτικές εργασίες όπου δυσκολεύουν τους αγρότες καθώς η χρήση τους είναι εύκολη. (UM Rao Mogili et al, 01).

Σύμφωνα με μία ανάλυση του πολυεθνικού δικτύου επαγγελματιών υπηρεσιών PwC (Price Waterhouse Coopers), η αξία της συνολικής αγοράς των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων στην γεωργία φτάνει τα 3,4 δισεκατομμύρια δολάρια. (Richard van Hooijdonk, 01). Στη συνέχεια απεικονίζονται οι πωλήσεις εναέριων οχημάτων από το 01 μέχρι το 0 στη δημόσια ασφάλεια, στον αγροτικό κλάδο κ.τλ. Οι πωλήσεις που ενδέχεται να γίνουν μέχρι το 0 για τα εναέρια οχήματα μόνο στον αγροτικό κλάδο φαίνονται με πράσινο χρώμα. Στην δεύτερη εικόνα υπάρχει το οικονομικό όφελος από την χρήση των επανδρωμένων εναέριων οχημάτων στους αντίστοιχους κλάδους.



Η ευφυής γεωργία δεν θα ήταν αρκετά έξυπνη δίχως την τεχνολογία των Drones. Με τη χρήση ενός συστήματος 3D χαρτογράφησης, τα αεροσκάφη έχουν την δυνατότητα να μαζεύουν δεδομένα σε ένα πεδίο και να δίνουν πληροφορίες όπως είναι η γεωγραφία και η δομή του εδάφους στους αγρότες. Μερικοί από αυτούς που έχουν εξοπλισμό θερμικών αισθητήρων, μπορούν να εντοπίσουν στοιχεία σε σχέση με την υγρασία και να ενημερώσουν τους αγρότες αν κάποια συγκεκριμένη περιοχή πρέπει να ποτιστεί. Η κάμερα των UAV λαμβάνει μία λήψη ανά δευτερόλεπτο, την οποία συγκρατεί στη μνήμη και στη συνέχεια την στέλνει στο σταθμό εδάφους με χρήση τηλεμετρίας.(UM Rao Mogili et al, 01). Οι συσκευές πολλαπλών χρήσεων δίνουν στους αγρότες την μέγιστη εικόνα για την υγεία των καλλιεργειών τους χάρη στον NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).Επιπλέον τα drones μπορούν να εντοπίζουν μικρές διαφορές στο ανακλώμενο υπέρυθρο και στο πράσινο φως της παρατηρούμενης περιοχής και τραβώντας εικόνες έχουν την δυνατότητα να δίνουν στους αγρότες πληροφορίες για τις καλλιέργειες τους σε πραγματικό χρόνο. Τα αεροσκάφη μπορούν να ειδοποιήσουν τον αγρότη κατευθείαν για μία παρασιτική μόλυνση που μπορεί να εντοπιστεί και αν δράσει εγκαίρως έχει τη δυνατότητα να σκοτώσει τους εισβολείς. (Richard van Hooijdonk, 01).

Τα φυτοφάρμακα παρόλο που προκαλούν προβλήματα και ανησυχίες για το περιβάλλον, πολλές φορές είναι η μόνη επιλογή. Χρησιμοποιώντας όμως τα drones μπορεί να είναι λιγότερο επιβλαβές για το περιβάλλον, διότι καταναείμουν τις χημικές ουσίες τους με ακρίβεια και ομοιομορφία. (Richard van Hooijdonk, 01).

) Νανοτεχνολογία (Nanotechnology)

Η Νανοτεχνολογία θεωρείται πως είναι ένα εξελισσόμενο πεδίο, το οποίο εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες των σωματιδίων. Σύμφωνα με τον διευθυντή του έργου

David Rejeski για τις αναδυόμενες νανοτεχνολογίες, υποστηρίζει ότι η νανοτεχνολογία μπορεί να αλλάξει τη γεωργία και το σύστημα παραγωγής τροφίμων.(Richard van Hooijdonk, 01). Συγκεκριμένα έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετούς τομείς της επιστήμης όπως είναι η χημεία, η φυσική, η επιστήμη των υλικών, η φαρμακευτική επιστήμη, η ιατρική και η γεωργία. Η νανοτεχνολογία περιέχει νανοσωματίδια με μία ή περισσότερες διαστάσεις της τάξης των 100nm ή λιγότερο. Χάρη στο μικρό μέγεθος, αλλά και της υψηλής αναλογίας επιφάνειας προς τον όγκο τα νανο-υλικά βρίσκουν εφαρμογές στην προστασία των φυτών καθώς και στη διαχείριση των πρακτικών εκμεταλλεύσεων. Για την κατασκευή νανοσωματιδίων χρησιμοποιούνται υλικά όπως είναι τα μεταλλικά οξείδια, τα κεραμικά, τα μαγνητικά υλικά, οι ημιαγωγοί, τα λιπίδια, τα πολυμερή (συνθετικά ή φυσικά), οι κβαντικές κουκίδες, τα γαλακτώματα και τα δενδριμερή. Στη γεωργία για την επεξεργασία των σπόρων αλλά και ως βιοκτόνο, το οποίο βοηθάει τα φυτά να εξαφανίσουν τις λοιμώξεις από τους μύκητες χρησιμοποιούνται τα νανοσωματίδια χιτοζάνης. Τα αποτελέσματα των νανοσωματιδίων στην ανάπτυξη καθώς και στις μεταβολικές λειτουργίες διαφέρουν μεταξύ των φυτών. Η συγκέντρωση τους επιδρά σε διαδικασίες όπως είναι π.χ. η βλάστηση και η ανάπτυξη του φυτού.(J.S Duhan etal, 017). Η παγκόσμια κατανάλωση φυτοφαρμάκων κυμαίνεται περίπου στα δύο εκατομμύρια τόνους ετησίως, εκ των οποίων το 4% χρησιμοποιείται μόνο από την Ευρώπη, το % καταναλώνεται στις ΗΠΑ και το υπόλοιπο % καταναλώνεται στον υπόλοιπο κόσμο.(J.S Duhan etal, 017). Η ακατάλληλη χρήση φυτοφαρμάκων αυξάνει την αντοχή των παρασίτων και των παθογόνων, σκοτώνει σημαντικά μικρόβια εδάφους, λιγοστεύει την βιοποικιλότητα του εδάφους και διαλύει το φυσικό περιβάλλον των πτηνών. Τα οφέλη της νανοτεχνολογίας είναι πολλά και περιλαμβάνουν τη διαχείριση παρασίτων εντόμων μέσω σκευασμάτων φυτοφαρμάκων με βάση τα νανο-υλικά και την αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας με τη χρήση λιπασμάτων νανο-σωματιδίων για την απελευθέρωση νερού και θρεπτικών ουσιών.(J.S Duhan etal, 017). Τα διάφορα γεωργικά εργαλεία, που έχουν τη μορφή νανο-αισθητήρων, νανο-λιπασμάτων, νανο-φυτοφαρμάκων, έχουν δείξει αποτελέσματα τα οποία είναι σημαντικά για τη γεωργική πρακτική. Επίσης ελάττωσαν την ποσότητα λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και έκαναν σωστή χρήση δραστικών παραγόντων που είχε ως αποτέλεσμα την ασφάλεια και τη διατήρηση του περιβάλλοντος. Οι νανο-αισθητήρες έδιναν επίσης σωστές πληροφορίες σε σχέση με τις συνθήκες του εδάφους και με αυτό τον τρόπο ο έλεγχος θα μπορούσε να γίνει γρήγορα και η καλλιέργεια να

είναι ασφαλής. Αυτό βοηθάει στη βελτίωση της οικονομικής κατάστασης και στη μείωση των απωλειών των αγροτών.. (Hemraj Chhira, 019).

Τα πλεονεκτήματα της γεωργίας ακριβείας μέσω της νανοτεχνολογίας είναι τα ακόλουθα:

- Αυξημένη φυτοπροστασία και θεραπεία ασθενειών.
- Οι βιοαισθητήρες μπορούν να εντοπίσουν φυτοφάρμακα στις καλλιέργειες, με αποτέλεσμα να λαμβάνονται πιο σωστές αποφάσεις.
- Οι Nanofertilizers συμβάλλουν στην απελευθέρωση των αγροχημικών, έχοντας ως αποτέλεσμα σωστές δοσολογίες.. (Matthieu De Clercq et al, 01).

Blockchain

Το Blockchain μπορεί να θεωρηθεί ως δομή δεδομένων, η οποία κρατάει αρχεία συναλλαγών αλλά και παράλληλα παρέχει ασφάλεια και διαφάνεια. Στις μέρες μας το δυναμικό του Blockchain για ασφάλεια και διαφάνεια ωθεί την υιοθέτησή του σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας. (Richard van Hooijdonk, 01).

Από το 014 και μετά γίνεται όλο και πιο σαφές ότι χρήση του Blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολύ περισσότερα από τα κρυπτονομίσματα και τις οικονομικές συναλλαγές, έτσι ώστε να ερευνηθούν πολλές νέες εφαρμογές: ψηφιακός έλεγχος ταυτότητας, χειρισμός και αποθήκευση διοικητικών αρχείων, μεταφορά αγαθών που παράγονται γενικά και τοπικά για τον εντοπισμό προϊόντων καθώς περνούν μέσω μίας αλυσίδας εφοδιασμού από τον κατασκευαστή και τον διανομέα, στον τελικό αγοραστή. Αυτές οι αλλαγές οδηγούν σε επανάσταση αρκετές πτυχές των επιχειρήσεων, της κυβέρνησης και της κοινωνίας, οι οποίες μπορούν να προβλέψουν διάφορα θέματα.. (Agusti Fonts et al, 019). Συγκεκριμένα το Blockchain μπορεί να ελαττώσει τις συναλλαγές και να καλυτερεύσει την ασφάλεια των τροφίμων και τους χρόνους συναλλαγής. Επιπλέον μπορεί να ελαττώσει τα απόβλητα και να βρει τα σημεία συμφόρησης στην αλυσίδα εφοδιασμού, τα οποία βοηθούν στην αλλοίωση των τροφίμων.. (Matthieu De Clercq et al, 01).

Ένα από τα βασικά στοιχεία της γεωργίας στις αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων, είναι ο ασφαλής τρόπος εκτέλεσης συναλλαγών μεταξύ διάφορων μη αξιόπιστων μερών.

Ακόμη, οι τεχνολογίες Blockchain έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τις καθυστερημένες πληρωμές, ενώ ταυτόχρονα ελαττώνουν τα τέλη συναλλαγών, έχοντας ως αποτέλεσμα μια πιο δίκαιη τιμολόγηση.. (Matthieu De Clercq et al, 01).

Η διαφάνεια του Blockchain συμβάλει στην καταπολέμηση της απάτης σε τρόφιμα. Οι απαιτήσεις των καταναλωτών για τρόφιμα βιολογικά αυξάνεται και οι αγορές είναι γεμάτες με μη βιολογικά προϊόντα.

Δύο σημαντικοί παράγοντες από τους οποίους η τεχνολογία Blockchain εξαρτάται είναι:

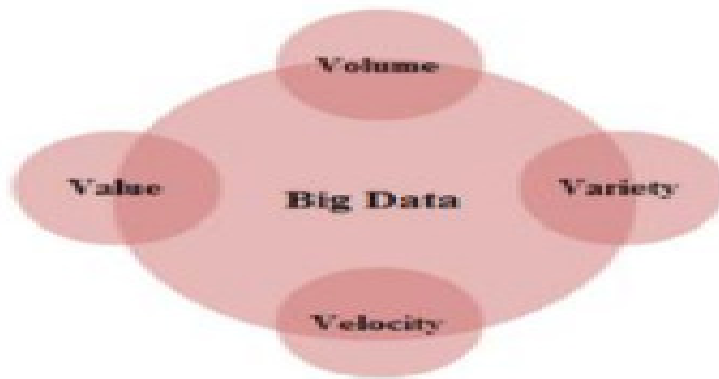
- Ασφάλεια: αυτό αφορά την ασφάλεια των δεδομένων που σχετίζονται με τους αγρότες.
- Προέλευση: εδώ αναλύεται η ανίχνευση ενός συμβάντος. Το Blockchain βοηθάει στο να παρέχει εμπιστοσύνη στους αγρότες σε περίπτωση εξαπάτησής τους από άλλους αγρότες.(Dharmin Dave et al, 019).

Big Data

Λόγω των εξελίξεων σε αυτόν τον τομέα είναι δύσκολο να υποθεί ένας ορισμός των Big Data, όμως ο Apache Hadoop το 010 όρισε τα μεγάλα δεδομένα ως «σύνολα δεδομένων τα οποία δεν μπορούσαν να υποστούν κάποια επεξεργασία από υπολογιστές ενός πεδίου». Τα μεγάλα δεδομένα έχουν τουλάχιστον τρία κοινά χαρακτηριστικά: (Hashem et al, 01)

- 1) μεγάλες ποσότητες δεδομένων (volume)
- 2) μεγάλη ποικιλία δεδομένων (variety)
- 3) Μεγάλη ταχύτητα δεδομένων (velocity)

Τα μεγάλα δεδομένα θεωρούνται σημαντικά επειδή αφήνουν σε οργανισμούς να αποθηκεύουν, να συλλέγουν να χειρίζονται μεγάλα ποσά δεδομένων με την κατάλληλη ταχύτητα και την κατάλληλη στιγμή για την απόκτηση σωστών γνώσεων. Οι τεχνολογίες δεδομένων αναλύουν μία νέα γενιά τεχνολογιών σχεδιασμένων βγάζουν οικονομική αξία από μεγάλους όγκους, επιτρέποντας την ανάλυση μεγάλης ταχύτητας. Τα χαρακτηριστικά των μεγάλων δεδομένων μπορούν να καταταχθούν ως τέσσερα κοινά χαρακτηριστικά (4 Vs), δηλαδή volume, variety, velocity και value. Ο ορισμός αυτός 4V αναγνωρίστηκε ευρέως, καθώς επισημαίνει την διερεύνηση των μεγάλων κρυφών τιμών. Το πιο κρίσιμο πρόβλημα στα μεγάλα δεδομένα είναι η ανακάλυψη τιμών από σύνολα δεδομένων με μεγάλη κλίμακα, διαφορετικούς τύπους και αυξημένη ταχύτητα.



Στις ΗΠΑ, το 0% της γης χρησιμοποιείται από τους αγρότες για καλλιέργειες, το οποίο είναι μια σημαντική απόδειξη της ανάγκης εκμετάλλευσης των Big Data. Η πλατφόρμα αισθητήρων foris.io κάνει χρήση μεγάλων δεδομένων για να ευνοήσει τους αγρότες να μεγιστοποιήσουν τη χρήση της γης και η ομάδα τους ενσωμάτωσε αισθητήρες εδάφους στην πλατφόρμα Arduino.. (Techrepublic, 017).

Τα τρακτέρ τους έχουν τη δυνατότητα να είναι εξοπλισμένα με GPS και λογισμικό για τη συλλογή δεδομένων. Λόγω του GPS, οι αγρότες μπορούν να προσδιορίσουν ακριβώς πόσο σπόρο χρειάζονται για κάθε τετραγωνικό μέτρο εδάφους. Οι γεωργοί ζητούν τρόπους βελτίωσης της αποδοτικότητας και της κερδοφορίας καθώς και τρόπους ώστε να μειώσουν το κόστος και να βρουν καλύτερες τιμές για το προϊόν τους. Οι τεχνολογίες Big Data θα βοηθήσουν στην ολοκλήρωση αυτών των στόχων. (S. Wolfert et al, 017).

Συμπερασματικά, το Big Data προσφέρει γνώσεις για τα αποτελέσματα του μέλλοντος στις καλλιέργειες των αγροτών (επίβλεψη μοντέλου απόδοσης, επίβλεψη μοντέλου πρόσληψης ζωοτροφών, κτλ.). Στο μέλλον, η λήψη αποφάσεων θα είναι ένα δύσκολο μίγμα ανθρώπινων και υπολογιστικών παραγόντων. Το Big Data προβλέπει να φέρει αλλαγές τόσο στο πεδίο όσο και στην οργάνωση της γεωργίας. Πολλές είναι οι αμφιβολίες για το εάν η γνώση των αγροτών ενδέχεται να αντικατασταθεί από αλγόριθμους, ωστόσο όμως οι εφαρμογές Big Data είναι πιθανό να αλλάξουν την διαχείριση και τον τρόπο εκμετάλλευσης. Σημαντικοί τομείς αλλαγής θεωρείται η πρόβλεψη σε πραγματικό χρόνο, η επίβλεψη των καιρικών συνθηκών και τέλος η επανάληψη των επιχειρηματικών διαδικασιών.. (Sjaak Wolfert et al, 017).

2.3 Οφέλη από την χρήση IoT τεχνολογιών στην ευφυή γεωργία

Πολλά είναι τα οφέλη, τα οποία προκύπτουν από την εφαρμογή του IoT στη γεωργία. Μερικά από αυτά περιγράφονται παρακάτω και είναι τα εξής :

- Η αύξηση της παραγωγής στις καλλιέργειες και στα ζώα μέσω της δημιουργίας του κατάλληλου περιβάλλοντος, της παρακολούθησης αλλά και του ελέγχου των διαφόρων πτυχών οφείλονται στην εφαρμογή του IoT. Σε μεγάλες καλλιέργειες κυρίως το IoT συμβάλλει στη μείωση του κόστους παραγωγής. Οι συσκευές IoT μειώνουν την ανάγκη για τις ανθρώπινες παρεμβάσεις και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των εργαζομένων σε ένα αγρόκτημα.
- Χάρη στην εφαρμογή IoT μειώνεται η σπατάλη πόρων όπως για παράδειγμα το νερό, τα λιπάσματα και τα εξαρτήματα μηχανών. Με αυτό τον τρόπο παρέχουν τις σωστές ποσότητες νερού και λιπασμάτων που προστίθενται στο έδαφος. Στις γεωργικές μηχανές και στα γεωργικά μηχανήματα, οι αισθητήρες βοηθούν στην προληπτική συντήρηση εξασφαλίζοντας έτσι έγκαιρες επισκευές και αντικαθιστώντας μόνο τα ελαττωματικά μέρη.
- Η διαχείριση κόστους και η μείωση των αποβλήτων, η οποία οφείλεται στον έλεγχο της παραγωγής.
- Δεδομένα τα οποία συλλέγονται από αισθητήρες ευφυούς γεωργίας, από τις κλιματικές συνθήκες, από την ποιότητα του εδάφους ή από την υγεία των ζώων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της κατάστασης της γεωργικής επιχείρησης καθώς και της απόδοσης των εργατών γης και του αγρότη, της αποδοτικότητας του εξοπλισμού κτλ.



- Η κτηνοτροφία. Πολλοί αισθητήρες και μηχανές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση των αναπαραγωγικών και των υγειονομικών συμβάντων σε ζώα. Η παρακολούθηση γεωγραφικής θέσης μπορεί επίσης να ενισχύσει την παρακολούθηση και τη διαχείριση της κτηνοτροφίας.
- Η εφαρμογή του IoT βελτιώνει την λειτουργική αποτελεσματικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, λαμβάνοντας έτσι δεδομένα που παρέχουν τη βέλτιστη λειτουργία κάθε διεργασίας.

Συμπερασματικά όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορούν να οδηγήσουν αποτελεσματικά σε υψηλότερα έσοδα.

2.4 Οφέλη της έξυπνης γεωργίας

Η έξυπνη γεωργία θεωρώντας ότι υπάρχει μια ομοιογένεια στη γονιμότητα του εδάφους, στην εδαφική υγρασία, στα χαρακτηριστικά των φυτών και στους πληθυσμούς των εντόμων και των ζιζανίων, χειρίζεται τον αγρό σε μικρότερες περιοχές όπου εμφανίζουν ομοιομορφία, η οποία ανταποκρίνεται πιο πολύ στην πραγματικότητα.

Η διαχείριση ενός αγρού είναι αποτελεσματικότερη με κύριο στόχο :

- Τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας
- Την αύξηση της απόδοσης της παραγωγής
- Την βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων
- Την προστασία του εδάφους και των υπόγειων υδάτων
- Την αποτελεσματικότερη χρήση των χημικών εισροών (Abhishek Khanna, Sanmeet Kaur 019)

Αντίστοιχα, τα πλεονεκτήματα της έξυπνης γεωργίας είναι 1) η ασφάλεια των τροφίμων) η προστασία του περιβάλλοντος 3) αυξημένη κερδοφορία 4) μειωμένο κόστος παραγωγής) βελτίωση της αποδοτικότητας στην χρήση εισροών (νερού, λιπασμάτων, εδάφους κ.λπ.).(Patil et al, 01).

2.5 Μελέτες περιπτώσεων IoT στην ευφυή γεωργία

Παρουσιάζονται εφαρμογές IoT, καθώς και συσκευές, ενεργοποιητές, αισθητήρες κ.α. της έξυπνης γεωργίας.

Οι Imteaj, et al. (016) στην εργασία τους: *Αυτόνομο σύστημα άρδευσης με βάση το IoT χρησιμοποιώντας το Raspberry Pi*, λόγω των προβλημάτων και των βλαβών που μπορεί να προκαλέσουν η έλλειψη και η αφθονία της βροχής, δημιούργησαν ένα σύστημα άρδευσης σε γεωργική καλλιέργεια με τη χρήση Raspberry pi (μια σειρά μικρών υπολογιστών μονής πλακέτας). Τα δεδομένα που επηρεάζουν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος είναι το επίπεδο της υγρασίας της εκάστοτε καλλιέργειας και η ένταση του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το σύστημα ανιχνεύει τον κατάλληλο χρόνο για την παροχή νερού στα δέντρα και παρακολουθεί τη στάθμη του για να αποτρέψει τη συσσώρευση γύρω από τις ρίζες των δενδρυλλίων. Οι πληροφορίες λαμβάνονται από

τους αισθητήρες μεταδίδονται μέσω του Arduino ως ψηφιακό σήμα μέσω της μονάδας ασύρματου δικτύου στο Raspberry Pi 3B. Το σύστημα μπορεί να ειδοποιήσει τον διαχειριστή εάν υπάρχει έλλειψη υγρασίας και ένας διαχειριστής μπορεί να επικοινωνήσει με το σύστημα με μία συγκεκριμένη λέξη-κλειδί, μέσω αποστολής SMS (υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων). Το Raspberry Pi 3B είναι ένα αυτοματοποιημένο σύστημα αυτόματου ψεκασμού συγκεκριμένης ποσότητας νερού. Η υγρασία του εδάφους είναι η πιο σημαντική μεταβλητή για τον προσδιορισμό της ποσότητας του νερού που απαιτείται για μια δενδροκαλλιέργεια. Η αρχιτεκτονική του συστήματος αποτελείται από αισθητήρες/ ελεγκτές, από ένα σύστημα μικρών υπολογιστών και από ένα σωλήνα νερού που ξεκινά από μία δεξαμενή. Όλο το σύστημα ελέγχεται από μία αυτοματοποιημένη πλατφόρμα. Ο αισθητήρας υγρασίας εγκαταστάθηκε κοντά στο ριζικό σύστημα και ο αισθητήρας του φωτός τοποθετήθηκε μακριά από τους υπόλοιπους ώστε να ανιχνεύει σωστά τις ηλιαχτίδες. Αυτοί οι αισθητήρες στέλνουν τα δεδομένα τους στο Raspberry Pi 3B το οποίο είναι σύστημα Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και αυτό αναλύει τις πληροφορίες και δίνει τις εντολές που χρειάζεται σε σχέση με την άρδευση.

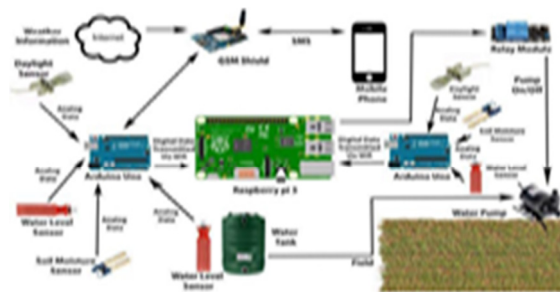


Fig. 1. Proposed system architecture

αρχιτεκτονική συστήματος

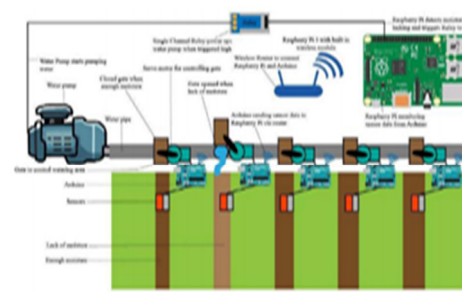
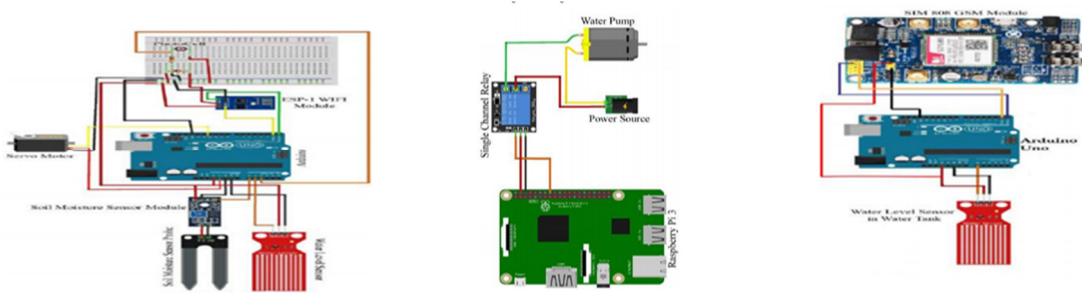


Fig. 2. Water supply to the specific portion in the farmland

Παροχή νερού στο συγκεκριμένο τμήμα του χωράφια

Οι Imteaj, et al (016) τροφοδότησαν το σύστημα με ενέργεια και από φωτοβολταϊκά, ώστε να εναλλάσσεται μεταξύ της επαναφορτιζόμενης μπαταρίας και της ισχύος από την κύρια γραμμή τροφοδοσίας, κατά τη διάρκεια της ημέρας στην εργασία τους *Αυτόνομο σύστημα άρδευσης με βάση το IoT χρησιμοποιώντας Raspberry Pi.*



Διάγραμμα κυκλώματος του Arduino στην καλλιέργεια Διάγραμμα κυκλώματος του Raspberry Pi για τον έλεγχο της αντλίας άρδευσης. Διάγραμμα κυκλώματος του συστήματος συναγερμού κατά τη διάρκεια έλλειψης νερού.

Το σύστημα των Imteaj, et al βοηθάει στη σωστή χρήση των υδάτινων πόρων και στη μείωση της ανθρώπινης προσπάθειας οπότε και των ανθρώπινων λαθών, για τη διατήρηση των καλλιεργειών.

Οι Jayaraman, et al (016) στην έρευνά τους *Πλατφόρμα Διαδικτύου των πραγμάτων για Ευφυή καλλιέργεια: Εμπειρίες και μαθήματα*, σκόπευαν στη βελτίωση της παραγωγικότητας των αγροτικών καλλιεργειών σχεδίασαν την πλατφόρμα SmartFarmNet. Πρόκειται για μια πλατφόρμα που βασίζεται σε τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) η οποία αυτοματοποιεί τη συλλογή δεδομένων του περιβάλλοντος, του εδάφους, της γονιμότητας και της άρδευσης. Αυτή συγκεντρώνει, μέσω αισθητήρων, τις πληροφορίες, τις φιλτράρει και τις διαμορφώνει ως δεδομένα από άποψη απόδοσης των καλλιεργειών. Επίσης υπολογίζει, προβλέπει και παρέχει εξατομικευμένες αποφάσεις για κάθε καλλιέργεια. Το SmartFarmNet έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει οποιαδήποτε συσκευή IoT, συμπεριλαμβανομένων και των εμπορικά διαθέσιμων αισθητήρων, φωτογραφικών μηχανών, μετεωρολογικών σταθμών κ.λπ. Αποθηκεύει τα δεδομένα των αισθητήρων στο Νέφος (cloud) για ανάλυση απόδοσης και τη δημιουργία σωστών προτάσεων καλλιεργητικής διαχείρισης. Το σύστημα SmartFarmNet είναι το πρώτο και το μεγαλύτερο σύστημα στον κόσμο (όσον αφορά τον αριθμό των συνημμένων αισθητήρων, τις καλλιέργειες που αξιολογούνται και τους χρήστες που υποστηρίζει) που παρέχει ανάλυση και προτάσεις απόδοσης καλλιεργειών. Οι Jayaraman, et al (016) σχεδίασαν μια πλατφόρμα Διαδικτύου των Πραγμάτων για

εφαρμογές ευφυούς καλλιέργειας που αποτελείται από αισθητήρες IoT, ώστε να είναι εύκολη η ενσωμάτωση και χρήση σχεδόν οποιασδήποτε συσκευής του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Αυτό μειώνει το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του αισθητήρα, καθιστώντας εύκολη την αναβάθμιση σε νεότερους και πιο προηγμένους αισθητήρες. Η πλατφόρμα SmartFarmNet υποστηρίζει την επεξεργασία μεγάλων δεδομένων που επεξεργάζονται συνεχώς και προσφέρει αυτόματα εργαλεία που επιτρέπουν στους γεωπόνους και στους αγρότες/καλλιεργητές να αναλύουν και να οπτικοποιούν τα δεδομένα απόδοσης των φυτών.

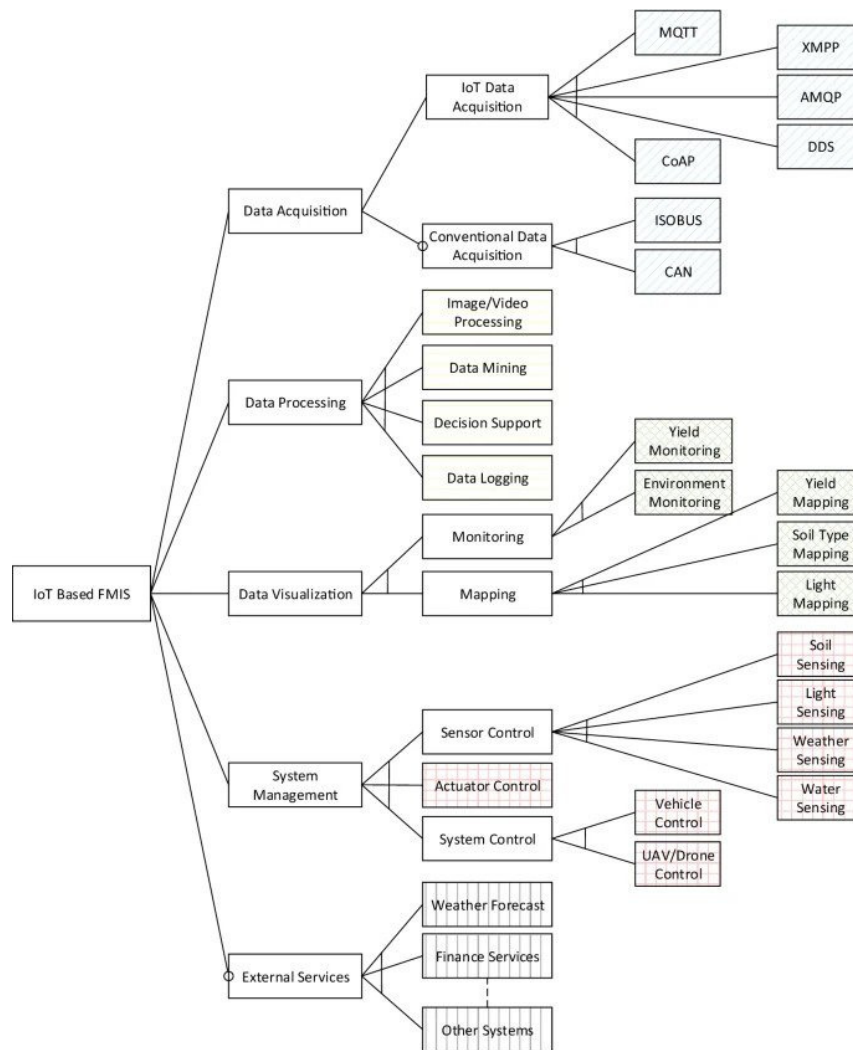
Οι Li et al (016) με το άρθρο τους *Σχεδιασμός και η υλοποίηση του ρομπότ συγκομιδής φρούτων με βάση το IoT* επηρεασμένοι από το γεγονός ότι οι μεγαλύτερες ποσότητες παραγωγής φρούτων συλλέγονται με χειρονακτική εργασία με αποτέλεσμα να αυξάνεται το οικονομικό κόστος του αγρότη/καλλιεργητή φρούτων λόγω των αποδοχών των εργαζομένων, δημιούργησαν τον έξυπνο επιλογέα-ρομπότ φρούτων που λειτουργεί με βάση το περιβάλλον καλλιέργειας των φρούτων και την πραγματική διαδικασία συλλογής, καθώς και με την έρευνα της μηχανικής οπτικής τεχνολογίας για τη διαδικασία συλλογής φρούτων για την επίτευξη της έξυπνης μεθόδου συλλογής στη γεωργική παραγωγή. Το ρομπότ πραγματοποιεί αυτόματη συγκομιδή. Αποτελείται από έναν βραχίονα, τον επιλογέα, τον εγκάρσιο μηχανισμό και την ευφυή μονάδα, η οποία επιτυγχάνει τον προγραμματισμό διαδρομών του ρομποτικού-επιλογέα, κρίνοντας αυτόματα τον ώριμο καρπό καθώς έχει και λειτουργίες εντοπισμού θέσης και αναγνώρισης με διοφθαλμική στερεοσκοπική οπτική τεχνολογία.

Οι Yashaswini, L. S. et al (017) στην εργασία τους *Ευφύες αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης με πρόβλεψη ασθενειών* παρουσιάζουν ένα ευφύες αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης για την ανίχνευση ασθενειών. Η αρχιτεκτονική του συστήματος Διαδικτύου των Πραγμάτων περιλαμβάνει αισθητήρες υγρασίας εδάφους, θερμοκρασίας και υγρασίας φύλλων. Τα αισθητήρια δεδομένα συγκρίνονται από αισθητήρες, με προκαθορισμένες τις τιμές κατωφλίου διαφόρων εδαφών και συγκεκριμένων καλλιεργειών μέσω επεξεργαστή Arduino. Η πλατφόρμα πληροφοριών για τις ασθένειες, τα έντομα, τα παράσιτα και την απαιτούμενη ποσότητα νερού που βασίζεται στο IOT είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα που ενσωματώνει όλα τα είδη πληροφοριών. Η βασική λειτουργία είναι η γρήγορη απόκτηση, η απρόσκοπτη σύνδεση, η αξιόπιστη μετάδοση και έγκαιρη αναζήτηση και η παρακολούθηση πληροφοριών.

Οι Debauche et al. (01) στο άρθρο τους *συνδεδεμένος κεντρικός άξονας άρδευσης με χαμηλό κόστος για τη μείωση των αναγκών σε νερό καλλιέργειας*, αναφέρονται στην

άρδευση και ιδιαίτερα ένα σύστημα αυτοματισμού που βασίζεται στο Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), στο Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα (GIS) και σχεδόν σε πραγματικό χρόνο στο νέφος των απαιτήσεων νερού για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της χρήσης νερού. Σε αυτό το άρθρο των Debauche et al. (01) αναπτύσσεται ένα πλήρες σύστημα που ενσωματώνει αισθητήρες, GIS, Internet of Things και cloud computing. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την αυτοματοποίηση της λεπτομερούς κατανάλωσης νερού χωρίς μείωση της απόδοσης. Επιπλέον, η συλλογή δεδομένων και η μέτρηση της υγρασίας του εδάφους επιτρέπει την προσαρμογή του συντελεστή εξατμισοδιαπνοής χωρίς να χρειάζονται λυσιμετρικά μέτρα. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική επιτρέπει την αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, χρονοσειρών και δεδομένων χαμηλής προτεραιότητας, όπως τρισδιάστατες εικόνες που χρησιμοποιούνται στο ψηφιακό πεδίο φαινοτύπων. Η αρχιτεκτονική βασίζεται στα χαρακτηριστικά του εδάφους με παρεμβολή μέσω του GIS, της μέτρησης της υγρασίας του εδάφους και των καιρικών δεδομένων που μεταδίδονται από το LoRaWan για τον υπολογισμό σε σχεδόν πραγματικό χρόνο των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας.

Οι Köksal & Tekinerdogan (019) στην εργασία *Αρχιτεκτονική προσέγγιση σχεδιασμού για συστήματα πληροφοριών διαχείρισης γεωργικών εκμεταλλεύσεων που βασίζονται σε IoT* μελετούν συστήματα πληροφοριών διαχείρισης αγροκτήματος - farm management information systems (FMISs). Αναφέρουν ότι τα συστήματα IoT στη γεωργία έχουν συνήθως διαφορετικές λειτουργικές και ποιοτικές απαιτήσεις, όπως επιλογή πρωτοκόλλων επικοινωνίας, ικανότητα επεξεργασίας δεδομένων, επίπεδο ασφάλειας και απόδοση χρόνου. Οι συγγραφείς έκαναν δύο περιπτώσιολογικές μελέτες σχετικά με την έξυπνη γεωργία στην Τουρκία, μία για την έξυπνη παραγωγή σίτου στην Konya και η άλλη για έξυπνα θερμοκήπια στην Αττάλεια.



Σύστημα πληροφοριών διαχείρισης αγροκτήματος βασισμένο στο IoT

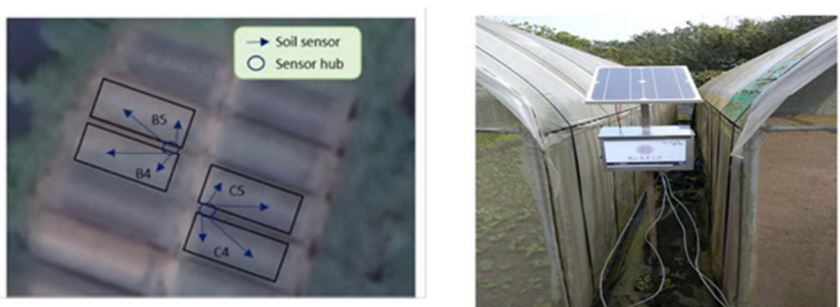
Το μοντέλο χαρακτηριστικών εφαρμογών λαμβάνεται χρησιμοποιώντας ξανά το μοντέλο χαρακτηριστικών για το FMIS που δίνεται στο σχήμα και επιλέγοντας τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για αυτήν τη μελέτη περίπτωσης. Όπως φαίνεται στο σχήμα, για αυτήν την μελέτη περίπτωσης, επιλέγεται το πρωτόκολλο στρώματος συνεδρίας MQTT του IoT. Οι κύριοι λόγοι ήταν επειδή θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εφαρμογές ανοιχτού κώδικα του MQTT. Το MQTT υποστηρίζει TCP και επικοινωνία μεταξύ συσκευών και διακομιστών που θεωρήθηκαν απαραίτητα στο δεδομένο πλαίσιο. Ομοίως, θα χρησιμοποιηθεί η δυνατότητα MQTT της απόκτησης δεδομένων IoT.

Οι συγγραφείς ενσωμάτωσαν τα συστήματα IoT με το FMIS για να υποστηρίξουν έξυπνες γεωργικές δραστηριότητες που βασίζονται στο IoT.

Οι Subahi και Bouazza (00) στη μελέτη τους *Σχεδιασμός συστήματος με βάση το IoT για τον έλεγχο και την παρακολούθηση του θερμοκηπίου* θεωρούν ό,τι η βελτίωση της γεωργικής παραγωγής μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλες λύσεις και σύγχρονες γεωργικές τεχνολογίες. Η χρήση τεχνολογιών Internet of Things (IoT) στη γεωργία του θερμοκηπίου επιτρέπει τη μείωση του άμεσου αντίκτυπου των εξωτερικών κλιματολογικών συνθηκών, στο βασίλειο της Σαουδικής Αραβίας όπου πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός του συστήματος, όπου η γεωργία αντιμετωπίζει πολλούς περιορισμούς, όπως ακραίες θερμοκρασίες (0 °C), λειψυδρία, κόστος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού και μη εύφορο έδαφος.

Η καλλιέργεια θερμοκηπίου είναι ενδιαφέρουσα υπό την έννοια ότι καταφέρνει να απομονώσει την απόδοση της φύσης και να επιτρέψει την προστασία φυτών κατά της άμεσης επίδρασης εξωτερικών κλιματολογικών συνθηκών. Η ιδέα του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) επιτρέπει στο σύστημα, χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά κυκλώματα, αισθητήρες και προγραμματισμό, να εντοπίζει και να ελέγχει άλλες συσκευές από απόσταση, δημιουργώντας μια καλή αλληλεπίδραση μεταξύ του φυσικού και του κόσμου των υπολογιστών, προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα και η ακρίβεια, ενώ επιτυγχάνονται οικονομικά οφέλη. Αυτοί δημιούργησαν ένα σύστημα για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου και τον έλεγχο της εσωτερικής θερμοκρασίας, για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας διατηρώντας παράλληλα καλές συνθήκες που βελτιώνουν την παραγωγικότητα. Επίσης οι Subahi και Bouazza (00) για το σχεδιασμό του συστήματος χρησιμοποίησαν ένα δυναμικό μοντέλο δεδομένων γραφημάτων που θα χρησιμοποιηθεί για μελλοντική ανάλυση και πρόβλεψη παραγωγής, ρυθμός ανάπτυξης καλλιεργειών, κατανάλωση ενέργειας. Οι μελέτες παρουσίασαν εστίαση κυρίως στη διαχείριση ενέργειας μέσω του ελέγχου των ηλεκτρικών μονάδων. Η χρήση του IoT στη γεωργία του θερμοκηπίου συμβάλλει στην ανάπτυξή του. Έτσι, οι πληροφορίες που συλλέγονται από τους αισθητήρες, εντός και εκτός του θερμοκηπίου, μπορούν να αναλυθούν και να αποθηκευτούν σε μια κεντρική «αποθήκη δεδομένων» σε υποδομές του νέφους (cloud) για αρχειοθέτηση μακροχρόνιας ανάλυσης και εργασίες εξόρυξης δεδομένων, καθώς και αποθηκευμένες σε σημεία αιχμής νέφους (cloud) για ταχύτερη επεξεργασία. Οι τελικοί χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα από οποιαδήποτε ενεργή συσκευή Διαδικτύου και να επωφεληθούν από τις παραγόμενες γνώσεις σχετικά με την παραγωγή καλλιεργειών θερμοκηπίου, την κατανάλωση ενέργειας και άλλα σχετικά ζητήματα που σχετίζονται με αυτό το σύστημα.

Στη γεωργία, κατασκευάζονται κόμβοι αισθητήρων και πύλες για τη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από μια γεωργική εκμετάλλευση. Τα συστήματα μπορούν αυτόματα να ενεργοποιούν τους ελεγκτές σύμφωνα με τα περιβαλλοντικά δεδομένα. Οι Ou et al (00) στο άρθρο τους *Σχεδιασμός και υλοποίηση ανίχνευσης κατάστασης ανωμαλίας σε αγροτικό IoT σύστημα πλατφόρμας* προτείνουν ένα έξυπνο σύστημα γεωργίας με διάφορους αισθητήρες για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος της γεωργικής εκμετάλλευσης μέσω της μονάδας WIFI για τη μετάδοση των δεδομένων στο cloud για αποθήκευση. Όταν τα δεδομένα των αισθητήρων είναι ανώμαλα, αυτοί οι ελεγκτές δείχνουν ότι οι αισθητήρες δεν λειτουργούν σωστά και ο αυτόματος έλεγχος λαμβάνει λανθασμένη απόφαση ανάλογα με τα δεδομένα των αισθητήρων ανωμαλίας. Εάν το πρόβλημα δεν αντιμετωπιστεί άμεσα είναι πιθανό να προκαλέσει μεταβολές στην καλλιέργεια και απώλειες στο παραγόμενο προϊόν. Αυτή η κατάσταση μπορεί να είναι μια ανώμαλη κατάσταση στο αγροτικό περιβάλλον και πρέπει να αντιμετωπιστεί εγκαίρως. Οι Ou et al (00) στη μελέτη τους εφάρμοσαν ένα σύστημα ανίχνευσης δεδομένων ανωμαλίας. Η πλατφόρμα IoT των Ou et al (00) ειδοποιεί τον αγρότη σχετικά με την ώρα, την κατάσταση και την πιθανή ανωμαλία για να επιλύσει το πρόβλημα στη γεωργική εκμετάλλευση. Η μέθοδος ανίχνευσης ανωμαλιών είναι εφικτή και εφαρμόστηκε από τους Ou et al (00) για τη συλλογή πραγματικών δεδομένων στη γεωργική εκμετάλλευση, που αποτελείται από τέσσερα θερμοκήπια. Οι κόμβοι των αισθητήρων που είναι ενσωματωμένοι στο αγρόκτημα παρέχουν το EC εδάφους, υγρασία εδάφους και θερμοκρασία εδάφους για την ανίχνευση μη φυσιολογικών συνθηκών.



Ανάπτυξη αισθητήρα στο Κόμβος αισθητήρα
αγρόκτημα

Το αποτέλεσμα ανίχνευσης θα εμφανίζεται στις ιστοσελίδες για να εμφανίζονται τα ακραία σημεία. Εάν υπάρχει μη φυσιολογική κατάσταση, η ανώμαλη χρονική περίοδος θα επισημανθεί στο γράφημα και θα δείξει ποιος αισθητήρας είναι μη φυσιολογικός και

τις πιθανές αιτίες της ανωμαλίας. Οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν τις συνθήκες της εκμετάλλευσης οποιαδήποτε στιγμή και σε οποιοδήποτε μέρος. Όποτε εμφανίζονται οι ανώμαλες συνθήκες, το σύστημα ειδοποιεί εγκαίρως τους αγρότες για να μειωθεί η πιθανή ζημία.

Οι Colizzi et al (00) στην έρευνα τους *Εισαγωγή στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων στην γεωργία*, αναφέρουν ότι στον υπερσυνδεδεμένο κόσμο ένας μεγάλος όγκος δεδομένων και πληροφοριών αυξάνεται γρήγορα. Σε αυτή την κρίσιμη πτυχή πρέπει να γίνει σωστή διαχείριση της γνώσης για να παρθεί η σωστή απόφαση την κατάλληλη στιγμή και στο κατάλληλο μέρος. Η γεωργία πρέπει να γίνει ευφυής υιοθετώντας ένα νέο όραμα για τον τομέα της πρωτογενούς παραγωγής, όπου οι διαδικασίες ανάπτυξης βασίζονται στην ενσωμάτωση τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών και τεχνολογιών Διαδικτύου των πραγμάτων με ασφαλή τρόπο για τη διαχείριση των αγροτικών περιουσιακών στοιχείων και τη βελτιστοποίηση των αγρονομικών εισροών όπως ως νερό, λιπάσματα, αγροχημικά για την ενίσχυση της αποδοτικότητας, της παραγωγής και της αποδοτικότητας της χρήσης εισροών με αειφόρο τρόπο. Σε αυτό το όραμα, η γη λειτουργεί ως υπόστρωμα όπου διαφορετικά είδη αισθητήρων αποκτούν ετερογενή δεδομένα. Αυτοί οι αισθητήρες συνδέονται σε ένα είδος αγροτικού δικτύου και αυτό με τη σειρά του συνδέεται με δίκτυο Διαδικτύου. Η ενσωμάτωση των ασύρματων αισθητήρων με γεωργικές εφαρμογές για κινητά και πλατφόρμες νέφους (cloud) βοηθά στη συλλογή περιβαλλοντικών πληροφοριών, όπως τη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση, την υγρασία, την ταχύτητα του ανέμου, ασθένειες, την ποιότητα του εδάφους, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να λαμβάνουν ενημερωμένες αποφάσεις με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας παραγωγής και την ελαχιστοποίηση των κινδύνων. Αυτά τα δεδομένα ροής σε πραγματικό χρόνο αποθηκεύονται σε μία σύνθετη βάση δεδομένων που εμπεριέχει όλα τα απαραίτητα δεδομένα σχετικά με τα χαρακτηριστικά της γης. Η έννοια της δικτύωσης με σύνδεση αντικείμενων IoT στο δίκτυο περιλαμβάνει μια ποικιλία τεχνολογιών. Ένα αντικείμενο μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο σύστημα ελέγχου στην πλατφόρμα IoT εφαρμόζεται ως υπηρεσία νέφους (cloud service) θεωρητικά ικανή να συγκρατεί έναν μεγάλο αριθμό γεωγραφικά καταναμημένων αντικειμένων. Η εφαρμογή ευφών προγραμμάτων στη γεωργία δεδομένης της πολυπλοκότητας και των άγνωστων στοιχείων που περιέχουν στο μέλλον θα παρέχουν δυνατότητες συλλογής, ασφάλειας και κοινής χρήσης συνόλων δεδομένων υψηλής έντασης που θα μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία με υπολογιστές αιχμής είτε στον ιστότοπο είτε με υπολογιστικά συστήματα υψηλής απόδοσης σε πλατφόρμες

νέφους (cloud), χρησιμοποιώντας καινοτόμους αλγόριθμους, τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση, θα έχουν τη δυνατότητα να αναλύουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων και με ταχεία παραγωγή συστάσεων για τους αγρότες σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.

Οι Elselini et al (00) στην μελέτη τους για την *απόδοση ενός συστήματος IoT που χρησιμοποιεί την τεχνολογία δικτύου πρόσβασης LoRa* αναφέρονται σε ένα οικοσύστημα IoT που αποτελείται από έξυπνες συσκευές με δυνατότητα ιστού που χρησιμοποιούν ενσωματωμένους επεξεργαστές, αισθητήρες και υλικό επικοινωνίας για να συλλέγουν, να στέλνουν και να ενεργούν βάσει πληροφοριών που αποκτούν από το περιβάλλον τους. Οι συσκευές IoT μοιράζονται τις πληροφορίες που συλλέγονται από τον αισθητήρα συνδέοντας την πύλη IoT ή άλλη τερματική συσκευή όπου τα δεδομένα αποστέλλονται στο νέφος (cloud) για ανάλυση. Στην μελέτη χρησιμοποιήθηκε το LG01N ως προωθητή πακέτων LoRaWAN που παίρνει τα πακέτα που προέρχονται από τον τελικό κόμβο LoRa και τα προωθεί στον διακομιστή cloud IoT. Αυτός ο ιστότοπος χρησιμοποιήθηκε ως διακομιστής cloud IoT στον οποίο δώθηκε πρόσβαση σε διάφορες παραμέτρους: αναγνωριστικό εφαρμογής, καταχωρημένες συσκευές, αποκωδικοποιητής ωφέλιμου φορτίου, γενικές ρυθμίσεις της εφαρμογής. Κατόπιν έγινε η σύνδεση της πύλης στο Διαδίκτυο με τις διαμορφώσεις του ανιχνευτή για να την λειτουργήσει ως προωθητής πακέτων στον επιλεγμένο διακομιστή cloud IoT. Ο διακομιστής cloud λαμβάνει όλα τα επερχόμενα μηνύματα από τον κόμβο LoRa-end. Η πρακτική μελέτη των Elselini et al (00) έχει γίνει από μια εκτεταμένη εκστρατεία δειγματοληψίας και, ανάλογα με τις συνθήκες διάδοσης και την απόσταση μεταξύ της πύλης και της τελικής συσκευής, οι παράμετροι διαμόρφωσης LoRaWAN πρέπει να συντονιστούν ανάλογα. Υπό το φως αυτών των αποτελεσμάτων, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι το LoRaWAN παρουσιάζει ένα υψηλό επίπεδο προσαρμοστικότητας για χρήση σε πολλές εφαρμογές IoT.

2.5.1. Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (Monitoring)

Οι πιο διάσημες έξυπνες συσκευές ή αλλιώς smart gadgets είναι οι μετεωρολογικοί σταθμοί, οι οποίοι συνδέουν διάφορους αισθητήρες ευφυούς γεωργίας. Όταν τοποθετηθούν σε όλη την γεωργική εκμετάλλευση, έχουν τη δυνατότητα να συλλέξουν διάφορα δεδομένα από το περιβάλλον και να τα στείλουν στο νέφος. (Zhao et al, 010). Οι παρεχόμενες μετρήσεις που λαμβάνονται από τους αισθητήρες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χαρτογράφηση των κλιματικών συνθηκών, την επιλογή των κατάλληλων καλλιεργειών και τη λήψη των απαιτούμενων μέτρων για τη βελτίωση της παραγωγής στην γεωργική εκμετάλλευση.(Rubala et al, 017). Κάποια από τα παραδείγματα των συσκευών IoT της γεωργίας είναι το Smart Elements, το allMETEO και το Pycno.



2.5.2. Διαχείριση καλλιεργειών (Crop Management)

Μία εφαρμογή του IoT που χρησιμοποιείται στην γεωργία είναι οι συσκευές διαχείρισης καλλιεργειών. Χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές όπως οι μετεωρολογικοί σταθμοί, οι οποίοι τοποθετούνται στην γεωργική εκμετάλλευση και έχουν τη δυνατότητα να συγκεντρώνουν δεδομένα για την καλλιέργεια των φυτών ξεκινώντας από την θερμοκρασία και την βροχόπτωση έως και την συνολική υγεία των καλλιεργειών. (Zhao, 010). Με αυτό τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα παρακολούθησης στην πορεία της καλλιέργειας αλλά και τυχόν ανωμαλίες που μπορεί να προκύψουν από ασθένειες, οι οποίες μπορεί να βλάψουν την απόδοση της καλλιέργειας.

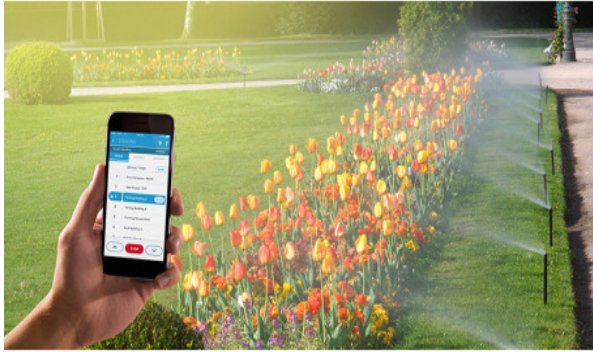


Διαχείριση καλλιιεργειών

2.5.3. Αυτοματοποιημένη Άρδευση (Smart Irrigation)

Το σύστημα άρδευσης με το (IoT) Διαδίκτυο των πραγμάτων και το νέφος ευνοούν στην παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων αλλά και στην προειδοποίηση που στηρίζεται σε υπάρχον εμπόδια. Τα έξυπνα συστήματα άρδευσης εφαρμόζουν αυτόματα χρονικά διαγράμματα ποτίσματος και τους χρόνους λειτουργίας, ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτούμενες ανάγκες της καλλιέργειας. Οι διαχειριστές του συστήματος άρδευσης καλυτερεύουν σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της εξωτερικής χρήσης του νερού. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς διαχειριστές άρδευσης, οι οποίοι ενεργούν σε προκαθορισμένο πρόγραμμα και σε χρονοδιακόπτες, οι ρυθμιστές άρδευσης παρατηρούν τις καιρικές συνθήκες, την εξατμισοδιαπνοή, τις συνθήκες εδάφους και τέλος τη χρήση των φυτικών υδάτων για την αυτόματη προσαρμογή του καθορισμένου ποτίσματος στις πραγματικές συνθήκες της γεωργικής εκμετάλλευσης.

Παραδείγματος χάρη, όταν αυξάνονται οι εξωτερικές θερμοκρασίες ή αντίθετα μειώνονται οι βροχοπτώσεις, οι ρυθμιστές άρδευσης λαμβάνουν υπόψη τις μεταβλητές που έχουν σχέση με τη συγκεκριμένη θέση όπως είναι ο τύπος εδάφους, ο ρυθμός εφαρμογής των ψεκαστήρων κ.α., για να διευθετήσουν τους χρόνους ή αλλιώς τα χρονικά διαγράμματα του ποτίσματος. Σύμφωνα με ορισμένες Ερευνητικές μελέτες που έγιναν, παρουσίασαν εξοικονόμηση νερού από 30 % έως 0%. Επιπλέον Δοκιμές από την Αρδευτική Ένωση (IA) και το Διεθνές Κέντρο Τεχνολογίας Νερού στο Κρατικό Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Fresno, παρουσίασαν έξυπνα συστήματα άρδευσης εξοικονομώντας έως και 0 % περισσότερο νερό από τους παραδοσιακούς ελεγκτές.



Χαρακτηριστικό το παράδειγμα των Chang et al (019) στο άρθρο τους Ευφυές σύστημα άρδευσης που βασίζεται στη μηχανική εκμάθηση με δίκτυα LoRa PP αναφέρουν ό,τι οι εμπειρίες των αγροτών είναι πολύτιμες ταυτόχρονα είναι δύσκολο να αντικατασταθούν και να μεταδοθούν. Η έλλειψη εργατικής δύναμης είναι ένα σοβαρό πρόβλημα για πολλές χώρες που η οικονομία τους στηρίζεται στη γεωργία. Για τις βιολογικές καλλιέργειες, η άρδευση είναι ένα από τα πιο κρίσιμα βήματα αλλά και μια πολύ εντατική εργασία. Οι Chang et al (019) προτείνουν ένα ακριβές και ευφυές σύστημα άρδευσης βασισμένο σε μηχανική μάθηση με δίκτυα LoRa PP για αυτόματα και απρόσκοπτη μάθηση των εμπειριών άρδευσης από εξειδικευμένους αγρότες/καλλιεργητές για βιολογικές καλλιέργειες θερμοκηπίου. Αυτοί προτείνουν ένα σύστημα αρχικά που υπολογίζει την ποσότητα νερού για κάθε άρδευση με βάση το εκπαιδευμένο μοντέλο άρδευσης σε συνδυασμό με τα περιβαλλοντικά δεδομένα, όπως είναι η θερμοκρασία του αέρα και η θερμοκρασία υγρασίας του εδάφους, η ένταση φωτός κλπ. Στη συνέχεια η άρδευση των καλλιεργειών γίνεται αυτόματα μέσω του ασύρματου δικτύου LoRa PP για μεγάλες αποστάσεις και χαμηλή ισχύ. Το πρωτόκολλο ελέγχου προσπέλασης μέσου (WSN) του τυπικού LoRaWAN βασίζεται σε Aloha (τυχαία πρόσβαση) και ενδέχεται να μην είναι κατάλληλο για τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο. Οι Chang et al (019) εφαρμόζουν το αυτόματο σύστημα άρδευσης με το δίκτυο LoRa PP το οποίο είναι ένα πρωτόκολλο ελέγχου προσπέλασης μέσου (WSN) βασισμένο σε αρχιτεκτονική master-slave και TDM. Τα πειραματικά αποτελέσματα τους δείχνουν ότι το προτεινόμενο ευφυές και ακριβές σύστημα άρδευσης είναι κατάλληλο για τη σύγχρονη γεωργία που βασίζεται στο θερμοκήπιο. Οι Chang et al (019) με το σύστημα που προτείνουν, κάνουν εύκολη την κατανόηση της εμπειρίας άλλων αγροτών/καλλιεργητών, καθιστώντας τις καλλιεργητικές πρακτικές της βιολογικής γεωργίας απλές. Παρακολουθώντας την υγρασία του εδάφους, η οποία είναι ευεργετική για την παραγωγή καλλιεργειών, η χρήση του νερού μπορεί να βελτιστοποιηθεί. Οι διαδικασίες που εμπλέκονται στην καλλιέργεια της βιολογικής γεωργίας στο θερμοκήπιο μπορούν

να βελτιωθούν εάν η υγρασία του εδάφους μπορεί να προβλεφθεί επιτυχώς σε οποιαδήποτε περιοχή. Η γνώση σχετικά με την περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους επιτρέπει στους αγρότες/ καλλιεργητές να λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τους βέλτιστους χρόνους σποράς και καλλιέργειας και να καθορίζουν εάν η διείσδυση του εδάφους είναι κατάλληλη. Εκτός από την παροχή ενός συστήματος που δημιουργεί αυτόματα κανόνες άρδευσης, παρέχεται επίσης ένα σύστημα LoRa για αυτόματη άρδευση. Δεδομένου ότι το LoRa χρησιμοποιεί ασύρματη ζώνη χωρίς άδεια, είναι κατάλληλο για την κατασκευή ενός δικτύου που βασίζεται σε LoRa για εκτίμηση κόστους. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο επικοινωνίας με βάση το LoRa για τη συλλογή δεδομένων και τον έλεγχο του συστήματος άρδευσης. Ωστόσο, για το LoRaWAN (πρωτόκολλο ελέγχου προσπέλασης μέσω -MAC με βάση το Aloha), ο λανθάνων χρόνος της επικοινωνίας κάτω ζεύξης από την πύλη στον κόμβο LoRa Class-A (αισθητήρας με βάση την μπαταρία) είναι σχετικά μεγάλος (πρέπει να περιμένει τη μετάδοση ενός κόμβου Class-A). Γίνεται χρήση ενός εναλλακτικού και οικονομικότερου πρωτόκολλου ελέγχου προσπέλασης μέσω (WSN) με βάση το TDMA (LoRa PP) για την κατασκευή του ευφυούς συστήματος άρδευσης. Η πύλη μετατρέπει τα πρωτογενή δεδομένα ανίχνευσης που λαμβάνονται από διαφορετικές συσκευές σε δεδομένα αναγνώσιμα από τον άνθρωπο και τα αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων. Παρέχετε μια εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα και ένας ιστότοπος που επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν, εύκολα, τα δεδομένα του περιβάλλοντος καλλιέργειας στο θερμοκήπιο. Επιπλέον, οι χρήστες (αγρότες/καλλιεργητές) μπορούν να ενεργοποιήσουν συμβάντα, σύμφωνα με τους προβλεπόμενους κανόνες του μηχανήματος. Υπάρχουν δύο τύποι συμβάντων, α) ειδοποιήσεις προειδοποίησης και β) συμβάντα ελέγχου. Ο καθορισμός συμβάντων ελέγχου συμβάλλει στην επίτευξη αυτόματου ελέγχου. Επίσης οι Chang et al (019) ενσωμάτωσαν τους ελεγκτές με τις ελεγχόμενες συσκευές και δημιούργησαν επικοινωνία LoRa PP μεταξύ της κύριας πύλης, των διανομέων αισθητήρων (slave) και των ελεγκτών (slave). Οι Chang et al (019) προτείνουν ένα γεωργικό σύστημα με βάση το IoT για την παροχή αυτόματης υπηρεσίας άρδευσης. Το LoRa είναι κατάλληλο για γεωργική εφαρμογή λόγω των χαρακτηριστικών μεγάλων αποστάσεων και χαμηλής ισχύος. Ωστόσο, δεδομένου ότι το LoRaWAN μπορεί να προκαλέσει συγκρούσεις μετάδοσης (λόγω του πρωτοκόλλου ελέγχου προσπέλασης μέσω - MAC με βάση το Aloha) και μακράς καθυστέρησης μετάδοσης από πύλη στον κόμβο Κατηγορίας-A, χρησιμοποίησαν ένα εναλλακτικό και οικονομικότερο

πρωτόκολλο ελέγχου προσπέλασης μέσου (WSN) με βάση το TDMA (LoRa PP) για την κατασκευή του συστήματος της ευφυούς άρδευσης.

Οι Chang et al (019) προτείνουν έναν μηχανισμό μηχανικής μάθησης για τη δημιουργία ενός μοντέλου για την εκμάθηση των εμπειριών άρδευσης από εξειδικευμένους αγρότες/καλλιεργητές. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ποσότητας του νερού που απαιτείται για κάθε ημέρα, σύμφωνα με τα δεδομένα περιβάλλοντος που συλλέγονται, όπως η ένταση του φωτός, η θερμοκρασία του εδάφους, η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία του αέρα και η υγρασία του αέρα και έπειτα ενεργοποιείται αυτόματα το σύστημα άρδευσης για την άρδευση αυτής της ποσότητας νερού.

Η αρχιτεκτονική του ευφυούς συστήματος άρδευσης που βασίζεται στο δίκτυο LoRa PP, περιέχει α) αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων περιβάλλοντος, β) μετρητές νερού για τον υπολογισμό της ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται, γ) ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες για τον έλεγχο της διάρκειας άρδευσης και δ) μια πύλη για τη λήψη δεδομένων από αισθητήρες και την αποστολή εντολών σε ελεγκτές. Ο διανομέας αισθητήρα υποστηρίζει την επικοινωνία LoRa και είναι εξοπλισμένος με έναν ηλιακό πίνακα, έναν αισθητήρα έντασης φωτός, έναν αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα, έναν αισθητήρα υγρασίας αέρα και τέσσερις αισθητήρες εδάφους με τυπική διεπαφή RS-4. Ο αισθητήρας-διανομέας λειτουργεί ως δευτερεύων κόμβος στο δίκτυο LoRa PP και η πύλη λειτουργεί ως κύριος κόμβος στο δίκτυο LoRa PP που αποτελείται από δύο στοιχεία: ένα στοιχείο επεξεργασίας δεδομένων και μια μηχανή κανόνα. Το στοιχείο επεξεργασίας δεδομένων χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται από τους κόμβους αισθητήρων εξαρτημάτων και ο κινητήρας κανόνα είναι το βασικό στοιχείο που χρησιμοποιεί αλγόριθμο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό της ακριβούς ποσότητας νερού που απαιτείται για την άρδευση. Στη συνέχεια η πύλη εκδίδει μια εντολή ελέγχου στον ελεγκτή νερού για να ξεκινήσει ο αυτόματος έλεγχος άρδευσης. Ως προς την επικοινωνία στο δίκτυο LoRa PP, 3 χρονοθυρίδες έχουν σχεδιαστεί σε έναν κύκλο και κάθε χρονική υποδοχή είναι 0, δευτερόλεπτα. Υπάρχουν δύο τύποι χρονοθυρίδων: δεσμευμένος χρόνος και ελεύθερος χρόνος.

Δομή μετάδοσης του LoRa PP Time-slot (TDMA)

Το δίκτυο LoRa PP χρησιμοποιεί τεχνολογία master / slave όπου ένας κύριος κόμβος μπορεί να συνδεθεί σε πολλούς δευτερεύοντες. Η πύλη LoRa έχει σχεδιαστεί ως κύριος κόμβος και οι κόμβοι αισθητήρων, μετρητές νερού, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, έχουν

σχεδιαστεί ως δευτερεύοντες κόμβοι. Κάθε κόμβος έχει μια μοναδική διεύθυνση κόμβου που κυμαίνεται από 0, 0, 0 έως ...

Στο δίκτυο LoRa PP, υπάρχουν οκτώ ραδιοφωνικά κανάλια για μετακίνηση συχνότητας. Για κάθε κύκλο, στην αρχή, ο κύριος κόμβος θα στείλει μια υποδοχή Ts για συγχρονισμό. Στη συνέχεια, οι δευτερεύοντες κόμβοι αποστέλλουν τα πακέτα τους βάσει των δεσμευμένων παραθύρων λήψης ή των ελεύθερων παραθύρων λήψης (βάσει διαφωνιών). Στη συνέχεια, ο κύριος θα χρησιμοποιήσει την υποδοχή Tm για να στείλει τις εντολές ή τις απαντήσεις στους δευτερεύοντες κόμβους. Εάν ο κύριος κόμβος έχει πολλές εντολές σε δευτερεύοντες κόμβους, τότε μετά από μια μετάδοση σε μια υποδοχή Tm, το κανάλι μεταβαίνει στη συνέχεια στο επόμενο κανάλι.

Οι Chang et al (019) για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα του ευφυούς συστήματος άρδευσης, σχεδίασαν και εφάρμοσαν ολόκληρο το σύστημα σε μια βιολογική καλλιέργεια λαχανικών. Για τη σπορά των βιολογικών λαχανικών, η πιο κρίσιμη διαδικασία είναι η ακριβής άρδευση. Συνήθως ο αγρότης/βιοκαλλιεργητής ποτίζει μία ή δύο φορές την ημέρα ανάλογα με την εμπειρία του με βάση τις καιρικές συνθήκες και την κατάσταση του εδάφους. Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν στη βιολογική καλλιέργεια είναι ένας αισθητήρας-διανομέας εξοπλισμένος με ηλιακό πλαίσιο, μια μονάδα LoRa PP με πολλούς αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένων των τεσσάρων αισθητήρων εδάφους, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας / υγρασίας του αέρα και ένας αισθητήρας φωτεινότητας. Ο αισθητήρας-διανομέας εγκαταστάθηκε σε χώρο που βρίσκεται μεταξύ των δύο θερμοκηπίων για τη συλλογή δεδομένων του περιβάλλοντος. Τα δεδομένα που συλλέγονται, στη συνέχεια παραδίδονται στην κύρια (πύλη) μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας LoRa PP. Ο μετρητής νερού LoRa PP είναι στην πραγματικότητα ένας ευφυής μετρητής νερού με μια μονάδα επικοινωνίας LoRa PP. Μπορεί να οριστεί το χρονικό διάστημα ή η συχνότητα για την αποστολή της τιμής του μετρητή νερού.

Σύμφωνα με τους Chang et al (019) ο κύριος σκοπός του συστήματος ήταν να διδάσκει απρόσκοπτα τις εμπειρίες άρδευσης των αγροτών/βιοκαλλιεργητών και να δημιουργεί αυτόματα τους κανόνες άρδευσης. Γι' αυτό οι Chang et al (019) συνέλεξαν τα περιβαλλοντικά δεδομένα για το χρονικό διάστημα των δύο μηνών, τα οποία αποτελούνταν από δύο κύκλους φύτευσης. και στη συνέχεια, δημιούργησαν ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης για αυτά τα δεδομένα. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης που αποκαλύπτει ότι ο αγρότης/βιοκαλλιεργητής προσδιορίζει την ποσότητα νερού κάθε φορά που σχετίζεται κυρίως με τη θερμοκρασία του αέρα και την ένταση

του ηλιακού φωτός. Αυτές οι δύο παράμετροι χρησιμοποιήθηκαν για την οικοδόμηση του εκπαιδευτικού μοντέλου και πρότειναν ένα ευφυές σύστημα άρδευσης βασισμένο σε μηχανική μάθηση με δίκτυα LoRa PP. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι ο συνδυασμός του μοντέλου άρδευσης μηχανικής μάθησης με το προτεινόμενο δίκτυο LoRa PP είναι σε θέση να παρέχει μια πολύ αποδοτική, σε πραγματικό χρόνο και αμφίδρομη επικοινωνία για ακριβές και ευφυές σύστημα άρδευσης του θερμοκηπίου.

2.6 Σύνοψη του κεφαλαίου

Συνοψίζοντας, σε αυτή την ενότητα αναφέρθηκαν τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του Internet of Things (IoT), οι διάφοροι τομείς εφαρμογών στην ευφυή γεωργία όπως η Ρομποτική, τα συστήματα εντοπισμού θέσης, τα συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA-VRT), η τεχνητή νοημοσύνη, τα Αυτοδιαχειριζόμενα συστήματα (Self-driving Systems) κ. αλ. Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν τα οφέλη της ευφυούς και της έξυπνης γεωργίας καθώς και μελέτες περιπτώσεων IoT όπως η Αυτοματοποιημένη άρδευση (Smart Irrigation), η Διαχείριση καλλιεργειών (Crop Management) και τέλος η Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (Monitoring).

Κεφάλαιο 3

3. Παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στην γεωργία

Η ευφυής γεωργία και η εκμηχάνιση της έχει ενισχύσει με αυξητικό ρυθμό την αγροτική παραγωγή. Με τη χρήση των πληροφοριακών και επικοινωνιακών συστημάτων στην αγροτική παραγωγική διαδικασία, οι αγρότες έχουν βοηθηθεί σε πολλούς τομείς. Μερικές από τις τεχνολογίες αυτές είναι η ρομποτική και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (BigData). Η ευφυής γεωργία προσφέρει στον αγρότη την σωστή χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και νερού άρδευσης με σκοπό να κερδίσει αύξηση της παραγωγής με μικρότερο κόστος. Τα μηχανήματα όπου βοηθούν αυτές τις τεχνολογίες είναι τα τηλεκατευθυνόμενα ελικόπτερα (drones) για τον ψεκασμό, συστήματα που προειδοποιούν για ακραίες καιρικές συνθήκες και διάφοροι αισθητήρες οι οποίοι βελτιώνουν τη διαχείριση άρδευσης.

Τα τελευταία χρόνια για τη δημιουργία ασύρματου δικτύου αισθητήρων και ενεργοποιητών έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες, όπως είναι το ZigBee και το Bluetooth. Έχουν κυριαρχήσει στη δημιουργία δικτύων χαμηλής ισχύος, μικρής εμβέλειας, πολλαπλών γραμμών, όπου εκμεταλλεύονται την τοπολογία του δικτύου πλέγματος. Ένα σημαντικό μειονέκτημα που έχουν είναι η δυσκολία να αναπτυχθούν σε συστήματα άρδευσης μεγάλης κλίμακας, δηλαδή η περιορισμένη κάλυψη τους (100 μέτρα). Από την άλλη πλευρά όμως, τα κυψελοειδή δίκτυα, το GSM ή το LTE παρέχουν μετάδοση μεγάλης εμβέλειας για να σχηματίσουν το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων και ενεργοποιητών (Wireless Sensor and Actor Networks-WSAN).

Επίσης από χρόνιες έρευνες, έχουν αναπτυχθεί συστήματα που ενσωματώνουν αισθητήρες, GIS, Internet of Things και cloud computing. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την αυτοματοποίηση της λεπτομερούς κατανάλωσης νερού δίχως τη μείωση της απόδοσης. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική επιτρέπει την αποθήκευση, την επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αλλά και δεδομένων χαμηλής προτεραιότητας όπως τρισδιάστατες εικόνες που χρησιμοποιούνται στο ψηφιακό πεδίο φαινοτύπων. Η αρχιτεκτονική βασίζεται στα χαρακτηριστικά του εδάφους με παρεμβολή μέσω του GIS, της μέτρησης της υγρασίας του εδάφους και των καιρικών δεδομένων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται εργασίες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα σε σχέση με τις νέες τεχνολογίες.

3.1 Εφαρμογές από τον ελληνικό και τον διεθνή χώρο

Ελλάδα

Η γεωργία ανήκει στους τομείς που επηρεάζεται και εξελίσσεται συνεχώς από την χρήση πολλών τεχνολογιών αλλά κυρίως από τις τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών. Στον διεθνή χώρο γενικότερα αλλά και στην Ελλάδα κυρίως υπάρχουν οργανισμοί, Πανεπιστημιακά ιδρύματα και εταιρείες που προωθούν τα ερευνητικά σχέδια και τους στόχους τους. Στην Ελλάδα βρίσκεται η Εταιρεία Πληροφορικής και Επικοινωνιών, η οποία καταγράφει ότι έχει σχέση με τη ροή και την εξέλιξη της Ελληνικής Γεωργίας. Κύριος σκοπός της είναι να προωθήσει τα ΤΠΕ στον τομέα της γεωργίας και να στοχεύσει σε μία καλύτερη ενημέρωση του αγρότη στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά και στην καλύτερη ποιότητα τροφίμων.

Ισπανία

Οι Zamora-Izquierdo et al (019) παρουσιάζουν ένα σύστημα άρδευσης για φυτείες μεγάλες και μικρές, με στόχο την εξαφάνιση του χειροκίνητου συστήματος. Στο σύστημα τους θα μπορούν να επιβλέπουν τη θερμοκρασία, την περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους, την υγρασία αλλά και την παρουσία ρύπων στον αέρα. Στη συνέχεια οι αποδόσεις των καλλιεργειών θα συγκριθούν με προηγούμενες έρευνες και θα μπορούν να δουν αν είναι απαραίτητα η άρδευση.

Με βάση αυτά τα δεδομένα, το νερό φεύγει από τις αντλίες και οδηγείται σε ένα σύστημα μικροελεγκτή το οποίο διαχειρίζεται το σύστημα άρδευσης. Οι αισθητήρες παρέχουν τις τιμές όπου είναι απαραίτητες για το έδαφος και προσφέρουν σε αυτό τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά.

Κίνα

Οι Dan et al (01) χρησιμοποιούν τον μικροελεγκτή “CC30” της Texas Instruments για το σχεδιασμό της τεχνολογίας ZigBee. Το CC30 θεωρείται πως είναι ένα system-on-chip για εφαρμογές ZigBee. Το ZigBee συμβάλλει στην αύξηση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας για χρόνια και βοηθάει στην διασύνδεση πολλών συσκευών. Ο υπολογιστής χρησιμοποιώντας ασύρματη επικοινωνία προσφέρει στον γεωργό όλα τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Ινδία

Σύμφωνα με τους Dokhande et al (019) η άρδευση είναι μία διαδικασία, η οποία επιδρά στην παραγωγή φυτών. Οι υπερβολικές ποσότητες νερού στο έδαφος εμποδίζουν την ανάπτυξη των φυτών, ενώ παράλληλα η έλλειψη επαρκούς ποσότητας νερού προκαλεί μείωση της γονιμότητας των εδάφων σε ξηρές περιοχές. Οι χαμηλές θερμοκρασίες εμποδίζουν τη γρήγορη ανάπτυξη των φυτών και καταστρέφουν τις καλλιέργειες.

Οι συγγραφείς αναλύουν ένα σύστημα άρδευσης, σύμφωνα με το οποίο μετράται η υγρασία του εδάφους και η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και παίρνει αποφάσεις σύμφωνα με το ενεργό και μη σύστημα νερού χρησιμοποιώντας τον μικροελεγκτή Arduino.

Αν η τιμή της υγρασίας του εδάφους που ελέγχεται από τον αισθητήρα υπερβαίνει την οριακή τιμή, η χαμηλή στάθμη (0V) θα είναι η ψηφιακή έξοδος και αν είναι κάτω από το όριο της τιμής, (V) θα είναι η ψηφιακή έξοδος. Μετρούν την θερμοκρασία και την υγρασία με την βοήθεια του αισθητήρα DHT11.

Πορτογαλία

Οι Sales et al, (01) προτείνουν ένα ευφυές σύστημα άρδευσης σε καλλιέργεια από ροδάκινα, το οποίο βασίζεται στο cloud. Για την καλύτερευση του συστήματος το δίκτυο εκτελεί την συλλογή και την ανάλυση των δεδομένων. Το Cloud Computing (υπολογιστικό νέφος) ορίζεται ως μία λύση με μεγάλες δυνατότητες αποθήκευσης αλλά και επεξεργασίας αρκετά μεγάλου όγκου δεδομένων από το Wireless Sensor and Actuator Network.

Το σύστημα αυτό βρίσκεται κοντά στη Sortelha (Guarda, Πορτογαλία). Το SimpliCIPI είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο χρησιμεύει για την υλοποίηση του WSN. Το WSN περιλαμβάνει τρεις διαφορετικούς τύπους κόμβων :

- έναν κόμβο αισθητήρα (sensor node)
- έναν κόμβο ενεργοποιητή (actuator node) και
- έναν κόμβο sink node.

Στη συνέχεια, οι αισθητήρες υγρασίας του εδάφους τοποθετήθηκαν στις ρίζες των δέντρων, με αποτέλεσμα τα φυτά να λαμβάνουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τη σωστή ανάπτυξη τους. Οι αισθητήρες του εδάφους επικοινωνούν με έναν κόμβο Τελικής συσκευής (End Device) και με την βοήθεια της ηλεκτροβαλβίδας από τις εντολές που δέχεται παρακολουθεί τη δίοδο του νερού, η οποία καλύπτει όλα τα δέντρα.

Οι μετρήσεις υγρασίας του εδάφους σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να γίνονται κάθε 30 λεπτά σε περιόδους μη άρδευσης και κάθε λεπτά σε περιόδους άρδευσης. Τέλος, η συσκευή του σημείου πρόσβασης ωθεί τα δεδομένα μέτρησης στην πλατφόρμα cloud.

Κεφάλαιο 4

4 Ο ρόλος της ευφυής γεωργίας

Η διεύρυνση του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), συνδέει ασύρματα πολλά είδη αντικειμένων και συσκευών στη γεωργία και δημιουργεί νέα δεδομένα τα οποία είναι προσβάσιμα σε πραγματικό χρόνο. Οι απαραίτητες πηγές δεδομένων που χρειάζονται για τη διαδικασία είναι οι λειτουργίες και οι συναλλαγές. Τα ρομπότ και οι αισθητήρες προσκομίζουν και μη παραδοσιακά δεδομένα όπως εικόνες και βίντεο. Τα κοινωνικά μέσα ενημέρωσης θεωρούνται ως σημαντική πηγή δεδομένων. Οι συγκεκριμένες ποσότητες δεδομένων επιτρέπουν την πρόσβαση σε σαφή πληροφόρηση και τις δυνατότητες λήψης αποφάσεων σε βαθμό που δεν ήταν εφικτός πριν. Πολλές καινούργιες επιχειρήσεις είναι υπέρ στο να πουλήσουν και να διευρύνουν κάθε είδους εφαρμογές σε αγρότες, σε σχέση με την διαχείριση και την διεύρυνση αισθητήρων. (Sjaak Wolfert et al, 017).

4.1 Οι επιπτώσεις της ευφυής γεωργίας

Τα αγροκτήματα μαζεύουν δεδομένα, τα οποία σχετίζονται με τη φύτευση, τα υλικά τον καιρό, τον τύπο εδάφους, τον ψεκασμό κ.α. Αποτελεσματικά αυτό δημιουργεί μεγάλες αλλαγές στο πεδίο εφαρμογής και στην οργάνωση της ευφυής γεωργίας. Οι λειτουργίες και η διαχείριση των εκμεταλλεύσεων θα διαφοροποιηθούν με την επίβλεψη των φυσικών αντικειμένων σε συνδυασμό με τις εξελίξεις του IoT στην αυτόνομη λειτουργία του αγροκτήματος και με την πρόσβαση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. (Wolfert et al, 017).

Μία μελλοντική εξέλιξη είναι ότι στο Internet of Things μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνδεση και αλληλεπίδραση όλων των ειδών συσκευών, έξυπνων αντικειμένων μεταξύ τους, μέσω τοπικών παγκόσμιων και ασύρματων υποδομών. (Porter and Heppelmann, 014)

Αυτό συνεπάγει ριζικές αλλαγές στον τρόπο διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, χάρη στην πρόσβαση στις δυνατότητες λήψης αποφάσεων και στην σαφή πληροφόρηση, οι οποίες δεν μπορούσαν να στηριχθούν προηγουμένως ούτε τεχνικά ούτε οικονομικά. Επιπρόσθετα αυξάνεται η άνοδος σε πολλές εταιρείες τεχνολογίας που προωθούν αυτή την εξέλιξη που βασίζεται στα δεδομένα. (Lesser, 014)

Όσον αφορά τους γεωργούς ψάχνουν τρόπους για να καλυτερεύσουν την κερδοφορία και την αποδοτικότητα, είτε προσπαθώντας να ελαττώσουν το κόστος τους, είτε προσπαθώντας να κατοχυρώσουν καλύτερες τιμές για το προϊόν τους. Συμπερασματικά πρέπει να εκλάβουν πιο σωστές αποφάσεις και να καλυτερέψουν τον έλεγχο της διαχείρισης. (Porpe et al, 01)

4.2 Κριτική επισκόπηση των τεχνολογιών της ευφυής γεωργίας

Σε αυτή την ενότητα γίνεται μία επισκόπηση IoT των τεχνολογιών των πραγμάτων της ευφυούς γεωργίας. Στη συνέχεια αναφέρονται τα εκάστοτε αποτελέσματα και πραγματοποιούν μία σύγκριση μεταξύ τους. Παράλληλα, δημιουργήθηκε ένας πίνακας, ο οποίος περιέχει το σύνολο των τεχνολογιών αλλά και τα αποτελέσματα τους, παίρνοντας πληροφορίες από προηγούμενα κεφάλαια.

Παρατηρώντας τον πίνακα 1, με μία πρώτη ματιά φαίνεται ότι οι πιο λειτουργικές τεχνολογίες είναι η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence), οι τεχνολογίες Big Data, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Drones), η Νανοτεχνολογία και τα Ρομπότ καθώς προσφέρουν μία σειρά ενεργειών και δυνατοτήτων στον τομέα της γεωργίας ευρύτερα. Οι πιο αποτελεσματικές από τις τεχνολογίες είναι τα Drones και η Νανοτεχνολογία, οι οποίες καλύπτουν όλες τις απαιτούμενες εργασίες του αγροτικού τομέα. Στη συνέχεια ακολουθούν η Τεχνητή νοημοσύνη, τα Ρομπότ και τα Big Data, τα οποία προσφέρουν τη βοήθεια τους στις αγροτικές εργασίες και δείχνουν να έχουν περιθώρια βελτίωσης και μεγαλύτερης εμπλοκής στο μέλλον στον αγροτικό τομέα.

Τεχνολογίες της Ευφυής γεωργίας

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΥΦΥΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ						
	Τεχνητή Νοημοσύνη	Big Data	Drones	Νανοτεχνολογία	Ρομπότ	Self-driving Systems	Blockchain
ΣΤΟΧΕΥΜΕΝΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	x	x	x	x	x	x	
ΑΥΞΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ	x	x	x	x	x	x	
ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΩΝ	x	x	x	x	x		x
ΜΕΙΩΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	x	x	x	x	x	x	
ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	x	x	x	x	x	x	x
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	x	x	x	x	x		
ΟΡΘΗ ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	x	x	x	x	x		
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΕΝΤΟΜΑ & ΠΑΡΑΣΙΤΑ	x		x	x			
ΕΓΚΥΡΟΤΕΡΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ	x		x	x	x		x
ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	x	x	x	x			
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΕΡΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ			x		x	x	
ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ	x	x	x	x	x	x	
ΕΠΙΣΤΙΤΣΤΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ		x	x	x	x		x

Με μία καλύτερη ματιά διακρίνεται ότι τα drones σκεπάζουν ένα ευρύ φάσμα αποτελεσμάτων από την παρακολούθηση της απόδοσης των καλλιεργειών μέχρι την προστασία του περιβάλλοντος με την σωστή χρήση φυτοφαρμάκων και νερού. Επιπλέον, παρατηρούν το πεδίο και το έδαφος και προσφέρουν στον αγρότη πιο εύκολη και αποτελεσματική δουλειά. Έχουν τη δυνατότητα να αντλούν χρήσιμες πληροφορίες για την ταχύτητα ανάπτυξης των φυτών και να βρίσκουν χρήσιμα βιοχημικά δεδομένα, τα οποία τα επεξεργάζονται με γρήγορη ταχύτητα.

Αμέσως μετά ακολουθεί η νανοτεχνολογία, η οποία είναι αρκετά καινούρια. Χρησιμοποιεί νανο-εργαλεία όπως για παράδειγμα νανο-λιπάσματα, νανο-φυτοφάρμακα και νανο-αισθητήρες, τα οποία παρέχουν στοχευμένη χρήση δραστικών παραγόντων. Οι νανο-αισθητήρες προσφέρουν ακριβείς πληροφορίες σε σχέση με τις συνθήκες του εδάφους ή την εύρεση παθογόνων οργανισμών και με αυτό τον τρόπο ο έλεγχος μπορεί να γίνει εγκαίρως και η καλλιέργεια να είναι ασφαλής.

Η τεχνητή νοημοσύνη και τα Big Data είναι τα συστήματα που βοήθησαν στη δημιουργία των προηγούμενων συστημάτων και δίχως την βοήθεια τους δεν θα είχαν δημιουργηθεί. Η διεύρυνση της τεχνητής νοημοσύνης και η ανάλυση δεδομένων θεωρείται πως είναι το κλειδί για την καλύτερευση των εφαρμογών IoT. Ένα παράδειγμα των Big Data είναι οι αισθητήρες εδάφους και το GPS, τα οποία μαζεύουν δεδομένα για να βοηθήσουν τους αγρότες να μεγιστοποιήσουν την χρήση της γης.

Τα γεωργικά ρομπότ χρησιμοποιούνται κυρίως για επαναλαμβανόμενες εργασίες, προσπαθώντας να μειώσουν τον φόρτο εργασίας του αγρότη και να καλυτερεύσουν τους χρόνους και το κόστος της διαδικασίας. Στον τομέα της ρομποτικής περιλαμβάνονται και τα αυτοδιαχειριζόμενα συστήματα (Self-driving Systems) όπως για παράδειγμα ένα τρακτέρ που κινείται μόνο του σε ένα χωράφι μετατρέπει τους αγρότες σε απομακρυσμένους χρήστες και με την βοήθεια των drones γίνεται ένα σύνολο λειτουργιών για να καλυφθούν οι ανάγκες των καλλιεργειών αλλά και των αγροτών σε σχέση με τα μηχανήματα και τις εφαρμογές.

Τέλος, το blockchain στον παραπάνω πίνακα φαίνεται να μην είναι τόσο αποτελεσματικό στην γεωργία. Έχει τη δυνατότητα να επιβλέπει την κοινωνική και την περιβαλλοντική ευθύνη, να καλυτερεύει τις πληροφορίες προέλευσης και τέλος να διευκολύνει τη διαχείριση σε πραγματικό χρόνο των συναλλαγών της εφοδιαστικής αλυσίδας, με ασφάλεια και αξιοπιστία.

4.3 Μελλοντικές προοπτικές

Η τεχνολογία με αργά και σταθερά βήματα δείχνει πως εισέρχεται συνέχεια στον αγροτικό τομέα και θα έχει ακόμη σημαντικότερο ρόλο στο μέλλον. Η φύτευση και η συγκομιδή θα αυτοματοποιηθούν, χάρη στην προηγμένη τεχνολογία, επίγεια και εναέρια. Οι πληροφορίες του εδάφους θα είναι άμεσα διαθέσιμες και θα επιτρέπουν την καλύτερη επίβλεψη των παρασίτων και των παρασιτοκτόνων, σε συνδυασμό τοπικών πληροφοριών με άλλες πηγές δεδομένων π.χ. δεδομένα καιρού και ρύπανσης. Συνάμα, προβλέπεται η αύξηση της παραγωγής, σε συνδυασμό με τη μείωση των χημικών ουσιών, μειώνοντας την κακομεταχείριση στο εδάφους. Η ευφυής γεωργία έχει τις δυνατότητες για αποτελεσματική ανάπτυξη τα επόμενα χρόνια, υποστηριζόμενη από πολιτικές, οι οποίες μπορούν να τροφοδοτήσουν τις προσπάθειες για την ανάπτυξη μεγαλύτερων επενδύσεων σε καινούριες τεχνολογίες και πρακτικές.

4.4 Κοινωνικοοικονομικές και άλλες μη τεχνικές προκλήσεις

Τα κίνητρα και οι πολιτικές παίζουν σημαντικό ρόλο, λαμβάνοντας υπόψη τις οικονομικές προοπτικές και τις προοπτικές των δεξιοτήτων. Οι ανησυχίες των αγροτών έχουν σχέση με τον χρόνο για την ανάκτηση της επένδυσης και τις δυσκολίες αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων. Οι αγρότες που έχουν περισσότερες καλλιέργειες δείχνουν ενδιαφέρον για εργαλεία της γεωργίας διότι ελαττώνουν τους τραυματισμούς, σε σχέση με τους αγρότες με μικρές εκμεταλλεύσεις και δεν χρησιμοποιούν σχεδόν καθόλου την ευφυή γεωργία. Υπάρχουν εμπόδια που εξακολουθούν να εμποδίζουν τη χρήση τους. Για αυτούς τους λόγους εμφανίζονται παρακάτω πρωτοβουλίες, οι οποίες έχουν σημαντική κοινωνικοοικονομική αξία.

- Για τον σχεδιασμό εργαλείων απαιτούνται διαφορετικές στρατηγικές.
- Για την ανταλλαγή δεδομένων απαιτούνται ασφαλείς και ανοικτές πλατφόρμες.
- Για την επίτευξη της καλύτερης διαχείρισης του κόστους και των απαιτούμενων επενδύσεων επιδιώκεται συνεργασία με υπηρεσίες υποστήριξης.
- Απαίτηση χρόνου για την εξοικείωση με τη καινούρια τεχνολογία.
- Δραστηριότητες που στοχεύουν στη μείωση του ψηφιακού χάσματος στη γεωργία, προτρέποντας τους αγρότες να χρησιμοποιούν τα καινούρια εργαλεία, τα οποία βασίζονται στις τεχνολογίες πληροφοριών στην καθημερινή εργασία τους.

Στις μέρες μας, το δικαίωμα πρόσβασης βρίσκεται στο επίκεντρο της συζήτησης και αυτό φαίνεται από μια ευρωπαϊκή οργάνωση την COPA-COGECA που εκπροσωπεί την γεωργία, σε συνεργασία με την CEMA, την Ευρωπαϊκή Ένωση γεωργικών μηχανών, οι οποίες δημοσίευσαν τον κώδικα δεοντολογίας. (Manlio Bacco et al.019)

Συμπεράσματα

Η διαχείριση καλλιεργειών με συστήματα του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) αποτελούν αναμφισβήτητα έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους στον κόσμο. Το IoT υπόσχεται να δημιουργήσει έναν διασυνδεδεμένο "ευφυή" κόσμο, όπου οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων και του περιβάλλοντός τους καθώς και των αντικειμένων με τους ανθρώπους γίνονται όλο και πιο στενά συνδεδεμένες. Η προοπτική του IoT, όπου όλες οι συσκευές συνδέονται με το διαδίκτυο, μπορεί να αλλάξει θεμελιωδώς την διαχείριση των καλλιεργειών. Στην παρούσα εργασία γίνεται μια επισκόπηση της βιβλιογραφίας για τις διάφορες λύσεις διαχείρισης καλλιεργειών με συστήματα του διαδικτύου των πραγμάτων. Οι μελέτες περιπτώσεων IoT στην ευφυή γεωργία όπως το αυτόνομο σύστημα άρδευσης με βάση το IoT χρησιμοποιώντας το Raspberry Pi, η πλατφόρμα διαδικτύου των πραγμάτων για ευφυή καλλιέργεια: εμπειρίες και μαθήματα, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του ρομπότ συγκομιδής φρούτων με βάση το IoT, το ευφυές αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης με πρόβλεψη ασθενειών, η αρχιτεκτονική προσέγγιση σχεδιασμού για συστήματα πληροφοριών διαχείρισης γεωργικών εκμεταλλεύσεων που βασίζονται σε IoT, ο σχεδιασμός συστήματος με βάση το IoT για τον έλεγχο και την παρακολούθηση του θερμοκηπίου, η εισαγωγή στο διαδίκτυο των πραγμάτων στην γεωργία, η απόδοση ενός συστήματος IoT που χρησιμοποιεί την τεχνολογία δικτύου πρόσβασης LoRa, αναφέρονται σε ένα οικοσύστημα IoT που αποτελείται από έξυπνες συσκευές με δυνατότητα ιστού που χρησιμοποιούν ενσωματωμένους επεξεργαστές, αισθητήρες και υλικό επικοινωνίας για να συλλέγουν, να στέλνουν και να ενεργούν βάσει πληροφοριών που αποκτούν από το περιβάλλον τους. Συγκεκριμένα, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει τις προοπτικές καθώς και τη δυναμική σε συνδυασμό με την ευφυή γεωργία να τροποποιήσει τα τωρινά δεδομένα και να φτιάξει ένα περιβάλλον στο οποίο ο αγροτικός κλάδος δεν θα βασίζεται μόνο στη χειρονακτική εργασία αλλά θα καλύπτεται με την βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης.

Βιβλιογραφία

- Chang, Y. C., Huang, T. W., & Huang, N. F. (2019, September). A Machine Learning Based Smart Irrigation System with LoRa PP Networks. In 2019 0th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS) (pp. 1-4). IEEE.
- Colizzi, L., Caivano, D., Ardito, C., Desolda, G., Castrignanò, A., Matera, M., .. & Chanet, J. P. (2020). Introduction to agricultural IoT. In *Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming* (pp. 1-33). Academic Press.
- Debauche, O., El Moulal, M., Mahmoudi, S., Manneback, P., & Lebeau, F. (2017, April). Irrigation pivot-center connected at low cost for the reduction of crop water requirements. In 2017 International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet) (pp. 1-9). IEEE.
- Elselini, A. S., Eleribi, H. R., Sanaani, M., & Alwerfalli, A. (2016, September). A Performance Study of an IoT System Using LoRa Access Network Technology. In *Proceedings of the 6th International Conference on Engineering & MIS 2016* (pp. 1-7).
- Goudos, K. P. I. Dallas, S. Chatziefthymiou, and S. A. Kyriazakos, "Survey of IoT key enabling and future technologies: G, mobile IoT, semantic web and applications, " *Wireless Personal Communications*, vol. 97, no. 1, pp. 164– 167, 2017
- Imteaj, A., Rahman, T., Hossain, M. K., & Zaman, S. (2016, December). IoT based autonomous percipient irrigation system using raspberry Pi. In *2016 19th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)* (pp. 63-6). IEEE.
- Jayaraman, P., Yavari, A., Georgakopoulos, D., Morshed, A., & Zaslavsky, A. (2016). Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt. *Sensors*, 16(11), 14.
- Kamilaris A., Kartakoulis A., Francesc X., Prenafeta- Boldu. 2017 "Deep learning in agriculture: A survey" Vol. 147 p. 70-90 Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161699173003>
- Köksal, Ö., & Tekinerdogan, B. (2019). Architecture design approach for IoT-based farm management information systems. *Precision Agriculture*, 20(1), 96-9.
- Li, B., Zhou, A., Yang, C., & Zheng, S. (2016, September). The Design and Realization of Fruit Harvesting Robot Based on IOT. In *2016 International Conference on*

Computer Engineering, Information Science & Application Technology (ICCIA 016). Atlantis Press.

Liopa-Tsakalidi, D. Tsolis, P. Barouchas, A. E. Chantzi, A. Koulopoulos, and N. Malamos, (013) “Application of mobile technologies through an integrated management system for agricultural production,” *Procedia Technology*, vol. , pp. 16–170

Lioutas, E. D, Charatsari, C, La Rocca, G, & De Rosa, M. (019). Key questions on the use of big data in farming: An activity theory approach. *NJASWageningen Journal of Life Sciences*.

Muangprathuba J, Boonnama N, Kajornkasirata S, Lekbangponga N, Wanichsombata A, Nillaorb P., 019 “IoT and agriculture data analysis for smart farm” Vol 16. p. 467-474 Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161699130913>

Nahvi B., Habibi J., Mohammadi K., Shamshirband S., Razgan O., 016 “Using selfadaptive evolutionary algorithm to improve the performance of an extreme learning machine for estimating soil temperature” Vol 14., p. 10-160 Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016169916300977>

RaptopoulouIoannaMariaMsc00.pdf

Rubala, J. I., Anitha, D., & Student, P. G. (017). Agriculture field monitoring using wireless sensor networks to improving crop production. *International Journal of Engineering Science*, 16.

Shammar E.A., Zahary A.T. 019 “The Internet of Things (IoT): a survey of techniques, operating systems, and trends” Vol 3 Available at:
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.110/LHT-1- 01-000/full/html>

Subahi, A. F., & Bouazza, K. E. (00). An Intelligent IoT-Based System Design for Controlling and Monitoring Greenhouse Temperature. *IEEE Access*, , 14-100.

Wikipedia The Free Encyclopedia

Βλαχοδημητρόπουλος, Γ. (01). Διανεμημένα πρωτόκολλα ασφαλείας για το διαδίκτυο των πραγμάτων.

Δόγας, Ι. (017). Υλοποίηση ασύρματου κόμβου μικρού εύρους ζώνης μεγάλης εμβέλειας για εφαρμογές ακριβείας στη γεωργία.

Λαλούσης, Ν. (019). Μελέτη τεχνολογιών δικτύωσης και συλλογής πληροφορίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων για εφαρμογές στην γεωργία ακριβείας.

- Μαλούτα, Θ.(019).Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT).Συγκριτική παρουσίαση και αξιολόγηση των σημαντικότερων τεχνολογιών υλοποίησης.
- Μπαχράς, Μ. (01). Μοντελοκεντρική διαχείριση της δομής του Διαδικτύου των πραγμάτων.
- Παμπουλάκης, Ν., & Τσόπελα, Ε. (00). Χρήση Νέων Τεχνολογιών στη διαχείριση των καλλιεργειών.
- Παπαζώης, Π. (019). Ασφάλεια στο διαδίκτυο των πραγμάτων.
- Πλιάτσιος, Α. (01). Χρήση τεχνολογιών ασύρματης δικτύωσης μεγάλης κάλυψης και μικρής ενεργειακής κατανάλωσης για εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων στην έξυπνη γεωργία.
- Σίμου, Φ. (01). Εξοικονόμηση ενέργειας μέσα από ελεγκτές αισθητήρων για υποδομή IoT επεξεργασίας και ρύθμισης των συνθηκών του αγρού.
- Σωτηρόπουλος, Ε. Γ., & Γούλα, Ε. Α. (01). *Το διαδίκτυο των" πραγμάτων" στη βιομηχανία* (Bachelor's thesis).

<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/66409/t>

<https://www.athina94.gr/01/07/7/geabit-otan-i-techniti-noimosyniefarmozetai-stin-georgia-to-success-story-toy-19chronoy-trikalinoy/>

<https://www.capital.gr/forbes/337311/i-geabit-tou-euaggelou-karathanouxekleidonei-ti-duna%C%Biki-tis-kalliergeia>