



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Πανεπιστήμιο Πατρών
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας

Χρήση Νέων Τεχνολογιών στη Διαχείριση των Καλλιεργειών



Πτυχιακή εργασία των φοιτητών

Νικολάου Παμπουλάκη

και

Ελένης Τσόπελα

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λίοπα-Τσακαλίδη

Αμαλιάδα 2020

Αντί προλόγου

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

Ευχαριστούμε θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μας εργασίας Αναπληρώτρια Καθηγήτρια 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.

Για την αγάπη και την υπομονή τους, οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ, στους γονείς μας οι οποίοι μας στηρίζουν και μας βοηθούν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Περιεχόμενα

	Αντί προλόγου	2
	Περίληψη	6
	Σκοπός της εργασίας	7
	Κεφάλαιο 1	
1	Ευφυή γεωργία (Smart Farming)	8
1.1	Εισαγωγή	8
1.2	Ορισμός	12
1.3	Ιστορική αναδρομή	16
	Κεφάλαιο 2	
2	Οι μικροελεγκτές	18
2.1	Αισθητήρας θερμοκρασίας	20
2.2	Αισθητήρες υγρασίας εδάφους	21
2.3	Αισθητήρες έντασης φωτός	21
2.4	Αισθητήρες pH	22
2.5	Αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα	23
2.6	Αισθητήρες φλόγας	23
	Κεφάλαιο 3	
3	Τεχνολογίες δικτύου στην ευφυή γεωργία	25
3.1	Πρωτόκολλα δικτύωσης	26
3.2	Πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής	28
	Κεφάλαιο 4	
4	Συλλογή δεδομένων από αισθητήρες	29

4.1	Τα μεγάλα δεδομένα (Big Data) και ευφυή γεωργία	30
4.2	Υπηρεσίες δικτύου	32
4.2.1	Υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing)	32
4.2.2	Υπολογιστική ομίχλη (Fog Computing)	34
4.2.3	Υπολογιστική άκρη (Edge Computing)	35
4.3	Τεχνολογία Blockchain	37
Κεφάλαιο 5		
5	Εφαρμογές του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) στην Ευφυή γεωργία	39
5.1	Οφέλη από την χρήση IoT τεχνολογιών στην ευφυή γεωργία	39
5.2	Μελέτες περιπτώσεων IoT στην ευφυή γεωργία	41
5.2.1	Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (Monitoring)	41
5.2.2	Αυτοματισμοί θερμοκηπίων (Automation of Green Houses)	42
5.2.3	Αυτοματοποιημένη Άρδευση (Smart Irrigation)	43
5.2.4	Διαχείριση καλλιεργειών (Crop Management)	44
5.2.5	Παρακολούθηση της κτηνοτροφίας (Livestock Monitoring)	45
5.2.6	Γεωργικά αεροσκάφη (Drones)	46
5.3	Οι τεχνολογίες και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ευφυή γεωργία	47
5.4	IoT στην Ευφυή γεωργία	51
5.5	Συνδεσιμότητα σε αγροτικές περιοχές	51
5.6	Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Technologies - WST)	52
5.7	Ασφάλεια Γεωργικής Εκμετάλλευσης	55
Κεφάλαιο 6		
6	Παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στη γεωργία	57

6.1	Εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στις Ασιατικές χώρες	57
6.2	Εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στις Ευρωπαϊκές χώρες	65
7	Συμπεράσματα	71
8	Βιβλιογραφία	72
9	Διαδικτυακές Πηγές	78

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από έξι (6) κεφάλαια. Το **πρώτο** κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή στην ευφυή γεωργία, τον ορισμό της, την ιστορική αναδρομή της ευφυούς γεωργίας, τα ευφυή συστήματα άρδευσης και τα ευφυή συστήματα ελέγχου. Το **δεύτερο** κεφάλαιο αναφέρεται στους μικροελεγκτές, στους αισθητήρες της θερμοκρασίας, της υγρασίας του εδάφους, της έντασης του φωτός, του pH, του διοξειδίου του άνθρακα, και της ανίχνευσης της φλόγας. Το **τρίτο** κεφάλαιο αναφέρεται στις τεχνολογίες του δικτύου στην ευφυή γεωργία, στα πρωτόκολλα δικτύωσης και στα πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής. Το **τέταρτο** κεφάλαιο αναφέρεται στη συλλογή δεδομένων από αισθητήρες, στα μεγάλα δεδομένα (Big Data) και στις υπηρεσίες δικτύου και πιο συγκεκριμένα στο υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing), στην υπολογιστική ομίχλη (Fog Computing), στην υπολογιστική άκρη (Edge Computing) και στην τεχνολογία Blockchain. Το **πέμπτο** κεφάλαιο περιλαμβάνει τις εφαρμογές και τα οφέλη του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) στην ευφυή γεωργία, καθώς και τις μελέτες των περιπτώσεων του IoT σε αυτήν. Στις μελέτες αυτές περιλαμβάνεται η παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών, οι αυτοματισμοί των θερμοκηπίων, η αυτοματοποιημένη άρδευση, η διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, η παρακολούθηση της κτηνοτροφίας και τα γεωργικά αεροσκάφη (Drones). Επίσης περιλαμβάνει τις τεχνολογίες και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ευφυή γεωργία, το Διαδίκτυο των πραγμάτων σε αυτή, την συνδεσιμότητά της σε αγροτικές περιοχές, τις εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Technologies) και τέλος την ασφάλεια των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Το **έκτο** κεφάλαιο αναφέρει κάποια παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στη γεωργία στις Ασιατικές αλλά και στις Ευρωπαϊκές χώρες.

Σκοπός της Εργασίας

Ο σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της Χρήσης των Νέων Τεχνολογιών στη Διαχείριση των Καλλιεργειών. Αρχικά, έγινε μια σύντομη περιγραφή του ορισμού της ευφυούς γεωργίας και της ιστορικής αναδρομή της ευφυούς γεωργίας και στη συνέχεια περιγράφονται τα εργαλεία και τα πρωτόκολλα δικτύωσης ενώ γίνεται και μια αναφορά στη συλλογή δεδομένων από αισθητήρες και στις υπηρεσίες δικτύου. Κατόπιν μελετήθηκαν η παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών, οι αυτοματισμοί των θερμοκηπίων, η αυτοματοποιημένη άρδευση, η διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, η παρακολούθηση της κτηνοτροφίας και τα γεωργικά αεροσκάφη.

Κεφάλαιο 1

1 Ευφυή Γεωργία

1.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία παίζει έναν ζωτικό ρόλο στον τομέα της γεωργίας και της αγροτικής παραγωγής, καθώς αποτελεί ένα μέσο δια του οποίου γίνεται εφικτή η βελτιστοποίηση της παραγωγής και ταυτόχρονα ελαχιστοποιείται η επίδραση της προηγούμενης στο περιβάλλον. Οι νέες τεχνικές που εφαρμόζονται στον αγροτικό τομέα, δεν επιφέρουν μόνο αύξηση της παραγωγικότητας, αλλά καθιστούν τον γεωργικό κλάδο πιο επικερδή, καθώς μειώνεται το κόστος της παραγωγής από την παρακολούθηση των αναγκών της και την εξοικονόμηση νερού, λιπασμάτων και λοιπών εισροών. Οι νέες τεχνολογίες έχουν διεισδύσει σημαντικά στον αγροτικό τομέα, ο αγροτικός τομέας χαρακτηρίζεται από ιδιαιτερότητες, πολυπλοκότητα και ασταθείς συνθήκες. Οι νέες τεχνολογικές μέθοδοι έχουν τροποποιήσει κάθε εμπλεκόμενο τομέα της αγροτικής παραγωγής. Η τεχνολογική ανάπτυξη των ψηφιακών ηλεκτρονικών, των μικροελεγκτών των μικροεπεξεργαστών και του διαδικτύου στο πέρασμα των ετών έχει οδηγήσει στο να είναι εφικτό.

Ο γεωργικός τομέας αντιμετωπίζει πολλαπλές προκλήσεις, όπως η κλιματική αλλαγή, η ανάγκη καλύτερης διαχείρισης των υδάτων, η περιορισμένη διαθεσιμότητα γεωργικών γαιών που διατίθενται προς καλλιέργεια, η ασφάλεια των τροφίμων. Η Σύμβαση - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Framework Convention on Climate Change) ορίζει την κλιματική αλλαγή ως : «Κλιματική αλλαγή ορίζεται ως την αλλαγή που παρατηρείται στο κλίμα, ως συνέπεια έμμεσων ή άμεσων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων που επιφέρουν μεταβολές στη παγκόσμια ατμοσφαιρική σύσταση και αυτό, σε συνδυασμό με τη φυσική μεταβολή του κλίματος, παρατηρείται σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους». Η κλιματική αλλαγή είναι στις μέρες μας ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα του περιβάλλοντος και που αν δεν περιοριστεί, θα δημιουργήσει στο μέλλον τεράστια οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα όπως μη επάρκεια τροφής, νερού, ενέργειας, στέγης και γενικά μη αποδεκτού επιπέδου διαβίωσης.

Η σχέση μεταξύ της γεωργίας και της κλιματικής αλλαγής είναι αμφίδρομη. Αφενός η γεωργία συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή, αφετέρου και η κλιματική αλλαγή έχει ποικίλες επιπτώσεις στη γεωργία. Ο γεωργικός τομέας αναμένεται να επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή παγκοσμίως. Η αλλαγή του κλίματος φέρνει ασταθείς καιρικές συνθήκες. Η λειψυδρία έχει ήδη επηρεάσει κάθε ήπειρο. Περίπου το 1/5 του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε περιοχές με φυσική έλλειψη και σχεδόν το 1/4 του παγκόσμιου πληθυσμού αντιμετωπίζει οικονομική έλλειψη νερού (CWAC, 2014). Καθώς το παγκόσμιο κλίμα μειώνει την πηγή του νερού σε όλο τον κόσμο, είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα για τη διατήρησή του. Οι Chaudhry και Garg (2019) αναφέρουν ότι οι αυξανόμενες θερμοκρασίες και η αυξημένη συχνότητα ακραίων γεγονότων θα έχουν άμεσες και αρνητικές επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους. Οι υδάτινοι πόροι περιορίζονται στη γη, και ως εκ τούτου υπάρχει ανάγκη διαχείρισης των τεχνικών αξιοποίησης του νερού.



Η παγκόσμια κοινότητα αναζητά νέες προσεγγίσεις και λύσεις για την προσαρμογή στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και της ανάπτυξης, όπως είναι το νερό. Η αλλαγή του κλίματος αναμένεται να έχει σοβαρές συνέπειες για την ασφάλεια των υδάτων και θα επηρεάσει τη διαθεσιμότητα νερού με καλή ποιότητα, το χρονοδιάγραμμα και το μήκος των καλλιεργητικών περιόδων. Στο πλαίσιο αυτό, οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) μπορούν να διαδραματίσουν αποφασιστικό ρόλο στην προώθηση της ευφυούς γεωργίας.

Το τεχνολογικό περιβάλλον αποτελείται από τις τεχνολογικές τάσεις, τα τεχνολογικά επιτεύγματα, τις ανακαλύψεις, τις βελτιώσεις των μηχανημάτων και των μεθόδων παραγωγής, την πρόοδο της αυτοματοποίησης καθώς και την πρόοδο της επεξεργασίας δεδομένων. Η αύξηση του ανταγωνισμού στα αγροτικά προϊόντα κατέστησαν επιβεβλημένη την ανάγκη για την έρευνα και την ανάπτυξη μεθόδων με στόχο τη μείωση του κόστους παραγωγής των αγροτικών προϊόντων, παράλληλα με την μέριμνα για την προστασία του περιβάλλοντος και την διαχείριση των φυσικών πόρων. Η είσοδος των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας στον αγροτικό τομέα συμβάλλει σημαντικά προς αυτήν την κατεύθυνση. Οι τεχνολογικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τη δημιουργία νέας γνώσης και τεχνολογίας και την εφαρμογή της στα παραγόμενα προϊόντα. Η γεωργία είναι ένας από τους τομείς που επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την χρήση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η αγροτική τεχνολογία έχει υποστεί μια ραγδαία ανάπτυξη κατά τη διάρκεια του 20ου και του 21ου αιώνα. Επίσης, μία ακόμα διαφοροποίηση γίνεται με βάση γεωγραφικά κριτήρια, δηλαδή ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και την εξειδίκευση της αγροτικής παραγωγής. Ο τεχνολογικός μετασχηματισμός έχει αποτέλεσμα τη συρρίκνωση της αγροτικής δραστηριότητας, γεγονός που ακολουθείται από τη μαζική έξοδο εκατομμυρίων εργαζομένων από τον αγροτικό τομέα. Παράλληλα ο τεχνολογικός ανταγωνισμός έχει οδηγήσει στη συγκέντρωση της αγροτικής παραγωγής με συνέπεια την περιθωριοποίηση των οικογενειακών εκμεταλλεύσεων. Σαν αποτέλεσμα των τεχνολογικών αλλαγών, οι αγροτικές παραγωγικές σχέσεις έχουν μετασχηματιστεί. Επιπλέον, η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων έχει αυξήσει την εξάρτηση των αγροτών από την αγορά.

Η ευφυής γεωργία, η οποία αντιπροσωπεύει την χρήση νέων τεχνολογιών στον τομέα της γεωργίας. Η έννοια της ευφυούς γεωργίας είναι μια έννοια που τα τελευταία χρόνια έχει έρθει στο προσκήνιο παράλληλα με την γενικότερη ανάπτυξη των τεχνολογιών της Πληροφορικής και Επικοινωνίας. Ένας σύντομος ορισμός της έξυπνης καλλιέργειας είναι η καλλιέργεια όπου οι περιβαλλοντικοί παράγοντες έχουν άμεσο αντίκτυπο στις αποφάσεις σχετικά με την καλλιέργεια με στόχο βελτιστοποιημένα αποτελέσματα παραγωγής και ποιότητας σε συνδυασμό με το μειωμένο κόστος. Τα τελευταία χρόνια η ευφυής γεωργία εφαρμόζει τις τεχνολογίες

της πληροφορικής και της επικοινωνίας (ΤΠΕ), όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), τα μεγάλα δεδομένα (Big Data) την τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence) και τις αλληλεπιδράσεις ανθρώπου - μηχανής (Human - Machine interaction) σε ποικίλες γεωργικές δραστηριότητες αναθεωρώντας τις πρακτικές και μεθόδους της γεωργικής παραγωγής παγκόσμια (Li, 2012; Ge, 2017). Η ανάπτυξη της θεωρείται ότι πραγματοποιεί την αυτοματοποίηση και την αειφορία, που κατέχουν την υψηλότερη παραγωγικότητα, το οικονομικό όφελος και τις μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Nishina, 2015; Li, 2017; Walter et al, 2017).



Η γεωργία αποτελεί σημαντικό τομέα στην ελληνική οικονομία. Ο αγροτικός τομέας δεν λειτουργεί την σημερινή εποχή με τον βέλτιστο τρόπο διαχείρισης των πόρων που υπάρχουν και αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω των πολιτικών που ακολουθούνται σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και λόγω των απαρχαιωμένων πρακτικών γεωργίας με τη μη χρήση της νέας τεχνολογίας που υπάρχει. Μία πιο επικαιροποιημένη επιλογή πρακτικών και τεχνολογιών θα μπορούσε να φέρει σε βάθος χρόνου μεγαλύτερη προστασία στη γεωργία από την κλιματική αλλαγή. Από τη στιγμή που η κλιματική αλλαγή δημιουργεί προβλήματα και αβεβαιότητα για το μέλλον της γεωργίας, θα πρέπει να παρθούν μέτρα ώστε ο αγροτικός τομέας να προσαρμοστεί στο νέο περιβάλλον που διαμορφώνει η κλιματική αλλαγή. Ενδεικτικά μέτρα προσαρμογής είναι: η βελτίωση των τεχνικών άρδευσης, η καλύτερη διαχείριση του εδάφους για την αποφυγή της ερημοποίησης. Ο ρόλος της άρδευσης στην Ελλάδα αποτελεί βασικό στοιχείο της γεωργικής παραγωγής. Σήμερα, η αρδευόμενη γη ανέρχεται σε περίπου 1,4 εκατομμύρια εκτάρια, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 40% της συνολικής καλλιεργήσιμης έκτασης της χώρας και το 10% της συνολικής έκτασης της. Η αρδευόμενη γεωργία αντιπροσωπεύει πάνω από το 84% της συνολικής κατανάλωσης

νερού, η οποία είναι η υψηλότερη αξία αυτής της συγκεκριμένης Ε.Ε. χρήσης ύδατος μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. Στη γεωργία, η άρδευση είναι μια βασική διαδικασία που επηρεάζει την παραγωγή φυτών παρέχοντας νερό στην απαιτούμενη γη. Η άρδευση αποδεικνύεται αποτελεσματική για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής μέσω της παροχής πιο προβλέψιμων πηγών ύδρευσης (Wong, 2019). Η παραδοσιακή άρδευση γίνεται με βάση τις εικασίες των αγροτών. Αυτές οι εικασίες είναι μερικές φορές πολύ μακριά από την πραγματική και βέλτιστη κατάσταση για την άρδευση (AlZu'bi et al, 2019). Η σωστή χρήση του νερού είναι ζωτικής σημασίας για την κατάλληλη διατροφή των καλλιεργειών και τη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών. Η ορθολογική διαχείριση της άρδευσης σημαίνει την κατάλληλη εφαρμογή του νερού στα φυτά, λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη την ποσότητα και τη σωστή στιγμή. Η ορθολογική χρήση του νερού είναι πολύ σημαντική για την παροχή της σωστής ποσότητας νερού στις καλλιέργειες ανάλογα με την ανάγκη του νερού (Pandey et al, 2019). Υπάρχει ανάγκη εφαρμογής σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας στη γεωργία για την αύξηση της αποδοτικότητας. Η άρδευση συμβάλλει στη διατήρηση της υγρασίας στο έδαφος και στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του εδάφους. Διαφορετικές συνθήκες εδάφους ευνοούν την ανάπτυξη διαφορετικών καλλιεργειών. Απαιτήσεις όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η υγρασία και η ένταση του φωτός ποικίλλουν από τη συγκομιδή στην καλλιέργεια. Εάν κάποιος από αυτούς τους πόρους δεν είχε, τότε μια καλλιέργεια οδηγεί σε μικρότερη απόδοση παραγωγής. Για την αντιμετώπιση αυτού του είδους των προβλημάτων προτείνεται ένα έξυπνο σύστημα παρακολούθησης της γεωργίας. Σκοπός της εργασίας είναι η καλύτερη κατανόηση της ευφυούς γεωργίας, η οποία αποτελεί μια σημαντική τάση για την προώθηση της βιώσιμης αγροτικής παραγωγής μέσα στα επόμενα χρόνια.

1.2 Ορισμός της ευφυούς γεωργίας

Οι συζητήσεις σχετικά με την ευφυή γεωργία παγκοσμίως δεν έχουν ακόμη καταλήξει σε ένα ενιαίο ορισμό. Η ευφυής γεωργία είναι σχετικά μια νέα έννοια, επομένως αναμένεται, ότι η γνώση σχετικά με τις εφαρμογές της στην έρευνα και στην ανάπτυξη δεν είναι ευρέως διαδεδομένη. Δεδομένου του γεγονότος ότι αυτή βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο του κύκλου ζωής της και λόγω της έλλειψης ενοποιημένων προτύπων λειτουργίας, είναι δύσκολο να ενσωματωθούν αυτές οι διασκορπισμένες πηγές γεωργικών πληροφοριών σε ένα ενιαίο ορισμό.

Η ευφυής γεωργία βρίσκεται ακόμη στην αναπτυξιακή φάση μιας γεωργίας έντασης εισροής και κεφαλαίου (Schönfeld et al, 2018). Ο ορισμός της εξακολουθεί να εξελίσσεται καθώς αλλάζει η τεχνολογία και η κατανόηση μας για το τι είναι εφικτό μεγαλώνει (Λιόπα-Τσακαλίδη et al, 2019).

- Η ευφυής γεωργία υποστηρίζει την προώθηση αυτών των πρακτικών, επιτρέποντας τη συγκέντρωση μεμονωμένων στοιχείων εκμετάλλευσης με δεδομένα από άλλες εκμεταλλεύσεις ή / και άλλες πηγές (π.χ. ιστορικά δεδομένα, δεδομένα καιρού, δεδομένα αγοράς, στοιχεία συγκριτικής αξιολόγησης). Σε πολλές περιπτώσεις, η διαδικασία αυτή συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να ενημερώσουν τη λήψη αποφάσεων σε επίπεδο αγροκτήματος, βιομηχανίας και πολιτικής και / ή να υποστηρίξουν την ανάπτυξη νέων προϊόντων και υπηρεσιών (Regan et al, 2019).
- Η ευφυής γεωργία είναι ένα κυβερνοφυσικό σύστημα και η εφαρμογή μιας θεωρίας της δραστηριότητας, που στοχεύει να ρίξει νέο φως στους τρόπους που διασταυρώνονται οι διαστάσεις των γεωργικών συστημάτων που βασίζονται σε δεδομένα. (Lioutas et al, 2019).
- Η ευφυής γεωργία είναι μια σχετικά νέα έννοια που αναφέρεται στη χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνίας στη διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, με ταυτόχρονη εστίαση στην παραγωγικότητα, την αποδοτικότητα και τη διατήρηση των φυσικών πόρων (Pivoto et al, 2019).
- Η ευφυής γεωργία βασίζεται στα καθήκοντα διαχείρισης στη γεωργική εκμετάλλευση και σε δεδομένα, ενισχυμένα από την ευαισθητοποίηση του πλαισίου και της κατάστασης, που ενεργοποιούνται από γεγονότα σε πραγματικό χρόνο. (Bucci et al, 2019).
- Η ευφυής γεωργία είναι το νέο σύστημα διαχείρισης για τις γεωργικές επιχειρήσεις συνδυάζοντας τη γεωργική επιστήμη και την ηλεκτρονική μηχανική και την τεχνολογία των υπολογιστών για να βελτιώσει την ποιότητα της ζωής του αγρότη (Janpla et al, 2019).
- Η ευφυής γεωργία περιλαμβάνει την ενσωμάτωση τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνίας σε μηχανήματα, εξοπλισμό και αισθητήρες για την χρήση στα συστήματα γεωργικής παραγωγής (Pivoto et al, 2018).

- Η ευφυής γεωργία ορίζεται ως ο συνδυασμός της τεχνολογίας του διαδικτύου (internet of things) και της τεχνικής καλλιέργειας, η ιδέα είναι να αυξηθεί η παραγωγικότητα και να μειωθούν οι πόροι (黃名揚, 2018).
- Η ευφυής γεωργία μπορεί να εκληφθεί ως μια μορφή γεωργίας που βασίζεται σε δεδομένα και στην οποία οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων βασίζονται σε ρητές πληροφορίες που προέρχονται από μεγάλα δεδομένα που συλλέγονται μέσω ετερογενών πηγών (Wolfert et al, 2017).
- Η ευφυής γεωργία (που αναφέρεται επίσης ως ψηφιακή γεωργία, ψηφιακή γεωργία και γεωργία ακριβείας) έχει ως στόχο τους στόχους της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας, αλλά υπάρχει ολοένα και μεγαλύτερη συνειδητοποίηση των πιθανών κοινωνικό-δεοντολογικών προκλήσεων (Eastwood et al, 2017).
- Η ευφυής γεωργία είναι μια έννοια διαχείρισης της γεωργίας που χρησιμοποιεί σύγχρονη τεχνολογία για την αύξηση της ποσότητας και της ποιότητας των γεωργικών
- Η Έξυπνη Γεωργία αντιπροσωπεύει την εφαρμογή των σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην γεωργία, που οδηγεί σε αυτό που μπορεί να ονομαστεί ως τρίτη Πράσινη Επανάσταση (SmartAKIS, 2019).
- Η έξυπνη γεωργία ορίζεται ως η ενσωμάτωση των δικτύων αισθητήρων στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις προκειμένου να ασκηθεί μια γεωργία ακριβείας (Bojan et al, 2015).

Από την ανάλυση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι η *ευφυής γεωργία* είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη ορολογία, αλλά εξαιτίας του μεγάλου εύρους τεχνολογιών που έχουν εφαρμοστεί στο πλαίσιο της ευφυούς γεωργίας, είναι δύσκολο να αποσταχθεί για αυτήν την έννοια ένας ακριβής ορισμός (Λιόπα-Τσακαλίδη et al, 2019).

Στην βιβλιογραφία εμφανίζονται και άλλοι σχετικοί όροι όπως:

- *Γεωργική νοημοσύνη (Agriculture Intelligence)*
- *Κλιματικά έξυπνη γεωργία (Climate Smart Agriculture)*

Η *Γεωργική νοημοσύνη (Agriculture Intelligence)* δεν είναι προϊόν ούτε σύστημα. Πρόκειται για μια αρχιτεκτονική, η οποία αποτελεί μια συλλογή ολοκληρωμένων επιχειρησιακών στοιχείων, τεχνολογιών και βάσεων δεδομένων που παρέχουν στην γεωργική κοινότητα εύκολη πρόσβαση στις γεωργικές γνώσεις (Ghadiyali et al, 2011).

Η κλιματικά έξυπνη γεωργία (Climate Smart Agriculture) είναι μια σχετικά νέα ιδέα που δρομολογήθηκε το 2009 και είναι υπέρ της ενσωμάτωσης των δράσεων προσαρμογής και μετριασμού στον γεωργικό τομέα για τη στήριξη της βιώσιμης γεωργικής ανάπτυξης για την επισιτιστική ασφάλεια στο πλαίσιο της αλλαγής του κλίματος. Η κλιματικά έξυπνη γεωργία ορίζεται ως μια προσέγγιση που αυξάνει βιώσιμα την γεωργική παραγωγικότητα, την ανθεκτικότητα (προσαρμογή), μειώνει / αφαιρεί τα αέρια θερμοκηπίου (μετριασμό) και ενισχύει την επίτευξη των εθνικών στόχων επισιτιστικής ασφάλειας και ανάπτυξης (Jayne, et al 2018).

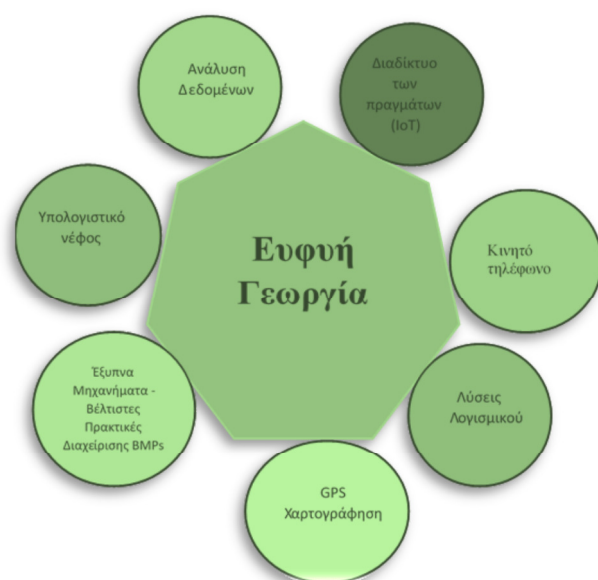


Η ευφυής γεωργία αντιπροσωπεύει την εφαρμογή των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη Γεωργία. Αυτή είναι σε θέση να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις του μέλλοντος υιοθετώντας τις συνδυασμένες τεχνολογίες για να επιτευχθεί μία καινούργια τεχνολογία η οποία επιτελεί το ίδιο έργο με προχωρημένο τρόπο. Οι τεχνολογίες που συνδυάζονται είναι:

- το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT),
- το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing),
- την Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analytics)
- Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence,)
- τα δίκτυα αισθητήρων, κλπ.

Το σχήμα 1 απεικονίζει στοιχεία τεχνολογίας που σχετίζονται με την ευφυή γεωργία. Μεταξύ αυτών των στοιχείων είναι το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) μια τεχνολογία που επιτρέπει την διασύνδεση των φυσικών πραγμάτων, όπως οι συσκευές IoT (π.χ. δίκτυα ασύρματων αισθητήρων, μετεωρολογικοί σταθμοί, κάμερες και έξυπνα τηλέφωνα), στο Διαδίκτυο. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)

είναι η βασική τεχνολογία πίσω από τα πρότυπα της ευφυούς γεωργίας (smart farming) και των υπόλοιπων σχετικών τεχνολογικών προτύπων που αφορούν τον αγροτικό τομέα. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας, στο οποίο στηρίζονται οι βασικές λειτουργίες της ευφυούς γεωργίας, είναι η επικοινωνία μεταξύ αυτοματοποιημένων ή ημι-αυτοματοποιημένων κόμβων και η ανταλλαγή και επεξεργασία δεδομένων μεταξύ τους και στην συνέχεια, η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών. Συγκεκριμένα στον αγροτικό τομέα, η ανταλλαγή, η επεξεργασία και η εξαγωγή πληροφοριών, αποσκοπούν στην παρουσίαση χρήσιμων δεδομένων όπως η παρακολούθηση της ανάπτυξης των καλλιεργειών, και η παρουσίασή αυτών των πληροφοριών στους αγρότες- παραγωγούς σε άλλα αυτοματοποιημένα συστήματα τα οποία υποβοηθούν τη συντήρηση των καλλιεργειών. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αποτελεί έναν βασικό και σημαντικό κρίκο στην αλυσίδα επεξεργασίας και προώθησης πληροφοριών με τελικό σκοπό την αποτελεσματική διαχείριση των καλλιεργειών. Πέραν, όμως των παραπάνω το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πιο άμεσα και πρακτικά: βάσει δεδομένων που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο, υπάρχει η δυνατότητα για αυτοματοποίηση λειτουργιών σε μια καλλιέργεια, όπως αυτόματη άρδευση.



Σχήμα 1: Στοιχεία τεχνολογίας της ευφυούς γεωργίας

1.3 Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη εφαρμογή της ευφυής γεωργίας χρονολογείται από το 1929, όταν οι Linsley και Bauer ανέπτυξαν τον πρώτο συντακτικό χάρτη για τη μελέτη της μεταβλητότητας του pH του εδάφους, αλλά οι ερευνητικές δραστηριότητες στην ευφυή γεωργία ξεκίνησαν αρχικά κατά την δεκαετία του 1980 με την δημιουργία του πρώτου μετρητή απόδοσης καλλιέργειας σε θεριζοαλωνιστική μηχανή, αισθητήρων εδάφους, με την κατασκευή συστημάτων εντοπισμού θέσης Global Positioning System (GPS) κατά το έτος 1984 και των τεχνολογιών του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) σε πανεπιστήμια ανά τον κόσμο. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 αναπτύχθηκαν ειδικά συστήματα ανίχνευσης του εδάφους τα οποία εξυπηρετούσαν στην μέτρηση περιεκτικότητας της καλλιέργειας σε χλωροφύλλη. Μέχρι το 2002 είχαν επιτευχθεί μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, λήψεις δορυφορικών εικόνων καθώς επίσης έγινε η πρώτη προσπάθεια με συστήματα ανίχνευσης ζιζανίων στις καλλιέργειες (Pedersen et al, 2015). Το 1997 και το 2005 πραγματοποιήθηκαν τα πρώτα ευρωπαϊκά και ασιατικά συνέδρια με θέμα την ευφυή γεωργία και από τότε θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά θέματα παγκοσμίως σε πολλά περιοδικά και βιβλία που σχετίζονται με αυτήν καθώς επίσης παρέχουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την διάδοση των διαφόρων ερευνών που αφορούν την ευφυή γεωργία η οποία αναπτύσσεται συνεχώς (Zhang, 2015). Τέλος, το 2015 εισήγαγαν τα πρώτα ρομποτικά συστήματα σε καλλιέργειες υψηλής κηπουρικής αξίας.

Κεφάλαιο 2

2. Ο Μικροελεγκτής

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μικροελεγκτών στην αγορά. Ο μικροελεγκτής Arduino είναι, ως επί το πλείστο πάνω σε διάφορες υλοποιήσεις αυτοματισμών λόγω της ικανοποιητικής επεξεργαστικής ισχύς του, της ευκολίας του προγραμματισμού του, της μεγάλης ποικιλίας του σε περιφερειακούς αισθητήρες, της μεγάλης γκάμας του στις τεχνολογίες ασύρματης και ενσύρματης επικοινωνίας και τέλος της πολύ χαμηλής τιμής του. Πρόκειται για έναν μικροελεγκτή ανοικτού κώδικα (open source) με ενσωματωμένο επεξεργαστή και εισόδους/εξόδους, το οποίο μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++). Το arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή για τον προγραμματισμό του αλλά και για την μετέπειτα επικοινωνία με σκοπό το συνεχόμενο monitoring των εργασιών όπου έχει προγραμματιστεί να εκτελεί καθώς και την εκτέλεση νέων εντολών που θα δοθούν σε αυτό από τον χρήστη. Ανάλογα τις ανάγκες του χρήστη κυκλοφορούν και διαφορετικές εκδόσεις Arduino με περισσότερες εισόδους και εξόδους μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ, λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, μεγαλύτερες δυνατότητες επικοινωνίας με άλλους μικροελεγκτές το διαδίκτυο αλλά και τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τέλος το κόστος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τρεις δημοφιλέστερες εκδόσεις Arduino.

Arduino Uno

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Μικροεπεξεργαστής: ATmega328P

Τάση λειτουργίας: 5 Volts

Τάση Εισόδου(προτεινόμενη): 7 με 12 Volts

Τάση Εισόδου(όριο): 6 με 20 Volts

Ψηφιακές Είσοδοι και Έξοδοι: 14

Αναλογικοί Είσοδοι: 6

DC ρεύμα ανά pin εισόδου-εξόδου: 20 mA

Flash Memory: 32 KB

SRAM: 2 KB

EEPROM: 1 KB

Ταχύτητα Επεξεργαστή: 16 MHz

Μήκος: 68.6 mm

Πλάτος: 53.4 mm

Βάρος: 25 g



Arduino Mega 2560

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Μικροεπεξεργαστής: Atmega2560

Τάση λειτουργίας: 5 Volts

Τάση Εισόδου(προτεινόμενη): 7 με 12 Volts

Τάση Εισόδου(όριο): 6 με 20 Volts

Ψηφιακές Είσοδοι και Έξοδοι: 54

Αναλογικοί Είσοδοι: 16

DC ρεύμα ανά pin εισόδου-εξόδου: 20 mA

Flash Memory: 256KB

SRAM: 8 KB

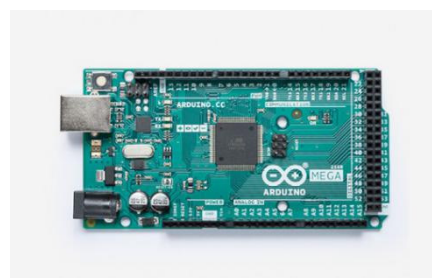
EEPROM: 4 KB

Ταχύτητα Επεξεργαστή: 16 MHz

Μήκος: 101.52 mm

Πλάτος: 53.3 mm

Βάρος: 37 g



Arduino Nano

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Μικροεπεξεργαστής: Atmega328

Τάση λειτουργίας: 5 Volts

Τάση Εισόδου: 7 με 12 Volts

Ψηφιακές Είσοδοι και Έξοδοι: 22

Αναλογικοί Είσοδοι: 8

DC ρεύμα ανά pin εισόδου-εξόδου: 40 mA

Flash Memory: 32KB

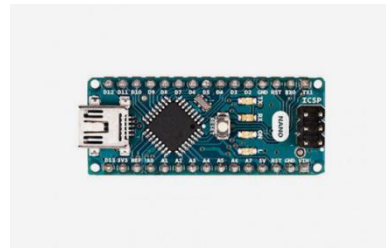
SRAM: 2 KB

EEPROM: 1 KB

Ταχύτητα Επεξεργαστή: 16 MHz

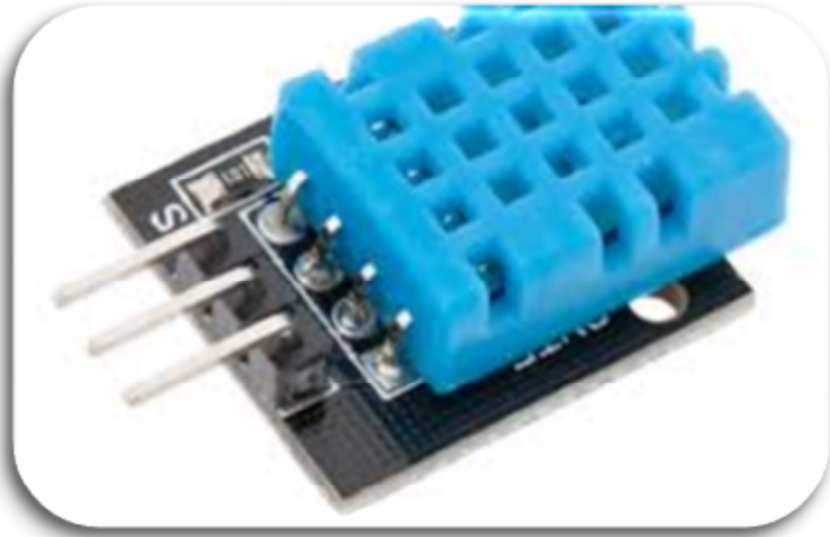
Μέγεθος: 18 x 45 mm

Βάρος: 7g



2.1 Αισθητήρας Θερμοκρασίας

Πρόκειται για τον DHT11 όπου είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας. Αυτοί οι αισθητήρες περιέχουν ένα τσιπ που μετατρέπει το αναλογικό σήμα που δέχεται από το περιβάλλον σε μια ψηφιακή τιμή όπου και εκπέμπεται στο Arduino δίνοντας μας την δυνατότητα για άμεση πληροφόρηση της τρέχουσας κατάστασης σε όποιο σημείο της καλλιέργειας είναι τοποθετημένος. Ο αισθητήρας είναι ικανός να μετρήσει θερμοκρασίες από 0 έως 50 °C +/- 2 °C και τροφοδοτείται από 3 έως 5.5v



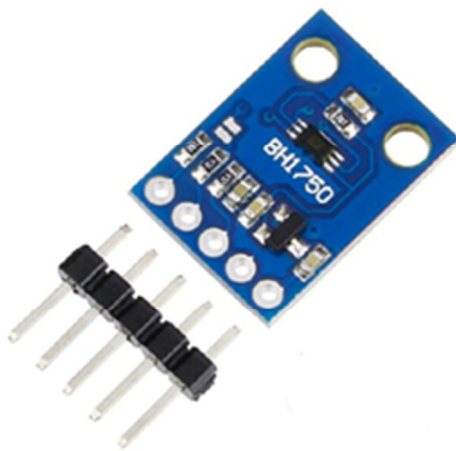
2.2 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους

Ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους αποτελείται από δύο ανιχνευτές οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του ογκομετρικού περιεχομένου του νερού. Οι δύο ανιχνευτές επιτρέπουν στο ρεύμα να περάσει από το έδαφος και έπειτα παίρνει την τιμή αντίστασης για να μετρήσει την τιμή υγρασίας. Όταν υπάρχει περισσότερο νερό, το έδαφος θα έχει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, πράγμα που σημαίνει ότι θα υπάρξει λιγότερη αντίσταση. Επομένως, το επίπεδο υγρασίας θα είναι υψηλότερο. Το ξηρό έδαφος δεν εκτελεί σωστά την ηλεκτρική ενέργεια, οπότε όταν θα υπάρξει μικρότερη ποσότητα νερού, τότε το έδαφος θα έχει λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια, πράγμα που σημαίνει ότι θα υπάρξει μεγαλύτερη αντίσταση. Επομένως, το επίπεδο υγρασίας θα είναι χαμηλότερο.



2.3 Αισθητήρας έντασης φωτός

Ο αισθητήρας χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της έντασης του φωτός. Συνδέεται τόσο με την αναλογική έξοδο όσο και με την ψηφιακή έξοδο. Όταν υπάρχει φως, η αντίσταση του αισθητήρα θα μειωθεί ανάλογα με την ένταση του φωτός. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του φωτός, τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση του αισθητήρα. Ο αισθητήρας διαθέτει ένα κουμπί ποτενσιόμετρου που μπορεί να ρυθμιστεί για να αλλάξει την ευαισθησία του προς το φως.



2.4 Αισθητήρας pH

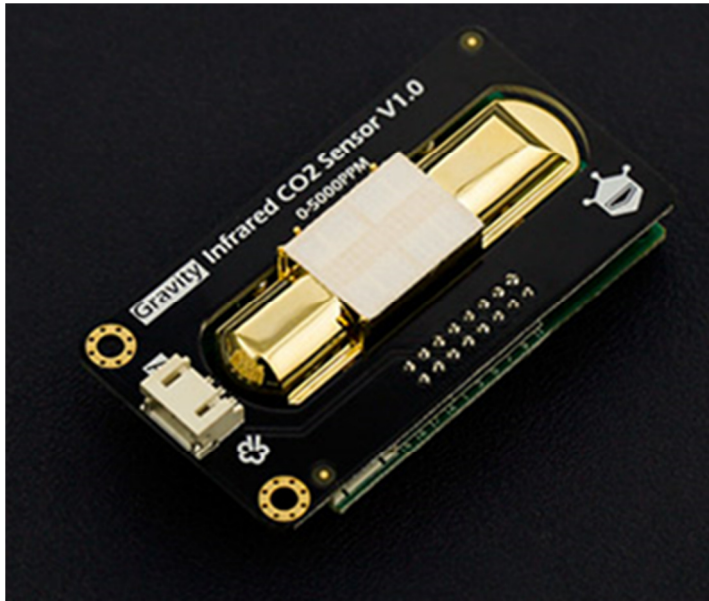
Το pH είναι ένα μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας ενός διαλύματος, η κλίμακα pH κυμαίνεται από 0 έως 14. Το pH υποδεικνύει τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου που υπάρχουν σε ορισμένα διαλύματα. Μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με ακρίβεια από έναν αισθητήρα που μετρά τη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο ηλεκτροδίων: ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς (χλωριούχο αργύρου / αργύρου) και ένα γυάλινο ηλεκτρόδιο που είναι ευαίσθητο στα ιόντα υδρογόνου. Αυτός είναι και ο τύπος του καθετήρα.



Πρέπει επίσης να χρησιμοποιήσουμε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για την κατάλληλη ρύθμιση του σήματος και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτόν τον αισθητήρα με το Arduino.

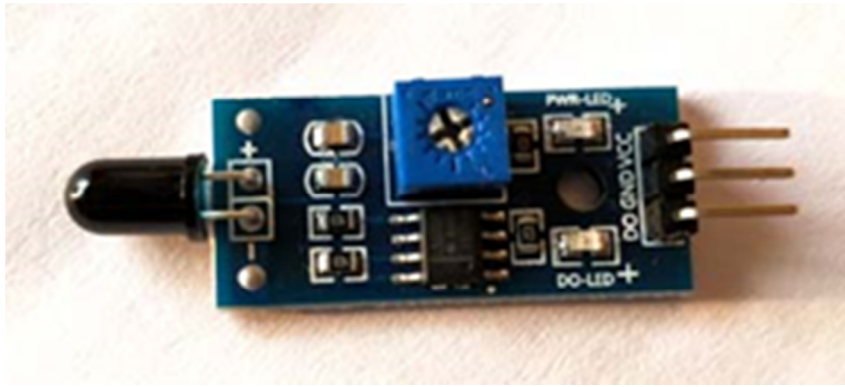
2.5 Αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα

Ο υψηλής ευκρίνειας αναλογικός υπέρυθρος αισθητήρας έχει εύρος μέτρησης από 0 έως 5000ppm. Αυτός ο αισθητήρας βασίζεται στην τεχνολογία υπέρυθρης ακτινοβολίας (NDIR) και έχει καλή εκλεκτικότητα και έλλειψη οξυγόνου. Εκτός αυτού, η διάρκεια ζωής του μπορεί να φτάσει μέχρι και 5 χρόνια. Εξίσου σημαντικά χαρακτηριστικά είναι η υψηλή ευαισθησία, η υψηλή ανάλυση, η χαμηλή κατανάλωση ρεύματος, η γρήγορη απόκριση, οι παρεμβολές κατά των υδρατμών και τέλος η υψηλή σταθερότητα.



2.6 Αισθητήρας ανίχνευσης φλόγας

Ένας ανιχνευτής είναι ένας αισθητήρας που έχει σχεδιαστεί για να ανιχνεύει και να ανταποκρίνεται στην παρουσία φλόγας ή φωτιάς. Οι απαντήσεις σε μια ανιχνευμένη φλόγα εξαρτώνται από την εγκατάσταση, αλλά μπορεί να περιλαμβάνουν την ανίχνευση ενός συναγερμού, την απενεργοποίηση μιας γραμμής καυσίμου (όπως μια γραμμή προπανίου ή φυσικού αερίου) και την ενεργοποίηση ενός συστήματος καταστολής πυρκαγιάς. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μεθόδων ανίχνευσης φλόγας. Μερικοί από αυτούς είναι: Ανιχνευτής υπεριώδους ακτινοβολίας, ανιχνευτής IR, ανιχνευτής υπέρυθρων, υπέρυθρες θερμικές κάμερες, ανιχνευτής UV / IR κ.λπ. Όταν η φωτιά καίει εκπέμπει μικρή ποσότητα υπέρυθρου φωτός, αυτό το φως θα ληφθεί από τη φωτοδίοδο (δέκτης υπέρυθρων ακτινών) στη μονάδα αισθητήρα. Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε ένα Op-Amp για να ελέγξουμε την αλλαγή τάσης στον δέκτη IR, έτσι ώστε αν ανιχνευθεί πυρκαγιά, ο ακροδέκτης εξόδου (DO) θα δώσει 0V (LOW) και εάν δεν υπάρχει φωτιά ο ακροδέκτης εξόδου θα είναι 5V ΥΨΗΛΟΣ).



Κεφάλαιο 3

3 Τεχνολογίες δικτύου στην ευφυή γεωργία

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται όλες οι τεχνολογίες δικτύου που καθιστούν ένα σύστημα ευφυούς γεωργίας αποτελεσματικά και αποδοτικά ικανό στη συλλογή και την αποστολή δεδομένων για την διαδικασία της ανάλυσης και της επεξεργασίας. Οι διαφοροποιήσεις κάθε συστήματος και περιβάλλοντος είναι αρκετές.



Η επιλογή του κατάλληλου πρωτοκόλλου δικτύωσης, από την μια πλευρά, είναι πολύ σημαντική για το σχεδιασμό ενός συστήματος ευφυούς γεωργίας αναφορικά με την αξιοπιστία και την ενεργειακή απόδοσή του.



Χαρακτηριστικά όπως η εμβέλεια μετάδοσης, το εύρος ζώνης, η περιοχή συχνοτήτων και η ενεργειακή απόδοση είναι κάποια από τα σημεία που πρέπει να μελετηθούν για την σωστή επιλογή πρωτοκόλλου δικτύωσης. Τα πρωτόκολλα εφαρμογής, από την

άλλη πλευρά, στοχεύουν στην καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών, στην διαδραστικότητα και την ανοχή στα σφάλματα.

3.1 Πρωτόκολλα Δικτύωσης

Εισαγωγή στα πρωτόκολλα δικτύωσης

Μια βασική κατανόηση της δικτύωσης είναι σημαντική για όσους διαχειρίζονται ένα διακομιστή. Όχι μόνο είναι απαραίτητο για την απόκτηση των υπηρεσιών σε απευθείας σύνδεση και ομαλή λειτουργία, αλλά δίνει επίσης τη διορατικότητα να διαγνωστούν μερικά προβλήματα.

Τα πρωτόκολλα δικτύωσης είναι ένα σύνολο καθορισμένων κανόνων, όπου τα δύο άκρα του καναλιού επικοινωνίας τηρούν αυτούς τους κανόνες για την κατάλληλη ανταλλαγή πληροφοριών.

Ορισμένα πρωτόκολλα υποστηρίζουν επίσης την αναγνώριση μηνυμάτων και τη συμπίεση δεδομένων που έχουν σχεδιαστεί για την αξιόπιστη και την υψηλής απόδοσης της επικοινωνίας του δικτύου.

Τα σύγχρονα πρωτόκολλα για τη δικτύωση υπολογιστών χρησιμοποιούν τεχνικές μεταγωγής πακέτων για να στέλνουν και να λαμβάνουν μηνύματα με τη μορφή πακέτων - τα μηνύματα υποδιαιρούνται σε κομμάτια που συλλέγονται και επανασυναρμολογούνται στον προορισμό τους. Έχουν αναπτυχθεί εκατοντάδες διαφορετικά πρωτόκολλα δικτύωσης υπολογιστών, το καθένα σχεδιασμένο για συγκεκριμένους σκοπούς και περιβάλλοντα.

Πρωτόκολλα Διαδικτύου

Η οικογένεια πρωτοκόλλου Internet (IP) περιέχει ένα σύνολο συναφών (και μεταξύ των πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενων) πρωτοκόλλων δικτύου. Εκτός από το πρωτόκολλο Ίντερνετ, πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου, όπως το TCP, το HTTP και το FTP, όλα ενσωματώνονται με IP για να παρέχουν πρόσθετες δυνατότητες. Παρομοίως, πρωτόκολλα Internet χαμηλότερου επιπέδου όπως το ARP και το ICMP συνυπάρχουν επίσης με την IP. Γενικά, πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου στην οικογένεια IP αλληλοεπιδρούν στενότερα με εφαρμογές όπως προγράμματα περιήγησης ιστού, ενώ πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου αλληλοεπιδρούν με προσαρμογείς δικτύου και άλλο υλικό υπολογιστή.

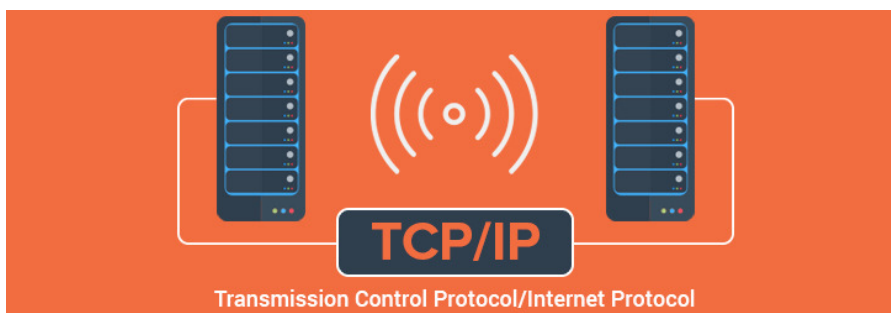
Πρωτόκολλα ασύρματου δικτύου

Χάρη στο Wi-Fi, το Bluetooth και το LTE, τα ασύρματα δίκτυα έχουν γίνει συνηθισμένα. Τα πρωτόκολλα δικτύου που έχουν σχεδιαστεί για χρήση σε ασύρματα δίκτυα πρέπει να υποστηρίζουν κινητές συσκευές περιαγωγής και να αντιμετωπίζουν ζητήματα όπως μεταβλητά ποσοστά δεδομένων και ασφάλεια δικτύου.



Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης -Transmission Control Protocol (TCP)

Το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης είναι το βασικό πρωτόκολλο της σουίτας πρωτοκόλλου. Προέρχεται από την υλοποίηση του δικτύου στο οποίο συμπλήρωσε το πρωτόκολλο του Internet. Επομένως, ολόκληρη η σουίτα αναφέρεται συνήθως ως TCP / IP. Το TCP παρέχει αξιόπιστη παράδοση ενός ρεύματος οκτάδων μέσω ενός δικτύου IP. Η παραγγελία και ο έλεγχος σφαλμάτων αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά του TCP. Όλες οι σημαντικές εφαρμογές Διαδικτύου, όπως το World Wide Web, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και η μεταφορά αρχείων, βασίζονται στο TCP.



Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP)

Το πρωτόκολλο Internet είναι το κύριο πρωτόκολλο στη σουίτα πρωτοκόλλου Internet για την αναμετάδοση δεδομένων μεταξύ των δικτύων. Η λειτουργία δρομολόγησης καθορίζει ουσιαστικά το διαδίκτυο. Ιστορικά, ήταν η υπηρεσία datagram (γραμμή δεδομένων) χωρίς σύνδεση στο αρχικό πρόγραμμα ελέγχου

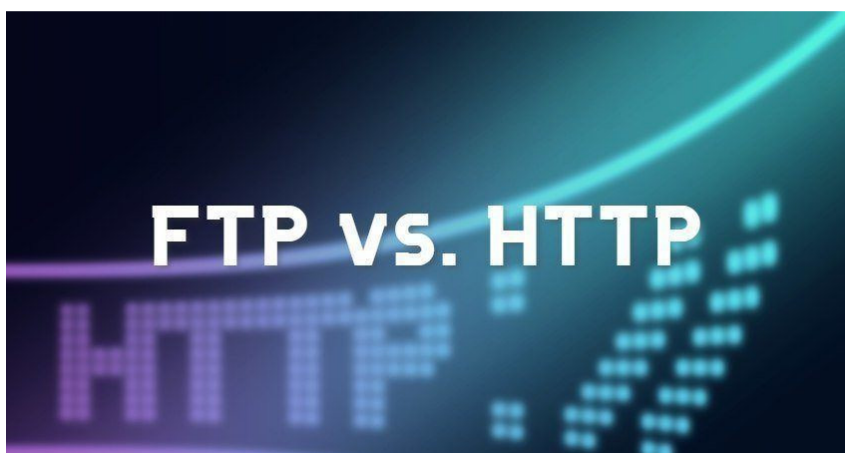
μετάδοσης, ενώ το άλλο είναι το πρωτόκολλο προσανατολισμού σύνδεσης (TCP). Επομένως, η σουίτα πρωτοκόλλου Internet αναφέρεται ως TCP / IP.

Πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου -Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

Το HTTP είναι το θεμέλιο της επικοινωνίας δεδομένων για τον Παγκόσμιο Ιστό. Το υπερκειμενικό κείμενο είναι δομημένο κείμενο που χρησιμοποιεί υπερσυνδέσμους μεταξύ κόμβων που περιέχουν κείμενα. Το HTTP είναι το πρωτόκολλο εφαρμογής για κατανεμημένο και συνεργατικό σύστημα πληροφοριών υπερμέσων (hypermedia).

Πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων -File Transfer Protocol (FTP)

Το FTP είναι το πιο κοινό πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στη μεταφορά αρχείων στο Internet και στα ιδιωτικά δίκτυα.



3.2 Πρωτόκολλα Επιπέδου Εφαρμογής

Ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι διεργασίες εφαρμογών (υπολογιστές-πελάτες και διακομιστές) που εκτελούνται σε διαφορετικά συστήματα τελών, μεταδίδουν μηνύματα μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, ένα πρωτόκολλο εφαρμογής επιπέδου ορίζει:

- Τους τύπους μηνυμάτων, π.χ., μηνύματα αίτησης και μηνύματα απόκρισης
- Την σύνταξη των διαφόρων τύπων μηνυμάτων, δηλαδή τα πεδία του μηνύματος και ο τρόπος με τον οποίο ορίζονται τα πεδία.
- Τη σημασιολογία των πεδίων, δηλαδή η έννοια των πληροφοριών που υποτίθεται ότι περιέχει το πεδίο.
- Τους κανόνες για τον προσδιορισμό του πότε και πώς μια διαδικασία στέλνει μηνύματα και ανταποκρίνεται σε αυτά.

Κεφάλαιο 4

4 Συλλογή δεδομένων από αισθητήρες

Τα μεγάλα δεδομένα (Big Data) είναι ένα πεδίο που αντιμετωπίζει τους τρόπους ανάλυσης, συστηματικής απόσπασης πληροφοριών ή άλλου τρόπου αντιμετώπισης πακέτων δεδομένων που είναι πολύ μεγάλα ή περίπλοκα για να αντιμετωπιστούν από το παραδοσιακό λογισμικό εφαρμογών επεξεργασίας δεδομένων. Δεδομένα με πολλές περιπτώσεις (σειρές) προσφέρουν μεγαλύτερη στατιστική ισχύ, ενώ δεδομένα με μεγαλύτερη πολυπλοκότητα (περισσότερα χαρακτηριστικά ή στήλες) μπορεί να οδηγήσουν σε υψηλότερο ποσοστό ψευδών ανακαλύψεων (Breur, 2016). Οι μεγάλες προκλήσεις δεδομένων περιλαμβάνουν τη συλλογή δεδομένων, την αποθήκευση δεδομένων, την ανάλυση δεδομένων, την αναζήτηση, την κοινή χρήση, τη μεταφορά, την απεικόνιση, την ερώτηση, την ενημέρωση, την ιδιωτικότητα των πληροφοριών και την πηγή δεδομένων. Τα μεγάλα δεδομένα συνδέθηκαν αρχικά με τρεις βασικές έννοιες τον όγκο, την ποικιλία και την ταχύτητα. Όταν χειρίζονται τα μεγάλα δεδομένα, ενδέχεται να γίνουν δείγματα αλλά να παρατηρηθούν και να παρακολουθηθούν τι συμβαίνει. Τα μεγάλα δεδομένα συχνά περιλαμβάνουν δεδομένα με μεγέθη που υπερβαίνουν την ικανότητα του παραδοσιακού λογισμικού. Τα μεγάλα δεδομένα και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) συνεργάζονται. Τα δεδομένα που εξάγονται από συσκευές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) δίνουν μια χαρτογράφηση της διασύνδεσης της συσκευής. Τέτοιες χαρτογραφίες έχουν χρησιμοποιηθεί από τη βιομηχανία των μέσων ενημέρωσης, από τις εταιρείες και από τις κυβερνήσεις για να στοχεύσουν με μεγάλη ακρίβεια το κοινό τους και να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα των μέσων ενημέρωσης. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) υιοθετείται ολοένα και περισσότερο ως μέσο συλλογής αισθητήρες τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί στην ιατρική και στην βιομηχανία.

Τα μεγάλα δεδομένα αυξάνονται ραγδαία, επειδή συλλέγονται ολοένα από φτηνές και πολυάριθμες συσκευές του Διαδικτύου (Internet) όπως είναι οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας, η τηλεανίχνευση, τα ημερολόγια λογισμικού, οι κάμερες, τα μικρόφωνα, η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. (Hellerstein, 2008; Segaran, 2009).

Η επικοινωνία μηχανής- προς- μηχανή M2M (machine to machine) είναι σχετικά μία νέα τεχνολογία κατά την οποία διάφορες συσκευές όπως ο φούρνος μικροκυμάτων, το ψυγείο, ο φορητός υπολογιστής, το κινητό τηλέφωνο και άλλες συσκευές που χρησιμοποιούνται στην καθημερινότητα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους όταν συμπεριλαμβάνονται σε κάποιο δίκτυο.



Σε μια εφαρμογή ευφυούς γεωργίας οι συσκευές αυτές μπορούν να αποστέλλουν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει στον κεντρικό εξυπηρετητή νέφους μέσω είτε τοπικών δικτύων (Wi-Fi, Bluetooth, RFID) ή κεντρικών δικτύων (WiMAX, WLAN). Η συλλογή δεδομένων αποτελεί σημαντικό ρόλο για τη διατήρηση της διαχείρισης των καλλιεργειών και της παραγωγικότητας.

4.1 Μεγάλα δεδομένα (Big Data) και ευφυή γεωργία

Η ευφυή γεωργία είναι μια εξέλιξη που δίνει έμφαση στη χρήση της πληροφορίας και της τεχνολογικής επικοινωνίας στον κυβερνοφυσικό κύκλο διαχείρισης των αγροκτημάτων.



Οι νέες τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων και το νέφος (Cloud Computing) αναμένεται να αξιοποιήσουν αυτή την εξέλιξη και να εισάγουν

περισσότερα ρομπότ και τεχνητή νοημοσύνη στην γεωργία. Αυτό καλύπτεται από το φαινόμενο των μεγάλων δεδομένων Big Data, μεγάλου όγκου δεδομένων με μεγάλη ποικιλία που μπορεί να συλλεχθεί, να αναλυθεί και να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη αποφάσεων. Τόσο τα μεγάλα δεδομένα όσο και η ευφυή γεωργία είναι σχετικά νέες έννοιες, επομένως αναμένεται ότι η γνώση σχετικά με τις εφαρμογές τους και τις επιπτώσεις τους στην έρευνα και την ανάπτυξη δεν είναι ευρέως διαδεδομένη.

- Μελλοντικά, η έξυπνη γεωργία θα βασίζεται στη διαθεσιμότητα των μεγάλων δεδομένων.
- Η τεχνολογία όπως οι αισθητήρες στη γεωργία θα είναι σε θέση να παρέχει στους παραγωγούς μεγάλες ποσότητες δεδομένων.
- Η εθνική ασφάλεια θα πρέπει να αντιμετωπιστεί πριν υπάρξουν μεγάλα δεδομένα για την προστασία της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας των πληροφοριών.
- Μεγάλα δεδομένα θα βοηθήσουν στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και θα επιτρέψουν περαιτέρω εξελίξεις στο πλαίσιο της υπάρχουσας τεχνολογίας, όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων και το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing).
- Οι βασικές λειτουργίες διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων που θα μπορούν να αξιοποιηθούν στο μέλλον από την τεχνολογία συνίστανται στα εξής:
 1. Αίσθηση και παρακολούθηση
 2. Ανάλυση και λήψη αποφάσεων
 3. Παρέμβαση
- Τα μεγάλα δεδομένα θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων.
- Οι μεγάλες επιχειρήσεις αγροβιομηχανίας μπορούν να συνεργαστούν με τους αγρότες για να αναλύσουν τα δεδομένα τους και να βρουν λύσεις σε συγκεκριμένα προβλήματα εκμετάλλευσης, ωστόσο η ιδιοκτησία των δεδομένων που έχει παράσχει ο γεωργός στη συνέχεια χρησιμοποιείται από αυτές τις εταιρείες για δικές τους αναλύσεις ο οποίος και δεν έχει κανένα δικαίωμα στη χρήση του.
- Η ιδιοκτησία δεδομένων θα εξακολουθήσει να αποτελεί ανησυχία για τα μεγάλα δεδομένα μέχρι να εφαρμοστούν πολιτικές για την προστασία της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας των πληροφοριών αυτών.

4.2 Υπηρεσίες Δικτύου

4.2.1 Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)

Το υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing) είναι η παροχή υπολογιστικών υπηρεσιών μέσω του διαδικτύου.

Τα συστήματα νέφους χωρίζονται σε διαφορετικά μοντέλα υπηρεσιών ανάλογα με τον συνδυασμό των υπηρεσιών που προσφέρουν.

- Λογισμικό ως υπηρεσία (Software as a Service - SaaS): Πρόκειται για ένα πλήρως λειτουργικό περιβάλλον με εφαρμογές, διαχείριση και διεπιφάνεια χρήστη.
- Πλατφόρμα ως υπηρεσία (Platform as a Service - PaaS): Μία ολόκληρη πλατφόρμα παρέχεται ως υπηρεσία, πάνω στην οποία μπορεί να χτιστεί κάποια άλλη εφαρμογή. Παρέχονται εικονικές μηχανές, λειτουργικά συστήματα, εφαρμογές, υπηρεσίες, πλαίσια ανάπτυξης και δομές ελέγχου.
- Υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS): Παρέχονται εικονικές μηχανές, εικονικός αποθηκευτικός χώρος, εξυπηρετητές, εικονική υποδομή και άλλα υλικά στοιχεία ως πόροι που μπορούν οι πελάτες να προμηθευτούν.



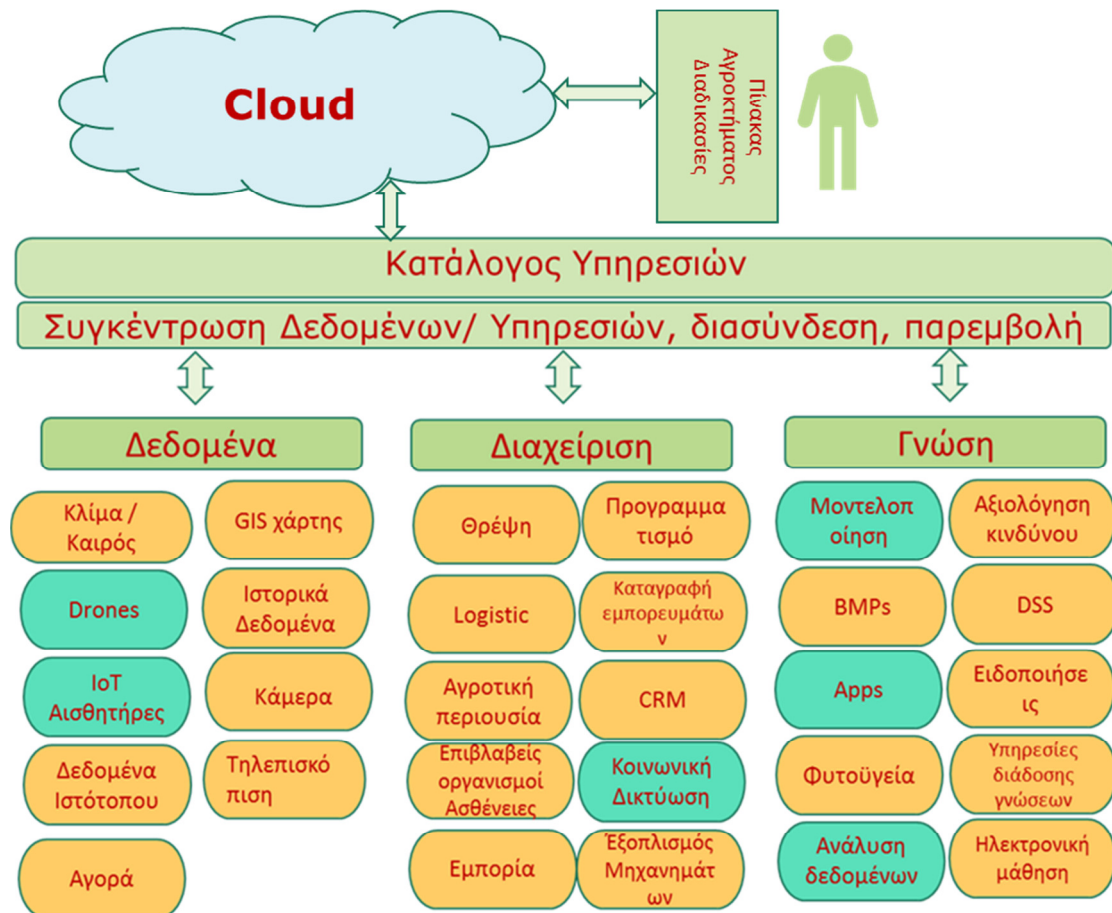
Το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) είναι κρίσιμο για την ανάπτυξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) λόγω του τεράστιου όγκου των δεδομένων που παράγονται από συσκευές Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και της αναγκαιότητας

αυτών να αναλύονται από υπολογιστές υψηλής επεξεργαστικής ισχύος. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) είναι άρρηκτα συνδεδεμένα και εφαρμόζονται για την απλοποίηση σύνθετων προβλημάτων.

Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)

Το υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing) είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει την πρόσβαση στο δίκτυο σε μια κοινόχρηστη ομάδα από διαμορφωμένους υπολογιστικούς πόρους (π.χ. δίκτυα, διακομιστές, αποθηκευτικούς χώρους, εφαρμογές και υπηρεσίες) που μπορούν να δημιουργηθούν γρήγορα και να κυκλοφορήσουν με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή αλληλεπίδρασης παρόχου υπηρεσιών. Ουσιαστικά, το υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing) είναι η παροχή υπολογιστικών υπηρεσιών μέσω του διαδικτύου.

Οι τεχνολογίες του υπολογιστικού νέφους (Cloud Computing) έχουν γίνει η βάση για νέα γεωργικά επιχειρηματικά μοντέλα. Το υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing) είναι το επόμενο κύμα της τεχνολογίας των πληροφοριών για αγρότες και εταιρείες.



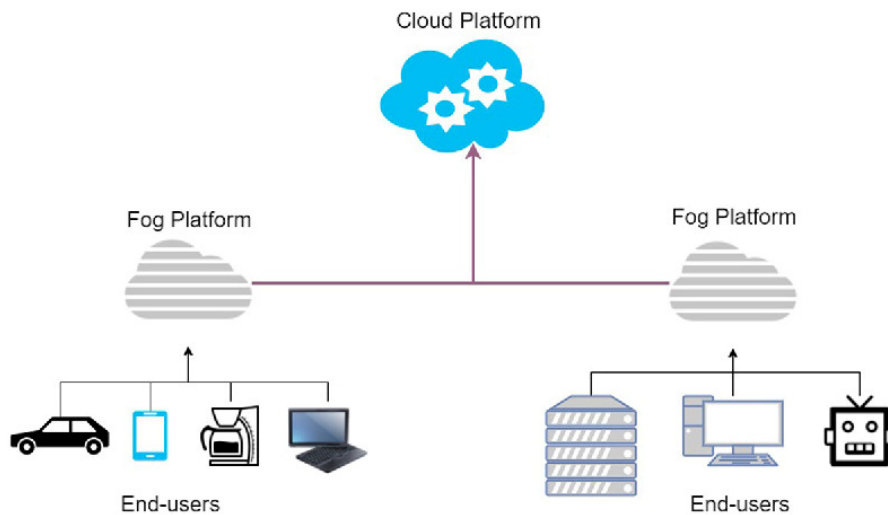
Οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες και δημιουργούν τεράστιο όγκο δεδομένων για όλες τις δραστηριότητες του αγροκτήματος με Αισθητήρες Χαρτογράφησης Παραγωγής, Αισθητήρες για τη Μέτρηση Παραμέτρων Εδάφους κ.α.

4.2.2 Υπολογιστική ομίχλη (Fog Computing)



Η Υπολογιστική ομίχλη (Fog Computing) είναι μια αρχιτεκτονική που χρησιμοποιεί συσκευές ακροδεκτών για να πραγματοποιήσει ένα σημαντικό ποσό υπολογισμών, αποθήκευσης και επικοινωνίας σε τοπικό επίπεδο (Bar-Magen, 2013; Bonomi, 2011; Bonomi et al, 2012). Αυτή μπορεί να γίνει αντιληπτή τόσο σε μεγάλα συστήματα σύννεφων όσο και σε μεγάλες δομές δεδομένων, αναφέροντας τις αυξανόμενες δυσκολίες στην αντικειμενική πρόσβαση σε πληροφορίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη ποιότητας του περιεχομένου που έχει αποκτηθεί. Οι επιπτώσεις της στο υπολογιστικό νέφος και τα μεγάλα συστήματα δεδομένων μπορεί να διαφέρουν. Τόσο το υπολογιστικό νέφος όσο και η υπολογιστική ομίχλη παρέχουν αποθήκευση, εφαρμογές και δεδομένα στους τελικούς χρήστες. Η υπολογιστική ομίχλη (Fog Computing) έχει ευρύτερη γεωγραφική κατανομή (Bonomi et al, 2012).

Η δικτύωση ομίχλης αποτελείται από ένα επίπεδο ελέγχου και ένα επίπεδο δεδομένων. Στο επίπεδο δεδομένων, η υπολογιστική ομίχλη (Fog Computing) επιτρέπει στις υπηρεσίες πληροφορικής να διαμείνουν στην άκρη του δικτύου σε αντίθεση με τους διακομιστές σε ένα κέντρο δεδομένων. Σε σύγκριση με το υπολογιστικό νέφος, αυτή δίνει έμφαση στην εγγύτητα προς τους τελικούς χρήστες και τους στόχους του πελάτη.

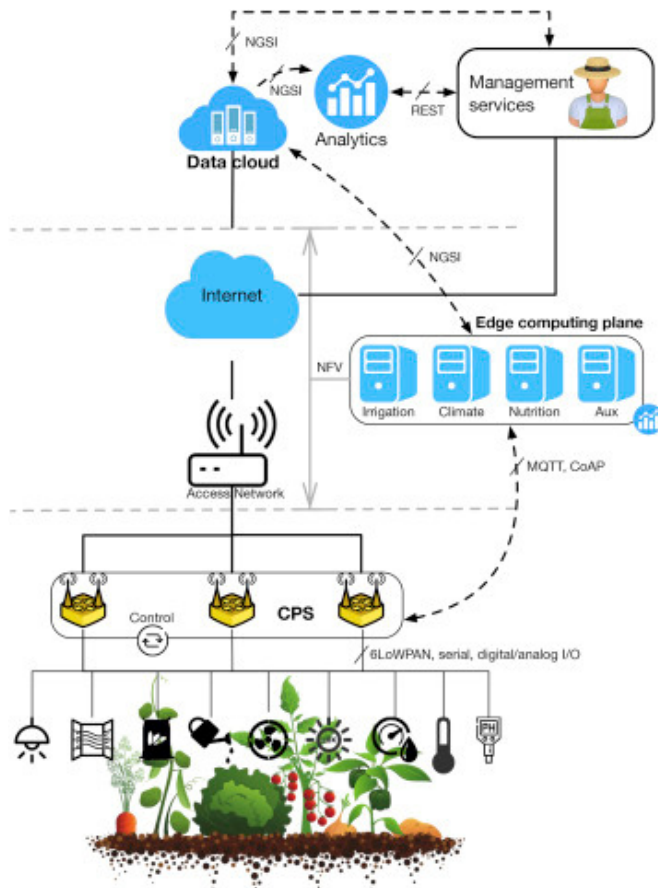


Cisco. This figure shows how diverse set of devices can communicate with the Cloud using Fog .

Επίσης δίνει έμφαση στην πυκνή γεωγραφική κατανομή στην ευαισθητοποίηση του περιβάλλοντος και στην μείωση της καθυστέρησης και της εξοικονόμησης του εύρους ζώνης για την επίτευξη καλύτερης ποιότητας υπηρεσίας ή αλλιώς Quality of Service - QoS (Brogi, 2017).

4.2.3 Υπολογιστική άκρη (Edge Computing)

Ο Υπολογισμός Άκρων (Edge Computing) είναι ένα επιπλέον υπολογιστικό μοντέλο, το οποίο διέπεται από τις ίδιες αρχές με το Fog Computing. Το Edge computing, όπως και το Fog computing, προεκτείνει τις υπηρεσίες νέφους σε τερματικές συσκευές. Αναφέρεται σε εκείνες τις τεχνολογίες που επιτρέπουν να εκτελείται ο υπολογισμός και η αποθήκευση σε τερματικές συσκευές.



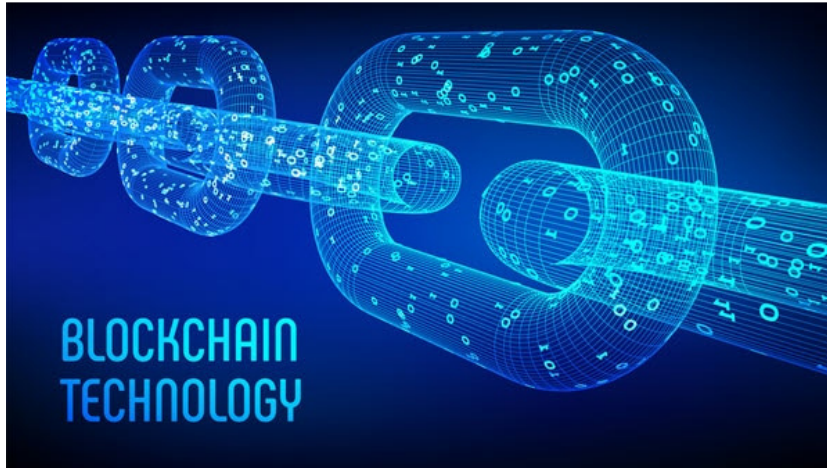
Η αρχιτεκτονική του Edge computing, όπως και του Fog computing είναι ιεραρχική, μη-κεντροποιημένη και κατακευματισμένη. Οι υπηρεσίες που προσφέρουν υλοποιούνται κοντά στο χρήστη. Στο Edge computing οι υπηρεσίες τοποθετούνται στις τελικές συσκευές, οι οποίες βρίσκονται ένα επίπεδο πιο πάνω από τις τελικές συσκευές. Παρ' όλες τις δυνατότητες που μας προσφέρει το edge computing, δεν υπάρχει συστηματική εφαρμογή του η οποία να στοχεύει στην απόδοση και σε άλλες πτυχές του προτύπου, σε πραγματικές συνθήκες. Ωστόσο, αποτελεί μια καλή προοπτική για το IoT καθώς αυξάνει τις δυνατότητες επεξεργασίας ενός συστήματος βασισμένο στο IoT, το οποίο εγγενώς δεν έχει τέτοιες δυνατότητες επεξεργαστικής ισχύος από μόνο του (El-Sayed et al, 2018). Οι Zamora-Izquierdo et al (2019) αναφέρουν ότι γενικά οι εφαρμογές του διαδικτύου των πραγματικών (IoT) που αναπτύχθηκαν και παρουσιάζονται μέχρι σήμερα στην διεθνή βιβλιογραφία για την ευφυή γεωργία, χρησιμοποιώντας ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSNs), όπως δίκτυο αισθητήρων άρδευσης, δεν εκμεταλλεύονται ακόμα τον υπολογισμό άκρων (edge computing) (Pham et al, 2019).

4.3 Τεχνολογία Blockchain



Το blockchain με απλούς όρους είναι μια δομή δεδομένων που περιέχει αρχεία συναλλαγών και παράλληλα διασφαλίζει την ασφάλεια και την διαφάνεια. Μπορεί να θεωρηθεί ως μια αλυσίδα αρχείων που αποθηκεύονται σε μορφές μπλοκ που δεν ελέγχονται από καμία αρχή. Είναι ένα κατανεμημένο βιβλίο πλήρως ανοιχτό σε όλους στο δίκτυο και μόλις μια πληροφορία αποθηκευτεί σε αυτό, είναι εξαιρετικά δύσκολο να αλλαχθεί (Pratap, 2018). Το blockchain περιέχει μια χρονικά-σφραγισμένη σειρά αναλλοίωτων δεδομένων (data) που διαχειρίζεται από ένα σύμπλεγμα υπολογιστών που δεν ανήκουν σε καμία ενιαία οντότητα. Κάθε ένα από αυτά τα μπλοκ δεδομένων (block) είναι ασφαλισμένο και δεσμευμένο το ένα με το άλλο χρησιμοποιώντας κρυπτογραφικές αρχές, δημιουργώντας έτσι μια αλυσίδα (chain) (Rosic, guides/blockchain, 2019). Η πρώτη ιστορικά, εφαρμογή της τεχνολογίας πραγματοποιήθηκε στον χώρο των ψηφιακών νομισμάτων, και ήταν η περίπτωση του bitcoin (ειδικό ψηφιακό νόμισμα γνωστό και ως κρυπτονόμισμα χωρίς κεντρική τράπεζα ή κεντρικό διαχειριστή που μπορεί να κάνει μεταφορές από χρήστη σε χρήστη του δικτύου χωρίς την ανάγκη ενδιάμεσου)

Η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο να καταλήξουν σε συμφωνία, κοινώς γνωστή ως ομοφωνία (συναίνεση). Όλα τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο blockchain καταγράφονται ψηφιακά και έχουν ένα κοινό ιστορικό το οποίο είναι διαθέσιμο σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφονται οι πιθανότητες οποιασδήποτε απατηλής δραστηριότητας ή διπλής συναλλαγής χωρίς την ανάγκη ενός τρίτου (Pratar, 2018).



Κεφάλαιο 5

5 Εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στην ευφυή γεωργία

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) επηρεάζει τον κόσμο στον οποίο ζούμε. Ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αγγίξει τα 9,6 δισεκατομμύρια μέχρι το έτος του 2050 (Mekala et al, 2017). Για να τροφοδοτηθεί ο μελλοντικός πληθυσμός της γης η γεωργία πρέπει να συνδεθεί με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) ,επειδή πρέπει να καλυφθεί η ζήτηση για περισσότερα τρόφιμα. Η ευφυή γεωργία βασίζεται στις τεχνολογίες IoT και επιτρέπει στους αγρότες να αυξήσουν την παραγωγικότητα.



Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) φέρνει επανάσταση σε σχεδόν κάθε πτυχή της. Η χρήση των έξυπνων συσκευών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) αυξάνεται με όλες τις βιομηχανίες που επενδύουν σε μεγάλο βαθμό στο IoT. Οι κύριοι στόχοι των επενδύσεων σε αυτό είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων, η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και η μείωση του κόστους παραγωγής.

5.1 Οφέλη από την χρήση IoT τεχνολογιών στην ευφυή γεωργία

Πολλά οφέλη προκύπτουν από την εφαρμογή του IoT στη γεωργία.

- Η εφαρμογή του IoT οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής στις καλλιέργειες και στα ζώα μέσω της δημιουργίας του κατάλληλου περιβάλλοντος, της παρακολούθησης και του ελέγχου των διαφόρων πτυχών.

- Το IoT συμβάλλει στη μείωση του κόστους παραγωγής ιδίως σε μεγάλες καλλιέργειες. Οι συσκευές IoT μειώνουν την ανάγκη για ανθρώπινες παρεμβάσεις, μειώνοντας έτσι τον αριθμό των εργαζομένων σε ένα αγρόκτημα.
- Η εφαρμογή IoT μειώνει τη σπατάλη πόρων όπως το νερό, τα λιπάσματα και τα εξαρτήματα μηχανών. Εξασφαλίζουν τις σωστές ποσότητες νερού και λιπασμάτων που προστίθενται στο έδαφος. Οι αισθητήρες στα γεωργικά μηχανήματα και στις γεωργικές μηχανές βοηθούν στην προληπτική συντήρηση για την εξασφάλιση έγκαιρων επισκευών και αντικαθίστανται μόνο τα ελαττωματικά μέρη.
- Τα πολλά δεδομένα, που συλλέγονται από αισθητήρες ευφυούς γεωργίας, από τις κλιματικές συνθήκες, από την ποιότητα του εδάφους, ή από την υγεία των ζώων. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της κατάστασης της γεωργικής επιχείρησής καθώς και της απόδοσης των εργατών της και του αγρότη, της αποδοτικότητας του εξοπλισμού κ.α.



- Η διαχείριση κόστους και η μείωση των αποβλήτων που οφείλεται στον αυξημένο έλεγχο της παραγωγής.
- Η βελτιωμένη κτηνοτροφία. Οι αισθητήρες και οι μηχανές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση αναπαραγωγικών και υγειονομικών συμβάντων σε ζώα. Η γεωγραφική παρακολούθηση θέσης μπορεί επίσης να βελτιώσει την παρακολούθηση και τη διαχείριση της κτηνοτροφίας.
- Η εφαρμογή του IoT βελτιώνει την συνολική λειτουργική αποτελεσματικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων παρέχοντας δεδομένα που επιτρέπουν τη βέλτιστη λειτουργία κάθε διεργασίας.

Ως αποτέλεσμα, όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορούν τελικά να οδηγήσουν σε υψηλότερα έσοδα.

5.2 Μελέτες περιπτώσεων IoT στην Ευφυή γεωργία

Παρατίθενται εφαρμογές IoT, συσκευές, αισθητήρες, ενεργοποιητές κ.α. της ευφυούς γεωργίας .

5.2.1 Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (monitoring)

Οι πιο δημοφιλείς έξυπνες συσκευές είναι οι μετεωρολογικοί σταθμοί, οι οποίοι συνδυάζουν διάφορους αισθητήρες ευφυούς γεωργίας. Τοποθετημένες σε όλη την γεωργική εκμετάλλευση, συλλέγουν διάφορα δεδομένα από το περιβάλλον και τα στέλνουν στο νέφος (Zhao et al, 2010). Οι 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, 2017). Παραδείγματα συσκευών IoT της γεωργίας είναι Smart Elements και Pycno.



Smart Meteo Monitoring Pycno Platform

5.2.2 Αυτοματισμοί θερμοκηπίων (Automatation Greenhouses)

Τα παραδοσιακά θερμοκήπια βασίστηκαν σε χειρωνακτικές παρεμβάσεις για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Ωστόσο, οι χειρωνακτικές παρεμβάσεις έχουν μειονεκτήματα, όπως είναι η απώλεια ενέργειας και η απώλεια παραγωγής. Το ευφυές θερμοκήπιο (smart greenhouse) επιλύει αυτά τα ζητήματα με τη χρήση συστημάτων IoT παρακολουθώντας και ελέγχοντας πτυχές όπως είναι η θερμοκρασία, η φωτεινότητα, το έδαφος, τα λιπάσματα και η υγρασία. Χρησιμοποιώντας τα συλλεχθέντα δεδομένα, μπορούν να διατηρηθούν οι βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών για να εξασφαλιστεί η μέγιστη παραγωγή. Οι ενεργοποιητές ελέγχονται αυτόματα για τον έλεγχο των συνθηκών με την εκτέλεση ενεργειών, όπως είναι το άνοιγμα ενός παραθύρου, η ενεργοποίηση του φωτισμού και ο έλεγχος του θερμομαντήρα και του ανεμιστήρα.



Τα ευφυή θερμοκήπια (smart greenhouses) συμβάλλουν επίσης στη μείωση της σπατάλης. Με την παρακολούθηση της περιεκτικότητας σε υγρασία, η σωστή ποσότητα νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση και αυτό αποτρέπει τη σπατάλη. Η ίδια περίπτωση ισχύει και για τις λιπάνσεις καθώς χρησιμοποιούνται μακρο και μικρο στοιχεία στις απαραίτητες ποσότητες για την καλλιέργεια. Όλα αυτά

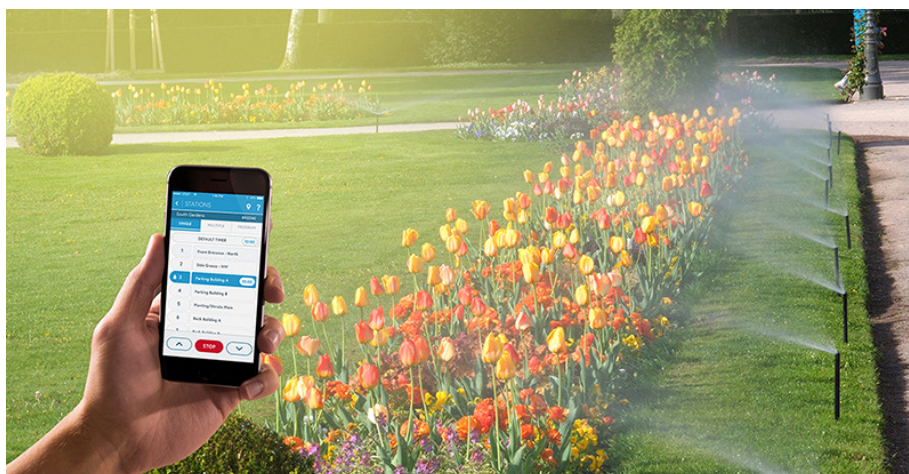
μειώνουν την σπατάλη και διατηρείται μια ισορροπία που είναι άριστη για την ανάπτυξη των φυτών μιας καλλιέργειας.

5.2.3 Αυτοματοποιημένη Άρδευση (Smart Irrigation)

Το σύστημα άρδευσης με το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και το νέφος (Cloud) βοηθά στην παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων και στην προειδοποίηση που βασίζεται σε τυχόν εμπόδια.

Τα ευφυή συστήματα άρδευσης προσαρμόζουν αυτόματα τα χρονοδιαγράμματα ποτίσματος και τους χρόνους λειτουργίας, ώστε να ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες ανάγκες της γεωργικής εκμετάλλευσης. Οι ελεγκτές του συστήματος άρδευσης βελτιώνουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα της εξωτερικής χρήσης του νερού.

Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς ελεγκτές άρδευσης που λειτουργούν σε προκαθορισμένο πρόγραμμα και χρονοδιακόπτες, οι ευφυείς ρυθμιστές άρδευσης παρακολουθούν τις καιρικές συνθήκες, τις συνθήκες του εδάφους, την εξατμισιοδιαπνοή και τη χρήση των φυτικών υδάτων για την αυτόματη προσαρμογή του προγραμματισμένου ποτίσματος στις πραγματικές συνθήκες της γεωργικής εκμετάλλευσης.



Για παράδειγμα, καθώς αυξάνονται οι εξωτερικές θερμοκρασίες ή μειώνονται οι βροχοπτώσεις, οι ευφυείς ελεγκτές άρδευσης λαμβάνουν υπόψη τις μεταβλητές που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη θέση, όπως ο τύπος εδάφους, ο ρυθμός εφαρμογής των ψεκαστήρων κ.λπ. για να ρυθμίσουν τους χρόνους ή τα χρονοδιαγράμματα του ποτίσματος. Υπάρχουν πολλές επιλογές για ευφυείς ελεγκτές άρδευσης.

Ερευνητικές μελέτες παρουσιάζουν εξοικονόμηση νερού από 30% έως 50%. Δοκιμές από την Αρδευτική Ένωση (IA) και το Διεθνές Κέντρο Τεχνολογίας Νερού στο Κρατικό Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Fresno, έδειξαν ευφυή συστήματα άρδευσης να εξοικονομούν έως και 20% περισσότερο νερό από τους παραδοσιακούς ελεγκτές.

5.2.4 Διαχείριση καλλιεργειών (Crop Management)

Άλλη μια εφαρμογή του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) που χρησιμοποιείται στην γεωργία είναι η ορθολογική διαχείριση των καλλιεργειών. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές οι οποίες τοποθετούνται στην γεωργική εκμετάλλευση, όπως ακριβώς και οι μετεωρολογικοί σταθμοί και έχουν την ικανότητα να συλλέγουν δεδομένα για την καλλιέργεια των φυτών ξεκινώντας από την βροχόπτωση και την θερμοκρασία μέχρι και την φυτοπροστασία καλλιεργειών (Zhao, 2010).



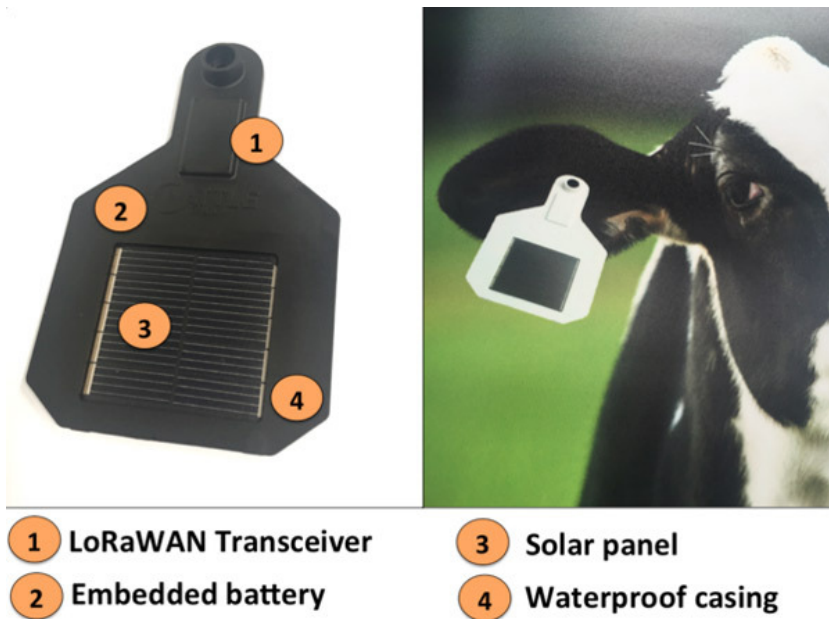
Με αυτόν τον τρόπο, υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης στην πορεία της ανάπτυξης της καλλιέργειας καθώς επίσης και της αποφυγής εμποδίων που μπορεί να

προκύψουν από ασθένειες, που ενδέχεται να μειώσουν τις αποδόσεις της καλλιέργειας.

5.2.5 Παρακολούθηση της κτηνοτροφίας (Livestock Monitoring)

Η παρακολούθηση της κτηνοτροφίας γίνεται επίσης «έξυπνη» στην ευφυή γεωργία που χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT). Επιτρέπει στους κτηνοτρόφους να παρακολουθούν την κατάσταση των ζώων τους. Ο κτηνοτρόφος μπορεί να παρακολουθεί τις δραστηριότητες τους, όπως κινήσεις, διατροφικές συνήθειες, βάρος και αναπαραγωγικό κύκλο.

Οι λύσεις του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) για την παρακολούθηση της κτηνοτροφίας περιλαμβάνουν φορητές συσκευές που συνδέονται με μια πύλη που χρησιμοποιεί τεχνολογία χαμηλού κόστους και χαμηλού εύρους ζώνης (LoRaWAN) για τη μετάδοση δεδομένων στο νέφος. Οι συσκευές αυτές περιλαμβάνουν αισθητήρες που παρακολουθούν πτυχές, όπως η πίεση του αίματος, η αναπνοή, ο καρδιακός ρυθμός, η θερμοκρασία του σώματος και η πέψη. Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται στη λήψη αποφάσεων και στην παρακολούθηση της υγείας των ζώων. Οι κτηνοτρόφοι είναι σε θέση να λάβουν διορθωτικά μέτρα με την πάροδο του χρόνου και να εντοπίσουν ένα άρρωστο ζώο και να καλέσουν τον κτηνίατρο έγκαιρα για να αποφευχθεί ο θάνατος ή να τα απομακρύνουν από το κοπάδι, εμποδίζοντας την εξάπλωση της ασθένειας σε άλλα ζώα.



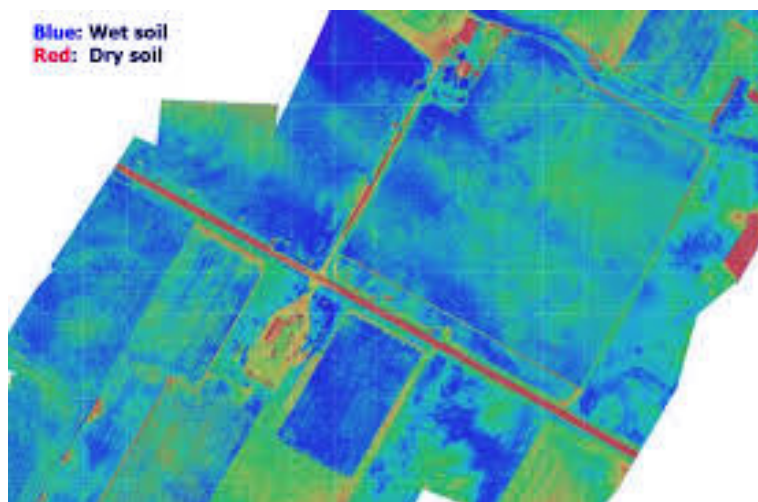
Ένα παράδειγμα συσκευής κτηνοτροφικής παρακολούθησης είναι το Cattle Traxx. Αυτή η συσκευή περιέχει αισθητήρες φορτισμένους από ενσωματωμένη μπαταρία και ηλιακή ενέργεια, οι οποίοι στέλνουν δεδομένα χρησιμοποιώντας το δίκτυο ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (LoRaWAN) Οι αισθητήρες στο ζώο σχηματίζουν ένα δίκτυο ματιών για την αποτελεσματική συλλογή δεδομένων. Το Cattle Traxx συλλέγει δεδομένα σχετικά με την υγεία των ζώων χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες.

5.2.6 Γεωργικά αεροσκάφη(drones)

Τα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση πολλών γεωργικών πρακτικών στην ευφυή γεωργία που χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο. Υπάρχουν δύο τύποι γεωργικών αεροσκαφών, τα επιφανειακά και τα εναέρια. Τα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται για δραστηριότητες όπως είναι η φυτοπροστασία, ο ψεκασμός των καλλιεργειών, η φύτευση, η ανάλυση του εδάφους, η παρακολούθηση των καλλιεργειών και η άρδευση.



Τα αεροσκάφη μπορούν να συλλέξουν δεδομένα πολλαπλών σημείων, θερμικών και οπτικών εικόνων που παρέχουν στους αγρότες μια ευρεία ποικιλία μετρήσεων όπως η καταμέτρηση των γεωργικών εγκαταστάσεων, η αναμενόμενη απόδοση, η υγρασία του εδάφους, η χαρτογράφηση αποστράγγισης κ.α.



Τα δεδομένα βοηθούν τον αγρότη να λάβει τις σωστές αποφάσεις και να χρησιμοποιήσει μόνο τους απαιτούμενους πόρους για να αποφύγει τη σπατάλη.

Τα αεροσκάφη καλύπτουν περισσότερη γη από ό, τι ένας παρατηρητής εδάφους με τον ίδιο χρόνο που έχει την ικανότητα να αποφεύγει εμπόδια. Η αυτοματοποίηση των αεροσκαφών για τη διεξαγωγή συνήθων εκτιμήσεων εξαλείφει την ανάγκη για ανθρώπινη λειτουργία. Τα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται για να καλύψουν μεγάλες

εκτάσεις γης όπου απαιτείται τακτική παρακολούθηση.



5.3 Οι τεχνολογίες και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην Ευφυή Γεωργία

Οι τεχνολογίες και οι τεχνικές που χρησιμοποιεί η Ευφυή γεωργία έχουν σχέση με όλα τα στάδια παραγωγής από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή και είναι οι εξής:

Παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (Global Positioning System- GPS) : χρησιμοποιούνται για την εύρεση της ακριβούς θέσης των πραγμάτων και είναι χρήσιμα για τη διαχείριση της γης στη χώρα.



Οι δορυφόροι του συστήματος μεταδίδουν σήματα στους δέκτες GPS στο έδαφος. Οι δέκτες απαιτούν καθαρή θέα στον ουρανό, επομένως χρησιμοποιούνται μόνο σε εξωτερικούς χώρους και δεν λειτουργούν καλά στα δάση ή κοντά σε ψηλά κτίρια.

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geography Information System- GIS): Οι χάρτες έχουν προχωρήσει πολύ από τότε που οι άνθρωποι ξεκίνησαν τα αρχικά

σχέδια για να δείξουν πού ήταν. Οι σύγχρονοι χάρτες δημιουργούνται χρησιμοποιώντας ειδικό λογισμικό που συνδυάζει πολλά διαφορετικά είδη πληροφοριών. Αυτό το σύστημα σύγχρονης χαρτογράφησης καλείται GIS - Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.



Χρησιμοποιείται από οργανισμούς, όπως τα δημοτικά συμβούλια, που χρειάζονται πρόσβαση σε δεδομένα και πρέπει να είναι σε θέση να συνδυάζουν διαφορετικά σύνολα δεδομένων μαζί. Το GIS δίνει στους ανθρώπους αυτών των οργανισμών γραφικές παραστάσεις δεδομένων που τους επιτρέπουν:

- Ανάλυση καταστάσεων
- Γραπτές αναφορές
- Λήψη αποφάσεων
- Σχέδια για το μέλλον, για παράδειγμα ποια τμήματα της Υψηλής Χώρας έχουν υποβληθεί σε ανασκόπηση της θητείας

Χαρτογράφηση παραγωγής, στην οποία γίνεται συλλογή και καταγραφή δεδομένων της παραγωγής από συγκεκριμένες θέσεις στο αγρόκτημα

Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων, με την οποία γίνεται καταγραφή της γονιμότητας στο χωράφι.

Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, η οποία εφαρμόζεται με τη σύνδεση μιας συσκευής η οποία μετρά την ηλεκτρική αγωγιμότητα πάνω σε παρελκόμενο όχημα και την προσαρμογή ενός δέκτη εντοπισμού γεωγραφικής θέσης (GPS).

Τηλεπισκόπηση: Η τηλεπισκόπηση είναι η απόκτηση πληροφοριών σχετικά με ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο χωρίς φυσική επαφή με αυτό. Χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως στη γεωγραφία και στους περισσότερους επιστημονικούς

κλάδους (π.χ. υδρολογία, οικολογία, μετεωρολογία, ωκεανογραφία, παγετολογία, γεωλογία). Έχει επίσης στρατιωτικές, έξυπνες, εμπορικές, οικονομικές και ανθρωπιστικές εφαρμογές.

Στην τρέχουσα χρήση, ο όρος "τηλεπισκόπηση" αναφέρεται γενικά στη χρήση αισθητήρων με βάση δορυφόρους ή αεροσκάφη για την ανίχνευση και την ταξινόμηση αντικειμένων στη Γη, συμπεριλαμβανομένης της επιφάνειας της ατμόσφαιρας και των ωκεανών. Μπορεί να χωριστεί σε "ενεργή" τηλεπισκόπηση (όπως όταν ένα σήμα εκπέμπεται από ένα δορυφόρο ή αεροσκάφος και η αντανάκλαση του από το αντικείμενο ανιχνεύεται από τον αισθητήρα) και "παθητική" τηλεπισκόπηση (όπως όταν η αντανάκλαση του ηλιακού φωτός είναι που ανιχνεύεται από τον αισθητήρα (Ran et al, 2017; Schowengerdt, 2007; Schott, 2007; Guo et al, 2013; Liu et al, 2013).

Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (Variable Rate Application): Αναφέρεται στην εφαρμογή ενός υλικού, έτσι ώστε το ποσοστό εφαρμογής να βασίζεται στην ακριβή τοποθεσία ή τις ιδιότητες της περιοχής στην οποία αυτό εφαρμόζεται (Grisso et al, 2011). Διαφέρει από την ομοιόμορφη εφαρμογή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξοικονόμηση χρημάτων (με λιγότερα προϊόντα) και για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η τεχνολογία αυτή βασίζεται είτε σε χάρτη είτε σε αισθητήρα (Sawyer, 1994).



Η Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (VRA) με βάση το χάρτη έχει προγραμματιστεί και οι εφαρμογές βασίζονται σε χάρτες συνταγών VRA που προετοιμάζει ένας γεωπόνος με βάση πηγές δεδομένων. Οι χάρτες συνταγών μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, η οποία θεωρείται ότι είναι οικονομικά αποδοτική (Khan, 2012). Η **τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (VRA)** με βάση αισθητήρες υπολογίζεται σε πραγματικό χρόνο, που είναι τοπικοί στον εφαρμοστή μεταβλητής τιμής.



GreenSeeker RT200 (Variable Rate Application and Mapping System)

5.4 IoT στην ευφυή γεωργία

Η χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι αυξανόμενη τα τελευταία χρόνια. Η χρήση ενός ασύρματου δικτύου απελευθερώνει τον αγρότη από τη διατήρηση της καλωδίωσης σε ένα δύσκολο περιβάλλον. Ο αυτοματισμός άρδευσης επιτρέπει την πιο αποτελεσματική χρήση του νερού. Με τη χρήση του IoT μπορούμε να αναμένουμε την αύξηση της παραγωγής με χαμηλό κόστος παρακολουθώντας την αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης του εδάφους, της θερμοκρασίας και της υγρασίας, την παρακολούθηση της βροχόπτωσης, και την αποτελεσματικότητα των λιπασμάτων.

Ο συνδυασμός των παραδοσιακών μεθόδων με τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, οδηγεί σε γεωργικό εκσυγχρονισμό. Το Δίκτυο ασύρματων αισθητήρων, το οποίο συλλέγει τα δεδομένα από διαφορετικούς τύπους αισθητήρων το στέλνει στον κύριο διακομιστή χρησιμοποιώντας ασύρματο πρωτόκολλο. Υπάρχουν πολλοί άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα σε μεγάλο βαθμό.

5.5 Συνδεσιμότητα σε αγροτικές περιοχές

Σε πολλές χώρες, υπάρχει ένα κενό στην υιοθέτηση του διαδικτύου μεταξύ αγροτικών και αστικών περιοχών και σε πολλές περιπτώσεις η έλλειψη υποδομών είναι υπεύθυνη για αυτή τη διαίρεση. Τα τελευταία πέντε χρόνια σημειώθηκαν σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά την πρόσβαση σε υπηρεσίες ευρυζωνικής πρόσβασης και κινητής τηλεφωνίας 4G σε αγροτικές περιοχές, αλλά η αυξανόμενη ζήτηση για ψηφιακές υπηρεσίες σημαίνει ότι τα αγροτικά δίκτυα αγωνίζονται να συμβαδίσουν, δηλαδή το ψηφιακό χάσμα μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών παραμένει τόσο μεγάλο όσο ποτέ.

Το 2018, άρχισε η ψηφιακή συνδεσιμότητα στις αγροτικές περιοχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.). Παρόλα αυτά υπάρχουν επερχόμενες εξελίξεις για την εξασφάλιση ύπαρξης μιας σειράς τεχνολογιών οι οποίες μπορούν να προσφέρουν την συνδεσιμότητα της επόμενης γενιάς.



Ηνωμένο Βασίλειο

Μετά από συμφωνία μεταξύ της κυβέρνησης και της εκκλησίας της Αγγλίας, έχει ανακοινωθεί ότι οι πύργοι της Εκκλησίας θα χρησιμοποιηθούν σε ολόκληρο το Ηνωμένο Βασίλειο για την αύξηση της ψηφιακής συνδεσιμότητας σε όλες τις αγροτικές περιοχές. Πάνω από το 65% των Αγγλικών Εκκλησιών και το 66% των ενοριών που είναι σε αγροτικές περιοχές αλλά βρίσκονται στο επίκεντρο των τοπικών κοινοτήτων τους, θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τα στρατηγικά ζητήματα συνδεσιμότητας και τα θέματα κάλυψης.

Αφρική

Ενώ ορισμένες αφρικανικές πόλεις αρχίζουν να επεκτείνονται στο δίκτυο 3G και ενδεχομένως και στο δίκτυο 4G, η κάλυψη μέσω κινητού τηλεφώνου γίνεται διάσπαρτη και λιγότερο αξιόπιστη στις αγροτικές περιοχές.

Λόγω κοινωνικών προβλημάτων, όπως είναι η φτώχεια, η απόσταση και η ανεπαρκής υποδομή (όπως η ηλεκτρική ενέργεια, η ασφάλεια κλπ.) σε όλη την Κένυα, η συνδεσιμότητα είναι περιορισμένη ή δεν υπάρχει.

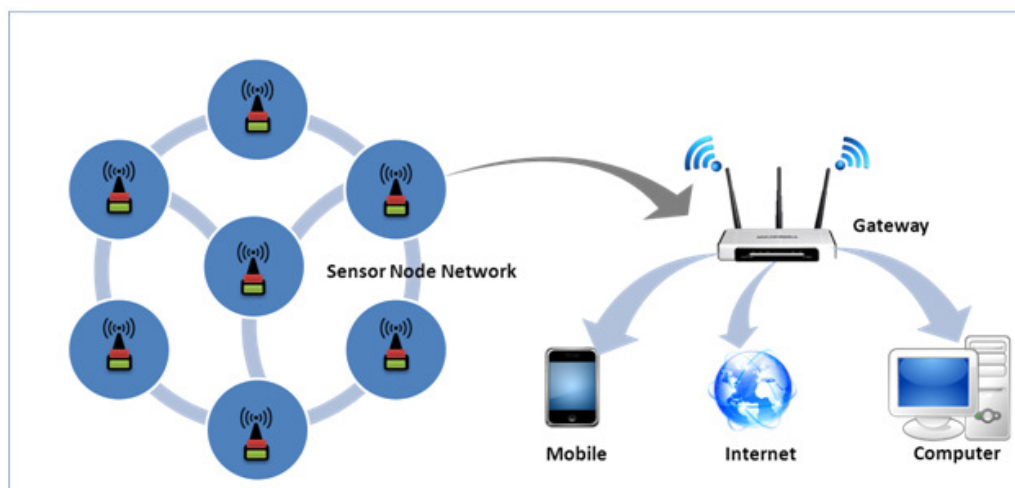
5.6 Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (wireless sensor technologies- WST)

Οι τεχνολογίες ασύρματων αισθητήρων (wireless sensor technologies - WST) προσφέρουν τεράστιες ευκαιρίες για έρευνα και ανάπτυξη. Ένα προφανές πλεονέκτημα της ασύρματης μετάδοσης είναι η σημαντική μείωση και η απλοποίηση στη καλωδίωση. Η τεχνολογία των ασύρματων αισθητήρων βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης. Εφαρμογές ασύρματων αισθητήρων στη γεωργία είναι ακόμα σπάνιες.

Το ασύρματο δίκτυο είναι ένα δίκτυο υπολογιστών που επιτρέπει σε διάφορες συσκευές να συνδέονται και να επικοινωνούν ασύρματα, σε αντίθεση με το παραδοσιακό ενσύρματο δίκτυο στο οποίο οι συσκευές επικοινωνούν μέσω καλωδίων. Στο ασύρματο δίκτυο η μεταφορά των πληροφοριών γίνεται με τη μετάδοση μέσω αέρα και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά διαμορφωμένα οπτικά, υπέρυθρα ή και ραδιοκυματικά σήματα. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (wireless sensor networks - WSN) αποτελείται από διασκορπισμένους, αυτόνομους επικοινωνιακούς κόμβους και αισθητήρες, που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, κτλ. Η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων και των αισθητήρων πραγματοποιείται ασύρματα μέσω ραδιοκυμάτων και τα δεδομένα που συλλέγουν αποστέλλονται μέσω του δικτύου σε μία κύρια τοποθεσία (Gateway) όπου μπορούν να μελετηθούν και να αναλυθούν.

Η εξέλιξη στην τεχνολογία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων (wireless sensor networks - WSN) στη γεωργία, η ανάπτυξη διαφόρων πρωτοκόλλων επικοινωνίας αλλά και η δημιουργία διαφόρων λογισμικών επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, οδήγησαν στην αυτοματοποίηση πολλών διαδικασιών των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (wireless sensor networks - WSN) είναι μία από τις σημαντικότερες τεχνολογίες στον 21ο αιώνα.

Ερευνητές έχουν συνδυάσει αισθητήρες οι οποίοι μετρούν τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους σε διάφορα βάθη με ασύρματα δίκτυα που στέλνουν τα δεδομένα αυτόματα σε μονάδα ελέγχου προς επεξεργασία. Τα συστήματα εγκαθίστανται σε πολυετείς φυτείες κατά κύριο λόγο, αλλά και σε ετήσιες, και συγκεντρώνουν στοιχεία σε πραγματικό χρόνο για διάφορες βασικές παραμέτρους που αφορούν την κατάσταση των φυτών, το έδαφος κλπ. Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούν χρήσιμο εργαλείο παρέχοντας στον παραγωγό τη δυνατότητα να διαχειριστεί έγκαιρα και με τον κατάλληλο τρόπο καλλιεργητικές επεμβάσεις στα διάφορα τμήματα του αγρού. Η χρήση αισθητήρων που αξιοποιούν τον ηλεκτρισμό, για μέτρηση υγρασίας σε εδάφη και γενικότερα σε υποστρώματα καλλιέργειας (soil / substrate water content) έχει αρχίσει εδώ και χρόνια. Ο Pardossi et al, (2009) παραθέτει όλες τις τελευταίες εξελίξεις σχετικά με την χρήση αισθητήρων υγρασίας για εδάφη και υποστρώματα.



Ο Perkins et al. (2002), παρουσίασε ένα μικρού κόστους, χαμηλής ενέργειας, αυτό-οργανωτικό δίκτυο αισθητήρων, το neuRFon® που αναπτύχθηκε από τη Motorola Labs. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέπει γεωργικές, περιβαλλοντικές και διαδικαστικές παραμέτρους. Οι **Shinghal et al. (2010)** ανέπτυξαν ένα σύστημα διαχείρισης της άρδευσης σε καλλιέργεια πατάτας, μετρώντας το βάθος

εφαρμογής του νερού στο έδαφος, την ένταση της άρδευσης, την ικανότητα του συστήματος και ορισμένες άλλες παραμέτρους, τα αποτελέσματα των οποίων στέλνονταν στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας από εξειδικευμένο λογισμικό. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η εφαρμογή αυτού του συστήματος, εκτός του ότι εξασφαλίζει καλύτερη απόδοση στην καλλιέργεια, αυξάνει την απόδοση της εφαρμογής του συστήματος άρδευσης κατά 10%.

Η χρήση ασύρματων δικτύων σε συνδυασμό με αισθητήρες συνδέονται κυρίως με την εφαρμογή τεχνολογιών μεταβλητών εισροών (άρδευση, λίπανση κ.α.) και παροχή δεδομένων και προειδοποιήσεων στους παραγωγούς. Οι Brasa Ramos et al, 2010 πραγματοποίησαν την εφαρμογή WSN (ZigBee) σε αμπελώνα στην Ισπανία. Το δίκτυο αποτελούνταν από 12 κόμβους με έως και τέσσερις διαφορετικούς αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας, της υγρασίας του περιβάλλοντος, της υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους και της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις διαβιβάζονταν στον χρήστη μέσω LAN, WLAN ή μέσω του διαδικτύου και χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση των βασικών παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα και για την ανάπτυξη ενός πληροφορικού συστήματος προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της αμπελοκαλλιέργειας, επιτρέποντας την εύκολη ανάλυση των δεδομένων.

5.7 Ασφάλεια Γεωργικής Εκμετάλλευσης

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι ένα ευφυές δίκτυο αισθητήρων και επεξεργαστών που συνδέονται μεταξύ τους και με τον έξω κόσμο μέσω του διαδικτύου. Το εθνικό δίκτυο βασίζεται στην ευρυζωνική πρόσβαση στο διαδίκτυο. Το IoT παρέχει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτό, οι αγρότες μπορούν να προγραμματίσουν καλύτερα την καθημερινή τους εργασία και είναι πάντοτε ενημερωμένοι για τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες και την κατάσταση του ζωικού τους κεφαλαίου. Σύμφωνα με μια μελέτη Smart Farming της PricewaterhouseCoopers (PwC) από τον Δεκέμβριο του 2016, η γεωργία στη Γερμανία διαδραμάτισε πρωτοποριακό ρόλο στην ψηφιοποίηση.

Οι εφαρμογές του Διαδικτύου των πραγμάτων στη γεωργία περιλαμβάνουν την παρακολούθηση των αγροτικών οχημάτων, την παρακολούθηση των ζώων και την παρακολούθηση αποθήκευσης της παραγωγής. Οι αισθητήρες εδάφους μπορούν να

προειδοποιήσουν τους αγρότες για ακανόνιστες συνθήκες δίνοντας στον γεωργό την δυνατότητα να γνωρίζει πώς να διαχειριστεί το έδαφος ώστε να παράγει καλύτερες καλλιέργειες. Αυτοκίνητα μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως, παρέχοντας σημαντική εξοικονόμηση στο κόστος εργασίας.

Οι γρήγορες εξελίξεις στη διάδοση και την υιοθέτηση της ανίχνευσης και της επικοινωνίας έχουν δημιουργήσει επιλογές για την αντιμετώπιση των αναγκών του γεωργικού τομέα. Νέες γενιές ψηφιακών αισθητήρων, έχουν γίνει διαθέσιμες και προσιτές. Η ανίχνευση και η συλλογή δεδομένων, η οποία συχνά απαιτούσε χειρωνακτικές και χρονοβόρες προσπάθειες, μπορεί τώρα να αυτοματοποιηθεί για τη συλλογή περισσότερων μετρήσεων. Αυτές οι συσκευές υλικού, σε συμφωνία με την έννοια του "υλικού ανοιχτής πηγής", στην οποία οι πληροφορίες μοιράζονται ελεύθερα, έχουν κερδίσει ενδιαφέρον για τους αγρότες.

Πολλές από τις εφαρμογές του IoT στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις έχουν άμεση συνέπεια την προστασία του περιβάλλοντος, πετυχαίνοντας άμεση εφαρμογή στην προστασία του, κυρίως με την χρήση αισθητήρων για την συνεχή παρακολούθηση και την ενημέρωση σε περίπτωση ύπαρξης πιθανών κινδύνων.



Το IoT δίνει την δυνατότητα συγκέντρωσης μεγάλων όγκων δεδομένων, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη αντιμετώπιση των καταστροφών και στην δημιουργία αποδοτικότερων μοντέλων πρόβλεψης τους. Ακόμα, πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των τεχνολογιών του έξυπνου περιβάλλοντος είναι ότι πολλοί έλεγχοι, ειδικότερα αυτοί που έχουν υψηλή επικινδυνότητα, γίνονται από drones ή μη επανδρωμένα οχήματα, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο ατυχημάτων ή μόλυνσης .

Οι εφαρμογές του IoT, έχουν άμεση ή έμμεση επίδραση στο μάνατζμεντ της γεωργικής εκμετάλλευσης. με την χρήση αισθητήρων, καμερών και άλλων IoT τεχνολογιών οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις μπορούν να βελτιώσουν την διαχείριση, τον έλεγχο και την οργάνωση όλων των υλικών και ανθρώπινων περιουσιακών τους στοιχείων και πόρων.

Κεφάλαιο 6

Παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στη γεωργία

Η ευφυής γεωργία αξιοποιεί τις νέες τεχνολογίες, την επιστημονική γνώση, την πρακτική εμπειρία και τον μεγάλο όγκο δεδομένων από διάφορες πηγές προκειμένου να υποστηρίξει τον αγρότη στη λήψη αποφάσεων που θα βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση της παραγωγής του.

Η εφαρμογή μεγάλης ποικιλίας αισθητήρων και άλλων τεχνολογικών επιτευγμάτων επιτρέπει τον έλεγχο του αγροκτήματος και των προϊόντων που παράγονται σε αυτό. Με αυτόν τον τρόπο έχει αλλάξει κατά πολύ το μερίδιο ευθύνης και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούσε ένας αγρότης, κάνοντας ταυτόχρονα τη δουλειά του πολύ πιο εύκολη.

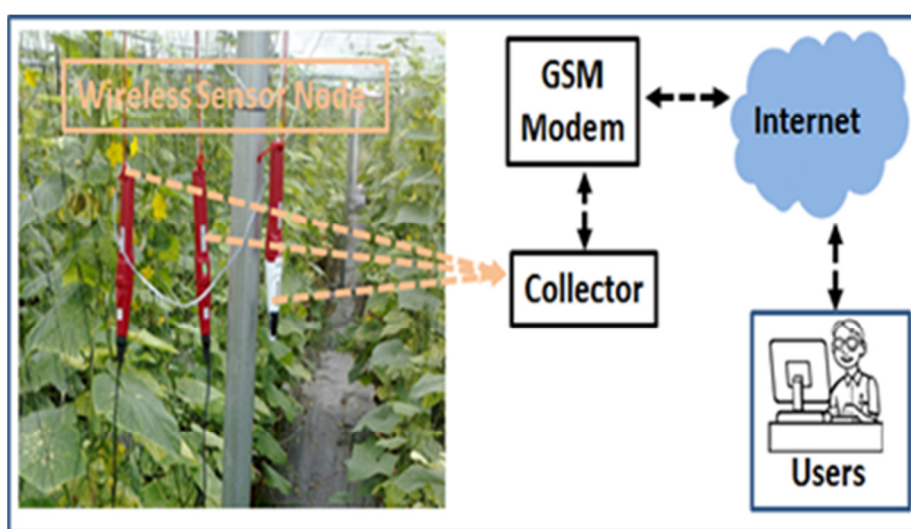
Οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν τις συνθήκες του αγρού τους από οπουδήποτε. Στον διεθνή χώρο γίνονται πολλές εργασίες στον αγροτικό τομέα και παρουσιάζονται μερικές αντιπροσωπευτικές που έχουν γίνει μέχρι σήμερα και έχουν σχέση με τις νέες τεχνολογίες στον αγροτικό τομέα, ξεκινώντας από χώρες στους πέντε πλανήτες, στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα.

6.1 Εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στις Ασιατικές χώρες

Μαλαισία

Το δίκτυο ασύρματων αισθητήρων (WSN) χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως για την κατασκευή συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων για την αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο. Οι Kassim et al. (2014) περιγράφουν το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN) ως τον καλύτερο τρόπο επίλυσης των γεωργικών προβλημάτων που σχετίζονται με την Γεωργία Ακρίβειας (Precision Agriculture) για την βελτιστοποίηση των γεωργικών πόρων, τη λήψη αποφάσεων και την παρακολούθηση του εδάφους. Η χρήση αυτής της προσέγγισης παρέχει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις εκτάσεις και τις καλλιέργειες που θα βοηθήσουν τους αγρότες να λάβουν σωστές αποφάσεις. Χρησιμοποιώντας τις βασικές αρχές της τεχνολογίας του διαδικτύου και του δικτύου των ασύρματων

αισθητήρων (WSN), εξειδικεύονται με κάθε λεπτομέρεια τα συστήματα της γεωργίας ακριβείας που βασίζονται στην τεχνολογία του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), ειδικά στην αρχιτεκτονική υλικού, την αρχιτεκτονική του δικτύου και στον έλεγχο της διαδικασίας του λογισμικού του συστήματος άρδευσης ακριβείας. Το λογισμικό συλλέγει δεδομένα από τους αισθητήρες σε ένα βρόχο ανατροφοδότησης ανάλογα με το να ενεργοποιεί τις συσκευές ελέγχου βάσει της τιμής βάσει των συγκρίσιμων κατώτατων τιμών.

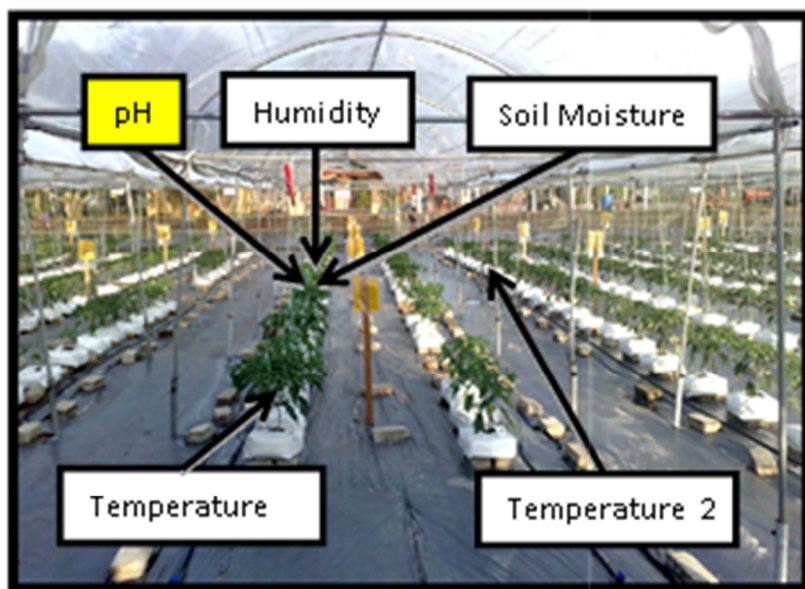


Αρχιτεκτονική του δικτύου ασύρματων αισθητήρων (WSN) στην γεωργία Ακρίβειας (Kassim et al, 2014).

Η υλοποίηση του δικτύου ασύρματων αισθητήρων (WSN) στην γεωργία ακρίβειας (Precision Agriculture) βελτιστοποιεί τη χρήση του λιπάσματος μέσω της άρδευσης και επίσης μεγιστοποιεί την απόδοση των καλλιεργειών. Οι Kassim et al (2014) σχεδίασαν ένα πρακτικό, χαμηλού κόστους και φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα ευφυούς παρακολούθησης θερμοκηπίου (IGMS) με βάση την τεχνολογία του ασύρματου δικτύου αισθητήρων (WSN).

Το ευφύες σύστημα διαχείρισης του θερμοκηπίου (IGMS) είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή που χρησιμοποιεί τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα και υποσυστήματα που αποτελούνται από μονάδες που παρέχουν: (1) πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία καλλιέργειας, (2) δεδομένα πραγματικού χρόνου από τους αισθητήρες, (3) περιβάλλον διαμόρφωσης αισθητήρων και (4) δυνατότητες και υποστήριξη του συστήματος εμπειρογνομώνων. Σε αυτή τη συγκεκριμένη εφαρμογή σε ένα

περιβάλλον θερμοκηπίου, το ευφύες σύστημα διαχείρισης του θερμοκηπίου (IGMS) χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση βασικών περιβαλλοντικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η υγρασία του εδάφους. Οι Kassim et al (2014) αναφέρουν ότι υπάρχουν διάφορα συστήματα διαθέσιμα στην αγορά για την παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών σε ένα θερμοκήπιο.



Ένα περιβάλλον θερμοκηπίου για την καλλιέργεια της πιπεριάς (*Capsicum Annum*) (Kassim et al, 2014).

Ωστόσο, υπάρχουν πολλές αδυναμίες στα σημερινά συστήματα όπως:

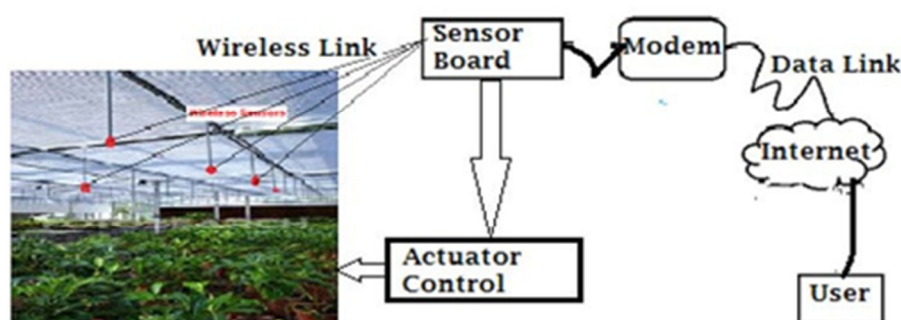
- Οι μονάδες αισθητήρα πωλούνται χωριστά.
- Ο σχεδιασμός γίνεται για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και όχι για την παρακολούθηση του θερμοκηπίου.
- Δεν υποστηρίζει την ασύρματη δικτύωση δικτύων.
- Η διαμόρφωση του συστήματος μπορεί να είναι πολύ κουραστική.
- Το σύστημα είναι πολύ άκαμπτο και δεν μπορεί να επεκταθεί.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για το ευφύες σύστημα διαχείρισης του θερμοκηπίου (IGMS) είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η υγρασία εδάφους. Ωστόσο, το ευφύες σύστημα διαχείρισης του θερμοκηπίου (IGMS) μπορεί επίσης να υποστηρίξει άλλους αισθητήρες όπως pH και η αλατότητα. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες θα αποστέλλονται σε απομακρυσμένο διακομιστή για παρακολούθηση και ανάλυση. Όταν επιτευχθεί η τιμή βάσει των συγκρίσιμων κατώτατων τιμών του συγκεκριμένου δεδομένου (π.χ. υγρασία), οι αντλίες, οι βαλβίδες και οι σχετικές συσκευές θα ενεργοποιηθούν για να ξεκινήσει η λειτουργία

αυτόματης άρδευσης. Η ασύρματη παρακολούθηση του πεδίου μειώνει το ανθρώπινη δύναμη και επιτρέπει επίσης στον χρήστη να δει ακριβείς μεταβολές στην απόδοση των καλλιεργειών. Είναι φθηνότερο στο κόστος και καταναλώνει λιγότερη ενέργεια.

Κίνα

Οι Dan et al (2015) περιγράφουν την τεχνολογία θερμοκηπίου στη γεωργία όπου χρησιμοποιούν τον μικροελεγκτή “CC2530” της Texas Instruments στο σχεδιασμό και την υλοποίηση με βάση την τεχνολογία ZigBee. Το CC2530 είναι ένα πραγματικό system-on-chip για εφαρμογές ZigBee. Επιτρέπει την υλοποίηση ισχυρών κόμβων δικτύου με πολύ χαμηλό κόστος υλικών. Το ZigBee είναι ένα νέο πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας για τη δημιουργία προσωπικών δικτύων (WPANs). Το ZigBee συνδυάζει την υψηλή αξιοπιστία με την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, που αυξάνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας για χρόνια, και παρέχει επίσης τη δυνατότητα διασύνδεσης πρακτικά άπειρου αριθμού συσκευών μέσω ευέλικτων μεθόδων δικτύωσης. Τα στοιχεία σε ένα ZigBee δίκτυο είναι ο κεντρικός διαχειριστής (PAN Coordinator), ο απλός διαχειριστής ή δρομολογητής (Router) και η τερματική συσκευή (End Device). Αυτή η τεχνολογία θερμοκηπίου χρησιμοποιείται κυρίως για το σύστημα παρακολούθησης του περιβάλλοντος.



Τυπικό θερμοκήπιο και τηλεχειριστήριο (Dan et al, 2015).

Ο ασύρματος αισθητήρας και οι κόμβοι ελέγχου χρησιμοποιούν ολοκληρωμένο τσιπ Zigbee CC2530F256 για την απόκτηση δεδομένων, την επεξεργασία δεδομένων, την μετάδοση αλλά και την λήψη δεδομένων. Εδώ ο υπολογιστής παρέχει όλα τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στον γεωργό χρησιμοποιώντας ασύρματη επικοινωνία, όπως η θερμοκρασία ελέγχου, η κατάσταση των ανεμιστήρων. Σε αυτό

το σύστημα χρησιμοποιείται ευφυή παρακολούθηση για τον έλεγχο του θερμοκηπίου. Είναι χρήσιμο για τις επιστημονικές εκμεταλλεύσεις αλλά και τις ισορροπημένες καλλιεργητικές μεθόδους

Ινδία (2016)

Οι Rajalakshmi et al (2016) έχουν σχεδιάσει και εφαρμόσει αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης. Οι ερευνητές περιγράφουν την παρακολούθηση σε καλλιέργεια πεδίου παραγωγής χρησιμοποιώντας αισθητήρες υγρασίας εδάφους, αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας, αισθητήρα φωτός και αυτοματοποίηση του συστήματος άρδευσης. Τα δεδομένα από τους αισθητήρες αποστέλλονται στον εξυπηρετητή ιστού χρησιμοποιώντας ασύρματη μετάδοση. Οι ειδοποιήσεις αποστέλλονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα στους αγρότες και οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν τις συνθήκες του γεωργικής εκμετάλλευσης από οπουδήποτε. Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται εδώ είναι αισθητήρας υγρασίας εδάφους, αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11, LDR που χρησιμοποιείται ως αισθητήρας φωτός και web server-NRF24L01 που χρησιμοποιείται για πομπό και δέκτη.



Έλεγχος εγκατάστασης αισθητήρα υγρασίας εδάφους: Ο καθετήρας είναι σταθερός στο έδαφος και μετριέται η υγρασία του εδάφους.

Κινητή εφαρμογή που αναπτύχθηκε για το σύστημα

Αυτό το σύστημα θα είναι πιο χρήσιμο σε περιοχές λειψυδρίας και είναι 92% πιο αποτελεσματικό από τη συμβατική προσέγγιση. Η αυτοματοποίηση των δεδομένων

του συστήματος άρδευσης αποθηκεύτηκε σε βάση δεδομένων. Το σύστημα που αναπτύσσεται είναι επωφελές και λειτουργεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Μειώνει την κατανάλωση νερού σε μεγαλύτερο βαθμό. Χρειάζεται ελάχιστη συντήρηση και η κατανάλωση ενέργειας έχει μειωθεί πάρα πολύ. Η παραγωγικότητα της καλλιέργειας αυξάνεται και η σπατάλη των καλλιεργειών μειώνεται πολύ με αυτό το σύστημα άρδευσης. Το αναπτυγμένο σύστημα είναι πιο χρήσιμο και δίνει πιο εφικτά αποτελέσματα.

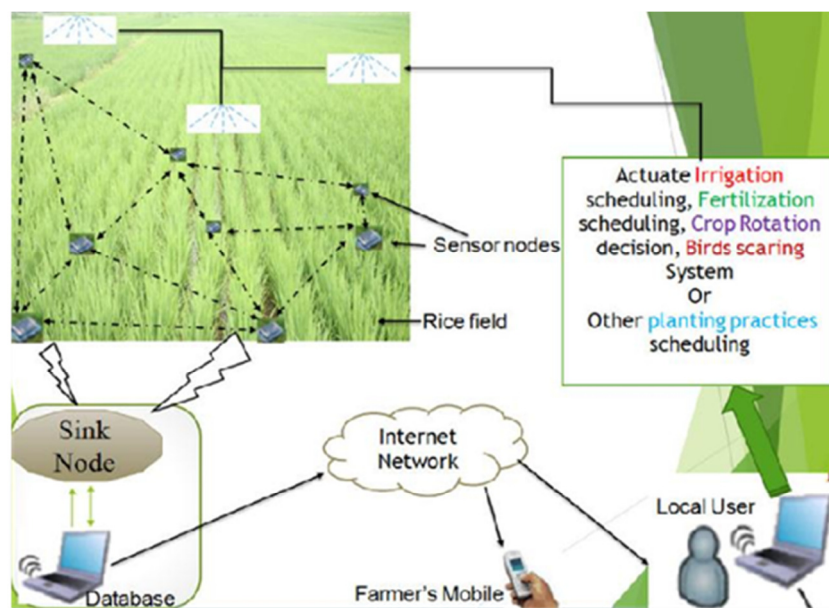
Ινδία (2017)

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) έχει ισχύ σε διάφορες μεθοδολογίες της γεωργίας. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) διαδραματίζει καίριο ρόλο στην ευφυή γεωργία. Η ευφυή γεωργία είναι ικανή να παρέχει πληροφορίες στους αγροτικούς τομείς. Οι Prathibha et al, (2017) αναφέρουν την αυτοματοποίηση που προσφέρει η εξελισσόμενη τεχνολογία, δηλαδή η διασύνδεση των πραγμάτων (IoT) στην ευφυή γεωργία. Η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραγόντων είναι βασικός παράγοντας για τη βελτίωση των αποδοτικών καλλιεργειών. Οι Prathibha et al, (2017) παρακολούθησαν την θερμοκρασία και την υγρασία στον αγροτικό τομέα μέσω των αισθητήρων χρησιμοποιώντας μικροελεγκτές CC3200. Η κάμερα είναι συνδεδεμένη με τον μικροελεγκτή CC3200 για τη λήψη εικόνων και την αποστολή αυτών των εικόνων στους αγρότες. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκήπιο και φυτά που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος στο πεδίο μπορεί σίγουρα να βοηθήσει και να προωθήσει τη συγκομιδή των καλλιεργειών στην παγκόσμια παραγωγή. Στο μέλλον αυτό το σύστημα μπορεί να βελτιωθεί προσθέτοντας αρκετές σύγχρονες τεχνικές.

Ινδία (2017)

Η γεωργία έχει σημαντικό αντίκτυπο στην οικονομία της Ινδίας. Έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες για την αυτοματοποίηση του συστήματος άρδευσης με τη χρήση ασύρματων αισθητήρων και φορητών υπολογιστών. Η επικοινωνία "Machine to machine (M2M)" είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία που επιτρέπει σε συσκευές, αντικείμενα κλπ. Να επικοινωνούν μεταξύ τους και να στέλνουν δεδομένα στον Server ή το Cloud μέσω του Core Network. Οι Shekhar et al (2017) ανέπτυξαν ένα

αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης βασισμένο στο Intelligent IoT, όπου συλλέχθηκαν δεδομένα αισθητήρων σχετικά με την υγρασία και την θερμοκρασία του εδάφους και κατά συνέπεια τον αλγόριθμο εκμάθησης KNN (K-Nearest Neighbor) για την ανάλυση των δεδομένων αισθητήρων για την πρόβλεψη και για την άρδευση του εδάφους με νερό.



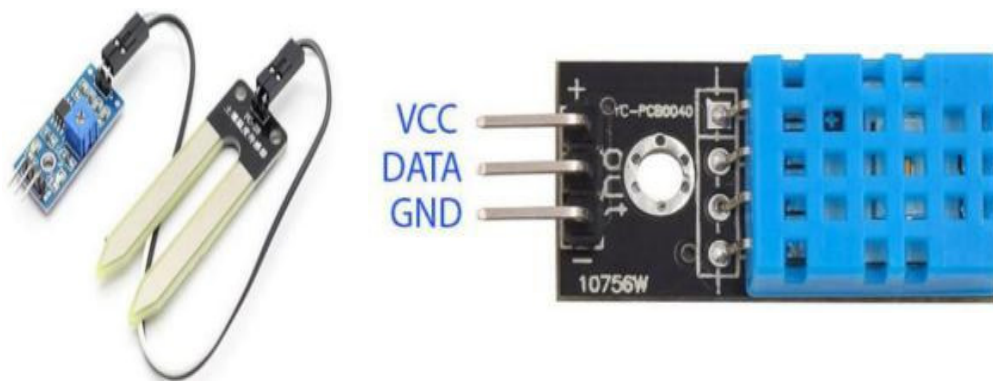
Σύστημα παρακολούθησης ανάπτυξης Paddy

Το σύστημα γεωργικής παρακολούθησης που έχουν αναπτύξει είναι ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα όπου οι συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους και εφαρμόζουν την ευφυΐα στην άρδευση. Αυτό έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας χαμηλού κόστους ενσωματωμένες συσκευές όπως το Arduino Uno, το Raspberry Pi3. Το σύστημα γεωργικής παρακολούθησης τους χρησιμοποιεί έναν ασύρματο αισθητήρα για την παρακολούθηση της κατάστασης του εδάφους και για την άρδευση. Επίσης, μέρος του συστήματος χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο για την παράδοση δεδομένων. Σε κανένα από αυτά τα συστήματα δεν υπάρχει νοημοσύνη που αναλύει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο με βάση την προηγούμενη εμπειρία για την άρδευση της γεωργικής εκμετάλλευσης. Το μεγαλύτερο μέρος του συστήματος συλλαμβάνει απλώς τα δεδομένα από την γεωργική εκμετάλλευση και επομένως ελέγχει τη βαλβίδα ψεκαστήρα για το πότισμα της γεωργικής εκμετάλλευσης.

Ινδία (2019)

Οι Dokhande et al (2019) αναφέρουν ότι η άρδευση είναι μια βασική διαδικασία που επηρεάζει την παραγωγή φυτών παρέχοντας νερό στη γεωργική εκμετάλλευση. Οι παραδοσιακοί αγρότες πρέπει να είναι παρόντες στην γεωργική εκμετάλλευση για να ελέγχουν την ποσότητα νερού που απαιτείται για την καλλιέργεια τους. Η γνώση των σχέσεων μεταξύ εδάφους και νερού αποτελεί στοιχείο πολύτιμο για τους αγρότες οι οποίοι επιδιώκουν την πιο αποδοτική χρησιμοποίηση του διαθέσιμου νερού για την άρδευση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων τους. Η παρουσία υπερβολικών ποσοτήτων νερού στο έδαφος προκαλεί καθυστέρηση ή και παρεμποδίζει την ανάπτυξη των φυτών ενώ η μικρή γονιμότητα των εδαφών σε ξηρές περιοχές οφείλεται στην έλλειψη επαρκούς ποσότητας νερού. Η κατανάλωση του νερού από τα φυτά σε κάθε περιοχή επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του εδάφους αλλά και της ατμόσφαιρας. Χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνουν την ανάπτυξη των φυτών και οι ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στις καλλιέργειες.

Το έδαφος, μπορεί να εφοδιάσει με νερό τα φυτά μιας καλλιέργειας έως ότου η εδαφική υγρασία φτάσει στο σημείο μόνιμης μάρανσης (Permanent Wilt Point, pwp). Η συνολική αυτή ποσότητα νερού αποτελεί τη διαθέσιμη υγρασία εδάφους (Available Soil Moisture, asm).



Αισθητήρας υγρασίας

DHT11 Αισθητήρας

Η αυτοματοποίηση του συστήματος άρδευσης διευκολύνει την εργασία των αγροτών. Το αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης με αισθητήρες παρέχει μια ελπιδοφόρα λύση στους αγρότες, όπου η παρουσία του αγρότη στον τομέα δεν είναι υποχρεωτική.

Οι Dokhande et al, (2019) περιγράφουν ένα έξυπνο σύστημα άρδευσης το οποίο μετρά την υγρασία του εδάφους και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και λαμβάνει αποφάσεις ανάλογα με την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση του συστήματος παροχής νερού, χρησιμοποιώντας τον μικροελεγκτή Arduino και το λογισμικό Android για να αυτοματοποιήσουν την παραδοσιακή χειροκίνητη άρδευση.

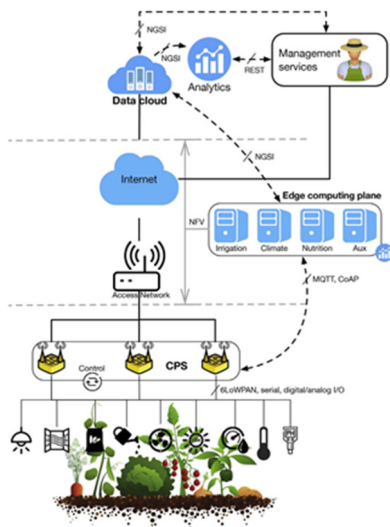
Ο αισθητήρας υγρασίας του εδάφους χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε υγρασία που υπάρχει στο έδαφος, για να διαπιστωθεί εάν το έδαφος είναι ξηρό ή υγρό. Όταν η τιμή της υγρασίας του εδάφους που διαβάζεται από τον αισθητήρα είναι πάνω από την οριακή τιμή, η χαμηλή στάθμη (0V) θα είναι η ψηφιακή έξοδος και αν είναι κάτω από το επίπεδο της οριακής τιμής, υψηλό επίπεδο (5V) θα είναι η ψηφιακή έξοδος. Ο ψηφιακός ακροδέκτης χρησιμοποιείται για να διαβάσει απευθείας την τρέχουσα τιμή της υγρασίας του εδάφους για να διαπιστώσει εάν είναι πάνω από το όριο ή όχι. Η τάση βάσης μπορεί να ρυθμιστεί με τη βοήθεια ποτενσιόμετρου. Ο αισθητήρας DHT11 χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Χρησιμοποιεί έναν χωρητικό αισθητήρα υγρασίας και ένα θερμιστόρ για τη μέτρηση του περιβάλλοντος αέρα. Οι Dokhande et al (2019) συμπεραίνουν ότι η αυτοματοποίηση των γεωργικών δραστηριοτήτων μπορεί να μετατρέψει τον αγροτικό τομέα σε έξυπνο και δυναμικό που οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγή με λιγότερη ανθρώπινη εποπτεία.

6.2 Εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στις Ευρωπαϊκές χώρες

Ισπανία

Τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί οι δυνατότητες παρακολούθησης και ελέγχου στα αγρονομικά συστήματα χάρη στη χρήση νέων τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνίας. Οι Zamora-Izquierdo et al (2019) με την πλατφόρμα της έξυπνης καλλιέργειας IoT βασισμένη στο cloud computing παρουσιάζουν ένα αυτόνομο σύστημα άρδευσης σε φυτείες μεγάλης και μικρής κλίμακας, με σκοπό την εξάλειψη του χειροκίνητου συστήματος, το οποίο συνεπάγεται ανησυχίες για την προσωπική ευθύνη και την άγνοια των εργαζομένων στον τομέα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων.

Μερικές φορές οι έμπειροι αγρότες δεν μπορούν να διαβεβαιώσουν πόσο λίπασμα ή νερό πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τη μέγιστη απόδοση. Οι Zamora-Izquierdo et al (2019) στο σύστημά τους θα παρακολουθούν τη θερμοκρασία, την υγρασία, την περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους και άλλους φυσικούς παράγοντες όπως η παρουσία σοβαρών ρύπων στον αέρα όπως PM2.5, PM10, CO, NOx. Οι παράγοντες και η απόδοση των καλλιεργειών συγκρίνονται με το σύνολο των προηγούμενων ερευνών και θα προσπαθήσουν να προβλέψουν αν η άρδευση είναι απαραίτητη ή όχι.



Συνολική αρχιτεκτονική της πλατφόρμας PA



Εσωτερικό θερμοκηπίου. Οι σειρές φυτών τομάτας, κλιματικοί αισθητήρες

Με τη βοήθεια αυτών των πληροφοριών, το ποσοστό απελευθέρωσης του νερού από τις αντλίες αποφασίζεται και τροφοδοτείται σε ένα σύστημα μικροελεγκτή που εποπτεύει και ελέγχει ολόκληρο το σύστημα άρδευσης. Εκτός αυτού, υπάρχει επίσης πρόβλεψη για την παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών τόσο σε κατά μήκος όσο και οριζόντια. Οι αισθητήρες προσφέρουν εξαιρετικά ακριβείς τιμές της κατάστασης των καλλιεργειών και οι ενεργοποιητές είναι σε θέση να διαχειριστούν την άρδευση και να εμπλουτίσουν το έδαφος με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά.

Πορτογαλία

Οι Sales et al, (2015) αναφέρονται σε ένα σύστημα ασύρματου αισθητήρα και ενός ενεργοποιητή (Actuator) για την έξυπνη άρδευση στο cloud. Αυτοί προτείνουν μια

λύση βασισμένη στο cloud για ένα έξυπνο σύστημα άρδευσης σε καλλιέργεια ροδάκινων. Χρησιμοποιείται μια απομακρυσμένη υπηρεσία ιστού για τη βελτιστοποίηση του συστήματος όπου λαμβάνει δεδομένα για την πρόγνωση του καιρού. Το δίκτυο εκτελεί τρεις κόμβους, δηλαδή:

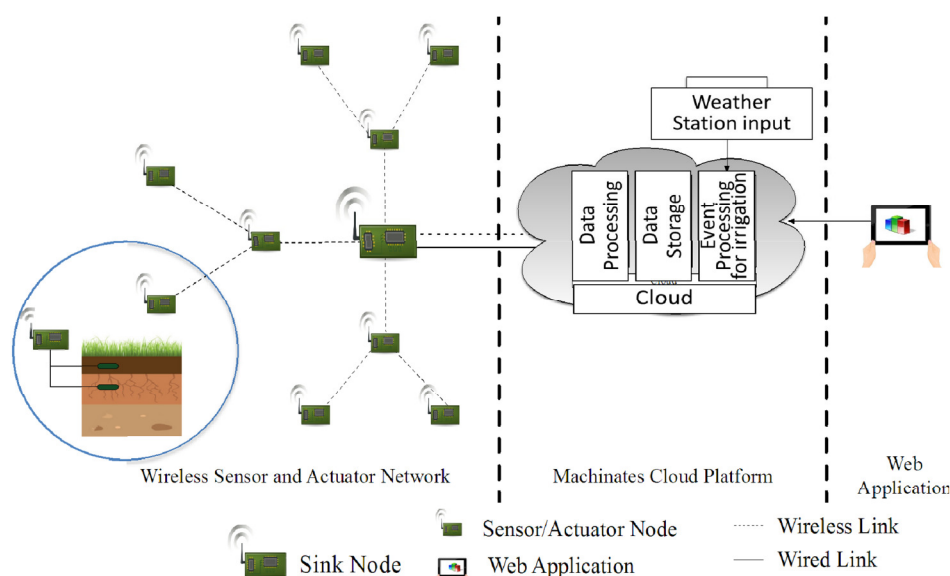
A) την απόκτηση δεδομένων (data acquisition)

B) την συλλογή δεδομένων (data collection) και

Γ) την ανάλυση δεδομένων (data analysis)

Τα οφέλη της διαδικασίας άρδευσης στη γεωργία μειώνουν την κατανάλωση νερού και τις περιβαλλοντικές πτυχές. Το Cloud Computing (υπολογιστικό νέφος) είναι μια ελκυστική λύση με υψηλές δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων από το Wireless Sensor and Actuator Network.

Το σύστημα αναπτύχθηκε σε ένα πραγματικό σενάριο, ένα τοπικό αγρόκτημα που βρίσκεται κοντά στη Sortelha (Guarda, Πορτογαλία). Για αυτές τις δοκιμές αξιολόγησης, διατέθηκε μια σειρά από 9 ροδακινίες για τη δοκιμή του συστήματος στο οποίο διανεμήθηκαν οι συσκευές.



Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων των Sales et al, (2015) περιέχουν τρεις διαφορετικούς τύπους κόμβων. Το SimpliciTI είναι ένα απλό πρωτόκολλο για την υλοποίηση του WSAN.

Η αρχιτεκτονική πρέπει να είναι αρθρωτή ώστε να προσαρμόζεται σε κάθε σενάριο.

Μπορεί να χωριστεί σε τρία βασικά στοιχεία:

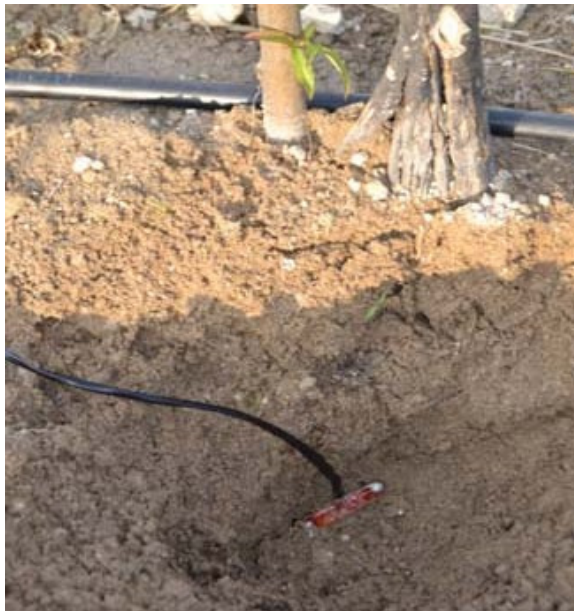
- ένα στοιχείο WSAN,
- ένα στοιχείο πλατφόρμας σύννεφο (cloud) και

- ένα στοιχείο εφαρμογής χρήστη.

Το WSN περιέχει τρεις διαφορετικούς τύπους κόμβων:

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

Η ανάπτυξη ενός συστήματος έξυπνης άρδευσης μπορεί να επωφεληθεί σε μεγάλο βαθμό από τη γνώση της δυναμικής του εδάφους και του νερού. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την ανάπτυξη της προτεινόμενης λύσης. Οι αισθητήρες υγρασίας εδάφους τοποθετήθηκαν εντός των ριζών δέντρων περίπου 15 έως 20cm σε βάθος. Είναι θεμελιώδες οι αναγνώσεις να λαμβάνονται στη ζώνη των ριζών. Στη ζώνη αυτή τα φυτά απορροφούν το απαραίτητο νερό και τα θρεπτικά συστατικά για την υγιή ανάπτυξη τους. Επιπλέον, η θέση αυτή επιτρέπει πιο ακριβείς μετρήσεις, επειδή ο αισθητήρας υγρασίας του εδάφους επηρεάζεται λιγότερο από τις εξωτερικές συνθήκες όπως το ηλιακό φως. Κάθε αισθητήρας εδάφους συνδέεται με έναν κόμβο συσκευής Τελικής Συσκευής (End Device), στερεωμένος στον κορμό του δέντρου περίπου 1 μέτρο πάνω από το έδαφος. Η ηλεκτροβαλβίδα ανοίγει ή κλείνει σύμφωνα με τις εντολές του σημείου πρόσβασης (Access Point) και ελέγχει τη δίοδο νερού στη σωλήνωση άρδευσης που καλύπτει ολόκληρη τη σειρά των δέντρων.



α) Τοποθέτηση αισθητήρα υγρασίας εδάφους. β) Τοποθέτηση ηλεκτροβαλβίδας.



ED (End Device) συσκευή με προσαρμοσμένο αισθητήρα υγρασίας εδάφους

Οι συσκευές που περιέχουν αισθητήρες υγρασίας εδάφους διαμορφώθηκαν ώστε να πραγματοποιούν μετρήσεις υγρασίας εδάφους κάθε 30 λεπτά κατά τη διάρκεια μη αρδευτικών περιόδων και κάθε 5 λεπτά σε περιόδους άρδευσης. Η συχνότητα δειγματοληψίας της μπαταρίας για κάθε συσκευή διαμορφώθηκε σε 60 λεπτά. Η συσκευή του σημείου πρόσβασης (Access Point) στέλνει δεδομένα μέτρησης στην πλατφόρμα cloud.

Οι πειραματικές δοκιμές σε ένα πραγματικό σενάριο σε μια εκμετάλλευση επέτρεψαν τον εντοπισμό ορισμένων περιορισμών, που σχετίζονται κυρίως με την κατανάλωση ενέργειας. Το τρέχον σύστημα, παρόλο που είναι σημαντικά καλύτερο από τα αρχικά πρωτότυπα που βασίζονται στο υλικό του Arduino, δεν έχει την δυνατότητα να διαρκέσει όσο είναι επιθυμητό.

Ελλάδα (2017)

Η ομάδα της GAIA επιχειρείν εφαρμόζει σε έργο την Ευφυή Γεωργία στη Χαλκιδική για την ελιά. Για την άρδευση μετρά με ειδικούς αισθητήρες της κατανομής του ριζικού συστήματος στο έδαφος και στην συνέχεια μελετήθηκε η απόκριση των ελαιόδεντρων στην υδατική καταπόνηση με μετρήσεις της μέγιστης φωτοσυνθετικής ικανότητας, στοματικής αγωγιμότητας και του μεσοκυττάρου CO₂.

Έπειτα προσαρμόζεται το μοντέλο διαχείρισης υδατικού δυναμικού για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια, το οποίο υπολογίζει τη βέλτιστη ποσότητα νερού που χρειάζεται το ελαιόδεντρο ανά πάσα στιγμή.



Gaia επιχειρείν

Συμπεράσματα

Στη σημερινή εποχή η τεχνολογία και η μεταφορά γνώσης συμβάλουν σε μεγάλο βαθμό τόσο στην απλοποίηση των εργασιών στην γεωργική εκμετάλλευση όσο και με τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της παραγωγής.

Η ευφυής γεωργία αποτελεί ένα σύγχρονο υπόδειγμα διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων με τη χρήση Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), υποστηρίζοντας τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και παρέχοντας προστιθέμενη αξία στον αγροτικό κλάδο. Με την εισαγωγή της έννοιας της ευφυούς γεωργίας εφαρμόζονται σταδιακά καινοτόμες τεχνολογίες προερχόμενες από πολυάριθμα επιστημονικά πεδία προς βελτίωση των παραδοσιακών γεωργικών μεθόδων.

Οι εφαρμογές της ευφυούς γεωργίας αναπτύσσεται ραγδαία κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, μετασχηματίζοντας τον αγροτικό κλάδο και φέρνοντας επανάσταση στις καλλιεργητικές εργασίες. Απαιτείται η εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων στον πρωτογενή τομέα, με σκοπό τη μετάβαση στο μοντέλο της ευφυούς γεωργίας. Σε αυτή την περίπτωση παρέχεται η δυνατότητα πρόσβασης στους αγρότες-παραγωγούς σε σημαντικό δίκτυο πληροφόρησης, επιτρέποντάς τους μεγαλύτερη ακρίβεια στις καλλιεργητικές τεχνικές λίπανσης-άρδευσης φυτοπροστασίας, αλλά και βελτιώνοντας την ποιότητα των μετεωρολογικών προβλέψεων, τις μεθόδους παρακολούθησης εξέλιξης των καλλιεργειών και τις τελικές αποδόσεις, με συνέπεια το περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών εκμεταλλεύσεων.

8 Βιβλιογραφία

- AlZu'bi, S., Hawashin, B., Mujahed, M., Jararweh, Y., & Gupta, B. B. (2019). An efficient employment of internet of multimedia things in smart and future agriculture. *Multimedia Tools and Applications*, 1-25.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast-evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, 56, 122-140.
- Bar-Magen, J. (2013). Fog computing: introduction to a new cloud evolution. In *Escrituras silenciadas: paisaje como historiografía* (pp. 111-126). Servicio de Publicaciones.
- Bojan, VC, Raducu, I, Pop, F, Mocanu, M, & Cristea, V. (2015). Cloud-based service for time series analysis and visualisation in Farm Management System. In 2015 IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP) (pp. 425-432). IEEE.
- Bonomi, F. (2011, June). Cloud and fog computing: Trade-offs and applications. In *International Symposium of Computer Architecture*.
- Bonomi, F. (2011, September). Connected vehicles, the internet of things, and fog computing. In *The eighth ACM international workshop on vehicular inter-networking (VANET)*, Las Vegas, USA (pp. 13-15).
- Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., & Addepalli, S. (2012, August). Fog computing and its role in the internet of things. In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing* (pp. 13-16).
- Brasa Ramos, A., Montero Riquelme, F., Montero García, F., Orozco, L., & Roncero, J. J. (2010, August). Precision viticulture using a wireless sensor network. In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on the 931* (pp. 307-313).
- Breur, T. (2016). Statistical Power Analysis and the contemporary “crisis” in social sciences.
- Brogi, A., & Forti, S. (2017). QoS-aware deployment of IoT applications through the fog. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(5), 1185-1192.

- Bucci, G, Bentivoglio, D, & Finco, A. (2019). Factors affecting ict adoption in agriculture: a case study in Italy. *Calitatea*, 20(S2), 122-129.
- Chaudhry, S., & Garg, S. (2019). Smart Irrigation Techniques for Water Resource Management. In *Smart Farming Technologies for Sustainable Agricultural Development* (pp. 196-219). IGI Global
- Dan, L. I. U., Xin, C., Chongwei, H., & Liangliang, J. (2015, December). Intelligent agriculture greenhouse environment monitoring system based on IOT technology. In *2015 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City* (pp. 487-490). IEEE.
- Dasgupta, A., Daruka, A., Pandey, A., Bose, A., Mukherjee, S., & Saha, S. (2019). Smart Irrigation: IOT-Based Irrigation Monitoring System. In *Proceedings of International Ethical Hacking Conference 2018* (pp. 395-403). Springer, Singapore.
- Dokhande, A., Bomble, C., Patil, R., Khandekar, P., Dhone, N., & Gode, C. (2019). A Review Paper on IoT Based Smart Irrigation System.
- Eastwood, C. Klerx, L. Ayre, B. Dela Rue Managing Socio-ethical challenges in the development of smart farming: from a fragmented to a comprehensive approach for responsible research and innovation *J. Agric. Environ. Ethics* (2017), 10.1007/s10806-017-9704
- El-Sayed, H., Sankar, S., Prasad, M., Puthal, D., Gupta, A., Mohanty, M., & Lin, C. T. (2018). Edge of things: the big picture on the integration of edge, IoT and the cloud in a distributed computing environment. *IEEE Access*, 6, 1706-1717. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2780087>
- Farahani, H., Wagiran, R., & Hamidon, M. (2014). Humidity sensors principle, mechanism, and fabrication technologies: a comprehensive review. *Sensors*, 14(5), 7881-7939
- Ghadiyali, T., Lad, K., & Patel, B. (2011, February). Agriculture intelligence: an emerging technology for farmer community. In *2011 Second International Conference on Emerging Applications of Information Technology* (pp. 313-316). IEEE.

- Goudos, K. P. I. Dallas, S. Chatziefthymiou, and S. A. Kyriazakos, "Survey of IoT key enabling and future technologies: 5G, mobile IoT, semantic web and applications," *Wireless Personal Communications*, vol. 97, no. 2, pp. 1645–1675, 2017
- Grisso, R. D., Alley, M. M., Thomason, W. E., Holshouser, D. L., & Roberson, G. T. (2011). Precision farming tools: variable-rate application.
- Guo, H., Huang, Q., Li, X., Sun, Z., & Zhang, Y. (2013). Spatiotemporal analysis of urban environment based on the vegetation–impervious surface–soil model. *Journal of Applied Remote Sensing*, 8(1), 084597.
- Hellerstein, J. (2008). Parallel programming in the age of big data. Gigaom Blog.
- IoT Agriculture Technology for Better Farming. (2018, April/May). Retrieved May 2018, from <https://smartelements.io/>
- Janpla, S, Kularbphetong, K, & Chuandcham, S. (2019). An Automated System for Assisting and Monitoring Plant Growth. In *Advances in Computer Communication and Computational Sciences* (pp. 395-404). Springer, Singapore.
- 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), 1884.
- Jayne, T. S, Sitko, N. J, Mason, N. M, & Skole, D. (2018). Input subsidy programs and climate smart agriculture: Current realities and future potential. In *Climate Smart Agriculture* (pp. 251-273). Springer, Cham.
- Kamienski, C., Soininen, J. P., Taumberger, M., Dantas, R., Toscano, A., Salmon Cinotti, T., ... and Torre Neto, A. (2019). Smart Water Management Platform: IoT-Based Precision Irrigation for Agriculture. *Sensors*, 19(2), 276.
- Kassim, M. R. M., Mat, I., & Harun, A. N. (2014, July). Wireless Sensor Network in precision agriculture application. In *2014 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Khan, F. (2012). Mapping Soil Properties and Water Table Depths Using Electromagnetic Induction Methods (Doctoral dissertation).

- Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 218-231.
- Linsley, C. M., & Bauer, F. C. (1929). Test your soil for acidity. Circular, University of Illinois, Agricultural Experiment Station; no. 346.
- Liopa-Tsakalidi, D. Tsolis, P. Barouchas, A. E. Chantzi, A. Koulopoulos, and N. Malamos, (2013) "Application of mobile technologies through an integrated management system for agricultural production," *Procedia Technology*, vol. 8, pp. 165–170.
- Lioutas, E. D, Charatsari, C, La Rocca, G, & De Rosa, M. (2019). Key questions on the use of big data in farming: An activity theory approach. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*.
- Liu, J. G., & Mason, P. J. (2013). *Essential image processing and GIS for remote sensing*. John Wiley & Sons.
- Mekala, M. S., & Viswanathan, P. (2017, August). A Survey: Smart agriculture IoT with cloud computing. In *2017 international conference on microelectronic devices, circuits and systems (ICMDCS)* (pp. 1-7). IEEE.
- Pandey, S., Shrivastava, A., Vijay, R., & Bhandari, S. (2019). A Review on Smart Irrigation and Crop Prediction System. Available at SSRN 3358108.
- Pardossi, A., Incrocci, L., Incrocci, G., Malorgio, F., Battista, P., Bacci, L., ... & Balendonck, J. (2009). Root zone sensors for irrigation management in intensive agriculture. *Sensors*, 9(4), 2809-2835.
- Patel, C., & Doshi, N. (2019). Security Challenges in IoT Cyber World. In *Security in Smart Cities: Models, Applications, and Challenges* (pp. 171-191). Springer, Cham.
- Pedersen, S.M., Lind, K.M., Fountas, S., 2015. Adoption and perspectives of auto-guidance in northern Europe. In: Stafford, J.V. (Ed.), *Precision Agriculture '15: Papers Presented at the 10th European Conference on Precision Agriculture* Volcani Center, Israel 12e16 July 2015, vol. 15. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 727e732.

- Perkins, M., Correal, N., & O'Dea, B. (2002, June). Emergent wireless sensor network limitations: a plea for advancement in core technologies. In *SENSORS, 2002 IEEE* (Vol. 2, pp. 1505-1509). IEEE.
- Pham, Q. V., Fang, F., Ha, V. N., Le, M., Ding, Z., Le, L. B., & Hwang, W. J. (2019). A survey of multi-access edge computing in 5G and beyond: Fundamentals, technology integration, and state-of-the-art. *arXiv preprint arXiv:1906.08452*.
- Pivoto, D, Barham, B, Waquil, P. D, Foguesatto, C. R, Corte, V. F. D, Zhang, D, & Talamini, E. (2019). Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22(4), 571-588.
- Pivoto, D, Waquil, P. D, Talamini, E, Finocchio, C. P. S, Dalla Corte, V. F, & de Vargas Mores, G. (2018). Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information processing in agriculture*, 5(1), 21-32.
- Pratap, M. (2018). How is Blockchain Disrupting the Supply Chain Industry?. Retrieved from Website of Hackernoon: <https://hackernoon.com/how-is-blockchain-disrupting-the-supply-chain-industry-f3a1c599daef>
- Prathibha, S. R., Hongal, A., & Jyothi, M. P. (2017, March). IoT based monitoring system in smart agriculture. In *2017 International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology (ICRAECT)* (pp. 81-84). IEEE.
- Pycno Agriculture Sensors. (2017, February). Retrieved March 2018, from Standards and TMDLS (Total Maximum Daily Load) Proceedings of the 10-14 March 2007, San Antonio, Texas (p. 129). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Rajalakshmi, P., & Mahalakshmi, S. D. (2016, January). IOT based crop-field monitoring and irrigation automation. In *2016 10th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)* (pp. 1-6). IEEE.

- Ran, L., Zhang, Y., Wei, W., & Zhang, Q. (2017). A hyperspectral image classification framework with spatial pixel pair features. *Sensors*, 17(10), 2421.
- Regan, Á. (2019). 'Smart farming' in Ireland: A risk perception study with key governance actors. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*.
- Rosic, A. (2019). *What is blockchain technology? A step-by-step guide for beginners*. Blockgeeks.
- Rubala, J. I., Anitha, D., & Student, P. G. (2017). Agriculture field monitoring using wireless sensor networks to improving crop production. *International Journal of Engineering Science*, 5216.
- Sales, N., Remédios, O., & Arsenio, A. (2015, December). Wireless sensor and actuator system for smart irrigation on the cloud. In *2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)* (pp. 693-698). IEEE.
- Sawyer, J. E. (1994). Concepts of variable rate technology with considerations for fertilizer application. *Journal of Production Agriculture*, 7(2), 195-201.
- Schönfeld, M. V, Heil, R, & Bittner, L. (2018). Big Data on a Farm—Smart Farming. *Big Data in Context*; Hoeren, T, Kolany-Raiser, B, Eds, 109-120
- Schott, J. R. (2007). *Remote sensing: the image chain approach*. Oxford University Press on Demand.
- Schowengerdt, R. A. (2007). *Remote sensing, models and methods for image processing.*, Elsevier Inc. New York, USA.
- Segaran, T., & Hammerbacher, J. (2009). *Beautiful data: the stories behind elegant data solutions*. " O'Reilly Media, Inc."
- Shekhar Y, Dagur E, Mishra S, Sankaranarayanan S (2017) Intelligent iot based automated irrigation system. *Int J Appl Eng Res* 12(18):7306–7320
- Smart AKIS - Smart Farming Thematic Network. (nd). What is Smart Farming. Smart AKIS. Retrieved August 24, 2019, from <https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming>

- UNDESA, 2016. International decade for action “water for life” 2005–2015. Available from www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml (Accessed on 24th March 2016).
- Wang, N., Zhang, N., & Wang, M. (2006). Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and future perspective. *Computers and electronics in agriculture*, 50(1), 1-14.
- Wang, ZJ (March 2017). "Big Data Driven Smart Transportation: The Underlying Story of IoT Transformed Mobility".
- Wolfert, S, Ge, L, Verdouw, C, & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.
- Wong, S. (2019). Decentralised, Off-Grid Solar Pump Irrigation Systems in Developing Countries—Are They Pro-poor, Pro-environment and Pro-women?. In *Climate Change-Resilient Agriculture and Agroforestry* (pp. 367-382). Springer, Cham
- Zamora-Izquierdo, M. A., Santa, J., Martínez, J. A., Martínez, V., & Skarmeta, A. F. (2019). Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing. *Biosystems Engineering*, 177, 4-17.
- Zhang, Q. (2015). *Precision agriculture technology for crop farming*. CRC Press.
- Zhao, J. C., Zhang, J. F., Feng, Y., & Guo, J. X. (2010, July). The study and application of the IOT technology in agriculture. In *2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology* (Vol. 2, pp. 462-465). IEEE.
- Λιόπα-Τσακαλίδη Α, Μπαρούχας Π., Σαλάχας Γ., Μπουρσιάνης Αχ. Δ., Γούδος Σ. Κ., Καλαμαράς Γ., Παλαμαριζής Γ. Μερκούρης Δ., Περράκης Γ., Τσιρογιάννης Χ., Γκότσης Α., Μαλιάτσος Κ. (2019) Τεχνολογίες ευφυούς γεωργίας, 29ου Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών (ΕΕΕΟ), 15 -18 Οκτωβρίου 2019 Πάτρα.
- 黃名揚. (2018). 智慧農業技術對香蕉生產之成本效益分析: 以無人機應用為例

9 Διαδικτυακές Πηγές

<http://irmadwmulyanti.it.student.pens.ac.id/index5.html?fbclid=IwAR1QymIxtQLNZ>

[Um1o48baz5f9NkeitaFugAszQTf3yVywdwQrSV1Byhk5UM](http://irmadwmulyanti.it.student.pens.ac.id/index5.html?fbclid=IwAR1QymIxtQLNZ)

<http://learnz.org.nz/highcountry152/gps-and-gis-technology>

<http://www.circuitstoday.com/arduino-soil-moisture-sensor>

<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-flame-sensor-interfacing>

<https://data-flair.training/blogs/iot-applications-in-agriculture/>

<https://easternpeak.com/blog/iot-in-agriculture-5-technology-use-cases-for-smart-farming-and-4-challenges-to-consider/>

<https://easternpeak.com/blog/iot-in-agriculture-5-technology-use-cases-for-smart-farming-and-4-challenges-to-consider/>

<https://easternpeak.com/blog/iot-in-agriculture-5-technology-use-cases-for-smart-farming-and-4-challenges-to-consider/>

<https://farmtable.com.au/build/big-data-smart-farming/>

<https://gradeup.co/application-layer-protocols-dns-smtp-pop-ftp-http-i-ba1194bd-c5ab-11e5-9dcb-5849de73f8e1>

<https://images.app.goo.gl/5CCYWEb1TXKB6T649>

<https://images.app.goo.gl/5wMcrFh5ockwe1nc9>

<https://images.app.goo.gl/68qHUxSGhFT3zeVLA>

<https://images.app.goo.gl/9tvTpBzUJFJJ7PJm6>

<https://images.app.goo.gl/C2mPkUoKzbCQeaJh6>

<https://images.app.goo.gl/hyhrHf9LWv92YTzD9>

<https://images.app.goo.gl/M9NjE18D15hXYReP6>

<https://images.app.goo.gl/NTi5dCFUPjAaND6o8>

<https://images.app.goo.gl/P77oNiALjs96rrdY6>

<https://images.app.goo.gl/Q7tRLuhSQ8BWN1u66>

<https://images.app.goo.gl/qtb4h6PSs7ad3hSf7>

<https://images.app.goo.gl/riFUPwm2n3YnH73r5>

<https://images.app.goo.gl/xFurBWkUQPJNmbRu9>

<https://images.app.goo.gl/YvQVmbZRV1oxqNRC9>

<https://images.app.goo.gl/ZmBuWfNGwuxpA3Md8>

<https://iotdesignpro.com/articles/smart-farming-iot-applications-in-agriculture>

<https://precisionagricultu.re/gps-has-evolved-in-state-and-use-in-the-past-years-in-the-agricultural-industry/>

<https://scidle.com/how-to-use-a-ph-sensor-with-arduino/>

<https://www.blacknovadesigns.co.uk/blog/5-great-tips-for-improving-internet-connection-in-rural-areas>

<https://www.c2m.net/blog/10-benefits-of-a-smart-agriculture-solution>

<https://www.computerweekly.com/news/252470815/Rural-connectivity-struggling-to-keep-up-with-demand>

<https://www.dfrobot.com/product-1549.html>

<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/an-introduction-to-networking-terminology-interfaces-and-protocols>

<https://www.educba.com/what-is-networking-protocols/><https://www.lifewire.com/definition-of-protocol-network-817949><https://gradeup.co/application-layer-protocols-dns-smtp-pop-ftp-http-iba1194bd-c5ab-11e5-9dcb-5849de73f8e1>

<https://www.electrokit.com/en/product/digital-temperature-and-humidity-sensor-dht11/>

<https://www.hydropoint.com/what-is-smart-irrigation/>

<https://www.instructables.com/id/LDR-Sensor-Module-Users-Manual-V10/>

<https://www.interserver.net/tips/kb/common-network-protocols-ports/>

<https://www.ietf.org/rfc/rfc2222.html>
<https://www.iotforall.com/iot-applications-in-agriculture/>

<https://www.pycno.co/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754>

<https://www.techuk.org/insights/opinions/item/12489-enabling-connectivity-in-rural-areas>

<https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/>