

## Ορθές Γεωργικές Πρακτικές – Ευφυής Γεωργία



Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας  
**Δημοπούλου Ουρανίας**

Αμαλιάδα 2021

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λιόπα-Τσακαλίδη

## **Αντί προλόγου**

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

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

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Λητώ Ασπασία Ροδίτη για την πολύπλευρη βοήθεια της και θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτατες ευχαριστίες στην οικογένεια μου για τη στήριξη και τη δύναμη που μου πρόσφεραν ώστε να εκπληρώσω τους στόχους μου.

## Περιεχόμενα

Αντί προλόγου .....	2
Περίληψη.....	5
Σκοπός της εργασίας.....	6
Κεφάλαιο 1 .....	7
1 Εισαγωγή.....	7
1.1 Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Good Agricultural Practices - GAPs)9	
1.1.1 Γενικές Υποχρεώσεις στην φυτική παραγωγή.....	11
1.1.1.1 Κατεργασία του εδάφους.....	11
1.1.1.2 Πολλαπλασιαστικό υλικό .....	14
1.1.1.3 Λιπάνσεις .....	14
1.1.1.4 Αρδεύσεις.....	16
1.1.1.5 Φυτοπροστασία.....	17
1.1.1.6 Αμειψισπορά.....	18
Κεφάλαιο 2 .....	19
2 Ευφυής γεωργία (Smart Farming).....	19
2.2 Προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ευφυής γεωργία.....	22
2.3 Ιστορική Αναδρομή .....	23
Κεφάλαιο 3 .....	25
3 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης (LPWA) .....	25
3.1 Βασικά χαρακτηριστικά LPWA .....	31
Κεφάλαιο 4 .....	37
4 Αισθητήρες.....	37
4.1 Συλλογή δεδομένων από αισθητήρες (Big Data) .....	41
4.2 Υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing ).....	42
4.3 Μικροελεγκτές.....	43
Κεφάλαιο 5 .....	45
5 Κόστος κόμβων αισθητήρων .....	45
Κεφάλαιο 6 .....	46
6 Πρωτόκολλα εφαρμογής και τεχνικές επεξεργασίας πληροφοριών .....	46
Κεφάλαιο 7 .....	48

7	Κόμβοι – Δίκτυο αισθητήρων .....	48
	Κεφάλαιο 8 .....	49
8	Διαδίκτυο των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία.....	49
8.1	IoT στην ευφυή γεωργία.....	49
8.1.1	Πλεονεκτήματα χρήσης τεχνολογίας IoT .....	53
8.1.2	Μελέτες περιπτώσεων IoT στην ευφυή γεωργία .....	54
8.1.3	Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (Monitoring) .....	58
8.1.4	Διαχείριση καλλιεργειών (Crop Management).....	58
8.1.5	Ευφυής Άρδευση (Smart Irrigation) .....	59
8.1.6	Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (Drones) .....	62
8.1.7	FarmBeats .....	64
8.1.8	Farmbot .....	65
8.1.9	Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensors Technologies – WST).....	66
8.1.10	Αυτοματισμοί θερμοκηπίων ( Automation of Green Houses).....	66
	Κεφάλαιο 9 .....	68
9	Παραδείγματα νέων τεχνολογιών στην ευφυή γεωργία.....	68
9.1	Ασιατικές χώρες .....	68
9.2	Ευρωπαϊκές χώρες .....	69
	Συμπεράσματα.....	71
	Βιβλιογραφία .....	72

## Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία Ορθές Γεωργικές Πρακτικές- Ευφυής Γεωργία αποτελείται από 9 εννέα κεφάλαια. Το πρώτο (1<sup>ο</sup>) κεφάλαιο αναφέρεται στις Ορθές Γεωργικές Πρακτικές οι οποίες πρέπει να ακολουθούνται και στη σημασία τους για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Το δεύτερο (2<sup>ο</sup>) κεφάλαιο αναφέρεται στον ορισμό της ευφυούς γεωργίας και την ιστορική της αναδρομή. Το τρίτο (3<sup>ο</sup>) κεφάλαιο περιλαμβάνει τις τεχνολογίες δικτύωσης και τα βασικά χαρακτηριστικά του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Το τέταρτο (4<sup>ο</sup>) κεφάλαιο αναφέρεται στους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην ευφυή γεωργία και το πέμπτο (5<sup>ο</sup>) αναφέρεται στα κόστη των κόμβων των αισθητήρων. Στην συνέχεια, στο έκτο (6<sup>ο</sup>) κεφάλαιο αναλύονται τα πρωτόκολλα εφαρμογής και οι τεχνικές επεξεργασίας των πληροφοριών. Το επτά (7<sup>ο</sup>) κεφάλαιο περιλαμβάνει τους κόμβους και τα δίκτυα των αισθητήρων. Στο κεφάλαιο οκτώ (8<sup>ο</sup>) αναφέρονται πληροφορίες γενικά για το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και συγκεκριμένα για τα πλεονεκτήματα του σε σχέση με την ευφυή γεωργία, τα εξαρτήματα που διαθέτει και η λειτουργικότητά τους στις καλλιέργειες. Τέλος, στο κεφάλαιο εννέα (9<sup>ο</sup>) παραθέτονται παραδείγματα νέων τεχνολογιών της ευφυούς γεωργίας στην Ασία και την Ευρώπη.

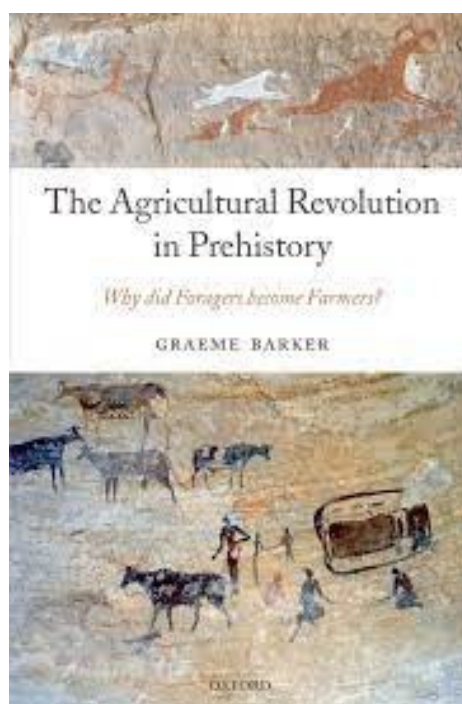
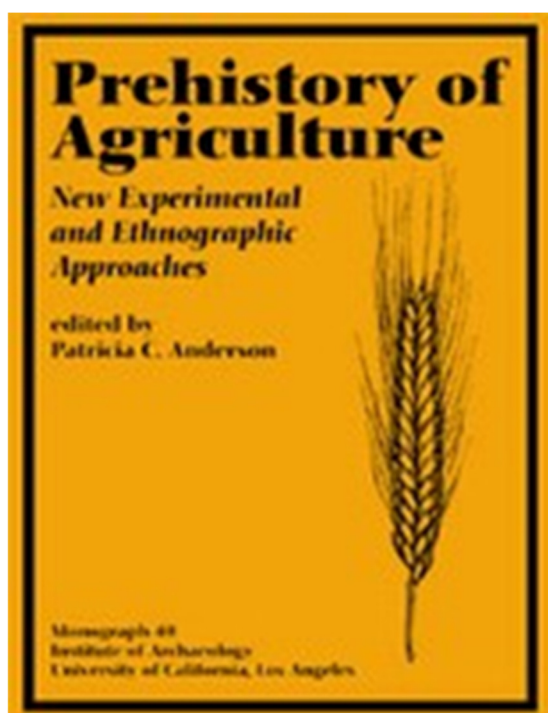
## **Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιαστούν και να αναλυθούν οι Ορθές Γεωργικές Πρακτικές που πρέπει να ακολουθούνται ώστε να λειτουργεί αποτελεσματικά ένα καλλιεργητικό σύστημα ευφυούς γεωργίας με κανόνες, οι οποίοι θα συμβάλλουν τόσο στο περιβάλλον όσο και στον ίδιο τον άνθρωπο. Επίσης, στοχεύει στην ενημέρωση ως προς τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην ευφυή γεωργία οι οποίες έχουν ραγδαία εξέλιξη και αναβαθμίζουν τις καλλιεργητικές ικανότητες του αγρότη/καλλιεργητή (τεχνολογίες δικτύωσης, αισθητήρες, BigData ,LoRa, LoRaWaN, drones κ.α) με την διαχείριση των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο που οδηγεί στον εκσυγχρονισμό της γεωργίας.

## Κεφάλαιο 1

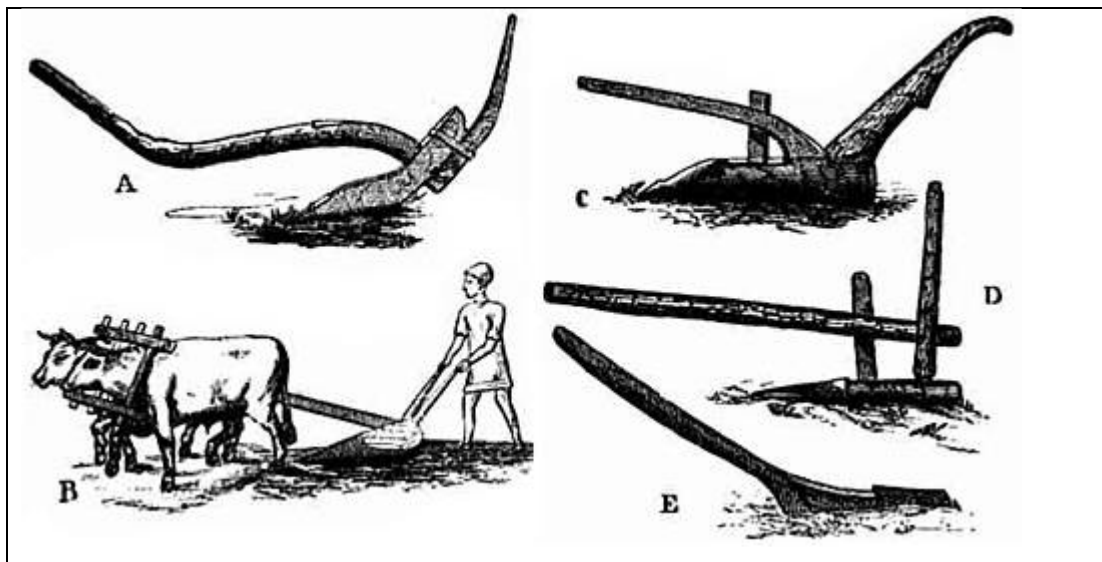
### 1 Εισαγωγή

Γεωργία είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την καλλιέργεια του εδάφους της γης με σκοπό την παραγωγή φυτικών προϊόντων. Η γεωργία κατατάσσεται στην ελαφρά βιομηχανία, επειδή τα περισσότερα προϊόντα που παράγονται από αυτήν είναι προϊόντα άμεσης χρήσης από τον άνθρωπο. Η ιστορία της Γεωργίας ξεκινά πολλές χιλιάδες χρόνια πριν και η ανάπτυξη της κατευθύνθηκε κατά ένα μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές αλλαγές του περιβάλλοντος, τον πολιτισμό και την τεχνολογία. Η πρώτη της εμφάνιση πραγματοποιήθηκε κατά την Νεολιθική εποχή (10.000 με 3.000 π.Χ). Η εμφάνιση των γεωργικών τεχνολογιών συμπίπτει με την προσπάθεια των πρώτων ανθρώπων να φτιάξουν εργαλεία με σκοπό τον έλεγχο του περιβάλλοντος.



Τα πρώτα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για αναζήτηση τροφής ήταν απλά όπως μια ράβδος για φύτευση σπόρων και μυτερές πέτρες για κοπή. Αργότερα τα πέτρινα εργαλεία αντικαταστάθηκαν από ορειχάλκινα και μετά την πάροδο αρκετών αιώνων στην κατασκευή των εργαλείων χρησιμοποιήθηκε ο σίδηρος. Έως τότε, οι άνθρωποι τρέφονταν από το κυνήγι και τα αυτοφυή φυτά. Ο άνθρωπος καλλιεργούσε τη γη με βαριά ξύλινα εργαλεία τα οποία μπορεί να διέθεταν στην άκρη πέτρα μπορεί όμως και

όχι. Η χρήση των ζώων στις μεταφορές ανθρώπων και αγαθών οδήγησε στην ανάπτυξη εμπορικών σχέσεων μεταξύ των πρώτων πολιτισμών. Σημαντική εξέλιξη στη γεωργική τεχνολογία αποτέλεσε η καλλιέργεια της γης με το σιδερένιο αλέτρι που κινούνταν με τη βοήθεια αγροτικών ζώων.



Η γεωργία εξαρτάται περισσότερο από κάθε άλλον τομέα, από τις περιβαλλοντολογικές και καιρικές συνθήκες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κατά καιρούς ανισορροπίες στην προσφορά και ζήτηση αγροτικών προϊόντων.

Η **γεωργική τεχνολογία**, παρουσιάζει μια πολυπλοκότητα διότι οι μέθοδοι παραγωγής υπόκεινται σε συχνές αλλαγές και προσαρμογές σε τοπικές εδαφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες.

**Η γεωργική τεχνολογία διακρίνεται σε:**

1. *Μηχανική τεχνολογία* που περιλαμβάνει κάθε είδους μηχανήματα αρχίζοντας από τον ελκυστήρα (τρακτέρ), τις θεριστικές μηχανές, τους λιπασματοδιανομείς, τις φυτευτικές μηχανές κ.λπ.
2. *Βιολογική τεχνολογία* η οποία εισάγεται στον αγροτικό τομέα με τη χρήση βελτιωμένων σπόρων, ποικιλιών, φυλών ζώων κ.λπ.
3. *Χημική τεχνολογία* που εισάγεται με τη χρήση προϊόντων της χημικής κυρίως βιομηχανίας, όπως λιπάσματα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα κ.λπ.

Η γεωργία δέχεται αλλαγές που οφείλονται στις νέες τεχνολογίες, γεγονός που είναι αρκετά ελπιδοφόρο, αφού θα επιτρέψει στον πρωτογενή τομέα να προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο αποδοτικότητας και παραγωγικότητας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, έκανε την εμφάνιση της η βιομηχανία και συνεπώς



δημιουργήθηκε η ανάγκη για αναζήτηση περισσότερων γεωργικών προϊόντων. Στις αρχές του 20ου αιώνα, ξεκίνησαν οι χρήσεις των γεωργικών ελκυστήρων (τρακτέρ) με κινητήρες εσωτερικής καύσης.



Στα τέλη του 20ου αιώνα και αρχές του 21ου αιώνα, η εξέλιξη της τεχνολογίας αναπτύχθηκε ραγδαία καθώς χρησιμοποιήθηκε η Βιοτεχνολογία και η Γεωργία Ακριβείας για την ενίσχυση της παραγωγικότητας. Οι νέες τεχνολογίες στη γεωργία αντικατοπτρίζουν το μέλλον της αγροτικής ανάπτυξης. Στα θερμοκήπια, στις δενδρώδεις καλλιέργειες, στην ηλεκτρονική παρακολούθηση όλων των σταδίων της παραγωγής η εξέλιξη της τεχνολογίας αλλάζει τα δεδομένα. Το πέρασμα από τη χρήση παλαιότερων τεχνολογιών σε μεθόδους που σήμερα αξιοποιούν υποδομές και εφαρμογές ευφυούς γεωργίας, δεν είναι κάτι εύκολο. Η ραγδαία εξέλιξη των τεχνολογιών μπορεί να εφαρμοστεί με μεγάλη επιτυχία και στην γεωργία, μειώνοντας τον χρόνο σε βασικές χρονοβόρες διαδικασίες, καθώς και σε πιθανά λάθη. Με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών στην γεωργία αναπτύχθηκαν συστήματα στην Γεωργία Ακριβείας και στην ευφυή Γεωργία.

## 1.1 Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Good Agricultural Practices - GAPs)

Οι Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Κ.Ο.Γ.Π.) καθορίζουν τους κανόνες στις περιπτώσεις περιοχών ή ζωνών που εντάσσονται σε ειδικά καθεστώτα προστασίας. Ένας Κώδικας Ορθών Γεωργικών Πρακτικών είναι ένας πρακτικός οδηγός που βοηθά τους καλλιεργητές και τους διαχειριστές καλλιεργούμενων εκτάσεων να προστατεύουν το περιβάλλον στο οποίο δραστηριοποιούνται. Ο Κώδικας περιγράφει βασικές δράσεις που μπορούν να αναλαμβάνουν οι καλλιεργητές ώστε να προστατεύουν την ποιότητα του νερού, του εδάφους και του αέρα.

([https://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/fas/FAShandbook\\_EL.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/fas/FAShandbook_EL.pdf)).

Ο κώδικας είναι ένας απλός πρακτικός οδηγός ο οποίος αφορά όλους όσους ασχολούνται με γεωργικές δράσεις και έχει σαν βασικότερο στόχο να τους καθοδηγήσει να προστατεύουν το περιβάλλον, αποφεύγοντας να το μολύνουν είτε να μειώσουν τη μόλυνσή του. Αυτό σημαίνει ότι ο σύγχρονος καλλιεργητής δεν πρέπει να έχει ως στόχο μόνο την παραγωγή αλλά ταυτόχρονα πρέπει να εντάξει στο πρόγραμμα των δραστηριοτήτων του και την αναγκαιότητα προστασίας του περιβάλλοντος. Ο Κώδικας Ορθών Γεωργικών Πρακτικών περιγράφει με απλές και κατανοητές μεθόδους τα αίτια τα οποία είναι εφικτό να δημιουργήσουν μολύνσεις στο περιβάλλον από διαφοροποιημένες γεωργικές δράσεις και δείχνει τακτικές προστασίας και συντήρησης του σε αιεφόρο παραγωγή. Η ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων και η ορθή χρήση των εισροών με σκοπό την εξασφάλιση της οικονομικής βιωσιμότητας της γεωργικής εκμετάλλευσης και της αειφορίας του περιβάλλοντος είναι η Ορθή Γεωργική Πρακτική. Ο ρόλος του καλλιεργητή δεν είναι μόνο η παραγωγή αλλά σημαντικό ρόλο έχει και η προστασία του περιβάλλοντος, της υπαίθρου και της πολιτιστικής κληρονομιάς. Ειδικότερα, ο Κώδικας Ορθών Γεωργικών Πρακτικών αφορά την διαχείριση της γεωργικής εκμετάλλευσης. Έχει στόχο να προτρέψει τον παραγωγό να περιορίσει τις κατεργασίες του εδάφους ώστε να μειωθεί η σπατάλη ενέργειας και η αλλοίωση της δομής του, η μείωση και αποφυγή ατμοσφαιρικών ρύπων, η προφύλαξη των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και να αποτραπεί η υποβάθμιση και σπατάλη του νερού. Θα πρέπει να δίνεται βάση στο να μειώνονται τα προβλήματα και να διατηρούνται οι ορθές πρακτικές και η ευημερία του κοινωνικού συνόλου (Δόρδας, 2009).

Οι Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής απαγορεύουν ρητά την καταστροφή των φυσικών ορίων, των φυτοφρακτών και της φυσικής βλάστησης στις ρεματιές και τα ποτάμια. Απαγορεύουν επίσης την αλλαγή της φυσικής πορείας του νερού. Οι Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής συνδέουν την προστασία των υδάτινων πόρων με την λίπανση των καλλιεργειών.

Οι Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής αποτελούν τις ελάχιστες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις που πρέπει να τηρούν οι παραγωγοί για την ένταξη στα αγροπεριβαλλοντικά προγράμματα του Καν. (ΕΚ) 1257/99 καθώς επίσης αποτελούν τις ελάχιστες δεσμεύσεις του άρθρου 3 του Καν. (ΕΚ) 1259/99. Ανάλογα με τον τομέα στον οποίο δραστηριοποιούνται οι παραγωγοί υποχρεούνται να εφαρμόζουν τις γεωργικές πρακτικές (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, διαδίκτυο). Οι πρακτικές αποσκοπούν :

- Στην αειφορική διαχείριση της γεωργικής γης και των φυσικών πόρων
- Στην διαφύλαξη του αγροτικού τοπίου καθώς και των χαρακτηριστικών του
- Στην προστασία της υγείας αγροτών και καταναλωτών.

### **1.1.1 Γενικές Υποχρεώσεις στην φυτική παραγωγή**

#### **1.1.1.1 Κατεργασία του εδάφους**

Οι λειτουργίες του εδάφους, το καθιστούν ένα πολύτιμο οικολογικό, κοινωνικό και οικονομικό πόρο και εν γένει είναι αυτές που προσδιορίζουν την αναγκαιότητα για διαφύλαξή του. Το έδαφος αποτελεί ένα δυναμικό ζωντανό φυσικό σώμα, ζωτικό για τη λειτουργία των γήινων οικοσυστημάτων. Είναι ένα ανοιχτό φυσικό σύστημα, το οποίο δέχεται τις επιδράσεις του περιβάλλοντος και εξασκεί με τη σειρά του τις επιδράσεις του σε αυτό. Η βιώσιμη διαχείριση του εδάφους αποτελεί βασικό συστατικό για την αγροτική παραγωγή και τα τρόφιμα σε βάθος χρόνου.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω της Θεματικής Στρατηγικής για το Έδαφος (Soil Thematic Strategy, COM/2006/231) και της Οδηγίας Πλαίσιο για το Έδαφος (Soil Framework Directive, COM/2006/232)) προωθεί κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής και τεχνολογίες απορρύπανσης και προστασίας των εδαφών (Επιτροπή, Ε, 2006).

Η υποβάθμιση του εδάφους είναι ένα σοβαρό πρόβλημα το οποίο προκαλείται και οξύνεται μέσω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, όπως είναι ακατάλληλες γεωργικές και δασοκομικές πρακτικές, βιομηχανικές δραστηριότητες, ο τουρισμός, η αστική και βιομηχανική επέκταση και τα κατασκευαστικά έργα. Οι δραστηριότητες αυτές έχουν αρνητική επίπτωση, με την έννοια ότι παρακωλύεται η επιτέλεση των ευρέος φάσματος λειτουργιών του εδάφους προς όφελος του ανθρώπου και των οικοσυστημάτων, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η γονιμότητα του εδάφους, να μειώνονται ο άνθρακας και η βιοποικιλότητα καθώς και η ικανότητα συγκράτησης νερού, να διαταράσσονται οι κύκλοι των αερίων και των θρεπτικών συστατικών και να περιορίζεται η αποικοδόμηση των μολυντικών ουσιών. Η υποβάθμιση του εδάφους έχει άμεση επίπτωση στην ποιότητα του νερού και του αέρα, στη βιοποικιλότητα και στις κλιματικές αλλαγές. Η διατήρηση της ποιότητας του εδάφους είναι ένας από τους κύριους σκοπούς της περιβαλλοντικά ορθής βιώσιμης γεωργίας και με τη χρήση κατάλληλων γεωργικών συστημάτων μπορεί να βελτιωθεί η ποιότητά του.

Πρέπει να γίνεται λεπτομερής αναφορά ως προς τις δραστηριότητες της γεωργικής εκμετάλλευσης που αφορούν τη μηχανική κατεργασία του εδάφους του αγροτεμαχίου, όπου παράγονται τα γεωργικά προϊόντα.

Η κατεργασία του εδάφους επιδιώκει την αναδιοργάνωση της δομής του ώστε να δεχθεί μια νέα καλλιέργεια και τις καλύτερες αγρονομικές και οικονομικές συνθήκες. Στους σκοπούς αυτούς περιλαμβάνεται η δημιουργία ικανοποιητικού πορώδους και εδαφικών συσσωματωμάτων ώστε να επιτυγχάνονται κατάλληλος αερισμός, θερμοκρασία, κυκλοφορία του εδαφικού νερού, να επιτυγχάνεται κανονική κατανομή των σπόρων στο έδαφος και σε βάθος που τους προστατεύει από τη βροχή και τα πτηνά και να έρχονται οι σπόροι σε επαφή με τα στερεά τεμαχίδια του εδάφους ώστε να αποκτούν την κατάλληλη για το φύτευμα υγρασία. Η κατεργασία του εδάφους γίνεται για να ετοιμαστεί η γεωργική εκμετάλλευση για την επόμενη καλλιέργεια, να ετοιμαστεί για τη σπορά, να καταστραφούν και να παραχωθούν τα ανεπιθύμητα φυτά, να εξασφαλιστεί η σωστή στράγγιση των νερών και ο αερισμός του εδάφους. Με την κατεργασία του εδάφους διαταράσσεται η δομή του, ενώ με άκαιρες ή ακατάλληλες επεμβάσεις αυτή καταστρέφεται. Το κατεργασμένο γυμνό έδαφος είναι ευάλωτο στη διάβρωση από τον αέρα ή από το νερό. Επομένως η κατεργασία του εδάφους πρέπει να περιορίζεται όσο είναι δυνατόν, στις απαραίτητες επεμβάσεις. Η υπερβολική κατεργασία εδάφους αυξάνει την απαιτούμενη ενέργεια, επιφέρει μεγάλη και άσκοπη κατανάλωση καυσίμων, και παράλληλα προκαλεί αρνητικές συνέπειες στο έδαφος. Για να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από την κατεργασία του εδάφους και να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές συνέπειες είναι σκόπιμο οι κατεργασίες να γίνονται την κατάλληλη εποχή με τα κατάλληλα, για το έδαφος και την εργασία που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε, γεωργικά μηχανήματα. Επίσης είναι σκόπιμο να γίνονται, κατά το δυνατόν, οι λιγότερες επεμβάσεις.



Οι κατεργασίες του εδάφους να γίνονται πάντα, όταν το έδαφος βρίσκεται στο «ρόγο του», δηλαδή μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές. Σκόπιμο είναι να αποφεύγονται οι θερινές αρόσεις, στην περίπτωση που αυτές δεν θεωρούνται απαραίτητες για την καταπολέμηση πολυετών ζιζανίων. Να αποφεύγεται η βαθιά άροση κάτω από 40 εκατοστά, αν δεν υπάρχει ανάγκη εκρίζωσης βαθύριζων ζιζανίων και θραύσης αδιαπέραστου εδαφικού ορίζοντα. Στην περίπτωση βαθιάς άροσης, λόγω θραύσης αδιαπέραστου εδαφικού ορίζοντα δεν πρέπει να γίνεται αναστροφή του εδάφους. Στις περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος πλημμυρών η άροση, θα πρέπει να γίνεται με μέθοδο, που εξασφαλίζει την ισοπέδωση αγροτεμαχίων με χρήση αναστρεφόμενων αρότρων. Επίσης καθίσταται υποχρεωτικό σε εδάφη με κλίση μεγαλύτερη από 10% η άροση να γίνεται κατά τις ισοϋψείς, ή διαγώνια, ή να δημιουργούνται φυσικά αναχώματα κατά τις ισοϋψείς και η άροση να γίνεται διαγώνια (ακαλλιέργητες ζώνες με φυτική κάλυψη) με εύρος 1-2 μέτρα. Η χρησιμοποίηση των γεωργικών μηχανημάτων να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην καταστρέφονται οι αγροτικοί δρόμοι. Να μην καταστρέφονται τα ακαλλιέργητα περιθώρια μεταξύ των αγροτεμαχίων καθώς και οι φυτοφράκτες, η φυσική βλάστηση των ρεματιών και τα γειτονεύοντα δάση. Η διατήρηση των φυσικών ρεμάτων. Επεμβάσεις, οι οποίες αφορούν στην αλλαγή πορείας ρεμάτων με χωματουργικά μηχανήματα γίνονται μόνο μετά από άδεια της αρμόδιας υπηρεσίας.

### **1.1.1.2 Πολλαπλασιαστικό υλικό**

Το πολλαπλασιαστικό υλικό το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση νέων φυτειών πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να είναι πιστοποιημένο σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία.
- Να είναι υγιές χωρίς προσβολές από εχθρούς και ασθένειες.
- Να είναι απαλλαγμένο από ιώσεις.
- Να ικανοποιεί τις ανάγκες της αγοράς ως προς την εμπορία.
- Να είναι ανθεκτικό σε φυτοπαθολογικά προβλήματα, ιώσεις και νηματώδεις.
- Να μην είναι γενετικά τροποποιημένο.
- Να μπορεί να προσαρμοστεί στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής όπου θα εγκατασταθεί.

Η εκμετάλλευση πρέπει να διατηρεί φάκελο πολλαπλασιαστικού υλικού στον οποίο θα καταγράφονται το υποκείμενο, η ποικιλία και ο προμηθευτής του πολλαπλασιαστικού υλικού (νέες φυτείες). Επιπρόσθετα, στη τελευταία περίπτωση πρέπει να διατηρούνται παραστατικά αγοράς (αποδείξεις, φυτουγειονομικό πιστοποιητικό ή/και διαβατήριο) του πολλαπλασιαστικού υλικού.

### **1.1.1.3 Λιπάνσεις**

Το μέρος αυτό του Κώδικα ασχολείται με τα λιπάσματα και στοχεύει να βοηθήσει όλους όσοι τα χρησιμοποιούν να εφαρμόζουν φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές, χωρίς να επηρεάζεται το εισόδημα τους περιορίζοντας ταυτόχρονα τη μόλυνση του περιβάλλοντος από τη χρησιμοποίηση όχι μόνο χημικών και οργανικών λιπασμάτων αλλά και άλλων πηγών, όπως είναι η κοπριά, η λάσπη και η οργανική ουσία. Ιδιαίτερα ο Κώδικας στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της μόλυνσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών από τη συγκέντρωση διαφόρων αλάτων, ιδιαίτερα των νιτρικών, τα οποία μετακινούνται προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και τελικά καταλήγουν στα υπόγεια νερά. Είναι σημαντικό οι χρήστες των λιπασμάτων να κατανοήσουν και να συνειδητοποιήσουν τους κινδύνους που δημιουργούνται όταν χρησιμοποιούνται λιπάσματα και να επιδείξουν τη δέουσα προσοχή κατά την εφαρμογή τους, ιδιαίτερα των αζωτούχων. Ο Κώδικας αναφέρεται στα ακόλουθα:

- Είδος, ποσότητα, χρονική περίοδος εφαρμογής των διαφόρων λιπασμάτων,
- μέθοδοι εφαρμογής λιπασμάτων,

- αποθήκευση και μεταφορά των ανόργανων λιπασμάτων

**Είδη λιπασμάτων:** Τα πιο κάτω είδη και μορφές λιπασμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν νοουμένου ότι θα εφαρμόζονται οι σχετικοί κανονισμοί του Κώδικα: **Ανόργανα**, που είναι τα χημικά λιπάσματα τα οποία παράγονται από τις βιομηχανίες με φυσικές ή χημικές διαδικασίες,

**οργανικά**, που είναι τα λιπάσματα τα οποία παράγονται μετά την αποσύνθεση υλικών φυτικής και ζωικής προέλευσης ή μείγματα τους ή και λύματα.

**Αποθήκευση και μεταφορά των ανόργανων λιπασμάτων:** Κατά την αποθήκευση και μεταφορά των λιπασμάτων πρέπει να εφαρμόζονται τα πιο κάτω μέτρα:

- Να αποθηκεύονται σε χώρους που απέχουν τουλάχιστο 50 μέτρα από τα νερά λιμνών, δεξαμενών, ποταμών, φρακτών κτλ.
- Να χρησιμοποιούνται ασφαλείς σάκοι που να μη σχίζονται εύκολα κατά τη μεταφορά ή το χειρισμό τους.
- Να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε κατά τη μεταφορά να αποφεύγονται ατυχήματα και ο κίνδυνος ανεξέλεγκτου διασκορπισμού στο περιβάλλον.
- Τα υγρά λιπάσματα αποθηκεύονται σε στεγανά, αντιοξειδωτικά δοχεία που δεν σπάζουν εύκολα για αποφυγή ατυχημάτων.

**Ποσότητα και χρόνος εφαρμογής των λιπασμάτων:** Η περιεκτικότητα των νερών σε νιτρικά, σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, πιο κάτω από τα 50 μέρη στο εκατομμύριο. Για να το πετύχουμε αυτό πρέπει να τηρούνται τα εξής μέτρα:

- Οι ποσότητες των αζωτούχων λιπασμάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν εξαρτώνται από τις ανάγκες της κάθε φυτείας, τις ποσότητες που υπάρχουν στο έδαφος και το νερό άρδευσης, το σύστημα ποτίσματος και τις κλιματικές συνθήκες.
- Η εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων στηρίζεται στην αρχή ότι τα λιπάσματα προστίθενται όταν το φυτό τα έχει ανάγκη.
- Την περίοδο των έντονων βροχοπτώσεων και σε επικλινή εδάφη αποφεύγονται οι επιφανειακές αζωτούχες λιπάνσεις.
- Οι επιφανειακές αζωτούχες λιπάνσεις γίνονται σε μικρές ποσότητες και όταν το επιτρέπουν οι καιρικές συνθήκες.

Οι τρόποι με τους οποίους μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα λιπάσματα είναι η συνδυασμένη άρδευση-λίπανση, η ενσωμάτωση στο έδαφος, επιφανειακά και με διαφυλλικούς ψεκασμούς. Εφαρμογή της κατάλληλης ποσότητας λιπασμάτων σύμφωνα με τις ανάγκες θρέψης των φυτών όπως προκύπτουν από τα αποτελέσματα εδαφοανάλυσης ή φυλλοδιαγνωστικής. Η ανάλυση πραγματοποιείται κατά αγροτεμάχιο της εκμετάλλευσης και πρέπει να είναι πρόσφατη (μία ανάλυση ανά πενταετία). Οι αναλύσεις γίνονται μόνο από εργαστήρια διαπιστευμένα, με βάση τις προδιαγραφές ISO. Η εφαρμογή των λιπασμάτων πρέπει να γίνεται σε δόσεις. Ο χρόνος εφαρμογής πρέπει να προσαρμόζεται στο βιολογικό στάδιο των φυτών με τη μεγαλύτερη ανάγκη σε θρεπτικά στοιχεία.



Στις δενδρώδεις η εφαρμογή θα γίνεται σε 2 τουλάχιστον δόσεις. Στις ετήσιες εαρινές η εφαρμογή θα γίνεται σε 3 τουλάχιστον δόσεις, εκ των οποίων τουλάχιστον οι 2, αφορούν την επιφανειακή λίπανση.

Στα χειμερινά σιτηρά η βασική φθινοπωρινή λίπανση αζώτου θα είναι μηδενική. Οι επιφανειακές λιπάνσεις θα εφαρμόζονται σε 2 τουλάχιστον δόσεις, στο τέλος του χειμώνα και στην αρχή της άνοιξης. Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση λιπασμάτων σε απόσταση 2 μέτρων από όχθες υδάτινων όγκων (ποταμών, λιμνών, διωρύγων ή καναλιών άρδευσης ή στράγγισης) σε περίπτωση επίπεδης έκτασης και των 6 μέτρων σε παρόχθιες εκτάσεις που παρουσιάζουν σημαντική κλίση (μεγαλύτερη από 8%).

Η χρήση των λιπασμάτων πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα επίπεδα των νιτρικών να μην υπερβαίνουν τα εθνικά και κοινοτικά όρια.

#### **1.1.1.4 Αρδεύσεις**

Η προσεκτική διαχείριση των υδάτινων πόρων και η αποδοτική χρήση του νερού για την αρδευόμενη παραγωγή καλλιεργειών, είναι κριτήρια για την ορθή γεωργική πρακτική. Περιλαμβάνουν τη μεγιστοποίηση της διήθησης του ύδατος βροχής στο



έδαφος και τη διατήρηση της εδαφολογικής κάλυψης για να αποφευχθεί η απορροή επιφάνειας και να ελαχιστοποιηθεί η διύλιση στις στάθμες νερού.

Εφαρμόζεται το κατάλληλο σύστημα άρδευσης με βάση την κλίση και τον τύπο του εδάφους. Σε ελαφρά πεδινά εδάφη και σε εδάφη με κλίσεις > 6% θα εφαρμόζεται στάγδην άρδευση, εφόσον το είδος της καλλιέργειας το επιτρέπει.



Δεν εφαρμόζονται μεταβατικά κυρώσεις σε όσους διατηρούν διαφορετικά συστήματα άρδευσης από τα συνιστώμενα για τις κατηγορίες των εδαφών. Δεν εγκρίνονται Σχέδια Βελτίωσης εκμεταλλεύσεων εφόσον τα συστήματα άρδευσης δεν ανταποκρίνονται στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις της εκμετάλλευσης. Η συνολική ποσότητα αρδευτικού νερού, ο αριθμός εφαρμογών και η αρδευτική δόση ανά εφαρμογή θα πρέπει να αντιστοιχούν στις ανάγκες των φυτών, τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.

#### **1.1.1.5 Φυτοπροστασία**

Η χρήση των ορθών γεωργικών πρακτικών (GAPs) κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, της συγκομιδής, της ταξινόμησης, της συσκευασίας και της διαδικασίας της αποθήκευσης για τα νωπά φρούτα και λαχανικά είναι μέγιστης σημασίας στη παρεμπόδιση της μίανσης από παθογόνους μικροοργανισμούς και για τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών που απαιτούν οι καταναλωτές. Το ολοκληρωμένο πρόγραμμα φυτοπροστασίας αποτελείται από επιμέρους αρχεία για τον κάθε εχθρό, ασθένεια και ζιζάνιο.

Εφαρμογή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία, τις οδηγίες του προϊόντος με βάση τις πληροφορίες της ετικέτας (δόση, βλαστικό στάδιο εφαρμογής, ημερομηνία τελευταίας εφαρμογής) και τις πραγματικές ανάγκες των φυτών.

Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων σε απόσταση 2 μέτρων από όχθες υδάτινων όγκων (ποταμών, λιμνών, διωρύγων ή καναλιών άρδευσης ή στράγγισης) και 1 μέτρου από φυσικούς χώρους, φυτοφράκτες και δάση.

### 1.1.1.6 Αμειψισπορά

Οι καλλιεργητικές φροντίδες οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το περιβάλλον αλλά παρουσιάζουν ιδιαίτερη σημασία για την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας, πρέπει να πραγματοποιούνται λαμβάνοντας υπόψη τα εξής: Τις απαιτήσεις του πολλαπλασιαστικού υλικού το οποίο χρησιμοποιείται από την εκμετάλλευση. Τις απαιτήσεις της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Τις απαιτήσεις των προτύπων ποιότητας του εκάστοτε προϊόντος. Στις γενικές καλλιεργητικές φροντίδες περιλαμβάνονται το κλάδεμα καρποφορίας και το αραίωμα των καρπών. Οι καλλιεργητικές φροντίδες πρέπει να σημειώνονται και να καταγράφονται στο ημερολόγιο εργασιών της εκμετάλλευσης.

Οι παραγωγοί εφαρμόζουν προγράμματα αμειψισποράς, τα οποία στοχεύουν:

Στη βελτίωση και ορθολογική χρήση του εδάφους,

Στον έλεγχο των ζιζανίων

Στον έλεγχο των πληθυσμών εχθρών και νοσογόνων αιτιών

Στη μείωση της ρύπανσης που προκαλεί η γεωργία

Στην προστασία της χλωρίδας και της πανίδας



Οι λειτουργίες του εδάφους, το καθιστούν ένα πολύτιμο οικολογικό, κοινωνικό και οικονομικό πόρο και εν γένει είναι αυτές που προσδιορίζουν την αναγκαιότητα για διαφύλαξή του. Το βασικό μειονέκτημα του εδάφους, είναι ο αργός μηχανισμός δημιουργίας του, γεγονός που το καθιστά πρακτικά μη ανανεώσιμο πόρο και επομένως συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά στην υποβάθμισή του.

Η διατήρηση της υγείας των φυτών είναι ουσιαστική για την επιτυχή καλλιέργεια και για την παραγωγή και την ποιότητα των προϊόντων.

## Κεφάλαιο 2

### 2 Ευφυής γεωργία

Η ευφυής γεωργία είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση διαχείρισης της αγροτικής δραστηριότητας, η οποία εκμεταλλεύεται τις σύγχρονες τεχνολογίες. Πρόκειται για τον συνδυασμό της επιστημονικής έρευνας και γνώσης, δεδομένων και πρακτικής εμπειρίας, με απώτερο στόχο την ενίσχυση των παραγωγών στην επιλογή ορθών αποφάσεων που σχετίζονται με τη διαχείριση της παραγωγής τους. Συμπεριλαμβάνει ορθές γεωργικές πρακτικές που ενισχύουν την εξοικονόμηση διαθέσιμων φυσικών πόρων για την καλύτερη χρήση των εισροών στη γεωργία. Η Ευφυής Γεωργία αντιπροσωπεύει την εφαρμογή των σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην γεωργία, που οδηγεί στην τρίτη Πράσινη Επανάσταση(Θεοδωρακόπουλος και Καγκάνης 2016, Καλομοίρης 2021).

Ο ορισμός της Ευφυούς Γεωργίας εξακολουθεί να εξελίσσεται καθώς αλλάζει η τεχνολογία και η κατανόηση μας για το τι είναι εφικτό μεγαλώνει. Η ευφυής γεωργία ορίζεται ως η ενσωμάτωση των δικτύων αισθητήρων στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις προκειμένου να ασκηθεί μια γεωργία ακριβείας. Οι Bucci et al (2019) αναφέρουν ότι η έξυπνη γεωργία βασίζεται σε καθήκοντα διαχείρισης όχι μόνο στον τομέα αλλά και στα δεδομένα, ενισχυμένα από την ευαισθητοποίηση του περιβάλλοντος και της κατάστασης, που προκαλούνται από γεγονότα σε πραγματικό χρόνο. Από την άποψη του αγρότη, η Ευφυή γεωργία πρέπει να προσφέρει στον γεωργό προστιθέμενη αξία με τη μορφή καλύτερων διαδικασιών λήψης αποφάσεων ή αποτελεσματικότερης εκμετάλλευσης και διαχείρισης (Wolfert et al, 2017).

Σύμφωνα με τους Bucci et al (2019) οι επαναλαμβανόμενες εκφράσεις όπως η

έξυπνη γεωργία, η

ψηφιακή γεωργία, το

Internet της γεωργίας και η

γεωργία 4.0 (κατ 'αναλογία με τη βιομηχανία 4.0), χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία για να υπογραμμίσουν την εξέλιξη της γεωργίας ακριβείας προς τις μορφές της διαχείρισης των εκμεταλλεύσεων στην οποία εμπλέκονται οι πιο πρόσφατες τεχνολογίες (IoT και Big Data) και διαχείριση δεδομένων.

Η ευφυής γεωργία αντιπροσωπεύει την εφαρμογή των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη Γεωργία, υιοθετώντας τις συνδυασμένες εφαρμογές των λύσεων των σύγχρονων ΤΠΕ όπως



Η Ευφυής Γεωργία είναι ένα σύγχρονο υπόδειγμα διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων με τη χρήση ΤΠΕ που ο στόχος της είναι η αύξηση της απόδοσης, η τυποποίηση των καλλιεργητικών εργασιών, η αύξηση του κέρδους και η πτώση του κόστους. Παρόλα τα οφέλη που η Ευφυής Γεωργία και οι εφαρμογές smart farming προσδίδουν δεν γίνεται χρήση της από τους περισσότερους αγρότες. Το σχετικά υψηλό κόστος για τον τεχνολογικό εξοπλισμό δημιουργεί φόβο στους αγρότες για να αλλάξουν τις επενδύσεις και όσα εφαρμόζουν μέχρι σήμερα. Επίσης, οι αγρότες θα πρέπει να εξελιχθούν σε τεχνολογικές γνώσεις ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν τις νέες τεχνολογίες και τις απαιτήσεις τους κάτι που χρειάζεται χρόνο και εξάσκηση για να εξοικειωθούν. Ένα ακόμα εμπόδιο για την υιοθέτηση της ευφυούς γεωργίας και της τεχνολογίας της είναι ότι η πρόσβαση στο διαδίκτυο σε περιοχές απομακρυσμένες δεν είναι δυνατή. Επιπροσθέτως, σε νομικό πλαίσιο θα πρέπει να επιλυθούν οι δυσκολίες σύμφωνα με την ισχύ εκπομπής που θα εκπέμπεται και θα λαμβάνεται από τις κεραιές.

Όμως παρά όλες αυτές τις προκλήσεις, ο γεωργός που θα επιθυμεί να έχει εξέλξει στην παραγωγή του και άνοδο θα είναι πρόθυμος να τις ξεπεράσει. Σημαντικότερα οφέλη της Ευφυούς Γεωργίας είναι τα εξής:

- Αξιοποίηση της τεχνολογίας και των δεδομένων της
- Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων & λιπασμάτων
- Σωστή άρδευση
- Έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση των κινδύνων που απειλούν τη παραγωγή
- Ποιοτική & ποσοτική βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων
- Μείωση του κόστους παραγωγής
- Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Αξιοποιεί στο έπακρο τους πόρους κάθε γεωργού



Ευφυής γεωργία

Η τεχνολογία ευφυούς γεωργίας (smart farming) και το διαδίκτυο των πραγμάτων είναι η τελευταία τάση στον αγροτικό τομέα με μεγάλη οικονομική και περιβαλλοντική αξία (Καραγιάννης και Κοτσορώνης, 2021).

### **Βιομηχανική επανάσταση - Γεωργία 4.0**

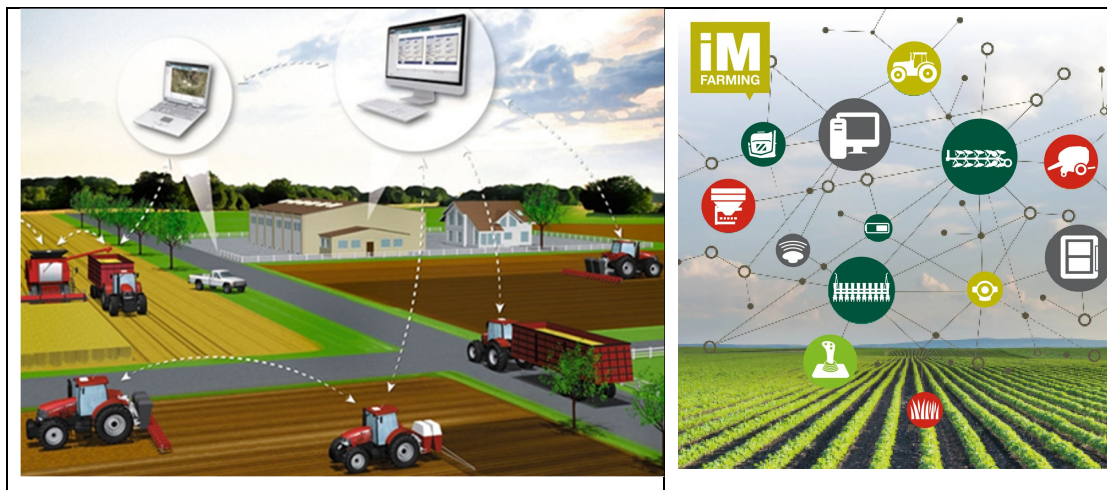
Αυτή η νέα φιλοσοφία που επικεντρώνεται στα γεωργικά δεδομένα έχει εκφραστεί με διάφορες ονομασίες: Γεωργία 4.0, Ψηφιακή Γεωργία, ή Ευφυής Γεωργία, και δημιουργήθηκε όταν η τηλεματική και η διαχείριση δεδομένων συνδυάστηκαν με την ήδη γνωστή έννοια της Γεωργίας Ακριβείας, βελτιώνοντας την ακρίβεια των λειτουργιών. Ως αποτέλεσμα, η Γεωργία 4.0 να στηρίζεται στις αρχές της γεωργίας ακριβείας με τους παραγωγούς να χρησιμοποιούν συστήματα που παράγουν δεδομένα στις εκμεταλλεύσεις τους, τα οποία θα υπολογίζονται ώστε να καταλήγουν στις πιο αποτελεσματικές και κερδοφόρες επιχειρηματικές και στρατηγικές αποφάσεις.

Πιο συγκεκριμένα, η ευφυής γεωργία είναι ένα ολοκληρωμένο παραγωγικό σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί τα επιτεύγματα της τεχνολογίας και αξιοποιεί συγκεκριμένες διαδικασίες στη λήψη αποφάσεων, συνδυάζει όλους τους συντελεστές παραγωγής για την επιδίωξη του επιθυμητού αποτελέσματος με το καλύτερο δυνατό τρόπο. Η ευφυής γεωργία δεν έχει σαν στόχο να συνεισφέρει μόνο στις μεγάλες εκτάσεις αλλά να μπορεί ο καλλιεργητής να έχει την καλύτερη δυνατή απόδοση όση και αν είναι η στρεματική δυναμική του χωραφιού που διαθέτει. Όσον αφορά την επιθυμία να ενστερνιστούν τα σύγχρονα εργαλεία στη γεωργία, οι νέοι καλλιεργητές φαίνεται να έχουν πιο θετική στάση από τους μεγαλύτερους, καθώς οι νεότεροι μπορούν να υποστηρίξουν την μικρή εμπειρία που μπορεί να διαθέτουν με νέα έξυπνα εργαλεία που παρέχουν σημαντικές πληροφορίες. Ωστόσο, η μέση ηλικία των καλλιεργητών τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται ανησυχητικά: περίπου 58 ετών στις ΗΠΑ και την Ευρώπη, 60 στην υποσαχάρια Αφρική ή 63 στην Ιαπωνία. Η αύξηση αυτή προβλέπεται ότι θα αλλάξει. Αρκετές ευρωπαϊκές πολιτικές έχουν αρχίσει να στηρίζουν την ανανέωση των γενεών, κάνοντας πιο εύκολη την πρόσβαση σε αρχικές επενδύσεις, δάνεια, επιχειρηματικές συμβουλές και κατάρτιση. Η θέληση για ανανέωση των γενεών σε ένα πλαίσιο αγροτικής αναβάθμισης υπερβαίνει τη μείωση της μέσης ηλικίας των γεωργών και ενισχύεται μια νέα γενιά γεωργών υψηλής ειδίκευσης που μπορούν να αποδώσουν όλα τα πλεονεκτήματα που τους προσφέρει η τεχνολογία για βιώσιμες γεωργικές πρακτικές. Συνεπώς, οι νέοι καλλιεργητές θα πρέπει να μετατρέψουν την παρούσα γη σε σύγχρονες και ανταγωνιστικές γεωργικές εκμεταλλεύσεις που θα αποσκοπούν στη διατήρηση της βιώσιμης παραγωγής τροφίμων, αναβαθμίζοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της αλυσίδας των αγροτικών τροφίμων, διότι με τις τόσο εξελιγμένες τεχνολογίες και τις νέες ιδέες μπορούν να μετασχηματίσουν τον γεωργικό τομέα. Η Ευφυής Γεωργία μπορεί να εξασφαλίσει παραγωγική και βιώσιμη γεωργική παραγωγή που θα έχει ως βάση μια ακριβής και αποδοτικής προσέγγισης των πόρων. Στις ΗΠΑ το 20-80% των γεωργών χρησιμοποιούν είδη τεχνολογίας Ευφυής Γεωργίας, στην Ευρώπη μόνο το 0% -24% των γεωργών χρησιμοποιεί κάτι αντίστοιχο.

## **2.2 Προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ευφυής γεωργία**

Η Ευφυής Γεωργία είναι ένα σύγχρονο υπόδειγμα διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων με τη χρήση ΤΠΕ που ο στόχος της είναι η αύξηση της απόδοσης, η τυποποίηση των καλλιεργητικών εργασιών, η αύξηση του κέρδους και η πτώση του

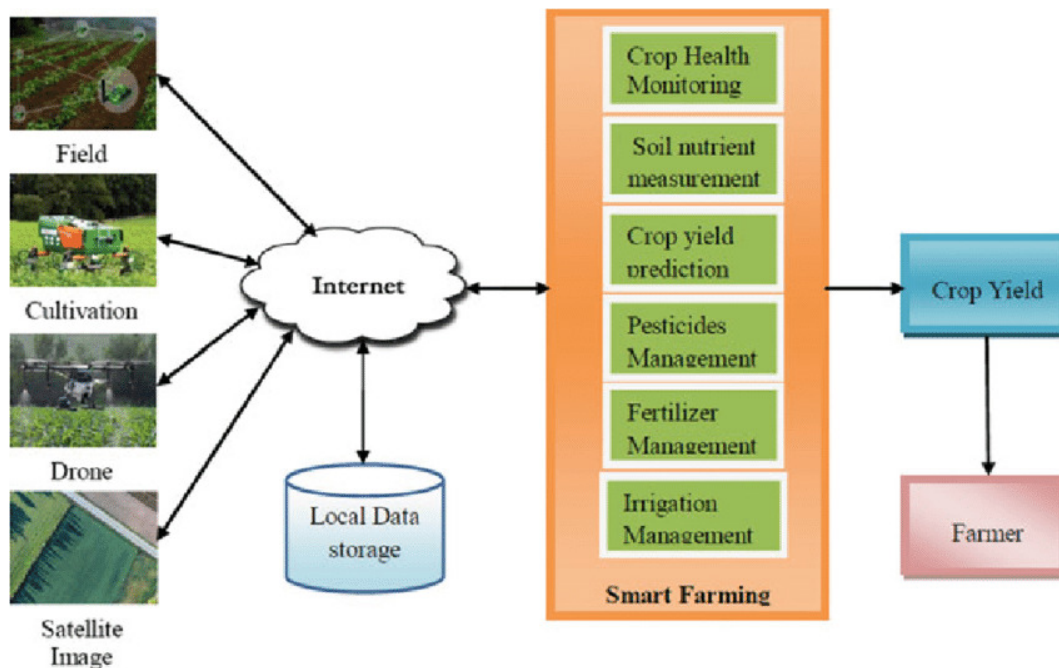
κόστους. Παρόλα τα οφέλη που η Ευφυής Γεωργία και οι εφαρμογές της προσδίδουν, δεν γίνεται χρήση της από την πλειοψηφία των καλλιεργητών. Το σχετικά υψηλό κόστος για τον τεχνολογικό εξοπλισμό δημιουργεί φόβο στους καλλιεργητές για να αλλάξουν τις επενδύσεις και όσα εφαρμόζουν μέχρι σήμερα. Επίσης, οι ίδιοι θα πρέπει να εξελιχθούν με αρκετές τεχνολογικές γνώσεις ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν τις νέες τεχνολογίες και τις απαιτήσεις τους, γεγονός το οποίο χρειάζεται χρόνο και εξάσκηση για να εξοικειωθούν. Ένα ακόμα εμπόδιο για την υιοθέτηση της ευφυούς γεωργίας και της τεχνολογίας είναι ότι η πρόσβαση στο διαδίκτυο σε περιοχές απομακρυσμένες δεν είναι δυνατή. Επιπροσθέτως, σε νομικό πλαίσιο θα πρέπει να επιλυθούν οι δυσκολίες σύμφωνα με την ισχύ εκπομπής που θα εκπέμπεται και θα λαμβάνεται από τις κεραιές. Όμως παρά όλες αυτές τις προκλήσεις, ο γεωργός που θα επιθυμεί να έχει εξέλιξη στην παραγωγή του και άνοδο θα είναι πρόθυμος να τις ξεπεράσει.



### 2.3 Ιστορική Αναδρομή

Η ευφυής γεωργία (smart farming) είναι ένα σύγχρονο υπόδειγμα διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων με τη χρήση των διαθέσιμων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) (Wolfert et al, 2017). Οι πρώτες αναφορές ανάγκης για διαχείριση της παραλλακτικότητας σε αγροτεμάχια ξεκινούν από την αρχή του 20ού αιώνα από τους Eden και Maskell (1928) και Linsley και Bauer (1929). Οι τελευταίοι δημιούργησαν τον πρώτο συντακτικό χάρτη για τη μελέτη της μεταβλητότητας του pH στο έδαφος, ενώ η πιο εντατική έρευνα για την Ευφυή Γεωργία ξεκίνησε την δεκαετία του 1980. Την ίδια περίοδο δημιουργήθηκε ο πρώτος μετρητής απόδοσης καλλιέργειας σε θεριζοαλωνιστική μηχανή, δημιουργήθηκαν οι πρώτοι αισθητήρες εδάφους που οι

απόγονοι τους είναι οι σημερινοί αισθητήρες του Internet of Things (IoT) και εξελίχθηκε το σύστημα εντοπισμού θέσης Global Positioning System (GPS) από τον Roger Lee Easton. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ειδικά συστήματα ανίχνευσης εδάφους που μετρούσαν την περιεκτικότητα χλωροφύλλης στην καλλιέργεια.



Το 2002 άρχισαν να πραγματοποιούνται εδαφικές μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας, λήψεις εικόνων από δορυφόρους και το πρώτο συστήματα εντοπισμού ζιζανίων σε καλλιέργειες. Τα έτη 1997 και 2005 έγιναν τα πρώτα Ευρωπαϊκά και Ασιατικά συνέδρια με θέμα την ευφυή γεωργία, η οποία φαίνεται να έχει την παγκόσμια προσοχή τόσο για επενδύσεις όσο και από το κράτος και τις επιχειρήσεις. Τέλος, το 2015 εμφανίστηκαν τα πρώτα farmbot όπως και συστήματα με αυτόνομη άρδευση.



## Κεφάλαιο 3

### 3 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης (LPWA)

Η τεχνολογία Zigbee αποτελείται από τα πρωτόκολλα επιπέδων δικτύων και εφαρμογών που υποστηρίζονται από τα πρωτόκολλα MAC και φυσικής στρώσης που ορίζονται από το πρότυπο IEEE 802.15.4. Οι Ojha, et al (2021) στην έρευνα τους Διαδίκτυο των πραγμάτων για γεωργικές εφαρμογές: υπερσύγχρονες τεχνολογίες αναλύουν τη δημιουργία ενός ενεργειακά αποδοτικού ασύρματου δικτύου προσωπικής περιοχής (WPAN) που βασίζεται σε αποκεντρωμένη, πολυεπίπεδη, ad-hoc επικοινωνία.



#### Τεχνολογίες Δικτύωσης

Το Zigbee 3.0 στοχεύει στην παροχή διαλειτουργικής λύσης Zigbee πλήρους στοίβας, και συμπεριλαμβάνει εξελιγμένα πρότυπα κρυπτογράφησης (AES)-128 βασισμένα στην ασφάλεια και την ομοιόμορφη γλώσσα εφαρμογής για σύστημα πολλαπλών προμηθευτών. Χρησιμοποιεί για επικοινωνία τη ζώνη ISM 2,4 GHz (καθώς και 915 MHz και 868 MHz τοπικά), υποστηρίζει 16 κανάλια το καθένα από 2 MHz, ρυθμό δεδομένων 250 Kbits / sec και μπορεί να μεταδώσει έως και 1 Km (μέση εμβέλεια εσωτερικού χώρου 75-100 m και 300 m για γραμμή όρασης). Φαίνεται, επίσης, να συμβάλλει το ίδιο και στις μεγάλες καθώς και στις μικρές εκτιμώμενες καλλιεργητικές αποδόσεις.

### ZigBee 3.0 based on IEEE 802.15.4

- Frequency: ISM 2.4 GHz, 915 MHz 868 MHz και 784 MHz
- Range: 10-100m
- Data Rates: 20 Kbps (868 MHz), 250 Kbps (2.4 GHz)



### Wi-Fi

Είναι ένα πολύ δημοφιλές εύρημα ασύρματου τοπικού δικτύου που ορίζεται από την οικογένεια προτύπων IEEE 802.11 (802.11a/b/g/n/ac). Τα πρότυπα IEEE 802.11ax και 802.11ay εξελίσσονται για να πετύχουν ακόμα πιο αποτελεσματική απόδοση από τα υπάρχοντα πρότυπα. Αφού το Ίντερνετ αποτελεί μια απλή τεχνολογία κάνει την εμφάνιση του στις φορητές και έξυπνες συσκευές. Το Ίντερνετ χρησιμοποιεί τις συχνότητες ζώνης ISM 2,4 GHz και 5 GHz και παρέχει ρυθμό δεδομένων 2-54 Mbps. Η τυπική εμβέλεια μετάδοσης που επιτυγχάνεται σε εσωτερικούς χώρους είναι 20 m και εξωτερική 100 m. Οι υπολογιστές επικοινωνούν με βάση το πρωτόκολλο TCP/IP και οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες μέσω Ίντερνετ και συνδέονται εύκολα σε ολόκληρο το τοπικό δίκτυο (LAN). Όντας πιο αποτελεσματικό σε μικρές αποστάσεις, το Ίντερνετ συνήθως τοποθετείται ανάμεσα στους κόμβους και τις πύλες του νεροχύτη ή τη σύνδεση στο cloud χρησιμοποιώντας το διαδίκτυο. Οι γεωργικές εφαρμογές IoT για ίντερνετ διαθέτουν την πρόβλεψη ασθενειών, την καλλιέργεια θερμοκηπίου ακριβείας και την απομακρυσμένη διάγνωση. Οι κόμβοι που επικοινωνούν μέσω ίντερνετ αντλούν αρκετή ενέργεια σε σύγκριση με το Zigbee ή το LoRa και λόγω αυτού πρέπει να συνδεθούν με πηγή που να παρέχει σταθερή ενέργεια

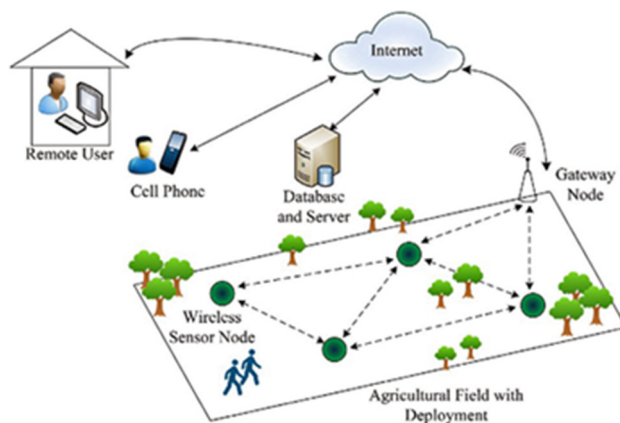
### Wi-Fi Based on 802.11n

- Frequencies: 2.4 GHz and 5 GHz bands
- Range: Approximately 50 m

- Data Rates: 600 Mbps maximum, but 150-200 Mbps is more typical, depending on channel frequency used and number of antennas (latest 802.11ac standard should offer 500 Mbps to 1 Gbps)

Wi-Fi based on 802.11ah

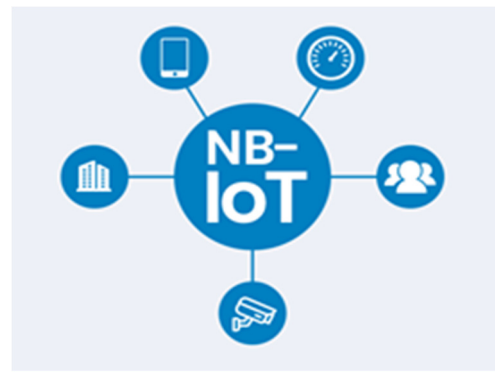
- Frequencies: 902-928 MHz US, 863-868 MHz Europe, 917.5-923.5 MHz Korea, 755-787 MHz China, 916.5-927.5 MHz Japan, 868-869 & 920-925 MHz Singapore
- Range: 1 Km
- Data Rates: 100 Kbps – 40 Mbps Μεγάλης εμβέλειας ασύρματες τεχνολογίες.



## Cellular

Είναι ένας τρόπος σύνδεσης φυσικών πραγμάτων (π.χ αισθητήρες) στο Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας τρόπους συνδέσεις όπως τα smartphone, αντί να χρειάζεται να δημιουργήσουν ένα νέο ιδιωτικό δίκτυο για να φιλοξενήσουν τις συσκευές IoT σας, μπορούν να συνδεθούν στο ίδιο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με τα smartphone. Το Cellular IoT είναι μια εναλλακτική λύση σε δίκτυα ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (LPWAN). Τα κινητά δίκτυα συνδέουν το iPhone με τους χάρτες Google, το Instagram και το Email και μεταφέρουν τη φωνή μέσω του αέρα. Τώρα, υπάρχει ανάγκη σύνδεσης με τα φυσικά αντικείμενα γύρω μας: τους φωτεινούς σηματοδότες, τους μετρητές στάθμευσης, τα νοσοκομεία, τις βιομηχανικές εφαρμογές και την γεωργία. Τα κυψελοειδή 2G, 3G ή υψηλότερης κατηγορίας 4G, 5G καταναλώνουν μεγάλη ισχύ και δεν ταιριάζουν με εφαρμογές όπου σπάνια μεταδίδεται μικρή ποσότητα δεδομένων, όπως μετρητές, φάτα του δρόμου, εξοπλισμός υγειονομικής περίθαλψης, αισθητήρες γεωργίας και θέσεις στάθμευσης. Το Cellular IoT είναι σχεδιασμένο για να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις εφαρμογών χαμηλής ισχύος και μεγάλης εμβέλειας. Χρειάζεται η υπάρχουσα τεχνολογία που χρησιμοποιούμε ήδη καθημερινά για τα smartphone και την προσαρμόζουμε ώστε να καλύψουμε τις ανάγκες των συσκευών

χαμηλής κατανάλωσης. Με το cellular πολλές συσκευές λειτουργούν ταυτόχρονα λόγω των προηγμένων μηχανισμών συνύπαρξης στο πρότυπο LTE και στη λειτουργία ζώνης με άδεια, όπως και με τον μεγάλο αριθμό κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα σε μια μικρή περιοχή. Χωρίς περιοριστικούς ρυθμιστικούς κανονισμούς, μεταδίδετε έως 23dBm και μπορείτε να διαπραγματευτείτε για όσο χρόνο χρειάζεστε. Η τυπική ασφάλεια TLS / DTLS για ασφάλεια από άκρο σε άκρο υποστηρίζεται πάνω από την on-air κρυπτογράφηση του δικτύου LTE με τη βοήθεια των διαπιστευτηρίων SIM. Αυτό διατηρεί τα δεδομένα ασφαλή από τη συσκευή στον διακομιστή cloud. Καθώς τα κυψελοειδή δίκτυα καλύπτουν ήδη το 90% του παγκόσμιου πληθυσμού και μπορούν πλέον να προσφερθούν σε χαμηλή πολυπλοκότητα, παραλλαγές χαμηλής ισχύος, η τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας είναι μια εξαιρετική επιλογή για τις ανάγκες IoT στον κόσμο.



## NB IoT

Τυποποιημένο από το 3GPP, το Narrowband IoT (NB-IoT) είναι μια τεχνολογία LPWA (Low Power Wide Area) που λειτουργεί σε ένα μεγάλο φάσμα υπηρεσιών και συσκευών IoT (=Shinde, et al 2021). Το NB-IoT μειώνει την σπατάλη της ισχύος των συσκευών που συνδέονται και ενισχύει τις ικανότητες του και την απόδοση του φάσματος, συγκεκριμένα σε χώρους όπου οι κυψελοειδείς τεχνολογίες δεν τους καλύπτουν. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρήσης NB-IoT οι μπαταρίες μπορούν να διαρκέσουν περισσότερο από 10 έτη. Κατασκευάστηκε ειδικά για εσωτερικούς χώρους και καλλιεργητικά πεδία για να δώσει τα καλύτερα αποτελέσματα στις προσδοκίες ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται συσκευές ελάχιστης πολυπλοκότητας (απλούστερη από αυτήν των μονάδων GSM / GPRS ) και το κόστος των μονάδων NB-IoT θα δείξει μείωση όσο αυξάνεται η ζήτηση του. Το NB-IoT συνδέεται με δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 2G, 3G και 4G. Το NB-IoT χρησιμοποιεί διαμορφώσεις QPSK και BPSK. Είναι μια ασύρματη επικοινωνία που χρησιμοποιεί τα μικροκύματα και στο πρότυπο

IEEE 802.16. Αντίθετα με άλλες τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας, το WiMAX διαθέτει μεγαλύτερη εμβέλεια μετάδοσης δεδομένων καθώς και σε υψηλότερο ρυθμό.

Specification	NB-IoT Technology Standard
Standard	3gpp (release 2015)
Operational Frequencies	Same LTE band
Modulation	QPSK & BPSK
Coverage Range (Km)	< 15
Data Rate (kpbs)	~ 50
Topology	Star

#### Wi Max

Όσον αφορά τους σταθερούς σταθμούς το μεγαλύτερο αποτέλεσμα που μπορεί να διαθέσει ,4-1 Gbps και εύρος μετάδοσης έως 50 km. Στα κινητά, όμως, (πρότυπο IEEE 802.16e) έχει ρυθμό δεδομένων 50-100 Mbps. Τα πιο πρόσφατα WiMAX πρότυπα που κυκλοφόρησαν είναι 802.16.1b (Οκτώβριος-2012), 802.16n και 802.16.1a (Μάρτιος 2013). Για την ενεργοποίηση της ασφάλειας χρησιμοποιούνται διαφορετικοί συνδυασμοί κρυπτογράφησης όπως - AES και Triple Data Encryption Standard (3DES), με κρυπτογράφηση 128/256 bit. Καθώς η συγκεκριμένη τεχνολογία υποστηρίζει επικοινωνία εκτεταμένης εμβέλειας και παροχή γρήγορης πληροφόρησης κρίνεται ωφέλιμη για χρήση σε γεωργικές εφαρμογές που χρειάζονται ανάπτυξη κόμβων με μεγάλες εκτάσεις και αποστάσεις internode. Οι διαγνώσεις γίνονται σε πραγματικό χρόνο, ο τηλεχειρισμός και η επιτήρηση του εξοπλισμού ενός καλλιεργητικού πεδίου επίσης, καθώς και η συνεχής ενημέρωση για καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας. Επιπροσθέτως, για επικοινωνία με UAV που παρέχουν μεγάλο όγκο δεδομένων βίντεο και εικόνων είναι επίσης κατάλληλο.

#### Πρωτόκολλο Z-Wave

Το πρωτόκολλο Z-Wave σχεδιάστηκε από την Zensys το 2001, για την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε συστήματα οικιακού αυτοματισμού. Χρησιμοποιεί το φάσμα συχνοτήτων χωρίς άδεια των 900 MHz και υποστηρίζει αξιόπιστη μετάδοση μηνυμάτων χαμηλού λανθάνοντος χρόνου με ρυθμό δεδομένων έως και 100 kbps. Η απόσταση επικοινωνίας είναι 30-40 μ. Το Z-Wave είναι αποδοτικό με οποιαδήποτε συσκευή επικοινωνεί με βάση το πρωτόκολλο. Ένα δίκτυο από το Z-Wave μπορεί να συνδεθεί με έως και 232 συσκευές και το πρωτόκολλο υποστηρίζει σύνδεση γέφυρας μεταξύ δύο δικτύων. Είναι η λύση ασύρματης επικοινωνίας χαμηλής ισχύος που

υποστηρίζει συνδεσιμότητα μικρής εμβέλειας και μεσαίου ρυθμού δεδομένων. Τα φυσικά στρώματα και τα στρώματα MAC αυτής της τεχνολογίας επικοινωνίας ορίζονται από το πρότυπο Z-Wave Alliance ZAD12837 / ITU-T G.9959. Το Z-Wave παρέχει επικοινωνία μεσαίας απόστασης σε ένα δίκτυο που αποτελείται από πολλές συσκευές. Για αυτό, είναι κατάλληλη για ανάπτυξη μεγάλης κλίμακας σε ένα σενάριο συμπλέγματος/εργοστασίου, για έλεγχο φωτισμού στο περιβάλλον του θερμοκηπίου καθώς και έλεγχο και του ίδιο του περιβάλλοντος, για συστήματα ασφαλείας.



### Bluetooth

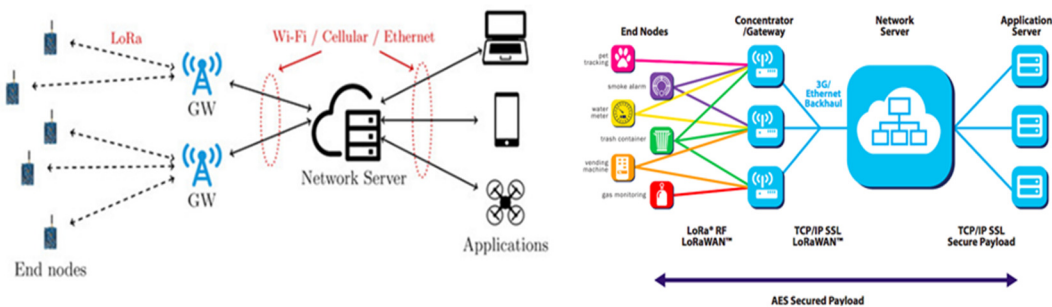
Είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας μικρής εμβέλειας (8-10 μ.) που βασίζεται στα πρότυπα IEEE 802.15.1. Το Bluetooth παρέχει ορισμούς για δικτύωση προσωπικής περιοχής χαμηλής κατανάλωσης (PAN) με ρυθμό δεδομένων 1-24 Mbps. Το 2015, Bluetooth Χαμηλή Ενέργεια (BLE) έκανε μια τεχνολογική επέκταση που αποσκοπούσε στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και χρημάτων. Το BLE συμπεριλήφθηκε στη νέα έκδοση Bluetooth 4.0. Το BLE έχει την ίδια ζώνη συχνοτήτων με το Bluetooth και περιλαμβάνει κρυπτογράφηση CRC και AES-128 bit 24 bit για να επιτρέψει την ευρωστία και τον έλεγχο ταυτότητας. Η πολύ αποδοτικά ενεργειακή απόδοση και ο υψηλός ρυθμός δεδομένων των Bluetooth το καθιστά κατάλληλο και για εργοστασιακές εγκαταστάσεις και χρειάζεται η κινητικότητα των συσκευών εκτός από αξιόπιστη επικοινωνία και δικτύωση. Το Bluetooth είναι κατάλληλο για γεωργική εφαρμογή και για την επιτήρηση της υγείας των βοοειδών και της εκτροφής τους.

Bluetooth 4.2 core specification (ή καλύτερη και η τελευταία είναι η έκδοση 4.2 που ανακοινώθηκε στα τέλη του 2014)

- Frequency: 2.4 GHz (ISM)
- Range: > 100 m (Smart/BLE)

- Data Rates: 1-2 Mbps (Smart/BLE)

### 3.1 Βασικά χαρακτηριστικά LPWA



Η εξέλιξη της τεχνολογίας έφερε δημιουργήσει την ανάγκη έρευνας και δημιουργίας νέων τεχνολογιών. Η ασύρματη δικτύωση είναι βασική προϋπόθεση στα συστήματα IoT ώστε οι παραδοσιακές πρακτικές στην γεωργία να αντικατασταθούν με νέες. Στην ευφυή γεωργία εφαρμόζεται ένα ευρύ φάσμα γεωργικών παραμέτρων με σκοπό την άνοδο της απόδοσης, την μείωση κόστους και την βελτιστοποίηση των εισροών διεργασίας. Τα δίκτυα LPWA δεν είναι ίδιες με τις παραδοσιακές τεχνολογίες που επικρατούν στα συστήματα IoT. Ασύρματα συστήματα μικρής εμβέλειας αποτελούν τα ZigBee, Bluetooth, Z-Wave και κυψελοειδή δίκτυα. Τεχνολογίες LPWA διαθέτουν συνδεσιμότητα ευρείας περιοχής για συσκευές χαμηλής ισχύος και χαμηλού ρυθμού δεδομένων. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται συνδέονται στο διαδίκτυο.

#### LoRa

Το LoRa είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί τεχνική φάσματος spread και έχει αναπτυχθεί από τη Semtech. Βρίσκεται στο φυσικό στρώμα ή στην ασύρματη διαμόρφωση που χρησιμοποιείται και δημιουργεί μεγάλο εύρος επικοινωνιακής ζεύξης. Παρέχει αμφίδρομη επικοινωνία μέσω μιας τεχνικής διάσπασης (CSS) που μεταδίδει ένα σήμα εισόδου στενής ζώνης σε ένα ευρύτερο εύρος καναλιού, ασφάλεια από άκρο σε άκρο και υπηρεσίες κίνησης και εντοπισμού. Το πρωτόκολλο είναι σχεδιασμένο για να μπορεί να συνδέεται στο Διαδίκτυο ασύρματα. Ο πομπός καθιστά ικανά τα σήματα να ταυτίζονται την συχνότητά τους με την πάροδο του χρόνου. Το LoRa στέλνει μικρά πακέτα δεδομένων μεγέθους έως 50-byte και σε περιοχή από 3 έως 15 km. Ανάλογα με τις ανάγκες κάθε εφαρμογής η διαμόρφωση των πληροφοριών που θα μεταδοθούν αλλάζει. Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου LoRa αποτελείται από τελικούς κόμβους (End Nodes), πύλες (Gateways), διακομιστή δικτύου (network server) και διακομιστή εφαρμογής (application server). Η LoRa είναι μια ενεργειακά αποδοτική

τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας μεγάλης εμβέλειας (10km). Η ασύρματη επικοινωνία στη LoRa γίνεται μέσω ζωνών συχνοτήτων sub-gigahertz όπως 169/433/868 MHz (Ευρώπη) και 915 MHz (Βόρεια Αμερική). Για να υπάρχει υψηλότερη ποιότητα σύνδεσης με λιγότερη σπατάλη ενέργειας, η LoRa PHY χρησιμοποιεί τεχνική διαμόρφωσης chirp Spread Spectrum (CSS).

### **Αρχιτεκτονική Δικτύου LoRa**

Η αρχιτεκτονική του συστήματος καθώς και το πρωτόκολλο επικοινωνίας καθορίζεται από το LoRaWan. Το LoRa όμως, ενεργοποιεί τη ζεύξη επικοινωνίας μεγάλης εμβέλειας. Σε συνδυασμό των δύο καθορίζεται η χωρητικότητα του δικτύου, η ποιότητα των υπηρεσιών, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας κάθε κόμβου και η ασφάλεια των εφαρμογών του δικτύου. Οι πύλες είναι σημαντικές στην τεχνολογία LoRa. Σχηματίζουν μια γέφυρα μεταξύ των τελικών συσκευών (Nodes) και της εφαρμογής χρήστη (network server) στην οποία τα μηνύματα εμφανίζονται και αποστέλλονται. Οι γέφυρες προωθούν τα πακέτα δεδομένων προσθέτοντας πληροφορίες για την ποιότητα της λήψης στην πλατφόρμα IoT όπως TheThingsNetwork, ThingSpeak, AdafruitIO, Ubidots κ.λπ. Οι πύλες κάνουν χρήση δικτύων υψηλού εύρους ζώνης όπως είναι τα Wi-Fi, Cellular, Ethernet για να συνδεθούν στην πλατφόρμα IoT. Ο network server πέρα από την προώθηση των δεδομένων, τα αποκωδικοποιεί ώστε να γίνονται κατανοητά από τον τελικό χρήστη. Οι AlQammaz, et al (2018) στο άρθρο *ένα πλαίσιο για τεχνητή νοημοσύνη υποβοηθούμενη ευφυή γεωργία χρησιμοποιώντας LoRaWAN Wireless Sensor Networks* περιγράφουν έναν αρχικό σχεδιασμό για ευφυή γεωργία. Το πλαίσιο παρουσιάζει μια ολιστική άποψη της ευφυούς γεωργίας, η οποία εξετάζει την ανίχνευση δεδομένων και τη συλλογή χρησιμοποιώντας ένα WSN, τη μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιώντας τα πρωτόκολλα ZigBee και LoRaWAN, και τέλος, την επεξεργασία δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων χρησιμοποιώντας συστήματα εμπειρογνομόνων AI-Fuzzy Logic που εκτελούνται πιθανώς μέσω ενός δικτύου cloud υποδομή (Εμμανουηλίδης, 2019).

Το άρθρο παρουσιάζει προκαταρκτικά αποτελέσματα για την ασύρματη τεχνολογία LoRa για πρακτικά σενάρια που μοιάζουν με αυτά που χρησιμοποιούνται στις αγροτικές εκμεταλλεύσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πιο κατάλληλο πρωτόκολλο LPWAN, το οποίο χρησιμοποιείται από αισθητήρες και ενεργοποιητές για ευφυή ανίχνευση σε συστήματα και βιομηχανικές εφαρμογές με βάση την υποδομή, είναι το LoRa. Το LoRa αναφέρεται στο επίπεδο Media Access Control (MAC) και στο φυσικό



επίπεδο. Συγκεκριμένα, το LoRaWAN χρησιμοποιείται στο στρώμα MAC ενώ ο μηχανισμός CSS χρησιμοποιείται στο φυσικό στρώμα. Το LoRa επιτυγχάνει την αντιστάθμιση μεταξύ της κατανάλωσης ισχύος και του εύρους μετάδοσης. Το πλαίσιο αποτελείται από μια ομάδα αισθητήρων περιορισμένης ισχύος που δημιουργούν WSN, συνεργάζονται μεταξύ τους και, συνεπώς, συλλέγουν βασικά δεδομένα χρησιμοποιώντας ένα σύνολο αισθητήρων. Οι κόμβοι αισθητήρων ομαδοποιούνται σε διαφορετικά συμπλέγματα, όπου κάθε σύμπλεγμα έχει έναν κύριο κόμβο που ονομάζεται Cluster Head (CH), ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη συλλογή των δεδομένων που έχουν ληφθεί από τους κόμβους αισθητήρων χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο ZigBee και, στη συνέχεια, μεταδίδοντας τα ληφθέντα δεδομένα στο απομακρυσμένο κέντρο, για περαιτέρω επεξεργασία, ανάλυση και λήψη αποφάσεων χρησιμοποιώντας την τεχνολογία LoRaWAN. Στο άρθρο των AIQammaz et al (2018) προτείνεται ένα πλαίσιο για την παροχή ενός ευφυούς συστήματος άρδευσης, το οποίο θα χρησιμοποιεί τις ενημερωμένες τεχνολογίες και αλγόριθμους όπως ευφυής αισθητήρες και WSN, LoRaWAN για απομακρυσμένη παρακολούθηση μεγάλων αποστάσεων, η υποδομή cloud για ανάλυση δεδομένων και επεξεργασία τις τελευταίες προσεγγίσεις Fuzzy Logic και αλγόριθμους AI-ML. Αυτό που κάνει το προτεινόμενο πλαίσιο των AIQammaz et al (2018) μοναδικό είναι η ολιστική του άποψη για όλα τα ζωτικά στοιχεία που πρέπει να ενσωματωθούν πλήρως και να βελτιστοποιηθούν για να εξασφαλιστεί αποτελεσματική και βελτιωμένη απόδοση. Επιπλέον, θα επισημανθούν όλες οι πρακτικές και εφαρμοσμένες προκλήσεις και θα συζητηθούν πιθανές λύσεις. Η αρχιτεκτονική δικτύου ευφών γεωργικών πλαισίων απεικονίζει τον αρχικό σχεδιασμό για το ορατό ευφές σύστημα άρδευσης, το οποίο μπορεί να βασίζεται είτε στους πρόσφατους αλγόριθμους και τεχνικές AI-ML είτε / και στην Fuzzy Logic.



#### Lora

Η αρχιτεκτονική του δικτύου αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία: Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, το δίκτυο ευρείας περιοχής μεγάλων αποστάσεων και το δίκτυο

Backhaul. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας LongRange Wide Area Network (LoRaWAN) βασισμένο στο Chirp Spread Spectrum (CSS) παρέχει μεγάλη εμβέλεια και καλή αντοχή έναντι παρεμβολών. Στο CCS, κάθε chirp εκτείνεται σε μια γραμμική σάρωση συχνότητας ανάλογη με το εύρος ζώνης σήματος (BW). Κάθε chirp έχει έναν αριθμό συμβόλων που ισούται με  $2^{SF}$ , όπου το SF είναι ο Παράγοντας Διάδοσης που μπορεί να αλλάξει σύμφωνα με την απαίτηση σήματος BW. Τα τυπικά δίκτυα LoRa χρησιμοποιούν εύρος ζώνης 125 kHz, 250 kHz ή 500 kHz.

Τα δεδομένα του καιρού λαμβάνονται από έναν καιρικό σταθμό που χρησιμοποιεί ένα σύστημα μετάδοσης LoRa. Αυτό το πρωτόκολλο χαμηλού κόστους έχει επιλεγεί για την ευκολία εγκατάστασής του, την ικανότητά του να αντιστέκεται στις παρεμβολές στην τεχνολογία φάσματος εξάπλωσης και στην περιοχή που μπορεί να καλυφθεί από μία μόνο πύλη. Ο σταθμός μικροκαιρικών συνθηκών βασίζεται σε έναν αισθητήρα καιρού (Argent Data Systems) που περιέχει ένα ανεμόμετρο, μια κατεύθυνση πτερυγίων και ένα βηματόμετρο. Ο μετεωρολογικός σταθμός περιέχει έναν αισθητήρα θερμοκρασίας / υγρασίας AM2315 (Aosong) με σφάλμα  $0,1^{\circ} C$  για τη θερμοκρασία και 2% για τη σχετική υγρασία. Η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία μετράται από ένα ψηφιακό καθαρό ραδιόμετρο SN-500, Apogee Instruments. Όλοι οι αισθητήρες συνδέονται σε ένα LoPy που συλλέγει δεδομένα και τα στέλνει στην πύλη LoRa / 4G. Το LoRaWAN είναι ιδιαίτερα προσαρμοσμένο για τη μετάδοση δεδομένων σε σκληρές συνθήκες. Στο τέλος, η σύγκριση της πρώτης προσέγγισης που πραγματοποιήθηκε με το CropWat επέτρεψε τον υπολογισμό της μέγιστης εξατμισοδιαπνοής και την επαλήθευση ότι δεν ξεπεράστηκαν ποτέ.

## **LoRaWAN**

Το LoRaWAN ορίζει τα πρωτόκολλα επιπέδου μεσαίου ελέγχου πρόσβασης (MAC) για την ενεργοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ των πυλών ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (LPWAN). Δεν συνδέεται με μία μόνο πύλη καθώς μεταδίδει πληροφορίες σε αρκετές πύλες. Ο ρυθμός δεδομένων που δίνεται από το LoRaWAN είναι 0,3-50 kbps. Το LoRaWAN έχει δύο επίπεδα κρυπτογράφησης – υπάρχει μεταξύ των τελικών συσκευών και του διακομιστή μοναδικό κοινόχρηστο κλειδί περιόδου λειτουργίας δικτύου 128-bit με και κλειδί περιόδου λειτουργίας εφαρμογής 128-bit από άκρο σε άκρο. Είναι ενεργειακά αποδοτική και μεγάλης εμβέλειας οπότε είναι ικανές για μακροπρόθεσμη ανάπτυξη. Εφαρμόζεται για την επιτήρηση της ποιοτικής απόδοσης των υπόγειων υδάτων, παρακολούθηση της υγείας των ζώων σε γεωργικές

εκμεταλλεύσεις. Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψιν το χαμηλότερο ποσοστό πληροφόρησης σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες. Πολλές ερευνητικές ομάδες έχουν εργαστεί για την ανάπτυξη συσκευών δοκιμής ευφυούς γεωργίας που έχουν ενεργοποιηθεί από το LoRaWAN, για να βελτιώσουν την κατανόηση των επιπτώσεων των παρουσιαζόμενων περιορισμών, χρησιμοποιώντας πειραματικά δεδομένα δοκιμών και να προχωρήσουν στην κατασκευή προγνωστικών μοντέλων και προσαρμοστικών αλγορίθμων διαχείρισης δικτύου για ευφυή καλλιέργεια από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Είναι μία τεχνολογία ακατάλληλη για εφαρμογές αδύναμες σε λανθάνουσα κατάσταση. (π.χ σε θερμοκήπιο ακριβείας ή μια δασική πυρκαγιά. Η τεχνολογία LoRaWAN έχει τη δυνατότητα να εφαρμοστεί αποτελεσματικά σε πολλές εφαρμογές IoT. (Citoni, et al 2019). Σε αυτά τα σενάρια μόνο μικρές ποσότητες των δεδομένων πρέπει να αναλυθούν και να παρακολουθούνται και με την απαίτηση αποστολής σποραδικών μηνυμάτων. Συγκεκριμένα, σε ένα περιβάλλον καλλιέργειας οι κόμβοι αισθητήρων είναι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία και υγρασία καθώς και οι συνθήκες υγείας των ζώων και οι χημικές συνθήκες εδάφους και φυτών. Αυτοί οι παράγοντες δεν απαιτούν συνεχή ενημέρωση και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, αλλά χρειάζονται μόνο μια ενημέρωση κάθε λίγα λεπτά. Σημαντικό ερευνητικό παράδειγμα είναι οι Jin, et al (2018) στην έρευνα τους *Σχεδιασμός και υλοποίηση ενός Γεωργικού IoT με βάση το LoRa*, σχεδίασαν ένα σύστημα IoT με βάση το LoRa, σε αγροτική καλλιέργεια, το οποίο μπορεί να συλλέγει τα δεδομένα σε μια μεγάλη έκταση γεωργικής γης όλη την ημέρα χωρίς διακοπή. Με την τεχνολογία LoRa το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει λιγότερους κόμβους αισθητήρων για να κατασκευάσει ένα ευρύ φάσμα ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Τα συλλεγμένα δεδομένα θερμοκρασίας αναλύονται σε χρονολογικές σειρές. Προτείνεται ένα αποτελεσματικό μοντέλο πρόβλεψης θερμοκρασίας. Το μοντέλο μπορεί να προβλέψει την αλλαγή των δεδομένων θερμοκρασίας και να παράσχει μια αποτελεσματική μέθοδο για μη φυσιολογική επεξεργασία δεδομένων. Με την ανάπτυξη του αγροτικού κόσμου και την προώθηση των εθνικών πολιτικών, το σύστημα θα έχει καλή προοπτική εφαρμογής.



Sensors greenhouse

### **SigFox**

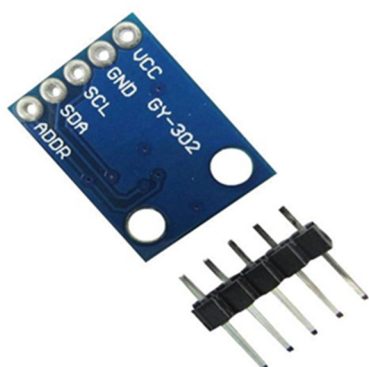
Λειτουργεί στις ζώνες ISM sub-1GHz. Το WeightlessP χωρίζει το φάσμα σε κανάλια των 12,5 KHz. Τα δεδομένα μεταφέρονται με ταχύτητα έως και 10Mbps και η μεγαλύτερη απόσταση είναι 5km και κρυπτογραφημένη με AES-128/256 bit. Τα πλεονεκτήματα του είναι : η μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, φθηνή συσκευή, χαμηλό ποσοστό σύνδεσης, μεγάλη χωρητικότητα δικτύου και αρκετά μεγάλη εμβέλεια (Ζαχαροπούλου, 2020, Κατσάπης και Παλιακάσης 2021).

## Κεφάλαιο 4

### 4 Αισθητήρες

Οι αισθητήρες αποτελούν συσκευές που χρησιμοποιούνται στην Ευφυή γεωργία για την επιτήρηση των καλλιεργειών και την λήψη αντικειμενικών πληροφοριών. Οι πληροφορίες που πρέπει να συγκεντρώνει καλλιεργητής για την παρακολούθηση της καλλιέργειας του και την σωστή διαχείριση της έχουν αυξηθεί σημαντικά καθιστώντας αδύνατη την συλλογή αυτών των δεδομένων χωρίς την συμβολή των τεχνολογικών δυνατοτήτων. Τα μηχανήματα έχουν την δυνατότητα να κάνουν υπολογισμούς και προβλέψεις που βγάζουν τον καλλιεργητή από πολύ προσωπικό κόπο και δυσκολία και με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Για αυτό η χρήση τεχνολογιών στην καλλιέργεια είναι πλέον απαραίτητη. Τα δεδομένα ανακτώνται από τους αισθητήρες με διάφορους τρόπους, από εφαρμογές λογισμικού που γίνεται συγχρονισμός με το Ίντερνετ μέχρι και την εισαγωγή μιας μονάδας πέννας σε θύρα USB για να λάβει τα δεδομένα.

#### Αισθητήρας έντασης φωτός



Ο αισθητήρας φωτός χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της έντασης του φωτός. Η αναλογική και η ψηφιακή έξοδος συνδέονται. Παρουσία φωτός η αντίσταση του αισθητήρα μειώνεται ή αυξάνεται αναλογικά με την ένταση του. Ο αισθητήρας έχει ένα κουμπί ποτενσιόμετρου που αν ρυθμιστεί αλλάζει την αδυναμία του προς το φως. Ο αισθητήρας φωτός είναι αρκετά φθηνός και μετατρέπει τα φωτόνια σε ηλεκτρικό σήμα. Στην γεωργία είναι πολλές οι δυνατότητες και οι ποικιλίες του. Δίνει εντολή στο σύστημα ποτίσματος όταν αρχίζει να βραδιάζει να ποτίζει ώστε ο άνθρωπος να μην χρειάζεται να ρυθμίζει την ώρα ποτίσματος σύμφωνα με τις εποχές, μετράει το φως που απορροφούν τα φυτά για να ορίζονται τα επίπεδα υγείας του καθώς χωρίς αυτό δεν

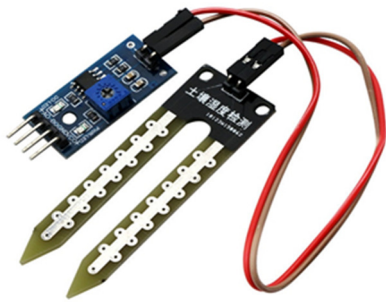
είναι δυνατό να γίνουν πολύ σημαντικές διεργασίες ζωτικότητας για το φυτό, π.χ φωτοσύνθεση.

### **Αισθητήρας υγρασίας και θερμοκρασίας**



Ο αισθητήρας θερμοκρασίας υπολογίζει την θερμική ενέργεια που εκπέμπεται από ένα στοιχείο και μετράει τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας υγρασίας μετρά την ποσότητα νερού με την μορφή υδρατμών στον αέρα. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας τις περισσότερες φορές αποτελούν έναν αισθητήρα διότι είναι πιο πρακτικό και χρειάζεται να συνδυάζονται οι λειτουργίες τους. Στην Ευφυή Γεωργία η χρήση τους είναι για κλιματική παρακολούθηση και συντήρηση του εξοπλισμού. Η τοποθέτηση των αισθητήρων υγρασίας κατά μήκος της καλλιέργειας έχει σαν αποτέλεσμα την προληπτική πληροφόρηση του αγρότη σε περίπτωση όπου κάποια σημεία δεν διαθέτουν επαρκή υγρασία για πρόληψη πλημμύρας ή ξήρανσης. Προλαμβάνουν, επίσης, τον καύσωνα αφού αν η θερμοκρασία αυξηθεί παραπάνω από το επιθυμητό δίνει εντολή στο drone ποτισμού να λειτουργήσει. Γνωρίζοντας την θερμοκρασία της καλλιέργειας ο καλλιεργητής έχει την δυνατότητα να αποφασίσει την στιγμή της λίπανσης. Επιπροσθέτως, όσον αφορά την υλικοτεχνική δομή μιας καλλιέργειας, παρακολουθείται η θερμοκρασία ώστε να προφυλάσσονται τα υλικά της κατασκευής ανάλογα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Η χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας στον καλλιεργητικό χώρο δίνουν συνεχώς πληροφορίες για την θερμοκρασία και αν αυτή δεν είναι στα κατάλληλα επίπεδα τότε ειδοποιούν τον αγρότη.

### **Αισθητήρας υγρασίας εδάφους**



Ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους έχει δύο ανιχνευτές που η χρήση τους γίνεται για την μέτρηση του ογκομετρικού περιεχομένου του νερού. Οι δύο ανιχνευτές δεν εμποδίζουν το ρεύμα να περάσει από το έδαφος και παίρνει τιμή αντίστασης για να υπολογίσει την τιμή της υγρασίας. Όταν το νερό είναι περισσότερο το έδαφος έχει πιο πολύ ηλεκτρική ενέργεια το οποίο σημαίνει ότι υπάρχει μικρότερη αντίσταση και συνεπώς τα επίπεδα υγρασίας είναι μεγαλύτερα. Η ηλεκτρική ενέργεια δεν εκτελείται σωστά από το ξηρό έδαφος, με αποτέλεσμα όταν θα υπάρχει μικρότερη ποσότητα νερού το έδαφος θα έχει πιο λίγη ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι θα υπάρχει μεγαλύτερη αντίσταση το επίπεδο της υγρασίας θα είναι χαμηλότερο.

### **Αισθητήρας pH**



Το pH μετράει την οξύτητα και την αλκαλικότητα ενός διαλύματος, το εύρος της κλίμακας του pH είναι από 0 έως 14. Τα διαλύματα που οι τιμές τους είναι μικρότερες από 7 θεωρούνται όξινα, ενώ αυτά με τιμές μεγαλύτερες από 7 βασικά. Στην γεωργία οι τιμές του pH είναι μεταξύ 5.5 και 6.5, ενώ οτιδήποτε ξεπερνά ή είναι λιγότερο από αυτές τις τιμές θεωρείται αρνητικό επειδή δείχνει ότι δεν υπάρχουν θρεπτικά συστατικά στο έδαφος. Η τιμή του pH ρυθμίζεται με την τοποθέτηση αλκαλικών ή όξινων

λιπασμάτων, ώστε η παραγωγή της σοδειάς να βελτιστοποιείται (Vitali, et al 2021). Η λιπασματική εφαρμογή πρέπει να συμβαδίζει με την μεταβολή του pH του εδάφους, καθώς όπως είναι φυσικό δεν είναι σταθερό σε ολόκληρη την περιοχή. Το pH υπολογίζει την περιεκτικότητα ιόντων υδρογόνου σε διαλύματα. Ένας αισθητήρας που υπολογίζει την διαφορά δυναμικού μεταξύ δυο ηλεκτροδίων έχει την δυνατότητα να υπολογίσει με ακρίβεια ένα γυάλινο ηλεκτρόδιο που έχει ευαισθησία παρουσία ιόντων υδρογόνου και ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς (αργύρου/ χλωριούχου αργύρου). Χρησιμοποιείται ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για την ρύθμιση του σήματος και αυτός ο αισθητήρας μπορεί να συνδεθεί με το Arduino.

### **Αισθητήρας νερού**



Ο ήλιος και το νερό αποτελούν στοιχεία ζωτικής σημασίας για το φυτό. Η ηλιοφάνεια είναι πιο εύκολο να προβλεφθεί δεδομένου του ότι υπάρχουν οι εποχές, το κλίμα που έχει κάθε τόπος και η μορφολογία. Το νερό όμως αποτελεί μια πρόκληση για τους καλλιεργητές λόγω της δυσκολίας του να ελεγχθεί. Το νερό πρέπει να περιέχει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη του φυτού αλλά ταυτόχρονα να μην είναι εμπλουτισμένο με βλαβερές ουσίες που θα προκαλέσουν ασθένειες στην καλλιέργεια. Οι αισθητήρες IoT νερού είναι τεχνολογικά αρκετά εξελιγμένοι ώστε να έχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν τις καλλιέργειες από μεγάλες αποστάσεις, να δίνουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, να αποστέλλουν τις πληροφορίες άμεσα σε συσκευές που χρησιμοποιεί ο καλλιεργητής, για παράδειγμα κινητό σε περίπτωση εντοπισμού επιβλαβών στοιχείων και οικονομία στους πόρους καθώς οι απαιτήσεις σε εργαλεία για μετρήσεις και έλεγχο του νερού δεν χρειάζονται. Τέλος, η δυνατότητα του καλλιεργητή να ελέγχει την ποιότητα του νερού φέρνει σαν αποτέλεσμα την άνοδο της ποιότητας της παραγωγής με λιγότερες απώλειες και φθορές από παράγοντες του περιβάλλοντος και σε λογικό κόστος. Οι αισθητήρες νερού δίνουν, επίσης, πληροφορίες για: το επίπεδο pH, το χλώριο και τον οργανικό άνθρακα.



## Αισθητήρες φλόγας



Οι αισθητήρες καπνού λειτουργούν για να παρακολουθούν για μικροσκοπικά σωματίδια που βρίσκονται στον αέρα και μπορεί να οφείλονται σε κάποια καύση και η σημαντικότερη χρήση τους είναι ο γρήγορος εντοπισμός πυρκαγιάς. Ανάλογα με τον τρόπο που λειτουργούν μπορεί να είναι οπτικοί ανίχνευες εντοπίζοντας φωτόνια, ανιχνευτές ιόντων βασισμένοι στην αρχή του ιονισμού, δηλαδή ότι η φλόγας εκπέμπει ιονισμένα σωματίδια. Στην ευφυή γεωργία με την χρήση του IoT όπου οι συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς να χρειάζεται ο άνθρωπος, στόχος είναι η αποφυγή πυρκαγιάς στην καλλιέργεια που μπορεί να καταστρέψει μήνες δουλειάς. Ο αισθητήρας αφού εντοπίσει την πυρκαγιά ανάβει συναγερμό ενεργοποιώντας το ποτιστικό σύστημα και παράλληλα ειδοποιεί τους αρμόδιους της καλλιέργειας. Συγκεντρώνει βίντεο και δεδομένα από την ώρα της πυρκαγιάς, εντοπίζει το σημείο όπου ξεκίνησε, την θερμοκρασία της καλλιέργειας και όσα στοιχεία θα βοηθήσουν στην εξήγηση των αιτιών του συμβάντος.

### 4.1 Συλλογή δεδομένων από αισθητήρες (Big Data)

Στο IoT, οι αισθητήρες αποτελούν την κύρια πηγή συλλογής δεδομένων σε μεγάλη κλίμακα. Τα δεδομένα αναλύονται και μετατρέπονται σε σημαντικές πληροφορίες χρησιμοποιώντας εργαλεία ανάλυσης. Η ανάλυση δεδομένων συμβάλει στην ανάλυση των καιρικών συνθηκών, των συνθηκών των καλλιεργειών και των ζώων. Τα δεδομένα που συλλέγονται εκμεταλλεύονται τις τεχνολογικές καινοτομίες και λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις. Με τη βοήθεια των συσκευών IoT γνωρίζουμε την κατάσταση της καλλιέργειας σε πραγματικό χρόνο, καταγράφοντας τα δεδομένα από αισθητήρες. Με την έλευση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης τα συστήματα παραγωγής μετατρέπονται σε ψηφιακά οικοσυστήματα. Η υιοθέτηση του IoT στην βιομηχανία και

η ψηφιακή της μετατροπή ανοίγουν νέους δρόμους στις επιχειρήσεις για συνεργασία και αύξηση της ανταγωνιστικότητας τους. Τα Big Data συνδέονται άμεσα με το Internet of Things (IoT) διότι και τα δύο χρησιμοποιούν και παράγουν δεδομένα. Όταν αναφερόμαστε στα μεγάλα δεδομένα κάνουμε λόγο για προσεγγίσεις ανάλυσης, μελέτης και επεξεργασίας πληροφοριών με μεγάλο όγκο που δεν είναι δυνατό να αναλυθούν με τις παραδοσιακές τεχνικές. Στην δεδομένη εποχή μέσα σε λίγα μόλις λεπτά μπορεί να παραχθεί γιγάντιος όγκος πληροφοριών από πηγές όπως κοινωνικά δίκτυα, αισθητήρες και πλατφόρμες διαδικτυακές ( διαδικτυακά casino). Μια από τις κυριότερες προκλήσεις του Big Data είναι η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Τα Big Data διαθέτουν τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά: ταχύτητα, όγκο, ποικιλία, μεταβλητότητα, ακρίβεια και αξία και φαίνεται πως θα διαδραματίσουν καίριο ρόλο στην αποτελεσματικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων.

## 4.2 Υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing )

Το Cloud Computing (υπολογιστικό νέφος) πρόκειται για μια αναπτυσσόμενη τεχνολογία που ορίζεται από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας των ΗΠΑ (US National Institute of Standards and Technology – NIST) ως μοντέλο που έχει πρόσβαση σε ένα δίκτυο κοινών διαμορφωμένων πηγών πληροφορικής κατά παραγγελία όπως δίκτυα, αποθήκες, υπηρεσίες, διακοσμητές και εφαρμογές. Άνθρωποι και υπηρεσίες που κάνουν χρήση υπηρεσιών νέφους έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούν υλικό τρίτων κατασκευαστών και μακρινά συστατικά λογισμικού.



Επίσης, το υπολογιστικό νέφος δίνει την δυνατότητα σε επιχειρήσεις και ερευνητές για χρήση και διατήρηση πολλαπλών πόρων χωρίς να βρίσκονται κοντά, με λίγο κόστος και εμπιστοσύνη. Το IoT έχει πολλές ενσωματωμένες συσκευές όπως ενεργοποιητές και αισθητήρες. Με την σύνδεση μεγάλου αριθμού κόμβων αισθητήρων στο διαδίκτυο

δημιουργούνται Big Data. Τα Big Data χρειάζονται δύσκολες και πολύπλοκες μεθόδους υπολογισμού για την παροχή πληροφοριών και λόγω αυτού πρέπει να γίνεται ευφυής αλλά και ταυτόχρονα αποδοτική αποθήκευση (Mourtzis, et al 2016). Για να υλοποιηθεί αυτό χρειάζονται συσκευές μηχανισμού αποθήκευσης, ανάκτησης και επεξεργασίας των δεδομένων. Παρόλα αυτά, υπάρχουν τόσα πολλά Big Data που το περιβαλλοντικό υλικό που χρησιμοποιείται είναι περισσότερο από αυτό που μπορεί να συλλέγεται, να διαχειρίζεται και να επεξεργάζεται σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, το IoT με τις υπολογιστικές του ικανότητες και το νέφος, αποτελεί την βέλτιστη επιλογή για την αποθήκευση και την επεξεργασία των Big Data.

### 4.3 Μικροελεγκτές

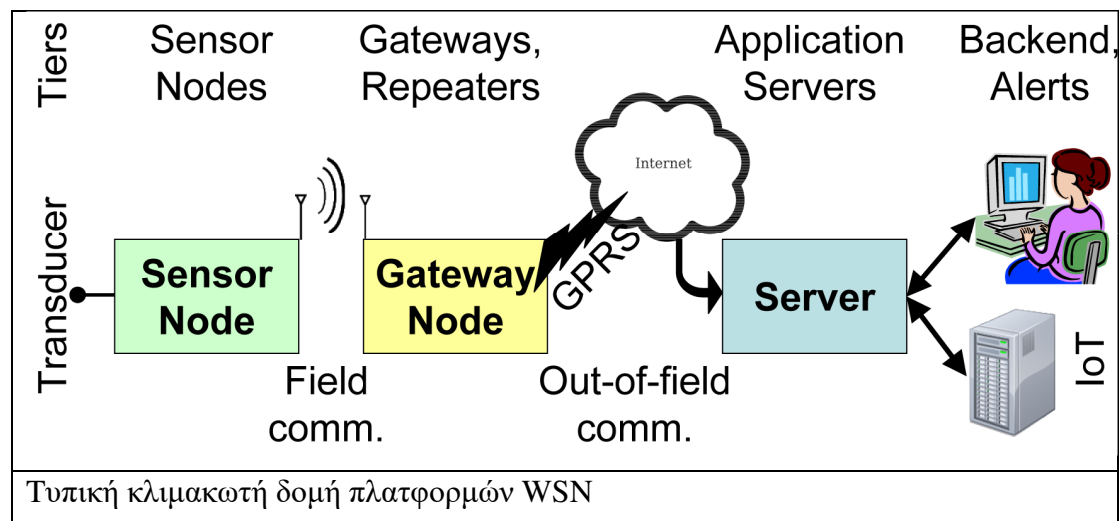
Στην Ευφυής γεωργία έχει κάνει την δυναμική του εμφάνιση το Internet of Things (IoT). Για να είναι αποτελεσματικό ,όμως, θα πρέπει η αρχιτεκτονική λογισμικού να έχει σαν βάση το κατάλληλο υλικό. Ο σκοπός του αισθητήρα είναι να μετρά, να εντοπίζει και να δίνει μια τιμή την ίδια χρονική στιγμή. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες εκτός από ενδείξεις σε οθόνες, μέσω διαδικτύου, αποστέλλονται στις πλατφόρμες ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων (Big Data) για την ενημέρωση του χρήστη απευθείας στον ταμπλό στον υπολογιστή του. Οι αισθητήρες έχουν την ικανότητα επικοινωνίας με άλλους αισθητήρες ανταλλάσσοντας εντολές αυτόματα ακολουθώντας τις ρυθμίσεις του καλλιεργητή χωρίς να χρειάζεται συνέχεια η παρεμβολή του. Ειδικότερα, στο hardware υπάρχουν αισθητήρες όλων των τύπων (νερού, καπνού, επιτάχυνσης) και τεχνολογίες που εντοπίζουν την τοποθεσία όπως GPS και GALILEO, wearables (έξυπνα γιλέκα και ρολόγια), εναέρια οχήματα μη επανδρωμένα, οχήματα εναέρια, desktop υπολογιστές μεγάλης ισχύος επεξεργασίας, πλακέτες όπως Arduino που χρησιμοποιούν τα ρομπότ και τους αισθητήρες ειδικά για εργασίες στον αγρό. Υπάρχουν πολλοί μικροελεγκτές στην αγορά. Ο μικροελεγκτής Arduino τείνει να επιλέγεται για αυτοματισμούς λόγω του ότι προγραμματίζεται εύκολα, έχει καλή επεξεργαστική δύναμη, έχει μεγάλη ποικιλία σε περιφερειακούς αισθητήρες και σε τεχνολογίες ασύρματης και ενσύρματης δικτύωσης ενώ παράλληλα είναι οικονομικός. Ο συγκεκριμένος είναι μικροελεγκτής ανοικτού κώδικα (open source) με διαθέσιμο επεξεργαστή και εισόδους/εξόδους, μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και αρκετές βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++ ). Το arduino χρησιμοποιείται για την

εξέλιξη σε διάφορα διαδραστικά αντικείμενα αλλά συνδέεται και με υπολογιστή για να πραγματοποιηθεί ο προγραμματισμός ώστε να γίνεται διαρκές monitoring. Ελέγχει τις πληροφορίες και μπορεί έτσι και να εκτελέσει νέες εντολές που θα του δοθούν. Τα Projects του μικροελεγκτή είναι δυνατόν να είναι αυτόνομα (σε επίπεδο hardware) ή να συνδέονται με κάποιο software στον Η/Υ του προγραμματιστή (προγράμματα όπως τα Flash, Processing, MaxMSP).

## Κεφάλαιο 5

### 5 Κόστος κόμβων αισθητήρων

Με τους ασύρματους αισθητήρες γίνεται εξοικονόμηση σε κεφαλαιουχικές δαπάνες σε ποσοστό μέχρι και 90% συγκριτικά με την πρόσθεση πολλών καλωδίων. Ανάλογα με τους αισθητήρες που έχουν εγκατασταθεί και την καλωδίωση εξαρτάται και η εξοικονόμηση που θα υπάρχει στο σύστημα. Οι αισθητήρες είναι σχετικά φθινό εξάρτημα που μπορεί να βρεθεί στο διαδίκτυο σε χαμηλές τιμές και το κόστος τους κυμαίνεται ανάλογα την εταιρία και την πολυπλοκότητα του καθενός. Έχοντας τοποθετήσει στις καλλιέργειες αισθητήρες αποφεύγονται οι ζημιές αφού είναι προβλέπουν τα προβλήματα έγκαιρα και έτσι μειώνουν τις δαπάνες παραγωγής. Επιπροσθέτως, τα κέρδη ανεβαίνουν αφού οι αποδόσεις είναι ποιοτικά και ποσοτικά αυξημένες και για αυτό αποτελούν λύση με χαμηλό κόστος.



Το κόστος είναι ένας σημαντικός παράγοντας όταν το σύστημα περιβαλλοντικής παρακολούθησης απαιτείται να εγκατασταθεί σε μια ευρεία περιοχή, όπου απαιτείται μεγάλος αριθμός κόμβων αισθητήρων.

## Κεφάλαιο 6

### 6 Πρωτόκολλα εφαρμογής και τεχνικές επεξεργασίας πληροφοριών

Το πρωτόκολλο αποτελεί ένα σύνολο κανόνων σύμφωνα με το πως θα μεταφερθούν οι πληροφορίες από έναν υπολογιστή ή κόμβο σε έναν άλλο με κανόνες όπως: τον τεμαχισμό της πληροφορίας ώστε να μεταδοθεί σε πακέτα, την διαδρομή που θα ακολουθεί το πακέτο στο δίκτυο για να φθάσει στον προορισμό του, μεθόδους για επαλήθευση ότι η πληροφορία λήφθηκε από τον δέκτη και μεθόδους οι οποίες ανακτούν την πληροφορία και την ξαναστέλνουν σε περίπτωση βλάβης. Οι τεχνολογίες δικτύου καθιστούν ένα σύστημα ευφυούς γεωργίας αποδοτικό και ικανό στη συλλογή και αποστολή δεδομένων για ανάλυση και επεξεργασία. Οι διαφοροποιήσεις του κάθε περιβάλλοντος και συστήματος είναι πολλές. Η επιλογή του ιδανικού πρωτοκόλλου δικτύωσης είναι σημαντική για την δημιουργία ενός συστήματος ευφυούς γεωργίας σχετικά με την ενεργειακή απόδοσή του και αξιοπιστία. Η εμβέλεια μετάδοσης, η περιοχή συχνότητας, η ενεργειακή απόδοση και το εύρος ζώνης αποτελούν σημεία που πρέπει ληφθούν υπόψιν για την αποτελεσματική επιλογή πρωτοκόλλου δικτύωσης. Τα πρωτόκολλα εφαρμογής έχουν στόχο την καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών, την ανοχή στα σφάλματα και την διαδραστικότητα. Ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής ορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι διεργασίες εφαρμογών μεταδίδουν μηνύματα μεταξύ τους. Συγκεκριμένα ορίζει:

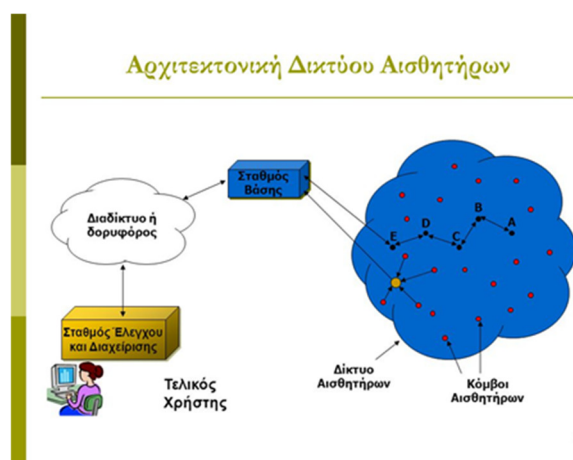
- Τους τύπους μηνυμάτων, π.χ., μηνύματα απόκρισης και μηνύματα αίτησης
- Την σύνταξη των διαφόρων τύπων μηνυμάτων, δηλαδή τα πεδία του μηνύματος και ο τρόπος με τον οποίο ορίζονται τα πεδία.
- Τη σημασιολογία των πεδίων, δηλαδή η έννοια των πληροφοριών που υποτίθεται ότι περιέχει το πεδίο.
- Τους κανόνες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

Υπάρχουν διαφορετικά πρωτόκολλα/τεχνολογίες δικτύωσης που χρησιμοποιούνται για επικοινωνία μεταξύ των κόμβων για ανταλλαγή δεδομένων και διαφορετικά πρωτόκολλα/τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται μεταξύ των διάφορων κόμβων ή ολόκληρου του δικτύου –του εκάστοτε συστήματος IoT– για επικοινωνία με άλλο δίκτυο ή με το Διαδίκτυο. Δεδομένης της ανομοιογένειας των συστημάτων IoT μπορεί να υπάρχουν και μέρη του συστήματος τα οποία να χρησιμοποιούν διαφορετικά

πρωτόκολλα και τεχνολογίες επικοινωνίας. Συνεπώς, οι συσκευές που είναι μέρος ενός συστήματος ΙοΤ όσο και τα αντικείμενα που συμμετέχουν στην επικοινωνία και τη μετάδοση των πληροφοριών μπορεί να χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα και τεχνολογίες επικοινωνίας.

## Κεφάλαιο 7

### 7 Κόμβοι – Δίκτυο αισθητήρων



Οι κόμβοι αισθητήρων είναι μικρού μήκους υπολογιστές οι οποίοι διαθέτουν αισθητήρες. (π.χ αισθητήρες θερμοκρασίας). Οι κόμβοι χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια την οποία θέλουμε να παρακολουθούμε και να λαμβάνουμε πληροφορίες. Διαθέτουν είτε μπαταρίες, είτε λαμβάνουν ενέργεια από κραδασμούς, είτε από την ηλιακή ενέργεια. Όπως και με τις ετικέτες FRID η παροχή ενέργειας η οποία θα επαρκεί αποτελεί πρόβλημα. Ένα δίκτυο αισθητήρων αποτελεί η παράταξη πολλών συσκευών οι οποίες είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες που εκτελούν μια διαδικασία μετρήσεων με συνεργασία. Οι κόμβοι / αισθητήρες αποστέλλουν διάφορες τιμές χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε πρωτόκολλο σε οποιοδήποτε σύστημα. Τα στοιχεία του παραπάνω δικτύου:

**Κόμβος:** συσκευή αυτόνομη και εξοπλισμένη με σένσορα. Συλλέκτης δεδομένων: συσκευή που συλλέγει δεδομένα και είναι συνδεδεμένη στο εξωτερικό σύστημα με στόχο να αποστέλνει την τιμή του σενσορα. Εξωτερικό σύστημα: Κέντρα αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων. Η δομή ενός κόμβου περιλαμβάνει μικροελεγκτή, ένα σένσορα, μία μπαταρία, μία μονάδα επικοινωνίας και μία κάρτα μνήμης για αποθήκευση. Η επικοινωνία του αισθητήρα μπορεί να γίνει με:

- Wi-Fi.
- Bluetooth
- 802.15.4/ZigBee
- GPRS/3G





αντικείμενα») , δε είναι σε χρήση άμεσα από τον άνθρωπο, αλλά βρίσκονται τοποθετημένα σε οχήματα, κτήρια ή είναι σκορπισμένα στο περιβάλλον.

- International Telecommunication Union – ITU

Το IoT θεωρείται μια παγκόσμια υποδομή για την κοινωνία της πληροφορίας που καθιστά δυνατό στις προηγμένες υπηρεσίες μέσω διασύνδεσης (φυσικών και εικονικών) αντικειμένων που στηρίζονται σε ήδη υπάρχουσες και εξελισσόμενες τεχνολογίες επικοινωνίας και πληροφορίας. Ωστόσο, ανεξάρτητα από το γεγονός ότι αξιοποιεί πολλές πληροφορίες για κάθε είδους εφαρμογές, παρέχει κάλυψη και προστασία στην ιδιωτικότητα.

- IEEE Communications Magazine

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) υποστηρίζει ότι όλα τα πράγματα μπορούν να έχουν εκπροσώπηση και παρουσία στο Διαδίκτυο. Δηλαδή, το Διαδίκτυο των πραγμάτων προκαλεί την ένωση φυσικού και εικονικού κόσμου με την βοήθεια των νέων εφαρμογών και υπηρεσιών, όπου οι επικοινωνίες Μηχανή προς Μηχανή (M2M) είναι το κομβικό σημείο (βάση) της επικοινωνίας που προωθεί την αλληλεπίδραση μεταξύ των «πραγμάτων» και των εφαρμογών στο σύννεφο (cloud).

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) στην ευφυή γεωργία χρησιμοποιείται σε γεωργικές καλλιέργειες κυρίως οπωρώνων και ελαιώνων.

Η εφαρμογή τους γίνεται κυρίως με τους παρακάτω τρόπους:

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

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

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



Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT) :

Η εφαρμογή μεταβλητού ποσοστού είναι ένας τομέας τεχνολογίας όπου εφαρμόζεται σε αγροτικά μηχανήματα. Οι Verdouw et al (2019) στην έρευνά τους *Αρχιτεκτονική πλαίσιο συστημάτων τροφίμων και αγροκτημάτων με βάση το IoT: Πολλαπλή μελέτη περίπτωσης* εστίασαν στην εφαρμογή των υλικών-λιπασμάτων και σε σπόρους σε ένα συγκεκριμένο σημείο του χωραφιού. Τα υλικά εφαρμόστηκαν χάρη στα δεδομένα που συλλέγονται από χάρτες και GPS και από αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στο καλλιεργητικό πεδίο. Τα οφέλη από το σύστημα VRA μπορούν να βοηθήσουν στην αυτοματοποίηση της γεωργικής διαδικασίας. Αν μία επιχείρηση βάλει στις δραστηριότητες της περισσότερη ακρίβεια και αυτοματοποίηση, τόσο περισσότερα χρήματα μπορούν να κερδίσουν χάρη στην υψηλότερη παραγωγή. Μερικά οικονομικά οφέλη από την VRA είναι τα εξής:

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

Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)

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

Η τηλεπισκόπηση έχει χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των αποδόσεων των καλλιεργειών, οι οποίες βασίζονται σε στατιστικές σχέσεις που έχουν σχέση με τους δείκτες βλάστησης και απόδοσης (Thenkabail et al 2000). Οι πληροφορίες που λαμβάνονται σχετικά με την απόδοση είναι πολύ σημαντικές για τους παραγωγούς

όσον αφορά την μεταφορά, την αποθήκευση, την συγκομιδή και την εμπορία. Αν είναι διαθέσιμες σε σύντομο χρονικό διάστημα μπορούν να αποφύγουν τον οικονομικό κίνδυνο έχοντας ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη απόδοση αλλά και αύξηση των επενδύσεων. Επίσης με την τηλεπισκόπηση μπορεί να γίνει ανίχνευση των ασθενειών, μπορεί να γίνει αξιολόγηση στις απαιτήσεις που έχουν οι καλλιέργειες για νερό, οι γεωργικές καλλιέργειες μπορούν να ελεγχτούν για ζιζάνια και τέλος μπορούν να εντοπιστούν οι διατροφικές απαιτήσεις που έχουν τα φυτά.



#### Αυτοδιαχειριζόμενα συστήματα (Self-driving Systems)

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

Τα αυτοδιαχειριζόμενα συστήματα μειώνουν την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους και αποκαλούνται ως αναπόσπαστο κομμάτι της διαχείρισης των αγροτεμαχίων.

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

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

#### Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial intelligence)

Θεωρείται ένας από τους βασικούς τομείς της έρευνας στην επιστήμη των υπολογιστών. Λόγω της ταχύτητας της τεχνολογικής προόδου, η τεχνητή νοημοσύνη

γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη χάρη στις λύσεις που εφαρμόζονται στα προβλήματα, τα οποία δεν μπορούν να λυθούν σωστά από τις υπολογιστικές δομές και από τους ανθρώπους. Ένας από αυτούς τους τομείς είναι η γεωργία όπου το 30, 7% του παγκόσμιου πληθυσμού ασχολείται με 71 εκατομμύρια εκτάρια γεωργικής γης. Τον τελευταίο καιρό, οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης αξιοποιούνται ευρέως για την πρόβλεψη της θερμοκρασίας του εδάφους σε διαφορετικά βάθη.

### **8.1.1 Πλεονεκτήματα χρήσης τεχνολογίας IoT**

Οι Ojha, et al (2021) στην έρευνα τους *Διαδίκτυο των πραγμάτων για γεωργικές εφαρμογές: υπερσύγχρονες τεχνολογίες* ανέφεραν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Η εφαρμογή νέων τεχνολογιών για τις υπάρχουσες γεωργικές εφαρμογές είναι απαραίτητη, καθώς πρέπει να βελτωθούν και να γίνει αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων (φυτοφάρμακα, άρδευση). Όσον αφορά την γεωργία και τις περιβαλλοντικές εφαρμογές, οι IoTs τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να επιτηρούν και να ελέγχουν σε πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα, στην γεωργία ακριβείας ενισχύονται οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων, όπως η άρδευση και ο έλεγχος φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων.
- Επιπλέον, οι καλλιεργητές θα έχουν την ικανότητα να υπολογίζουν την απόδοση καθώς και το κέρδος της καλλιέργειας. Η παρακολούθηση της απόδοσης των καλλιεργειών έχει ευρέως εγκριθεί στο 61,4%. Ο έλεγχος στην χρήση λιπασμάτων και νερού θα μειώσει το συνολικό κόστος καλλιέργειας. Υπάρχει κατανόηση του εδάφους και των κλιματολογικών συνθηκών για διάφορες καλλιέργειες (αποδοτικότητα παραγωγής). Με τους αισθητήρες η εύρεση των ασθενειών είναι αποτελεσματικότερη και επιπροσθέτως γίνεται σωστή ποσοτική χρήση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για την καλλιέργεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση και η ποιότητα της καλλιέργειας.
- Η είσοδος του IoT στη γεωργία θα συμβάλλει στην πιο αποτελεσματική παραγωγική διαδικασία, δυναμικότητα στις απαιτήσεις, άνοδος της του κέρδους καθώς και της απόδοσης, ευκολότερη ανίχνευση και πρόληψης ασθενειών και παρασίτων.
- Παρέχουν ασφάλεια καθώς στον τομέα της πληροφορικής είναι απαραίτητο να υπάρχει ιδιωτικότητα. Οι χρήστες πρέπει να μπορούν να εμπιστευθούν τις έξυπνες συσκευές και τις συναφείς υπηρεσίες δεδομένων ότι είναι ασφαλή και δεν έχουν αδυναμίες αφού η τεχνολογία του IoT θα διεισδύσει και θα γίνει ένα με την καθημερινή

ζωή. Οι προγραμματιστές αλλά και οι χρήστες έχουν την υποχρέωση να διαβεβαιώσουν πως δεν θα εκθέσουν πληροφορίες των χρηστών ακόμα και μετά από μία πιθανή ζημιά (Λαζαρίδης, 2019).

- Αύξηση κέρδους: Με την άνοδο στην απόδοση και την ποιότητα με την αποτελεσματικότερη χρήση των ποσοτήτων εισροών, το καθαρό κέρδος αποκτά ανοδική πορεία.
- Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στις καλλιέργειες: Με την χρήση των αισθητήρων τα συστήματα μπορούν να προβλέπουν τις αρνητικές επιπτώσεις των συνθηκών του περιβάλλοντος της καλλιέργειας. Αυτή η πληροφορία μπορεί να συμβάλλει στην κάθοδο των επιπτώσεων των διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών στην καλλιέργεια.
- Η παρακολούθηση της καλλιέργεια από απόσταση είναι ουσιαστικής σημασίας για την αυτοματοποίηση της γεωργίας. Ένα δίκτυο συστημάτων καλλιέργειας που συνδέεται στο διαδίκτυο/νέφος μπορεί να συμβάλλει στην επίτευξη αυτού του καθήκοντος. Σε μία μεγάλη γεωργική καλλιέργεια, ο γεωργός παρακολουθεί τις θέσεις του γεωργικού εξοπλισμού.
- Θερμοκήπιο: Ο έλεγχος των μικροκλιματικών συνθηκών για αύξηση της παραγωγής και παρακολούθηση αερίων θερμοκηπίου.

### **8.1.2 Μελέτες περιπτώσεων ΙοΤ στην ευφυή γεωργία**

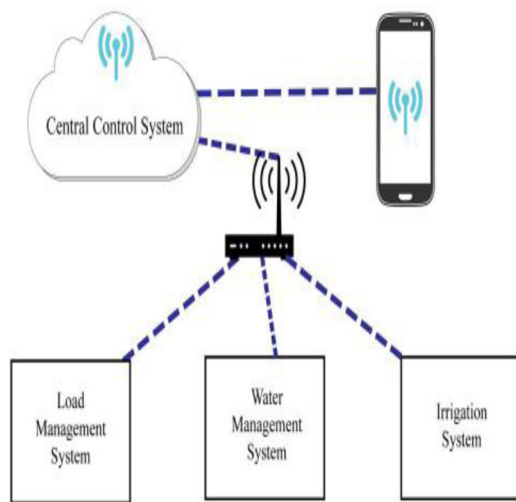
Οι Jayaraman, et al (2016) στην έρευνά τους *Πλατφόρμα Διαδικτύου των πραγμάτων για Ευφυή καλλιέργεια: Εμπειρίες και μαθήματα*, σκόπευαν στη βελτίωση της παραγωγικότητας των αγροτικών καλλιεργειών και σχεδίασαν την πλατφόρμα SmartFarmNet. Πρόκειται για μια πλατφόρμα που βασίζεται σε τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων (ΙοΤ) η οποία αυτοματοποιεί τη συλλογή δεδομένων του περιβάλλοντος, του εδάφους, της γονιμότητας και της άρδευσης. Αυτή συγκεντρώνει, μέσω αισθητήρων, τις πληροφορίες, τις φιλτράρει και τις διαμορφώνει ως δεδομένα από άποψη απόδοσης των καλλιεργειών. Επίσης υπολογίζει, προβλέπει και παρέχει εξατομικευμένες αποφάσεις για κάθε καλλιέργεια. Το SmartFarmNet έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει οποιαδήποτε συσκευή ΙοΤ, συμπεριλαμβανομένων και των εμπορικά διαθέσιμων αισθητήρων, φωτογραφικών μηχανών, μετεωρολογικών σταθμών κ.λπ. Αποθηκεύει τα δεδομένα των αισθητήρων στο Νέφος (cloud) για

ανάλυση απόδοσης και τη δημιουργία σωστών προτάσεων καλλιεργητικής διαχείρισης. Το σύστημα SmartFarmNet είναι το πρώτο και το μεγαλύτερο σύστημα στον κόσμο (όσον αφορά τον αριθμό των συνημμένων αισθητήρων, τις καλλιέργειες που αξιολογούνται και τους χρήστες που υποστηρίζει) που παρέχει ανάλυση και προτάσεις απόδοσης καλλιεργειών.

Οι Debauche et al. (2001) στο άρθρο τους *Συνδεδεμένος κεντρικός άξονας άρδευσης με χαμηλό κόστος για τη μείωση των αναγκών σε νερό καλλιέργειας*, αναφέρονται στην άρδευση και ιδιαίτερα ένα σύστημα αυτοματισμού που βασίζεται στο Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), στο Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα (GIS) και σχεδόν σε πραγματικό χρόνο στο νέφος των απαιτήσεων νερού για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της χρήσης νερού. Σε αυτό το άρθρο αναπτύσσεται ένα σύστημα που ενσωματώνει αισθητήρες, GIS, Internet of Things και cloud computing. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την αυτοματοποίηση της λεπτομερούς κατανάλωσης νερού χωρίς μείωση της απόδοσης. Επιπλέον, η συλλογή δεδομένων και η μέτρηση της υγρασίας του εδάφους επιτρέπει την προσαρμογή του συντελεστή εξατμισοδιαπνοής χωρίς να χρειάζονται λυσιμετρικά μέτρα. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική επιτρέπει την αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, χρονοσειρών και δεδομένων χαμηλής προτεραιότητας, όπως τρισδιάστατες εικόνες που χρησιμοποιούνται στο ψηφιακό πεδίο φαινοτύπων. Η αρχιτεκτονική βασίζεται στα χαρακτηριστικά του εδάφους με παρεμβολή μέσω του GIS, της μέτρησης της υγρασίας του εδάφους και των καιρικών δεδομένων που μεταδίδονται από το LoRaWan για τον υπολογισμό σε σχεδόν πραγματικό χρόνο των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας.

Οι Haque, M. S. T. et al. (2019) στην εργασία τους με τίτλο *Σχεδιασμός και υλοποίηση ενός IoT Αυτοματοποιημένη γεωργική παρακολούθηση και έλεγχος Συστήματος*, παρουσιάζουν ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου χρησιμοποιώντας τεχνολογία IoT που βασίζεται σε νέφος (cloud) για παρακολούθηση και έλεγχο διαφόρων περιοχών του αγροκτήματος. Το σύστημά τους χρησιμοποιεί ένα δίκτυο μικροελεγκτών NodeMCUs (ESP8266) για παρακολούθηση και έλεγχο συστημάτων στο cloud. Οι NodeMCUs παρακολουθούν συνεχώς τις αντίστοιχες καταστάσεις των διαφόρων στοιχείων και αναφέρουν τα δεδομένα στην κεντρική μονάδα ελέγχου. Ο χρήστης στη συνέχεια αναλαμβάνει δράση από την ανάλυση αυτών των δεδομένων. Εκχωρεί τις επιθυμητές εργασίες στον κάθε μικροελεγκτή χωριστά. Το σύστημα αποτελείται από ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης που συνδέεται με ένα δίκτυο μικροελεγκτών πάνω από το νέφος. Για το κεντρικό σύστημα ελέγχου / παρακολούθησης, οι ερευνητές

χρησιμοποίησαν ένα Raspberry Pi 3. Το Raspberry Pi χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός τοπικού μεσίτη MQTT που συνδέεται με όλους τους μικροελεγκτές σε κάθε ένα από τα μεμονωμένα συστήματα. Οι μικροελεγκτές παρακολουθούν τους διαφορετικούς αισθητήρες του συστήματος και παρέχουν ανατροφοδότηση στο νέφος. Ο μικροελεγκτής NodeMCU υποστηρίζει το πρωτόκολλο MQTT IoT, το οποίο του επιτρέπει να έχει πρόσβαση στο πρωτόκολλο MQTT. Σε μερικές συνθήκες, ορισμένες από τις ενέργειες ελέγχονται από το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου. Οι πληροφορίες ανακτώνται από το σύννεφο (cloud) με σύνδεση μέσω μιας εφαρμογής για κινητά ή ενός προγράμματος περιήγησης που είναι συνδεδεμένο μέσω της ίδιας σύνδεσης Wi-Fi.



#### Αρχιτεκτονική συστήματος

Οι Sarangi et al. (2016) στην έρευνά τους *Αυτοματοποίηση Συστημάτων Υποστήριξης Γεωργίας με χρήση Wisekar: Μελέτη περίπτωσης συμβουλευτικής υπηρεσίας καλλιέργειών-ασθενειών*, πρότειναν ένα σύστημα γεωργικής υποστήριξης που βασίζεται στο Wisekar για την παροχή αυτοματοποιημένων υπηρεσιών που ενσωματώνουν τη διαλειτουργικότητα ενός διαδικτυακού χώρου αποθήκευσης IoTs με ένα γεωργικό συμβουλευτικό κέντρο. Η χρήση IoT οδηγεί σε μεγάλης κλίμακας ή μεγάλα δεδομένα που παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες. Για το λόγο αυτό, πολλές μελέτες προσπάθησαν να μετατρέψουν τέτοια δεδομένα σε χρήσιμες πληροφορίες και γνώσεις.

Το Cognitive Radio είναι μια τεχνολογία φυσικής ενεργοποίησης για το πλαίσιο IoT. Το Cognitive Radio εκμεταλλεύεται το φάσμα RF με ευφυή τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, αναζητά το μη χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης και μεταδίδει τα δεδομένα μέσω αυτών των ζωνών με ευκαιριακή μέθοδο. Έτσι, το ραδιόφωνο παρέχει πανταχού παρούσα



συνδεσιμότητα με την προτεινόμενη πλατφόρμα IoT για ευφυή άρδευση. Πρακτική είναι η τοποθέτηση του ραδιοφώνου στο πίσω μέρος της πλατφόρμας IoT.

Οι Kokkonis, et al. (2017) στο άρθρο τους *Ένα έξυπνο σύστημα άρδευσης IoT Fuzzy* παρουσιάζουν έναν νέο υπολογιστικό αλγόριθμο (Fuzzy) για ευφυή συστήματα άρδευσης IoT, το οποίο παρακολουθεί συνεχώς τη θερμοκρασία, την υγρασία του αέρα και του εδάφους με αισθητήρες διασκορπισμένους σε όλο το πεδίο.

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες αποστέλλονται μέσω του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) σε διακομιστές δεδομένων για στατιστικές πληροφορίες και επεξεργασία. Σε αυτή τη βάση προτείνεται το ευφύες - ασαφές σύστημα άρδευσης των αρόσιμων περιοχών. Με τη βοήθεια πολλαπλών αισθητήρων υγρασίας εδάφους, επιτυγχάνεται αποτελεσματική άρδευση γεωργικής γης που αυξάνει την παραγωγή και ελαχιστοποιεί την κατανάλωση νερού. Ο ασαφής υπολογιστικός αλγόριθμος που καθορίζει το μέγεθος του ανοίγματος της κεντρικής σερβο βαλβίδας του συστήματος άρδευσης. Οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές και οι μικροελεγκτές που χρησιμοποιούνται συνήθως σε ένα ευφύες σύστημα άρδευσης, είναι ο μικροελεγκτής Arduino. οι αισθητήρες ροής νερού, οι αισθητήρες υγρασίας εδάφους, οι αισθητήρες θερμοκρασίας, οι αισθητήρες υγρασίας αέρα, η βαλβίδα νερού, η πύλη Διαδικτύου και το Σύστημα ισχύος (Lazarescu, 2015).

Στο προτεινόμενο σύστημα, τα δομικά μέρη του συστήματος ποτίσματος απαρτίζονται από τον μικροελεγκτή, τους αισθητήρες, τους ενεργοποιητές, την πύλη διαδικτύου και το σύστημα ισχύος.

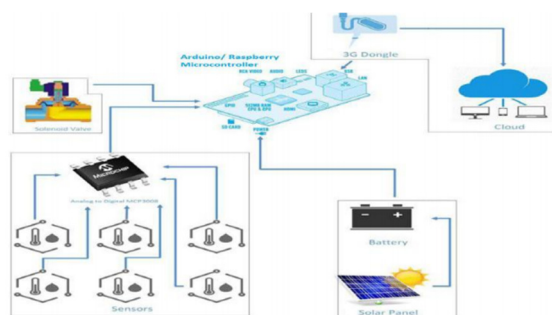


Figure 2. High Level System Architecture of a Smart Irrigation System.

Αρχιτεκτονική συστήματος υψηλού επιπέδου ενός ευφυούς συστήματος άρδευσης.

Το σύστημα χρησιμοποιεί χαμηλού κόστους αισθητήρες και ενεργοποιητές για συνεχή παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών των αρόσιμων περιοχών. Ως εκ τούτου, μεγιστοποιεί την ποιότητα και την ποσότητα της γεωργικής παραγωγής. Με τη βοήθεια βαλβίδας ελέγχεται η υγρασία του εδάφους. Η είσοδος για τον προτεινόμενο αλγόριθμο για την υγρασία, τη θερμοκρασία του αέρα και την υγρασία του εδάφους

γίνεται από πολλούς αισθητήρες υγρασίας εδάφους. Κάθε είσοδος έχει τρία επίπεδα στο ασαφές σύστημα. Η έξοδος του αλγορίθμου ελέγχει το άνοιγμα της κεντρικής σερβο βαλβίδας του συστήματος άρδευσης.

### 8.1.3 Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (Monitoring)



Τα πιο διαδεδομένα smart gadgets είναι οι μετεωρολογικοί σταθμοί καθώς έχουν ευρύ συνδυασμό από αισθητήρες της ευφυής γεωργίας. Το IoT βοηθά στην καλύτερη διαχείριση των καλλιεργειών, καλύτερη διαχείριση πόρων, οικονομικά αποδοτική γεωργία, βελτιωμένη ποιότητα και ποσότητα, παρακολούθηση καλλιεργειών και μπορεί να γίνει παρακολούθηση πεδίου κ.λπ. Για την παρακολούθηση των συνθηκών γίνεται χρήση αισθητήρων IoT που συλλέγουν πληροφορίες και τις στέλνουν από το δίκτυο Wi-Fi στον διακομιστή, εκεί μπορεί ο διακομιστής ανάλογα με τις πληροφορίες να προβεί σε διάφορες ενέργειες. Μερικά παραδείγματα συσκευών IoT της γεωργίας είναι Smart Elements και Pycno.

### 8.1.4 Διαχείριση καλλιεργειών (Crop Management)

Τα συστήματα καλλιέργειας χαρακτηρίζονται από οικολογικές, οικονομικές και κοινωνικές πτυχές και ένας καλλιεργητής πρέπει να τους κρατήσει υπό έλεγχο. Στις πρακτικές διαχείρισης των καθημερινών συστημάτων καλλιέργειας, υιοθετούνται τεχνολογίες που προσδιορίζουν τις σχετικές διαφορές στην ικανότητα ελέγχου του περιβάλλοντος. Η κύρια διαφορά στα συστήματα καλλιέργειας μπορεί να εντοπιστεί μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, που διερευνήθηκε από Navarro et al. Στα

συστήματα εσωτερικού χώρου, σχεδόν όλοι οι παράγοντες παραγωγής είναι υπό έλεγχο: Οι σχετικές περιβαλλοντικές μεταβλητές ρυθμίζονται από υδροηλεκτρομηχανικά συστήματα που παρέχουν έγκαιρα τον κατάλληλο φωτισμό, ανοίγματα, ανεμιστήρες, νερό και θρεπτικά συστατικά. Μόνο μερικός έλεγχος μπορεί να εκτελεστεί σε σήραγγες (η θερμοκρασία και η υγρασία ρυθμίζονται από ανοίγματα) και δίκτυα (χρησιμοποιούνται για την πρόληψη της εξάπλωσης εντόμων, πτηνών και χαλάζι). Στις καλλιέργειες, οι πιθανότητες για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραγόντων είναι λιγότερο διαθέσιμες. Οι καλλιεργητές είναι συχνά άοπλοι μπροστά τους καιρός, παράσιτα και ασθένειες. Οι ορθολογικές διαχειρίσεις των καλλιεργειών με τις συσκευές τους που τοποθετούν στα χωράφια συλλέγουν δεδομένα για τον καιρό, την διαθεσιμότητα του νερού, την γονιμότητα, την θερμοκρασία, τις ασθένειες καθώς και από άλλους παράγοντες ώστε να προλαμβάνουν ζημιές στην καλλιέργεια.

### 8.1.5 Ευφυής Άρδευση (Smart Irrigation)



Η ευφυής άρδευση είναι μία μέθοδος με την οποία ο παραγωγός θα μπορεί να υπολογίσει της αρδευτικές ανάγκες μίας καλλιέργειας βασισμένος σε επιστημονικές και τεχνολογικές μελέτες αποσκοπώντας έτσι, στην οικονομία του νερού. Τα ευφυή συστήματα άρδευσης εφαρμόζουν αυτόματα τα χρονικά διαγράμματα ποτίσματος και τους χρόνους λειτουργίας, ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτούμενες ανάγκες της καλλιέργειας. Οι διαχειριστές του συστήματος άρδευσης καλυτερεύουν σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της εξωτερικής χρήσης του νερού. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς διαχειριστές άρδευσης, οι οποίοι ενεργούν σε προκαθορισμένο πρόγραμμα και σε χρονοδιακόπτες, οι ρυθμιστές άρδευσης παρατηρούν τις καιρικές συνθήκες, τις συνθήκες εδάφους και τέλος τη χρήση των φυτικών υδάτων για την αυτόματη προσαρμογή του καθορισμένου ποτίσματος στις πραγματικές συνθήκες της

γεωργικής εκμετάλλευσης. Η ευφυής γεωργία είναι ένα παραγωγικό σύστημα που εκμεταλλεύεται την τεχνολογία ώστε να λαμβάνει αποφάσεις συνδυάζοντας όλους τους παράγοντες, τις γνώσεις, τις παραμέτρους και την έρευνα για να φθάσει στο βέλτιστο επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Ένα σύστημα που θα ενστερνίζεται αυτή την φιλοσοφία θα έχει μικρό κόστος εισροών και ανεβασμένες αποδόσεις. Συγκεκριμένα:

- Μικρότερη συχνότητα άρδευσης
- Μειωμένοι ψεκασμοί
- Μειωμένες ποσότητες λιπάσματος

Ως αποτέλεσμα έχει την αύξηση της αγροτικής παραγωγής, βελτιωμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, μείωση της αλόγιστης χρήσης λιπασμάτων και συνεπώς αυξημένη απόδοση στην ποιότητα των προϊόντων με χαμηλότερες εισροές. Για να γίνεται η άρδευση ορθά το νερό θα πρέπει να κατανέμεται ισόποσα σε όλα τα φυτά (επιφανειακή απορροή), οι διαβρώσεις εδάφους δεν πρέπει να υπάρχουν (βαθιά διήθηση) και να αποφεύγεται η εξάτμιση του νερού. Στην άρδευση υπάρχουν αισθητήρες με μεγάλη ακρίβεια και τα δεδομένα τα επεξεργάζονται επιστήμονες που είναι εξειδικευμένοι μετατρέποντας τα σε έμπιστες πληροφορίες. Έτσι, οι παραγωγοί έχουν την δυνατότητα να επιλέγουν την βέλτιστη διαχείριση του νερού στον αγρό. Η συνεργασία του παραγωγού με επιστήμονες και γεωπόνους που εξειδικεύονται στις αρδεύσεις οδηγεί στην ορθή γεωργική χρήση του νερού. Υπολογίζουν τις αρδευτικές ανάγκες της καλλιέργειας με τεράστια ακρίβεια από τα δεδομένα που λαμβάνουν από αγρομετεωρολογικούς σταθμούς και τα φυτά τα οποία είναι κατάλληλα για κάθε περιοχή και αγρό σύμφωνα με τις τοπικές συνθήκες και την υδατοχωρητικότητα του χωραφιού. Οι αισθητήρες εδαφικής υγρασίας υπολογίζουν την υγρασιακή κατάσταση του χωραφιού και τότε είναι η κατάλληλη στιγμή για επόμενες αρδεύσεις. Καθημερινές βασικές φροντίδες μείωσης χρήσης νερού:

- Η συντήρηση του συστήματος άρδευσης για ομοιόμορφη άρδευση
- Αποφυγή άρδευσης σε συνθήκες υψηλής εξάτμισης

Οι Chang et al (2019) στην έρευνα τους Ευφυές σύστημα άρδευσης που βασίζεται στη μηχανική εκμάθηση με δίκτυα LoRa PP αναφέρουν ό,τι οι εμπειρίες των αγροτών είναι πολύτιμες και ταυτόχρονα είναι δύσκολο να αντικατασταθούν και να μεταδοθούν. Προτείνουν, λοιπόν, ένα ευφυή σύστημα άρδευσης για αυτόματα και απρόσκοπτη μάθηση των εμπειριών άρδευσης από εξειδικευμένους αγρότες/ καλλιεργητές για βιολογικές καλλιέργειες θερμοκηπίου. Αυτοί προτείνουν ένα σύστημα αρχικά που

υπολογίζει την ποσότητα νερού για κάθε άρδευση με βάση το εκπαιδευμένο μοντέλο άρδευσης σε συνδυασμό με τα περιβαλλοντικά δεδομένα, όπως είναι η θερμοκρασία του αέρα και η θερμοκρασία υγρασίας του εδάφους, η ένταση φωτός κλπ.. Εφαρμόζουν ένα σύστημα το οποίο στηρίζεται σε ένα πρωτόκολλο ελέγχου προσπέλασης μέσου (WSN) βασισμένο σε αρχιτεκτονική master-slave και TDM. Οι Chang et al (2019) για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα του ευφυούς συστήματος άρδευσης, σχεδίασαν και εφάρμοσαν ολόκληρο το σύστημα σε μια βιολογική καλλιέργεια λαχανικών. Για τη σπορά των βιολογικών λαχανικών, η πιο κρίσιμη διαδικασία είναι η ακριβής άρδευση. Συνήθως ο αγρότης/βιοκαλλιεργητής ποτίζει μία ή δύο φορές την ημέρα ανάλογα με την εμπειρία του με βάση τις καιρικές συνθήκες και την κατάσταση του εδάφους. Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν στη βιολογική καλλιέργεια είναι ένας αισθητήρας-διανομέας εξοπλισμένος με ηλιακό πλαίσιο, μια μονάδα LoRa PP με πολλούς αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένων των τεσσάρων αισθητήρων εδάφους, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας / υγρασίας του αέρα και ένας αισθητήρας φωτεινότητας. Ο αισθητήρας-διανομέας εγκαταστάθηκε σε χώρο που βρίσκεται μεταξύ των δύο θερμοκηπίων για τη συλλογή δεδομένων του περιβάλλοντος. Τα δεδομένα που συλλέγονται, στη συνέχεια παραδίδονται στην κύρια (πύλη) μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας LoRa PP. Ο μετρητής νερού LoRa PP είναι στην πραγματικότητα ένας ευφυής μετρητής νερού με μια μονάδα επικοινωνίας LoRa PP. Μπορεί να οριστεί το χρονικό διάστημα ή η συχνότητα για την αποστολή της τιμής του μετρητή νερού.

#### Λίπανση

Στόχος της ευφυούς γεωργίας είναι η ακρίβεια στα θρεπτικά στοιχεία που απαιτούνται, την κατάλληλη χρονική στιγμή και με τον κατάλληλο τρόπο που θα χορηγηθούν. Η σωστή δειγματοληψία του καλλιεργητικού πεδίου και η ανάλυση σε εργαστηριακές μονάδες των ιχνοστοιχείων και των φυσικοχημικών παραμέτρων του δείγματος είναι βασικά για την ευφυή λίπανση. Οι παραγωγοί για να χρησιμοποιούν ορθά τα γεωργικά λιπάσματα θα πρέπει ανάλογα με τον τύπο της καλλιέργειας και του εδάφους να εφαρμόζουν τις σωστές ποσότητες για την κάλυψη των θρεπτικών αναγκών των φυτών αλλά και να μην επιβαρύνουν το νερό με νιτρικά ιόντα. Οι καλλιεργητές δεν πρέπει να χρησιμοποιούν αλόγιστα τα λιπάσματα αλλά με τρόπο ελεγχόμενο για αυτό θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τους:

- Είδος καλλιέργειας και ανάγκες

- Ιδιότητες εδάφους
- Δεδομένα ανάλυσης εδάφους
- Μέθοδο και ιστορικό λίπανσης
- Ποιότητα και ποσότητα νερού άρδευσης
- Κλιματικές συνθήκες

Επίσης, το να χρησιμοποιούν οι καλλιεργητές πλεονάζον λίπασμα για να αισθάνονται περισσότερη σιγουριά δεν αποτελεί λύση αλλά αντίθετα προξενεί προβλήματα στην καλλιέργεια. Τα αζωτούχα λιπάσματα πρέπει να εφαρμόζονται σε δόσεις ανάλογα το φυτό και ομοιόμορφα και ο εξοπλισμός λίπανσης να βρίσκεται σε καλή κατάσταση.

### 8.1.6 Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (Drones)



Τα drones ή αλλιώς πολυκόπτερα έχουν αναπτυχθεί πολύ τα τελευταία. Πρόκειται για μη επανδρωμένα ιπτάμενα τηλεχειριζόμενα οχήματα, με δυνατότητα αυτόνομης πτήσης σε κάποια μοντέλα και σε προκαθορισμένη διαδρομή. Τα πιο συχνά που συναντάμε είναι αυτά με τους 4 κινητήρες. Ενέργεια τους δίνουν οι μπαταρίες οπότε έχουν μικρότερη αυτονομία και ελάχιστο κόστος λειτουργίας. Τα drones για να ισορροπούν και να κινούνται διαθέτουν κινητήρες που δίνουν ώθηση, είναι εξοπλισμένα με υπολογιστές που ονομάζονται ελεγκτές πτήσης και μεγάλο αριθμό αισθητήρων (γυροσκόπιο, ραντάρ, θερμική κάμερα, κάμερα, βαρόμετρο, GPS και επιταχυνσιόμετρο). Ανάλογα με τις εντολές που λαμβάνει από τον χειριστή το drone αλλάζει τις στροφές των κινητήρων για να κινηθεί προς την ζητούμενη κατεύθυνση. Χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των κίνητρων τους, κάθε κατηγορία μπορεί να έχει μικρές αλλαγές με βάση την διάταξη των κινητήρων. Υπάρχουν τα

τρικόπτερα (3 κινητήρες), τα τετρακόπτερα (4 κινητήρες), τα εξακόπτερα (6 κινητήρες) και τα οκτακόπτερα (8 κινητήρες). Τα drones βρίσκονται σε καλό κόστος, αξιόπιστα και με καλή ποιότητα κατασκευής, καλύτερη αυτονομία και με πληθώρα δυνατοτήτων που καλύπτουν και τους πιο απαιτητικούς χρήστες. Τα drones και συγκεκριμένα τα farming drones που έχουν πιο προχωρημένες δυνατότητες και εξαρτήματα που έχουν εξειδίκευση σε γεωργικές εργασίες έχουν προσφέρει επαναστατικές ικανότητες στην γεωργία με την δημιουργία χαρτών χωρικής παραλλακτικότητας διαφόρων μεταβλητών. Τα εδάφη και τα εναέρια αεροσκάφη χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της υγείας των καλλιεργειών, την επιτήρηση των καλλιεργειών, τη φύτευση, τον ψεκασμό των καλλιεργειών και την ανάλυση πεδίου. Τα drones ελέγχουν την υγεία των καλλιεργειών από τις αλλαγές του ορατού και υπέρυθρου φωτός που προκαλούνται από τις ανακλάσεις στην καλλιέργεια. Όσο περισσότερο πράσινο αντανακλούν τα φυτά τόσο η υγεία τους είναι καλύτερη, οπότε εντοπίζουν στις καλλιέργειες τρωτά σημεία που δεν μπορούν να εντοπισθούν με γυμνό μάτι. Τα drone δίνουν υλικό φωτογραφιών του χωραφιού που μόνο ελικόπτερο θα μπορούσε, κάτι που από οικονομικής άποψης είναι πολύ δύσκολο να συμβεί. Με εικόνες και βίντεο πολύ υψηλής ποιότητας και ευκρίνειας που έχει στην διάθεση του ο καλλιεργητής, μπορεί με ακρίβεια να δράσει σε πρώιμο στάδιο σε βλάβες που μπορεί να υπάρξουν και να παρατηρήσει δυσκολίες που δεν μπορούν να εντοπισθούν από το έδαφος πχ (παράσιτα, δέντρα που θέλουν κλάδεμα, καρπούς που χρειάζονται μάζεμα). Τα drone ελέγχουν εάν οι καρποί βρίσκονται σε στάδιο για συγκομιδή ή αν χρειάζονται ακόμα ωρίμανση, το στάδιο που βρίσκονται και τότε υπολογίζεται η ωρίμανση. Επιπλέον το κόστος παραγωγής μειώνεται αφού οι εργασίες που έχουν σχέση με την επίβλεψη των αγρών δεν χρειάζονται. Farming drone που διαθέτουν ειδικό εξοπλισμό έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν ως ποτιστικά μεταφέροντας έως 25 κιλά νερό και με συγκεκριμένη δοσολογία και συχνότητα γίνεται το πότισμα σε σημεία που έχει ορίσει ο χρήστης. Έτσι το πότισμα γίνεται με ακρίβεια χιλιοστού ακόμα σε όλα τα σημεία. Με την στρατηγική και τον κατάλληλο σχεδιασμό που βασίζεται σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, η τεχνολογία drone έχει σημειώσει τεράστια άνοδο και ανανέωση στη γεωργική βιομηχανία. Τα αεροσκάφη με θερμικούς ή πολυφασματικούς αισθητήρες γνωστοποιούν τα σημεία που οι αλλαγές στην άρδευση είναι απαραίτητες. Μόλις οι καλλιέργειες αυξηθούν, οι αισθητήρες υπολογίζουν την υγεία τους και δείχνουν τον δείκτη βλάστησής τους. Τελικά τα έξυπνα αεροσκάφη μειώνουν σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (μαζική μείωση και πολύ χαμηλότερη χημική ουσία που

φτάνει στα υπόγεια ύδατα). Τέλος, προλαμβάνουν τον παγετό και με το λογισμικό τους και τις κάμερες υπολογίζουν τις ρίζες της σοδειάς.

### 8.1.7 FarmBeats



Το FarmBeats αποτελεί μια πλατφόρμα IoT που επιτρέπει στη γεωργία με βάση τα δεδομένα να διασφαλίζει την σύνδεση μεταξύ πολλών και διαφορετικών τύπων συσκευών και αισθητήρων. Αυτό το έργο το ανέλαβε η Microsoft με σκοπό την αύξηση της εκμετάλλευσης επιτρέποντας στην γεωργία να συνδυάσει τις γνώσεις του αγρότη/καλλιεργητή με τις πληροφορίες των farmbeat. Οι Ojha, et al. (2021) στην έρευνα τους *Διαδίκτυο των πραγμάτων για γεωργικές εφαρμογές: υπερσύγχρονες τεχνολογίες* αναφέρονται σε ένα σύστημα FarmBeats το οποίο είναι ανθεκτικό στις καιρικές και κλιματολογικές μεταβολές, στην αδύναμη σύνδεση στο διαδίκτυο και στη χαμηλή ισχύ. Αποτελείται από αισθητήρες κάμερας, αισθητήρες εδάφους, UAV, στη συνέχεια όλα τα δεδομένα των παραπάνω αποθηκεύονται στο νέφος (cloud) ώστε να μπορούν να παρακολουθούν σε μεγάλο χρονικό διάστημα και να αναλύουν τα δεδομένα. Παρέχει τρεις υπηρεσίες - γεωργία ακριβείας, παρακολούθηση περιβαλλοντική στην αποθήκευση τροφίμων και επιτήρηση καταφυγίων ζώων. Το FarmBeats σήμερα είναι διαθέσιμο για δημόσια προεπισκόπηση στην αγορά Azure.



### 8.1.8 Farmbot



Τα farmbot είναι μη επανδρωμένα τρακτέρ τα οποία με χρήση ραντάρ, LiDAR, GPS και με πολλούς άλλους αισθητήρες χαρτογραφούν το καλλιεργητικό πεδίο και εκτελούν τις εργασίες σε συγκεκριμένη έκταση την οποία ορίζει ο χρήστης. Είναι ρομποτικές συσκευές οι οποίες είναι εξειδικευμένες στο να εκτελούν εργασίες που έχουν να κάνουν με το καλλιεργητικό πεδίο με ακρίβεια, ταχύτητα καθώς και αξιοπιστία. Στην βιομηχανία και στην γεωργία έχει αυξηθεί η επιθυμία για αντικατάσταση της ανθρώπινης εργασίας με αυτοματοποίηση. Οι εργασίες στις καλλιέργειες απαιτούν έντονη σωματική προσπάθεια και χρόνο. Η αυτόνομη ρομποτική στοχεύει στην μείωση της χειρωνακτικής εργασίας και την αύξηση της παραγωγής και της απόδοσης της καλλιέργειας (Murdyantoro, et al 2019). Ο καλλιεργητής θα επικεντρώνεται στην παρακολούθηση των μηχανήματων και των IoT εφαρμογών, στην ανάλυση των δεδομένων, στην βέλτιστη χρήση των ρομποτικών μηχανημάτων καθώς και στην προώθηση και την δημιουργία νέων προϊόντων και την εξάπλωση της επιχείρησης του σε παγκόσμιες αγορές. Η ευφυής γεωργία παρόλο που χρησιμοποιεί μηχανήματα που λειτουργούν αυτόνομα η αποτελεσματικότητα της οφείλεται στην συνεχή επικοινωνία τους με τον αγρότη. Στην σπορά και την φύτευση ακολουθούν εντολές με συνδυασμό δεδομένων αισθητήρων και γεωμετρίας, στην άρδευση συνδυασμό με δεδομένα αισθητήρων που υπολογίζουν την υγρασία και ποτίζουν τα σημεία που χρειάζεται αναβαθμίζοντας την άρδευση. Για τα ζιζάνια υπάρχει ρομπότ σε μέγεθος επιβατικού αυτοκινήτου που λειτουργεί αυτόνομα μέσα στο χωράφι με βίντεο LiDAR και GPS. Τα συγκεκριμένα ρομπότ διαθέτουν τεχνητή νοημοσύνη και αλγόριθμους μηχανικής μάθησης ώστε να εκπαιδεύονται συνέχεια στην έυρεση παρασίτων και όσο περνάει ο χρόνος να έχουν καλύτερα αποτελέσματα. Στην

συγκομιδή των καρπών έχουν δημιουργηθεί βραχίονες ειδικοί για προσεκτικές κινήσεις ώστε να μην τραυματίσουν το φυτό. Αυτοί οι βραχίονες διαθέτουν αλγόριθμους και κάμερες για την αναγνώριση της θέσης, του σχήματος και της ωριμότητας των καρπών. Τα farming drone ανήκουν στη ίδια κατηγορία με τα farmbot και εκτός από την δυνατότητα της απεικόνισης μπορούν να αναλύουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, να ρυθμίζουν την τοποθεσία φύτευσης, να σπέρνουν στον αέρα, να αξιολογήσουν την ποιότητα εδάφους, να ποτίζουν και να ψεκάζουν. Έτσι, ο αγρότης/καλλιεργητής έχει την δυνατότητα να παρακολουθεί την εξέλιξη των εργασιών στο καλλιεργητικό πεδίο και να αξιοποιεί στο έπακρο την σύγχρονη τεχνολογία.

### **8.1.9 Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensors Technologies – WST)**

Πολύ σημαντική τεχνολογία IoT είναι το Δίκτυο ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Network (WSN)). Το WSN αποτελείται από πολλούς μικροσκοπικούς κόμβους αισθητήρων με ικανότητα να ανιχνεύουν τις καταστάσεις. Οι αισθητήρες παρέχουν ακατέργαστες πληροφορίες για να επεξεργασθούν, να μεταδοθούν, να αναλυθούν και να ανατροφοδοτηθούν. Οι κόμβοι κάνουν συλλογή και προώθηση των δεδομένων στον σταθμό βάσης για την παρακολούθηση από κοινού των «πραγμάτων». Στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων βρίσκονται ένας ή και παραπάνω σταθμοί βάσης και πολλοί κόμβοι αισθητήρων. Η βασική σύνθεση του δικτύου των τελευταίων συμπεριλαμβάνει μονάδα επεξεργασίας, επικοινωνίας και ενέργειας. Ο σταθμός βάσης είναι χρήσιμος για την επεξεργασία δεδομένων που ενώνει το δίκτυο αισθητήρων με τον εξωτερικό κόσμο.

### **8.1.10 Αυτοματισμοί θερμοκηπίων ( Automatisation of Green Houses)**

Αν και η γεωργική βιομηχανία είναι ένα ζωτικό μέρος της κοινωνίας που παρέχει τροφή στους ανθρώπους, πολλοί καλλιεργητές αντιμετωπίζουν προκλήσεις στη λειτουργία μιας κερδοφόρας επιχείρησης λόγω της δυσκολίας τους να κάνουν σαφείς προβλέψεις. Η γεωργία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαίσθηση των εμπειρογνομόνων και οι νεοεισερχόμενοι διστάζουν να εισέλθουν σε αυτήν τη γραμμή εργασίας. Για το λόγο αυτό, το Smart Greenhouse επιλύει πολλά από τα προβλήματα με τις σαφείς προβλέψεις του. Οι χρήστες μπορούν να ελέγχουν αυτόματα τις μεθόδους καλλιέργειας προσαρμόζοντας το αναπτυσσόμενο περιβάλλον μέσω των επιπέδων θερμοκρασίας και

υγρασίας καθώς και της ποσότητας νερού, ανάλογα με τον τύπο της καλλιέργειας και της ποικιλίας. Αυτό όχι μόνο βοηθά τους παραγωγούς αγροτών που είναι νέοι στη βιομηχανία, αλλά επίσης ανακουφίζει τον φόρτο εργασίας τους και οδηγεί σε υψηλότερη απόδοση. Πολλοί ασύρματοι αισθητήρες έχουν ρυθμιστεί στο Smart Greenhouse. Η θερμοκρασία, η υγρασία, η ένταση φωτισμού και τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα μετριοούνται μέσω ηλεκτρονικών και περιβαλλοντικών αισθητήρων και τα δεδομένα που συλλέγονται εξάγονται σε υπολογιστή αιχμής. Επιπλέον, αυτά τα δεδομένα αποθηκεύονται επίσης στο νέφος (cloud). Μέχρι τώρα, ένας μόνο υπολογιστής έλεγχε κάθε εξοπλισμό και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Επειδή κάθε εξοπλισμός ήταν ενσύρματος, υπήρχαν περιορισμοί στη θέση και τον αριθμό του. Ωστόσο, σε ένα έξυπνο θερμοκήπιο, ένας μόνο υπολογιστής μπορεί να ελέγχει πολλαπλούς εξοπλισμούς, ελαχιστοποιώντας τον αριθμό των καλωδίων και όλα τα δεδομένα συλλέγονται αυτόματα στον υπολογιστή αιχμής μέσω ασύρματου δικτύου. Δεν χρειάζεται να πηγαίνουμε μπρος-πίσω στο θερμοκήπιο, καθώς κάθε ρύθμιση για το περιβάλλον καλλιέργειας για το πότισμα των καλλιεργειών ελέγχεται αυτόματα με βάση μια προκαθορισμένη φόρμουλα. Αυτό οδηγεί τον καλλιεργητή σε ορθολογική χρήση της καλλιέργειας αφού με τα δεδομένα που λαμβάνει οι καλλιεργητικές πρακτικές του θα ανεβάσουν την απόδοση και θα μειώσουν την σπατάλη και την ρύπανση.

## Κεφάλαιο 9

### 9 Παραδείγματα νέων τεχνολογιών στην ευφυή γεωργία

Η εξέλιξη της ευφυούς γεωργίας και η ικανότητα της να συμβαδίζει με την τεχνολογία έχει δώσει τεράστιο ρυθμό ανάπτυξης στην παραγωγή. Η ευφυής γεωργία προσφέρει ορθή χρήση λιπασμάτων στην καλλιέργεια, αρδευτικού νερού και φυτοφαρμάκων με στόχο την οικονομική παραγωγική αύξηση. Τα τηλεκατευθυνόμενα ελικόπτερα (drones) διαθέτουν συστήματα που προβλέπουν και ειδοποιούν όταν υπάρχουν ακραίες καιρικές συνθήκες ώστε να προληφθούν ενδεχόμενες ζημιές στο καλλιεργητικό πεδίο, διαθέτουν σύστημα ψεκασμού και πολλούς αισθητήρες που κάνουν την διαχείριση της άρδευσης καλύτερη και ευκολότερη. Τέλος, τα συστήματα επικοινωνίας και πληροφορίας που έχουν κάνει την εμφάνιση τους στην ευφυή γεωργία έχουν συνεισφέρει σε διάφορους τομείς την αγροτική ζωή (Big Data, ρομποτική).

Έρευνες που διήρκησαν χρόνια ανέπτυξαν συστήματα τα οποία αποτελούνται από αισθητήρες GIS (μετράμε εδαφική υγρασία και τις καιρικές συνθήκες), Internet of Things και cloud computing. Η αρχιτεκτονική τους που τους επιτρέπει να επεξεργάζονται τις πληροφορίες και να της αποθηκεύουν σε πραγματικό χρόνο και εξέλιξαν την εικονική τους απεικόνιση. ( τρισδιάστατη εικόνα) Έτσι, η κατανάλωση νερού έγινε πιο ακριβής και η απόδοση δεν μειώθηκε.

Τελευταία, έχουν κάνει την εμφάνιση και ανάπτυξη τους τεχνολογίες ασύρματου δικτύου αισθητήρων (ZigBee, Bluetooth) και κυριαρχούν στα δίκτυα χαμηλής ισχύος και μικρής εμβέλειας με πολλαπλές γραμμές που χρησιμοποιούν την τοπολογία στα δίκτυα. Τα κυψελοειδή δίκτυα, το GSM ή το LTE διαθέτουν μετάδοση μεγάλης εμβέλειας και σχηματίζουν ασύρματο δίκτυο ενεργοποιητών και αισθητήρων. (Wireless Sensor and Actor Networks-WSAN). Μειονέκτημα αποτελεί η αδυναμία τους να γίνουν συστήματα άρδευσης μεγάλης κλίμακας.

#### 9.1 Ασιατικές χώρες

##### Ινδία

Οι Dokhande et al (2019) στο βιβλίο τους *Ένα έγγραφο αναθεώρησης για το έξυπνο σύστημα άρδευσης με βάση το IoT* αναφέρουν ότι στις καλλιέργειες η έλλειψη νερού μειώνει την γονιμότητα του εδάφους σε περιοχές που είναι ξηρές ενώ η υπερβολική ποσότητα αποτελεί εμπόδιο για την ανάπτυξη των φυτών. Η άρδευση έχει πολύ μεγάλη

επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών. Οι συγγραφείς αναφέρονται σε ένα σύστημα άρδευσης το οποίο υπολογίζει την εδαφική υγρασία και την ατμοσφαιρική θερμοκρασία, λαμβάνοντας αποφάσεις με την βοήθεια του ενεργού ή μη συστήματος νερού κάνοντας χρήση του μικροελεγκτή Arduino. Αν η τιμή για την εδαφική υγρασία είναι πάνω από την οριακή τιμή, η χαμηλή στάθμη (0V) θα αποτελεί την ψηφιακή έξοδο, αν είναι κάτω από το όριο της τιμής, (V) θα αποτελεί την ψηφιακή έξοδο. Με την βοήθεια του αισθητήρα DHT11 υπολογίζουν την υγρασία και θερμοκρασία.

### **Κίνα**

Οι Fang et al (2013) στο βιβλίο τους *Στο Διαδίκτυο των πραγμάτων Ολοκληρωμένη επανυξημένη πραγματικότητα* κάνουν χρήση του μικροελεγκτή “CC30” της Texas Instruments για το σχεδιασμό της τεχνολογίας ZigBee. Το CC30 είναι ένας μικροελεγκτής για εφαρμογές ZigBee. Το ZigBee αυξάνει της διάρκεια ζωής που έχει η μπαταρία για χρόνια και συνδέεται με πολλές συσκευές ταυτόχρονα. Ο υπολογιστής με την ασύρματη επικοινωνία που διαθέτει δίνει όλα τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στον καλλιεργητή.

## **9.2 Ευρωπαϊκές χώρες**

### **Ελλάδα**

Η γεωργία εξελίσσεται από την τεχνολογία και κυρίως από τις τεχνολογίες Επικοινωνίας και Πληροφορικής. Η Εταιρεία Πληροφορικής και Επικοινωνιών είναι στην Ελλάδα και διαθέτει πληροφορίες για ό,τι συμβαίνει στην Ελληνική γεωργία. Στόχος είναι η προώθηση των ΤΠΕ για την φύλαξη του περιβάλλοντος, την βέλτιστη ενημέρωση του αγρότη και την άνοδο της ποιοτικής υπόστασης της τροφής. Στην Ελλάδα την τελευταία δεκαετία έχει εξελιχθεί έντονα το θέμα της έρευνας σε σχέση με την ευφυή γεωργία και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT). Οι A. Liopa-Tsakalidi et al (2020) στην έρευνά τους *Διαδίκτυο πραγμάτων (IoT) και γεωργικά μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) στην Ευφυής γεωργία: μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση* αναλύουν τις βασικές αρχές διάφορων τεχνολογιών IoT όπως τους έξυπνους αισθητήρες IoT, δίκτυα και πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, καθώς και εφαρμογές και λύσεις σχετικά με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στην ευφυή γεωργία. Επιπλέον, παρουσιάζουν το ρόλο της τεχνολογίας UAV, αναλύοντας τις εφαρμογές των UAV σε διάφορα σενάρια, όπως άρδευση, γονιμοποίηση, χρήση

φυτοφαρμάκων, διαχείριση ζιζανίων, παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών, διαχείριση των ασθενειών των καλλιεργειών.

### **Ισπανία**

Οι Zamora-Izquierdo et al (2019) στην έρευνα τους *Ευφυής πλατφόρμα IoT βασισμένη σε υπολογιστές νέφους και cloud* αναφέρονται σε σύστημα άρδευσης για καλλιέργειες μικρού ή μεγάλου μεγέθους με σκοπό την εξάλειψη του χειροκίνητου συστήματος. Σύμφωνα με τα δεδομένα, το νερό οδηγείται από τις αντλίες σε ένα σύστημα μικροελεγκτή ο οποίος χειρίζεται το σύστημα άρδευσης. Οι αισθητήρες δίνουν τις κατάλληλες πληροφορίες για τις τιμές του εδάφους και του παρέχουν τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται. Τέλος, το σύστημα θα έχει την ικανότητα να ελέγχει την θερμοκρασία, την υγρασία, την ποσότητα υγρασίας στο έδαφος και την ποσότητα ρύπων στον αέρα.

## **Συμπεράσματα**

Οι Ορθές Γεωργικές Πρακτικές στην Ευφυή Γεωργία αποτελούν τεράστια εξέλιξη στην ιστορία της γεωργίας. Με τους κανόνες Ορθών Γεωργικών Πρακτικών η γεωργία έχει πετύχει ποιοτική, ποσοτική καθώς και οικονομική αύξηση ενώ παράλληλα έχει καταφέρει να προστατεύει το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Οι τεχνολογίες IoT έχουν δώσει στους αγρότες καίριες λύσεις στις καλλιέργειες με την επέμβαση της τεχνολογίας. Τα συστήματα δικτύωσης (LoRa, LoRaWAN) έχουν καταφέρει να χειρίζονται μεγάλο όγκο πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο καθώς τα Big Data δίνουν στους αγρότες το καλύτερο καλλιεργητικό αποτέλεσμα και στην κοινωνία καλύτερη ποιότητα τροφής. Οι τεχνολογίες του διαδικτύου των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία έχουν βελτιώσει τις καλλιεργητικές τεχνικές ώστε να φτάνει στον καταναλωτή. Η γεωργία έχει μεγαλύτερη ακρίβεια, λιγότερο κόπο και έξοδα και θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον. Η είσοδος του IoT και της τεχνολογίας στην γεωργία αποτελεί σημαντική επίτευξη για την γεωργική και κατά επέκτασιν ανθρώπινη βελτίωση και εκσυγχρονισμό.

## Βιβλιογραφία

- AlQammaz, A., Darabkh, K. A., Sha'ar, B. A., & Ghatasheh, O. (2018, September). A Framework for Artificial Intelligence Assisted Smart Agriculture Utilizing LoRaWAN Wireless Sensor Networks. In International Workshop Soft Computing Applications (pp. 408-421). Springer, Cham.
- Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Diamantoulakis, P., Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P., Salahas, G., ... & Goudos, S. K. (2020). Internet of things (IoT) and agricultural unmanned aerial vehicles (UAVs) in smart farming: a comprehensive review. *Internet of Things*, 100187..
- Bucci, G., Bentivoglio, D., & Finco, A. (2019). Factors affecting ICT adoption in agriculture: A case study in Italy. *Calitatea*, 20(S2), 122-129.
- Chang, Y. C., Huang, T. W., & Huang, N. F. (019, September). A Machine Learning Based Smart Irrigation System with LoRa PP Networks. In 019 0th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS) (pp. 1-4). IEEE.
- Citoni, B., Fioranelli, F., Imran, M. A., & Abbasi, Q. H. (2019). Internet of Things and LoRaWAN-enabled future smart farming. *IEEE Internet of Things Magazine*, 2(4), 14-19.
- Debauche, O., El Moulat, M., Mahmoudi, S., Manneback, P., & Lebeau, F. (01, April). Irrigation pivot-center connected at low cost for the reduction of crop water requirements. In 01 International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet) (pp. 1-9). IEEE.
- Dokhande, A., Bomble, C., Patil, R., Khandekar, P., Dhone, N., & Gode, C. (2019). A Review Paper on IoT Based Smart Irrigation System.
- Eden, T., & Maskell, E. J. (1928). The influence of soil heterogeneity on the growth and yield of successive crops. *The Journal of Agricultural Science*, 18(2), 163-185.
- Fang H, Dan X, Shaowu S (2013) On the application of the Internet of Things in the field of medical and health care. In: Green computing and communications (GreenCom), 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCom), IEEE international conference on and IEEE cyber, physical and social computing, 20–23 Aug 2013, pp 2053–2058.



- Haque, M. S. T., Rouf, K. A., Khan, Z. A., Emran, A., & Zishan, M. S. R. (2019, January). Design and implementation of an IoT based automated agricultural monitoring and control system. In *2019 International Conference on robotics, electrical and signal processing techniques (ICREST)* (pp. 13-16). IEEE.
- Jayaraman, P., Yavari, A., Georgakopoulos, D., Morshed, A., & Zaslavsky, A. (2016). Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt. *Sensors*, 16(11), 14.
- Jin, J., Ma, Y., Zhang, Y., & Huang, Q. (2018). Design and implementation of an Agricultural IoT based on LoRa. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 189, p. 04011). EDP Sciences.
- Kokkonis, G., Kontogiannis, S., & Tomtsis, D. (2017). A smart IoT fuzzy irrigation system. *Power (mW)*, 100(63), 25.
- Lazarescu, M. T. (2015). Design and field test of a WSN platform prototype for long-term environmental monitoring. *Sensors*, 15(4), 9481-9518.
- Linsley, C. M., & Bauer, F. C. (1929). Test your soil for acidity. *Circular, University of Illinois, Agricultural Experiment Station; no. 346*.
- Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. J. P. C. (2016). Industrial big data as a result of IoT adoption in manufacturing. *Procedia cirp*, 55, 290-295.
- Murdyantoro, B., Sukma, D., Atmaja, E., & Rachmat, H. (2019). Application design of farmbot based on Internet of Things (IoT). *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(4), 1163-70.
- Ojha, T., Misra, S., & Raghuwanshi, N. S. (2021). Internet of Things for Agricultural Applications: The State-of-the-art. *IEEE Internet of Things Journal*.
- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *agronomy*, 10(2), 207.
- Salem, AA, & Alhmiedat, T. (2020). Ενεργειακά αποδοτικό Σύστημα Ομαδοποίησης WSN για Εφαρμογές Παρακολούθησης Περιβάλλοντος. *International Journal* , 8 (5).
- Sarangi, S., Umadikar, J., & Kar, S. (2016). Automation of Agriculture Support Systems using Wisekar: Case study of a crop-disease advisory service. *Computers and electronics in agriculture*, 122, 200-210.

- Shinde, G. R., Dhotre, P. S., Mahalle, P. N., & Dey, N. (2021). Augmented Reality and IoT. In *Internet of Things Integrated Augmented Reality* (pp. 55-71). Springer, Singapore.
- Thenkabail, P. S., Smith, R. B., & De Pauw, E. (2000). Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. *Remote sensing of Environment*, 71(2), 158-182.
- Khan, A. A., Shaikh, A. Z., Naqvi, S., & Altaf, T. (2017). A novel cognitive radio enabled IoT system for smart irrigation. *Journal of Informatics and Mathematical Sciences*, 9(1), 129-136.
- Verdouw, C., Sundmaeker, H., Tekinerdogan, B., Conzon, D., & Montanaro, T. (2019). Architecture framework of IoT-based food and farm systems: A multiple case study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104939.
- Vitali, G., Francia, M., Golfarelli, M., & Canavari, M. (2021). Crop Management with the IoT: An Interdisciplinary Survey. *Agronomy*, 11(1), 181.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural systems*, 153, 69-80.
- 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.
- Δόρδας, X. (2009). Μαθήματα γενικής γεωργίας.
- Εμμανουηλίδης, Α. (2019). Εφαρμογές Internet of Things στον αγροτικό τομέα: μελέτη περιπτώσεων: τρόποι αξιοποίησης των δεδομένων με τεχνικές και εργαλεία machine learning και data-mining.
- Ζαχαροπούλου, Μ. (2020). Έξυπνες πόλεις και τεχνολογίες διασυνδεδεμένων συσκευών (Master's thesis, Πανεπιστήμιο Πειραιώς).
- Θεοδωρακόπουλος, Λ. Α., & Καγκάνης, Α. Α. (2016). Το διαδίκτυο των πραγμάτων (internet of things–IoT) και οι εφαρμογές του.
- Καλομοίρης Ν. (2021) Εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων στην Ευφυής γεωργία με τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης.
- Καραγιάννης, Κ., & Κοτσορώνης, Β. (2021). Εφαρμογές του Internet of Things στην «Ευφυής γεωργία».
- Κατσάπης, Ν. Α., & Παλιακάσης, Β. Α. (2021). Ανάπτυξη ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης θερμοκηπιακών μονάδων μέσω εναερίου συστήματος επισκόπησης (cablebot).

- Κλαδίσκος, Λ. (2020). Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Master's thesis, Πανεπιστήμιο Πειραιώς).
- Λαζαρίδης, Γ. (2019). Αποτίμηση ασφάλειας και ιδιωτικότητας στο διαδίκτυο των πραγμάτων.
- Λαλούσης, Ν. (2019). Μελέτη τεχνολογιών δικτύωσης και συλλογής πληροφορίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων για εφαρμογές στην γεωργία ακριβείας.
- Μαλούτα Θ. Β. & Μίχου Ε. Ζ. (2019) Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) Συγκριτική παρουσίαση και αξιολόγηση των σημαντικότερων τεχνολογιών υλοποίησης.
- Παμπουλάκης, Ν., & Τσόπελα, Ε. (2020). Χρήση Νέων Τεχνολογιών στη διαχείριση των καλλιεργειών.
- Παπαγρίβας, Ε., & Φραγκουλάκης, Γ. (2016). Το internet των πραγμάτων-internet of things.
- Πέκας, Α. Η απαρχή της Γεωργίας & οι επιδράσεις της στη διαμόρφωση του ανθρώπινου πολιτισμού και της ιστορίας των λαών.
- Τζουανόπουλος, Α. (2021). Εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων στη διαχείριση καλλιεργειών.
- Τράγος, Ν. (2020). Συστήματα διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) με έμφαση σε εφαρμογές έξυπνων σπιτιών και γεωργίας ακριβείας.
- Τσαλαμαδούρου, Ν. (2021). Τεχνολογίες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων στη διαχείριση αγροτικής καλλιέργειας.
- Τσιτλακίδης, Χ. (2019). Μελέτη της ανάπτυξης εταιριών διαχείρισης data centers και clusters και γενικότερων υποδομών παροχής εξυπηρετητών servers.
- Φωκαέως, Μ. (2020). Σχεδιασμός και ανάπτυξη χαμηλού κόστους αισθητήρα υγρασίας φυλλώματος και προσαρμογή αυτού σε πλατφόρμα IoT.
- <http://www.agrohunter.gr/el/uptonow> Η ιστορία του πρωτογενή τομέα παραγωγής
- <https://carpuscultura.com/smart-farming-benefits.html>
- <https://studycare.gr/ti-einai-to-diadiktyo-ton-pragmaton-iot/>
- <https://thrakika.gr/smart-farming>
- <https://www.ypaithros.gr/eyfyis-georgia-akou-kalliergeia-sou-meros-4o-eyfyis-georgia-ardeysi/>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/FarmBot>