



**Πανεπιστήμιο Πατρών**  
**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**  
**Τμήμα Γεωπονίας**

**Εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων στην  
έξυπνη γεωργία με τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης**

Πτυχιακή εργασία του φοιτητή  
**Καλομοίρη Νικόλαου**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λιόπα-Τσακαλίδη  
Αμαλιάδα, 2021

## **Αντί προλόγου**

Η παρούσα πτυχιακή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Βοτανικής και Ζιζανιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστήμων του Πανεπιστημίου Πατρών. Ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας και Πρόεδρο του Τμήματος Δρ. Α. Λιόπα –Γσακαλίδη για την αδιάκοπη επιστημονική καθοδήγηση, την πολύπλευρη βοήθεια, τις πολύτιμες συμβουλές και το ειλικρινές ενδιαφέρον της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Κεφάλαιο 1:.....	5
1 Ευφυής Γεωργία.....	5
Κεφάλαιο 2:.....	12
2 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης (LPWA)12	
2.1.1 Zigbee.....	12
2.1.2 NB-IoT.....	14
2.1.3 Sigfox.....	15
2.2. Αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των Πραγμάτων.....	15
2.2.1 Cellular.....	15
2.2.2 LoRa.....	16
Κεφάλαιο 3.....	21
3.1.1 Αισθητήρας Θερμοκρασίας.....	21
3.1.2 Αισθητήρας υγρασίας.....	22
3.1.3 Αισθητήρας έντασης φωτός.....	22
3.1.4 Αισθητήρας pH.....	23
3.1.5 Αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα.....	23
3.1.6 Αισθητήρας ανίχνευσης φλόγας.....	24
3.1.7 Κόμβοι αισθητήρων.....	24
3.1.8 Το δίκτυο αισθητήρων.....	25
Κεφάλαιο 4.....	27
4.1 Το διαδίκτυο των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία.....	27
4.2 Πλεονεκτήματα χρήσης τεχνολογίας IoT στην ευφυή γεωργία.....	27
4.3 Περιπτώσεις IoT στη γεωργία.....	28
4.4.1 Παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών.....	28
4.4.2 Πρακτικές εφαρμογών του IoT στον Αγροτικό Τομέα.....	29
4.4.2 Διαχείριση καλλιεργειών.....	32
4.4.4 Αυτοματοποιημένη άρδευση.....	32
Συμπεράσματα.....	36
Βιβλιογραφία.....	38

## Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία παρουσιάζει τις εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων στην ευφυή γεωργία (smart farming) με τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης. Η υλοποίηση της εργασίας έγινε με βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με το εκάστοτε ειδικό θέμα προς αναζήτηση (βιβλία, άρθρα, περιοδικά, υλικό από ηλεκτρονικές πηγές με τη χρήση των βάσεων δεδομένων). Μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν. Έγινε αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και συγκριτική παρουσίαση. Η δομή της πτυχιακής εργασίας αποτελείται από 4 επιμέρους κεφάλαια. Το *πρώτο κεφάλαιο* αναφέρεται στην ευφυή γεωργία. Το *δεύτερο κεφάλαιο* αναφέρεται στο διαδίκτυο των πραγμάτων, στις τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης, όπως τα συστήματα ZIGBEE, NB-IOT SIGFOX, CELLULAR, LORA. Στο *τρίτο κεφάλαιο* αναφέρεται στους αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, έντασης φωτός, pH, ανίχνευσης φλόγας, στους κόμβους αισθητήρων και στο κόστος αισθητήρων-κόμβων. Το *τέταρτο κεφάλαιο* αναφέρεται στο Διαδίκτυο των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία, στα πλεονεκτήματα χρήσης τεχνολογίας IoT, στις περιβαλλοντικές συνθήκες, στην διαχείριση καλλιεργειών και στην αυτοματοποιημένη άρδευση.

## **Κεφάλαιο 1:**

### **1 Ευφυής Γεωργία**

#### **1.1 Γεωργία 4.0**

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 γεωργία π.χ. 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 γεωργία κατατάσσεται στην ελαφρά βιομηχανία, επειδή τα περισσότερα προϊόντα που παράγονται από αυτήν είναι προϊόντα άμεσης χρήσης από τον άνθρωπο.

Η ιστορία της γεωργίας πάει πίσω αρκετές χιλιάδες χρόνια και η ανάπτυξή της οδηγήθηκε και καθορίστηκε σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές διαφορές, τις κουλτούρες και την υφιστάμενη σε αυτές τεχνολογία. Η ανάπτυξη της γεωργικής τεχνολογίας άρχισε από τότε που ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τους εδαφικούς πόρους προκειμένου να αυξήσει την πρωτογενή παραγωγή του, από τότε δηλαδή που ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί τη γη. Η γεωργική τεχνολογία, παρουσιάζει μια πολυπλοκότητα διότι οι μέθοδοι παραγωγής υπόκεινται σε συχνές αλλαγές και προσαρμογές σε τοπικές εδαφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες.

Η γεωργία πρωτοεμφανίστηκε στη νεολιθική εποχή (10.000 με 3.000 π.Χ). Ο άνθρωπος στην 1η εποχή της γεωργίας καλλιεργούσε τη γη με απλά εργαλεία και όλες οι εργασίες γίνονταν με τη χρήση της μυϊκής του δύναμης ή της μυϊκής δύναμης των ζώων. Με την εμφάνιση της βιομηχανίας και την αύξηση των πληθυσμών των πόλεων άρχισε να αυξάνεται η ζήτηση γεωργικών προϊόντων. Στα μέσα του 19ου αιώνα περνάμε στην 2η εποχή της γεωργίας καθώς γίνονται οι πρώτες προσπάθειες χρήσης ατμοκίνητου κινητήρα για το όργωμα. Στις αρχές του 20ού αιώνα άρχισαν να χρησιμοποιούνται τρακτέρ με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Με την ανάπτυξη της χημικής βιομηχανίας επίσης αρχίζουν να διαδίδονται και η χρήση χημικών λιπασμάτων και φαρμάκων για την καταπολέμηση των γεωργικών παρασίτων και των ασθενειών.

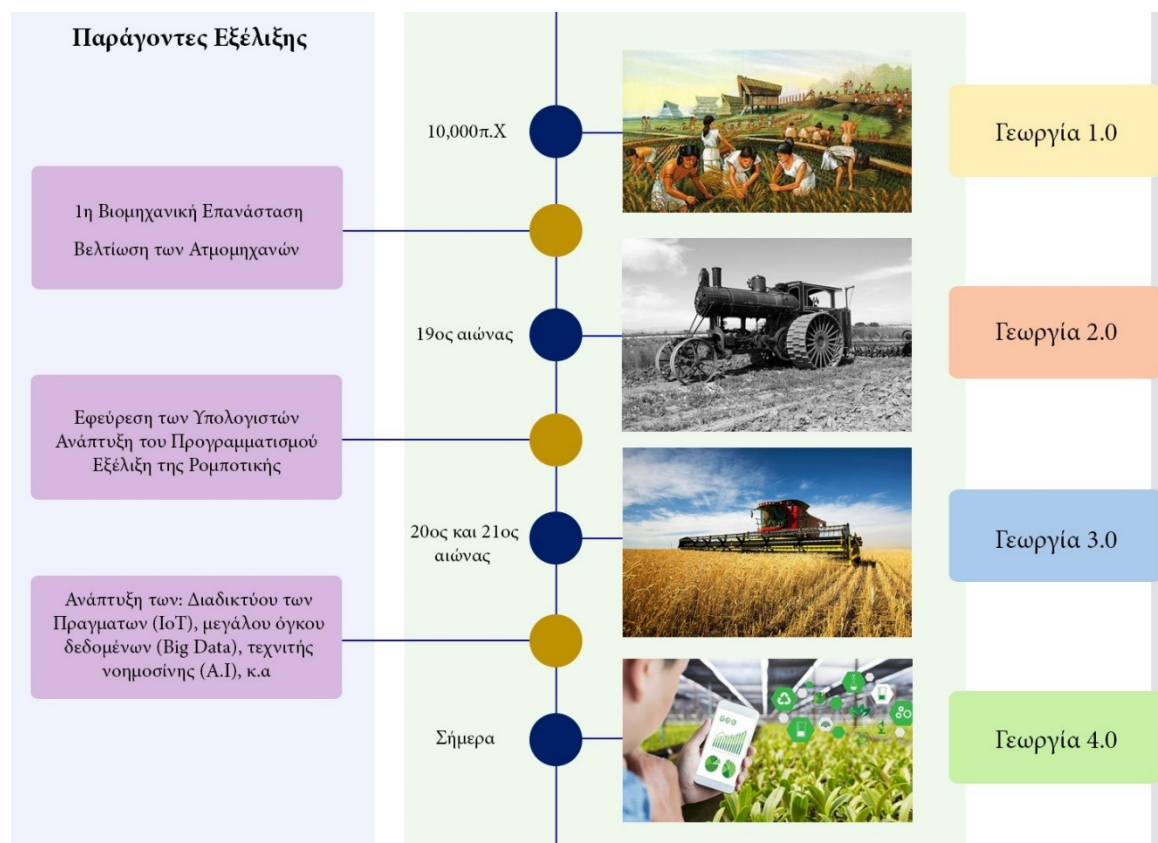
Στα τέλη του 20ου και στις αρχές του 21ου αιώνα με την εφεύρεση του ηλεκτρονικού υπολογιστή βρισκόμαστε στην αυγή μίας νέας εποχής, στην αυγή της εποχής της Γεωργίας 4.0.

Η βιομηχανία έχει την τάση να ψηφιοποιεί περισσότερο την παραγωγή και να συμβάλλει στα ζητήματα της ταχύτητας, της αποδοτικότητας και της ευελιξίας παρέχοντας ψηφιοποίηση στην παραγωγή. Η βιομηχανία 4.0 είναι η ψηφιακή δικτύωση ανθρώπων, μηχανών και προϊόντων, η τάση προς την αυτοματοποίηση και την ανταλλαγή δεδομένων στις τεχνολογίες και στις διαδικασίες παραγωγής. Οι θετικές συνεισφορές της Βιομηχανίας 4.0 επηρέασαν τον γεωργικό τομέα. Ο γεωργικός τομέας βρίσκεται σε μετασχηματισμό που οδηγείται από νέες τεχνολογίες, κάτι που φαίνεται πολύ ελπιδοφόρο καθώς θα επιτρέψει σε τον πρωτογενή τομέα να προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο παραγωγικότητας και κερδοφορίας της γεωργίας (Saiz-Rubio και Rovira-Más, 2020). Ο γεωργικός τομέας αντιμετωπίζει μεγάλες προκλήσεις για να τροφοδοτήσει έναν αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό με βιώσιμο τρόπο, ενώ αντιμετωπίζει μεγάλες κρίσεις όπως η κλιματική αλλαγή και η εξάντληση των πόρων. Ταυτόχρονα, υπάρχουν σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις στους τομείς της ρομποτικής, της νανοτεχνολογίας, της γονιδιακής τεχνολογίας, της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης και της παραγωγής ενέργειας, μεταξύ πολλών άλλων. Αυτές οι νέες τεχνολογίες οδηγούν στην «τέταρτη γεωργική επανάσταση» ή «Agriculture 4.0» (Zhai, et al 2020).

Οι πληροφορίες που προσφέρουν οι καλλιέργειες των αγροκτημάτων μετατρέπονται σε κερδοφόρες αποφάσεις μόνο όταν διαχειρίζονται αποτελεσματικά. Οι εξελίξεις στη διαχείριση αυτών των δεδομένων κάνουν την ευφυή Γεωργία να αναπτύσσεται εκθετικά, καθώς τα δεδομένα έχουν γίνει το βασικό στοιχείο στη σύγχρονη γεωργία για να βοηθήσουν τους αγρότες/παραγωγούς να λάβουν σωστή λήψη αποφάσεων. Πλεονεκτήματα τα οποία λαμβάνονται μέσω αισθητήρων εμφανίζονται με αντικειμενικές πληροφορίες και έχουν στόχο τη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας και της βιωσιμότητας. Αυτό το είδος διαχειριζόμενων γεωργικών εκμεταλλεύσεων βάσει δεδομένων βασίζεται σε δεδομένα που μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα αποφεύγοντας την κατάχρηση πόρων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η ευφυή γεωργία που βασίζεται σε δεδομένα, με τη βοήθεια ρομποτικών λύσεων που ενσωματώνουν έξυπνες τεχνικές, θέτει τις αρχές για τη βιώσιμη γεωργία του μέλλοντος. Οι νέες τεχνολογίες εφαρμόζονται όλο και περισσότερο στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις για τη διατήρηση της βιωσιμότητας της αγροτικής παραγωγής. Σύμφωνα με μια ανάλυση της αγοράς, οι παράγοντες που θα διευκόλυναν την υιοθέτηση βιώσιμων τεχνολογιών γεωργίας περιλαμβάνουν καλύτερη εκπαίδευση και κατάρτιση των αγροτών, ανταλλαγή πληροφοριών, εύκολη διαθεσιμότητα οικονομικών πόρων και αύξηση της ζήτησης των καταναλωτών για βιολογικά τρόφιμα. Κατά την εφαρμογή αυτών των νέων τεχνολογιών,

η πρόκληση για την ανάκτηση δεδομένων από καλλιέργειες είναι να βγει κάτι συνεκτικό και πολύτιμο, επειδή τα ίδια τα δεδομένα δεν είναι χρήσιμα, μόνο ως αριθμοί ή εικόνες. Οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις που αποφασίζουν να βασιστούν στην τεχνολογία με κάποιο τρόπο, δείχνουν πολύτιμα πλεονεκτήματα, όπως εξοικονόμηση χρημάτων και εργασίας, έχοντας αυξημένη παραγωγή ή μείωση του κόστους με ελάχιστη προσπάθεια και παραγωγή ποιοτικών τροφίμων με πιο φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές. Η λήψη αυτών των πλεονεκτημάτων στο αγρόκτημα θα εξαρτηθεί, όχι μόνο από την προθυμία των παραγωγών να υιοθετήσουν νέες τεχνολογίες στους αγρούς τους, αλλά και από κάθε συγκεκριμένο δυναμικό εκμετάλλευσης από άποψη οικονομικών κλίμακας, καθώς το περιθώριο κέρδους αυξάνεται με το μέγεθος της εκμετάλλευσης (Díez 2017; Himesh, 2018; Zhang, 2019; Grand View Research 2019; Accenture Digital 2019; CEMA2019;). Αυτή η νέα φιλοσοφία με επίκεντρο τα γεωργικά δεδομένα έχει εκφραστεί με διάφορα ονόματα: *Agriculture 4.0*, *Digital Farming* ή *Smart Farming* (Saiz-Rubio και Rovira-Más, 2020). Η τεχνολογία μπορεί να παρέχει ένα συστηματικό εργαλείο για τον εντοπισμό απρόβλεπτων προβλημάτων που δύσκολα παρατηρούνται με οπτική επιθεώρηση σε περιστασιακούς ελέγχους. Όσον αφορά την προθυμία υιοθέτησης σύγχρονων εργαλείων στη γεωργία, οι νέοι αγρότες δείχνουν μια πιο θετική στάση από τους ηλικιωμένους, καθώς οι πρώτοι μπορούν να υποστηρίξουν την τόσο μεγάλη εμπειρία τους στον τομέα με νέα έξυπνα εργαλεία που παρέχουν βασικές πληροφορίες. Ωστόσο, η μέση ηλικία των αγροτών τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται ανησυχητικά: Περίπου 58 ετών στις ΗΠΑ και την Ευρώπη, 60 στην υποσαχάρια Αφρική ή 63 στην Ιαπωνία [ καθώς ο πρώτος μπορεί να υποστηρίξει την τόσο μεγάλη τους εμπειρία στον τομέα με νέα έξυπνα εργαλεία που παρέχουν βασικές πληροφορίες. Ωστόσο, η μέση ηλικία των αγροτών τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται ανησυχητικά: Περίπου 58 ετών στις ΗΠΑ και την Ευρώπη, 60 στην υποσαχάρια Αφρική ή 63 στην Ιαπωνία [ καθώς ο πρώτος μπορεί να υποστηρίξει την τόσο μεγάλη τους εμπειρία στον τομέα με νέα έξυπνα εργαλεία που παρέχουν βασικές πληροφορίες. Ωστόσο, η μέση ηλικία των αγροτών τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται ανησυχητικά: Περίπου 58 ετών στις ΗΠΑ και την Ευρώπη, 60 και 63 στην Ιαπωνία (European Comission 2012; Nierenberg 2019). Η ανανέωση γενεών σε ένα πλαίσιο αγροτικής ανάπτυξης υπερβαίνει τη μείωση της μέσης ηλικίας των αγροτών. αφορά επίσης την ενδυνάμωση μιας νέας γενιάς νέων ειδικευμένων γεωργών για να αποφέρει τα πλήρη οφέλη της τεχνολογίας προκειμένου να υποστηρίξει βιώσιμες γεωργικές πρακτικές. Αυτό συνεπάγεται ότι οι νέοι αγρότες θα πρέπει να μετατρέψουν την υπάρχουσα γη σε πιο σύγχρονες και ανταγωνιστικές εκμεταλλεύσεις με

σκοπό τη διατήρηση βιώσιμης παραγωγής τροφίμων, βελτιώνοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της αλυσίδας αγροτικών τροφίμων, επειδή με τις προηγμένες τεχνολογίες και τη νέα σκέψη, οι νέοι μπορούν να μεταμορφώσουν τον γεωργικό τομέα (Saiz-Rubio και Rovira-Más, 2020).



Ο όρος “Γεωργία 4.0” τέταρτη γεωργική επανάσταση έχει χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την εξέλιξη στη γεωργία, υποδηλώνοντας την ολοένα αυξανόμενη χρήση των μεγάλων δεδομένων και του IoT (Clasen, 2016). Οι υψηλές απαιτήσεις για τρόφιμα από τον παγκόσμιο αυξανόμενο πληθυσμό επηρεάζουν το περιβάλλον και ασκούν πολλές πιέσεις στη γεωργική παραγωγικότητα. Η τέταρτη γεωργική επανάσταση -Γεωργία 4.0 - ως η τέταρτη εξέλιξη της τεχνολογίας της γεωργίας, προτείνει τέσσερις βασικές απαιτήσεις: αύξηση της παραγωγικότητας, κατανομή των πόρων εύλογα, προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και αποφυγή σπατάλης τροφίμων. Καθώς υιοθετούνται προηγμένα συστήματα πληροφοριών και τεχνολογίες του Διαδικτύου στη Γεωργία 4.0, τεράστια γεωργικά δεδομένα, όπως μετεωρολογικές πληροφορίες, συνθήκες εδάφους, απαιτήσεις μάρκετινγκ και χρήσεις γης, μπορούν να συλλεχθούν, να αναλυθούν και να υποβληθούν σε επεξεργασία για να βοηθήσουν τους αγρότες να λάβουν τις κατάλληλες αποφάσεις και να αποκτήσουν υψηλότερα επίπεδα (Zhai, et al 2020).



Η Γεωργία 4.0 (Agriculture 4.0) θα επωφεληθεί σε μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα χρήσης δεδομένων παρατήρησης της γης και τον συνδυασμό τους με τα δεδομένα θέσης και με άλλες τεχνολογίες που είναι ήδη σήμερα διαθέσιμες. Θα δημιουργηθούν νέα επαγγέλματα, όπως αυτά του εδαφικού αναλυτή, του κυβερνο-γεωπόνου και του προγραμματιστή εφαρμογών, με στόχο την άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2018). Η τέταρτη γεωργική επανάσταση μπορεί να βελτιώσει ορισμένες πτυχές της αγροτικής ζωής, όπως μέσω της μείωσης της χειροκίνητης εργασίας. Η αυξημένη χρήση της τεχνολογίας θα μπορούσε να οδηγήσει στην περιθωριοποίηση της βιωματικής γνώσης και σε αποσύνδεση μεταξύ του αγρότη και του τοπίου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια απόλαυσης και ικανοποίησης από την εργασία. Οι αλλαγές στις εργασιακές πρακτικές μπορεί επίσης να προκαλέσουν ορισμένες από τις βασικές αρχές των καλλιεργητικών πολιτισμών και ταυτοτήτων (Rose, et al, 2021).

Η εξέλιξη στο Agriculture 5.0 βρίσκεται στην ατζέντα των περισσότερων μεγάλων κατασκευαστών αγροτικών εξοπλισμών για την επόμενη δεκαετία, και ως εκ τούτου οι κατασκευαστές εξοπλισμού εκτός δρόμου θα διαδραματίσουν βασικό ρόλο σε αυτήν την κίνηση, εάν τα αγροτικά ρομπότ θεωρούνται ως η επόμενη - εξυπνότερη - γενιά αγροτικών μηχανημάτων (Saiz-Rubio και Rovira-Más, 2020).

Ο όρος Γεωργία 4.0 (συνώνυμος του «ευφυής γεωργία» ή «ψηφιακή γεωργία») χρησιμοποιείται κατ' αντιστοιχία του όρου Βιομηχανία 4.0 για να υποδηλώσει τη δικτύωση, όλων των διαδικασιών της πρωτογενούς, γεωργικής παραγωγής.

## **1.2 Ευφυής Γεωργία**

Η ευφυής γεωργία αποτελεί ένα ολοκληρωμένο παραγωγικό σύστημα, το οποίο αξιοποιεί τα επιτεύγματα και δημιουργήματα της τεχνολογίας, χρησιμοποιεί συγκεκριμένες διαδικασίες στη λήψη αποφάσεων, συνδυάζει όλους τους συντελεστές παραγωγής και αξιοποιεί τη γνώση και τη γεωργική έρευνα. Η ευφυής γεωργία, αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση διαχείρισης της αγροτικής δραστηριότητας, η οποία αξιοποιεί τις σύγχρονες τεχνολογίες και την επιστημονική γνώση, με στόχο την ορθή λήψη αποφάσεων με πολλαπλά οφέλη για την αγροτική εκμετάλλευση. Βασικό στόχο ενός Συστήματος Ευφυούς Γεωργίας πρέπει να αποτελεί η ενίσχυση και η βελτιστοποίηση της

διαδικασίας λήψης αποφάσεων και εφαρμογών στις αγροτικές καλλιέργειες όσο μικρού ή μεγάλου μεγέθους, σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά τους.

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

- την πολυδιάστατη συλλογή δεδομένων και τη δυνατότητα συσχέτισης αυτών
- τη δημιουργία γνώσης
- την αλληλεπίδραση όλων των εμπλεκόμενων μερών (παραγωγοί, γεωργικοί σύμβουλοι, εργαστήρια, ερευνητές),
- την αξιολόγηση και συνεχή βελτίωση των εφαρμοζόμενων διαδικασιών γεωργική παραγωγή.

Η ευφυής γεωργία βελτιστοποιεί την γεωργική παραγωγή μειώνοντας τα κόστη και χρησιμοποιώντας τους πόρους. Έρευνες σε παγκόσμια κλίμακα σχετικά με την εφαρμογή λύσεων ευφυούς γεωργίας έδειξαν πως ενώ στις ΗΠΑ το 20-80% των γεωργών χρησιμοποιούν κάποια λύση Έξυπνης Γεωργίας, στην Ευρώπη μόνο το 0% -24% των γεωργών χρησιμοποιεί κάτι αντίστοιχο. Οι εφαρμογές της ευφυούς Γεωργίας βοηθούν τον γεωργό με την χρήση δεδομένων να εκμεταλλεύεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τους πόρους του.

Οι εφαρμογές ευφυούς γεωργίας δεν στοχεύουν αποκλειστικά σε μεγάλα αγροκτήματα. Τα οφέλη τους μπορούν να εκμεταλλευτούν και μικρές ή μεσαίες αγροτικές επιχειρήσεις..

- Χαμηλότερο κόστος παραγωγής: Η βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών διαχείρισης της φυτικής παραγωγής οδηγεί σε μείωση του κόστους παραγωγής.
- Αυξημένη παραγωγή: Οι αποδόσεις αυξάνονται
- Καλύτερη ποιότητα: Οι ακριβείς πληροφορίες για τις διαδικασίες παραγωγής και την ποιότητα βοηθούν τους γεωργούς να προσαρμόζουν και να ενισχύουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προϊόντων.
- Ευφυής λίπανση: Προαπαιτούμενα της λίπανσης, είναι η σωστή δειγματοληψία εδάφους και η εργαστηριακή ανάλυση των φυσικοχημικών παραμέτρων (μηχανική σύσταση, pH, οργανική ουσία κ.ά), μακροστοιχείων (άζωτο, φώσφορο, κάλιο, μαγνήσιο) και ιχνοστοιχείων (σίδηρος, ψευδάργυρος, μαγγάνιο, χαλκός, βόριο) του ληφθέντος εδαφολογικού δείγματος.

- Ευφυής άρδευση: Χαμηλότερη κατανάλωση νερού χάρη στους αισθητήρες εδάφους και στην ακριβέστερη πρόγνωση του καιρού. Η ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού στο χωράφι μπορεί να επιτευχθεί με τη λήψη μέτρων και την υιοθέτηση ενεργειών από την πλευρά του παραγωγού σε συνεργασία με γεωπόνους εξειδικευμένους στις αρδεύσεις. Επίσης η ευφυής γεωργία είναι ένα σύστημα το οποίο εκμεταλλεύεται όλο τον κλάδο της τεχνολογίας. Δηλαδή το ιντερνέτ, αισθητήρες, συστήματα γεωγραφικής τοποθέτησης κλπ. Πραγματοποιεί ορισμένες διαδικασίες στην λήψη αποφάσεων ώστε να την επεξεργαστούν με την βοήθεια των σύγχρονων τεχνολογιών και επικοινωνιών. Η ευφυής γεωργία είναι ένα σύνολο από όλους τους συντελεστές παραγωγής. Δηλαδή από το έδαφος, κλίμα, εργασία κλπ. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να βελτιώνει την παραγωγή και την ανταγωνιστικότητα. Επιπρόσθετα μειώνει τους περιβαλλοντικούς ρύπους και έχει την ικανότητα να συμβαδίζει με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διοχετεύονται ευρωπαϊκές επιδοτήσεις, οι οποίες βοηθούν στην εξέλιξη του αγρότη. Επιπλέον το κόστος εγκατάστασης είναι αρκετά μικρό για τον παραγωγό γιατί είναι επιδοτούμενη υπηρεσία. Δηλαδή σε σύντομο διάστημα τα κεφάλαια που έχουν επενδυθεί επιστρέφονται υπερπολλαπλάσιο. Επίσης η εγκατάσταση του εξοπλισμού σαν κόστος πάλι είναι πολύ μικρό.

## Κεφάλαιο 2:

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

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων-Internet of Things (IoT) είναι ένα καινούριο μοντέλο τεχνολογίας, η οποία στοχεύει στη δημιουργία αυτόνομων δικτύων από «έξυπνους» κόμβους καθώς και στη δημιουργία αυτοματοποιημένων ενεργειών με τη βοήθεια των παραπάνω δικτύων.

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί για το τι είναι το IoT. “Things” είναι συσκευές οι οποίες έχουν μετατραπεί κατάλληλα ώστε να μπορούν να γίνουν τμήμα ενός τέτοιου δικτύου π.χ. με την προσθήκη μικρών υπολογιστών. Οι βάσεις του internet of things (IoT) είναι η τεχνολογία ανίχνευσης της συσκευής. Μέχρι στιγμής η συλλογή πληροφοριών γίνεται μέσα από ηλεκτρονικούς αισθητήρες. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί το IoT είναι ευρέος φάσματος όπου στέλνουν το σήμα σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Η σύνδεση, προσδιορισμός, αναγνώριση των πραγμάτων αποτελεί την ναυαρχίδα της τεχνολογίας του IoT. Μία μορφή τεχνολογίας είναι το RFID. Αποτελείται από ένα μικροτσίπ-πομποδέκτη μαζί με ραδιοκύματα. Οι ενεργητικές ετικέτες αποτελούνται από μια μπαταρία όπου λειτουργεί σαν παροχή ισχύος. Αναλόγως με τον τύπο της εφαρμογής οι συχνότητες RFID μοιράζονται σε τέσσερις περιοχές συχνοτήτων.

Χαμηλής συχνότητας (135kHz ή λιγότερο)

Υψηλής συχνότητας (13.56 MHz)

Ultra-Highσυχνότητα (862 MHz, 928MHz)

Συχνότητα μικροκυμάτων (2,4GHz)<sup>6</sup>

Στα συστήματα IoT του αγροτικού τομέα, γίνεται χρήση της ML στις διαδικασίες αυτοματοποίησης, που απαιτούνται για την εκτέλεση αυτοματοποιημένων ενεργειών, βάσει των δεδομένων που συλλέγονται από αισθητήρες ή άλλες πηγές δεδομένων.

#### 2.1 Τεχνολογίες Δικτύωσης

Για τον αγροτικό τομέα παρουσιάζονται τα κυρία πρωτόκολλα και οι τεχνολογίες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και προτείνονται ως υλοποιήσεις σε συστήματα IoT.

##### 2.1.1 Zigbee

Η ασύρματη τεχνολογία ZigBee ταιριάζει σε μια αγορά που δεν καλύπτεται πλήρως από άλλες παρόμοιες τεχνολογίες. Για παράδειγμα, άλλες ασύρματες τεχνολογίες, όπως το Wi-Fi και το Bluetooth προσθέτουν περισσότερες δυνατότητες και παρέχουν ροή

περιεχομένου υψηλής ευκρίνειας. Αντίθετα, η τεχνολογία ZigBee έχει σχεδιαστεί για χαμηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων και ελέγχει απλές συσκευές όπως LEDs, θερμοστάτες . Παρόλο που η τεχνολογία ZigBee έχει πολλές εφαρμογές όπως ο στρατός, αλλά και η αυτοματοποίηση οικιακού εξοπλισμού, η κύρια κατηγορία στην οποία έχει στοχεύσει είναι το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων-WSN.

### *Τεχνολογία ZigBee*

Πρόκειται για μία τεχνολογία που δημιουργήθηκε, όπως και το Bluetooth, με στόχο την εξυπηρέτηση των ασύρματων προσωπικών δικτύων και η οποία βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4. Όπως και οι περισσότερες ασύρματες τεχνολογίες και η τεχνολογία ZIGBEE παρουσιάζει λειτουργία στο φάσμα ISM των 2.4 GHz. Η εμβέλεια της όσον αφορά τη μετάδοση φτάνει έως και 100 μέτρα, έχοντας μέγιστη ταχύτητα τα 250 Kbps. Ωστόσο, η συχνότητα της λειτουργίας της μπορεί να εκπέμψει και στα 868 MHz και στα 915 MHz, ανάλογα την χώρα. Εφόσον μιλάμε για χαμηλά ποσοστά δεδομένων της τεχνολογίας Zigbee από την αρχή, ας δούμε τα ποσοστά δεδομένων που υποστηρίζει το εν λόγω πρωτόκολλο. Οι ρυθμοί δεδομένων στην τεχνολογία Zigbee εξαρτώνται από τη ζώνη συχνοτήτων. Για παράδειγμα, η ζώνη των 868 MHz υποστηρίζει ρυθμό μεταφοράς δεδομένων 20 kbps, ενώ η συνηθέστερη ζώνη 2,4 GHz υποστηρίζει ταχύτητες δεδομένων μέχρι 250 kbps. Ιδιαίτερα γνωρίσματα της τεχνολογίας ZIGBEE αποτελούν η εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ισχύος που απαιτείται σε πληθώρα σύγχρονων εφαρμογών και το σχετικά μικρό της κόστος χρήσης, αλλά και εγκατάστασης. Παράλληλα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει μη αδειοδοτημένες ραδιοσυχνότητες. Ακόμη, μπορεί να δημιουργήσει ευέλικτα και επεκτάσιμα δίκτυα, καθώς και να ενσωματώσει νοημοσύνη με στόχο να αποκατασταθούν δίκτυα και να δρομολογηθούν μηνύματα. Δύο παραδείγματα στα οποία η ασύρματη τεχνολογία βρίσκει εφαρμογή είναι η παρακολούθηση ασθενών στο σπίτι, όπου ένας ασθενής φορά μια συσκευή Zigbee, η οποία συλλέγει περιοδικά τις πληροφορίες, όπως η πίεση του αίματος και ο καρδιακός ρυθμός. Αυτά τα δεδομένα διαβιβάζονται ασύρματα σε έναν τοπικό server (όπως ένας υπολογιστής) στο σπίτι του ασθενή. Ο τοπικός server εκτελεί βασική ανάλυση και οι ζωτικές πληροφορίες αποστέλλονται στον ιατρό μέσω διαδικτύου. Μια άλλη εφαρμογή του Zigbee είναι η δομική παρακολούθηση της υγείας ενός κτιρίου. Αυτή η εφαρμογή είναι πολύ χρήσιμη σε περιοχές όπου είναι επιρρεπείς σε σεισμούς. Διάφοροι ασύρματοι αισθητήρες με βάση το Zigbee, όπως τα επιταχυνσιόμετρα, είναι εγκατεστημένοι σε ολόκληρο το κτίριο. Αυτοί οι αισθητήρες, που σχηματίζουν ένα ασύρματο δίκτυο συσκευών, συλλέγουν πληροφορίες

που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση σημείων βλάβης και την αξιολόγηση του εάν το κτίριο είναι ασφαλές για το κοινό ή όχι.

### *Συσκευές ZigBee*

Το ZigBee στοχεύει στη παροχή επικοινωνιακών δυνατοτήτων μεταξύ συσκευών ελέγχου και αισθητήρων, όπου και δεν απαιτείται μεγάλος χρόνος για αυτόνομη λειτουργία, καθώς επίσης και σε ευέλικτες τοπολογίες δικτύου. Στη περίπτωση εκείνη που επιδιώκεται η κατασκευή των συσκευών εκείνων όπου δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια, οι συσκευές Zigbee διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: Τις συσκευές FFD (Full-Function Devices) ή πλήρους λειτουργικότητας και τις συσκευές RFD (Reduced-Function Devices) ή μειωμένης λειτουργικότητας. Οι συσκευές FFD είναι μόνιμα ενεργοποιημένες και έτσι η κατανάλωση μπορεί να φτάσει σε υψηλά επίπεδα. Αντίθετα, οι συσκευές μειωμένης λειτουργικότητας RFD, βρίσκονται αυτόματα σε κατάσταση τύπου «sleep mode» και μεταδίδουν δεδομένα σε περίπτωση ενός συμβάντος. Όλες οι συσκευές Zigbee μπορούν να διακριθούν σε συσκευές που έχουν πλήρη λειτουργία (συσκευές FFD) και σε συσκευές που εμφανίζουν περιορισμένες λειτουργίες (συσκευές RFD). Τα στοιχεία εκείνα που συναντώνται σε ένα δίκτυο Zigbee είναι, ο κεντρικός διαχειριστής, ο απλός διαχειριστής ή δρομολογητής και η τερματική συσκευή (End Device).

### *Εφαρμογές της τεχνολογίας ZigBee*

Η τεχνολογία ZigBee έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως ο οικιακός αυτοματισμός, αλλά και άλλες εφαρμογές, όπου οι συσκευές Zigbee μπορούν να αυξήσουν την απόδοση και να μειώσουν το κόστος. Μερικές από αυτές είναι τα συστήματα ασφαλείας, τα συστήματα ελέγχου φωτισμού, τα συστήματα HVAC, οι κονσόλες παιχνιδιών, τα ασύρματα τηλεχειριστήρια, οι βιομηχανικοί αυτοματισμοί, η παρακολούθηση προσωπικού, η πρόσβαση σε δωμάτια ξενοδοχείων, η υγειονομική περίθαλψη και οι ιατρικές συσκευές, η παρακολούθηση της ασφάλειας των τροφίμων κ.λπ.

## **2.1.2 NB-IoT**

Το NB-IoT είναι μια τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης για δίκτυα μεγάλων αποστάσεων με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Οι ταχύτητες μετάδοσης είναι κοντά στα 200kbps. Ένα βασικό χαρακτηριστικό είναι η μεγάλη σε διάρκεια μπαταριά, μεγάλος αριθμός κόμβων αλλά με το χαμηλότερο κόστος. Παρόλο αυτά το NB-IoT βρίσκεται σε στάδια ανάπτυξης. Επιπλέον χαρακτηριστικά είναι:

1. Εύρος ζώνης 200kHz

2. Εμβέλεια 1 km
3. Υποστήριξη αμφίδρομης επικοινωνίας
4. Διάρκεια ζωής άνω των 10 ετών
5. Ισχύς μετάδοσης μέχρι 10 dbm

### 2.1.3 Sigfox

Sigfox είναι γαλλική εταιρία όπου ιδρύθηκε το 2009. Είναι απ' τις πιο διαδεδομένες στον κλάδο του LPWAN

Σαν βασικά χαρακτηριστικά υφίστανται

- Πραγματοποίηση στενής ζώνης Ultra-Narrow Band
- Τυχαία προσπέλαση
- Cooperative reception (συνεταιριστική υποδοχή)
- Μικρό μέγεθος μηνυμάτων

*Αρχιτεκτονική Δικτύου*

Μια αρχιτεκτονική τεχνολογίας SIGFOX επιτρέπει επικοινωνίες μεγάλης εμβέλειας. Επίσης μέσω του SIGFOX πραγματοποιείται αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των δυο συσκευών. Το σήμα εντοπίζεται απ τους πλησιέστερους σταθμούς. Στην συνέχεια αποκωδικοποιείται και στέλνεται στο backend. Μπορούν ταυτόχρονα να ληφθούν μηνύματα σ όλα τα κανάλια, ώστε η τελική συσκευή να διαλέξει τυχαία κανάλι συχνότητας για την μετάδοση των μηνυμάτων.

## 2.2. `Αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των Πραγμάτων

Το IoT περιλαμβάνει πολλά διαφορετικά μοντέλα διακυβέρνησης τα οποία είναι συχνά ασύμβατα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργεί μια κατάσταση όσον αφορά την προστασία της ιδιωτικής ζωής, της ασφάλειας. Όλα τα περιστατικά αντιμετωπίζονται από την αντίστοιχη νομοθεσία. Έπειτα δημιουργούν λύσεις στα είδη υπάρχον σχέδια ανά περίπτωση. Αυτό σαν αποτέλεσμα να παρεμποδίζει τη δυνατότητα μεταφοράς, διαλειτουργικότητα και την ανάπτυξη.

### 2.2.1 Cellular

Όλες IoT εφαρμογές, που προϋποθέτουν λειτουργία πάνω από μεγαλύτερες αποστάσεις μπορεί να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες των κυψελοειδών τηλεπικοινωνιών, όπως π.χ. των Global Systems for Mmobile Communications (GSM), της τρίτης Generation (3G),

της τέταρτης-fourth Generation (4G) και πέμπτης-fifth Generation (5G) γενιάς δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Παρότι οι κυψελοειδείς τεχνολογίες έχουν την ικανότητα να στέλνουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, ειδικά οι 4G & 5G, το κόστος και η κατανάλωση ενέργειας θα είναι αυξημένα για πολλές εφαρμογές, αλλά μπορεί να είναι ιδανικά για εφαρμογές χαμηλού εύρους ζώνης που στέλνουν πολύ μικρές ποσότητες δεδομένων μέσω του Internet.

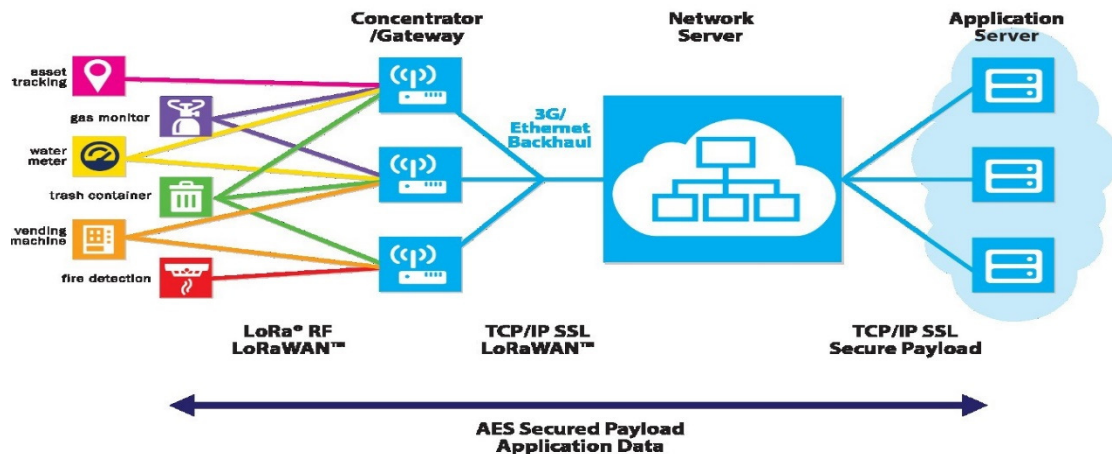
### **2.2.2 LoRa**

Το LoRaWAN σημαίνει δίκτυο μεγάλου εύρους μεγάλης εμβέλειας χαμηλής ισχύος. Η LoRa Alliance είναι μια μη κερδοσκοπική ένωση που καθορίζει και εφαρμόζει το πρωτόκολλο LoRaWAN. Μερικά μεγάλα ονόματα στην τεχνολογία χρησιμεύουν ως μέλη της LoRa Alliance, συμπεριλαμβανομένων των Alibaba, Cisco, IBM, Charter Communications και SoftBank.

Το πρωτόκολλο LoRaWAN είναι ένα ανοιχτό πρότυπο. Έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιεί τοπολογία αστέρι. Οι συσκευές συνδέονται σε πύλες και οι πύλες συνδέονται με πιο παραδοσιακό τρόπο μέσω των τακτικά συνδεδεμένων δικτύων IP.

Το πρωτόκολλο ορίζει τρεις τύπους τάξεων. Η κλάση A χρησιμοποιεί τη χαμηλότερη ισχύ και πρέπει να υποστηρίζεται σε όλες τις συσκευές LoRaWAN. Οι συσκευές κατηγορίας A είναι ασύγχρονες και η επικοινωνία προέρχεται πάντα με την τελική συσκευή. Μετά την αποστολή του uplink, ανοίγει ένα σύντομο παράθυρο στο οποίο μπορούν να σταλούν απαντήσεις, δημιουργώντας τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνιών. Εκτός από τις συνδέσεις που ξεκινούν από το τελικό σημείο, οι συσκευές κλάσης B συγχρονίζονται με περιοδικά σήματα ή φάρους. Αυτοί οι συγχρονισμοί δημιουργούν παράθυρα ακρόασης κατά τα οποία η συσκευή μπορεί να λαμβάνει σήματα ή εντολές, δημιουργώντας πραγματική αμφίδρομη επικοινωνία. Η τάξη C κινείται προς το να διατηρείται ανοιχτός ο δέκτης ανά πάσα στιγμή στην τελική συσκευή. Αυτό προσφέρει ένα κανάλι επικοινωνίας αμφίδρομης χαμηλής καθυστέρησης. Ωστόσο, αυτό αυξάνει σημαντικά τη χρήση ενέργειας. Το LORA είναι ενωμένοι αισθητήρες απ' τούς οποίους προωθούνται όλες οι πληροφορίες που στέλνονται απ' τους αισθητήρες προς τις πύλες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ενημερώνουν τον Cloud Server.





Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική δικτύου LORA

### Πλεονεκτήματα LoRa

- Χαμηλό κόστος
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Τυποποίηση
- Ασφάλεια
- Μεγάλη εμβέλεια

### Αρχιτεκτονική LoRa

Χρησιμοποιεί αρχιτεκτονική πλέγματος δικτύου. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική προωθεί την πληροφορία άλλων κόμβων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του χρόνου ζωής της μπαταρίας, και την αύξηση του επικοινωνιακού δικτύου. Στα δίκτυα LORAWAN ο κόμβος δεν είναι συνδεδεμένος σε ένα gateway. Παρόλο αυτά είναι εφικτό πολλά gateway να δέχονται δεδομένα από έναν κόμβο.

Το LoRa ( Long Range ) είναι ένα πρωτόκολλο δικτύου ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος όπου αναπτύχθηκε από την Semtech. Βασίζεται σε τεχνικές διαμόρφωσης διασκορπισμένου φάσματος που προέρχονται από την τεχνολογία φάσματος διάσπασης (CSS). Αναπτύχθηκε από τον Cycleo της Γκρενόμπλ της Γαλλίας και εξαγοράστηκε από τον Semtech, το ιδρυτικό μέλος της Συμμαχίας LoRa. Η τεχνολογία LoRa χρησιμοποιεί ζώνες ραδιοσυχνοτήτων sub-gigahertz χωρίς άδεια όπως 433 MHz, 868 MHz (Ευρώπη), 915 MHz ( Αυστραλία και Βόρεια Αμερική ), 865 MHz έως 867 MHz ( Ινδία ) και 923 MHz (Ασία). Το LoRa επιτρέπει μεταδόσεις μεγάλου εύρους (πάνω από 10 χλμ. Σε αγροτικές περιοχές) με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η τεχνολογία καλύπτει το φυσικό στρώμα, ενώ άλλες τεχνολογίες και πρωτόκολλα όπως το LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) καλύπτουν τα ανώτερα στρώματα. Μπορεί να επιτύχει ρυθμούς δεδομένων μεταξύ 0,3 kbit / s και 27 kbit / s ανάλογα με τον παράγοντα διάδοσης. Τον

Ιανουάριο του 2018, ανακοινώθηκαν νέα chipset LoRa, με μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, αυξημένη ισχύ μετάδοσης και μειωμένο μέγεθος σε σύγκριση με την παλαιότερη γενιά. Οι συσκευές LoRa έχουν δυνατότητες γεωγραφικής θέσης που χρησιμοποιούνται για τριμερή θέση θέσεων συσκευών μέσω χρονικών σημείων από πύλες. Τα LoRa και LoRaWAN επιτρέπουν τη δυνατότητα σύνδεσης μεγάλης εμβέλειας για συσκευές Internet of Things (IoT) σε διαφορετικούς τύπους βιομηχανιών.

### *LoRa phy*

Η τεχνολογία LoRa χρησιμοποιεί μια ιδιόκτητη διαμόρφωση φάσματος διασποράς που είναι παρόμοια με και ένα παράγωγο της διαμόρφωσης φάσματος σπειροειδούς φάσματος (CSS). Η διαμόρφωση LoRa φάσματος εξάπλωσης εκτελείται αναπαριστώντας κάθε bit πληροφοριών ωφέλιμου φορτίου από πολλαπλές πληροφορίες. Ο ρυθμός με τον οποίο αποστέλλονται οι πληροφορίες εξάπλωσης αναφέρεται ως ρυθμός συμβόλων, ο λόγος μεταξύ του ονομαστικού ρυθμού συμβόλου και του ρυθμού ανατροπής είναι ο παράγοντας διάδοσης (SF) και αντιπροσωπεύει τον αριθμό των συμβόλων που αποστέλλονται ανά bit πληροφοριών. Το LoRa μπορεί να αντισταθμίσει τον ρυθμό δεδομένων για ευαισθησία με σταθερό εύρος ζώνης καναλιού επιλέγοντας την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου spread (μια επιλέξιμη ράδιο παράμετρος από 7 έως 12) Το χαμηλότερο SF σημαίνει ότι περισσότερες στροφές αποστέλλονται ανά δευτερόλεπτο. Ως εκ τούτου, μπορείτε να κωδικοποιήσετε περισσότερα δεδομένα ανά δευτερόλεπτο. Το υψηλότερο SF συνεπάγεται λιγότερα χτυπήματα ανά δευτερόλεπτο. Ως εκ τούτου, υπάρχουν λιγότερα δεδομένα για κωδικοποίηση ανά δευτερόλεπτο. Σε σύγκριση με το χαμηλότερο SF, η αποστολή της ίδιας ποσότητας δεδομένων με υψηλότερο SF χρειάζεται περισσότερο χρόνο μετάδοσης, γνωστή ως χρόνος λειτουργίας. Περισσότερος χρόνος αέρα σημαίνει ότι το μόντεμ λειτουργεί και λειτουργεί περισσότερο και καταναλώνει περισσότερη ενέργεια. Το πλεονέκτημα του υψηλού SF είναι ότι ο πιο εκτεταμένος χρόνος ομιλίας δίνει στον δέκτη περισσότερες ευκαιρίες για δειγματοληψία της ισχύος σήματος που οδηγεί σε καλύτερη ευαισθησία.

### **2.3. LoRaWAN**

Δεδομένου ότι το LoRa ορίζει το κατώτερο φυσικό επίπεδο, τα ανώτερα στρώματα δικτύωσης έλειπαν. Το LoRaWAN είναι ένα από τα πολλά πρωτόκολλα που αναπτύχθηκαν για τον καθορισμό των ανώτερων επιπέδων του δικτύου. Το LoRaWAN είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου μεσαίου ελέγχου πρόσβασης (MAC), αλλά ενεργεί

κυρίως ως πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου για τη διαχείριση της επικοινωνίας μεταξύ των πυλών LPWAN και των τερματικών κόμβων ως πρωτόκολλο δρομολόγησης, το οποίο διατηρείται από το LoRa Alliance. Το LoRaWAN καθορίζει το πρωτόκολλο επικοινωνίας και την αρχιτεκτονική του συστήματος για το δίκτυο, ενώ το φυσικό επίπεδο LoRa επιτρέπει τη σύνδεση επικοινωνίας μεγάλης εμβέλειας. Το LoRaWAN είναι επίσης υπεύθυνο για τη διαχείριση των συχνοτήτων επικοινωνίας, του ρυθμού δεδομένων και της ισχύος για όλες τις συσκευές. συσκευές στο δίκτυο είναι ασύγχρονες και μεταδίδουν όταν διαθέτουν διαθέσιμα δεδομένα για αποστολή. Τα δεδομένα που μεταδίδονται από μια συσκευή τελικού κόμβου λαμβάνονται από πολλές πύλες, οι οποίες προωθούν τα πακέτα δεδομένων σε έναν κεντρικό διακομιστή δικτύου. Ο διακομιστής δικτύου φιλτράρει διπλά πακέτα, εκτελεί ελέγχους ασφαλείας. Τα δεδομένα στη συνέχεια προωθούνται σε διακομιστές εφαρμογών. Η τεχνολογία δείχνει υψηλή αξιοπιστία για το μέτριο φορτίο, ωστόσο, έχει ορισμένα ζητήματα απόδοσης που σχετίζονται με την αποστολή ευχαριστιών.

#### *LoRaWAN*

Το LoRaWAN είναι ένα δίκτυο που προήλθε απ'την LORA. Σχεδιάστηκε για να αναβαθμίζει την διάρκεια ζωής της μπαταρίας, κόστος, χωρητικότητα. Το πλεονέκτημα του LORA είναι η μεγάλη εμβέλεια. Παρόλο αυτά η εμβέλειά αλλάζει από πόλη σε πόλη. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί η εμβέλεια στις πόλεις φτάνουν τα 23 χιλιόμετρα, ενώ στην επαρχία τα 15 χιλιόμετρα. Επίσης είναι μια μη κερδοφόρα συμφωνία μεταξύ εκατοντάδων εταιρειών. Το LORAWAN δημιουργήθηκε για να βελτιστοποιήσει τη λειτουργία του LPWAN ως προς την διάρκεια μπαταρίας, χωρητικότητα, κόστος.

#### **Gateways LoRa**

Οι πύλες (gateways) παίρνουν δεδομένα απ' τούς αισθητήρες LORA. Έπειτα οι πύλες συγχρονίζονται με το διαδίκτυο μέσω πρωτοκόλλου IP. Στην συνέχεια μεταδίδουν τα δεδομένα στο διαδίκτυο σε ένα cloud.

Ένα δίκτυο χαμηλής ισχύος ευρείας περιοχής ( LPWAN ) ή χαμηλής ισχύος ευρείας περιοχής ( LPWA ) δίκτυο ή το δίκτυο χαμηλής ισχύος ( LPN ) είναι ένας τύπος ασύρματου τηλεπικοινωνιακού δικτύου ευρείας περιοχής σχεδιαστεί για να επιτρέπει επικοινωνίες μεγάλης ακτίνας σε χαμηλή bit ρυθμός μεταξύ πραγμάτων (συνδεδεμένα αντικείμενα), όπως αισθητήρες που λειτουργούν με μπαταρία . Η χαμηλή ισχύς, ο χαμηλός ρυθμός bit και η προβλεπόμενη χρήση διακρίνουν αυτόν τον τύπο δικτύου από ένα ασύρματο WAN που έχει σχεδιαστεί για να συνδέει χρήστες ή επιχειρήσεις και να

μεταφέρει περισσότερα δεδομένα, χρησιμοποιώντας περισσότερη ισχύ. Ο ρυθμός δεδομένων LPWAN κυμαίνεται από 0,3 kbit / s έως 50 kbit / s ανά κανάλι. Ένα LPWAN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός ιδιωτικού ασύρματου δικτύου αισθητήρων, αλλά μπορεί επίσης να είναι μια υπηρεσία ή υποδομή που προσφέρεται από τρίτο μέρος, επιτρέποντας στους ιδιοκτήτες αισθητήρων να τους αναπτύξουν στο πεδίο χωρίς να επενδύσουν σε τεχνολογία πύλης. Ένα δίκτυο χαμηλής ισχύος ευρείας περιοχής (LPWAN) ή χαμηλής ισχύος ευρείας περιοχής ( LPWA ) δίκτυο ή το δίκτυο χαμηλής ισχύος (LPN) είναι ένας τύπος ασύρματου τηλεπικοινωνιακού δικτύου ευρείας περιοχής σχεδιαστέι για να επιτρέπει επικοινωνίες μεγάλης χαμηλή bit ρυθμός μεταξύ πραγμάτων (συνδεδεμένα αντικείμενα), όπως αισθητήρες που λειτουργούν με μπαταρία. Η χαμηλή ισχύς, ο χαμηλός ρυθμός bit και η προβλεπόμενη χρήση διακρίνουν αυτόν τον τύπο δικτύου από ένα ασύρματο WAN που έχει σχεδιαστεί για να συνδέει χρήστες ή επιχειρήσεις και να μεταφέρει περισσότερα δεδομένα, χρησιμοποιώντας περισσότερη ισχύ. Ο ρυθμός δεδομένων LPWAN κυμαίνεται από 0,3 kbit / s έως 50 kbit / s ανά κανάλι. Ένα LPWAN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός ιδιωτικού ασύρματου δικτύου αισθητήρων, αλλά μπορεί επίσης να είναι μια υπηρεσία ή υποδομή που προσφέρεται από τρίτο μέρος, επιτρέποντας στους ιδιοκτήτες αισθητήρων να τους αναπτύξουν στο πεδίο χωρίς να επενδύσουν σε τεχνολογία πύλης.

#### *Τεχνολογικά χαρακτηριστικά*

**Μεγάλη εμβέλεια:** Το εύρος λειτουργίας της τεχνολογίας LPWAN κυμαίνεται από μερικά χιλιόμετρα σε αστικές περιοχές έως πάνω από 10 χιλιόμετρα σε αγροτικές περιοχές. Μπορεί επίσης να επιτρέψει την αποτελεσματική επικοινωνία δεδομένων σε προηγούμενως ανέφικτες εσωτερικές και υπόγειες τοποθεσίες.

**Χαμηλή ισχύς:** Βελτιστοποιημένη για κατανάλωση ενέργειας, οι πομποδέκτες LPWAN μπορούν να λειτουργούν σε μικρές, φθηνές μπαταρίες έως και 20 χρόνια

**Χαμηλό κόστος:** Τα απλοποιημένα, ελαφριά πρωτόκολλα της LPWAN μειώνουν την πολυπλοκότητα στη σχεδίαση υλικού και χαμηλότερο κόστος συσκευής. Το μακρύ φάσμα του σε συνδυασμό με μια τοπολογία αστέρι μειώνουν τις ακριβά απαιτήσεις υποδομής και η χρήση ζώνης χωρίς άδεια ή αδειών μειώνει το κόστος δικτύου.

## Κεφάλαιο 3

### 3.1 Αισθητήρες

Οι αισθητήρες είναι οι καθολικές συσκευές για την παρακολούθηση των καλλιεργειών και για τη λήψη αντικειμενικών πληροφοριών από αυτές. Συνήθως ενσωματώνονται σε μια πλατφόρμα αλλά στο μέλλον αυτοί οι αισθητήρες θα μπορούσαν να συνδεθούν σε αυτόνομες πλατφόρμες και ρομπότ. Αυτές οι πλατφόρμες μπορεί να στερεώνονται στο έδαφος εντός πεδίων όπως οι τοπικοί μετεωρολογικοί σταθμοί ή να συνδέονται με οχήματα εκτός δρόμου (Saiz-Rubio και Rovira-Más, 2020).

#### 3.1.1 Αισθητήρας Θερμοκρασίας

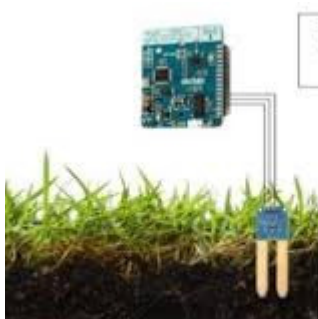
Πρόκειται για τον DHT11 όπου είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας. Αυτοί οι αισθητήρες περιέχουν ένα τσιπ που μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε μια ψηφιακή τιμή όπου και εκπέμπεται στο Arduino παρέχοντας μας την δυνατότητα για άμεση πληροφόρηση της τρέχουσας κατάστασης σε όποιο γεωγραφικό σημείο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



Εικόνα 2 ΠΗΓΗ :WIKIPEDIA

### 3.1.2 Αισθητήρας υγρασίας

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



Εικόνα 3ΠΗΓΗ: GOOGLE IMAGE

### 3.1.3 Αισθητήρας έντασης φωτός

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



Εικόνα 4 ΠΗΓΗ:GOOGLE IMAGE

### 3.1.4 Αισθητήρας pH

Το pH είναι ένα μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας ενός διαλύματος, όπου κλίμακα pH κυμαίνεται από 0 έως 14. Το pH υποδεικνύει τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου που υπάρχουν σε ορισμένα διαλύματα. Μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια από έναν αισθητήρα που μετράει τη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο ηλεκτροδίων: ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς (χλωριούχο αργύρου / αργύρου) και ένα γυάλινο ηλεκτρόδιο που είναι ευαίσθητο στα ιόντα υδρογόνου. Αυτός είναι και ο τύπος του καθετήρα. Πρέπει επίσης να χρησιμοποιήσουμε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για την κατάλληλη ρύθμιση του σήματος και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτόν τον αισθητήρα με το Arduino.



Εικόνα 5 ΠΗΓΗ:GOOGLE IMAGE

### 3.1.5 Αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα

Ο υψηλής ευκρίνειας αναλογικός υπέρυθρος αισθητήρας έχει εύρος μέτρησης από 0 έως 5000ppm. Αυτός ο αισθητήρας βασίζεται στην τεχνολογία υπέρυθρης ακτινοβολίας (NDIR). Η διάρκεια ζωής του φτάνει μέχρι και 5 χρόνια. Μερικά ακόμη σημαντικά χαρακτηριστικά είναι η υψηλή ευαισθησία, η υψηλή ανάλυση, η χαμηλή κατανάλωση

ρεύματος, η γρήγορη απόκριση, οι παρεμβολές κατά των υδρατμών και τέλος η υψηλή σταθερότητα.



Εικόνα 6 ΠΗΓΗ: GOOGLE IMAGE

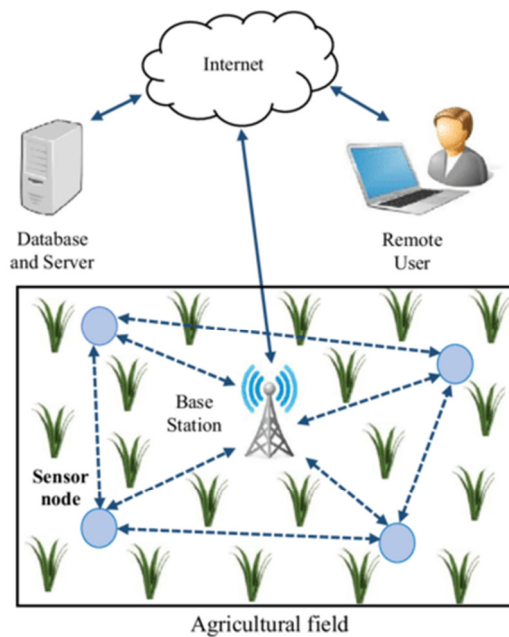
### 3.1.6 Αισθητήρας ανίχνευσης φλόγας

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

### 3.1.7 Κόμβοι αισθητήρων

Οι κόμβοι αισθητήρων αποτελούν μικρούς υπολογιστές, οι οποίοι διαθέτουν αισθητήρες. Τέτοιοι αισθητήρες μπορεί να είναι οι αισθητήρες θερμοκρασίας. Οι κόμβοι τοποθετούνται στο περιβάλλον το οποίο πρόκειται να υποστεί παρακολούθηση. Μπορεί να διαθέτουν μπαταρίες, αλλά μπορεί και να ανακτούν ενέργεια από τους κραδασμούς ή από τον ήλιο. Ωστόσο, όπως συμβαίνει και με τις ετικέτες FRID, η παροχή επαρκούς ενέργειας αποτελεί πρόβλημα

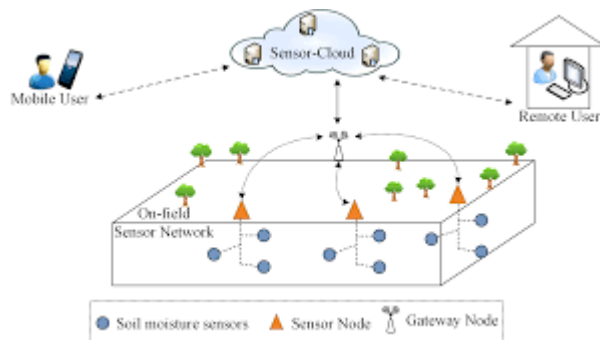




Εικόνα 7 ΠΗΓΗ: GOOGLE IMAGE

### 3.1.8 Το δίκτυο αισθητήρων

Ένα δίκτυο αισθητήρων είναι η παράταξη πολλών συσκευών που είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες και εκτελούν μια συνεργατική διαδικασία μετρήσεων. Οι κόμβοι / αισθητήρες στέλνουν οποιαδήποτε τιμή, χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε πρωτόκολλο σε οποιοδήποτε σύστημα.



Εικόνα 8 ΠΗΓΗ:GOOGLE IMAGE

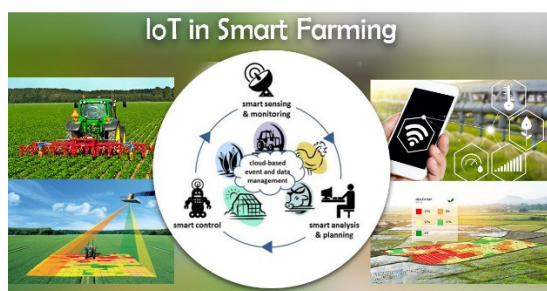
Τα στοιχεία ενός τέτοιου δικτύου είναι: Κόμβος: αυτόνομη συσκευή εξοπλισμένη με ένα σενσορα. Συλλέκτης δεδομένων: συσκευή συλλογής δεδομένων συνδεδεμένη στο εξωτερικό σύστημα με σκοπό την αποστολή της τιμής του σενσορα. Εξωτερικό σύστημα: Κέντρα αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων. Η δομή ενός κόμβου περιλαμβάνει ένα μικροελεγκτής, ένα σενσορα, μπαταρία, μονάδα επικοινωνίας και μία κάρτα μνήμης για αποθήκευση. Η επικοινωνία του αισθητήρα μπορεί να γίνει με:

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

## Κεφάλαιο 4

### 4.1 Το διαδίκτυο των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) επηρεάζει τον κόσμο στον οποίο ζούμε. Ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αγγίξει τα 9,6 δισεκατομμύρια μέχρι το έτος του 2050. Για να τραφεί ο επερχόμενος πληθυσμός της γης η γεωργία πρέπει να συνδεθεί με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT). Αυτό πρέπει να πραγματοποιηθεί για να καλυφθεί η ζήτηση για περισσότερα τρόφιμα. Η ευφυή γεωργία βασίζεται στις τεχνολογίες IoT και επιτρέπει στους αγρότες να αυξήσουν την παραγωγικότητα. Το διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) έχει φέρει επανάσταση σε ολόκληρη την γεωργία. Η χρήση των έξυπνων συσκευών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) αυξάνεται με όλες τις βιομηχανίες που επενδύουν πάνω στο IoT. Οι βασικοί στόχοι των επενδύσεων σε αυτό είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων, η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και η μείωση του κόστους παραγωγής.



Εικόνα 9 ΠΗΓΗ:GOOGLE IMAGE

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων ή Internet of Things (IoT) αποτελεί κομβικό στοιχείο στην προσπάθεια ενός αγροκτήματος να γίνει έξυπνο, αναγνωρίζεται δε σε πολλές περιπτώσεις ως ο σημαντικότερος παράγοντας πάνω στον οποίο δομείται ολόκληρη η προσπάθεια σήμερα.

### 4.2 Πλεονεκτήματα χρήσης τεχνολογίας IoT στην ευφυή γεωργία

Πολλά είναι τα πλεονεκτήματα από την βοήθεια του IoT στην γεωργία. Ο βασικός στόχος του IoT είναι να εκσυγχρονίσει την δουλειά των αγροτών. Ένα πλεονέκτημα του IoT είναι η επικοινωνία. Αυτό πραγματοποιείται επειδή έχει αναβαθμιστεί το μοντέλο επικοινωνίας μεταξύ δύο ή περισσότερων μηχανών. Το σύστημα αυτό ονομάζεται M2M (machine to machine ). Λόγο του συστήματος αυτού οι φυσικές συσκευές διατηρούν

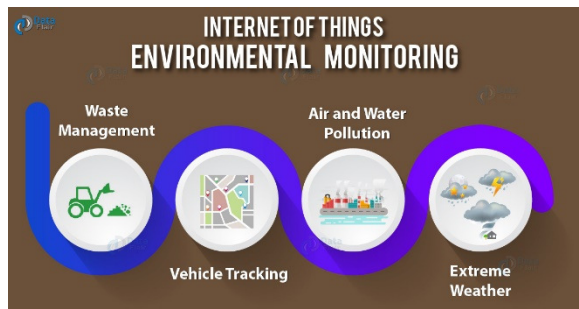
επαφή μεταξύ τους. Έτσι γίνονται πιο ισχυρές και ενισχύουν την ποιότητα τους. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι το IoT είναι αυτοματοποιημένο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι έξυπνες συσκευές να διαθέτουν συνολικά ασύρματη υποδομή, το οποίο απαιτεί σχεδόν καθόλου την ανθρώπινη παρέμβαση, καθώς είναι σε θέση να λειτουργούν αυτόματα. Επίσης το IoT βελτιώνει την ολική αποτελεσματικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Αυτό έχει την δυνατότητα να παρέχει δεδομένα που επιτρέπουν τη λειτουργία κάθε εργασίας. Ακόμη με την ευφυή γεωργία υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης της παραγωγής όπου επιτρέπει στις αγροτικές επιχειρήσεις να κάνουν σωστότερη κατανομή αγαθών. Παράλληλα υπάρχει αύξηση της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων μέσω της αυτοματοποιημένης διαδικασίας. Η αυτοματοποιημένες διεργασίες με την βοήθεια των έξυπνων συσκευών βοηθούν στον κύκλο παραγωγής όπως στην άρδευση, λίπανση, ελεγχό παρασίτων. Υπάρχει και η συλλογή των δεδομένων μέσω αισθητήρων στην έξυπνη γεωργία. Όπως στις κλιματικές συνθήκες, ποιότητα εδάφους, υγεία των ζωντανών. Όλα αυτά τα δεδομένα μπορεί να τα χρησιμοποιήσει μια επιχείρηση ώστε να αυξήσει την αποδοτικότητα των εργαζομένων αλλά και των οικονομικών της.

### **4.3 Περιπτώσεις IoT στη γεωργία**

Οι περιπτώσεις IoT στην ευφυή γεωργία είναι η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών, διαχείριση καλλιεργειών, αυτοματοποιημένη άρδευση, αυτοματισμοί θερμοκηπίων

#### **4.4.1 Παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών**

Πιθανώς τα πιο δημοφιλή Smart gadgets είναι οι μετεωρολογικοί σταθμοί, που συνδυάζουν αισθητήρες έξυπνης γεωργίας. Υπάρχουν σε όλο το χωράφι, συλλέγουν διάφορα δεδομένα από το περιβάλλον και το στέλνουν στο σύννεφο (cloud). Οι μετρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χαρτογράφηση των κλιματικών συνθηκών, την επιλογή των κατάλληλων καλλιεργειών και τη λήψη των απαιτούμενων μέτρων για τη βελτίωση της ικανότητάς τους. Κάποια παραδείγματα τέτοιων συστημάτων IoT για τη γεωργία είναι το allMETEO, το Smart Elements και το Pycno.



Εικόνα 10 ΠΗΓΗ:GOOGLE IMAGE

#### 4.4.2 Πρακτικές εφαρμογών του ΙοΤ στον Αγροτικό Τομέα

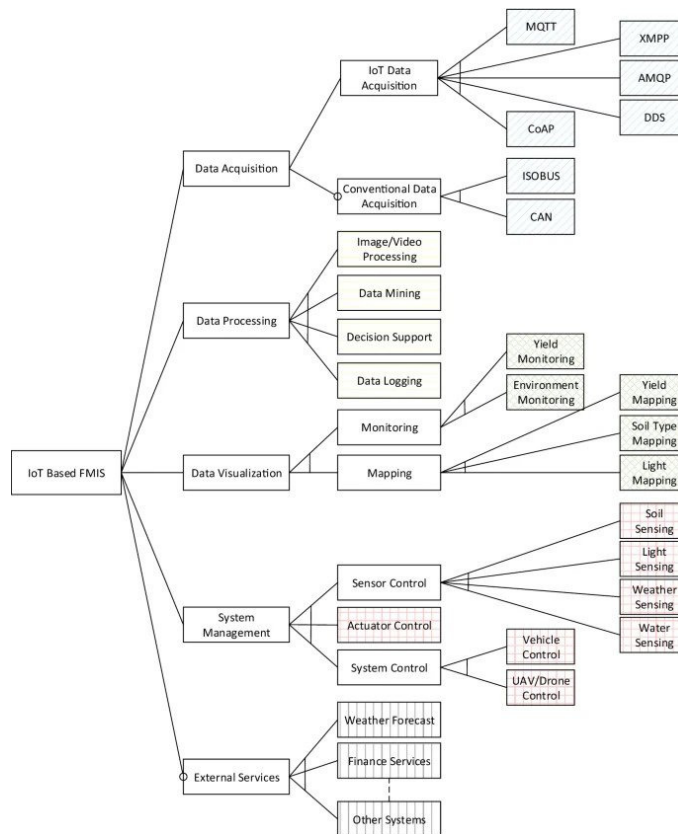
Από τις πολυάριθμες αναφορές που έχουν γίνει σχεδόν σε όλη την βιβλιογραφία, παραθέτονται πρόσφατες που αφορούν την χρήση του ΙοΤ στον αγροτικό τομέα. Ωστόσο, κάθε μια από αυτές βασίζεται σε μια ανάγκη που ορίζει ο αγροτικός κλάδος.

Ο Salam (2019) στην εργασία του *Υπόγειο MIMO: Ένας σχεδιασμός διαμόρφωσης δέσμης σε Διαδίκτυο υπόγειων πραγμάτων για εφαρμογές γεωργίας* έχει αναπτύξει υπόγεια MIMO (multiple-input and multiple-output) με γνώμονα το περιβάλλον που χρησιμοποιεί τη μετάδοση και λήψη δέσμης. Παράγεται η βέλτιστη διαμόρφωση δέσμης και λήψης, συνδυάζοντας διανύσματα κάτω από ελάχιστους περιορισμούς παρεμβολών μεταξύ συνιστωσών. Αποδεικνύεται ότι το UG MIMO αποδίδει καλύτερα όταν και τα τρία στοιχεία του ασύρματου καναλιού UG έχουν μοχλό για διαμόρφωση δέσμης. Οι υπόγειες ασύρματες επικοινωνίες στο έδαφος είναι δύσκολες λόγω της επίδρασης της υφής του εδάφους και της περιεκτικότητας σε νερό του εδάφους. Στην εξάπλωση ραδιοκυμάτων κάτω από την επιφάνεια, οι κεραίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατευθύνουν την ισχύ κυμάτων που οδηγούν σε επέκταση υπόγειου εύρους επικοινωνίας και εξοικονόμηση ενέργειας. Σε αυτό το άρθρο Salam (2019) παρουσίασε ένα σχεδιασμό κεραιών φάσης-επιφανείας για εφαρμογές ευφυούς γεωργίας. Ο Salam (2019) αναφέρει ότι ο σκοπός της ευφυούς γεωργίας είναι να προσαρμόσει τις γεωργικές εισροές και τις διαδικασίες στο αγρόκτημα για να εφαρμόσει σωστές πρακτικές στον τομέα εγκαίρως και σωστά. Η ευφυής γεωργία οδηγεί στην ανάπτυξη έξυπνων και ψηφιακών αισθητήρων, επικοινωνιών και συστημάτων λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο για την ανίχνευση, την ανάλυση, την ανίχνευση και τη διαχείριση των αγροκτημάτων για βιωσιμότητα, κερδοφορία και προστασία του περιβάλλοντος.

Οι Köksal & Tekinerdogan (2019) στην εργασία *Αρχιτεκτονική προσέγγιση σχεδιασμού για συστήματα πληροφοριών διαχείρισης γεωργικών εκμεταλλεύσεων που βασίζονται σε ΙοΤ* μελετούν συστήματα πληροφοριών διαχείρισης αγροκτήματος - farm

management information systems (FMISs). Αναφέρουν ότι τα συστήματα IoT στη γεωργία έχουν συνήθως διαφορετικές λειτουργικές και ποιοτικές απαιτήσεις, όπως επιλογή πρωτοκόλλων επικοινωνίας, ικανότητα επεξεργασίας δεδομένων, επίπεδο ασφάλειας, επίπεδο ασφάλειας και απόδοση χρόνου. Οι συγγραφείς έκαναν δύο περιπτώσιολογικές μελέτες σχετικά με την έξυπνη γεωργία στην Τουρκία, μία για την έξυπνη παραγωγή σίτου στην Konya και η άλλη για έξυπνα θερμοκήπια στην Αττάλεια.

Η ευφυής γεωργία υιοθετεί προηγμένη τεχνολογία και ένα από τα βασικά στοιχεία της έξυπνης γεωργίας είναι τα συστήματα πληροφοριών διαχείρισης εκμεταλλεύσεων που υποστηρίζουν την αυτοματοποίηση της απόκτησης και επεξεργασίας δεδομένων, της παρακολούθησης, του σχεδιασμού, της λήψης αποφάσεων, της τεκμηρίωσης και της διαχείρισης των εκμεταλλεύσεων. Ένας αυξημένος αριθμός υιοθετεί τώρα την τεχνολογία διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) για την βελτιστοποίηση των γεωργικών στόχων. Ένα από τα βασικά στοιχεία της έξυπνης γεωργίας είναι τα συστήματα πληροφοριών διαχείρισης εκμεταλλεύσεων που υποστηρίζουν την αυτοματοποίηση της απόκτησης και επεξεργασίας δεδομένων, της παρακολούθησης, του σχεδιασμού, της λήψης αποφάσεων, της τεκμηρίωσης και της διαχείρισης των εκμεταλλεύσεων. Ένας αυξημένος αριθμός υιοθετεί τώρα την τεχνολογία διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Στο βασισμένο στο IoT, η απόκτηση δεδομένων αποτελείται από την απόκτηση δεδομένων IoT και τη συμβατική απόκτηση δεδομένων για την υποστήριξη παλαιών συστημάτων.



Εικόνα 11 ΠΗΓΗ:GOOGLE IMAGE

### Σύστημα πληροφοριών διαχείρισης αγροκτήματος βασισμένο στο IoT

Η απόκτηση δεδομένων IoT περιέχει 5 εναλλακτικά πρωτόκολλα επιπέδου συνεδρίας IoT όπως συζητήθηκε προηγουμένως, δηλαδή MQTT, XMPP, AMQP, DDS και CoAP. Ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να επιλεγεί ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα για επικοινωνία IoT για το FMIS. Το μοντέλο χαρακτηριστικών εφαρμογών λαμβάνεται χρησιμοποιώντας ξανά το μοντέλο χαρακτηριστικών για το FMIS που δίνεται στο σχήμα και επιλέγοντας τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για αυτήν τη μελέτη περίπτωσης. Όπως φαίνεται στο σχήμα, για αυτήν την μελέτη περίπτωσης, επιλέγεται το πρωτόκολλο στρώματος συνεδρίας MQTT του IoT. Οι κύριοι λόγοι ήταν επειδή θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εφαρμογές ανοιχτού κώδικα του MQTT. Το MQTT υποστηρίζει TCP και επικοινωνία μεταξύ συσκευών και διακομιστών που θεωρήθηκαν απαραίτητα στο δεδομένο πλαίσιο. Ομοίως, θα χρησιμοποιηθεί η δυνατότητα MQTT της απόκτησης δεδομένων IoT.

#### **4.4.2 Διαχείριση καλλιεργειών**

Ένας ακόμη τύπος προϊόντος IOT στη γεωργία και άλλο στοιχείο γεωργίας ακριβείας είναι οι συσκευές διαχείρισης καλλιεργειών. Όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί, θα πρέπει να τοποθετηθούν στο χωράφι για τη συλλογή δεδομένων ειδικά για την καλλιέργεια φυτών. από τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση έως το δυναμικό των φύλλων και τη συνολική υγεία των καλλιεργειών . Με αυτό τον τρόπο μπορεί ο αγρότης να παρακολουθεί την ανάπτυξη των καλλιεργειών του για τυχόν ανωμαλίες για να αποτρέψει αποτελεσματικά τις ασθένειες που μπορεί να βλάψουν την απόδοσή σας.

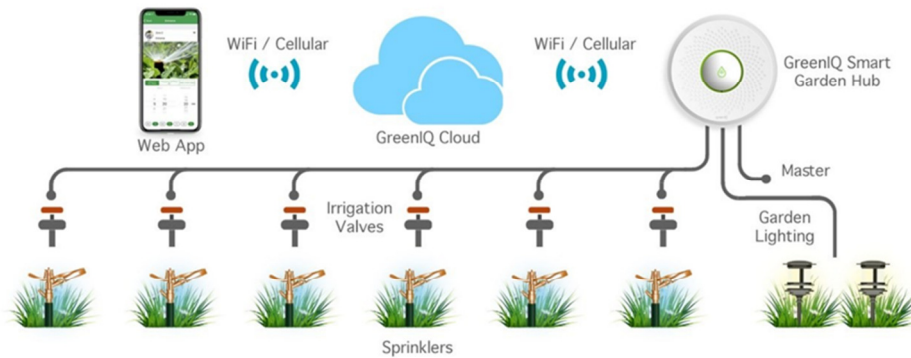
#### **4.4.3 Αυτοματοποιημένη άρδευση**

Ο περιορισμός των υδάτινων πόρων που φέρνει και η κλιματική αλλαγή, απαιτεί την εξασφάλιση των αναγκών του φυτού με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση νερού. Η συλλογή δεδομένων που αφορούν τη σύσταση του εδάφους, τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά, τις διαφοροποιήσεις του μικροκλίματος και τις παραγωγικές αποδόσεις, αποτελούν τη βάση στην οποία στηρίζονται οι εφαρμογές της Γεωργίας Ακριβείας.

Στην Ελλάδα, οι εφαρμογές που αφορούν την άρδευση Ακριβείας αποτελούν κορυφαία προτεραιότητα. Ο περιορισμός των υδάτινων πόρων που φέρνει και κλιματική αλλαγή, απαιτεί την εξασφάλιση των αναγκών του φυτού με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση νερού. Η καλύτερη άρδευση σε όλα τα σημεία του αγρού εξασφαλίζει επίσης τη βελτίωση της θρέψης και της ομοιόμορφης ανάπτυξης της παραγωγής.

Το Greeniq είναι επίσης ένα ενδιαφέρον προϊόν που χρησιμοποιεί αισθητήρες έξυπνης γεωργίας. Είναι ένας έξυπνος ελεγκτής ψεκαστήρων που σας επιτρέπει στον αγρότη να διαχειρίζεται τα συστήματα άρδευσης και φωτισμού από απόσταση

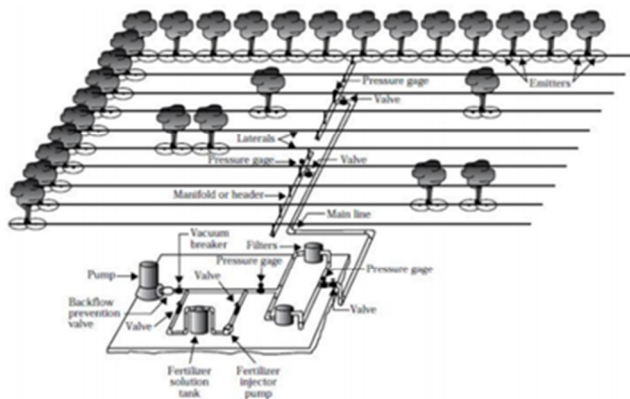




Εικόνα 12: Σύστημα έξυπνης άρδευσης

Οι Chiaberge et al (2017) στο άρθρο τους *σχεδιασμός και υλοποίηση του ασύρματου χειριστηρίου για αυτοματοποιημένη στάγδην άρδευση* προτείνουν μια προσέγγιση επίλυσης της ανάπτυξης συστημάτων άρδευσης στάγδην στη γεωργία με την δημιουργία ασύρματου δικτύου αισθητήρων και ενεργοποιητών (WSAN). Το Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων και Ενεργοποιητών (Wireless Sensor and Actor Networks – WSAN), εκτός από τους αισθητήρες λαμβάνει μέρος και ένα άλλο σύνολο κόμβων, οι ενεργοποιητές (actuators ή actors). (Το (WSAN) αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων αισθητήρων και ενεργοποιητών, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους ασύρματα, με σκοπό την επίτευξη καταναμημένων εργασιών παρατήρησης του φυσικού κόσμου και δράσης σε αυτόν).

Η στάγδην άρδευση είναι ένας τύπος μικρο-άρδευσης που έχει αποκτήσει μεγάλη προσοχή τα τελευταία χρόνια λόγω της δυνατότητάς του να αυξήσει τις αποδόσεις και να μειώσει τη χρήση νερού. Το νερό διανέμεται μέσω ενός δικτύου βαλβίδων, σωληνών, σωληνώσεων και πομπών και στη συνέχεια στάζει αργά στη ριζική ζώνη του φυτού είτε από πάνω είτε κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

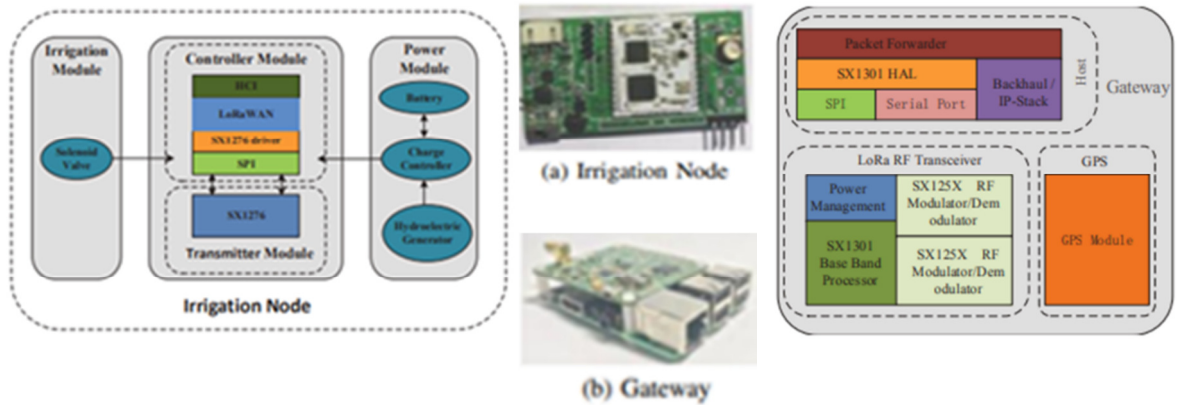


Εικόνα 13 ΠΗΓΗ:GOOGLE IMAGE

Οι Kodali et al (2018) στο άρθρο τους *Ένα έξυπνο σύστημα στάθμευσης βασισμένο σε IoT χρησιμοποιώντας το LoRa*, ξεκινώντας με το ότι α) η γεωργία είναι ένα πεδίο, όπου απαιτείται νερό σε μεγαλύτερη ποσότητα, β) η σπατάλη του νερού είναι ένα πραγματικό ζήτημα στη γεωργία και γ) κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας δίνεται μεγαλύτερη ποσότητα νερού στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, αναφέρουν ότι υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τη διάθεση ή τον έλεγχο της σπατάλης νερού στη γεωργία και ότι στον κόσμο, η πλειονότητα των αρδευτικών συστημάτων λειτουργεί χειροκίνητα. Αυτές οι ξεπερασμένες τεχνικές αντικαθίστανται με

ημιαυτόματες και αυτόματες διαδικασίες. Οι συνήθεις μέθοδοι μοιάζουν με στάγδην άρδευση, με σύστημα ψεκασμού, με κατάκλιση κλπ. Η παγκόσμια κατάσταση άρδευσης ταξινομείται από αυξημένο ενδιαφέρον για υψηλότερη γεωργική απόδοση, κακή εκτέλεση και μειωμένη προσβασιμότητα του νερού για τη γεωργία. Αυτά τα ζητήματα μπορούν να διορθωθούν εάν γίνει χρήση ευφυών συστημάτων άρδευσης. Μέσω του Διαδικτύου των πραγμάτων, τα γεωργικά προϊόντα θα έχουν μια νέα κατάσταση ανάπτυξης, καλύτερη συντήρηση αποθήκευσης και καλύτερη ποιότητα. Με την πρόοδο του Διαδικτύου των πραγμάτων, η καινοτομία του συνδέθηκε ευρέως με όλες τις πτυχές της γεωργίας (Kodali et al, 2018). Η ευφυής άρδευση είναι μια τέτοια καινοτομία που έχει τραβήξει την προσοχή πολλών ερευνητών και προχωρά και χρησιμοποιείται στα σημεία εκείνα όπου η χρήση νερού είναι περιορισμένη καθώς είναι μια διαδικασία πιο εφικτή από οικονομική, κοινωνική και συμβατική άποψη. Η σκέψη και η εξέλιξη του ευφυούς συστήματος άρδευσης επικεντρώνεται ουσιαστικά στη μείωση των ανθρώπινων προσπαθειών, στη μείωση της χρήσης νερού και της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόλο που έχει αναπτυχθεί η ευφυής άρδευση, μέχρι στιγμής δεν έχει αποκτηθεί λύση για τη μέτρηση της ακριβούς ροής του νερού. Ως εκ τούτου, η πρωταρχική κίνηση σε όλη την εργασία τους ήταν να περιγράψουν ένα σύστημα άρδευσης που εκτιμάται το προφίλ υγρασίας της γεωργικής εκμετάλλευσης, η ανίχνευση της θερμοκρασίας, επειδή οι καλλιέργειες είναι ευαίσθητες στη θερμοκρασία. Οι παράμετροι υπολογίζονται χρησιμοποιώντας διάφορους αισθητήρες. Έξυπνες μέθοδοι άρδευσης προτάθηκαν χρησιμοποιώντας διάφορες συσκευές: ESP8266, Arduino, ZigBee, GSM, GPRS, Smartphone. Το ESP8266 χρησιμοποιήθηκε σαν επέκταση στο Arduino για να στείλει τα δεδομένα μέσω του πρωτοκόλλου WiFi χωρίς να το συνδέσει στο Διαδίκτυο. Το GPRS και το GSM επιβαρύνουν περισσότερο το κόστος από τον πάροχο υπηρεσιών. Το ZigBee είναι ένα ξεπερασμένο πρωτόκολλο. Το πρωτόκολλο LoRa χρησιμοποιεί μια ζώνη χωρίς άδεια που μειώνει το κόστος μετάδοσης και λήψης των δεδομένων. Μια σειρά από πίνακες TTGO μπορεί να συνδεθεί με το ESP32 TTGO που είναι συνδεδεμένο στο Διαδίκτυο, κάνοντας έτσι το σύστημα να ελέγχεται από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου.

Οι Zhao et al. (2017) στο άρθρο τους «*Σχεδιασμός και υλοποίηση ευφυούς συστήματος άρδευσης με βάση το LoRa*» παρουσιάζουν ένα ευφύες σύστημα άρδευσης LoRabased. Σε αυτό το σύστημα, ο κόμβος άρδευσης αποτελείται κυρίως από μονάδα επικοινωνίας LoRa, ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και υδροηλεκτρική γεννήτρια. Ο κόμβος άρδευσης αποστέλλει δεδομένα στο cloud μέσω πυλών LoRa μέσω ασύρματης μετάδοσης. Το σύστημα μπορεί να ελεγχθεί από απόσταση από εφαρμογές για κινητά. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι τόσο η απόσταση μετάδοσης όσο και η κατανάλωση ενέργειας του συστήματος είναι αξιόπιστα. Οι Zhao et al. (2017) προτείνουν μια αρχιτεκτονική συστήματος που αποτελείται από τρία μέρη όπως α) Συσκευή, β) Cloud και γ) Εφαρμογή. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο μέρος η Συσκευή, αποτελείται από δύο μέρη, την κόμβο άρδευσης και την πύλη.

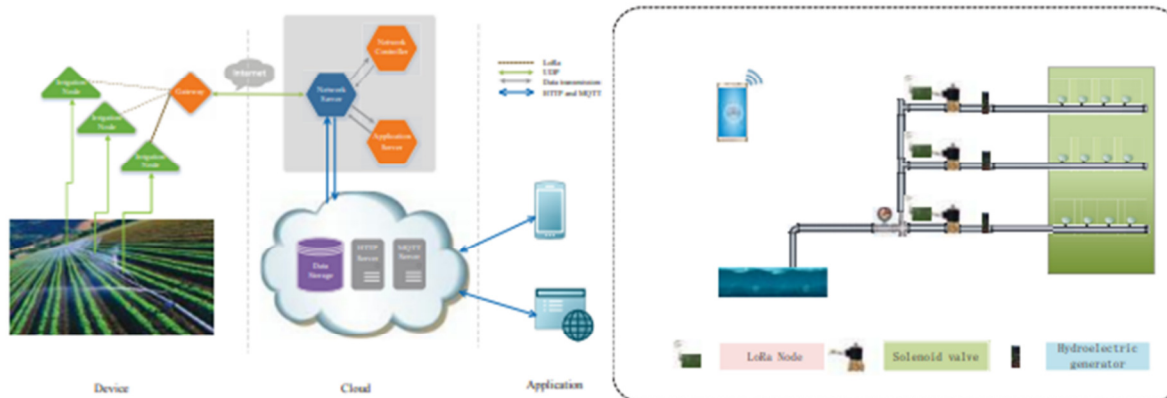


Δομή κόμβου άρδευσης

Πρωτότυπα κόμβου Εικόνα της δομής της πύλης και πύλης LoRa

Ο κόμβος άρδευσης είναι το βασικό συστατικό αυτού του συστήματος άρδευσης, καθώς είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και την αναφορά πληροφοριών κατάστασης της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Στέλνει δεδομένα μέσω LoRa στην πύλη και αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονται στο διακομιστή cloud LoRa μέσω δικτύου Long Term Evolution (LTE) ή Ethernet. Ως κόμβος αναμετάδοσης, η πύλη είναι υπεύθυνη για την προώθηση δεδομένων μεταξύ κόμβων και διακομιστή. Το νέφος (Cloud) είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία δεδομένων, την αποθήκευση και την παροχή API στις εφαρμογές. Για την εξασφάλιση της επεκτασιμότητας του συστήματος χωρίζεται στο διακομιστή α) LoRa και β) υπηρεσιών. Η πύλη επικοινωνεί απευθείας με τον διακομιστή LoRa.

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ πύλης και διακομιστή LoRa είναι το User Datagram Protocol (UDP). Ο διακομιστής LoRa είναι υπεύθυνος για την επικύρωση, την αποκρυπτογράφηση και την ανάλυση των δεδομένων που λαμβάνονται από τις πύλες. Το νέφος (Cloud) είναι για την αποθήκευση δεδομένων και την εφαρμογή διεπαφών HTTP και MQTT τόσο για τον διακομιστή LoRa όσο και για τις εφαρμογές. Ο διακομιστής LoRa και ο διακομιστής cloud αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω πρωτοκόλλου MQTT και HTTP. Οι χρήστες μπορούν να αποκτήσουν την κατάσταση των κόμβων άρδευσης στο πεδίο μέσω εφαρμογής και επίσης μπορούν να ελέγξουν το σύστημα άρδευσης στέλνοντας εντολές ελέγχου μέσω εφαρμογών.



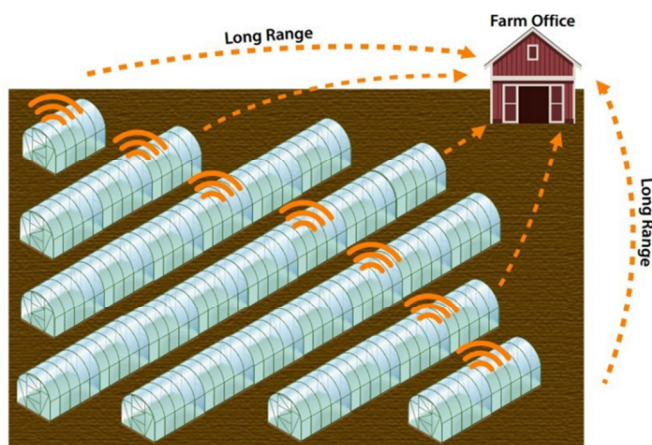
Αρχιτεκτονική Συστήματος

Προτεινόμενο σύστημα άρδευσης

Το σύστημα ευφυούς άρδευσης περιέχει τέσσερα μέρη, δηλαδή App, Server, LoRa Gateway και Irrigation Node.

Η εφαρμογή μπορεί να ελέγξει το χρόνο ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του κόμβου άρδευσης. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει την ώρα για τον κόμβο άρδευσης ώστε να ανοίγει ή να ενεργοποιεί/απενεργοποιεί τακτικά τους κόμβους άρδευσης μέσω της εφαρμογής. Εκτός αυτού, ο χρήστης μπορεί να τραβήξει πολλούς κόμβους άρδευσης σε ένα πακέτο, εάν αυτό, μια εντολή ελέγχου εκδίδεται σε ένα πλήθος συσκευών εντός του πακέτου ταυτόχρονα. Όταν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα είναι ανοιχτή, η υδροηλεκτρική γεννήτρια κινείται από υδροστατική πίεση, η οποία μπορεί να φορτίσει την μπαταρία στον κόμβο LoRa. Οι Zhao et al. (2017) προτείνουν ένα ευφύες σύστημα άρδευσης που βασίζεται στην τεχνολογία LoRa. Το πείραμα απόστασης μετάδοσης πραγματοποιείται στο τυπικό αστικό περιβάλλον της πόλης του Πεκίνου. Η κεραία του Gateway είναι εγκατεστημένη σε οροφή κεντρικού κτηρίου του πανεπιστημίου. Η πύλη λειτουργεί σε ζώνη συχνοτήτων 433MHz. Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας LoRa που υιοθετήθηκε στο ευφύες σύστημα άρδευσης έχουν αποδειχθεί από πειράματα. Στο σύστημα των Zhao et al. (2017) η απόσταση επικοινωνίας μεταξύ του κόμβου άρδευσης και της πύλης είναι έως 8Km, και το σύστημα άρδευσης καλύπτει έως και 200 εκτάρια. Οι χρήστες με τα κινητά μπορούν να ελέγχουν την κατάσταση του συστήματος και το σύστημα άρδευσης από απόσταση. Zhao et al. (2017) πιστεύουν ότι η υιοθέτηση της τεχνολογίας LoRa στο ευφύες σύστημα άρδευσης θα προσομοιώσει σημαντικά την ανάπτυξη της ευφυούς γεωργίας.

Εκτός από την προμήθεια περιβαλλοντικών δεδομένων, οι μετεωρολογικοί σταθμοί μπορούν να προσαρμόσουν αυτόματα τις συνθήκες ώστε να ταιριάζουν με τις συγκεκριμένες παραμέτρους. Η Farmapp και η Growlink είναι επίσης γεωργικά συστήματα της IoT που προσφέρουν τέτοιες δυνατότητες μεταξύ άλλων.



*Αυτοματισμοί θερμοκηπίων*

## **Συμπεράσματα**

Εν κατακλείδι, στη συγκεκριμένη πτυχιακή μελετήθηκε το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). Έγινε φανερό ότι κάθε συσκευή IoT έχει την ικανότητα να παράγει μεγάλο πλήθος αρχείων, γεγονός που καθιστά αναγκαία την αποθήκευση και τη μελέτη των αρχείων. Για

αυτόν τον λόγο η υλοποίηση του IoT μπορεί να καθυστερήσει για κάποιο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, μελετήθηκε η αναβάθμιση του δικτύου με τη βοήθεια της τεχνολογίας LORAWAN. Η επιλογή της τεχνολογίας LORA υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις των συστημάτων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σε κάθε άνθρωπο να αντιστοιχούν περίπου 5 συσκευές. Η σύνδεση με το διαδίκτυο και το cloud αποτελεί την βέλτιστη επιλογή για όλες τις εφαρμογές στη γεωργία.

## Βιβλιογραφία

- Himesh, S. Digital revolution and Big Data: A new revolution in agriculture. *CAB Rev.* 2018, 13, 1–7.
- Grand View Research. *Precision Farming Market Analysis. Estimates and Trend Analysis*; Grand View Research Inc.: San Francisco, CA, USA, 2019; pp. 1–58.
- Díez, C. Hacia una agricultura inteligente (Towards and intelligent Agriculture). *Cuaderno de Campo* 2017, 60, 4–11.
- Accenture Digital. Digital Agriculture: Improving Profitability. Available online: [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/digital\\_3/accenture-digital-agriculture-point-of-view.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/digital_3/accenture-digital-agriculture-point-of-view.pdf) (accessed on 29 December 2019).
- CEMA. Digital Farming: What Does It Really Mean? Available online: <http://www.cema-agri.org/publication/digital-farming-what-does-it-really-mean> (accessed on 17 September 2019).
- Nierenberg, D. Agriculture Needs to Attract More Young People. Available online: <http://www.gainhealth.org/knowledge-centre/worlds-farmers-age-new-blood-needed> (accessed on 18 September 2019).
- European Commission. *Generational Renewal in EU Agriculture: Statistical Background*; DG Agriculture & Rural Development: Economic analysis of EU agriculture unit: Brussels, Belgium, 2012; pp. 1–10.
- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: a review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), 207.
- Ευρωπαϊκή Ένωση (2018) Γνωμοδότηση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής με θέμα «Έκθεση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών — Ενδιάμεση αξιολόγηση του προγράμματος Copernicus (2014-2020)» [COM(2017) 617 final] EESC 2017/06089
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 100, 104933.

Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., & Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105256.

Zhang, Y. The Role of Precision Agriculture. *Resource* 2019, 19, 9. Schimmelpfennig, D. Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture. *USDA* 2016, 217, 1–46.

LPWAN (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

<https://en.wikipedia.org/wiki/LPWAN>

Narrowband IoT (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband\\_IoT](https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband_IoT)

Αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ποιότητας εσωτερικού αέρα (2020).

Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

<https://www.trane.com/commercial/europe/greece/el/controls/sensors/co2-sensors.html>

Αποστολόπουλος, Π. (2019). *Η ασύρματη τεχνολογία zigbee*. Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο: <https://securityreport.gr/magazine-archive/etos-2019/item/7379-i-asyrmati-texnologia-zigbee>

Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF\\_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF\\_%CE%B1%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CF%89%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CE%B1%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CF%89%CE%BD)

Διαδίκτυο των πραγμάτων (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF\\_%CF%84%CF%89%CE%BD\\_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD)

Έξυπνη Γεωργία (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B7\\_%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B7_%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1)

Ευφυής γεωργία (2021). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[https://www.yraithros.gr/efihs-gewrgia/?cli\\_action=1610368061.044#xreiazomai-simvulo](https://www.yraithros.gr/efihs-gewrgia/?cli_action=1610368061.044#xreiazomai-simvulo)

Ευφυής άρδευση (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CF%85%CF%86%CF%81%CF%89%CE%BD>

85%CE%AE%CF%82\_%CE%AC%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7

Ευφυής φυτοπροστασία (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CF%85%CF%86%CF%85%CE%AE%CF%82\\_%CF%86%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1](http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CF%85%CF%86%CF%85%CE%AE%CF%82_%CF%86%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1)

Εφαρμογές GPS στην Ευφυή Γεωργία (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82\\_GPS\\_%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD\\_%CE%95%CF%85%CF%86%CF%85%CE%AE\\_%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1](http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82_GPS_%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD_%CE%95%CF%85%CF%86%CF%85%CE%AE_%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1)

Ζώνες διαχείρισης (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%96%CF%8E%CE%BD%CE%B5%CF%82\\_%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82](http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%96%CF%8E%CE%BD%CE%B5%CF%82_%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82)

Παπαγεωργίου, Α. (2019). *Τι είναι πραγματικά η ευφυής γεωργία*; Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο: <https://www.euractiv.gr/section/georgia-kai-trofima/opinion/ti-einai-pragmatika-i-eyfyis-georgia/>

Πεχάμετρο (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%87%CE%AC%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF>

Σαφλούκας-Παπαδόπουλος, Β. (2018). *Συστήματα στάθμευσης LoRaWAN στο διαδίκτυο των πραγμάτων* (μεταπτυχιακή εργασία). Πανεπιστήμιο Μακεδονίας,

Θεσσαλονίκη. Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

[https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/23006/4/SafloukasPapadopoulosVasileio\\_sMsc2018.pdf](https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/23006/4/SafloukasPapadopoulosVasileio_sMsc2018.pdf)

Συστήματα πυροπροστασίας-Ανιχνευτής φλόγας (2020). Ανακτήθηκε από τον

διαδικτυακό τόπο: [https://resources-boschsecurity-](https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/IR3_Data_sheet_elGR_11803977227.pdf)

[cdn.azureedge.net/public/documents/IR3\\_Data\\_sheet\\_elGR\\_11803977227.pdf](https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/IR3_Data_sheet_elGR_11803977227.pdf)

Τι ακριβώς είναι η Ευφυής Γεωργία; (2020). Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:

<https://hellenicweather.com/ti-akrivos-einai-i-eufyis-georgia/>

Τι είναι η ευφυής γεωργία-Οφέλη της ευφυούς γεωργίας (2020). Ανακτήθηκε από τον

διαδικτυακό τόπο: <https://carpuscultura.com/smart-farming-benefits.html>



Τραϊφόρου, Σ. (2019). *Internet of things* (πτυχιακή εργασία). Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πελοποννήσου, Σπάρτη. Ανακτήθηκε από τον διαδικτυακό τόπο:  
<http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/18757/Internet%20of%20Things.pdf?sequence=1>

## Εικόνας

[https://www.google.com/search?q=DHT11&sxsrf=ALeKk00wwNt1ec1wiavdioqJuH1GiV8ZOA:1608309173019&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=q7aMhPxp0i8IdM%252C53k2gNMMq3CohM%252C\\_&vet=1&usg=AI4\\_-kTK0z1jkCGGfLHN2wsq9e7-ff2kkw&sa=X&ved=2ahUKEwiEj8nH-tftAhXB2aQKHVS7CNoQ9QF6BAgPEAE&biw=1366&bih=625#imgrc=q7aMhPxp0i8Id](https://www.google.com/search?q=DHT11&sxsrf=ALeKk00wwNt1ec1wiavdioqJuH1GiV8ZOA:1608309173019&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=q7aMhPxp0i8IdM%252C53k2gNMMq3CohM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kTK0z1jkCGGfLHN2wsq9e7-ff2kkw&sa=X&ved=2ahUKEwiEj8nH-tftAhXB2aQKHVS7CNoQ9QF6BAgPEAE&biw=1366&bih=625#imgrc=q7aMhPxp0i8Id)

[https://www.google.com/search?q=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CF%85%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82&sxsrf=ALeKk01mFumVVf8mZF7JdPk5E75i3iqqPg:1608309280615&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwifnvD6-tftAhXP3KQKHeZPDlgQ\\_AUoAXoECAUQAaw&biw=1366&bih=568#imgrc=6ZwX0FGcRSzr\\_M](https://www.google.com/search?q=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CF%85%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82&sxsrf=ALeKk01mFumVVf8mZF7JdPk5E75i3iqqPg:1608309280615&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwifnvD6-tftAhXP3KQKHeZPDlgQ_AUoAXoECAUQAaw&biw=1366&bih=568#imgrc=6ZwX0FGcRSzr_M)

[https://www.google.com/search?q=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82+&tbm=isch&ved=2ahUKEwi03qL8-tftAhVHuKQKHQkTDscQ2-cCegQIABAA&oq=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82+&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzoHCCMQ6gIQJ1DH2QNYiPMEYKn4BGgCcAB4AIABeIgBeJIBAzAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&scliclient=img&ei=I9rcX\\_TAIMfwkgWJpri4DA&bih=568&biw=1366#imgrc=UgSYK1a04Mp9UM](https://www.google.com/search?q=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82+&tbm=isch&ved=2ahUKEwi03qL8-tftAhVHuKQKHQkTDscQ2-cCegQIABAA&oq=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82+&gs_lcp=CgNpbWcQAzoHCCMQ6gIQJ1DH2QNYiPMEYKn4BGgCcAB4AIABeIgBeJIBAzAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&scliclient=img&ei=I9rcX_TAIMfwkgWJpri4DA&bih=568&biw=1366#imgrc=UgSYK1a04Mp9UM)

<https://www.google.com/search?q=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B5%CF%82+%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%AF%CE%BF%CF%85+%CF%84%CE%BF%CF%85+%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%B1&tbm=isch&ved=2ahUKEwjrtf7W-9ftAhUEHuwKHfSLAS0Q2-cCegQIABAA&oq=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B5%CF%82+%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%AF%CE%BF%CF%85+%CF%84%CE%BF%CF%85+%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%BA>

CE%B1&gs\_lcp=CgNpbWcQDDoECCMQJzoHCCMQ6gIQJ1CF3AVYn\_EFY  
L73BWgBcAB4A4ABf4gBuQuSAQQwLjEzmAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pb  
WewAQrAAQE&sclient=img&ei=4drcX6vBL4S8sAf014boAg&bih=568&biw=  
1366#imgrc=bTpICzobjV2TdM

[https://www.google.com/search?q=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CF%87%CE%BD%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%86%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B1%CF%82&tbm=isch&ved=2ahUKEwjgmp e8\\_NftAhVGtKQKHQq3DtoQ2-cCegQIABAA&oq=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CF%87%CE%BD%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%86%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B1%CF%82&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzoHCCMQ6gIQJ1CDuAFY6sMBYKrJAWgBcAB4AIABc4gBc5IBAzAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&sclient=img&ei=tdvcX6DsPMbokgWK7rrQDQ&bih=568&biw=1366#imgrc=AvrOLzjpqLxdgM](https://www.google.com/search?q=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CF%87%CE%BD%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%86%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B1%CF%82&tbm=isch&ved=2ahUKEwjgmp e8_NftAhVGtKQKHQq3DtoQ2-cCegQIABAA&oq=%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CF%87%CE%BD%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%82+%CF%86%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B1%CF%82&gs_lcp=CgNpbWcQAzoHCCMQ6gIQJ1CDuAFY6sMBYKrJAWgBcAB4AIABc4gBc5IBAzAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&sclient=img&ei=tdvcX6DsPMbokgWK7rrQDQ&bih=568&biw=1366#imgrc=AvrOLzjpqLxdgM)

[https://www.waveshare.com/wiki/DHT11\\_Temperature-Humidity\\_Sensor](https://www.waveshare.com/wiki/DHT11_Temperature-Humidity_Sensor)