



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ  
ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
Τ.Ε

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

ΕΞΥΠΝΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ  
ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΙΟΤ

---

Ντινιακός Μαρίνος

A.M.: HN08195

Επιβλέπουσα: Θεοφανώ Κολλάτου



# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πτυχιακή θα μιλήσουμε για την έξυπνη καλλιέργεια – smart farming και το πως έχει εξελιχθεί σταδιακά όλο αυτόν τον καιρό, τα επιτεύγματα της, ανάλυση στις τεχνολογίες έξυπνης γεωργίας, τα πλεονεκτήματα τα οποία μας δίνονται αλλά και τις δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει καθώς διατηρεί την ποιότητα του εδάφους και εξοικονομεί υδάτινους πόρους. Επίσης γίνεται και αναφορά στο Internet of Things που είναι αναγκαίο για την έξυπνη καλλιέργεια καθώς και την σπουδαιότητα της έξυπνης καλλιέργειας αλλά ακόμα και τα οφέλη της.

Κλείνοντας θα παρουσιαστεί το πρακτικό κομμάτι της εργασίας με μία μικρή κατασκευή σε μακέτα με αισθητήρες για έξυπνο πότισμα με βάση το Arduino UNO το οποίο μας βοηθάει να γίνεται αυτόματο πότισμα φυτών. Είναι ένας τρόπος να συνδυάσουμε την έξυπνη χρήση της τεχνολογίας με την καθημερινότητά μας δημιουργώντας μια έξυπνη καλλιέργεια.

**Λέξεις Κλειδιά :** Έξυπνη καλλιέργεια, Arduino UNO, Internet of Things (IoT)

# Abstract

In the thesis, we will delve into the progressive evolution of smart farming, exploring its accomplishments, analyzing the technologies involved, and highlighting the numerous advantages it offers. Specifically, we will focus on its ability to preserve soil quality and conserve water resources, making it an invaluable approach to modern agriculture. The thesis will also emphasize the significance of the Internet of Things (IoT) in enabling smart farming practices and underscore the benefits associated with its implementation.

Conclusively, we will present a concise simulation utilizing Arduino UNO, incorporating sensor-based smart watering systems. This demonstration serves to illustrate that constructing a smart farming setup at home can be a straightforward endeavor. By showcasing this practical example, we aim to underscore the accessibility and feasibility of implementing smart farming techniques even on a small scale.

**Key Words:** Smart farming, Arduino UNO, Internet of Things (IoT)

## Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Φανή Κολλάτου για τις οδηγίες και τις ομιλίες ακόμα και στο κατασκευαστικό κομμάτι αλλά και την καθηγήτρια αγγλικών από το χωρίο μου που με βοήθησε στην μετάφραση των αγγλικών κειμένων.

### **Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων**

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο “ Έξυπνη Καλλιέργεια για γεωργία ακρίβειας με χρήση Internet of Things” καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Θεοφανώ Κολλάτου αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Ντινιακός Μαρίνος & Στημονιάρης Δημήτριος, Βανδίκας Ιωάννης, 2023, Κοζάνη.

# Πίνακας Περιεχομένων

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
Abstract .....	4
Ευχαριστίες.....	5
Πίνακας Περιεχομένων .....	7
Πίνακας εικόνων.....	8
Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 1: Κλιματική αλλαγή .....	10
1. Κλιματική αλλαγή .....	10
1.1 Φαινόμενο Θερμοκηπίου .....	10
1.2 Υδάτινοι πόροι.....	10
1.3 Καταστροφές εδάφους.....	11
Κεφάλαιο 2: Επιτεύγματα, πλεονεκτήματα και ψηφιοποίηση .....	12
2.1 Βασικά Επιτεύγματα.....	12
2.2 Πλεονεκτήματα .....	12
2.3 Ψηφιοποίηση .....	13
Κεφάλαιο 3: Τεχνολογίες Έξυπνης Καλλιέργειας _ Smart Farming.....	14
3.1 Smart Farming .....	14
3.2 Τεχνολογίες Έξυπνης γεωργίας.....	15
Κεφάλαιο 4: Συστήματα Γεωργίας ακριβείας .....	16
4.1 Συστήματα Γεωργίας Ακριβείας .....	16
4.2 Υιοθέτηση τεχνολογιών Έξυπνης Γεωργίας _ SFT.....	16
Κεφάλαιο 5: Πρόοδος της επιστήμης και διαδίκτυο πράγματος (IoT).....	18
5.1 Πρόοδος .....	18
5.2 Internet of Things .....	19
Κεφάλαιο 6: Σύγχρονη έννοια διαχείρισης IoT-SF και έξυπνα συστήματα παραγωγής.....	21
6.1 Έννοια διαχείρισης IoT-SF .....	21
6.2 Συστήματα Παραγωγής.....	22
6.3 Παρακολούθηση με αισθητήρες.....	22

Κεφάλαιο 7: Σπουδαιότητα και οφέλη.....	24
7.1 Σπουδαιότητα .....	24
7.2 Οφέλη.....	26
Κεφάλαιο 8: Μελέτη περίπτωσης με τη χρήση Arduino .....	28
8.1 Τεχνολογία Arduino.....	28
8.2 Πλεονεκτήματα Arduino.....	33
8.3 Μειονεκτήματα Arduino .....	35
8.4 Κατασκευή ενός συστήματος αυτόματου ποτίσματος με χρήση ARDUINO.....	36
8.4.1 Κώδικας Arduino .....	38
Βιβλιογραφία .....	42

## Πίνακας εικόνων

<b>Εικόνα 1:</b> Κλιματική αλλαγή .....	11
<b>Εικόνα 2:</b> Ψηφιοποίηση.....	13
<b>Εικόνα 3:</b> Τεχνολογίες.....	15
<b>Εικόνα 4:</b> Farming Systems .....	17
<b>Εικόνα 5:</b> Internet of Things .....	20
<b>Εικόνα 6:</b> Δεδομένα από αισθητήρες .....	23
<b>Εικόνα 7:</b> Arduino UNO.....	33
<b>Εικόνα 8:</b> Συνδέσεις-Κύκλωμα .....	37
<b>Εικόνα 9:</b> Κατασκευή.....	40
<b>Εικόνα 10:</b> Κατασκευή II.....	41



# Εισαγωγή

## Γεωργία

Η γεωργία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη συνολική οικονομική ανάπτυξη κάθε έθνους, καθώς παρέχει απαραίτητους πόρους όπως τρόφιμα, φάρμακα και ενέργεια. Είναι η ραχοκοκαλιά των περισσότερων αναπτυσσόμενων οικονομιών. Η γεωργία έχει γνωρίσει πολλές επαναστάσεις. Η ψηφιοποίηση της γεωργίας έχει οδηγήσει σε γεωργία ακριβείας και έξυπνη γεωργία. Αυτό μπορεί να επηρεάσει τις ευκαιρίες απασχόλησης και τα εργασιακά προφίλ των αγροτών. Θα εξετάσουμε τα βασικά επιτεύγματα και βέβαια την ψηφιοποίηση δηλαδή την βοήθεια του Internet of Things στην γεωργία ακρίβειας.

Το Internet of Things είναι ένας βασικός παράγοντας και απαραίτητος διότι μπορεί ο αναγνώστης-αγρότης να λάβει πληροφορίες ανά πάσα στιγμή σε μία συσκευή είτε είναι κινητό είτε είναι υπολογιστής είτε είναι κάποιο data center για την συλλογή δεδομένων. Έτσι επιτυγχάνεται η άμεση διόρθωση κάποιου ενδεχομένου προβλήματος αλλά και η υποστήριξη των φυτών με απομακρυσμένο έλεγχο.

Αυτό το επιτυγχάνουμε μαζί με την βοήθεια των τεχνολογιών έξυπνης γεωργίας οι οποίες είναι κυρίως τρεις, PA,FMIS,SFT. Οι τρεις κατηγορίες βασίζονται και σε αισθητήρες διότι χωρίς αυτούς δεν θα είχαμε την ακρίβεια που χρειαζόμαστε για την γεωργία.

Στο τέλος αυτής της εργασίας, παρουσιάζεται η κατασκευή με αισθητήρες όπου γίνεται αναπαράσταση ενός αυτόματου συστήματος για πότισμα.

# Κεφάλαιο 1: Κλιματική αλλαγή

## *1. Κλιματική αλλαγή*

Πρόσφατα, η κλιματική αλλαγή και η μεταβλητότητα επιδείνωσαν πιθανές επιβλαβείς επιπτώσεις στη γεωργία του κόσμου. Ωστόσο, η αβεβαιότητα του καιρού σε ορισμένες περιοχές έχει αρνητικές επιπτώσεις στη γεωργία και την παραγωγή τροφίμων. Για την αειφόρο παραγωγή τροφίμων, η παγκόσμια γεωργία πρέπει να χρησιμοποιεί γεωργικούς πόρους με μεγαλύτερη ακρίβεια και έγκαιρη απόφαση για τη μέγιστη αξιοποίηση των πόρων. (Virk, et al., 2020).

### *1.1 Φαινόμενο Θερμοκηπίου*

Ο μαθηματικός Γάλλος Φουριέ έδωσε αυτήν ονομασία που γνωρίζουμε όλοι μέχρι σήμερα την ονομασία «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Ο Φουριέ παρατήρησε ότι η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αυξανόταν συνεχώς και έμοιαζε με έναν μηχανισμό ενός θερμοκηπίου. Αρχικά, το φαινόμενο του θερμοκηπίου με ωφέλιμα αποτελέσματα για το κλίμα της γης στο οποίο ζούμε. Η μεγάλη απειλή, όμως, είναι η υπερβολή του συγκεκριμένου φαινομένου και για αυτό ευθύνεται ο ανθρώπινος παράγοντας λόγω εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια αυτά είναι από ενεργειακές εκπομπές δηλαδή βιομηχανίες, κτίρια, μεταφορές αλλά και από μη ενεργειακές εκπομπές όπως απόβλητα. Διακρίνουμε, όμως, ότι κάποια αέρια της ατμόσφαιρας είναι επικίνδυνα και επιτρέπουν την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας στην γη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απορροφούν και να επανεκπέμπουν προς το έδαφος υπέρυθρες ακτινοβολίες και έτσι παγιδεύονται στην ατμόσφαιρα της γης.

### *1.2 Υδάτινοι πόροι*

Υδάτινοι πόροι είναι τα αποθέματα του γλυκού νερού τα οποία είναι πόσιμα ή που μπορούν να μετατραπούν σε πόσιμο. Όπως γνωρίζουμε το νερό υπάρχει σε αφθονία στη γή είτε σε μορφή νερού είτε σαν ατμός είτε σαν πάγος. Αυτές οι μορφές νερού βρίσκονται σε διαρκή μεταβολή δηλαδή γίνεται ένας συνεχόμενος κύκλος στη φύση ο οποίος ονομάζεται κύκλος του νερού. Οι

ηλιακές ακτινοβολίες από την άλλη μετατρέπουν το νερό σε υδρατμούς και οι υδρατμοί ανεβαίνουν σε άλλα στρώματα της ατμόσφαιρας και ψύχονται από ψυχρές αέριες μάζες και δημιουργούνται τα σύννεφα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε περίπτωση βροχόπτωσης ή χαλάζι ή χιόνι το νερό το οποίο πέφτει πάλι προς την γη περνάει στο υπέδαφος και απορροφάτε από τις ρίζες των φυτών.

### ***1.3 Καταστροφές εδάφους***

Λόγω της κλιματικής αλλαγής πολλές βροχοπτώσεις προκαλούν τεράστιες ζημιές στην γεωργία. Από τις βροχοπτώσεις δημιουργούνται πλημμύρες κι έτσι προκαλούν διάβρωση του εδάφους σε γεωργικές εκτάσεις με αποτέλεσμα να καταστρέφουν καλλιέργειες αγροτών. Εκτός από τις άμεσες ζημιές και τις πλημμύρες δημιουργείται πλεονάζουσα υγρασία τους εδάφους που προκαλεί ζημιές στις καλλιέργειες τόσο από πάνω όσο και από κάτω στο έδαφος με αποτέλεσμα να προκαλούνται ανοξικές συνθήκες (έλλειψη οξυγόνου) στα φυτά.



***Εικόνα 1: Κλιματική αλλαγή***

## **Κεφάλαιο 2: Επιτεύγματα, πλεονεκτήματα και ψηφιοποίηση**

### ***2.1 Βασικά Επιτεύγματα***

Τα βασικά επιτεύγματα της έξυπνης γεωργίας όσον αφορά τη βιώσιμη γεωργία είναι ο έλεγχος της έλλειψης θρεπτικών συστατικών στις καλλιέργειες, ο έλεγχος παρασίτων και ασθενειών, η ανακύκλωση και η συγκομιδή νερού, οδηγώντας σε ένα συνολικά ασφαλέστερο περιβάλλον. Οι ζωντανοί οργανισμοί εξαρτώνται από τη φύση της βιοποικιλότητας και μολύνονται από εκπομπές αποβλήτων, χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων κλπ. Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου επηρεάζει τα φυτά, τα ζώα, τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Ως εκ τούτου, απαιτεί ένα καλύτερο περιβάλλον για τα έμβια όντα. (Dhanaraju, Chenniappan, Ramalingam, Pazhanivelan, & Kaliaperumal, 2022)

### ***2.2 Πλεονεκτήματα***

Η αειφόρος γεωργία βοηθά στην ενθάρρυνση των γεωργικών πρακτικών και προσεγγίσεων που βοηθούν στη διατήρηση των αγροτών και των πόρων. Είναι οικονομικά εφικτή και διατηρεί την ποιότητα του εδάφους, μειώνει την υποβάθμισή του, εξοικονομεί υδάτινους πόρους, βελτιώνει τη βιοποικιλότητα της γης και διασφαλίζει ένα φυσικό και υγιές περιβάλλον. Η αειφόρος γεωργία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των φυσικών πόρων και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η αειφόρος γεωργία είναι μια μέθοδος διατήρησης της φύσης χωρίς να διακυβεύονται οι βασικές ανάγκες της μελλοντικής γενιάς, βελτιώνοντας παράλληλα την αποτελεσματικότητα της γεωργίας.

### 2.3 Ψηφιοποίηση

Η ψηφιοποίηση έχει σημαντική επίδραση στον αγροτικό τομέα εδώ και αρκετό καιρό. Αυτή η εξέλιξη μπορεί να χαρακτηριστεί μέσα από τις έννοιες της γεωργίας ακριβείας και της έξυπνης γεωργίας. Η γεωργία ακριβείας περιλαμβάνει την εφαρμογή αυτόματα ελεγχόμενων γεωργικών μηχανημάτων και την παρακολούθηση των αποδόσεων. Η σωστή ποσότητα σπόρων και λιπασμάτων καθώς και οι επαρκείς απαιτήσεις άρδευσης μπορούν να καθοριστούν με βάση τα δεδομένα του εδάφους και του αγρού, τις αεροφωτογραφίες και τα ιστορικά δεδομένα καιρού και απόδοσης. Επιπλέον, η έξυπνη γεωργία ενσωματώνει τη γεωπονία, τη διαχείριση ανθρώπινων πόρων, την ανάπτυξη προσωπικού, τις αγορές, τη διαχείριση κινδύνου, την αποθήκευση, την επιμελητεία, τη συντήρηση, το μάρκετινγκ και τον υπολογισμό της απόδοσης σε ένα ενιαίο σύστημα. (Schönfeld, Heil, & Bittner, 2018).



*Εικόνα 2: Ψηφιοποίηση*

# Κεφάλαιο 3: Τεχνολογίες Έξυπνης Καλλιέργειας \_

## Smart Farming

### 3.1 Smart Farming

Οι γεωργικές επιδόσεις όσον αφορά την παραγωγικότητα οδήγησαν τις γεωργικές πρακτικές μετά την Πράσινη Επανάσταση της δεκαετίας του 1950, με περιορισμένη προσοχή στον αντίστοιχο αντίκτυπο στη βιωσιμότητα. Ωστόσο, οι συμβατικές γεωργικές πρακτικές βρίσκονται σε ένα σημείο όπου οι γεωργικές εισροές χρησιμοποιούνται υπερβολικά, η εργασία δεν υπάρχει πλέον σε αφθονία και η ζήτηση ενέργειας αυξάνεται συνεχώς. Νέες ευκαιρίες εμφανίζονται στη γεωργία, ως αποτέλεσμα της ταχείας ανάπτυξης των δικτύων επικοινωνίας και της διαθεσιμότητας ενός ευρέος φάσματος νέων αισθητήρων τηλεχειρισμού και επαφής. Στο γεωργικό πλαίσιο, αυτές οι τεχνολογίες βοηθούν στη σύλληψη και τη μετάδοση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο με χαμηλό κόστος. Αφού συγκεντρωθούν, υποβληθούν σε επεξεργασία και αναλυθούν, αυτά τα δεδομένα μπορούν να βοηθήσουν στον προσδιορισμό της κατάστασης του περιβάλλοντος είτε με συμβατικά μέσα είτε με αυτοματοποιημένες λύσεις. (Balafoutis, Evert, & Fountas, 2020).

Όλες αυτές οι πτυχές οδηγούν στην έννοια που ονομάζεται «έξυπνη γεωργία» που αντιπροσωπεύει την εφαρμογή των σύγχρονων τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) στη γεωργία. Η έξυπνη γεωργία (Smart Farming) βασίζεται σε μια ακριβή και αποδοτική από πλευράς πόρων προσέγγιση και προσπαθεί να επιτύχει υψηλότερη απόδοση στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων με αυξημένη ποιότητα σε βιώσιμη βάση. Ωστόσο, από την άποψη του αγρότη, η έξυπνη γεωργία θα πρέπει να παρέχει προστιθέμενη αξία με τη μορφή ακριβέστερης και έγκαιρης λήψης αποφάσεων ή/και πιο αποτελεσματικών λειτουργιών εκμετάλλευσης και διαχείρισης. (Balafoutis, Evert, & Fountas, 2020).

### ***3.2 Τεχνολογίες Έξυπνης γεωργίας***

Οι τεχνολογίες έξυπνης γεωργίας (Smart Farming Technologies – SFT) μπορούν να χωριστούν σε τρεις κύριες κατηγορίες: συστήματα πληροφοριών διαχείρισης αγροκτημάτων (Farm Management information systems – FMIS), συστήματα γεωργίας ακριβείας (PA) και γεωργικός αυτοματισμός και ρομποτική. Τα FMIS αντιπροσωπεύουν κυρίως συστήματα λογισμικού για τη συλλογή, την επεξεργασία, την αποθήκευση και τη διάδοση δεδομένων με τη μορφή που απαιτείται για την εκτέλεση των λειτουργιών ενός αγροκτήματος.



***Εικόνα 3: Τεχνολογίες***

## **Κεφάλαιο 4: Συστήματα Γεωργίας ακριβείας**

### ***4.1 Συστήματα Γεωργίας Ακριβείας***

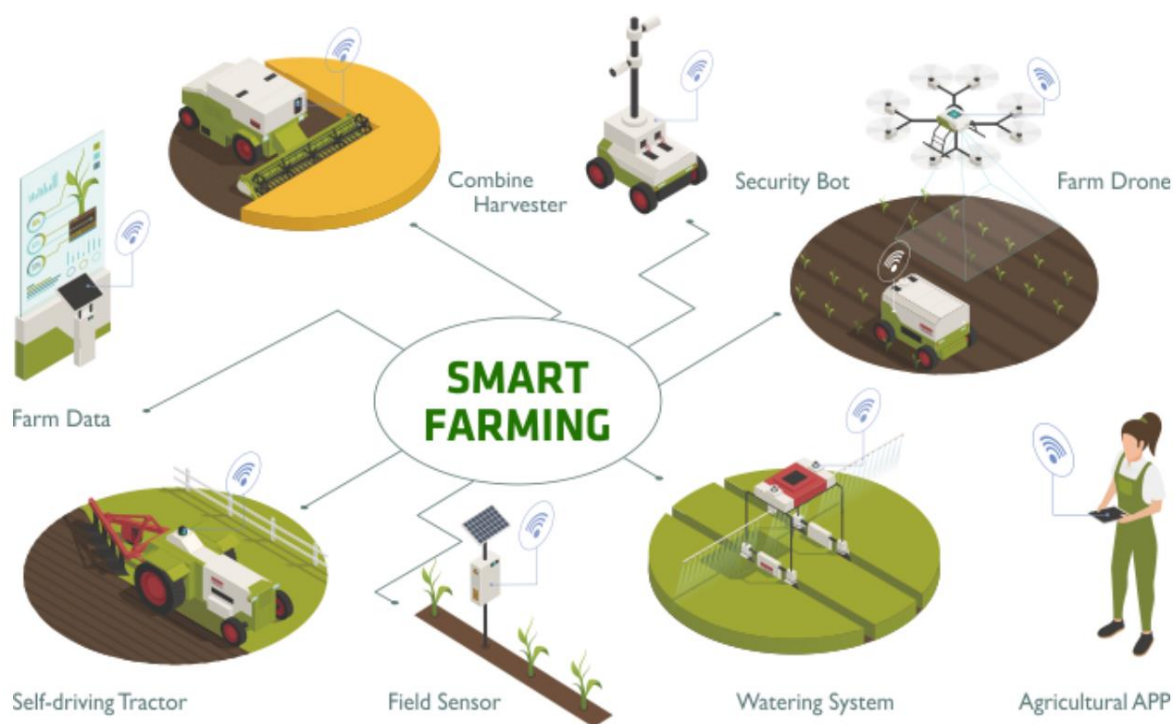
Το PA αναφέρεται στην έννοια της διαχείρισης της γεωργίας που στοχεύει στη βελτιστοποίηση της χρήσης των εισροών με βάση τις τεχνολογίες καταγραφής για την παρατήρηση και τη μέτρηση της χωρικής και χρονικής μεταβλητότητας μεταξύ και εντός του αγρού στις καλλιέργειες, με στόχο τη βελτίωση των οικονομικών αποδόσεων και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το PA είναι σε θέση να αυξήσει την απόδοση εισόδου για τη διατήρηση ή ακόμα και την αύξηση του ρυθμού παραγωγής, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες τηλεπισκόπησης για συλλογή δεδομένων είτε με δορυφορικές πλατφόρμες για διαστημικές εικόνες είτε με αεροσκάφη/UAV για εναέριες εφαρμογές, συνδυασμένη χρήση αισθητήρων για λήψη δεδομένων εδάφους, ασύρματα δίκτυα για τη διασύνδεσή τους, αναλύσεις γεωχωρικών δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές. Οι τεχνολογίες αυτοματισμού στη γεωργία βρήκαν μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον με τη μηχανική μάθηση να χρησιμοποιείται πλήρως για γεωργικούς σκοπούς, καθώς και την τεχνητή νοημοσύνη, τις τρισδιάστατες εικόνες και τα συστήματα πλοήγησης για αγροτικά οχήματα. Με βάση αυτές τις εξελίξεις, τα γεωργικά ρομπότ όλων των τύπων εφαρμόστηκαν τα τελευταία χρόνια με συγκεκριμένες εργασίες, όπως ο έλεγχος των ζιζανίων, η συγκομιδή, κ.λπ. (Balafoutis, Evert, & Fountas, 2020).

### ***4.2 Υιοθέτηση τεχνολογιών Έξυπνης Γεωργίας \_ SFT***

Η εστίαση στην έξυπνη γεωργία αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς και κυκλοφόρησαν αρκετές μελέτες για την τρέχουσα κατάσταση της ανάπτυξης και του ποσοστού υιοθέτησης SFT μεταξύ των αγροτών σε όλο τον κόσμο. Η πιο γνωστή, λόγω της συνεχούς εξαμηνιαίας έκδοσής της από το 1997 έως σήμερα, είναι η CropLife/Purdue Precision Ag Survey που ασχολείται με τα ποσοστά υιοθέτησης ορισμένων SFTs στις Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ) και στον Καναδά, με βάση τους εμπόρους λιανικής εισροής καλλιεργειών σχετικά με τις έξυπνες αγροτικές υπηρεσίες τους. Η τελευταία έκδοση (2019) έδειξε την αυξανόμενη χρήση δεδομένων για αποφάσεις διαχείρισης καλλιεργειών, με τις υπηρεσίες τεχνολογίας ανίχνευσης (δειγματοληψία εδάφους, απεικόνιση δορυφόρου/UAV, χαρτογράφηση απόδοσης) και τις υπηρεσίες μεταβλητού ποσοστού να



αυξάνονται σημαντικά σε σύγκριση με την προηγούμενη έκδοση ( 2017), παρουσιάζοντας τη συνεχή αύξηση της υιοθέτησης SFT στις ΗΠΑ. (Balafoutis, Evert, & Fountas, 2020).



**Εικόνα 4:** Farming Systems

# Κεφάλαιο 5: Πρόοδος της επιστήμης και διαδικτύου πράγματος (IoT)

## 5.1 Πρόοδος

Η πρόοδος της επιστήμης και της τεχνολογίας καθώς και το παγκόσμιο ΑΕΠ αυξάνεται συνεχώς. Ως αποτέλεσμα, η παρουσία αυτής της πραγματικότητας έχει ενθαρρύνει την ανάπτυξη έξυπνης γεωργίας, η οποία χρησιμοποιεί αισθητήρες και συστήματα άρδευσης για τη διαχείριση των καλλιεργειών. Με εφαρμογές υπολογιστών που βασίζονται σε αισθητήρες, μπορούν να συγκεντρωθούν πιο ακριβείς πληροφορίες σχετικά με την καλλιέργεια, το έδαφος και το περιβάλλον. (Gowda, 2021)

Καθώς τα έξυπνα μηχανήματα και οι αισθητήρες εμφανίζονται στα αγροκτήματα και τα δεδομένα των αγροκτημάτων αυξάνονται σε ποσότητα και εμβέλεια, οι γεωργικές διαδικασίες θα βασίζονται όλο και περισσότερο σε δεδομένα. Η έξυπνη γεωργία προωθεί τη γεωργία ακριβείας με σύγχρονη, εξελιγμένη τεχνολογία και επιτρέπει στους αγρότες να παρακολουθούν εξ αποστάσεως τα φυτά. Η έξυπνη γεωργία βοηθά τις γεωργικές διαδικασίες, όπως η συγκομιδή και οι αποδόσεις των καλλιεργειών, καθώς η αυτοματοποίηση των αισθητήρων και των μηχανημάτων έχει κάνει το εργατικό δυναμικό της γεωργίας πιο αποτελεσματικό. (Wolfert, Ge, Verdouw, & Bogaardt, 2017)

Οι τεχνολογίες μετατρέπουν τις παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας σε αυτόματες συσκευές, προκαλώντας μια τεχνολογική επανάσταση στη γεωργία. Σήμερα, η τεχνολογία στη γεωργία έχει αλλάξει τον τρόπο που διεξάγεται η γεωργία και οι συμβατικές τεχνικές έχουν μεταμορφωθεί από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things). Όσον αφορά τη βελτιστοποίηση των απαιτήσεων για αγροτική εργασία και την αύξηση της ποσότητας και της ποιότητας των προϊόντων, η έξυπνη γεωργία είναι μια αναδυόμενη σύγχρονη τεχνική που εφαρμόζεται με τις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ). Οι σύγχρονες τεχνολογίες ΤΠΕ, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, το GPS (Παγκόσμια Συστήματα Εντοπισμού Θέσης), οι αισθητήρες, η ρομποτική, τα drones, ο εξοπλισμός ακριβείας, οι ενεργοποιητές και η ανάλυση δεδομένων, χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των αναγκών των αγροτών και την επιλογή κατάλληλων λύσεων στα προβλήματά τους. Αυτές οι καινοτομίες αυξάνουν την ακρίβεια και την επικαιρότητα

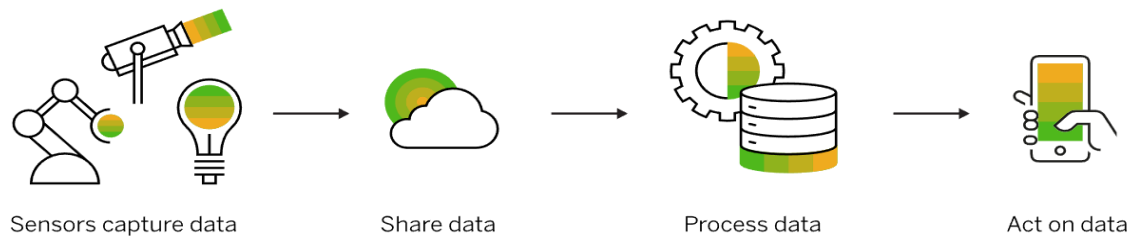
των αποφάσεων που λαμβάνονται και βελτιώνουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. (Dhanaraju, Chenniappan, Ramalingam, Pazhanivelan, & Kaliaperumal, 2022).

## **5.2 Internet of Things**

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι μια τεχνολογία που γίνεται όλο και πιο επίκαιρη τα τελευταία χρόνια. Τα συστήματα IoT βελτιώνουν τη συλλογή και την αυτοματοποίηση δεδομένων και ελέγχουν εξ αποστάσεως τη δυνατότητα και την ευελιξία μέσω έξυπνων συσκευών και τεχνολογίας ενεργοποίησης. Το IoT παρέχει μια κοινή πλατφόρμα για συσκευές με δυνατότητα web για επικοινωνία για διαφορετικές χρήσεις. Το IoT αποτελείται από ένα τεράστιο δίκτυο Διαδικτύου που είναι συνδεδεμένο με «πράγματα» και συσκευές. Το IoT βοηθά στη μείωση του χρόνου και των προσπαθειών των ατόμων. (Tandon & Gupta, 2021).

Η επιτυχία του IoT εξαρτάται από την τυποποίηση της ασφάλειας σε διάφορα επίπεδα, η οποία παρέχει ασφαλή δια λειτουργικότητα, συμβατότητα, αξιοπιστία και αποτελεσματικότητα των λειτουργιών σε παγκόσμια κλίμακα. Το IoT βασίζεται σημαντικά σε δεδομένα που συλλέγονται από έναν αριθμό διαφορετικών αισθητήρων κατανεμημένων σε μια γεωγραφική περιοχή. (Li, 2017).

Το IoT είναι ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων συσκευών που χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο για τη λήψη και παράδοση δεδομένων. Μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί ως οτιδήποτε μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο για ανίχνευση, συλλογή, αποθήκευση και κοινή χρήση δεδομένων. Η αρχιτεκτονική του IoT αποτελείται από πολλαπλά επίπεδα που είναι ενσωματωμένα με αισθητήρες, όπως το επίπεδο δικτύου που συλλέγει και ελέγχει δεδομένα, και ένα επίπεδο πλατφόρμας που επεξεργάζεται και αποθηκεύει μόνιμα δεδομένα. Η θεμελιώδης συμβολή της ανάπτυξης της γεωργίας είναι η βασική πρόοδος των ψηφιακών τεχνολογιών όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων, η ρομποτική, η τεχνητή νοημοσύνη και το Big Data που μεταμορφώνουν ολόκληρη την αλυσίδα αξίας της γεωργικής βιομηχανίας, από προμηθευτές εισροών στους καταναλωτές. Ως αποτέλεσμα, η αγροτική επιχείρηση φέρνει επανάσταση με μια διαδικασία ψηφιοποίησης που βασίζεται σε έξυπνες τεχνολογίες που προάγουν τη βιωσιμότητα σε ποικίλες εφαρμογές. (Gzar, Mahmood, & Adilee, 2022).



***Εικόνα 5: Internet of Things***

# Κεφάλαιο 6: Σύγχρονη έννοια διαχείρισης IoT-SF και έξυπνα συστήματα παραγωγής

## 6.1 Έννοια διαχείρισης IoT-SF

Η έξυπνη γεωργία (SF) είναι μια σύγχρονη έννοια διαχείρισης γεωργίας με τεχνολογία IoT για την αύξηση της παραγωγικότητας στη γεωργία. Με τη χρήση της έξυπνης γεωργίας, οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά λιπάσματα και άλλους πόρους για να αυξήσουν την ποιότητα και την ποσότητα των καλλιεργειών τους. Οι αγρότες δεν μπορούν να είναι φυσικά παρόντες 24 ώρες την ημέρα. Επίσης, οι αγρότες μπορεί να μην έχουν τη γνώση να χρησιμοποιήσουν διαφορετικά εργαλεία για να μετρήσουν τις ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες για τις καλλιέργειές τους. Το IoT τους παρέχει το αυτοματοποιημένο σύστημα που μπορεί να λειτουργήσει χωρίς ανθρώπινη επίβλεψη και μπορεί να τους ειδοποιήσει για να λάβουν τη σωστή απόφαση για την αντιμετώπιση διαφορετικών ειδών προβλημάτων που μπορεί να αντιμετωπίσουν κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Έχει τη δυνατότητα να προσεγγίσει και να ειδοποιήσει τον αγρότη ακόμα κι αν ο αγρότης δεν βρίσκεται στο χωράφι, κάτι που μπορεί να επιτρέψει στον αγρότη να διαχειρίζεται περισσότερες γεωργικές εκτάσεις, βελτιώνοντας έτσι την παραγωγή του. (Doshi, Patel, & Bharti, 2019).

Σε ένα άρθρο του Prem Prakash, εκτιμάται ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα φτάσει τα 9 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050. Η εφαρμογή του IoT είναι απαραίτητη προκειμένου η γεωργία να θρέψει τόσο μεγάλο πληθυσμό και να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά τη γεωργική γη και άλλους πόρους που σπάνια διατίθενται σε κάποια μέρη. Λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη, οι απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τις καλλιέργειες και οι αγρότες αντιμετωπίζουν μεγάλες απώλειες, επομένως η εφαρμογή IoT Smart Farming θα τους επιτρέψει να λάβουν γρήγορα μέτρα για να αποτρέψουν κάτι τέτοιο. (Doshi, Patel, & Bharti, 2019).

## **6.2 Συστήματα Παραγωγής**

Σύμφωνα με την έκθεση του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO 2017), περίπου το 20–40% των καλλιεργειών χάνεται ετησίως λόγω παρασίτων και ασθενειών και ως αποτέλεσμα της έλλειψης καλής παρακολούθησης της κατάστασης της καλλιέργειας. Ως εκ τούτου, η χρήση αισθητήρων και έξυπνων συστημάτων επιτρέπει την παρακολούθηση των καιρικών παραγόντων, της κατάστασης γονιμότητας και επίσης τον προσδιορισμό της ακριβούς ποσότητας λιπασμάτων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Η υπερβολική χρήση λιπασμάτων έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη γονιμότητα του εδάφους. Οι Farooq et al. (2020) εξέτασαν 67 ερευνητικές εργασίες που δημοσιεύθηκαν από το 2006 έως το 2019 σχετικά με τη χρήση του IoT σε διαφορετικές γεωργικές εφαρμογές και σημείωσαν ότι περίπου το 16% των ερευνητικών εργασιών αφορούσε γεωργία ακριβείας, το 16% για την παρακολούθηση της άρδευσης, 13% για την παρακολούθηση του εδάφους, το 12% για τη θερμοκρασία, την παρακολούθηση των ζώων και την παρακολούθηση υγρασίας ήταν 11% για το καθένα, η παρακολούθηση αέρα και ασθενειών ήταν 5 % για καθένα εκτός από την παρακολούθηση του νερού ήταν 7 %. Τέλος, η παρακολούθηση της γονιμοποίησης ήταν μόνο το 4% των ερευνητικών εργασιών. (Mohamed, Belal, Elmabod, Shirbeny, Gad, & Zahran, 2021).

## **6.3 Παρακολούθηση με αισθητήρες**

Οι αισθητήρες είναι υπεύθυνοι για τη μέτρηση και την παρακολούθηση όλων των παραγόντων στο έξυπνο σύστημα. Για παράδειγμα, η παρακολούθηση της υγείας του εδάφους διαθέτει ειδικούς αισθητήρες όπως περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, περιεκτικότητα σε φωσφορικά άλατα, υγρασία του εδάφους και συμπίεση κ.λπ. Το έξυπνο σύστημα άρδευσης περιλαμβάνει πολλούς αισθητήρες για την παρακολούθηση των επιπέδων του νερού, την αποτελεσματικότητα της άρδευσης, αισθητήρες κλίματος κ.λπ. Οι αισθητήρες μπορούν να μετρήσουν και να παρακολουθούν τις αλλαγές στο έδαφος και στις ιδιότητες απόδοσης και τις τοπικές καιρικές συνθήκες στο αγρόκτημα. Έτσι, οι αισθητήρες μπορούν να συγκεντρώσουν τα διαφορετικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση των καταστατικών του αγροκτήματος και για τη λήψη μιας κατάλληλης απόφασης. Αυτοί οι έξυπνοι αισθητήρες παρακολουθούν τη διακύμανση του εδάφους, των καλλιεργειών, της υγείας των ζώων, επιπλέον, συμβάλλουν στην ενίσχυση του αγροτικού προϊόντος από πλευράς ποσότητας και ποιότητας. Οι τυπικοί αισθητήρες

που χρησιμοποιούνται στα έξυπνα δίκτυα γεωργίας είναι αισθητήρες υγρασίας εδάφους που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της αλλαγής της υγρασίας του εδάφους, η θερμοκρασία του εδάφους που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας στο έδαφος, η θερμοκρασία του αέρα, η τιμή του pH του εδάφους, η υγρασία, οι αισθητήρες N, P, K, κ.λπ. (Mohamed, Belal, Elmabod, Shirbeny, Gad, & Zahran, 2021).



*Εικόνα 6: Δεδομένα από αισθητήρες*

# Κεφάλαιο 7: Σπουδαιότητα και οφέλη

## 7.1 Σπουδαιότητα

Η έννοια της γεωργίας περιλαμβάνει μια σειρά διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, όπου ορισμένα από αυτά συνδέονται άμεσα με την καλλιέργεια της γης (έλεγχος νερού, καλλιέργεια, συγκομιδή κ.λπ.), ενώ κάποια άλλα είναι η φυσική επέκταση του το μοντέλο της γεωργίας (μηχανική, οικονομία, διαχείριση κ.λπ.). Η πρόοδος σε διάφορους τομείς του τομέα των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) σε συνδυασμό με την ανάγκη για βελτίωση της παραγωγικότητας της γεωργίας, τόσο για θέματα επισιτιστικής ασφάλειας όσο και για περιβαλλοντικές επιπτώσεις, έχουν δημιουργήσει το πεδίο της έξυπνης γεωργίας. Η γεωργία ακριβείας (ή η έξυπνη γεωργία) μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τη γεωργική παραγωγή τόσο όσον αφορά την παραγωγικότητα όσο και τη βιωσιμότητα. Αν και η παραγωγικότητα φαίνεται να είναι η κινητήρια δύναμη κάθε τεχνολογικής προόδου στη γεωργία, η σημασία της βιωσιμότητας δεν πρέπει να εγκαταλειφθεί. Η βιωσιμότητα αναδεικνύεται ως μείζον ζήτημα σε όλο το φάσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας, επομένως ένας από τους στόχους της έξυπνης γεωργίας είναι η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών δραστηριοτήτων. (Lytos, Lagkas, Sarigiannidis, Zervakis, & Livanos, 2020).

Στην Έξυπνη γεωργία χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες όπως η Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing), το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) και το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS). Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN) αποτελείται από μεγάλο αριθμό κόμβων αισθητήρων που συλλέγουν δεδομένα και μεταδίδονται στον σταθμό βάσης. Αυτοί οι κόμβοι εφαρμόζονται πυκνά στον αγροτικό τομέα. Οι κόμβοι αισθητήρων συντονίζονται μεταξύ τους με βάση τα διάφορα πρωτόκολλα και παρέχουν πληροφορίες υψηλής ποιότητας για το περιβάλλον πεδίου. Καθένας από αυτούς τους καταναμημένους κόμβους αισθητήρων έχει την ικανότητα να συλλέγει και να δρομολογεί δεδομένα είτε σε άλλους αισθητήρες είτε πίσω στους σταθμούς βάσης ή τους διακομιστές. Ο σταθμός βάσης συνδέει όλο το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μέσω Διαδικτύου όπου οι αγρότες μπορούν να λαμβάνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. (Chidambaranathan, Handa, & Ramanamurthy, 2018) .



Η εφαρμογή της τεχνολογίας SF θεωρείται πολύ σημαντική σε όλο τον κόσμο. Οι αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν αρκετές προκλήσεις στην εφαρμογή έξυπνων συστημάτων όσον αφορά τη διαθεσιμότητα υποδομής που ανήκει στο κράτος. Επομένως, τα εμπόδια στην εφαρμογή της έξυπνης γεωργικής τεχνολογίας στις αναπτυσσόμενες χώρες μπορούν να συνοψιστούν ως εξής: 1) η διαθεσιμότητα κατάλληλου δικτύου τέταρτης ή πέμπτης γενιάς και είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας όσον αφορά τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ αισθητήρων μέσω του Διαδικτύου, 2) η διαθεσιμότητα αισθητήρων καθώς είναι υπεύθυνοι για τη μέτρηση των διαφόρων φαινομένων και χαρακτηριστικών στο αγρόκτημα, η διαθεσιμότητα συσκευών και εξοπλισμού που μπορούν να επιτύχουν γεωργικές εργασίες. 4) εκπαιδευμένους ειδικούς που βασίζονται σε έξυπνες φάρμες. (Mohamed, Belal, Elmabod, Shirbeny, Gad, & Zahran, 2021).

Η αγροτική βιομηχανία θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη βιομηχανία επειδή αρκετές ζωτικής σημασίας βιομηχανίες αντλούν τις πρώτες ύλες τους από τη γεωργία. Η έξυπνη γεωργία μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει τη νέα τεχνολογία του 5G —5G-enabled IoT-based smart agriculture, που σημαίνει το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 5ης γενιάς και ορίζεται ως «μια νέα τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που έχει την ικανότητα να συνδέει ένα εκατομμύριο συσκευές ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο με περίπου 100 φορές περισσότερες ταχύτητες μεταφόρτωσης και λήψης σε σύγκριση με την τέταρτη γενιά τεχνολογιών κινητής τεχνολογίας (4G) και τέταρτης γενιάς μακροπρόθεσμης εξέλιξης (4GLTE). Με βάση την παγκόσμια κρίση του νερού, η διαχείριση της έξυπνης γεωργίας στην άρδευση είναι πολύ σημαντική όπως αναφέρουν πολλές πρόσφατες αναφορές όπως οι Cáceres et al. (2021), Karmakar and Sarkar (2021), Liu et al. (2022) και Sami et al. (2022). (Fouad & Ramady, 2022).

Σήμερα, οι αγρότες μπορούν να αξιοποιήσουν το IoT για να βελτιώσουν την αποδοτικότητα του αγροκτήματός τους, όπως η άρδευση, η λίπανση, οι πληροφορίες συγκομιδής και οι κλιματικές προβλέψεις παρακολουθώντας με αισθητήρες για να βελτιώσουν τη λήψη των αποφάσεών τους. Η Έξυπνη Γεωργία μπορεί επίσης να προσφέρει μεγάλα οφέλη όσον αφορά τα περιβαλλοντικά ζητήματα, για παράδειγμα, μέσω της αποτελεσματικότερης χρήσης του νερού ή της βελτιστοποίησης των θεραπειών και των εισροών. Η γεωργική βιομηχανία θα γίνει αναμφισβήτητα πιο σημαντική από ποτέ τις επόμενες δεκαετίες. Ο κόσμος θα χρειαστεί να παράγει 70% περισσότερα τρόφιμα το 2050 προκειμένου να θρέψει τον αυξανόμενο πληθυσμό της Γης, σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ. Για να καλύψουν αυτή

τη ζήτηση, οι αγρότες και οι γεωργικές εταιρείες στρέφονται στο Internet of Things για αναλυτικές πληροφορίες και μεγαλύτερες δυνατότητες παραγωγής. (Mahawar, et al., 2020).

## 7.2 Οφέλη

Όσον αφορά τα οφέλη της έξυπνης γεωργίας, υπάρχουν πολλά οφέλη που επιτυγχάνονται μέσω της έξυπνης γεωργίας, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων θεμάτων: 1) αύξηση της ποσότητας παραγωγής με εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα, που μπορούν να υποστηρίξουν την αυξημένη παραγωγή, 2) αύξηση της ποιότητας παραγωγής βελτιώνοντας την ποιότητα των παραγόμενων τροφίμων ώστε να είναι πιο υγιεινά, 3) αποδοτικότητα της γεωργικής διαδικασίας και χρήση πόρων με χρήση έξυπνων τεχνολογιών κατά τη διάρκεια των τακτικών γεωργικών διεργασιών, οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της εκτέλεσης αυτών των γεωργικών διεργασιών, 4) βέλτιστο κόστος καλλιέργειας με τη χρήση εξαιρετικά αποδοτικών διαδικασιών για τη μείωση του συνολικού κόστους της καλλιέργειας, ταυτόχρονα, 5) μείωση των δαπανών με μείωση της σπατάλης τροφίμων και άλλων ενδιάμεσων πόρων στον τομέα της γεωργίας, 7) φιλικές προς το περιβάλλον γεωργικές διεργασίες με τη μείωση της γεωργικής σπατάλης, η οποία θα μειώσει άμεσα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα άνθρακα. (Fouad & Ramady, 2022).

Η έξυπνη γεωργία είναι σίγουρα ο κύριος παράγοντας στην παραγωγή περισσότερων τροφίμων με λιγότερα για έναν αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό. Ειδικότερα, η έξυπνη γεωργία επιτρέπει την αύξηση της απόδοσης μέσω της αποτελεσματικότερης χρήσης των φυσικών πόρων και των εισροών και τη βελτίωση της διαχείρισης της γης και του περιβάλλοντος. Αν και αυτό είναι ζωτικής σημασίας για τη βιώσιμη διατροφή του αυξανόμενου πληθυσμού του κόσμου, υπάρχουν και άλλα οφέλη που παρέχει η έξυπνη γεωργία στους αγρότες και τις κοινότητες σε όλο τον κόσμο. Οι συμβατικές αλυσίδες εφοδιασμού έχουν χαρακτηριστεί από ανισορροπία ισχύος με τους αγρότες να έχουν συχνά λιγότερη ισχύ επειδή είχαν λιγότερες πληροφορίες σχετικά με την απόδοση του προϊόντος τους σε σχέση με τις απαιτήσεις των πελατών. Η έξυπνη γεωργία παρέχει έναν ζωτικό κρίκο μεταξύ όλων των παραγόντων της αλυσίδας εφοδιασμού, επιτρέποντας την αποτελεσματική και δίκαιη ροή πληροφοριών και, με τον τρόπο αυτό, διευκολύνοντας τη λήψη αποφάσεων. Αυτό έχει τη δυνατότητα να εξισορροπήσει εκ νέου την ισχύ και να αναδιανείμει τα κέρδη πιο δίκαια σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. (Fouad & Ramady, 2022) Η έξυπνη γεωργία

υποστηρίζει επίσης δραστηριότητες επαλήθευσης, συνδέοντας πληροφορίες μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού, ώστε να μπορούν να ελεγχθούν οι ισχυρισμοί παραγωγής. Αυτά μπορεί να σχετίζονται με την ασφάλεια του παραγόμενου τρόφιμου (όπως η διασφάλιση ότι δεν υπάρχουν επιβλαβή χημικά κατάλοιπα), όπου αναπτύχθηκε, τη μεταχείριση των ζώων στο αγρόκτημα ή πρακτικές βιωσιμότητας που συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος. Η έξυπνη γεωργία βοηθά τους αγρότες να κατανοήσουν καλύτερα τους σημαντικούς παράγοντες όπως το νερό, η τοπογραφία, η βλάστηση και οι τύποι εδάφους. Αυτό επιτρέπει στους αγρότες να προσδιορίζουν τις βέλτιστες χρήσεις των σπάνιων πόρων στο περιβάλλον παραγωγής τους και να τις διαχειρίζονται με περιβαλλοντικά και οικονομικά βιώσιμο τρόπο. Επιτρέπει επίσης στους αγρότες να παρακολουθούν έγκαιρα την ποσότητα και την ποιότητα των προϊόντων τους και να προσαρμόζουν τις τεχνικές παραγωγής τους όταν χρειάζεται. (Fouad & Ramady, 2022).

# Κεφάλαιο 8: Μελέτη περίπτωσης με τη χρήση Arduino

## 8.1 Τεχνολογία Arduino

Η ανάπτυξη και η χρήση της τεχνολογίας μικρό ελεγκτών έχει εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης ζωής. Οι μικροί ελεγκτές χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλούς κλάδους, όπως: εκπαιδευτικός εξοπλισμός, οικιακές ηλεκτρονικές συσκευές, συσκευές υποστήριξης αυτοκινήτων, βιομηχανικός εξοπλισμός, εξοπλισμός τηλεπικοινωνιών, ιατρικός εξοπλισμός, ελεγκτές ρομπότ και στρατιωτικά όπλα. Το Arduino είναι μια πλακέτα μικροί ελεγκτής που μπορεί να προγραμματιστεί και είναι ανοιχτού κώδικα. Η πλατφόρμα Arduino είναι πλέον πολύ δημοφιλής με αυξανόμενο αριθμό νέων χρηστών. Είναι εύκολο στη χρήση και στη σύνταξη κώδικα προγράμματος. Στην πλακέτα Arduino υπάρχει ένας μικροί ελεγκτής σειράς AVR AT mega 328 που είναι προϊόν της Atmel. (Yusro & Guntoro, 2021).

Σε αντίθεση με το ελεύθερο λογισμικό ή το λογισμικό ανοιχτού κώδικα, το οποίο χρησιμοποιείται ήδη, από την εξόρυξη δεδομένων έως τη δημοσίευση, το ανοιχτό υλικό είναι αρκετά νέο. Ένα από τα έργα υλικού ανοιχτού κώδικα που έγινε γρήγορα δημοφιλής είναι το Arduino. Δημιουργήθηκε το 2005 στο Interaction Design Institute Ivrea (Ιταλία) ως ένα σύστημα που επέτρεπε στους μαθητές να αναπτύξουν διαδραστικά σχέδια. Ο μικροί ελεγκτής RISC 8-bit 16 MHz που χρησιμοποιεί το Arduino προσφέρει υπολογιστική ισχύ περίπου 300.000 γραμμών κώδικα προγράμματος ανά δευτερόλεπτο και επαρκείς εισόδους και εξόδους για πολλές εφαρμογές. Εκτός από το υλικό, διατίθεται ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για κεντρικούς υπολογιστές που εκτελούν τα λειτουργικά συστήματα Linux, MacOS και Windows. Η γλώσσα προγραμματισμού είναι η C/C++ και ορισμένες βιβλιοθήκες κάνουν απλές τυπικές εφαρμογές όπως η εκτύπωση σε αφαριθμητική οθόνη LCD ή η χρήση σειριακής επικοινωνίας. (Faugel & Bobkov, 2013).

Η καρδιά του Arduino είναι ένας μικροί ελεγκτής. Σχεδόν οτιδήποτε άλλο στην πλακέτα έχει να κάνει με την παροχή ισχύος στην πλακέτα και τη δυνατότητα επικοινωνίας της με τον επιτραπέζιο υπολογιστή. Ένας μικροί ελεγκτής είναι πραγματικά ένας μικρός υπολογιστής σε ένα τσιπ. Ο μικροί ελεγκτής Arduino σχεδιάστηκε αρχικά για επαγγελματίες και φοιτητές για να αναπτύξουν

συσκευές που μπορούν να αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον χρησιμοποιώντας αισθητήρες. Οι μικροί ελεγκτές Arduino έχουν εισόδους και εξόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη πληροφοριών και με βάση τα δεδομένα που λαμβάνονται, το Arduino μπορεί να στείλει έξοδο. Οι μικροί ελεγκτές Arduino μπορούν επίσης να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα μέσω Διαδικτύου χρησιμοποιώντας αιτήματα HTTP. Ο απλός μικροί ελεγκτής που μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο είναι η πλακέτα Esp. Οι μικροί ελεγκτές Esp μπορούν να συνδεθούν σε διακομιστή Wi-Fi ή μπορούν να λειτουργήσουν ως διακομιστής Wi-Fi. (Ismailov & Jo'rayev, 2022).

Το Arduino χρησιμοποιεί υλικό γνωστό ως πίνακας ανάπτυξης Arduino. Το λογισμικό Arduino για την ανάπτυξη του κώδικα είναι γνωστό ως Arduino IDE (Integrated Development Environment). Ενσωματωμένοι με τους μικροί ελεγκτές 8-bit Atmel AVR που κατασκευάζονται από την Atmel ή με έναν 32-bit Atmel ARM, αυτοί οι μικροί ελεγκτές μπορούν να προγραμματιστούν εύκολα χρησιμοποιώντας τη γλώσσα C ή C++ στο Arduino IDE. Η πλακέτα Arduino μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφόρτωση ενός νέου κωδικού στην πλακέτα Arduino χρησιμοποιώντας ένα καλώδιο USB για αποστολή. Το Arduino IDE παρέχει μια απλοποιημένη ενσωματωμένη πλατφόρμα που μπορεί να τρέξει σχεδόν σε όλους τους προσωπικούς υπολογιστές και οι χρήστες μπορούν να γράφουν προγράμματα για το Arduino χρησιμοποιώντας γλώσσα προγραμματισμού C ή C++. Με το Arduino IDE, οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν διάφορα είδη έργων, από απλά πειράματα και καλωδίωση μέχρι πολύπλοκες εφαρμογές που χρησιμοποιούν πολλούς αισθητήρες και ελεγκτές για τον έλεγχο του περιβάλλοντος και των συσκευών. Το Arduino IDE υποστηρίζει μια μεγάλη ποικιλία από πλακέτες Arduino, καθώς και άλλες πλατφόρμες που βασίζονται σε μικροί ελεγκτές. Στην οικογένεια πλακέτας Arduino, υπάρχουν πολλοί τύποι πλακών Arduino. Για ασύρματη επικοινωνία, οι πλακέτες όπως το Arduino BT διαθέτουν ενσωματωμένη μονάδα Bluetooth. Αυτές οι μονάδες είναι γνωστές ως Shield. (Ismailov & Jo'rayev, 2022)

Οι πλακέτες Arduino χρησιμοποιούν ασπίδες που είναι πλακέτες επέκτασης τυπωμένου κυκλώματος που συνδέονται στις συνήθως παρεχόμενες κεφαλίδες ακίδων Arduino. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι ασπίδων, αλλά οι πιο χρησιμοποιούμενοι είναι το Wi-Fi Shield και το Bluetooth Shield. Το Wi-Fi Shield επιτρέπει σε μια πλακέτα Arduino να συνδεθεί στο διαδίκτυο χρησιμοποιώντας τις προδιαγραφές ασύρματης σύνδεσης 802.11. Η ασπίδα Wi-Fi συνδέεται με την πλακέτα Arduino χρησιμοποιώντας μακριές κεφαλίδες με σύρμα που εκτείνονται μέσα από την ασπίδα. (AL-Kadi, AL-Tuwaijri, & AL-Omran, 2013)

Οποιαδήποτε μελέτη για τη δημιουργία πρωτοτύπων με το Arduino που δεν αναφέρει μικρό ελεγκτές μπορεί να κριθεί ελλιπής. Οι μικρό ελεγκτές έχουν βρει ευρεία χρήση σε σπίτια, γραφεία και ερευνητικά περιβάλλοντα. Με απλά λόγια, οι μικρό ελεγκτές είναι ενσωματωμένα συστήματα τα οποία όταν βρίσκονται σε μια συσκευή ελέγχουν τις ενέργειες και τα χαρακτηριστικά αυτής της συσκευής. Τις περισσότερες φορές, ελέγχουν μια αποκλειστική εργασία στη συσκευή και όχι όλες τις λειτουργίες της συσκευής. Οι μικρό ελεγκτές έχουν και ένα λογισμικό και ένα στοιχείο υλικού. Παρόλα αυτά, οι μικρό ελεγκτές δεν πρέπει να συγχέονται με τους μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούνται για υπολογιστές γενικής χρήσης, ενώ οι μικρό ελεγκτές έχουν σχεδιαστεί για συγκεκριμένο σκοπό. Οι μικρό ελεγκτές μπορούν να βρεθούν σε εμφυτεύσιμες ιατρικές συσκευές, συστήματα ελέγχου διεργασιών, συστήματα ελέγχου κινητήρα αυτοκινήτου, συστήματα τηλεχειρισμού, βιομηχανικές συσκευές οργάνων, εξοπλισμό γραφείου, ηλεκτρονικές συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία και παιχνίδια. Οι περισσότερες από αυτές τις συσκευές και προϊόντα ελέγχονται αυτόματα, διαθέτουν αποκλειστικές συσκευές εισόδου και μικροσκοπικές εξόδους οθόνης LED/LCD. (Kondaveeti, Kumaravelu, Vanambathina, Mathe, & Vappangi, 2021).

Ενώ υπάρχουν πολλά συστήματα για την κατασκευή μικρό ελεγκτών, το Arduino έχει αποδειχθεί το πιο αποτελεσματικό. Η Arduino, μια κοινότητα αλληλεπίδρασης για επιχειρήσεις και χρήστες υλικού και λογισμικού ανοιχτού κώδικα, κατασκευάζει πλακέτες Arduino που βασίζονται σε μικρό ελεγκτές. Αυτές οι πλακέτες ανάπτυξης είναι επίσης γνωστές ως Arduino Modules μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη μικρό ελεγκτών. Το Arduino κάνει τη διαδικασία εργασίας με μικρό ελεγκτές απλούστερη, ενώ προσφέρει τεράστια οφέλη σε δασκάλους, μαθητές σε σύγκριση με παρόμοια συστήματα. Σε αντίθεση με άλλες πλατφόρμες ανάπτυξης μικρό ελεγκτών, οι πλακέτες Arduino είναι σχετικά φθηνές. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα μεταφόρτωσης ενός σεναρίου στο EEPROM της πλακέτας Arduino και θα εκτελείται χωρίς η πλακέτα να διασυνδέεται με υπολογιστές ή κάποιο λογισμικό εκτός του συστήματος Arduino. Οι πλακέτες Arduino διαθέτουν επίσης ένα εξάρτημα από «κιτ» που βασίζονται σε μικρό ελεγκτές που είναι χρήσιμα για την κατασκευή ψηφιακών συσκευών και διαδραστικών οντοτήτων που όχι μόνο αντιλαμβάνονται αλλά ελέγχουν αντικείμενα της πραγματικής ζωής. Το Arduino υπάρχει σε πολλές παραλλαγές συμπεριλαμβανομένων των Arduino Uno, Arduino Due, Arduino Mega και Arduino Leonardo. (Kondaveeti, Kumaravelu, Vanambathina, Mathe, & Vappangi, 2021).

Τα προϊόντα Arduino έχουν διάφορα είδη μικρό ελεγκτών, για παράδειγμα: ο ATtiny85 είναι ένας μικρό ελεγκτής που χρησιμοποιείται από την Arduino Gemma, ο ATmega32U4 χρησιμοποιείται τόσο από τον Arduino/Genuino MICRO όσο και από τον Arduino Υύν, ο ATmega328P χρησιμοποιείται και από τους Arduino/Genuino Pro UNO και Arduino Due χρησιμοποιεί το AT91SAM3X8E. Ολόκληρα τα προϊόντα Arduino μπορούν να προγραμματιστούν μέσω του λογισμικού Arduino, το οποίο είναι διαθέσιμο για δωρεάν λήψη από την επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας. (Areed, 2019).

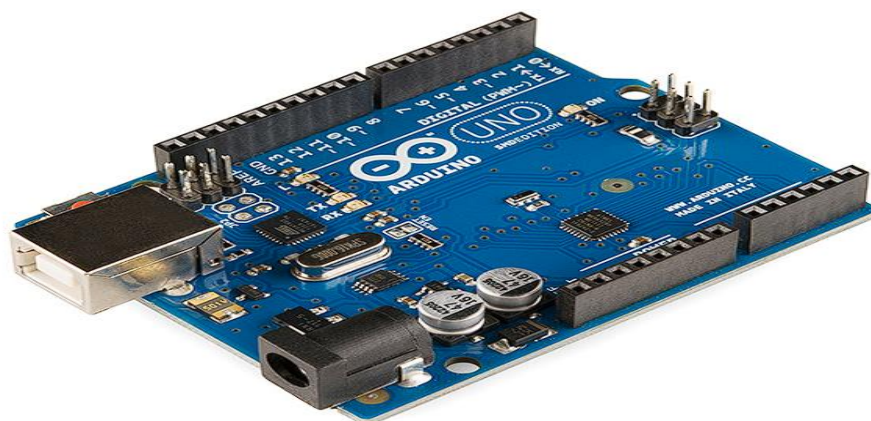
Το Arduino Uno είναι μια από τις πιο δημοφιλείς πλακέτες της πλατφόρμας Arduino. Περιλαμβάνει ένα μικρό ελεγκτή AVR ATmega328P, που μπορεί να προγραμματιστεί με την χρήση ενός υπολογιστή. Η πλακέτα του Arduino Uno περιλαμβάνει επίσης διάφορα εξαρτήματα, όπως αντιστάσεις, πυκνωτές, LED, και κουμπιά, καθώς και εισόδους και εξόδους (inputs/outputs) για τη σύνδεση με άλλες συσκευές. Η πλατφόρμα Arduino και ιδιαίτερα η έκδοση Uno έχουν κατακτήσει μεγάλη δημοτικότητα λόγω της ευκολίας τους στη χρήση και του μεγάλου αριθμού των διαθέσιμων βιβλιοθηκών και παραδειγμάτων. Το Arduino Uno έχει επίσης μια σειρά από επικοινωνιακά πρωτόκολλα που το καθιστούν συμβατό με διάφορα άλλα ηλεκτρονικά συστήματα και συσκευές, όπως οι υπολογιστές, οι κινητές συσκευές και άλλες πλατφόρμες ελέγχου. (Candelas, και συν., 2015).

Η σπουδαιότητα του Arduino έγκειται στην ικανότητά του να επιτρέπει στους χρήστες να κατασκευάζουν πρωτότυπα συστήματα χρησιμοποιώντας εύκολα και προσιτά υλικά. Αυτό σημαίνει ότι οι επιστήμονες, οι μηχανικοί, οι καλλιτέχνες, οι εκπαιδευτικοί και οι φοιτητές μπορούν να δημιουργήσουν τα δικά τους πρωτότυπα συστήματα χωρίς να χρειάζεται να δαπανήσουν πολλά χρήματα για υλικά και εξοπλισμό. Επιπλέον, οι χρήστες του Arduino μπορούν να ανταλλάξουν ιδέες και να συνεργαστούν μέσω της κοινότητας του Arduino, που περιλαμβάνει χιλιάδες προγραμματιστές και ερασιτέχνες από όλο τον κόσμο. Αυτή η κοινότητα επιτρέπει την ανταλλαγή ιδεών, την επίλυση προβλημάτων και την κοινή ανάπτυξη έργων, η οποία συνεχώς εμπλουτίζει το οικοσύστημα του Arduino με νέες λειτουργίες και δυνατότητες. Επιπλέον, η χρήση του Arduino στην εκπαίδευση έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Το Arduino επιτρέπει στους φοιτητές και στους μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές αρχές της ηλεκτρονικής και της προγραμματισμού, ενώ παράλληλα τους δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσουν τα δικά τους προγράμματα και συστήματα. (AL-Kadi, AL-Tuwaijri, & AL-Omran, 2013).

Συνολικά, η σπουδαιότητα του Arduino έγκειται στο γεγονός ότι επιτρέπει στους χρήστες να εξερευνήσουν τη δημιουργικότητά τους και να δημιουργήσουν πρωτότυπα συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, όπως η ιατρική, η βιομηχανία κλπ. Επιπλέον, η κοινότητα του Arduino παρέχει την υποστήριξη και τις πόρους που χρειάζονται οι χρήστες για να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους στον προγραμματισμό καθιστώντας το Arduino ένα πολύτιμο εργαλείο για την εκπαίδευση και την επαγγελματική ανάπτυξη. Επιπλέον, η διαθεσιμότητα φθηνών και ευρέως διαθέσιμων αισθητήρων και άλλων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων καθιστά εύκολο για τους χρήστες να προσθέτουν λειτουργίες στα συστήματά τους με βάση τις ανάγκες τους. Επιπλέον, η διαθεσιμότητα των πηγαίων κωδικών και η πλούσια τεκμηρίωση καθιστούν εύκολο για τους χρήστες να αντλήσουν γνώσεις και να λύσουν τυχόν προβλήματα. (Monk, 2016).

Σήμερα, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από πλακέτες Arduino με διαφορετικούς επεξεργαστές, μεγέθη και χαρακτηριστικά συνδεσιμότητας. Το υλικό Arduino έχει γίνει φθινό και εύκολο στην απόκτησή του, με τιμές που κυμαίνονται από περίπου 20€ έως 50€ ανάλογα με τα μοντέλα. Όσον αφορά το λογισμικό για τον προγραμματισμό του Arduino, το ίδιο IDE (Integrated Development Environment) χρησιμοποιείται για όλες τις πλακέτες και είναι διαθέσιμο για διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Αυτό το IDE είναι ανοιχτό και δωρεάν, καθώς και εύκολο στην απόκτηση, έναρξη και χρήση. Η C/C++ χρησιμοποιείται ως γλώσσα προγραμματισμού, η οποία επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργεί από ένα απλό πρόγραμμα που βασίζεται σε διαδικασίες σε ένα μόνο αρχείο, σε ένα σύνθετο αντικειμενοστραφή πρόγραμμα σε πολλαπλά αρχεία. Άλλη σχετική πτυχή της πλατφόρμας Arduino είναι ο μεγάλος όγκος των διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με αυτήν, που κυμαίνονται από τη βασική τεκμηρίωση στον επίσημο ιστότοπο έως πλήρη βιβλία για διαφορετικά πεδία εφαρμογών. Όλα τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως έχουν κάνει το Arduino να γίνει μια πολύ δημοφιλής πλατφόρμα και να επεκταθεί ευρέως στο πλαίσιο της εκπαίδευσης, τόσο σε πτυχίο όσο και σε ανώτερα πτυχία. Το Arduino είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στην εκπαίδευση σε θέματα Ηλεκτρονικής, Αυτόματου Ελέγχου ή Ρομποτικής. (Candelas, et al., 2015).





*Εικόνα 7: Arduino UNO*

## **8.2 Πλεονεκτήματα Arduino**

Το Arduino είναι μία open-source πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα για την κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Συνδυάζει ένα μικρό ελεγκτή (μια μικρή συσκευή που ελέγχει ένα σύστημα) με ένα σύστημα ανάπτυξης λογισμικού (περιβάλλον ανάπτυξης προγραμμάτων) για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο του μικρό ελεγκτή. Ένα από τα πλεονεκτήματα του Arduino είναι ότι είναι εύκολο στη χρήση ακόμα και από αρχάριους στον προγραμματισμό, επιτρέποντας τους να δημιουργήσουν προσαρμοσμένες εφαρμογές με ελάχιστο κόστος. Το Arduino περιλαμβάνει μια σειρά από ψηφιακές και αναλογικές εισόδους/εξόδους, καθώς και αισθητήρες για την καταγραφή διαφόρων παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η κίνηση και άλλα. Μπορεί επίσης να συνδεθεί με άλλες συσκευές, όπως οθόνες, κάμερες, ηχεία και άλλα. Για να προγραμματίσει κανείς το Arduino, θα χρειαστεί να κατεβάσει το περιβάλλον ανάπτυξης Arduino (Arduino IDE) από την επίσημη ιστοσελίδα του Arduino και να συνδέσει το Arduino board στον υπολογιστή μέσω USB. Μετά από αυτό, μπορεί να γράψει τον κώδικα και να τον μεταφορτώσει στο Arduino με ένα απλό κλικ εντολών. Με το Arduino μπορεί κανείς να κατασκευάσει πολλά ενδιαφέροντα έργα, όπως ένα σύστημα αυτόματου ποτίσματος φυτών, ένα ρομπότ, ένα σύστημα ελέγχου του σπιτιού και πολλά άλλα. Επίσης, η κοινότητα του Arduino είναι πολύ ενεργή και υπάρχουν πολλοί ιστότοποι και φόρουμ που παρέχουν υποστήριξη και ιδέες για έργα. (Zlatanov, 2015).

Το Arduino είναι ένα δημοφιλές σύστημα ενσωματωμένων συσκευών (embedded system) που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη πρωτότυπων «προτζεκτ» και εφαρμογών. Έχει πολλά

πλεονεκτήματα που το καθιστούν μια εξαιρετική επιλογή για αρχάριους και προχωρημένους προγραμματιστές. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του Arduino είναι η ευκολία στη χρήση. Η πλατφόρμα είναι σχεδιασμένη με μια φιλική προς τον χρήστη διασύνδεση και μια μεγάλη κοινότητα που μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση προβλημάτων. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του Arduino είναι η ευελιξία του. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια ποικιλία εφαρμογών, όπως η αυτοματοποίηση του σπιτιού, ο έλεγχος του φωτισμού ή ακόμη και η κατασκευή ρομποτικών συστημάτων. (Faugel & Bobkov, 2013).

Επιπλέον, η πλατφόρμα υποστηρίζει μια πληθώρα αισθητήρων και μονάδων ελέγχου, καθιστώντας το ένα από τα πιο ευέλικτα εργαλεία για τους δημιουργούς. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αισθητήρες όπως θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτεινότητας, κίνησης και πολλούς άλλους. Επιπλέον, η πλατφόρμα έχει διάφορες βιβλιοθήκες και εργαλεία που διευκολύνουν την ανάπτυξη των εφαρμογών και επιταχύνουν τη διαδικασία ανάπτυξης. Άλλο ένα σημαντικό πλεονέκτημα του Arduino είναι το χαμηλό του κόστος. Οι πλακέτες και οι αισθητήρες είναι σχετικά φθηνοί και είναι εύκολα διαθέσιμοι στην αγορά. Αυτό το καθιστά μια οικονομική επιλογή για όσους θέλουν να αναπτύξουν πρωτότυπα ή έχουν περιορισμένο προϋπολογισμό. Ακόμη ένα σημαντικό πλεονέκτημα του Arduino είναι ότι είναι εύκολο στη χρήση και κατανόηση. Οι πλακέτες και οι αισθητήρες συνδέονται εύκολα στην πλατφόρμα και ο κώδικας για τη λειτουργία τους είναι σχετικά απλός και εύκολος στην κατανόηση ακόμη και για αρχάριους. Επίσης, η πλατφόρμα έχει μια ενεργή κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών, η οποία μοιράζεται τις γνώσεις της και προσφέρει υποστήριξη σε όσους έχουν ερωτήσεις ή αντιμετωπίζουν προβλήματα. Άλλο ένα πλεονέκτημα του Arduino είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς, όπως η ρομποτική, η αυτοματισμός κτιρίων, η ιατρική, η παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών και άλλες εφαρμογές IoT (Internet of Things). Αυτό καθιστά το Arduino ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά διαφορετικά πεδία και εφαρμογές, καθιστώντας το πολύτιμο για πολλούς δημιουργούς και επαγγελματίες. (Zlatanov, 2015).

### 8.3 Μειονεκτήματα Arduino

Τα μειονεκτήματα του Arduino συνήθως είναι σχετικά μικρά και δεν επηρεάζουν σημαντικά την απόδοσή του. Παρόλα αυτά, μερικά από τα μειονεκτήματα που μπορούν να αναφερθούν είναι τα εξής:

- Περιορισμένος αριθμός εισόδων/εξόδων: Το Arduino έχει περιορισμένο αριθμό ακροδεκτών εισόδου/εξόδου. Αυτό μπορεί να περιορίζει την ανταπόκρισή του σε κάποιες εφαρμογές.
- Μικρή μνήμη: Η μνήμη του Arduino είναι περιορισμένη και μπορεί να γίνει γρήγορα γεμάτη αν χρησιμοποιηθούν πολλά προγράμματα και βιβλιοθήκες.
- Μη ισχυρός επεξεργαστής: Ο επεξεργαστής του Arduino είναι αρκετά αδύναμος σε σχέση με άλλους σύγχρονους επεξεργαστές, οπότε ορισμένες εφαρμογές μπορεί να απαιτούν περισσότερη υπολογιστική ισχύ.
- Απαιτεί γνώση προγραμματισμού: Αν κάποιος δεν είναι εξοικειωμένος με τον προγραμματισμό, η χρήση του Arduino μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκη για αρχάριους χρήστες. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετοί οδηγοί και βοηθητικά εργαλεία στο διαδίκτυο που μπορούν να βοηθήσουν στην εκμάθηση του προγραμματισμού με το Arduino.
- Περιορισμένοι πόροι: Το Arduino έχει περιορισμένους πόρους, όπως περιορισμένη μνήμη RAM και επεξεργαστική ισχύ. Αυτό μπορεί να περιορίσει τις δυνατότητες του για πιο πολύπλοκες εφαρμογές.
- Περιορισμένος χώρος αποθήκευσης: Το Arduino διαθέτει περιορισμένο χώρο αποθήκευσης για τα προγράμματα και τα δεδομένα. Αυτό μπορεί να γίνει πρόβλημα στην αποθήκευση μεγάλων προγραμμάτων και δεδομένων.

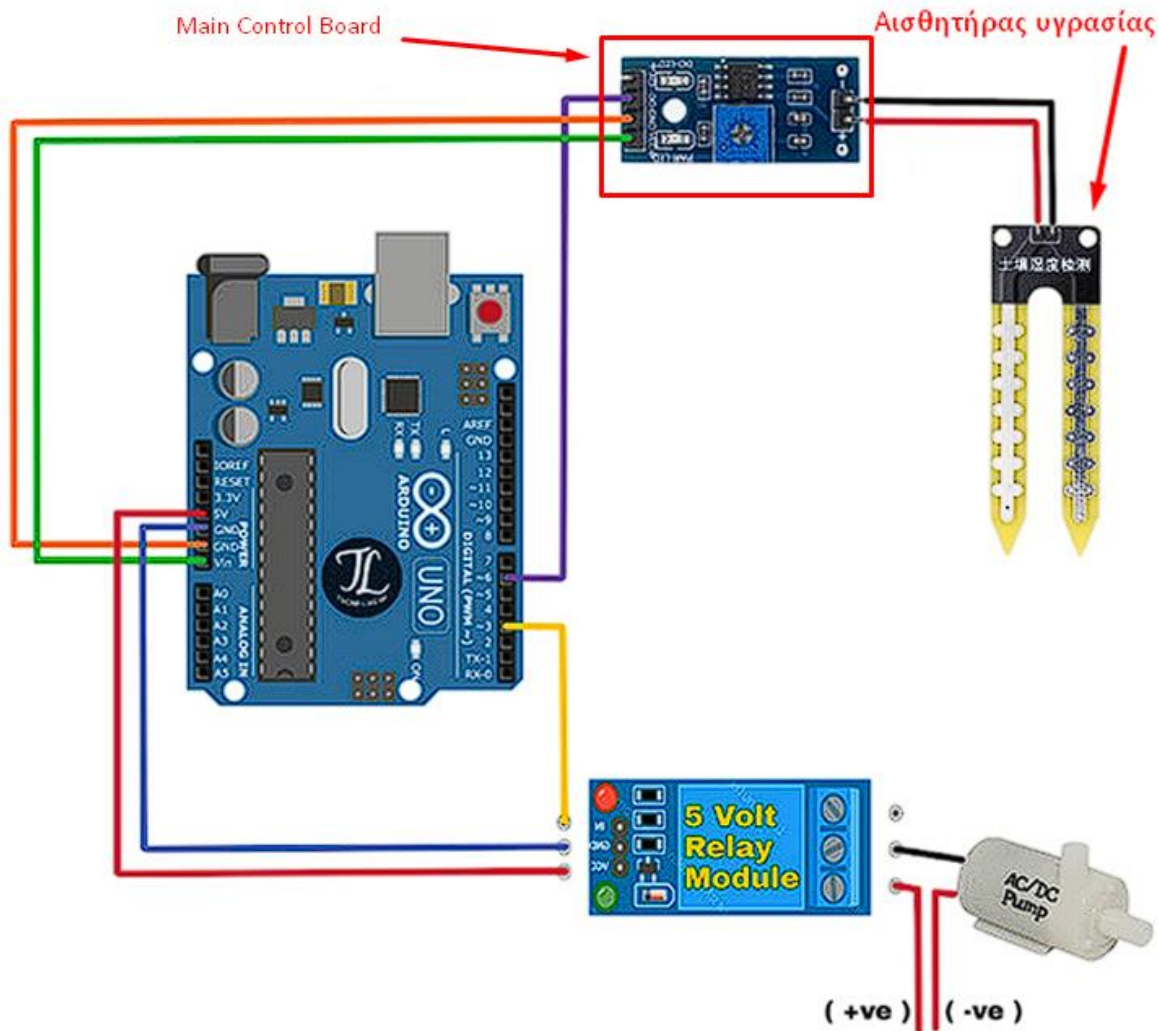
Συνολικά, το Arduino είναι ένα πολύ χρήσιμο και προσιτό εργαλείο για την προγραμματιστική κοινότητα και για τους ερασιτέχνες που ενδιαφέρονται για την ηλεκτρονική. Παρόλα αυτά, όπως και με κάθε εργαλείο, υπάρχουν κάποια μειονεκτήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη χρήση του. (Monk, 2016).

#### ***8.4 Κατασκευή ενός συστήματος αυτόματου ποτίσματος με χρήση ARDUINO***

Για την παρακάτω κατασκευή χρειάστηκαν :

- x1 Arduino UNO
- x1 5 Volt Relay Module
- x1 Water pump and tube/pipe
- x1 Soil moisture sensor (αισθητήρας υγρασίας)
- x1 Jumper wires

Στην κατασκευή θα δούμε πώς μέσα από το Arduino Uno μπορούμε με τα παραπάνω υλικά να παίρνουμε τιμές και να μετράμε την υγρασία του χώματος έτσι ώστε να ποτίζονται αυτόματα τα φυτά μας μέσω αντλίας νερού.



*Εικόνα 8: Συνδέσεις-Κύκλωμα*

Στο διάγραμμα βλέπουμε ότι έχουμε συνδέσει τα 2 «ποδαράκια» του αισθητήρα υγρασίας με το main control board. Στην συνέχεια συνδέουμε το Vcc «ποδαράκι» από το main control board (MCB) στην θύρα του Arduino 3,5Volt και την γείωση του MCB στην γείωση του Arduino (GND). Το digital Pin του MCB το συνδέουμε στο «ποδαράκι» 6 του Arduino. Το relay το συνδέουμε με την αντλία νερού μας. Δηλαδή το Vcc του relay το συνδέουμε στα 5 Volt του Arduino, την γείωση στην γείωση και το IN pin στο νούμερο 3 του Arduino. Στην άλλη πλευρά του relay συνδέουμε την τροφοδοσία (μια μπαταρία) μας για την αντλία.

Στο πρόγραμμα όταν υπάρχει έλλειψη νερού από κάποιο φυτό μας στο οποίο έχουμε συνδέσει τον αισθητήρα θερμοκρασίας τότε στέλνει σήμα στο Arduino και αναλαμβάνει να στείλει μήνυμα στο

relay έτσι ώστε να ενεργοποιηθεί η αντλία νερού και να ποτίσει το φυτό. Έπειτα όταν το νερό φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο ο αισθητήρας αποσυνδέεται και σταματάει η αντλία να παρέχει νερό στο φυτό μας.

Στις εικόνες βλέπουμε την κατασκευή στην οποία είναι συνδεδεμένος ένας αισθητήρας για πότισμα του φυτού. Στην περίπτωση αυτήν ο αισθητήρας μετράει την υγρασία του χώματος και αν οι τιμές είναι χαμηλές ενεργοποιείται η αντλία μέσω επικοινωνίας και τρέχει νερό στο φυτό. Η προσομοίωση γίνεται για να δούμε ότι ακόμα και όταν δεν είμαστε στον χώρο λόγω απουσίας μπορούμε πολύ εύκολα με την χρήση του αυτόματου ποτίσματος να διατηρούμε τα φυτά μας. Επίσης, συμπεραίνουμε ότι σε μεγάλες εκτάσεις η δυνατότητα ελέγχου από τον άνθρωπο είναι δύσκολη οπότε εφαρμόζουμε τα έξυπνα συστήματα για απλούστερη, πιο ακριβή αλλά και ξεκούραστη διαχείριση.

#### **8.4.1 Κώδικας Arduino**

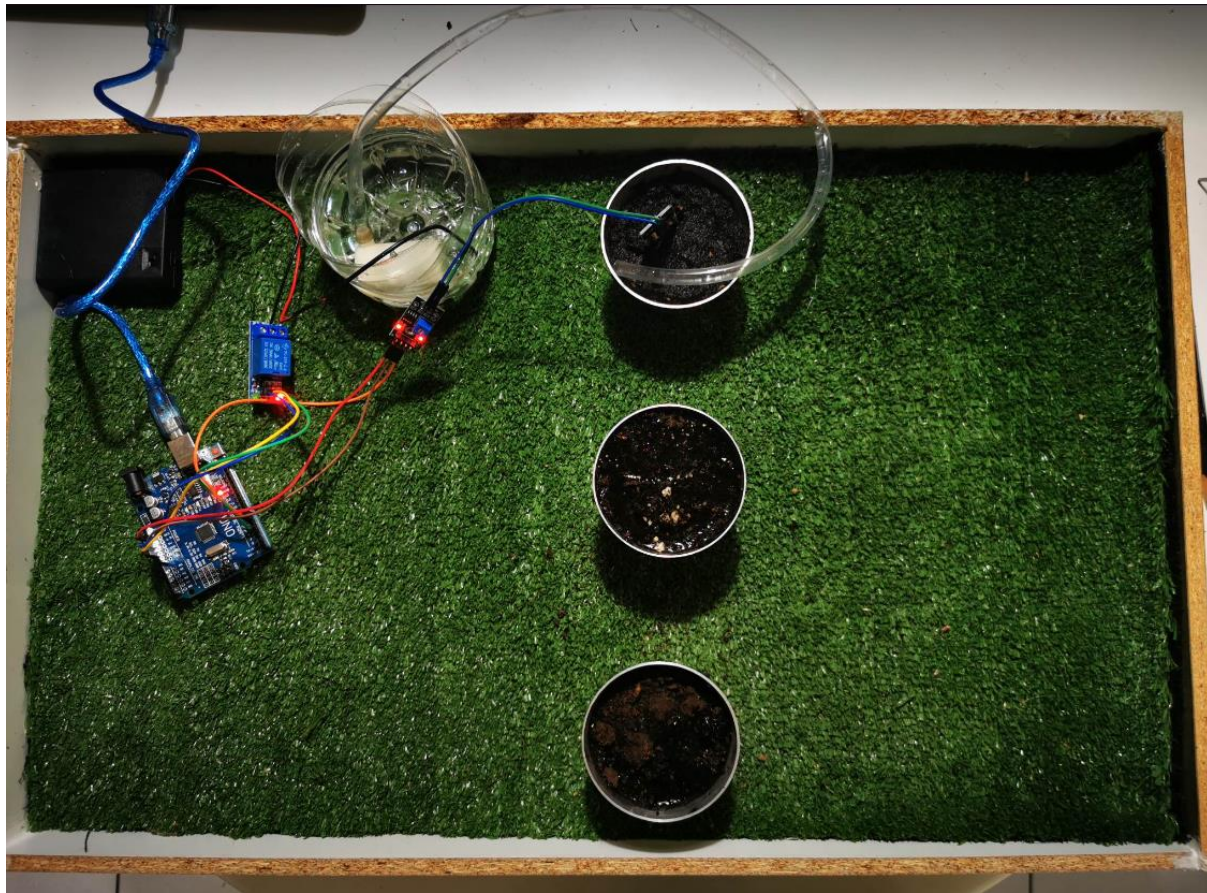
Ο κώδικας στην εικόνα 9 χρειάζεται για την υλοποίηση του αυτόματου ποτίσματος. Παρατηρούμε ότι στην αρχή χρησιμοποιούμε την εντολή “int” και δίπλα της γράφουμε μία μεταβλητή. Στην περίπτωση μας βάλαμε “int water”. Η εντολή “int”, ή ακέραιος, είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους τύπους μεταβλητών που θα χρησιμοποιήσετε και θα συναντήσετε. Ο “int” είναι ένας στρογγυλός αριθμός που μπορεί να είναι θετικός ή αρνητικός. Στις πλακέτες Arduino, όπως οι Uno, Nano και Mega, ένας int αποθηκεύει 2 bytes πληροφορίας. Η ελάχιστη τιμή για ένα 2-bytes int είναι -32 768 και η μέγιστη τιμή είναι +32 767. Η “Void setup()”, όπως υποδηλώνει και το όνομά της, γίνεται για να κάνουμε οποιαδήποτε ρύθμιση απαιτείται στην αρχή του προγράμματος. Εδώ δεν γράφουμε βέβαια βασικές λειτουργίες, μόνο τον κώδικα αρχικοποίησης. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του προγράμματός, μπορούμε να έχουμε πολλές εντολές να γράψουμε σε αυτή τη συνάρτηση void. Με την εντολή “Void loop” εκτελείται το μεγαλύτερο μέρος του Arduino. Το πρόγραμμα ξεκινάει αμέσως μετά την εναρκτήρια αγκύλη ( { ), εκτελείται μέχρι να δει την κλειστή αγκύλη ( } ), και μεταπηδάει πίσω στην πρώτη γραμμή του loop() και ξεκινάει από την αρχή.

Στην συνέχεια παρατηρούμε την εντολή “digitalWrite” από αυτήν την συνάρτηση μπορούμε να υποθέσουμε ότι γράφει κάποια τιμή, και αυτή η τιμή θα έχει τη μορφή 0 και 1. Με λίγα λόγια μπορούμε να πούμε ότι αυτή η συνάρτηση χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο οποιασδήποτε

συσκευής που είναι συνδεδεμένη στο Arduino αναθέτοντας τιμή στο “pin” του Arduino στο οποίο είναι συνδεδεμένη η αντίστοιχη συσκευή.

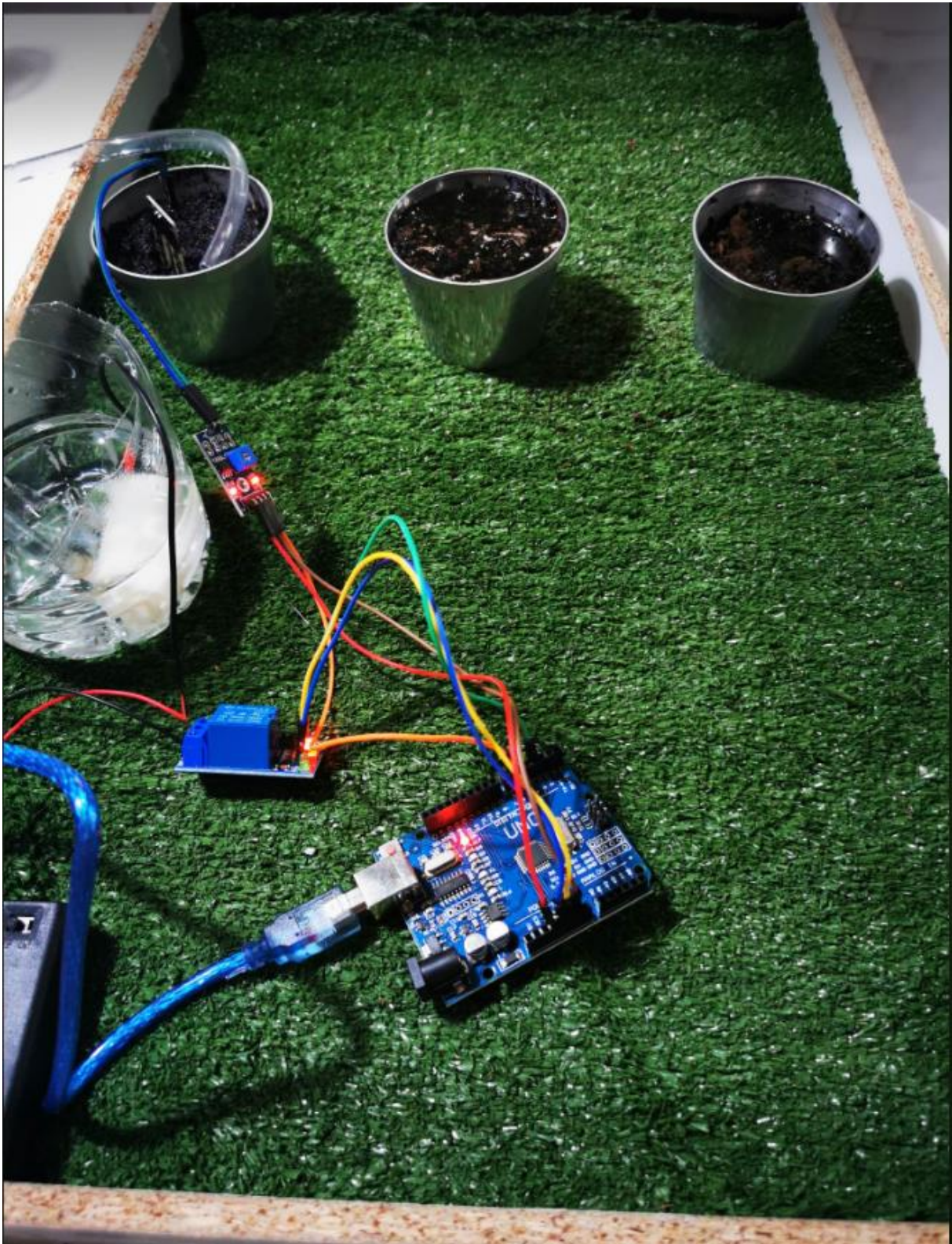
```
Automatic_Plant_Watering_System §  
  
int water; //Τυχαία μεταβλητή  
void setup() {  
  pinMode(3,OUTPUT); //output pin for relay board,αυτό στέλνει σήμα στο Relay  
  pinMode(6,INPUT); //input pin έρχεται απο τον αισθητήρα υγρασίας που συνδέσαμε  
}  
  
void loop() {  
  water = digitalRead(6); // Διαβάζει το σήμα απο τον αισθητήρα υγρασίας  
  if(water == HIGH) // Αν τα επίπεδα νερού είναι φουλ τότε σταματάει το relay  
  {  
    digitalWrite(3,LOW); // Μικρό σήμα για να κοπεί το realay  
  }  
  else  
  {  
    digitalWrite(3,HIGH); //Υψηλό σήμα για να δώσει νερό στο φυτό  
  }  
  delay(400); // καθυστέρηση  
}
```

*Εικόνα 9: Κώδικας Arduino*



*Εικόνα 10: Κατασκευή*





*Εικόνα 11: Κατασκευή II*

## Βιβλιογραφία

- [1] Chidambaranathan, C., Handa, S., & Ramanamurthy, R. (2018). Development of smart farming - a detailed study. *International Journal of Engineering & Technology*, σσ. 56-58.
- [2] Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022, October 21). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. *Agriculture*.
- [3] Doshi, J., Patel, T., & Bharti, S. (2019). Smart Farming using IoT, a solution for optimally monitoring farming conditions. *Procedia Computer Science, Volume 160*, σσ. 746-751.
- [4] Fouad, Z., & Ramady, H. (2022). Applications and Challenges of Smart Farming for Developing Sustainable Agriculture. *Environment Biodiversity and Soil Security, Volume 6*, σσ. 81-90.
- [5] Gowda, D. (2021). Smart Agriculture and Smart Farming using IoT Technology. *Journal of Physics: Conference Series*.
- [6] Gzar, D., Mahmood, A., & Adilee, M. (2022, December). Recent trends of smart agricultural systems based on Internet of Things technology: A survey. *Computers and Electrical Engineering*.
- [7] Li, S. (2017). Security Architecture in the Internet of Things. *Securing the Internet of Things*, σσ. 27-48.
- [8] Lytos, A., Lagkas, T., Sarigiannidis, P., Zervakis, M., & Livanos, G. (2020, May 8). Towards smart farming: Systems, frameworks and exploitation of multiple sources. *Computer Networks, Volume 172*.
- [9] Mahawar, N., Bamboriya, J., Dhegavath, S., Chiranjeeb, K., Naik, B., Rupesh, T., & Diwaker, P. (2020). Smart Farming: A Better Technological Option for Modern Farming Society under Theme of Doubling of Farmers' Income. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, σσ. 976-992.
- [10] Mohamed, W., Belal, A., Elmabod, S., Shirbeny, M., Gad, A., & Zahran, M. (2021, December). Smart farming for improving agricultural management. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Volume 24, Issue 3*, σσ. 971-981.

- [11] Sadiku, M., Ashaolu, T., Majebi, A., & Musa, S. (2020, November-December). Smart Farming. *International Journal of Scientific Advances, Volume 1, Issue 3*.
- [12] Schönfeld, M., Heil, R., & Bittner, L. (2018). Big Data on a Farm—Smart Farming. *In book: Big Data in Context*, σσ. 109-120.
- [13] Tandon, R., & Gupta, P. (2021). Security and privacy challenges in healthcare using Internet of Things. *IoT-Based Data Analytics for the Healthcare Industry*, σσ. 149-165.
- [14] Virk, A., Noor, M., Fiaz, S., Hussain, S., Hussain, H., Rehman, M., . . . Ma, W. (2020). Smart Farming: An Overview. *In book: Smart Village Technology*, σσ. 191-201.
- [15] Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, σσ. 69-80.
- [16] AL-Kadi, T., AL-Tuwaijri, Z., & AL-Omran, A. (2013). Arduino Wi-Fi Network Analyzer. *Procedia Computer Science, Volume 21* , σσ. 522-529.
- [17] Areed, M. (2019, June). A keyless Entry System based on Arduino board with Wi-Fi technology. *Measurement, Volume 139* , σσ. 34-39.
- [18] Bisták, P. (2019). Arduino Support for Personalized Learning of Control Theory Basics. *IFAC-PapersOnLine, Volume 52, Issue 27* , σσ. 217-221.
- [19] Candelas, F., García, G., Puente, S., Pomares, J., Jara, C., Pérez, J., και συν. (2015). Experiences on using Arduino for laboratory experiments of Automatic Control and Robotics. *IFAC-PapersOnLine, Volume 48, Issue 29* , σσ. 105-110.
- [20] Faugel, H., & Bobkov, V. (2013, February 8). Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running. *Fusion Engineering and Design, Volume 88* , σσ. 1276-1279.
- [21] Ismailov, A., & Jo‘rayev, Z. (2022, March). Study of arduino microcontroller board. *"Science and Education" Scientific Journal, Volume 3, Issue 3* .
- [22] Kondaveeti, H., Kumaravelu, N., Vanambathina, S., Mathe, S., & Vappangi, S. (2021, May). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review, Volume 40* .
- [23] Monk, S. (2016). *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*. McGraw-Hill Education.

[24] Yusro, M., & Guntoro, N. (2021). Utilization of microcontroller technology using Arduino board for Internet of Things (a systematic review). *Conference: THE 2ND SCIENCE AND MATHEMATICS INTERNATIONAL CONFERENCE (SMIC 2020): Transforming Research and Education of Science and Mathematics in the Digital Age* .

[25] Zlatanov, N. (2015). Arduino and Open Source Computer Hardware and Software. *IEEE Computer Society* .