ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πληροφορικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου περιβαλλοντικών συνθηκών μέσω αισθητήρων, για εφαρμογή σε Δικτυοκήπιο.

Δάγλας Δημήτριος

Επιβλέπων Καθηγητής: Ευάγγελος Χριστοφόρου

Αθήνα, 2022

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πληροφορικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου περιβαλλοντικών συνθηκών μέσω αισθητήρων, για εφαρμογή σε Δικτυοκήπιο.

Δάγλας Δημήτριος

Επιβλέπων Καθηγητής: Ευάγγελος Χριστοφόρου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την .

……	……	……
Ευάγγελος Χριστοφόρου	**Ιωάννης Γκόνος**	**Παναγιώτης Τσαραμπάρης**
Καθηγητής Ε.Μ.Π.	**Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.**	**Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

Αθήνα, 2022

……

Δάγλας Δημήτρης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε. Μ. Π.

Copyright © Δάγλας Δημήτρης, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. 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 την 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 δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείο.

Περίληψη

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων αισθητήρων και της μικροηλεκτρονικής, ενώ η εφαρμογή τους εντοπίζεται σε πάρα πολλούς τομείς της καθημερινότητας μας την τελευταία δεκαπενταετία. Μεγάλη επίδραση αυτής της ανάπτυξης παρατηρείται και στους τομείς της γεωργίας και της καλλιέργειας. Η χρήση αισθητήρων έχει γίνει πλέον απαραίτητη για τη γεωργία και αποτελεί το βασικό εργαλείο στις σύγχρονες μεθόδους ελέγχου και αξιοποίησης της πληροφορίας. Η διπλωματική εργασία αυτή έχεις ως στόχο να παρουσιάσει τους αισθητήρες στη γεωργία καθώς και πως συνδέονται σε ένα ολοκληρωμένο αυτόματο σύστημα ελέγχου για να αποστείλουν την πληροφορία στον τελικό χρήστη και να επιτρέψουν τον απομακρυσμένο έλεγχο βασικών παραμέτρων για την ανάπτυξη των φυτών. Τέλος στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του βιοκυκλικού χουμοχώματος (φυτικό κομπόστ) στην ανάπτυξη των φυτών σε σχέση με το απλό χώμα.

Λέξεις κλειδιά

Μικροεπεξεργαστής , Αισθητήρας, Γεωργία, Χουμόχωμα

Abstract

The rapid development of technology in recent years, has resulted in the development of wireless sensor networks and microelectronics, while their application is located in many areas of our daily lives in the last 15 years. A great influence of this development is observed in the fields of agriculture and cultivation. The use of sensors has become essential for agriculture and is the main tool in modern methods of control and utilization of information. The aim of this diploma thesis is to present the sensors in agriculture as well as how they are connected to an integrated automatic control system to send the information to the end user and to allow the remote control of basic parameters for plant growth. Finally, in the present work, the effect of biocyclic humus (vegetable compost) on plant growth in relation to ordinary soil was studied.

Keywords

Arduino, Sensor, Agriculture, Hummus Soil

Ευχαριστίες

Καταρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή Ευάγγελο Χριστοφόρου, για την καθοδήγηση του ως επιβλέπων καθηγητής αλλά και για την ευκαιρία εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στην συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την συμπαράσταση και την υπομονή που επιδεικνύουν όλα αυτά τα χρόνια, στηρίζοντας την ακαδημαϊκή μου πορεία.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή & Βιβλιογραφική Αναθεώρηση 11

1.1 Εισαγωγή 11

1.2 Γεωργία & Τεχνολογία 13

1.3 Αισθητήρες 17

1.4 Αισθητήρες στη Γεωργία 19

1.5 Αισθητήρες Περιβάλλοντος & Αγρού 20

1.6 Φυτοπονικό Χουμόχωμα 22

1.7 Θερμοκήπια και Δικτυοκήπια 25

1.8 Κίνητρο & Σκοπός Εργασίας 28

Κεφάλαιο 2: Ανάπτυξη Εφαρμογής 29

2.1 Συνοπτική Παρουσίαση 29

2.2 Arduino 30

2.3 Υλικά & Αισθητήρες 34

2.3.1 Αισθητήρας Θερμοκρασίας & Υγρασίας DHT11 34

2.3.2 Αισθητήρας Υγρασίας Εδάφους 35

2.3.3 Servo Motor 36

2.3.4 Relay Module 5V 37

2.4 Κατασκευή 38

2.5 Παρουσίαση Διάταξης 40

2.6 Ανάλυση Εφαρμογής & Αλγόριθμος 42

Κεφάλαιο 3: Πειραματικό Στάδιο 51

3.1 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας 51

3.2 Πειράματα & Μετρήσεις 52

3.2.1 Πείραμα 1° 52

3.2.2 Μετρήσεις Πειράματος 53

3.2.3 Πείραμα 2° 55

3.2.4 Μετρήσεις Πειράματος 56

3.2.5 Αποτελέσματα Πειραμάτων 58

3.4 Συμπεράσματα 60

3.5 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα 61
Κεφάλαιο 4 62
4.1 Κώδικας 62
Βιβλιογραφία 74

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή & Βιβλιογραφική Αναθεώρηση

1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία έχει γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας του ανθρώπου. Έχουν αναπτυχθεί αυτόματα συστήματα για διάφορες δραστηριότητες από τις οποίες δεν θα μπορούσε να λείπει ο πρωτογενής τομέας της καλλιέργειας. Έχει γίνει πληθώρα μελετών και κατασκευών, τόσο για την παρακολούθηση, όσο και για την αυτοματοποίηση των γεωργικών διαδικασιών που αποσκοπούν στην οικολογική, χωρίς περιττές σπατάλες νερού και άλλων πόρων, καλλιέργεια φυτών. Όλες αυτές οι μελέτες και κατασκευές έχουν σαν κοινό γνώμονα την φιλοσοφία του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things, IoT), με γενική ιδέα τον αυτοματισμό σε όλα τα πιθανά πεδία και εφαρμογές. [1]

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η υλοποίηση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος καλλιέργειας με την χρήση αισθητήρων και του μικροελεγκτή Arduino IoT και η απεικόνιση των δεδομένων σε μία διαδικτυακή εφαρμογή καθώς και η δυνατότητα ελέγχου του ποτίσματος και της θερμότητας μέσω της εφαρμογής. Στόχος του συστήματος είναι η καταγραφή των περιβαλλοντολογικών συνθηκών, όπως θερμοκρασία, υγρασία και περιεκτικότητα νερού στο χώμα και η αυτόματη δράση των μηχανισμών.

Για την βέλτιστη λειτουργία του συστήματος, προτείνετε μια κλειστή κατασκευή για απόλυτο έλεγχο των συνθηκών περιβάλλοντος του φυτού, με μία αντλία που κυκλοφορεί το νερό για το πότισμα των φυτών και αυτόματα ανοιγόμενη οροφή για έλεγχο της έκθεσης του φυτού στο φώς και στις εξωτερικές συνθήκες. Για την υλοποίηση της κατασκευής εγκαταστάθηκαν ένας αισθητήρας υγρασίας εδάφους και ένας αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος DHT11 για την συγκομιδή των ζητούμενων μετρήσεων. Οι αισθητήρες επικοινωνούν με έναν μικροελεγκτή Arduino ο οποίος έχει προγραμματιστεί έτσι ώστε να ελέγχει όλους τους αυτοματισμούς του συστήματος. Τα δεδομένα από τις μετρήσεις

των αισθητήρων συλλέγονται από τον μικροελεγκτή και απεικονίζονται μέσω εφαρμογής στον τελικό χρήστη, κάνοντας χρήση οποιουδήποτε περιηγητή διαθέτει για πρόσβαση στο διαδίκτυο. Ο χρήστης, μέσω της εφαρμογής, μπορεί να επιλέξει την χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία του συστήματος, για έλεγχο του ποτίσματος και της κινούμενης οροφής. Επίσης, μέσα στην κατασκευή τοποθετήθηκαν γλάστρες με κοινό χώμα αλλά και με χουμόχωμα για να γίνει συγκριτική μελέτη στην ανάπτυξη των φυτών. Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας και των πειραμάτων. Το αυτοματοποιημένο σύστημα καλλιέργειας που αναπτύχθηκε, αφορά τον αυτοματισμό στον τομέα της καλλιέργειας, αλλά και την επιτυχημένη ανάπτυξη των φυτών χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση, με όσο των δυνατόν λιγότερη σπατάλη υδάτινων πόρων, με καλύτερη αξιοποίηση των συνθηκών του περιβάλλοντος και την χρήση βελτιωμένων χωμάτων.

1.2 Γεωργία & Τεχνολογία

Η τεχνολογία παίζει έναν ζωτικό ρόλο στον τομέα της γεωργίας και της αγροτικής παραγωγής, καθώς αποτελεί ένα μέσο δια του οποίου γίνεται εφικτή η βελτιστοποίηση της παραγωγής και ταυτόχρονα ελαχιστοποιείται η επίδραση της προηγούμενης στο περιβάλλον. Οι νέες τεχνικές που εφαρμόζονται στον αγροτικό τομέα, δεν επιφέρουν μόνο αύξηση της παραγωγικότητας, αλλά καθιστούν τον γεωργικό κλάδο πιο επικερδή, καθώς μειώνεται το κόστος της παραγωγής από την παρακολούθηση των αναγκών της και την εξοικονόμηση νερού, λιπασμάτων και λοιπών εισροών. Οι νέες τεχνολογίες έχουν διεισδύσει σημαντικά στον αγροτικό τομέα, ο αγροτικός τομέας χαρακτηρίζεται από ιδιαιτερότητες, πολυπλοκότητα και ασταθείς συνθήκες. Οι νέες τεχνολογικές μέθοδοι έχουν τροποποιήσει κάθε εμπλεκόμενο τομέα της αγροτικής παραγωγής. Η τεχνολογική ανάπτυξη των ψηφιακών ηλεκτρονικών, των μικροελεγκτών των μικροεπεξεργαστών και του διαδικτύου στο πέρασμα των ετών έχει οδηγήσει στο να είναι εφικτό. Ο γεωργικός τομέας αντιμετωπίζει πολλαπλές προκλήσεις, όπως η κλιματική αλλαγή, η ανάγκη καλύτερης διαχείρισης των υδάτων, η περιορισμένη διαθεσιμότητα γεωργικών γαιών που διατίθενται προς καλλιέργεια, η ασφάλεια των τροφίμων. [2] Η Σύμβαση - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Framework Convention on Climate Change) ορίζει την κλιματική αλλαγή ως : «Κλιματική αλλαγή ορίζεται ως την αλλαγή που παρατηρείται στο κλίμα, ως συνέπεια έμμεσων ή άμεσων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων που επιφέρουν μεταβολές στη παγκόσμια ατμοσφαιρική σύσταση και αυτό, σε συνδυασμό με τη φυσική μεταβολή του κλίματος, παρατηρείται σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους». Η κλιματική αλλαγή είναι στις μέρες μας ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα του περιβάλλοντος και που αν δεν περιοριστεί, θα δημιουργήσει στο μέλλον τεράστια οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα όπως μη επάρκεια τροφής, νερού, ενέργειας, στέγης και γενικά μη αποδεκτού επιπέδου διαβίωσης. [3]

Η σχέση μεταξύ της γεωργίας και της κλιματικής αλλαγής είναι αμφίδρομη. Αφενός η γεωργία συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή, αφετέρου και η κλιματική αλλαγή έχει ποικίλες επιπτώσεις στη γεωργία. Ο γεωργικός τομέας αναμένεται να επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή παγκοσμίως. Η αλλαγή του κλίματος φέρνει ασταθείς καιρικές συνθήκες. Οι υδάτινοι πόροι περιορίζονται στη γη, και ως εκ τούτου υπάρχει ανάγκη διαχείρισης των τεχνικών αξιοποίησης του νερού. Η παγκόσμια κοινότητα αναζητά νέες προσεγγίσεις και λύσεις για την προσαρμογή στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και της ανάπτυξης, όπως είναι το νερό. Η αλλαγή του κλίματος αναμένεται να έχει σοβαρές συνέπειες για την ασφάλεια των

υδάτων και θα επηρεάσει τη διαθεσιμότητα νερού με καλή ποιότητα, το χρονοδιάγραμμα και το μήκος των καλλιεργητικών περιόδων. [4]

Το τεχνολογικό περιβάλλον αποτελείται από τις τεχνολογικές τάσεις, τα τεχνολογικά επιτεύγματα, τις ανακαλύψεις, τις βελτιώσεις των μηχανημάτων και των μεθόδων παραγωγής, την πρόοδο της αυτοματοποίησης καθώς και την πρόοδο της επεξεργασίας δεδομένων. Η αύξηση του ανταγωνισμού στα αγροτικά προϊόντα κατέστησαν επιβεβλημένη την ανάγκη για την έρευνα και την ανάπτυξη μεθόδων με στόχο τη μείωση του κόστους παραγωγής των αγροτικών προϊόντων, παράλληλα με την μέριμνα για την προστασία του περιβάλλοντος και την διαχείριση των φυσικών πόρων. Η είσοδος των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας στον αγροτικό τομέα συμβάλλει σημαντικά προς αυτήν την κατεύθυνση. Οι τεχνολογικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τη δημιουργία νέας γνώσης και τεχνολογίας και την εφαρμογή της στα παραγόμενα προϊόντα. Η γεωργία είναι ένας από τους τομείς που επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την χρήση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. [5] Η αγροτική τεχνολογία έχει υποστεί μια ραγδαία ανάπτυξη κατά τη διάρκεια του 20ου και του 21ου αιώνα. Επίσης, μία ακόμα διαφοροποίηση γίνεται με βάση γεωγραφικά κριτήρια, δηλαδή ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και την εξειδίκευση της αγροτικής παραγωγής. Ο τεχνολογικός μετασχηματισμός έχει αποτέλεσμα τη συρρίκνωση της αγροτικής δραστηριότητας, γεγονός που ακολουθείται από τη μαζική έξοδο εκατομμυρίων εργαζομένων από τον αγροτικό τομέα. Παράλληλα ο τεχνολογικός ανταγωνισμός έχει οδηγήσει στη συγκέντρωση της αγροτικής παραγωγής με συνέπεια την περιθωριοποίηση των οικογενειακών εκμεταλλεύσεων. Σαν αποτέλεσμα των τεχνολογικών αλλαγών, οι αγροτικές παραγωγικές σχέσεις έχουν μετασχηματιστεί. Επιπλέον, η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων έχει αυξήσει την εξάρτηση των αγροτών από την αγορά.

Η ευφυής γεωργία, η οποία αντιπροσωπεύει την χρήση νέων τεχνολογιών στον τομέα της γεωργίας. Η έννοια της ευφυούς γεωργία είναι μια έννοια που τα τελευταία χρόνια έχει έρθει στο προσκήνιο παράλληλα με την γενικότερη ανάπτυξη των τεχνολογιών της Πληροφορικής και Επικοινωνίας. Ένας σύντομος ορισμός της έξυπνης καλλιέργειας είναι η καλλιέργεια όπου οι περιβαλλοντικοί παράγοντες έχουν άμεσο αντίκτυπο στις αποφάσεις σχετικά με την καλλιέργεια με στόχο βελτιστοποιημένα αποτελέσματα παραγωγής και ποιότητας σε συνδυασμό με το μειωμένο κόστος. Τα τελευταία χρόνια η ευφυής γεωργία εφαρμόζει τις τεχνολογίες της πληροφορικής και της επικοινωνίας (ΤΠΕ), όπως το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), τα μεγάλα δεδομένα (Big Data) την τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence) και τις αλληλεπιδράσεις ανθρώπου - μηχανής (Human - Machine interaction) σε ποικίλες γεωργικές δραστηριότητες αναθεωρώντας τις πρακτικές και μεθόδους της γεωργικής παραγωγής παγκόσμια. [6] Η ανάπτυξη της θεωρείται ότι πραγματοποιεί την αυτοματοποίηση και την αειφορία, που κατέχουν την υψηλότερη παραγωγικότητα, το

οικονομικό όφελος και τις μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η γεωργία αποτελεί σημαντικό τομέα στην ελληνική οικονομία. Ο αγροτικός τομέας δεν λειτουργεί την σημερινή εποχή με τον βέλτιστο τρόπο διαχείρισης των πόρων που υπάρχουν και αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω τον πολιτικών που ακολουθούνται σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και λόγω των απαρχαιωμένων πρακτικών γεωργίας με τη μη χρήση της νέας τεχνολογίας που υπάρχει. Μία πιο επικαιροποιημένη επιλογή πρακτικών και τεχνολογιών θα μπορούσε να φέρει σε βάθος χρόνου μεγαλύτερη προστασία στη γεωργία από την κλιματική αλλαγή.

Από τη στιγμή που η κλιματική αλλαγή δημιουργεί προβλήματα και αβεβαιότητα για το μέλλον της γεωργίας, θα πρέπει να παρθούν μέτρα ώστε ο αγροτικός τομέας να προσαρμοστεί στο νέο περιβάλλον που διαμορφώνει η κλιματική αλλαγή. Ενδεικτικά μέτρα προσαρμογής είναι: η βελτίωση των τεχνικών άρδευσης, η καλύτερη διαχείριση του εδάφους για την αποφυγή της ερημοποίησης. Η παραδοσιακή άρδευση γίνεται με βάση τις εικασίες των αγροτών. Αυτές οι εικασίες είναι μερικές φορές πολύ μακριά από την πραγματική και βέλτιστη κατάσταση για την άρδευση. Η σωστή χρήση του νερού είναι ζωτικής σημασίας για την κατάλληλη διατροφή των καλλιεργειών και τη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών. Η ορθολογική διαχείριση της άρδευσης σημαίνει την κατάλληλη εφαρμογή του νερού στα φυτά, λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη την ποσότητα και τη σωστή στιγμή. Η ορθολογική χρήση του νερού είναι πολύ σημαντική για την παροχή της σωστής ποσότητας νερού στις καλλιέργειες ανάλογα με την ανάγκη του νερού. Υπάρχει ανάγκη εφαρμογής σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας στη γεωργία για την αύξηση της αποδοτικότητας. Η άρδευση συμβάλλει στη διατήρηση της υγρασίας στο έδαφος και στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του εδάφους. Διαφορετικές συνθήκες εδάφους ευνοούν την ανάπτυξη διαφορετικών καλλιεργειών. Απαιτήσεις όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η υγρασία και η ένταση του φωτός ποικίλλουν από τη συγκομιδή στην καλλιέργεια. Εάν κάποιος από αυτούς τους πόρους δεν είχε, τότε μια καλλιέργεια οδηγεί σε μικρότερη απόδοση παραγωγής. Για την αντιμετώπιση αυτού του είδους των προβλημάτων προτείνεται ένα έξυπνο σύστημα παρακολούθησης της γεωργίας. Σκοπός της εργασίας είναι η καλύτερη κατανόηση της ευφυούς γεωργίας, η οποία αποτελεί μια σημαντική τάση για την προώθηση της βιώσιμης αγροτικής παραγωγής μέσα στα επόμενα χρόνια. [7]

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι η βασική τεχνολογία πίσω από τα πρότυπα της ευφυούς γεωργίας (smart farming) και των υπόλοιπων σχετικών τεχνολογικών προτύπων που αφορούν τον αγροτικό τομέα. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας, στο οποίο στηρίζονται οι βασικές λειτουργίες της ευφυούς γεωργίας, είναι η επικοινωνία μεταξύ αυτοματοποιημένων ή ημι-αυτοματοποιημένων κόμβων και η ανταλλαγή και επεξεργασία δεδομένων μεταξύ τους και στην συνέχεια, η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών. Συγκεκριμένα στον αγροτικό τομέα, η ανταλλαγή, η επεξεργασία και η εξαγωγή πληροφοριών, αποσκοπούν στην παρουσίαση χρήσιμων δεδομένων όπως η

παρακολούθηση της ανάπτυξης των καλλιεργειών, και η παρουσίασή αυτών των πληροφοριών στους αγρότες- παραγωγούς σε άλλα αυτοματοποιημένα συστήματα τα οποία υποβοηθούν τη συντήρηση των καλλιεργειών. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αποτελεί έναν βασικό και σημαντικό κρίκο στην αλυσίδα επεξεργασίας και προώθησης πληροφοριών με τελικό σκοπό την αποτελεσματική διαχείριση των καλλιεργειών. Πέραν, όμως των παραπάνω το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πιο άμεσα και πρακτικά: βάσει δεδομένων που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο, υπάρχει η δυνατότητα για αυτοματοποίηση λειτουργιών σε μια καλλιέργεια, όπως αυτόματη άρδευση. [8]

1.3 Αισθητήρες

Αισθητήρας ονομάζεται μία συσκευή που ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και παράγει από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο, συνήθως σε τάση (Volt) ή ένταση (Amper) ηλεκτρικού ρεύματος. Για παράδειγμα, το υδραργυρικό θερμόμετρο μετατρέπει τη μετρούμενη θερμοκρασία σε διαστολή, η οποία μπορεί να αναγνωστεί από ένα βαθμονομημένο σωλήνα, ενώ ένα ψηφιακό θερμόμετρο παρακολουθεί τη μεταβολή της θερμοκρασίας και την μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα. [9]

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε πληθώρα από καθημερινά αντικείμενα, όπως κουμπιά ανελκυστήρων ευαίσθητα στην αφή και λάμπες φωτισμού που εκπέμπουν λαμπρότερα ή απαλότερα αγγίζοντας τη βάση τους. Υπάρχουν αναρίθμητες ακόμη χρήσεις που οι περισσότεροι άνθρωποι δεν αντιλαμβάνονται. Εφαρμογές τους συναντάμε στα αυτοκίνητα, σε μηχανές, στην αεροναυπηγική, την ιατρική, τη βιομηχανία και τη ρομποτική. [10]

Τα βασικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων είναι:

- Εύρος: Τα όρια στα οποία η συσκευή λειτουργεί αξιόπιστα.
- Ακρίβεια: Η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη τιμή εισόδου.
- Σφάλμα: Η διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και τη πραγματική τιμή.
- Ανοχή: Το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να δημιουργήσει ο αισθητήρας.
- Διακριτική ικανότητα: Η μικρότερη αλλαγή τιμής εισόδου που μπορεί να ανιχνεύσει.
- Ευαισθησία: Η σχέση της αλλαγής εξόδου προς τη αλλαγή εισόδου, είναι ίση με τη διαφορά των τιμών της εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών εισόδου.
- Βαθμονόμηση: Η βαθμολόγηση της κλίμακας σε μονάδες.
- Νεκρή ζώνη: Το μέγιστο ποσό αλλαγής της εισόδου που δεν επιφέρει αλλαγή στην έξοδο.

- Γραμμικότητα: Ο βαθμός στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου προσεγγίζει ευθεία ως προς την είσοδο του αισθητήρα.
- Απόκριση: Ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει τη τελική τιμή η έξοδος.
- Καθυστέρηση: Η καθυστέρηση της αλλαγής της εξόδου ως προς την είσοδο.
- Ευστάθεια: Η μεταβολή της εξόδου σε μεγάλη χρονική περίοδο, χωρίς μεταβολή της εισόδου και των συνθηκών.
- Υστέρηση: Η διαφορά στην έξοδο όταν η κατεύθυνση της μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί.
- Επαναληψιμότητα: Η παραγωγή του ιδίου αποτελέσματος, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, με την ίδια είσοδο.
- Ολίσθηση: Η μεταβολή των χαρακτηριστικών του αισθητήρα με το χρόνο και το περιβάλλον.
- Στατικό σφάλμα: Σταθερό σφάλμα σε όλο το εύρος λειτουργίας, το οποίο μπορεί να αντισταθμιστεί.
- Χρόνος λειτουργίας: Ο εκτιμώμενος χρόνος λειτουργίας στα πλαίσια των προδιαγραφών.

1.4 Αισθητήρες στη Γεωργία

Οι αισθητήρες στην Γεωργία έχουν μια τεράστια ποικιλία και πολλαπλές εφαρμογές και μπορούμε να τους κατατάξουμε στις παρακάτω κατηγορίες.

1. Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής για καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.

- Αισθητήρες στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές (μέτρηση ροή του σπόρου και την υγρασία)
- Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές (μέτρηση ροή του σπόρου)
- Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε μηχανές συγκομιδής σταφυλιών

2. Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής

3. Αισθητήρες ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου

4. Αισθητήρες περιβάλλοντος

- Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας περιβάλλοντος
- Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας περιβάλλοντος

5. Αισθητήρες αγρού

- Αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας εδάφους
- Αισθητήρες συστήματος διαχείρισης άρδευσης
- Αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους
- Αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας χωρίς επαφή
- Αισθητήρες λίπανσης μεταβλητής περιοχής δόσης N
- Αισθητήρες φυτών και ζιζανίων

6. Αισθητήρες χαρτογράφησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας

- Αισθητήρες ηλεκτρική αγωγιμότητας και δειγματοληψίας εδάφους
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα και υγρασία εδάφους
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα και αλατότητα
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα και νηματώδεις
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα και παραγωγή

1.5 Αισθητήρες Περιβάλλοντος & Αγρού

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην καθημερινότητά μας, την άνεση και την παραγωγικότητα. Οι αισθητήρες σε αυτή την κατηγορία παρέχουν λεπτομερή και αξιόπιστα δεδομένα σχετικά με βασικές περιβαλλοντικές παραμέτρους όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρικής πίεσης, η υγρασία εδάφους και της βροχής. Η περιβαλλοντική ανίχνευση ανοίγει νέες δυνατότητες για τη δημιουργία ευφυέστερων συσκευών που βελτιώνουν την άνεση και την ευημερία μας καθώς και την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών στη Γεωργία. [11]

Εικόνα 1: Αισθητήρες Περιβάλλοντος

Όπως είναι γνωστό η θερμοκρασία επηρεάζει τη βλάστηση, την ανάπτυξη των φυτών και τη ζωή του εδάφους, καθώς και την ένταση της εξάτμισης. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας μετρούν τη θερμοκρασία του αέρα και όχι τη θερμοκρασία του εδάφους, η οποία μπορεί να είναι 10-15 °C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα. Αισθητήρες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι και εκτεθειμένοι στο άμεσο ηλιακό φως δείχνουν υψηλότερες ενδείξεις θερμοκρασίας από εκείνους οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε σκιερό έδαφος. [12]

Η παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους γίνεται σήμερα με ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Υπάρχουν στην αγορά διάφορα ασύρματα συστήματα με σχετικά χαμηλές τιμές. Η παρακολούθηση για την εκτίμηση του φυτικού στρες και των αρδευτικών αναγκών γίνεται με αισθητήρες για την μέτρηση της υγρασίας. Τα δεδομένα των αισθητήρων βοηθούν τους καλλιεργητές να εντοπίζουν τη βέλτιστη τιμή της υγρασίας εδάφους για συγκεκριμένη τοποθεσία, τύπο εδάφους και καλλιέργεια. Επομένως, μετρώντας την υγρασία του εδάφους με κάποιους αισθητήρες, μπορούμε να ορίσουμε μια υγρασία εδάφους που όταν τη φτάσουμε πρέπει να προσθέσουμε αρδευτικό νερό. Ο ορισμός αυτού του επιπέδου υγρασίας που πρέπει να αρχίσουμε το πότισμα είναι μια σύνθετη εργασία καθώς δεν αρκεί μόνο να ορίσουμε την υγρασία, αλλά να λάβουμε υπόψη και άλλους παράγοντες, όπως τις καιρικές συνθήκες αλλά και το χρόνο που θα χρειαστούμε να ποτίσουμε την καλλιεργούμενη έκταση.

1.6 Φυτοπονικό Χουμόχωμα

Το Χουμόχωμα αποτελεί ένα καθαρό φυτικό υπόστρωμα πλήρως σταθεροποιημένο ως προς τα θρεπτικά στοιχεία που περιέχει και τη μορφή του άνθρακα ως κύριου δομικού στοιχείου οργανικής ουσίας που χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό υψηλής βιολογικής δράσης υποκαθιστώντας πλήρως την κοπριά και άλλα ζωικής προέλευσης λιπάσματα για τη βασική λίπανση δέντρων, υπαίθριων κηπευτικών και θερμοκηπιακών καλλιεργειών. [13]

Εικόνα 2: Χουμόχωμα

Το υλικό χαρακτηρίζεται από την απουσία υδατοδιαλυτών θρεπτικών στοιχείων, κάτι που συμβάλλει στην προστασία του υδροφόρου ορίζοντα, ενώ οι σταθεροποιημένες δομές άνθρακα που σύμφωνα με πρόσφατο επιστημονικό μοντέλο ευθύνεται για το γεγονός ότι τα θρεπτικά στοιχεία που περιέχει το χουμόχωμα δεν μπορούν να εκπλυθούν από το νερό της βροχής είτε της άρδευσης, δεσμεύουν μόνιμα επί δεκαετίες το διοξείδιο του άνθρακα (CO2) από τον αέρα στο έδαφος. Η ικανότητα δέσμευσης άνθρακα ενός τόνου χουμοχώματος αντιστοιχεί σύμφωνα με υπολογισμούς βασισμένους σε νέα διεθνή πρότυπα σε 400kg ισοδύναμα CO2, πράγμα που σημαίνει πως η παραγωγή χουμοχώματος συμβάλλει ενεργά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Παράλληλα αποτελεί ένα φυσικό λίπασμα που προκαλεί ζωηρή ανάπτυξη των φυτών και ασυνήθιστα υψηλές στρεμματικές αποδόσεις.

Φυτά που φυτεύονται και μεγαλώνουν σε βιοκυκλικό χουμόχωμα αναπτύσσουν ένα δύο έως τρεις φορές μεγαλύτερο ριζικό σύστημα σε σχέση με ένα κοινό έδαφος. Ένα περιβάλλον το οποίο δεν διαθέτει θρεπτικά στοιχεία σε υδατοδιαλυτή μορφή αναγκάζει τα φυτά να ενεργοποιήσουν μηχανισμούς πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων διαφορετικούς από αυτούς που εξασφαλίζουν την τροφοδότηση του φυτού με νερό. Κατ' αυτόν τον τρόπο το φυτό μπορεί να προσλαμβάνει επιλεκτικά το είδος και την ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων που χρειάζεται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης που βρίσκεται δυναμώνοντας ταυτόχρονα και το ανοσοποιητικό σύστημά του.

Λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του, τα οποία βρίσκονται σε τρέχουσα διαδικασία επιστημονικού προσδιορισμού. Το Βιοκυκλικό χουμόχωμα δεν κατατάσσεται στα κομπόστ ή εδαφοβελτιωτικά αλλά στις γαίες με υψηλό συντελεστή δράσης. Έτσι δεν υπάρχει ούτε περιορισμός στην ποσότητα που χορηγείται στο έδαφος ούτε μέγιστη συνιστάμενη ποσότητα. Δεδομένου ότι το φυτό απορροφά μόνο εκείνα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για το συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξής του και ότι τα θρεπτικά στοιχεία και συμπλέγματα δεν μπορούν να εκπλυθούν από το νερό, η χρήση μεγάλων ποσοτήτων Βιοκυκλικού χουμοχώματος (ακόμα και άνω των 20 τόνων ανά στρέμμα) δεν βλάπτει ούτε τις καλλιέργειες ούτε το περιβάλλον. Το γεγονός ότι το Βιοκυκλικό χουμόχωμα είναι σε θέση να υποκαθιστά τη χρήση κοπριάς και άλλων λιπασμάτων ζωικής προέλευσης προσδιορίζει τη μεγάλη σημασία του για θέματα θρέψης στην φυτοπονία. [14]

Το Φυτοπονικό Χουμόχωμα έχει λοιπόν τα εξής θετικά έναντι του απλού χώματος:

- Είναι 100% φυσικό προϊόν.
- Δεν περιέχει σπόρους ζιζανίων και είναι απαλλαγμένο ασθενειών.
- Συγκρατεί την αναγκαία υγρασία αλλά δεν νεροκρατεί.
- Επιτρέπει στον αέρα να κυκλοφορεί ανεμπόδιστα.
- Συμβάλλει στον βέλτιστο εφοδιασμό των φυτών με θρεπτικά στοιχεία.
- Ενισχύει την ανοχή των φυτών σε αβιοτικούς στρεσογόνους παράγοντες (παγετός, ξηρασία).
- Αυξάνει την άμυνα των φυτών έναντι ασθενειών και παθογόνων.
- Βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά καρπών και φρούτων.

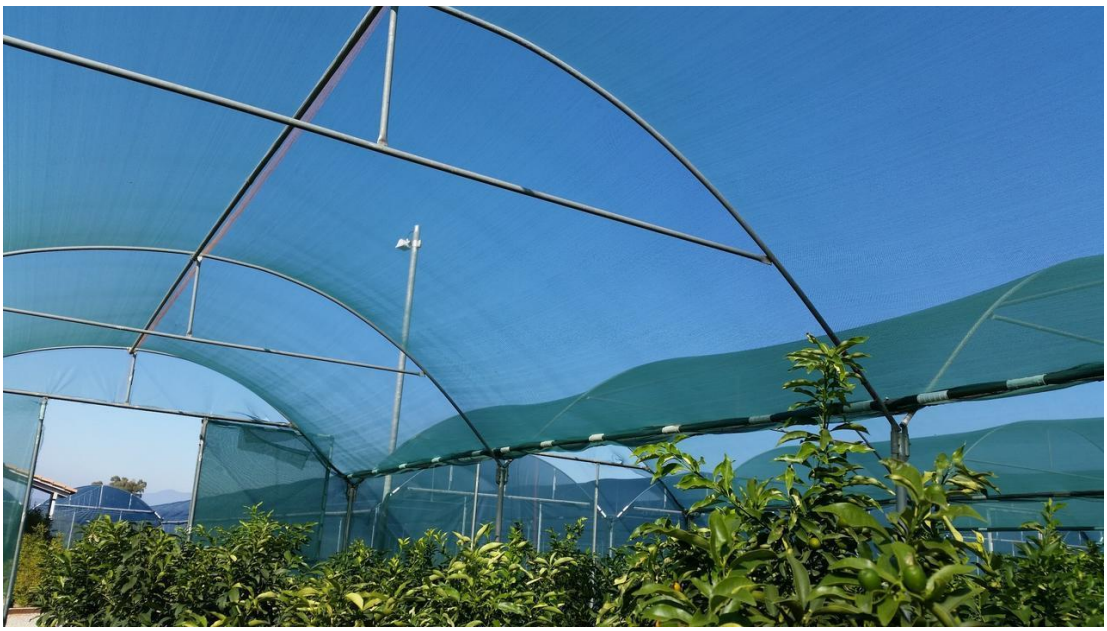
1.7 Θερμοκήπια και Δικτυοκήπια

Τα θερμοκήπια είναι κλειστές, διαφανείς κατασκευές που ο σκελετός τους αποτελείται από σιδερένια ξύλινα δοκάρια, καλύπτεται από πλαστικά φύλλα ή γυαλί που έχουν σκοπό τη δημιουργία όσο το δυνατόν πιο ευνοϊκών συνθηκών περιβάλλοντος για την καλλιέργεια των φυτών, ιδιαίτερα σε εποχές που στην ύπαιθρο αυτό δεν συμβαίνει και σε περιοχές που δεν είναι ενδεδειγμένες για την καλλιέργεια κάποιου είδους στις επικρατούσες φυσικές οικολογικές συνθήκες. [15] Σκοπός της χρησιμοποίησης των θερμοκηπίων στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι τροποποίηση ή η ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών. Ένα διαφανές ή ημιδιαφανές κάλυμμα επιτρέπει στο ηλιακό φώς να εισέρχεται, το οποίο θερμαίνει το θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της ημέρας. Όταν ανεβαίνει η θερμοκρασία, απαιτείται εξαερισμός. [16]

Εικόνα 3: Θερμοκήπιο

Τα κύρια αέρια θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, ο υδρατμός και το οξείδιο του αζώτου. Αυτά τα μόρια αερίου είναι πιο χαλαρά συνδεδεμένα από τα περισσότερα μόρια, έτσι ώστε όταν τα χτυπήσει θερμότητα, τείνουν να δονηθούν. Αυτά τα δονούμενα μόρια απελευθερώνουν θερμότητα, πολλά από τα οποία στη συνέχεια απορροφώνται από γειτονικά μόρια αερίων θερμοκηπίου. Αυτός ο κύκλος διατηρεί τον αέρα στον περιβάλλοντα χώρο ασυνήθιστα ζεστό. [17]

Μια εντελώς καινούρια τεχνολογία, ιδιαίτερα εντυπωσιακή, έχει αρχίσει να εμφανίζεται στις γεωργικές εφαρμογές σε παγκόσμιο επίπεδο, τα δικτυοκήπια. Εκτενείς έρευνες που έχουν γίνει αλλά και εμπορικές εφαρμογές αποδεικνύουν ότι πραγματικά οι αποδόσεις των καλλιεργειών αυξάνονται κατακόρυφα και η απόσβεση της κατασκευής τους γίνεται από το πρώτο έτος.



Εικόνα 4: Δικτυοκήπιο

Πιο αναλυτικά, αναφερόμαστε σε μια μεταλλική κατασκευή με κολώνες από γαλβανισμένες εν θερμώ σωλήνες και σύνδεση αυτών με γαλβανισμένα συρματόσχοινα και ειδικά εξαρτήματα συνδεσμολογίας. Η φιλοσοφία βασίζεται στην εξειδικευμένη γνώση και στους ακριβείς στατικούς υπολογισμούς, μιας και πρόκειται για μια ελαφριού τύπου κατασκευή. Παρόλα αυτά, ο συγκεκριμένος σκελετός μπορεί να αντισταθεί σε ανέμους μέχρι 120 χλμ./ώρα, καθώς και να αντέξει αναρτώμενο βάρος μέχρι 25 κιλά/τ.μ.

Μία δεύτερη πρωτοτυπία είναι τα υλικά κάλυψης του προαναφερόμενου σκελετού. Πρόκειται για ειδικά εντομοστεγή δίχτυα, τα οποία αποτρέπουν την είσοδο των εντόμων και καλύπτουν την καλλιέργεια τόσο από τα πλαϊνά όσο και από την οροφή. Έτσι υπάρχει πλήρης στεγανοποίηση και προστασία, κάτι που σημαίνει υγιή φυτά και ελάχιστη έως μηδενική χρήση των πιο επικίνδυνων φυτοφαρμάκων, όπως είναι τα εντομοκτόνα.

Επίσης η κατασκευή αυτή μπορεί να εξοπλιστεί και με ειδικά φωτορυθμιστικά δίχτυα σκίασης. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει το φιλτράρισμα του ηλιακού φωτός, καθώς και τη διάχυση αυτού, κάτι που ευνοεί τόσο τη φωτοσύνθεση όσο και την προστασία από τα ηλιοεγκαύματα. Τέλος, με συγκεκριμένη τεχνική στήριξης των διχτυών οροφής επιτυγχάνουμε και αντιχαλαζική προστασία της καλλιέργειας.

1.8 Κίνητρο & Σκοπός Εργασίας

Το κίνητρο της παρούσας διπλωματικής είναι η ωφέλεια που μπορεί να επιτευχθεί στον πρωτογενή τομέα της αγροτικής καλλιέργειας, ως επίσης στην εξοικονόμηση πόρων, την βελτίωση της ποιότητας και παράλληλα την αύξηση της ποσότητας των παραγόμενων αγαθών.

Ο σκοπός της εργασίας είναι η κατασκευή και πειραματική μελέτη ενός συστήματος που εκμεταλλεύεται τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες τοποθετείται. Όταν οι περιβαλλοντικές και καιρικές συνθήκες αυτές δεν επαρκούν, ή υπερβαίνουν, τα ιδανικά όρια που αντιστοιχούν στην υπάρχουσα καλλιέργεια, τότε μέσω ανάδρασης από τους αισθητήρες ενεργοποιούνται εξωτερικές πηγές με σκοπό την ενίσχυση ή περιορισμό των περιβαλλοντικών συνθηκών αυτών.

Κεφάλαιο 2: Ανάπτυξη Εφαρμογής

2.1 Συνοπτική Παρουσίαση

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση της διάταξης του συστήματος ανάπτυξης φυτού, οι λειτουργίες και οι δυνατότητές του, καθώς και τα υποσυστήματα που το απαρτίζουν. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί η κατασκευή και θα αναλυθεί ο αλγόριθμος στον οποιο στηρίζεται η λειτουργία της διάταξης καθώς και η λειτουργία της διαδικτυακής εφαρμογής, μέσω της οποίας γίνεται η ενημέρωση του χρήστη για τις συνθήκες περιβάλλοντος ανάπτυξης του φυτού καθώς και ο χειρισμός για το φώς και το πότισμα του φυτού.

2.2 Arduino

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μικροελεγκτών στην αγορά. Ο μικροελεγκτής Arduino χρησιμοποιείται κατά κόρον σε υλοποιήσεις αυτοματισμών λόγω της ικανοποιητικής επεξεργαστικής ισχύς του, της ευκολίας του προγραμματισμού του, της μεγάλης ποικιλίας σε περιφερειακούς αισθητήρες και τεχνολογίες ασύρματης και ενσύρματης επικοινωνίας, καθώς και της χαμηλής τιμής του. Πρόκειται για έναν μικροελεγκτή ανοικτού κώδικα (open source) με ενσωματωμένο επεξεργαστή και εισόδους/εξόδους, το οποίο μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα προγραμματισμού Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++). [18]

Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών συστημάτων. Παρέχει την δυνατότητα σύνδεσης με υπολογιστή για τον προγραμματισμό του, αλλά και για την μετέπειτα επικοινωνία με σκοπό το συνεχόμενη επίβλεψη των εργασιών, όπου έχει προγραμματιστεί να εκτελεί. Ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη, κυκλοφορούν ποικίλες εκδόσεις Arduino με περισσότερες εισόδους και εξόδους, μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ, λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, μεγαλύτερες δυνατότητες επικοινωνίας με άλλους μικροελεγκτές αλλά και τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η έκδοση Arduino 33 IoT που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική. [19]

Το Arduino Nano 33 IoT συνδυάζετε με έναν αισθητήρα IMU σε μία πλακέτα μορφής Nano, και είναι το πιο προσιτό μοντέλο υφιστάμενων πλακετών της νέας γενιάς, για σχεδιασμό και εκτέλεση εφαρμογών στην κατηγορία του IoT.

Εικόνα 5: Arduino Nano 33 IoT

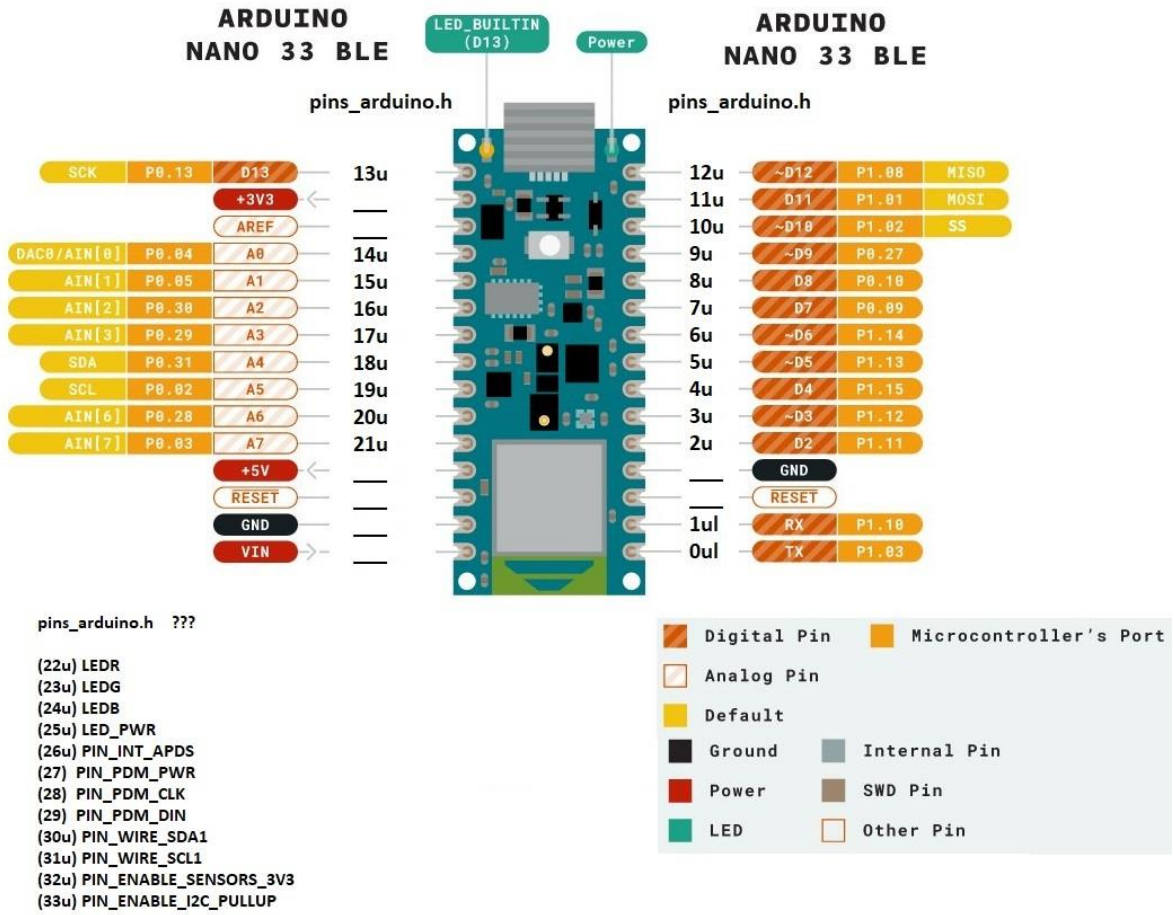
Ο κύριος επεξεργαστής της πλακέτας είναι ένας χαμηλής ισχύος Arm® Cortex®-M0 32-bit SAMD21. Η σύνδεση WiFi και Bluetooth® εκτελείται με μια μονάδα από το u-blox, το NINA-W10, ένα chipset χαμηλής κατανάλωσης που λειτουργεί στα 2.4GHz. Επιπλέον, εξασφαλίζεται η ασφαλής επικοινωνία μέσω του κρυπτογράφου Microchip® ECC608. Εκτός αυτού, μπορείτε να βρείτε ένα IMU 6 αξόνων, αυτό που κάνει αυτή την πλακέτα ιδανικά για απλά συστήματα συναγερμού δόνησης, pedometers, τοποθέτηση σε ρομπότ, κλπ.

Το Arduino Nano 33 IoT μπορεί να συνδεθεί μέσω WiFi στο Arduino IoT Cloud ή να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει το δικό του σημείο πρόσβασης Arduino μέσω της βιβλιοθήκης WiFiNINA.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- Μικροελεγκτής: SAMD21 Cortex-M0+ 32bit low power ARM MCU
- Τάση λειτουργίας: 3.3V
- Τάση εισόδου: 3.3-12V
- Τάση εισόδου (limits): 6-20V
- Ψηφιακά I/O Pins: 14
- Αναλογικές εισόδους: 8 (ADC 8/10/12 bit)
- PWM εισόδους: 11 (2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 16 / A2, 17 / A3, 19 / A5)
- Μνήμη Flash: 256 KB
- Μνήμη SRAM: 32KB
- Ταχύτητα (Clock Speed): 48 MHz

Στη συνέχεια ακολουθεί το σχεδιάγραμμα με όλες τις εισόδους και εξόδους του Arduino Nano 33 IoT.



Εικόνα 6: Σχεδιάγραμμα Arduino Nano 33 IoT

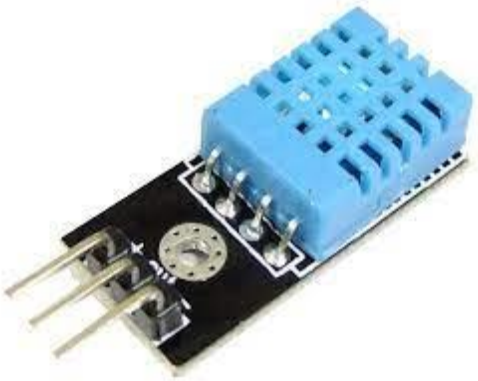
2.3 Υλικά & Αισθητήρες

2.3.1 Αισθητήρας Θερμοκρασίας & Υγρασίας DHT11

Ο DHT-11 είναι ένας βασικός, χαμηλού κόστους ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας και χρησιμοποιείται για την μέτρηση υγρασίας και θερμοκρασίας στον χώρο. Στο εσωτερικό του κρύβει έναν αισθητήρα υγρασίας και ένα θερμίστορ (μεταβλητή αντίσταση που η τιμή της αλλάζει σε σχέση με την θερμοκρασία). Ο αισθητήρας DHT11 περιέχει λοιπόν δύο διαφορετικούς αισθητήρες, το στοιχείο μέτρησης της υγρασίας και το θερμίστορ NTC για την μέτρηση της θερμοκρασίας.

Ο αισθητήρας της υγρασίας αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια με ένα υπόστρωμα συγκράτησης της υγρασίας μεταξύ τους. Ο αισθητήρας μετρά την αντίσταση μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων που η τιμή της εξαρτάται από την υγρασία του αέρα. Το θερμίστορ είναι ένα εξάρτημα στο οποίο η αντίσταση του αλλάζει με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και παρουσιάζει μεταβολή 100Ω περίπου ανά βαθμό Κελσίου. Ο όρος «NTC» σημαίνει "Negative Temperature Coefficient», δηλαδή η αντίσταση ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. [20]

Το κύκλωμα του αισθητήρα DHT-11 περιέχει ένα τσιπ που μετατρέπει το αναλογικό σήμα που δέχεται από το περιβάλλον σε μια ψηφιακή τιμή όπου και στέλνεται στο Arduino δίνοντας μας την δυνατότητα για άμεση πληροφόρηση της τρέχουσας κατάστασης σε όποιο σημείο της καλλιέργειας είναι τοποθετημένος. Το εύρος υγρασίας που μετράει είναι 20-80% και το εύρος της θερμοκρασίας είναι 0-50 °C. Η τροφοδοσία κυμαίνεται μεταξύ 3.0V έως 5.0V DC

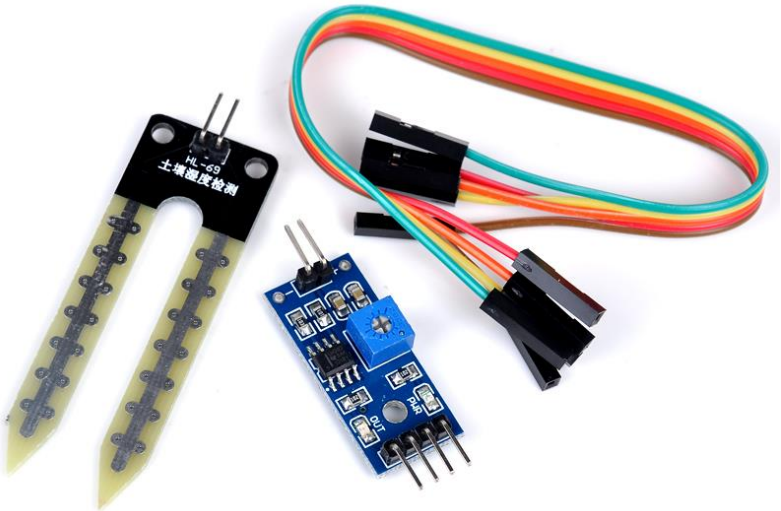


Εικόνα 7: Αισθητήρας Θερμοκρασίας & Υγρασίας DHT11

2.3.2 Αισθητήρας Υγρασίας Εδάφους

Ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους αποτελείται από δύο ανιχνευτές οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του ογκομετρικού περιεχομένου του νερού. Οι δύο ανιχνευτές επιτρέπουν στο ρεύμα να περάσει από το έδαφος και έπειτα, μέσω ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος, ανάλογα με την τιμή της αντίστασης εκτιμάται η τιμή της υγρασίας.

Όταν το έδαφος έχει περισσότερη περιεκτικότητα σε νερό, το έδαφος θα έχει μεγαλύτερη αγωγιμότητα, πράγμα που σημαίνει ότι θα υπάρξει λιγότερη αντίσταση. Επομένως, το επίπεδο υγρασίας θα είναι υψηλότερο. Το ξηρό έδαφος έχει χαμηλή αγωγιμότητα, οπότε όταν θα υπάρξει μικρότερη περιεκτικότητα νερού, πράγμα που συνεπάγεται μεγαλύτερη αντίσταση.



Εικόνα 8: Αισθητήρας Υγρασίας Εδάφους

2.3.3 Servo Motor

Ο σερβοκινητήρας είναι μια διάταξη που μπορεί να γυρίζει με ακρίβεια έναν άξονα από τις 0 μέχρι τις 180 μοίρες. Έχει εφαρμογή σε κατασκευές που θέλουμε να κινείται κάποιο μέρος ελεγχόμενα, π.χ. αν σταθεροποιήσουμε κάπου τη βάση του, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το σέρβο για να εισάγουμε κίνηση σε εύρος 180 μοιρών στην κατασκευή μας. Ένα κλασικό δείγμα σερβοκινητήρα ιδανικό για το Arduino είναι ο TowerPro SG90 ο όποιος χρησιμοποιήθηκε και στην συγκεκριμένη διπλωματική. [21]

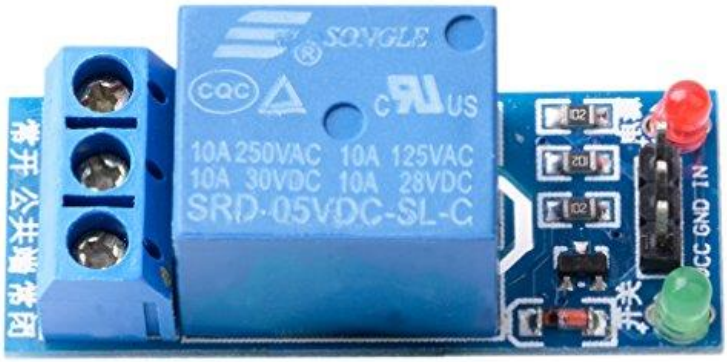
Ο σερβοκινητήρας αποτελείται από τον ηλεκτρικό κινητήρα συνεχούς ρεύματος με μόνιμο μαγνήτη στο στάτη, το μηχανικό μειωτήρα (γρανάζια) που μας επιτρέπει να έχουμε μεγάλη ροπή με λίγες στροφές στον άξονα του servo, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου (servo driver) και ένα ποτενσιόμετρο που το στροφείο του είναι άμεσα συνδεδεμένο (μηχανικά) με τον άξονα του servo.

Το σέρβο έχει τρία καλώδια: ένα κόκκινο που συνδέεται στην πηγή (+5V), ένα καφέ ή μαύρο που συνδέεται στη γείωση (GND) κι ένα άσπρο ή κίτρινο που συνδέεται στο pin του Arduino, μέσω του οποίου λαμβάνει παλμούς PWM συχνότητας 50Hz, των οποίων ο κύκλος εργασίας (Duty cycle) είναι ανάλογος με τις μοίρες στρέψης.

Εικόνα 9: Σερβοκινητήρας

2.3.4 Relay Module 5V

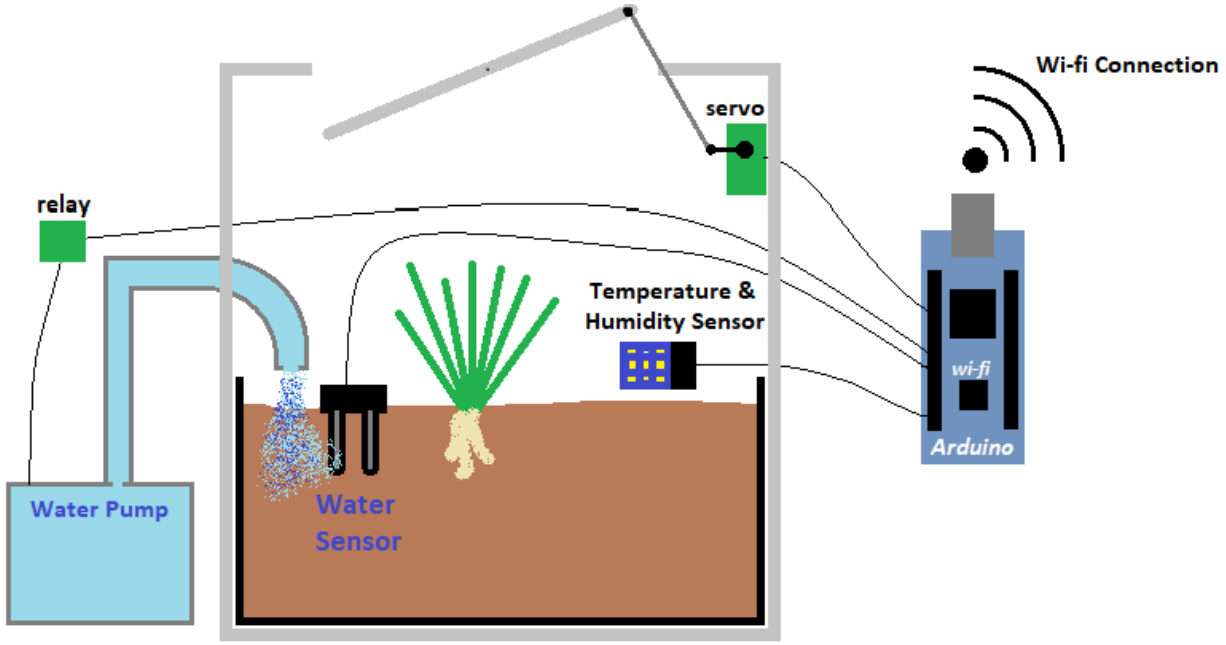
Το ρελέ είναι ένας προγραμματιζόμενος ηλεκτρικός διακόπτης, ο οποίος μπορεί να ελεγχθεί από το Arduino ή οποιονδήποτε μικροελεγκτή. Χρησιμοποιείται για τον προγραμματικό έλεγχο ενεργοποίησης/απενεργοποίησης της συσκευής που χρησιμοποιεί υψηλό ρεύμα (220v). Στη παρούσα διπλωματική το ρελέ χρησιμοποιείται για να ενεργοποιεί την αντλία ποτίσματος.



Εικόνα 10: Ρελέ

2.4 Κατασκευή

Για την υλοποίηση του πειράματος, έγινε η κατασκευή ενός συστήματος ανάπτυξης φυτών με χρήση ενός μικροελεγκτή Arduino και των αισθητήρων που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Το σύστημα υλοποιήθηκε στα πρότυπα ενός θερμοκηπίου από πλαστικό, που στηρίζεται πάνω σε ξύλινο σκελετό και στον οποίο τοποθετήθηκε το Arduino, ενώ στη συνέχεια τοποθετήθηκε το φυτό εσωτερικά. Μέσα στην κατασκευή τοποθετήθηκε αισθητήρας θερμοκρασίας, ενώ μέσα στη γλάστρα του φυτού τοποθετήθηκε αισθητήρας υγρασίας του εδάφους. Η οροφή της κατασκευής ανοίγει αυτόματα με τη χρήση σερβοκινητήρα, και έξω από την κατασκευή υπάρχει τοποθετημένο το δοχείο με την αντλία ποτίσματος, όπως φαίνεται και παρακάτω.



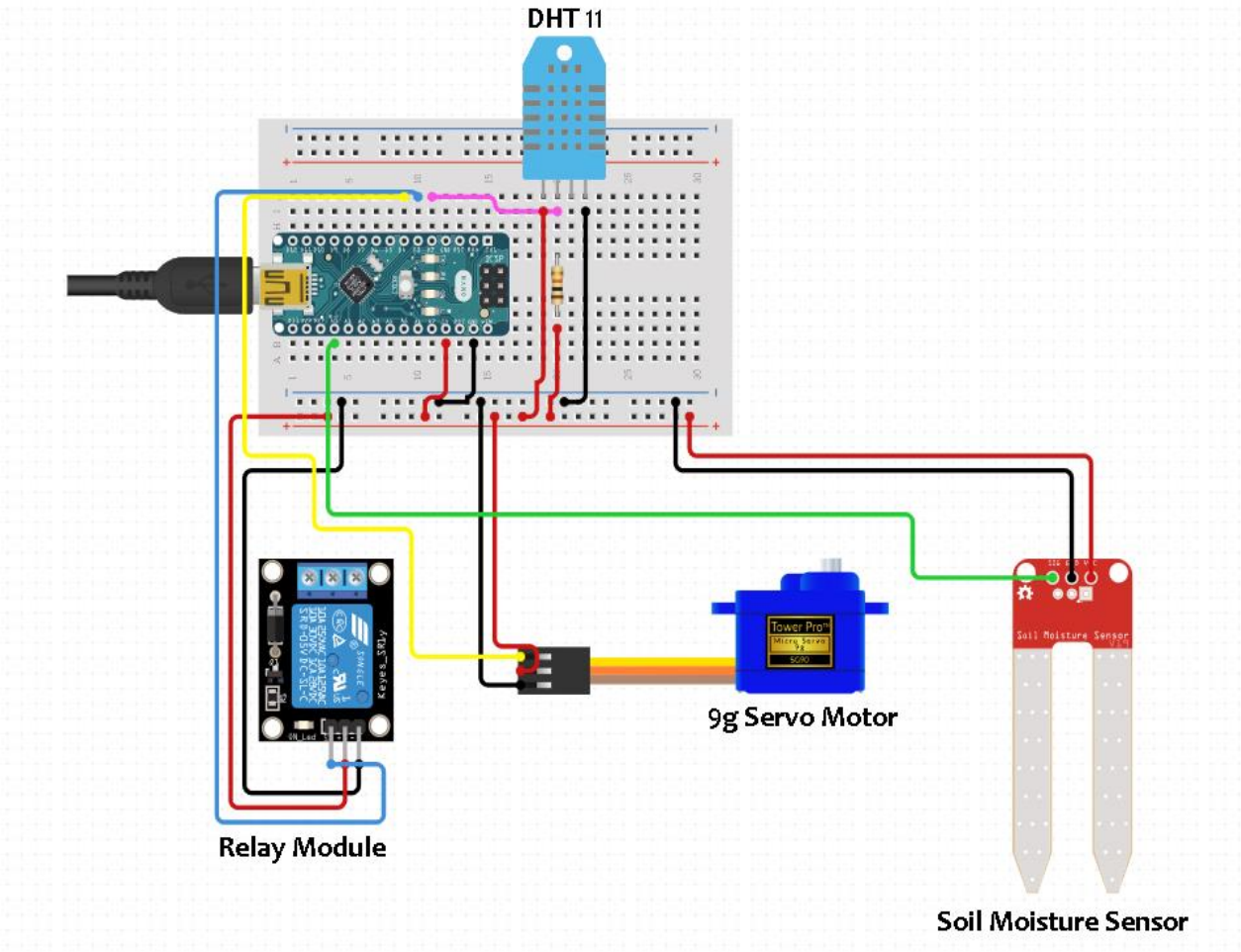
Εικόνα 11: Σχέδιο Κατασκευής

Εικόνα 12: Κατασκευή

Εικόνα 13: Κατασκευή

2.5 Παρουσίαση Διάταξης

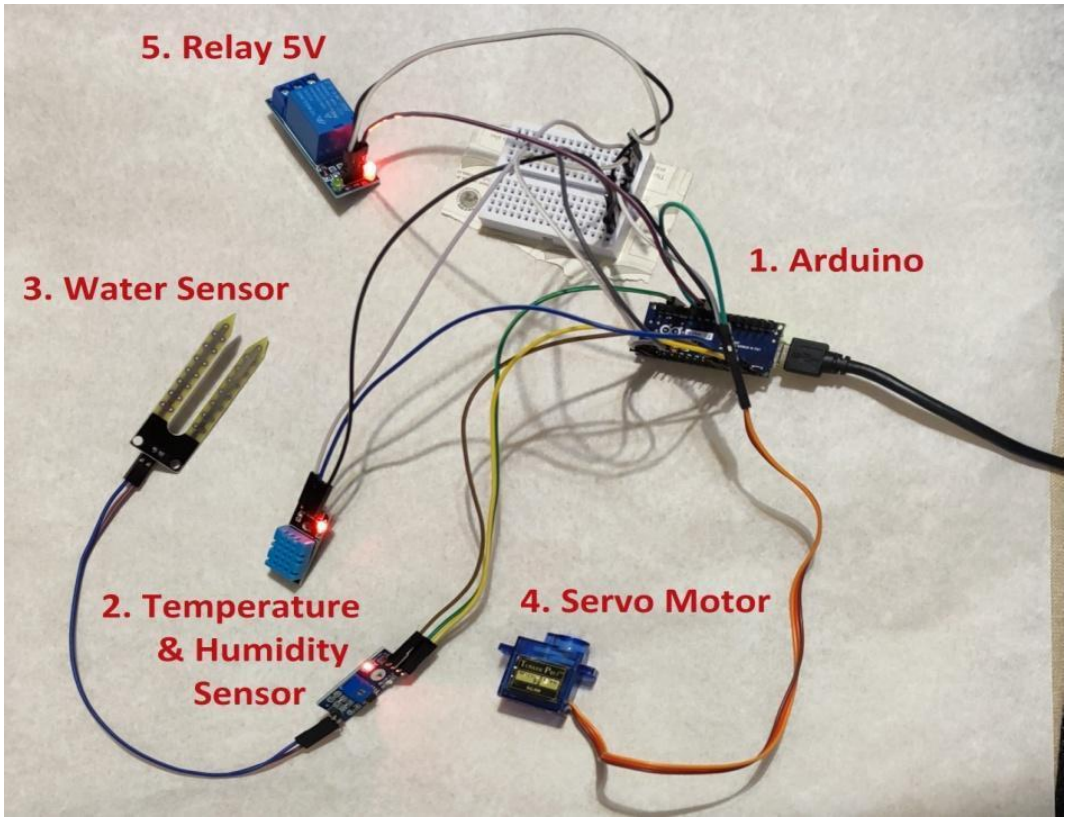
Παρακάτω ακολουθεί το κύκλωμα της πειραματικής διάταξης όπου φαίνονται όλες οι συνδέσεις των διάφορων εισόδων (αισθητήρες) και εξόδων (ρελέ και σερβοκινητήρας) με τον μικροελεγκτή Arduino μέσω της ειδικής πλακέτα δοκιμών (Breadboard).



Εικόνα 14: Κύκλωμα Arduino

Στη συνέχεια ακολουθεί η πραγματική διάταξη της κατασκευής που αποτελείται από:

1. Μικροελεγκτής Arduino
2. Αισθητήρας Θερμοκρασίας & Υγρασίας DHT11
3. Αισθητήρας Υγρασίας Εδάφους
4. Σερβοκινητήρας
5. Ρελέ



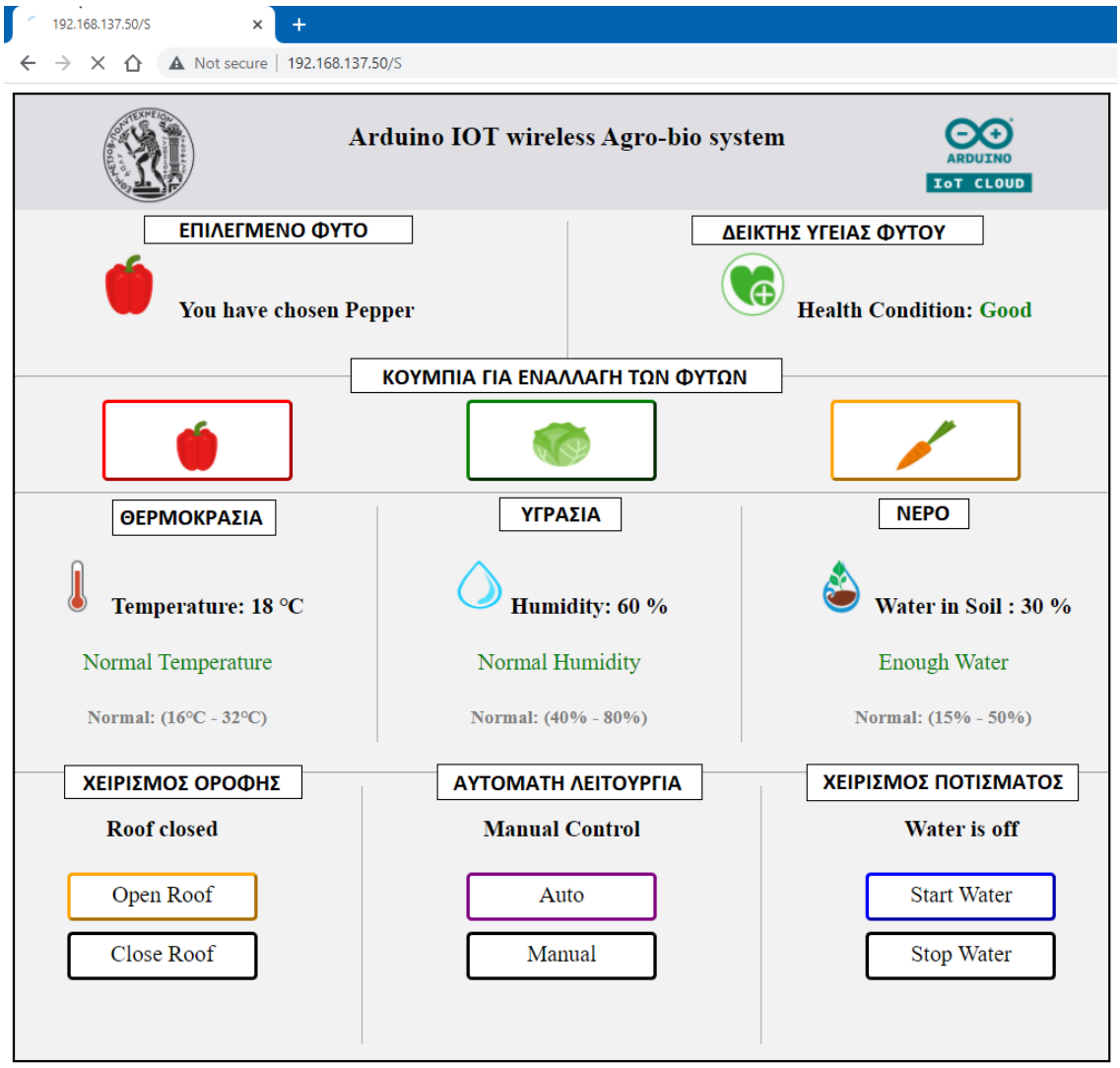
Εικόνα 15: Διάταξη

2.6 Ανάλυση Εφαρμογής & Αλγόριθμος

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί ο αλγόριθμος και στη συνέχεια η διαδικτυακή εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής. Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, σκοπός της διπλωματικής είναι να κατασκευαστεί ένα σύστημα που θα αναπαριστά τη λειτουργία ενός εξελιγμένου θερμοκηπίου, όπου με τη χρήση αισθητήρων, αντλίας και σερβοκινητήρα, προσφέρει την δυνατότητα της αυτοματοποιημένης φροντίδας και ανάπτυξης των φυτών. Αυτή η αυτοματοποιημένη λειτουργία στηρίζεται στον αλγόριθμο που είναι υπεύθυνος να λαμβάνει τις τιμές από τους αισθητήρες, να τις επεξεργάζεται και να ενεργοποιεί τα κατάλληλα επιμέρους συστήματα ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν.

Ο αλγόριθμος έχει δύο βασικές λειτουργίες πέρα από το να λαμβάνει τις τιμές από τους αισθητήρες και να ενημερώνει τον χρήστη μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής. Η πρώτη είναι η χειροκίνητη λειτουργία, στην οποία ο χρήστης μπορεί να ανοιγοκλείσει την οροφή και να ποτίσει το φυτό μέσω κουμπιών από την εφαρμογή. Η δεύτερη είναι η αυτόματη λειτουργία, που ανάλογα με το είδος του φυτού που έχει επιλεχθεί από τον χρήστη και τις τιμές που λαμβάνει το σύστημα από τον αισθητήρα υγρασίας εδάφους, ο αλγόριθμος αποφασίζει το πότε και για πόσο χρονικό διάστημα να ενεργοποιεί την αντλία ποτίσματος ώστε να έχει το φυτό το νερό που χρειάζεται, σε συνδυασμό με τη βέλτιστη οικονομία στη χρήση του νερού. Επίσης, ανάλογα με τις τιμές από τους αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας αέρα, ο αλγόριθμος επιλέγει πότε θα ανοίξει και θα κλείσει η αυτόματη οροφή της κατασκευής, για τον απόλυτο έλεγχο των συνθηκών του περιβάλλοντος του φυτού όπως είναι η θερμοκρασία, η έκθεση στον ήλιο, η υγρασία και η προστασία-απομόνωση του φυτού από ακραίες καιρικές συνθήκες. Την επιλογή μεταξύ της αυτόματης και της χειροκίνητης λειτουργίας μπορεί να την κάνει εύκολα ο χρήστης μέσω της εφαρμογής όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.

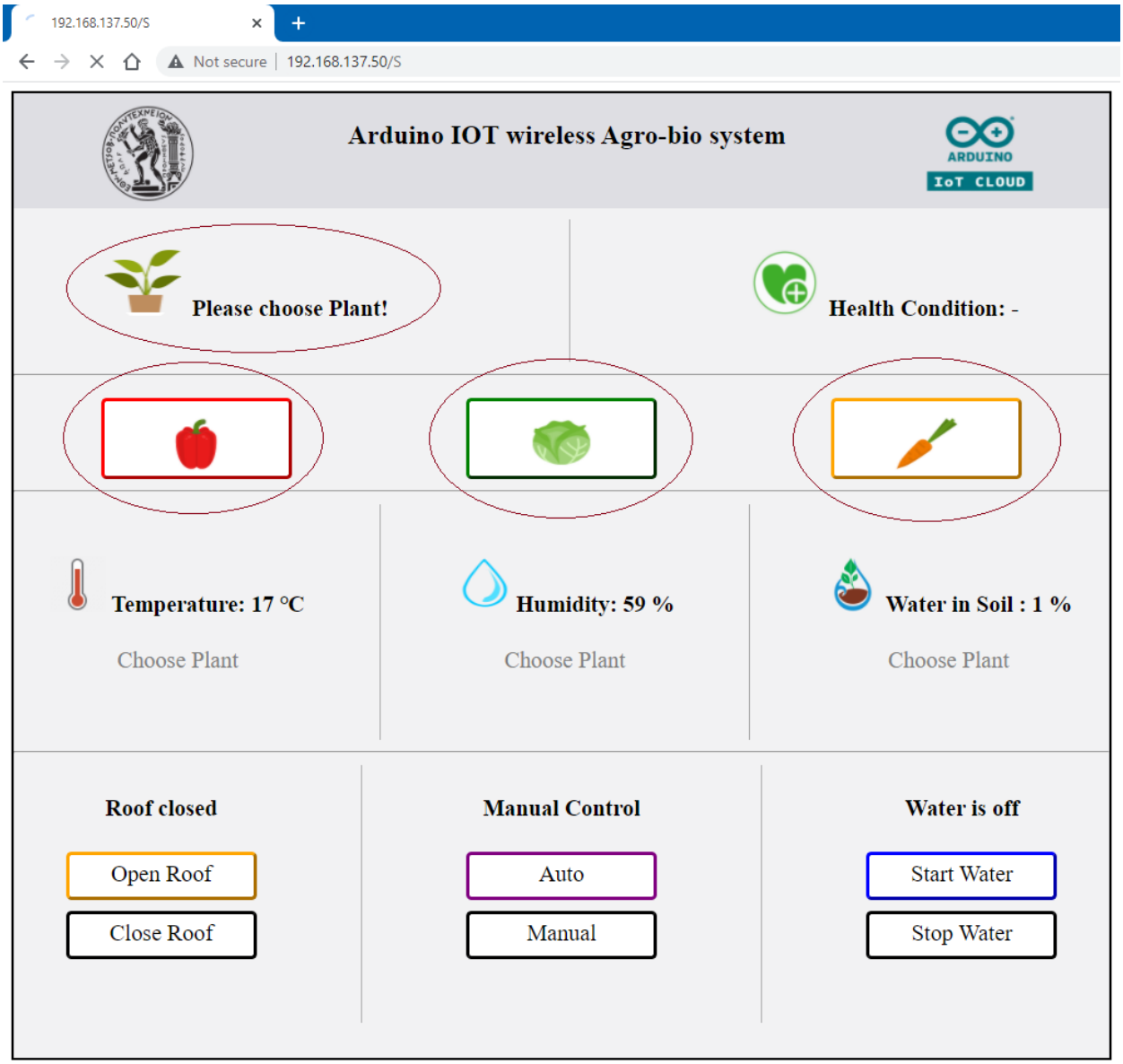
Για την ανάπτυξη της εφαρμογής, όπως προαναφέρθηκε, το Arduino Nano 33 IoT μπορεί να συνδεθεί μέσω WiFi και να δημιουργήσει το δικό του σημείο πρόσβασης Arduino μέσω της βιβλιοθήκης WiFiNINA. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στην εφαρμογή μέσω οποιουδήποτε περιηγητή για σύνδεση στο διαδίκτυο, στην διεύθυνση ip που έχει οριστεί στατικά μέσα στον κώδικα και να πλοηγηθεί στην διαδικτυακή εφαρμογή, όπως φαίνεται παρακάτω. Βασική προϋπόθεση, είναι ο χρήστης να είναι συνδεδεμένος στο ίδιο υποδίκτυο που βρίσκεται το Arduino συνδεδεμένο και να πληκτρολογήσει την ip που φαίνεται και στη παρακάτω φωτογραφία (192.168.137.50) για να φορτώθει η εφαρμογή στον περιηγητή.



Εικόνα 16: Διαδικτυακή Εφαρμογή

1. Επιλογή Φυτού

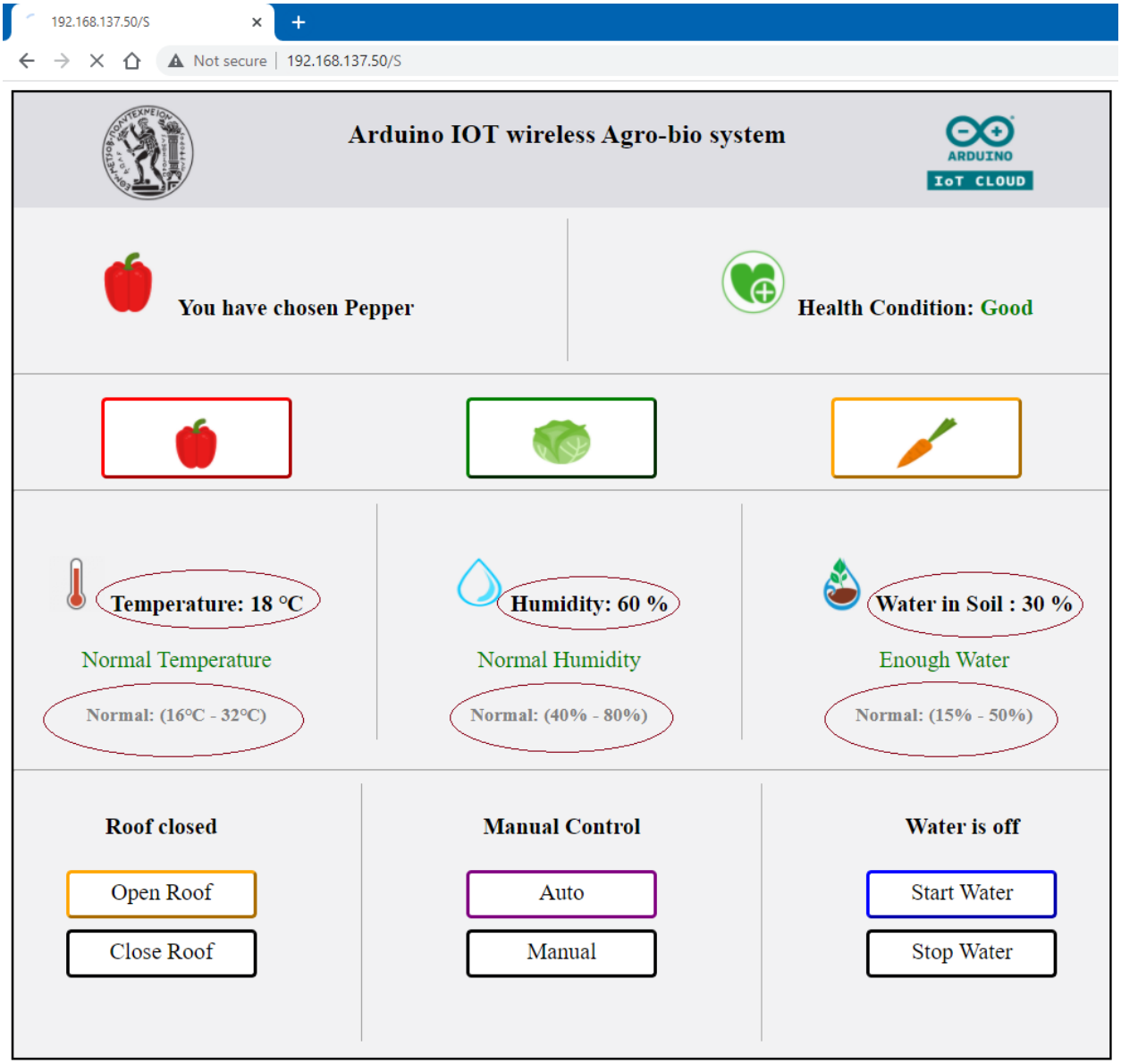
Όπως φαίνεται και στο παρακάτω στιγμιότυπο της διαδικτυακής εφαρμογής, στο ανώτερο αριστερό μέρος της οθόνης υπάρχει ένδειξη για επιλογή είδους φυτού που μας ενδιαφέρει. Ακριβώς κάτω, υπάρχουν τρία κουμπιά με τις διαθέσιμες επιλογές φυτών (πιπεριά, λάχανο, καρότο). Επιλέγοντας ένα από αυτά, παραμετροποιείται ο αλγόριθμος της εφαρμογής κατάλληλα.



Εικόνα 17: Επιλογή Φυτού

2. Συνθήκες περιβάλλοντος

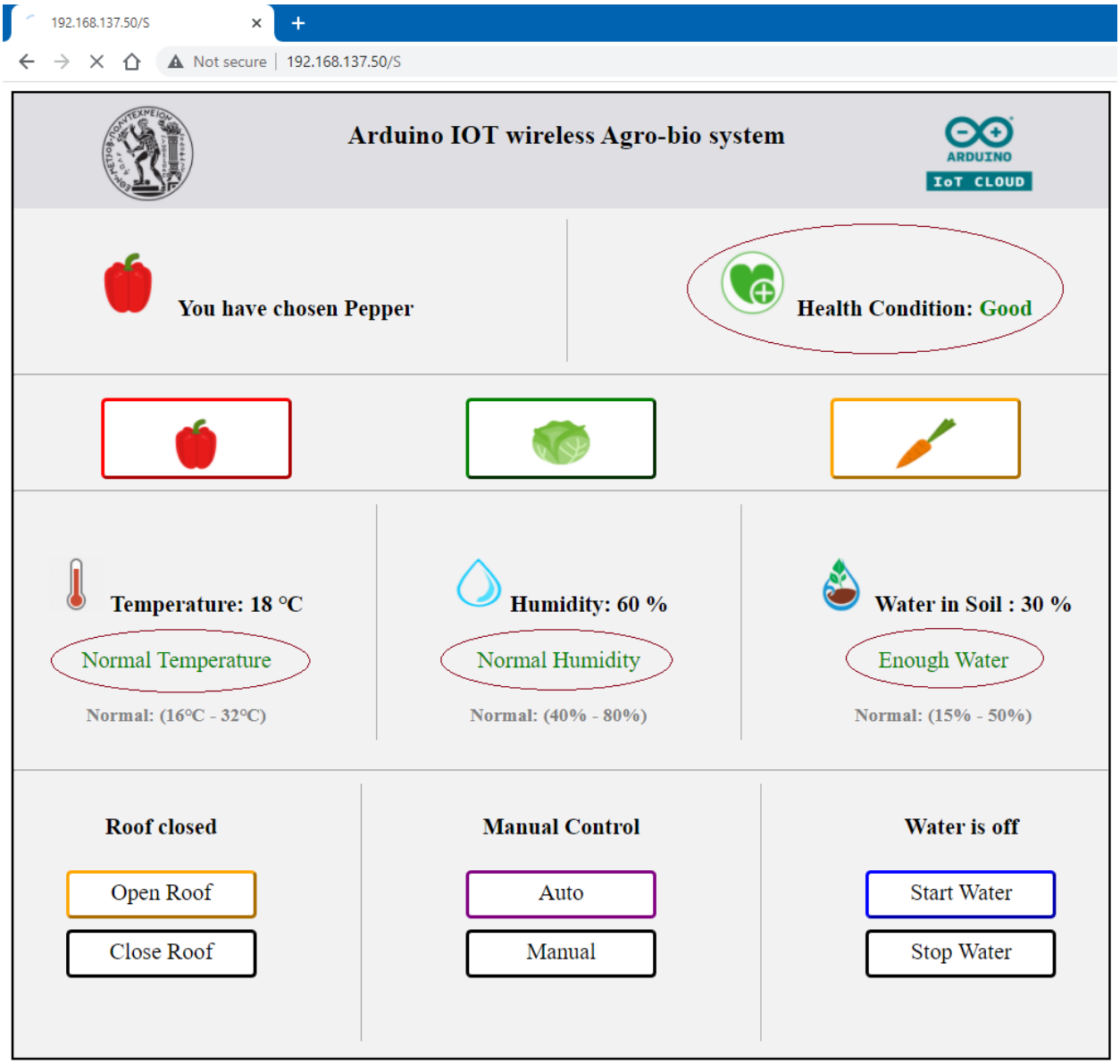
Στο κεντρικό σημείο της οθόνης απεικονίζονται όλες οι πληροφορίες για τις συνθήκες περιβάλλοντος, ξεκινώντας από την θερμοκρασία αριστερά, ποσοστό υγρασίας στη μέση και δεξιά ποσοστό υγρασίας στο χώμα. Κάτω από κάθε ένδειξη υπάρχουν οι φυσιολογικές συνθήκες για κάθε περίπτωση ανάλογα με το φυτό που έχει επιλεχθεί κάθε φορά.



Εικόνα 18: Συνθήκες περιβάλλοντος

3. Ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης

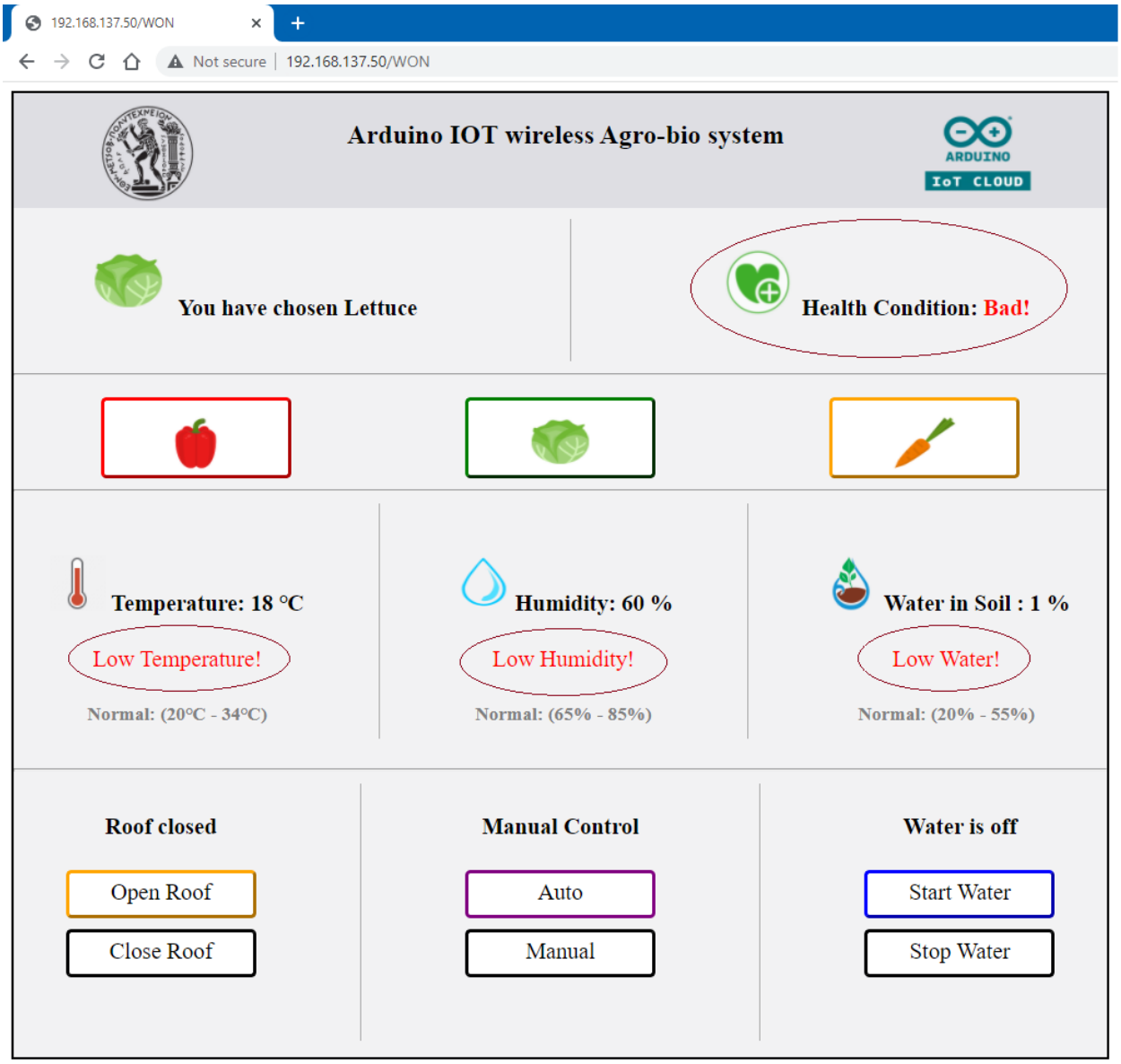
Οταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες κυμαίνονται στα ιδανικά όρια για το επιλεγμένο φυτό, ο χρήστης λαμβάνει την πληροφορία ότι το φυτό αναπτύσσεται σε ιδανικές συνθήκες όπως φαίνεται στο παρακάτω στιγμιότυπο.



Εικόνα 19: Ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης

4. Ακατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης

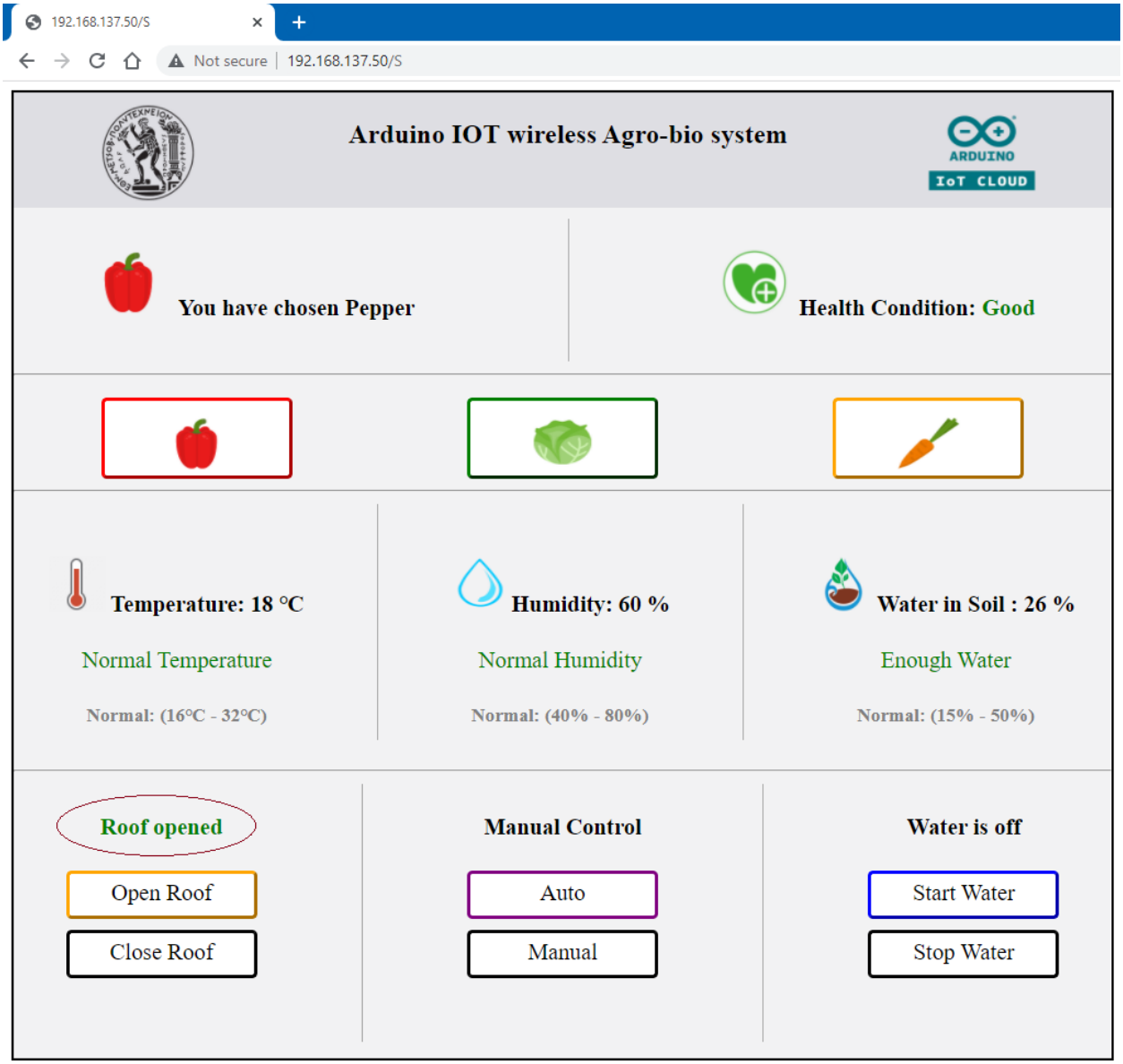
Αντίστοιχα, όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν είναι ιδανικές, υπάρχει ενημέρωση για κάθε μία από αυτές προς τον χρήστη, καθώς και η συνολική εικόνα της κατάστασης του φυτού.



Εικόνα 20: Κακές συνθήκες ανάπτυξης

5. Άνοιγμα οροφής

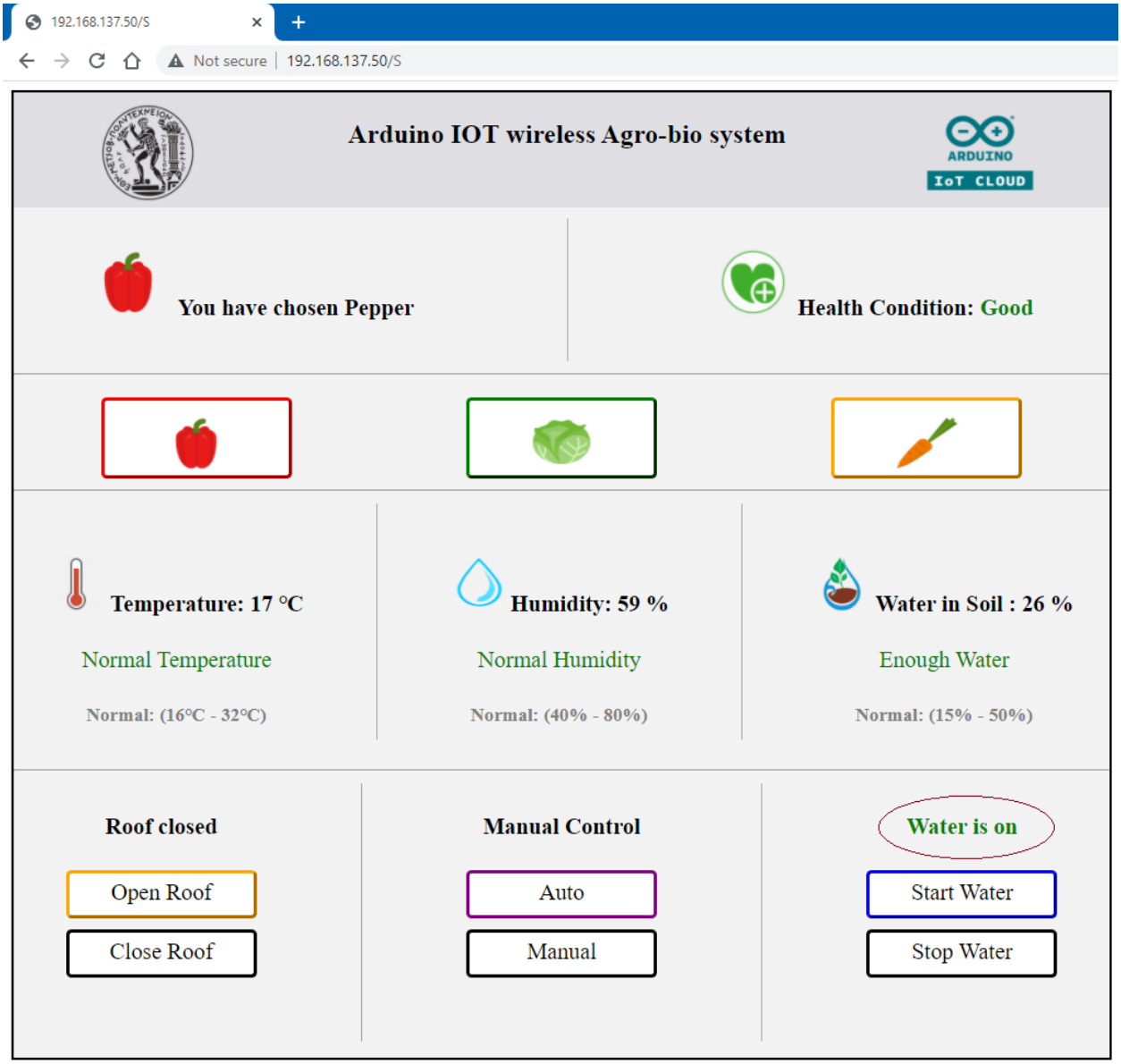
Στη συνέχεια, ακολουθεί το τμήμα της οθόνης κάτω αριστερά, που περιέχει τα κουμπιά για το άνοιγμα και το κλείσιμο της οροφής χειροκίνητα από τον χρήστη. Επίσης, μια ένδειξη που ενημερώνει τον χρήστη αν η οροφή είναι κλειστή ή ανοιχτή την δεδομένη στιγμή.



Εικόνα 21: Άνοιγμα οροφής

6. Πότισμα Φυτού

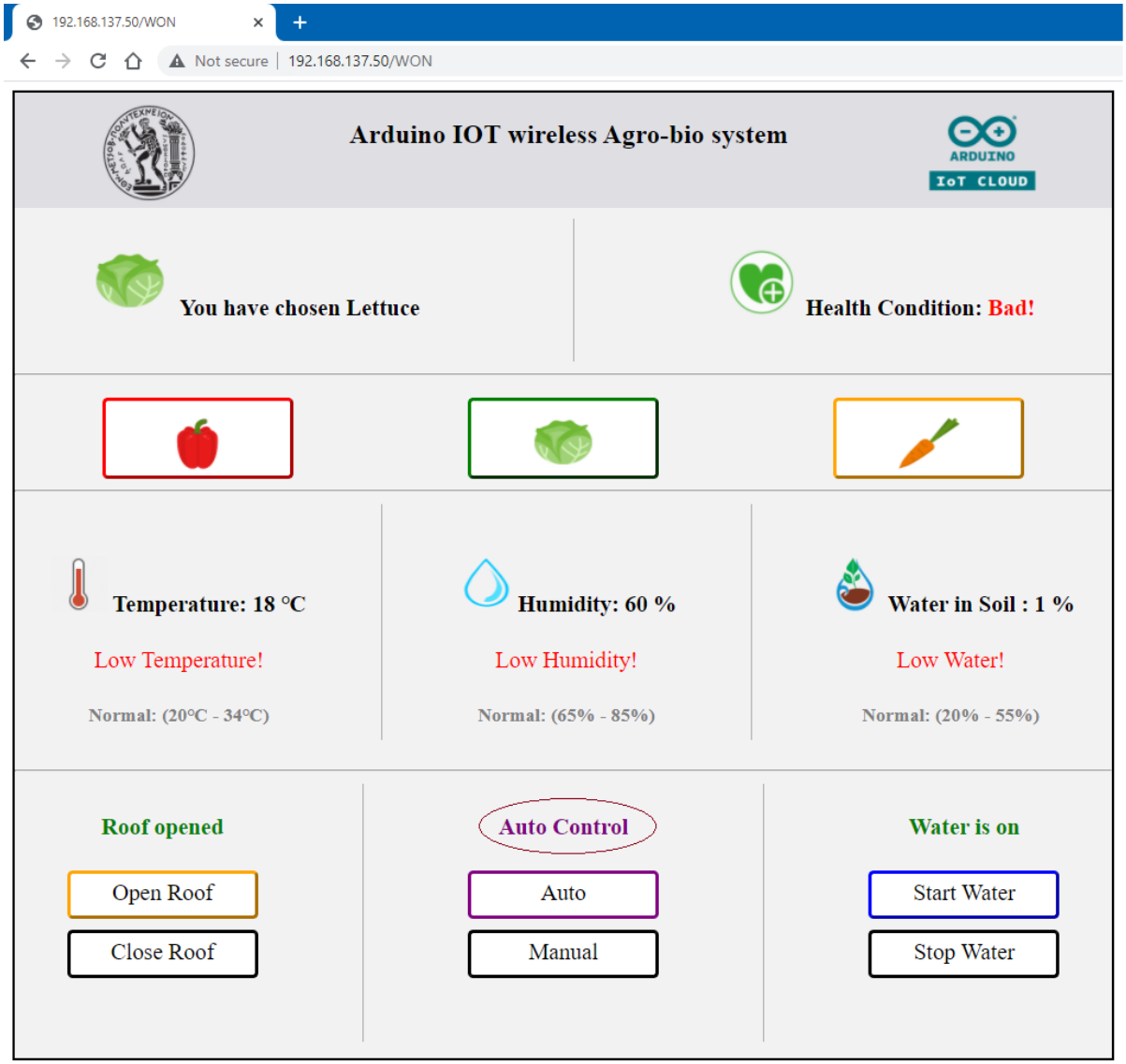
Στο κάτω δεξιά τμήμα της οθόνης, βρίσκεται ένδειξη που ενημερώνει τον χρήστη σχετικά με το αν είναι ενεργοποιημένη η αντλία ποτίσματος τη δεδομένη χρονική στιγμή. Επίσης, υπάρχουν δύο κουμπια για τον έλεγχο του ποτίσματος, που επιτρέπουν άνοιγμα και κλείσιμο της αντλίας χειροκίνητα.



Εικόνα 22: Πότισμα Φυτού

7. Αυτόματη Λειτουργία

Τέλος, στο κατώτερο τμήμα της οθόνης, βρίσκεται η περιοχή στην οποία γίνεται η ενεργοποίηση-απενεργοποίηση αυτομάτου ελέγχου, μέσω δύο κουμπιών. Όταν ο αυτόματος έλεγχος είναι ενεργός, τότε ο χρήστης δεν έχει την δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με οποιαδήποτε από τις παραπάνω χειροκίνητες λειτουργίες, δηλαδή να ενεργοποιήσει την αντλία ποτίσματος ή το άνοιγμα της οροφής. Αυτό συμβαίνει διότι το σύστημα έχει παραμετροποιηθεί κατάλληλα και δρα σύμφωνα με τις τιμές που συλλέγει από τους αισθητήρες αυτόματα. Ως αποτέλεσμα, ανοίγει ή κλείνει η οροφή για μεταβολή της θερμοκρασίας και της υγρασίας και ενεργοποιείται η αντλία ποτίσματος του φυτού ανάλογα με τις συνθήκες υγρασίας του χώματος.



Εικόνα 23: Αυτόματη Λειτουργία

Κεφάλαιο 3: Πειραματικό Στάδιο

3.1 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση της πειραματικής διαδικασίας. Για την καλύτερη κατανόηση των δυνατοτήτων και του εύρους χρήσης του συστήματος πραγματοποιήθηκαν δύο διαφορετικά πειράματα.

Στο πρώτο πείραμα τοποθετήθηκε μια γλάστρα μέσω στο αυτόματο σύστημα ανάπτυξης που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και στο εξωτερικό περιβάλλον, με σκοπό να γίνει σύγκριση στην ανάπτυξη των δυο φυτών. Στο δεύτερο πείραμα, τοποθετήθηκαν δυο γλάστρες από το ίδιο είδος φυτού, μια με κανονικό χώμα και μία με Χουμόχωμα, ώστε να γίνει σύγκριση στα οφέλη που έχει το Χουμόχωμα έναντι του κοινού χώματος.

Σκοπός των δυο πειραμάτων είναι αφενός, ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του συστήματος και αφετέρου η συλλογή μετρήσεων για περαιτέρω έρευνα και κατανόηση των δυνατοτήτων του συστήματος.

3.2 Πειράματα & Μετρήσεις

3.2.1 Πείραμα 1°

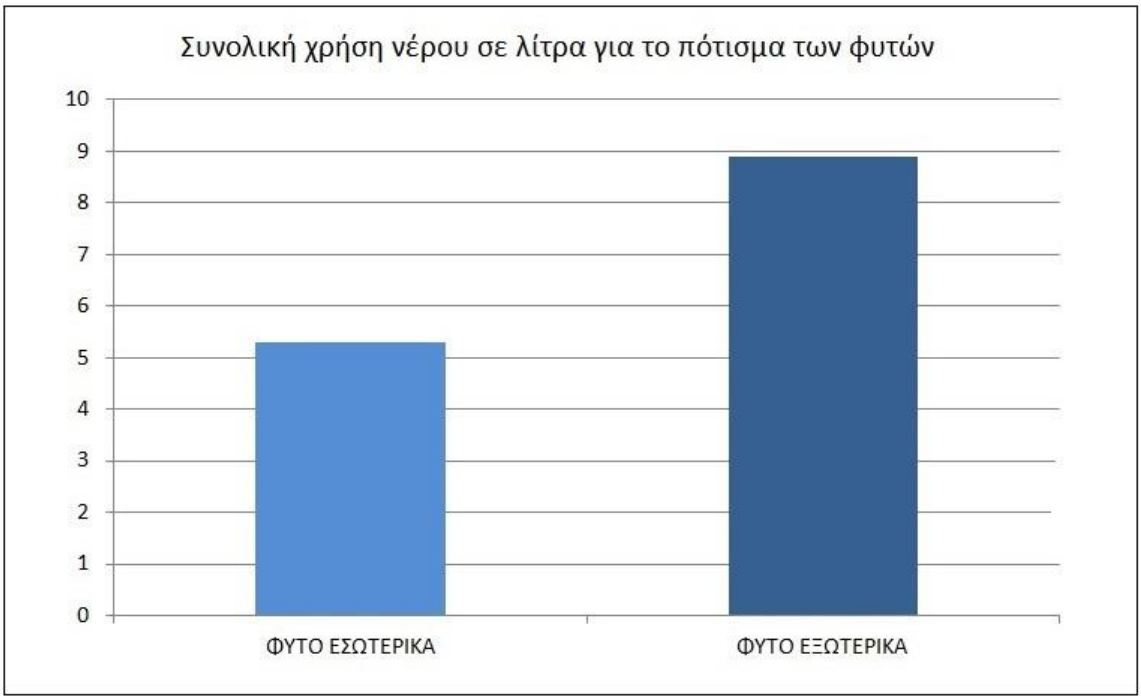
Το πρώτο πείραμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει σκοπό να αποδείξει αν θα μπορέσει ένα φυτό να αναπτυχθεί μέσα στο αυτόματο σύστημα, χωρίς καμία ανθρώπινη επέμβαση, το οποίο βασίζεται στη λογική ενός εξελιγμένου θερμοκηπίου. Επιπροσθέτως, να συγκρίνουμε την ανάπτυξη του φυτού σε εσωτερικά του συστήματος με ένα εξωτερικά.

Το φυτό που επιλέξαμε ήταν το λάχανο, μιας και είναι ένα σχετικά εύκολο φυτό να φροντίσει και να καλλιεργήσει κάποιος, συνεπώς ήταν ιδανικό για το πείραμα. Το λάχανο είναι φυτό ψυχρής εποχής και η ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξή του είναι 15-18 βαθμοί Κελσίου. Τα λάχανα καλλιεργούνται κυρίως σε ηλιοφανείς θέσεις την περίοδο του φθινοπώρου, αν και οι ημισκιερές θέσεις είναι χρήσιμες στις πρώιμες καλοκαιρινές φυτεύσεις που επικρατεί πολύ ζέστη. Το λάχανο μπορεί να αναπτυχθεί σε όλους τους τύπους των εδαφών, εκτός από τα πολύ όξινα. Είναι σημαντικό το έδαφος να διαθέτει καλή στράγγιση για να απομακρύνεται το νερό που περισσεύει από το πότισμα και να εξασφαλίζεται καλός αερισμός των ριζών. Για τα πρώιμα λάχανα προτιμώνται αμμώδη, ελαφριά ζεστά εδάφη, ενώ για τα όψιμα προτιμώνται βαρύτερα και πιο γόνιμα εδάφη με καλή στράγγιση και πλούσια σε οργανική ουσία.

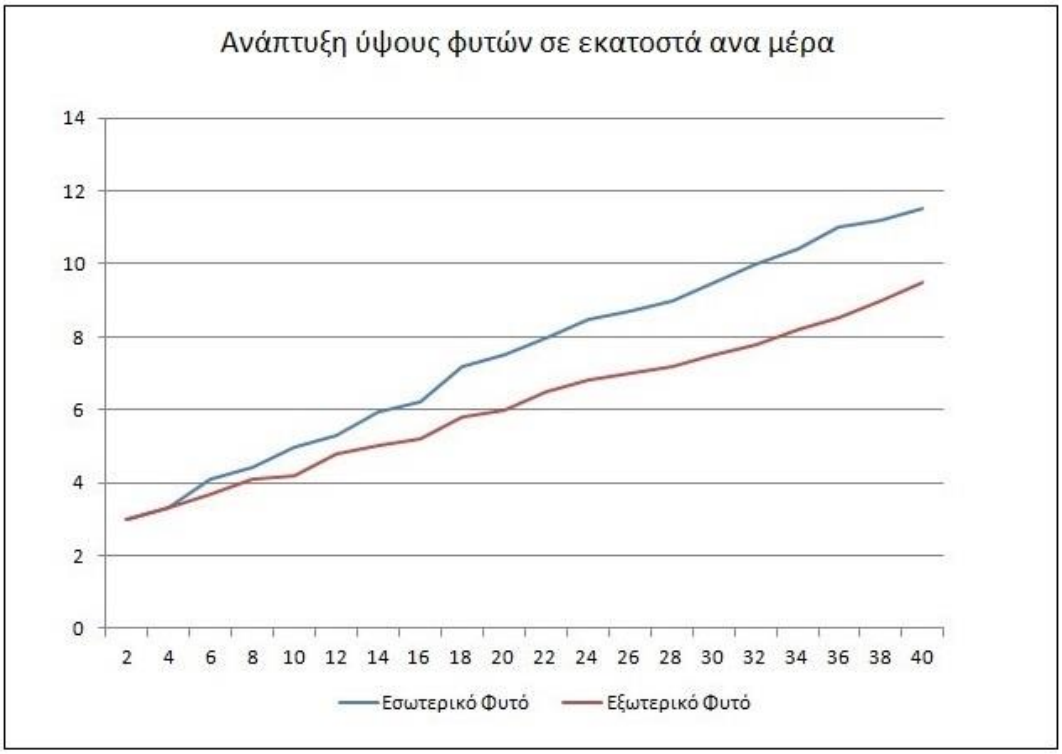
Όπως αναφέρθηκε, τοποθετήθηκε ένα λάχανο σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης μέσα σε γλάστρα εσωτερικά της κατασκευής. Εκκινήσαμε το σύστημα του Arduino στην αυτόματη λειτουργία, όπου το φυτό ποτιζόταν αυτόματα και η έκθεση του στον ήλιο ρυθμιζόταν ανάλογα με τις τιμές που λάμβανε το Arduino απο τους αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας. Παράλληλα, φυτέψαμε ένα παρόμοιο λάχανο σε εξωτερικό χώρο το οποίο στηριζόταν αποκλειστικά στην ανθρώπινη φροντίδα για να αναπτυχθεί, με σταθερό πότισμα τρεις φορες την εβδομάδα. Το πείραμα έλαβε χώρα για περίπου δύο μήνες και στη συνέχεια ακολουθούν τα συμπεράσματα.

3.2.2 Μετρήσεις Πειράματος

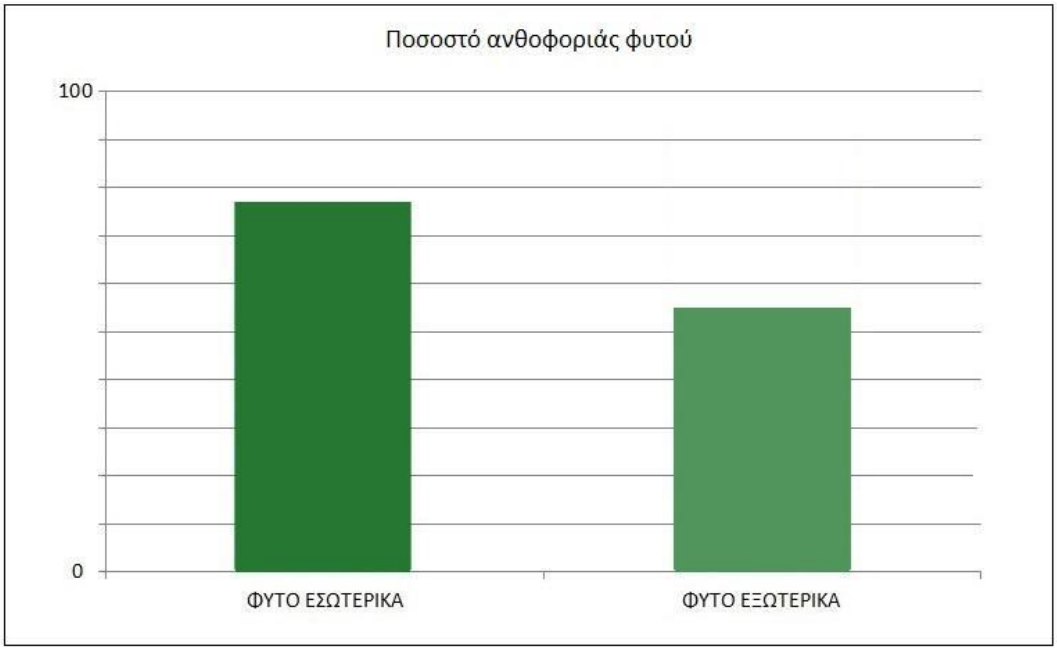
Όπως φαίνεται και στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν στο πρώτο πείραμα φαίνεται ξεκάθαρα το πόσο λιγότερο νερό χρειάστηκε το λάχανο στο αυτόματο σύστημα σε σχέση με το λάχανο που τοποθετήθηκε σε εξωτερικό περιβάλλον και ποτιζόταν χειροκίνητα χωρίς τον έλεγχο της υγρασίας. Εντύπωση προκαλεί και η διαφορά σε ύψος που έχει το εσωτερικό φυτό σε σχέση με το άλλο που δεν ελεγχόταν η θερμοκρασία και η έκθεση του στον ήλιο. Επίσης παρατηρούμε μια μεγάλη διαφορά στην ανθοφορία του φυτού εσωτερικά καθώς έχει μεγαλύτερο αριθμό φύλλων.



Εικόνα 24: Διάγραμμα χρήσης νερού



Εικόνα 25: Διάγραμμα ύψους φυτών



Εικόνα 26: Διάγραμμα ανθοφορίας φυτών

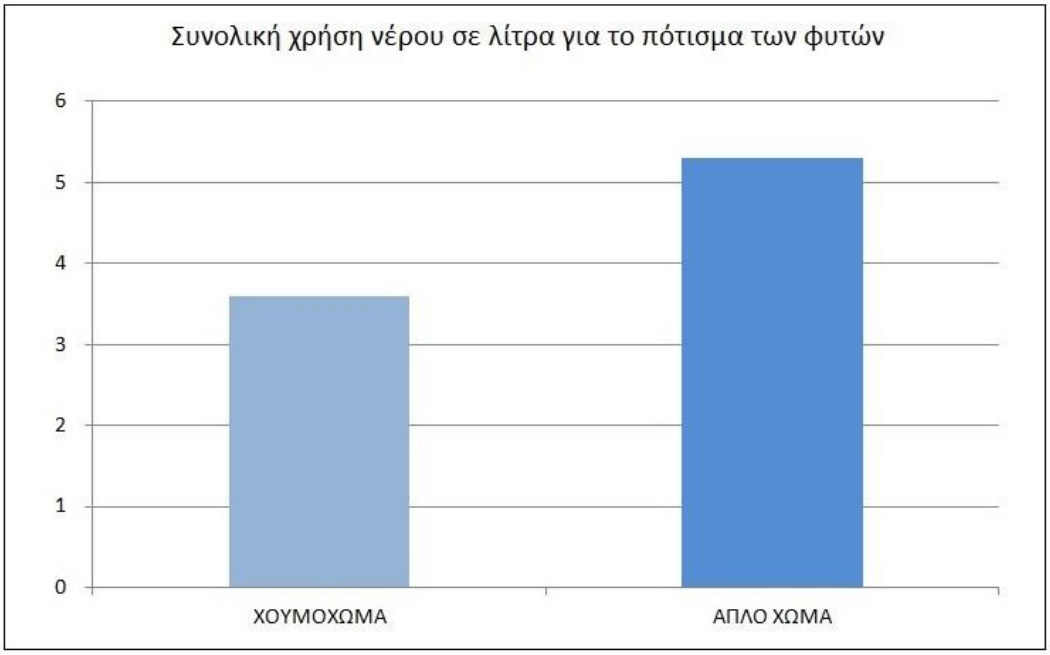
3.2.3 Πείραμα 2°

Το δεύτερο πείραμα πραγματοποιήθηκε με σκοπό την άμεση σύγκριση των ωφελειών του χουμοχώματος στην καλλιέργεια των φυτών σε σχέση με το κοινό χώμα που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο πείραμα.

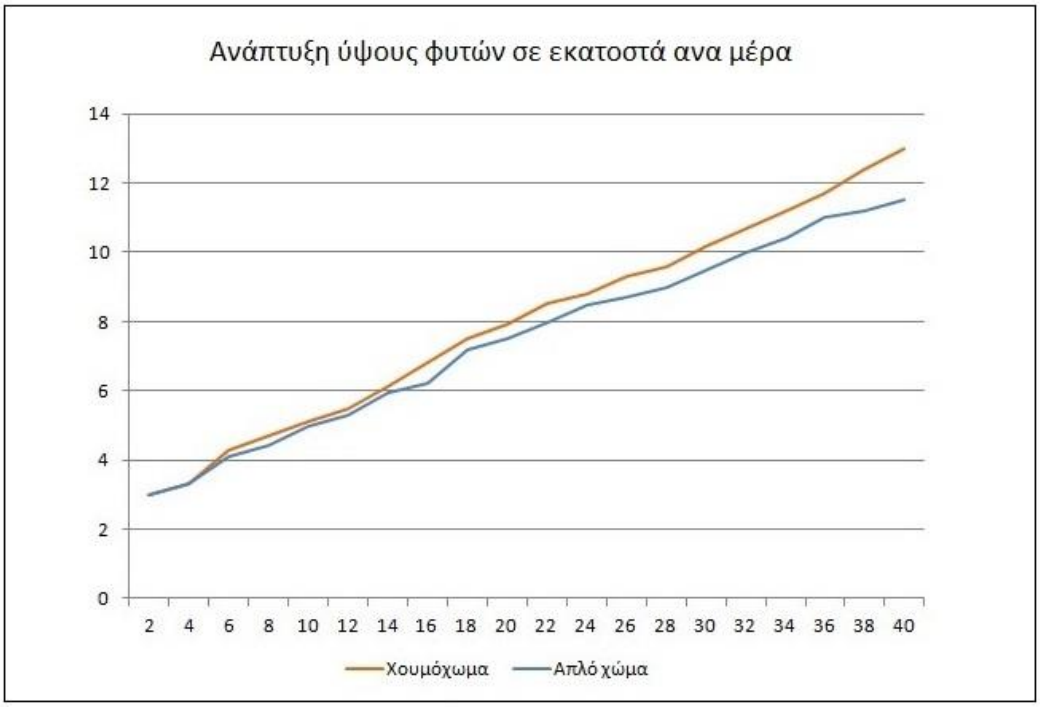
Το φυτό που επιλέχθηκε και για αυτό το πείραμα ήταν το λάχανο για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα νέα αποτελέσματα με του προηγουμενου πειράματος. Αυτή τη φορά τοποθετήσαμε ένα λάχανο σε μια γλάστρα εσωτερικά του συστήματος με χουμόχωμα που είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία και συγκρατεί την αναγκαία υγρασία, όπως προαναφέρθηκε. Μέσω της εφαρμογής επιλέχθηκε η αυτόματη λειτουργία. Το πείραμα έλαβε χώρα για περίπου δύο μήνες και στη συνέχεια ακολουθούν τα συμπεράσματα.

3.2.4 Μετρήσεις Πειράματος

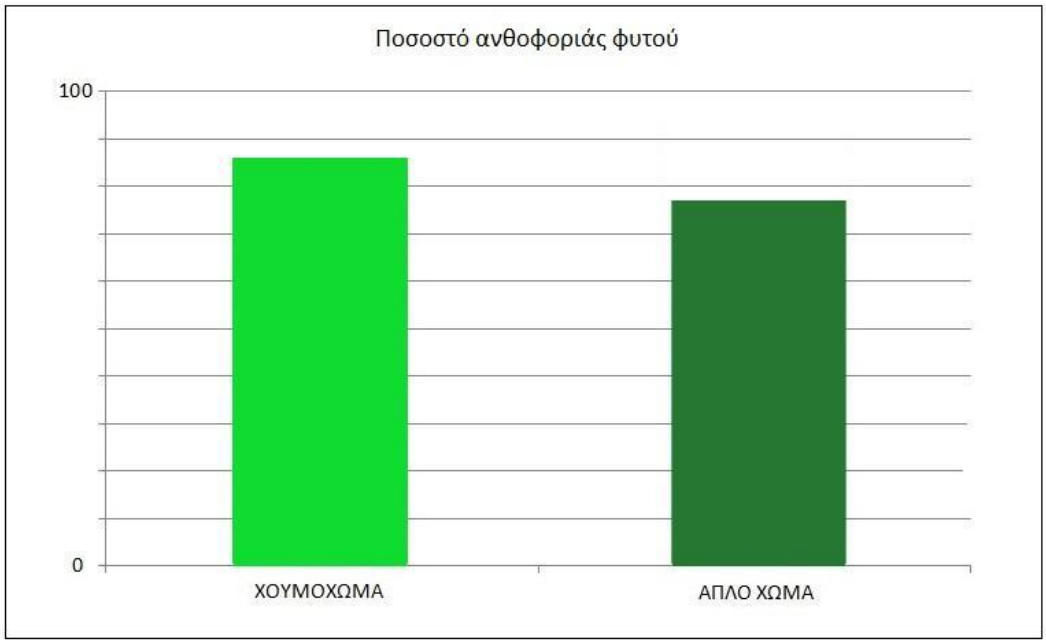
Όπως φαίνεται στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν στο δεύτερο πείραμα φαίνεται το μέγεθος της ωφέλειας του Χουμοχώματος στην διατήρηση της υγρασίας του φυτού με συνέπεια να χρειαστεί λιγότερο νερό σε σχέση με το λάχανο στη γλάστρα με το κοινό χώμα. Εμφανής είναι η διαφορά σε ύψος που έχει το φυτό το οποίο ήταν φυτεμένο στο Χουμόχωμα σε σχέση με το άλλο καθώς είχε βέλτιστο εφοδιασμό σε θρεπτικά στοιχεία. Τέλος, ορατή είναι και η διαφορά στην ανθοφορία του φυτού με το χουμόχωμα με περισσότερα, μεγαλύτερα και πιο πράσινα φύλλα.



Εικόνα 27: Διάγραμμα χρήσης νερού



Εικόνα 28: Διάγραμμα ύψους φυτών



Εικόνα 29: Διάγραμμα ανθοφορίας φυτών

3.2.5 Αποτελέσματα Πειραμάτων

Παρατηρούμε ότι με το αυτόματο σύστημα ελέγχεται αυτόματα η θερμοκρασία και το πότισμα του φυτού και ανάλογα με το τι φυτό έχουμε τότε χρησιμοποιείτε κατάλληλη ποσότητα νερού και φωτός για την πιο σωστή και γρήγορη ανάπτυξη του φυτού ανάλογα με το είδος του φυτού.

Το συμπέρασμα είναι ότι με το αυτόματο σύστημα έχουμε τα εξής θετικά:

1. Πολύ λιγότερη ανθρώπινη ενασχόληση και επαφή αλλά και πολύ λιγότερες ώρες εργασίες και αριθμός των ανθρώπων που χρειάζονται για την επίβλεψη των φυτών. Άρα λιγότερα έξοδα προσωπικού και ελαχιστοποίηση ανθρώπινων λαθών.
2. Άμεση, ακριβής και απομακρυσμένη ενημέρωση για την κατάσταση του φυτού και των συνθηκών του περιβάλλοντος του (θερμοκρασία, υγρασία και πότισμα) από την σχετική εφαρμογή μέσω wifi χωρίς να χρειάζεται να είναι ο χρήστης δίπλα στην καλλιέργεια.
3. Διαδραστικό σύστημα που επιτρέπει και τον απομακρυσμένο χειροκίνητο έλεγχο της ανάπτυξης του φυτού από απόσταση άμεσα και εύκολα μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής.
4. Δυνατότητα επιλογής φυτού από διάφορες επιλογές (π.χ. καρότο, λάχανο κτλ) για καλύτερο και πιο προσαρμοσμένο έλεγχο της ανάπτυξης του φυτού ανάλογα το είδος του φυτού.
5. Ελαχιστοποίηση της χρήσης νερού με τη χρήση του αυτόματου ελέγχου του συστήματος με ρυθμιζόμενο άνοιγμα της αντλίας οπότε πολύ λιγότερα έξοδα από άσκοπα ποτίσματα και αποφυγή έλλειψης νερού στο φυτό για να μην ξεραθεί η υπερβολικού ποτίσματος για να μην σαπίσει.
6. Μεγαλύτερη ανθοφορία με περισσοτερο και πυκνότερο φύλλωμα και άρα μεγαλύτερο αριθμό καρπών.
7. Το σύστημα μπορεί να απομονώνει το φυτό από το περιβάλλον σε συνθήκες μεγάλης έκθεσης στον ήλιο και τη ζέστη ή σε βροχή και κρύο για ρύθμιση θερμοκρασίας και ποτίσματος με κλείσιμο και άνοιγμα της οροφής.
8. Το σύστημα μπορεί να απομονώνει το φυτό από το περιβάλλον σε συνθήκες μεγάλης έκθεσης στον ήλιο και τη ζέστη ή σε βροχή και κρύο για ρύθμιση θερμοκρασίας και ποτίσματος με κλείσιμο και άνοιγμα της οροφής.

Επίσης με τη χρήση ειδικού χώματος αντί για απλό χώμα παρατηρούμε ότι έχουμε περισσότερη υγρασία και καλύτερη και γρηγορότερη ανάπτυξη του φυτού σε μέγεθος.

Το συμπέρασμα είναι ότι με το Χουμόχωμα έχουμε τα εξής θετικά:

1. Αύξηση στην υγρασία του φυτού και άρα ανάγκη για λιγότερο πότισμα και μεγαλύτερη οικονομία νερού.

2. Μεγαλύτερη και γρηγορότερη ανάπτυξη στο φυτό, άρα καλύτερο και πιο υγιές φυτό με περισσότερους καρπούς.

3.4 Συμπεράσματα

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

Με την χρήση αισθητήρων και μικροελεγκτών εφαρμόζονται σταδιακά καινοτόμες τεχνολογίες προερχόμενες από πολυάριθμα επιστημονικά πεδία για την βελτίωση των παραδοσιακών γεωργικών μεθόδων παραγωγής. Οι εφαρμογές της ευφυούς γεωργίας αναπτύσσονται ραγδαία κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, μετασχηματίζοντας τον αγροτικό κλάδο και φέρνοντας επανάσταση στις καλλιεργητικές εργασίες.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε προσπάθεια δημιουργίας ενός ολοκληρωμένου συστήματος για την αυτόματη φροντίδα και ανάπτυξη του φυτού.

Το τελικό σύστημα είναι ικανό:

- Να επιβλέπει αδιάλειπτα την υγεία και ανάπτυξη του φυτού καθόλη τη διάρκεια της μέρας, με τη χρήση κατάλληλων αισθητήρων.
- Να επεμβαίνει αυτόματα επηρεάζοντας τις συνθήκες ανάπτυξης του φυτού δίχως απαιτούμενες ενέργειες του χρήστη.
- Να επιτρέπει χειροκίνητο απομακρυσμένο χειρισμό της οροφής και της αντλίας ποτίσματος μέσω διαδικτυακής εφαρμογής στον χρήστη άμα θελήσει.
- Να προστατεύει το φυτό από ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Να παρέχει σχετικές πληροφορίες στον χρήστη μέσω διαδικτυακής εφαρμογής.
- Να ενημερώνει άμεσα τον χρήστη για ακατάλληλες συνθήκες περιβάλλοντος.

Όπως προαναφέρθηκε, η ικανότητα για απομακρυσμένο και αυτόματο έλεγχο της ανάπτυξης των φυτών στο τομέα της γεωργίας έχει τεράστια σημασία για μείωση του αρδευτικού νερού και ταυτόχρονα καλύτερες αποδόσεις. Για αυτόν τον λόγο ένα αυτόματο σύστημα, όπως το συγκεκριμένο, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο.

3.5 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Από την παρούσα διπλωματική εργασία παράχθηκαν σημαντικά δεδομένα που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν καλύτερα και σε επόμενη εργασία. Αυτό θα ήταν εφικτό με τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής εκμάθησης (machine learning) για καλύτερα αποτελέσματα. Παράλληλα, θα παρουσίαζε μεγάλο ενδιαφέρον η χρήση περισσότερων αισθητήρων για την καλύτερη παρακολούθηση των συνθηκών που αναπτύσσονται τα φυτά.

Κεφάλαιο 4

4.1 Κώδικας

Παρακάτω ακολουθεί ο κώδικας του Arduino, που γράφτηκε σε γλώσσα wiring Wiring , μια παραλλαγή της C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως ο ATmega, και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και μερικά χαρακτηριστικά της C++. Ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc. Τα προγράμματα του Arduino διαιρούνται σε τρία μέρη: δομή (structure), τιμές (values) και συναρτήσεις (functions).

Αρχικά γίνεται η εισαγωγή των κατάλληλων βιβλιοθηκών.

```
#include "dht.h"
#include <SPI.h>
#include <WiFiNINA.h>
#include <Servo.h>
dht DHT;
```

Μέτα γίνεται αρχικοποίηση των μεταβλητών και εισαγωγή των στοιχείων του δικτύου όπως το όνομα, ο κωδικός και το port του server για την σύνδεση του Arduino με το wi-fi.

```
char ssid[] = NetworkID;
char pass[] = Password;
int keyIndex = 0;

int status = WL_IDLE_STATUS;
WiFiServer server(80);

Servo servo1;

const int Pump = 7;
const int SensorT = A0;
const int SensorW = A1;
int CheckW = 1;
int CheckW2 = 0;
int CheckL = 1;
int CheckL2 = 0;
```

```
int Temperature = 0;
int Humidity = 0;
int Water = 0;
int Health1 = 0;
int Health2 = 0;
int Health3 = 0;
int AutoHealth1 = 0;
int AutoHealth2 = 0;
int AutoHealth3 = 0;
int Auto = 0;
int Plant = 0;
int TempLow = 0;
int TempHigh = 0;
int HumidityLow = 0;
int HumidityHigh = 0;
int WaterLow = 0;
int WaterHigh = 0;
```

Μέτα ξεκινά η εγκατάσταση όλων των σημαντικών λειτουργιών του προγράμματος.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Pump, OUTPUT);
  servo1.attach(4);
```

Γίνεται έλεγχος της κεραία του wi-fi.

```
  if (WiFi.status() == WL_NO_MODULE) {
    Serial.println("Communication with WiFi module failed!");
    while (true);
  }

  String fv = WiFi.firmwareVersion();
  if (fv < WIFI_FIRMWARE_LATEST_VERSION) {
    Serial.println("Please upgrade the firmware");
  }
```

Ύστερα γίνεται προσπάθεια για σύνδεση με το wi-fi.

```
  while (status != WL_CONNECTED) {
    Serial.print("Attempting to connect to Network named: ");
    Serial.println(ssid);                   // print the network name (SSID);

    // Connect to WPA/WPA2 network. Change this line if using open or WEP network:
    status = WiFi.begin(ssid, pass);
```

```
  // wait 10 seconds for connection:
  delay(10000);
 }
```

Γίνεται εκκίνηση του server στην πόρτα 80.

```
 server.begin();
```

Γίνεται εκτύπωση της κατάστασης του server.

```
 printWifiStatus();
```

Μετά ρυθμίζονται οι αισθητήρες και ο σερβοκινητήρας.

```
  DHT.read11(SensorT);            // GET /s gets sensor value
  Temperature = DHT.temperature;
  Humidity = DHT.humidity;
  int val = analogRead(SensorW);
  Water = map(val, 2, 1023, 100, 0);
   servo1.write(50);
   delay(20);

}
```

Στη συνέχεια ξεκινά το βασικό κομμάτι του αλγόριθμου που θα τρέχει σε ατέρμων βρόχο από εδώ και πέρα.

```
void loop() {
 WiFiClient client = server.available();  // listen for incoming clients
```

Εκκίνηση της διαδικτυακής εφαρμογής για παρουσίαση της πληροφορίας στον τελικό χρήστη, αλλά και για τον χειροκίνητο απομακρυσμένο έλεγχο της οροφής και του ποτίσματος .

```
 if (client) {                        // if you get a client,
  Serial.println("new client");        // print a message out the serial port
  String currentLine = "";             // make a String to hold incoming data from the client
  while (client.connected()) {         // loop while the client's connected
```

```
    if (client.available()) {            // if there's bytes to read from the client,
      char c = client.read();            // read a byte, then
      Serial.write(c);                   // print it out the serial monitor
      if (c == '\n') {                   // if the byte is a newline character

        if (currentLine.length() == 0) {


          client.println("HTTP/1.1 200 OK");
          client.println("Content-type:html");
          client.println();


          client.print("<head><style> h2{color:Grey;} div1 {display: flex; justify-content: space-around;} img
{padding-top:10px;}");
          client.print("div{font-size:130%; border:2px outset black; background-color:#f2f2f3; text-
align:center; width:1000px; height:880px;}");
          client.print("a{color: black; margin:auto; display:block; width:160px; height:30px;
background:White; padding:4px; margin-top:10px; text-align:center; border-radius:5px; line-
height:25px; text-decoration:none;} a:active{background:Grey;}</style></head>");
          client.print("<div>");
          client.print("<div1 style=\"background-color:#dedee3; padding-bottom:5px;\" >");
          client.print("<img src=\"https://www.dric-defkalion.org/wp-content/uploads/2021/05/emp-ntua-
logo.png\" width=\"130\" height=\"90\"> <h3> Arduino IOT wireless Agro-bio system </h3>");
          client.print("<img
src=\"https://hackster.imgix.net/uploads/attachments/1034524/arduino_logo_fwx2rSB3rG.png?auto=c
ompress%2Cformat&w=400&h=300&fit=max\" width=\"120\" height=\"90\">");
          client.print("</div1>");
          client.print("<div1>");
          if (Plant == 0) {
            client.print("<h4 style=\"padding-bottom:10px;\"><img src=\"https://creazilla-
store.fra1.digitaloceanspaces.com/cliparts/63919/potted-plant-clipart-xl.png\" width=\"70\"
height=\"60\" style=\"padding-right:10px\">Please choose Plant!</h4>");
          }
          if (Plant == 1) {
            client.print("<h4 style=\"padding-bottom:10px;\"><img src=\"https://cdn-icons-
png.flaticon.com/128/3823/3823338.png\"  width=\"70\" height=\"60\" style=\"padding-
right:10px\">You have chosen Pepper </h4>");
          }
          if (Plant == 2) {
            client.print("<h4 style=\"padding-bottom:10px;\"><img src=\"https://cdn-icons-
png.flaticon.com/128/3823/3823331.png\"  width=\"70\" height=\"60\" style=\"padding-
right:10px\">You have chosen Lettuce </h4>");
          }
          if (Plant == 3) {
            client.print("<h4 style=\"padding-bottom:10px;\"><img src=\"https://cdn-icons-
png.flaticon.com/128/3823/3823346.png\"  width=\"70\" height=\"60\" style=\"padding-
right:10px\">You have chosen Carrot </h4>");
```

```
        }
        client.print("<span style=\"border-right: 1px solid DarkGray; height: 130px; margin-
top:10px;\">");
        client.print("</span>");
        if (Plant > 0) {
         if (Health1 != 1 || Health2 != 1 || Health3 != 1){
           client.print("<h4 style=\"padding-bottom:10px\"><img src=\"https://pngimage.net/wp-
content/uploads/2018/06/%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%
80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-png-3.png\" width=\"60\" height=\"60\"
style=\"padding-right:10px\">Health Condition: <b style=\"color:red\">Bad!</b></h4>");
         }
         else{
           client.print("<h4 style=\"padding-bottom:10px\"><img src=\"https://pngimage.net/wp-
content/uploads/2018/06/%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%
80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-png-3.png\" width=\"60\" height=\"60\"
style=\"padding-right:10px\">Health Condition: <b style=\"color:green\">Good</b></h4>");
         }
        }
        else{
           client.print("<h4 style=\"padding-bottom:10px\"><img src=\"https://pngimage.net/wp-
content/uploads/2018/06/%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%
80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-png-3.png\" width=\"60\" height=\"60\"
style=\"padding-right:10px\">Health Condition: <b>-</b></h4>");
         }
        client.print("</div1>");
        client.print("<hr>");
        client.print("<div1>");
        client.print(" <a style=\"border:3px outset red; height: 60px;\" href=\"/PEPPER\"><img
src=\"https://cdn-icons-png.flaticon.com/128/3823/3823338.png\"  width=\"60\" height=\"50\"></a>");
//button
        client.print(" <a style=\"border:3px outset green; height: 60px;\" href=\"/LETTUCE\"><img
src=\"https://cdn-icons-png.flaticon.com/128/3823/3823331.png\"  width=\"60\" height=\"50\"></a>");
//button
        client.print(" <a style=\"border:3px outset orange; height: 60px;\" href=\"/CARROT\"><img
src=\"https://cdn-icons-png.flaticon.com/128/3823/3823346.png\"  width=\"60\" height=\"50\"></a>");
//button
        client.print("</div1>");
        client.print("<hr>");
        client.print("<div1>");
        client.print("<div2 style=\" margin-top:10px;\">");
        client.print("<h4><img src=\"https://cdn4.iconfinder.com/data/icons/flat-pro-hardware-network-
set-1/32/thermometer-red-512.png\" width=\"50\" height=\"50\"> Temperature: ");
        client.print(Temperature, DEC);
        client.print(" <span>&#8451;</span> </h4>" );
        if (Plant > 0) {
         if (Temperature < TempLow){
           client.print("<p style=\"color:red\">Low Temperature!</p>");
           Health1 = 0;
```

```
      AutoHealth1 = 0;
    }
    else if(Temperature < TempHigh){
      client.print("<p style=\"color:green\">Normal Temperature</p>");
      Health1 = 1;
      AutoHealth1 = 1;
    }
    else{
      client.print("<p style=\"color:red\">High Temperature!</p>");
      Health1 = 2;
      AutoHealth1 = 2;
    }
      client.print("<h5 style=\"color:grey\">Normal: (");
      client.print(TempLow, DEC);
      client.print("&#8451 - ");
      client.print(TempHigh, DEC);
      client.print("&#8451)</h5>");
  }else{
      client.print("<p style=\"color:grey\">Choose Plant</p>");
  }
  client.print("</div2>");
  client.print("<div5 style=\"border-right: 1px solid DarkGray; height: 215px;\">");
  client.print("</div5>");
  client.print("<div3 style=\" margin-top:10px;\">");
  client.print("<h4><img src=\"https://pngimg.com/uploads/water/water_PNG50172.png\"
width=\"50\" height=\"50\"> Humidity: ");
  client.print(Humidity, DEC);
  client.print(" %</h4>" );
  if (Plant > 0) {
   if (Humidity < HumidityLow){
      client.print("<p style=\"color:red\">Low Humidity!</p>");
      Health2 = 0;
    }
    else if(Humidity < HumidityHigh){
      client.print("<p style=\"color:green\">Normal Humidity</p>");
      Health2 = 1;
    }
    else{
      client.print("<p style=\"color:red\">High Humidity!</p>");
      Health2 = 2;
    }
      client.print("<h5 style=\"color:grey\">Normal: (");
      client.print(HumidityLow, DEC);
      client.print("% - ");
      client.print(HumidityHigh, DEC);
      client.print("%)</h5>");
  }else{
      client.print("<p style=\"color:grey\">Choose Plant</p>");
```

```
        }
        client.print("</div3>");
        client.print("<div6 style=\"border-right: 1px solid DarkGray; height: 215px;\">");
        client.print("</div6>");
        client.print("<div4 style=\" margin-top:10px;\">");
        client.print("<h4><img src=\"https://farm.conservationdistrict.org/wp-
content/uploads/sites/4/2016/06/cropped-CSWCD-transparent-drop-512x512.png\" width=\"50\"
height=\"50\"> Water in Soil : ");
        client.print(Water, DEC);
        client.print(" %</h4>" );
        if (Plant > 0) {
         if (Water < WaterLow){
           client.print("<p style=\"color:red\">Low Water!</p>");
           Health3 = 0;
           AutoHealth3 = 0;
         }
         else if(Water < WaterHigh){
           client.print("<p style=\"color:green\">Enough Water</p>");
           Health3 = 1;
           AutoHealth3 = 1;
         }
         else{
           client.print("<p style=\"color:red\">Too much Water!</p>");
           Health3 = 2;
           AutoHealth3 = 2;
         }
           client.print("<h5 style=\"color:grey\">Normal: (");
           client.print(WaterLow, DEC);
           client.print("% - ");
           client.print(WaterHigh, DEC);
           client.print("%)</h5>");
        }else{
           client.print("<p style=\"color:grey\">Choose Plant</p>");
        }
        client.print("</div4>");
        client.print("</div1>");
        client.print("<hr>");
        client.print("<div1>");
        client.print("<div2>");
        if (CheckL == 1){
          client.print("<h4>Roof closed</h4>");
        }
        if (CheckL == 0){
          client.print("<h4 style=\"color:green\">Roof opened</h4>");
        }
        client.print("<div3>");
        client.print(" <a style=\"border:3px outset orange\" href=\"/LON\">Open Roof</a>"); //button to
open Water Pump
```

```
        client.print(" <a style=\"border:3px outset black\" href=\"/LOFF\">Close Roof</a>"); //button to
close Water Pump
        client.print("</div3>");
        if (CheckL2 == 1){
          client.print("<h5 style=\"color:orange\">Enough Temperature!</h5>");
          CheckL2 = 0;
        }
        client.print("</div2>");
        client.print("<div4 style=\"border-right: 1px solid DarkGray; height: 235px;\">");
        client.print("</div4>");
        client.print("<div8>");
        if(Auto == 1){
           client.print("<h4 style=\"color:purple\">Auto Control</h4>");
        }else{
           client.print("<h4>Manual Control</h4>");
        }
        client.print(" <a style=\"border:3px solid purple\" href=\"/AUTO\">Auto</a>"); //button to open
Water Pump
        client.print(" <a style=\"border:3px outset black\" href=\"/MANUAL\">Manual</a>"); //button to
close Water Pump
        client.print("</div8>");
        client.print("<div7 style=\"border-right: 1px solid DarkGray; height: 235px;\">");
        client.print("</div7>");
        client.print("<div5>");
        if (CheckW == 1){
          client.print("<h4>Water is off</h4>");
        }
        if (CheckW == 0){
          client.print("<h4 style=\"color:green; padding-top: -40px;\">Water is on</h4>");
        }
        client.print("<div6>");
        client.print(" <a style=\"border:3px outset blue\" href=\"/WON\">Start Water</a>"); //button to
open Water Pump
        client.print(" <a style=\"border:3px outset black\" href=\"/WOFF\">Stop Water</a>"); //button
to close Water Pump
        client.print("</div6>");
        if (CheckW2 == 1){
          client.print("<h5 style=\"color:orange\">Enough Water!</h5>");
          CheckW2 = 0;
        }
        client.print("</div5>");
        client.print("</div1>");
        client.print("</div>");
        DHT.read11(SensorT);
        Temperature = DHT.temperature;
        Humidity = DHT.humidity;
        int val = analogRead(SensorW);
        Water = map(val, 2, 1023,  100,  0);
```

Έλεγχος των τιμών από τους αισθητήρες για τον αυτόματο έλεγχο οροφής και ποτίσματος.

```
        if(AutoHealth1 > 1 && CheckL == 0)client.print("<script>
setTimeout(function(){window.location.href = \"/LOFF\";}, 1); </script>");
        if(AutoHealth3 > 1 && CheckW == 0)client.print("<script>
setTimeout(function(){window.location.href = \"/WOFF\";}, 1); </script>");
        if(AutoHealth1 == 0 && Auto == 1 && CheckL == 1)client.print("<script>
setTimeout(function(){window.location.href = \"/LON\";}, 1); </script>");
        if(AutoHealth3 == 0 && Auto == 1 && CheckW == 1)client.print("<script>
setTimeout(function(){window.location.href = \"/WON\";}, 1); </script>");
        client.print("<script> setTimeout(function(){window.location.href = \"/S\";}, 1500); </script>");


        client.println();
        break;
      } else {    // if you got a newline, then clear currentLine:
        currentLine = "";
      }
    } else if (c != '\r') {  // if you got anything else but a carriage return character,
      currentLine += c;      // add it to the end of the currentLine
    }
```

Αρχικοποίηση τιμών Θερμοκρασίας και Υγρασίας για την Πιπεριά.

```
    // Pepper
    if (currentLine.endsWith("GET /PEPPER")) {
      if (Plant == 1){
        Plant = 0;
      }
      else{
        Plant = 1;
        TempLow = 16;
        TempHigh = 32;
        HumidityLow = 40;
        HumidityHigh = 80;
        WaterLow = 15;
        WaterHigh = 50;
      }
    }
```

Αρχικοποίηση τιμών Θερμοκρασίας και Υγρασίας για το Λάχανο.

```
// Lettuce
 if (currentLine.endsWith("GET/LETTUCE")) {
  if (Plant == 2){
     Plant = 0;
    }
    else{
     Plant = 2;
     TempLow = 20;
     TempHigh = 34;
     HumidityLow = 65;
     HumidityHigh = 85;
     WaterLow = 20;
     WaterHigh = 55;
    }
 }
```

Αρχικοποίηση τιμών Θερμοκρασίας και Υγρασίας για το Καρότο.

```
// Carrot
 if (currentLine.endsWith("GET/CARROT")) {
  if (Plant == 3){
     Plant = 0;
    }
    else{
     Plant = 3;
     TempLow = 18;
     TempHigh = 33;
     HumidityLow = 30;
     HumidityHigh = 70;
     WaterLow = 15;
     WaterHigh = 45;
    }
 }
```

Κλήση για άνοιγμα της αντλίας ποτίσματος.

```
 if (currentLine.endsWith("GET/WON")) {
  digitalWrite(Pump, HIGH);          // GET /H turns the Pump on
  if (CheckW == 1){
    if (Health3 > 1){
     CheckW2 = 1;
    }
    else{
```

```
    CheckW = 0;
    }
  }
}
```

Κλήση για κλείσμο της αντλίας ποτίσματος.

```
if (currentLine.endsWith("GET/WOFF")) {
  digitalWrite(Pump, LOW);
  CheckW = 1;
}
```

Κλήση για άνοιγμα της οροφής.

```
if (currentLine.endsWith("GET/LON")) {
  if (CheckL == 1){
    if (Health1 > 1){
      CheckL2 = 1;
    }
    else{
    CheckL = 0;
    int i;
    for (i=50;i<140;i++){
      servo1.write(i);
      delay(20);   }         // Roof open
    }
  }
}
```

Κλήση για κλείσιμο της οροφής.

```
if (currentLine.endsWith("GET/LOFF")) {
 if (CheckL == 0){
   int i;
   for (i=140;i>50;i--){
   servo1.write(i);
   delay(20);   }   // Roof close
  CheckL = 1;
 }
}
if (currentLine.endsWith("GET/AUTO")) {
```

```
        Auto = 1;
      }
      if (currentLine.endsWith("GET /MANUAL")) {
        Auto = 0;
      }
```

Κλήση για διάβασμα των τιμών από τους αισθητήρες.

```
      if (currentLine.endsWith("GET /S")) {
        DHT.read11(SensorT);
        Temperature = DHT.temperature;
        Humidity = DHT.humidity;
        int val = analogRead(SensorW);
        Water = map(val, 2, 1023, 100, 0);
      }
    }
  }
  // close the connection:
  client.stop();
  Serial.println("client disconnected");
 }
}
```

Συνάρτηση για την εκτύπωση της κατάστασης του server.

```
void printWifiStatus() {
 // print the SSID of the network you're attached to:
 Serial.print("SSID: ");
 Serial.println(WiFi.SSID());

 IPAddress ip(192, 168, 137, 50);
 WiFi.config(ip);

 // IPAddress ip = WiFi.localIP();
 Serial.print("IP Address: ");
 Serial.println(ip);

 long rssi = WiFi.RSSI();
 Serial.print("signal strength (RSSI):");
 Serial.print(rssi);
 Serial.println(" dBm");
 // print where to go in a browser:
 Serial.print("To see this page in action, open a browser to http://");
 Serial.println(ip);
}
```

Βιβλιογραφία

[1] Jahns, G. 2000. Navigating of agricultural field machinery. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 25, p.: 1-2

[2] Mark B. Tauger(2017). Agriculture in World History. p.36-39

[3] Farmacorn : Γεωργία ακριβείας: βασικές τεχνολογίες και έννοιες , Χαρού Αναστασία , (τελευταία ενημέρωση 2016) https://blog.farmacon.gr/

[4] Φουντάς, Σ., Γέμτος, Θ., 2015. Γεωργία ακριβείας. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: http://hdl.handle.net/11419/2670

[5] F. Lafont, J.-F. B. (2002). Optimized fuzzy control of a greenhouse. Fuzzy Sets and Systems , σσ. 47-59.

[6] J. Jia. Coverage Control and Node Deployment Technologies in Wireless Sensor Networks[M]. Shenyang: Publisher of Dongbei University, 2013.

[7] M., Θ. (2000). :" Θερμοκηπιακές Κατασκευές". Άρτα.

[8] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, et al. Wireless sensor network: A survey[J]. Computer Networks, 2002, 38(4): 393-422.

[9] Μαναφης Γ , Μητροπούλου Μ. Αισθητήρες και Εφαρμογές τους στα Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου , ΤΕΙ Καβάλας, Πτυχιακή Εργασία, 2011.

[10] Reyns, P., Missotten, B., Ramon, H. and DeBaerdemaeker, J., 2002. A Review of Combine Sensors for Precision Farming. Precision Agriculture, 3, 169 –182. 101

[11] Kageyama T, Miura M, Maeda A, Mori A, Lee S. S, “A wireless sensor network platform for water quality monitoring,” 2016 IEEE SENSORS, Orlando, FL, 2016, pp. 1-3.

[12] Pelletier, G and Upadyaya, K. S., 1999. Development of a tomato load/yield monitor. Computers and Electronics in Agriculture (23) 103-107.

[13] Milne, R. M., and Haynes, R. J. (2004). Soil organic matter, microbial properties, and aggregate stability under annual and perennial pastures. Biol. Fertil. Soils 39, 172 –178. doi:10.1007/s00374-003-0698-y

[14] Hand D.W., 1998, «Effects of atmospheric humidity in greenhouse crops». Acta Horticulturae, No 229

[15] Ζαρμπούτης, Γ., & Γκακνή, Α., 1992, «Καλλιέργεια σε θερμοκήπιο», εκδόσεις ΙΩΝ

[16] Μαυρογιαννόπουλος, Γ., 2001, «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε. Αθήνα Πειραιάς

[17] Ευσταθιάδη, Θ. Σ. (1987). Θερμοκήπια, Στοιχεία κατασκευής, λειτουργίας και καλλιέργειας. Αθήνα: Εκδοτική Αγροτεχνική.

[18] Ιστοσελίδα: https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino

[19] Ιστοσελίδα: https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction

[20] Ιστοσελίδα: https://docs.arduino.cc/learn/electronics/servo-motors

[21] Ortiz, B. V., Balkcom, K. B., Duzy, L., van Santen, E. and Hartzog, D. L. 2013. Evaluation of agronomic and economic benefits of using RTK-GPS-based auto-steer guidance systems for peanut digging operations. Precision Agriculture, 14, 357-375.

[22] Minelli, A., Marchesini, I., Taylor, F., Rosa, P., Casagrande, L. and Cenci, M., 2014. An open source GIS tool to quantify the visual impact of wind turbines and photovoltaic panels. Environmental Impact Assessment Review, 49, 70-78.

[23] Blackmore S., Griepentrog, H.W., Pedersen, S.M. and Fountas, S. 2006. Precision Agriculture in Europe. In: SRINIVASAN, A.: Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications: 567-613

[24] Busse, M., Doernberg, A., Siebert, R., Kuntosch, A., Schwerdtner, W., Koenig, B. and Bokelmann, W. 2014. Innovation mechanisms in German precision farming. Precision Agriculture, 15, 403-426

[25] Boyden B. H, Rababah A. A. (1996). Recycling nutrients from municipal wastewater. Desalination, 106(1-3), 241–246.

[26] AL-MASKRI A,AL-KHARUSI L,AL-MIQBALI H, MUMTAZ K.V.(2010). Effects of Salinity Stress on Growth of Lettuce (Lactuca sativa) under Closed-recycle Nutrient Film Technique. P. 35-38

[27] Lee, W.S., Slaughter, D.C. and Giles, D.K. 1999. Robotic weed control system for tomatoes. Precision Agriculture 1, 1999, pp. 93-113.

[28] Lencses, E., Takacs, I. and Takacs-Gyoergy, K. 2014. Farmers' Perception of Precision Farming Technology among Hungarian Farmers. Sustainability, 6, 8452-8465

[29] Gemtos, F., Fountas, S., Blackmore, S. and Griepentrog, H.W. 2002. Precision farming experiences in Europe and the Greek potential. 1st Greek Conference on Information and Communication Technology in Agriculture. Athens. Greece. 4th -7th of June 2002

[30] Zhao, Y., Teitel, M., Barak, M., 2001. Vertical temperature and humidity gradients in a naturally ventilated greenhouse

[31] Yang, X., 1995. Greenhouse micrometeorology and estimation of heat and water vapour fluxes. Journal of Agricultural Engineering Research 61:227 - 238