



**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Παρακολούθηση συνθηκών θερμοκηπίου με την
βοήθεια μικροελεγκτή Arduino και απεικόνιση θερμοκρασίας
και υγρασίας σε LCD**

ΟΝΟΜΑ ΡΑΜΠΟΤΑΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΚΑΣ 515124

Περίληψη

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι έτοιμο να αναδειχθεί ως μία από τις πιο προηγμένες τεχνολογικές τάσεις την επόμενη δεκαετία, με εκτεταμένες επιπτώσεις τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Οι προβλέψεις δείχνουν ότι ο δυνητικός οικονομικός αντίκτυπος του IoT θα μπορούσε να κυμαίνεται από 2,7 έως 6,2 τρισεκατομμύρια δολάρια ετησίως έως το 2025. Αυτός ο αντίκτυπος αναμένεται να προέλθει από τη βελτίωση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας και την εισαγωγή καινοτόμων προϊόντων και υπηρεσιών που δημιουργούν νέες ροές εσόδων. Αυτό υπογραμμίζει την παγκόσμια έμφαση στο IoT σε διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της γεωργοτεχνολογίας, με στόχο την ενίσχυση τόσο της ποσότητας όσο και της ποιότητας της γεωργικής παραγωγής.

Η παρούσα εργασία μελετά το θέμα της χρήσης του διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things) στον τομέα της γεωργίας και ειδικότερα εστιάζει στην χρήση του IoT στην παρακολούθηση και διαχείριση των συνθηκών των θερμοκηπίων. Αρχικά γίνεται μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με τα τεχνολογικά θέματα του IoT και στην συνέχεια παρουσιάζεται η υλοποίηση ενός συστήματος παρακολούθησης θερμοκηπίου όπου χρησιμοποιήθηκε ο δημοφιλής μικροελεγκτής Arduino με χρήση αισθητήρων που συνδέθηκαν κατάλληλα. Το σύστημα αυτό έχει σχετικά μικρό κόστος και μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες στην έγκαιρη επέμβαση διορθωτικών κινήσεων στα θερμοκήπια τους και να ενημερώνονται μέσω πλατφορμών Cloud σε πραγματικό χρόνο

Abstract

The Internet of Things (IoT) is poised to emerge as one of the most advanced technology trends in the next decade, with far-reaching implications for both businesses and policymakers. Forecasts show that the potential economic impact of IoT could range from \$2.7 to \$6.2 trillion annually by 2025. This impact is expected to come from improving operational efficiency and introducing innovative products and services that create new revenue streams. This highlights the global emphasis on IoT in various applications, including agro-technology, with the aim of enhancing both the quantity and quality of agricultural production.

This thesis studies the use of the internet of things (Internet of Things) in the field of agriculture and in particular focuses on the use of IoT in the monitoring and management of greenhouse conditions. First, a review of the literature related to the technological issues of IoT is done, and then the implementation of a greenhouse monitoring system is presented where the popular Arduino microcontroller was used using sensors that were properly connected. This system has a relatively low cost and can help farmers to take timely corrective actions in their greenhouses and be updated through Cloud platforms in real time

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. ... Άγγελο Γιακουμή για τη στήριξη και τη συμβολή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

Κατάλογος Πινάκων	7
Εισαγωγή.....	8
Κεφάλαιο 1 – Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things)	9
1.1. Εφαρμογές του Internet of things.....	9
Κεφάλαιο 2- Θερμοκλήπια και εφαρμογή του IoT.....	13
2.1. Μικροκλίμα ενός θερμοκηπίου	13
2.4.2. Παρακολούθηση Θερμοκηπίου με IoT	19
2.2 Αρχιτεκτονική ενός συστήματος IoT για θερμοκλήπια	20
Κεφάλαιο 3- Υλοποίηση	22
3.1. Σκοπός της Υλοποίησης	22
3.2. Μικροελεγκτής.....	24
3.3. Το Arduino.....	25
3.4. Τύποι Arduino	26
3.5. Τροφοδοσία του Arduino	32
3.6. Χρήση Arduino Uno WiFi R4	32
3.7. Αισθητήρες και Δυνατότητες που χρησιμοποιήθηκαν.....	33
3.7.1. Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας AHT10.....	34
3.7.2. Αισθητήρας κίνησης PIR	35
3.7.3. Οθόνη LCD 16x2	36
3.7.4. Δέκτης WiFi (Ενσωματωμένος Arduino Uno WiFi R4)	37
3.7.5. Buzzer.....	38
3.8. Απομακρυσμένος Έλεγχος και Παρακολούθηση μέσω Blynk Cloud.....	40
3.8.1. Η πλατφόρμα Blynk Cloud	40
3.8.2. Δυνατότητες και Πλεονεκτήματα της πλατφόρμας Blynk	41
3.8.3. Ρυθμίσεις Blynk Cloud	43
3.9. Συνδεσμολογία.....	45
3.10 Block Διάγραμμα και Τρόπος Λειτουργίας και Επικοινωνίας με το Arduino	50
Κεφάλαιο 4- Προγραμματισμός Arduino και αισθητήρων	53
4.1. IDE Arduino	53
4.2. Περιγραφή και βασικά μέρη του κώδικα.....	54
4.3. Βιβλιοθήκες και Αρχικοποίηση	55
4.4. Ανάγνωση και Αποστολή Δεδομένων Αισθητήρων	57
4.5. Ανίχνευση Κίνησης και Συναγερμός.....	58
4.6. Εμφάνιση Μηνυμάτων στην LED Matrix	59

4.7. Βασική Ρύθμιση και Κύριος Βρόχος Εκτέλεσης	60
4.8. Δοκιμή και εκτέλεση κώδικα.....	62
Μελλοντικές προτάσεις	63
Συμπεράσματα	66
Βιβλιογραφία.....	68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΚΩΔΙΚΑΣ.....	72

Κατάλογος Πινάκων

Εικόνα 1- Εφαρμογές του Internet of things σε διάφορους κλάδους	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 2- Παρακολούθηση και Διαχείριση έξυπνης Πόλης , μέσω της τεχνολογίας Internet of Things	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 3- Σύστημα GPS (Γεωντοπισμού) στον τομέα της γεωργίας.....	11
Εικόνα 4- Ένα τυπικό Θερμοκήπιο.....	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 5- Μηχανισμός λειτουργίας του μικροκλίματος ενός θερμοκηπίου	14
Εικόνα 6- Χρήση Τεχνητού φωτισμού σε θερμοκήπιο	18
Εικόνα 7- Αρχιτεκτονική συστήματος IoT για την παρακολούθηση θερμοκηπίου	20
Εικόνα 8- Μικροελεγκτής ATMEGA32	24
Εικόνα 9- η δομή του Arduino UNO.....	28
Εικόνα 10- Arduino Leonardo	30
Εικόνα 11- Arduino Uno R4 WiFi	33
Εικόνα 12- Αισθητήρας Θερμοκρασίας και Υγρασίας AHT10	34
Εικόνα 13- Αισθητήρας ανίχνευσης κίνησης και αλλαγή φωτός PIR.....	36
Εικόνα 14- Οθόνη LCD 16x2	37
Εικόνα 15- Buzzer για αναπαραγωγή προειδοποιητικών ήχων	38
Εικόνα 16- Ενσωματωμένη Led matrix στο Arduino Uno R4 WiFi.....	39
Εικόνα 17- Απομακρυσμένος Έλεγχος συνθηκών και ενδείξεων από το Arduino μέσω Blynk Cloud	40
Εικόνα 18- IDE Arduino για συγγραφή κώδικα.....	53
Εικόνα 19- Δοκιμή του Blynk cloud για έλεγχο των συνθηκών του θερμοκηπίου	62
Εικόνα 20- Περιβάλλον IDE με πραγματικό περιβάλλον εκτέλεσης του Arduino και των αισθητήρων.....	63

Εισαγωγή

Το Internet of Things (IoT) έχει έναν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση και παρακολούθηση των θερμοκηπίων, παρέχοντας προηγμένες λύσεις για την επιτήρηση και τον έλεγχο των συνθηκών περιβάλλοντος. Ορισμένοι τρόποι με τους οποίους το IoT συμβάλλει σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνουν τη συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με τις συνθήκες ενός θερμοκηπίου όπως υγρασία, θερμοκρασία, ένταση αέρα, υγρασία εδάφους κ.

Η συλλογή των δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης κατάλληλων αισθητήρων συνδεδεμένων σε ένα σύστημα παρακολούθησης και με χρήση μικροελεγκτών λαμβάνονται συνεχώς δεδομένα σε πραγματικό χρόνο με σκοπό ο διαχειριστής του θερμοκηπίου να ενημερωθεί απομακρυσμένα και έγκαιρα και να προχωρήσει σε απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις στο θερμοκήπιο. Σε ακόμη πιο προηγμένα συστήματα παρακολούθησης και διαχείρισης και με χρήση ειδικών συσκευών και αυτοματισμών είναι δυνατή η απομακρυσμένη ή αυτόματα αλλαγή των συνθηκών του θερμοκηπίου.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η υλοποίηση ενός συστήματος ώστε να γίνεται η παρακολούθηση συνθηκών ενός θερμοκηπίου με την βοήθεια του μικροελεγκτή Arduino και οθόνης led. Στα πλαίσια της εργασίας αρχικά θα γίνει ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τα θερμοκήπια και την χρήση του Arduino και των αισθητήρων που μπορούν να συνδεθούν στο Arduino (όπως αισθητήρας θερμοκρασίας, αισθητήρας φωτός, αισθητήριο υγρασίας κτλ.). Σκοπός είναι η εξ αποστάσεως παρακολούθηση των συνθηκών του θερμοκηπίου και η αποστολή δεδομένων online ώστε να λαμβάνονται έγκαιρα προληπτικά μέτρα διαχείρισης.

Κεφάλαιο 1 – Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things)

1.1. Εφαρμογές του Internet of things

Το IoT έχει επανασχεδιάσει τον τρόπο που λειτουργούν τα σπίτια και τις πόλεις, προσφέροντας αρκετές εφαρμογές που αφορούν τον έλεγχο των συσκευών από απόσταση και τη βελτίωση της ασφάλειας και της ενεργειακής απόδοσης.

Έξυπνες Συσκευές

Οι έξυπνες συσκευές, όπως έξυπνες θερμοστάτες, φωτισμός, κλιματισμός και ηλεκτρικές συσκευές, μπορούν να συνδεθούν στο διαδίκτυο και να ελεγχθούν από οπουδήποτε μέσω smartphone ή υπολογιστή [5]. Οι χρήστες μπορούν να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία, να αλλάζουν τον φωτισμό ή να ενεργοποιούν συσκευές ακόμα και όταν βρίσκονται μακριά από το σπίτι τους. Αυτό προσφέρει ανέσεις, εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους της ενέργειας [6].

Εφαρμογές του IoT στην Γεωργία

Οι έξυπνοι αισθητήρες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη σύγχρονη γεωργία, προσφέροντας ποικίλες δυνατότητες, όπως η αξιολόγηση του εδάφους και των ζωτικών συνθηκών, η ανίχνευση σημείων προσβολής και ασθενειών, η εκτίμηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας και η παρακολούθηση των συνθηκών φωτισμού.

Το IoT διαθέτει την ικανότητα να ενισχύσει και να βελτιώσει τον αγροτικό τομέα εξετάζοντας την υγρασία του εδάφους και, στο πλαίσιο των αμπελώνων, παρακολουθώντας τη διάμετρο του κορμού. Η χρήση του IoT επιτρέπει τον έλεγχο και τη διατήρηση της περιεκτικότητας σε βιταμίνες στα αγροτικά προϊόντα, τη ρύθμιση των συνθηκών μικροκλίματος για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής λαχανικών και φρούτων διασφαλίζοντας παράλληλα την ποιότητά τους. Επιπλέον, η ανάλυση των καιρικών συνθηκών επιτρέπει την πρόβλεψη πληροφοριών για πάγο, ξηρασίες, αλλαγές ανέμου, βροχή ή χιόνι, με αποτέλεσμα τη διαχείριση των επιπέδων θερμοκρασίας και υγρασίας για την πρόληψη της ανάπτυξης μυκήτων και άλλων μικροβιακών ρύπων.

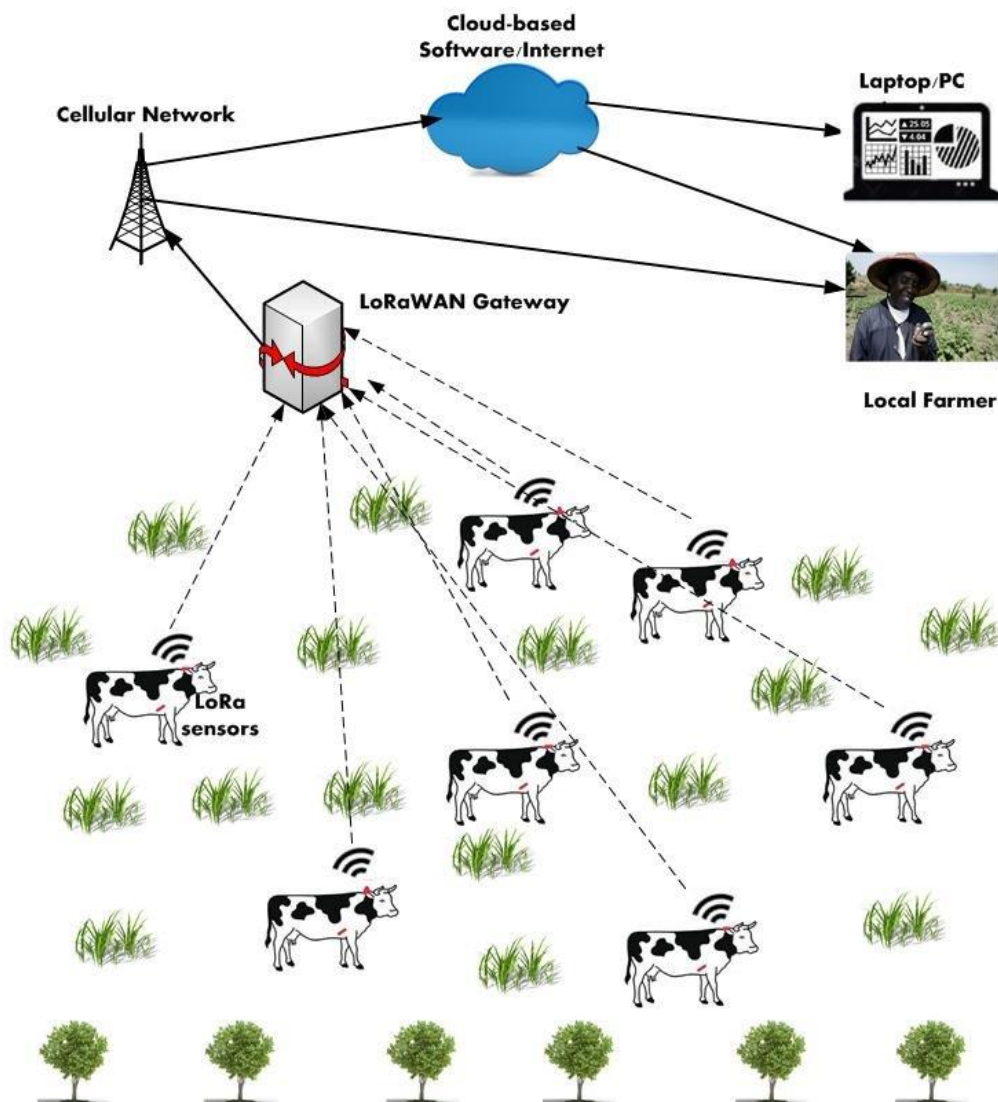
Όσον αφορά τα ζώα, το IoT βοηθά στον εντοπισμό ζώων που βόσκουν σε ανοιχτούς χώρους, στην ανίχνευση επιβλαβών αερίων από περιττώματα ζώων στα αγροκτήματα και στη ρύθμιση των συνθηκών ανάπτυξης στους απογόνους για τη βελτίωση των πιθανοτήτων υγείας και επιβίωσης [6]. Επιπλέον, η εφαρμογή του IoT στη γεωργία συμβάλλει στη μείωση της σπατάλης και της αλλοίωσης μέσω αποτελεσματικών τεχνικών παρακολούθησης και ολοκληρωμένης διαχείρισης πεδίου, οδηγώντας σε ενισχυμένο έλεγχο της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και νερού.

Σύμφωνα με τους Sundareswaran & Null (2018) σχετικά με την διαχείριση του νερού, ο ρόλος του IoT περιλαμβάνει την αξιολόγηση της καταλληλότητας του νερού σε θάλασσες και ποτάμια τόσο για πόση όσο και για γεωργική χρήση, τον εντοπισμό διακυμάνσεων της πίεσης στους σωλήνες, την ανίχνευση παρουσίας υγρού έξω από τις δεξαμενές και την παρακολούθηση των διακυμάνσεων της στάθμης του νερού σε φράγματα, ποτάμια και δεξαμενές. Αυτές οι εφαρμογές IoT χρησιμοποιούν ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Αξιοσημείωτα παραδείγματα υπαρχουσών εφαρμογών IoT σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνουν τα SiSviA, GBROOS και SEMAT [7].

Το υλικό συνδεσιμότητας έχει σχεδιαστεί ειδικά για να διασφαλίζει μια αξιόπιστη σύνδεση μεταξύ συσκευών IoT μέσω τεχνολογιών κινητής τηλεφωνίας ή WiFi, διευκολύνοντας την απομακρυσμένη πρόσβαση σε συλλεγμένα δεδομένα και δείκτες σε πραγματικό χρόνο.

Οι λύσεις λογισμικού χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά, την επεξεργασία, τη συσσώρευση και την οργάνωση δεδομένων που λαμβάνονται από αισθητήρες, συμβάλλοντας στην αποτελεσματική διαχείριση δεδομένων.

Οι μονάδες γεωεντοπισμού είναι απαραίτητες για την παρακολούθηση της θέσης αντικειμένων (εικόνα 3) σε πραγματικό χρόνο στη γεωργία, χρησιμοποιώντας συχνά την παρακολούθηση GPS για το σκοπό αυτό.



Εικόνα 1- Σύστημα GPS (Γεωντοπισμού) στον τομέα της γεωργίας

Πηγή: [8]

Τα εργαλεία ανάλυσης δεδομένων καθίστανται ζωτικής σημασίας καθώς βοηθούν τους χρήστες να χειρίζονται τεράστιους και συνεχώς αυξανόμενους όγκους δεδομένων που αποστέλλονται από συνδεδεμένες συσκευές. Ο πρωταρχικός στόχος δεν είναι μόνο η συλλογή δεδομένων αλλά και η εύρεση αποτελεσματικών τρόπων εξαγωγής χρήσιμων πληροφοριών από αυτά [8].

Η ρομποτική εφαρμόζεται στη σύγχρονης γεωργίας, αξιοποιώντας τεχνολογίες αιχμής για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού και των μηχανημάτων.

Αυτόνομα τρακτέρ και αυτοματοποιημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποτελούν παράδειγμα αυτών των εξελίξεων.

Ενώ η χρήση του IoT στη γεωργία είναι σχετικά πρόσφατη, αντιπροσωπεύει μια αυξανόμενη τάση που φέρνει επανάσταση στον τομέα, με τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσει σημαντικά το μέλλον του. Μερικά βασικά οφέλη των εφαρμογών IoT στη γεωργία περιλαμβάνουν:

Υψηλότερη απόδοση αγροκτημάτων: Οι έξυπνες συσκευές επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας στους αγρότες καλύτερες πληροφορίες για τις τρέχουσες συνθήκες και πληροφορίες σχετικά με τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες, τις καλλιέργειες και τις συνθήκες του εδάφους. Αυτό διευκολύνει τη λήψη πιο ενημερωμένων αποφάσεων.

Βελτιστοποίηση πόρων: Οι λύσεις IoT, ιδιαίτερα η γεωργία ακριβείας, αξιοποιούν ακριβή δεδομένα από αισθητήρες στα πεδία για βελτιωμένο σχεδιασμό και κατανομή πόρων. Αυτή η προσέγγιση βοηθά στην αποφυγή περιττών εξόδων και μειώνει τη σπατάλη.

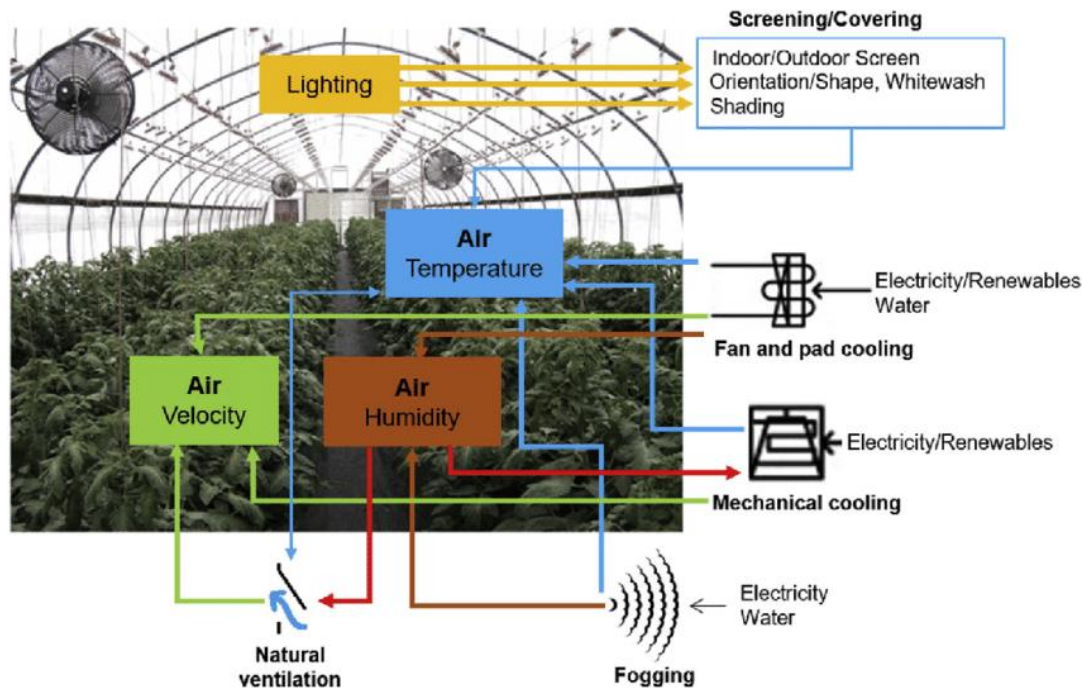
Βελτιωμένος έλεγχος παραγωγής: Χρησιμοποιούνται συστήματα παρακολούθησης για την επίβλεψη όλων των σταδίων της διαδικασίας παραγωγής καλλιεργειών. Οπλισμένοι με σχετικά δεδομένα, οι αγρότες μπορούν να ανταποκριθούν άμεσα στις αλλαγές στην ποιότητα του αέρα, τη θερμοκρασία και την υγρασία, ενισχύοντας τον συνολικό έλεγχο της παραγωγής.

Κεφάλαιο 2- Θερμοκήπια και εφαρμογή του IoT

2.1. Μικροκλίμα ενός θερμοκηπίου

Το περιβάλλον του θερμοκηπίου αντιπροσωπεύεται από μια ομάδα μέσων τιμών κλιματικών παραγόντων, όπως η ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών, και η ρύθμισή τους ορίζεται ως μικροκλίμα θερμοκηπίου [12].

Η διαφορά μεταξύ μικροκλίματος θερμοκηπίου και του εξωτερικού καιρού οφείλεται σε δύο μηχανισμούς. Ο πρώτος είναι ο αέρας που περικλείεται στο θερμοκήπιο και είναι εγκλωβισμένος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εναλλαγές του θερμοκηπίου αέρα με τον εξωτερικό αέρα να είναι μειωμένες, και οι ταχύτητες του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο να είναι μικρές σε σχέση με αυτές του εξωτερικού αέρα. Η μείωση των εναλλαγών του αέρα (ή του εξαερισμού) επιδρά άμεσα στα ισοζύγια ενέργειας και μάζας, ενώ οι μικρότερες ταχύτητες επηρεάζουν την ανταλλαγή ενέργειας, την εξάτμιση νερού και το διοξείδιο του άνθρακα ανάμεσα στον αέρα του θερμοκηπίου και στα άλλα στοιχεία του θερμοκηπίου (καλλιέργεια, έδαφος, κάλυμμα, σύστημα θέρμανσης). Όπως φαίνεται στην εικόνα 5, θα πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένος και να λειτουργεί σωστά ο μηχανισμός μικροκλίματος του θερμοκηπίου. Ειδικότερα, ο φωτισμός, η υγρασία, ο αερισμός και η θερμοκρασία του θερμοκηπίου θα πρέπει να ελέγχεται και να ρυθμίζεται σε φυσιολογικές τιμές, ανάλογα με τα είδη καλλιέργειας.



Εικόνα 2- Μηχανισμός λειτουργίας του μικροκλίματος ενός θερμοκηπίου

Πηγή: [13]

Ο δεύτερος μηχανισμός είναι ο μηχανισμός της ακτινοβολίας, κατά τον οποίο η μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζεται από τα διάφανα στοιχεία του θερμοκηπίου, ενώ η ανταλλαγή της μεγάλου μήκους ακτινοβολίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος είναι αποτέλεσμα ραδιομετρικών ιδιοτήτων των υλικών κάλυψης. Το μικρόκλιμα επηρεάζεται από τον προσανατολισμό, το γεωγραφικό πλάτος την περιοχή του θερμοκηπίου, το δομικό σχεδιασμό και τις ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του θερμοκηπίου. Επιπλέον, εξαρτάται από το σύστημα θέρμανσης και εξαερισμού [13].

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών σε ένα θερμοκήπιο. Κατά τη νύχτα, η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εξωτερική θερμοκρασία και την επιφάνεια του καλύμματος [14]. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, είναι σημαντικό να μειώνεται η

θερμοκρασία, και αυτό επιτυγχάνεται μέσω του εξαερισμού. Ο εξαερισμός όχι μόνο μειώνει τη θερμοκρασία αλλά συμβάλλει και στον έλεγχο της σχετικής υγρασίας και στην ανταλλαγή διοξειδίου του άνθρακα.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι πριν από το τέλος της άνοιξης, οι θερμοκρασίες της ημέρας γίνονται πολύ υψηλές, και μερικές φορές απαιτείται ακόμα και σκίαση μέχρι τις αρχές του φθινοπώρου. Επίσης, το είδος των φυτών που καλλιεργούνται σε ένα θερμοκήπιο επηρεάζει σημαντικά τις απαιτούμενες θερμοκρασίες.

Ο εξαερισμός του θερμοκηπίου μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: τον φυσικό εξαερισμό και τον δυναμικό εξαερισμό. Ο φυσικός εξαερισμός συμβαίνει με την εισροή αέρα μέσω των παραθύρων του θερμοκηπίου. Ο αριθμός και το μέγεθος των παραθύρων επηρεάζουν τον εξαερισμό, και η αυτοματοποίηση του ανοίγματος των παραθύρων μπορεί να συμβάλει στην αποτελεσματική ρύθμιση της θερμοκρασίας.

Ο δυναμικός εξαερισμός επιτυγχάνεται με τη χρήση ανεμιστήρων, που δημιουργούν αέρα και εξάγουν τον εσωτερικό αέρα, ενώ ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Ο αριθμός και το μέγεθος των ανεμιστήρων πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα με τον απαιτούμενο ρυθμό εξαερισμού, ο οποίος εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ηλιακή ακτινοβολία και την εξωτερική θερμοκρασία [14].

Σε περίπτωση χαμηλών θερμοκρασιών, όπως κατά τη χειμερινή περίοδο, απαιτούνται συστήματα θέρμανσης, τα οποία μπορεί να είναι τοπικά ή κεντρικά, για να διατηρηθεί η θερμοκρασία στα επιθυμητά επίπεδα. Η τοπική θέρμανση είναι αποτελεσματική στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά μπορεί να οδηγήσει σε ανομοιομορφία στη θέρμανση σε σκιασμένες περιοχές.

Υγρασία

Η υγρασία αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον ενός θερμοκηπίου και συνδέεται στενά με τη θερμοκρασία.

Σε ένα θερμοκήπιο, όταν έχει επιτευχθεί η ισορροπία, η απόλυτη υγρασία είναι περίπου η ίδια σε όλο το χώρο του θερμοκηπίου. Ωστόσο, λόγω της διαφορετικής θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία του χώρου, η σχετική υγρασία του αέρα

διαφοροποιείται. Αυτή η ανομοιομορφία στην κατανομή της θερμοκρασίας αποτελεί τον βασικό λόγο που παρατηρούμε προβλήματα με την υγρασία. Σε περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλή, όπως κατά τη διάρκεια της νύχτας, η σχετική υγρασία είναι πολύ υψηλή.

Η σχετική υγρασία επηρεάζει πολλούς παράγοντες στο θερμοκήπιο, όπως τη φωτοσύνθεση, την παραγωγή και την ανάπτυξη των φυτών. Για να μειωθεί η υγρασία, ο εξαερισμός είναι ένας συνηθισμένος τρόπος. Ανοίγοντας τα παράθυρα, εισέρχεται αέρας στο θερμοκήπιο, και οι απώλειες θερμότητας καλύπτονται από το σύστημα θέρμανσης του θερμοκηπίου [14].

Εκτός από τον εξαερισμό, μια άλλη μέθοδος για τη μείωση της σχετικής υγρασίας είναι η αποθήκευση με ψύξη. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιούνται ανταλλάκτες θερμότητας. Αυτή η μέθοδος συνήθως περιλαμβάνει έναν ανταλλάκτη σε ένα ρεύμα αέρα, με ένα ψύχον μέσο να κυκλοφορεί μέσα στον ανταλλάκτη σε θερμοκρασία κάτω από το σημείο δρόσου του αέρα. Το ποσοστό αποθήκευσης υγρασίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα καθώς και από τη θερμοκρασία του ανταλλάκτη.

Φωτισμός

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πηγή ενέργειας για την φωτοσύνθεση των φυτών και, ως εκ τούτου, αποτελεί τη φυσική πηγή θερμότητας στο εσωτερικό ενός θερμοκηπίου. Όπως προαναφέρθηκε, τις ηλιόλουστες ημέρες, οι θερμοκρασίες μέσα στο θερμοκήπιο αυξάνονται σημαντικά, ενώ τη νύχτα πέφτουν. Καθώς η θερμοκρασία και η ακτινοβολία συνδέονται στενά μεταξύ τους, έχουν άμεση επίδραση στο περιβάλλον του θερμοκηπίου [13].

Στόχος κατά την καλλιέργεια φυτών είναι να παρέχεται η κατάλληλη ποσότητα φωτισμού για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής απόδοσης. Η διάρκεια και η ποιότητα του φωτισμού διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαθεσιμότητα της ενέργειας για την φωτοσύνθεση των φυτών. Ο φωτισμός του θερμοκηπίου

επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά επίσης από τα χαρακτηριστικά του καλύμματος [2]

Οι ανάγκες φωτισμού σε ένα θερμοκήπιο εξαρτώνται από την εποχή και το είδος των καλλιεργούμενων φυτών. Για να καλυφθούν αυτές οι ανάγκες, χρησιμοποιούνται τεχνητοί πηγές φωτισμού, αλλά και μέθοδοι για τη μείωση του φωτισμού.

Όταν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση, όπως η φωτεινή ακτινοβολία, το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό κ.λπ., βρίσκονται στο ανώτερο επίπεδο, τότε η διαδικασία της φωτοσύνθεσης βρίσκεται στο απόγειο.

Ένα θερμοκήπιο μπορεί να έχει τεχνητό φωτισμό. Ο τεχνητός φωτισμός χρησιμοποιείται συχνά σε θερμοκήπια για να παρέχει επιπλέον φωτεινότητα κατά τις περιόδους με χαμηλό ηλιακό φως, όπως το χειμώνα ή κατά τη διάρκεια συννεφιασμένων ημερών. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις καλλιέργειες που απαιτούν υψηλή φωτεινότητα για την ανάπτυξή τους, όπως ορισμένα λουλούδια, λαχανικά ή φυτά που καλλιεργούνται για εμπορικούς σκοπούς.

Ο τεχνητός φωτισμός μπορεί να παρέχεται με χρήση φωτιστικών συσκευών, όπως λάμπες υψηλής έντασης ή φωτοστεγεία που διαθέτουν ειδικές φώτιστικές εγκαταστάσεις. Αυτό επιτρέπει στους αγρότες να διατηρούν τις συνθήκες φωτισμού στο θερμοκήπιο σε επίπεδα που ευνοούν την αποτελεσματική ανάπτυξη των φυτών, ανεξάρτητα από τις φυσικές συνθήκες του περιβάλλοντος.



Εικόνα 3- Χρήση Τεχνητού φωτισμού σε θερμοκήπιο

Πηγή: [15]

Χρήση του IoT στην διαχείριση και παρακολούθηση των θερμοκηπίων

Το Internet of Things (IoT) διαδραματίζει έναν κρίσιμο ρόλο στη διαχείριση και παρακολούθηση των θερμοκηπίων, επιφέροντας προηγμένες εφαρμογές για την παρακολούθηση και έλεγχο των συνθηκών περιβάλλοντος. Το IoT συνεισφέρει στην αγροτική βιομηχανία, ιδιαίτερα στον τομέα των θερμοκηπίων:

1. Αισθητήρες και Καταγραφή Δεδομένων:

- Εγκατάσταση αισθητήρων σε διάφορα σημεία του θερμοκηπίου για τη μέτρηση παραμέτρων όπως θερμοκρασία, υγρασία, φωτεινότητα, και άλλες παράμετροι περιβάλλοντος.

2. Συλλογή Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο:

- Οι αισθητήρες επικοινωνούν με ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας άμεση πρόσβαση σε δεδομένα και πληροφορίες για τις συνθήκες του θερμοκηπίου.

3. Αυτοματοποίηση Συστημάτων:

- Εφαρμογή αυτοματισμού στα θερμοκηπία με τη χρήση IoT, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας και να βελτιστοποιηθούν οι συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών.

4. Παρακολούθηση Παραγωγής:

- Χρήση IoT για την παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών, τη διαχείριση της ποιότητας του εδάφους, και την αξιολόγηση της παραγωγικότητας του θερμοκηπίου.

5. Ενεργειακή Αποτελεσματικότητα:

- Χρήση IoT για τον έλεγχο των συστημάτων φωτισμού, υδροπονίας και κλιματισμού, προκειμένου να επιτευχθεί ενεργειακή αποτελεσματικότητα.

6. Απομακρυσμένη Διαχείριση:

- Δυνατότητα για τους αγρότες να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται τα θερμοκήπια τους απομακρυσμένα μέσω διαδικτύου.

Με αυτούς τους τρόπους, το IoT βοηθά στη βελτιστοποίηση των πόρων, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, και τη βελτίωση της παραγωγικότητας στα θερμοκήπια. Επιπλέον, η συλλογή και ανάλυση δεδομένων μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων και τη βελτίωση της απόδοσης της γεωργίας.

2.4.2. Παρακολούθηση Θερμοκηπίου με IoT

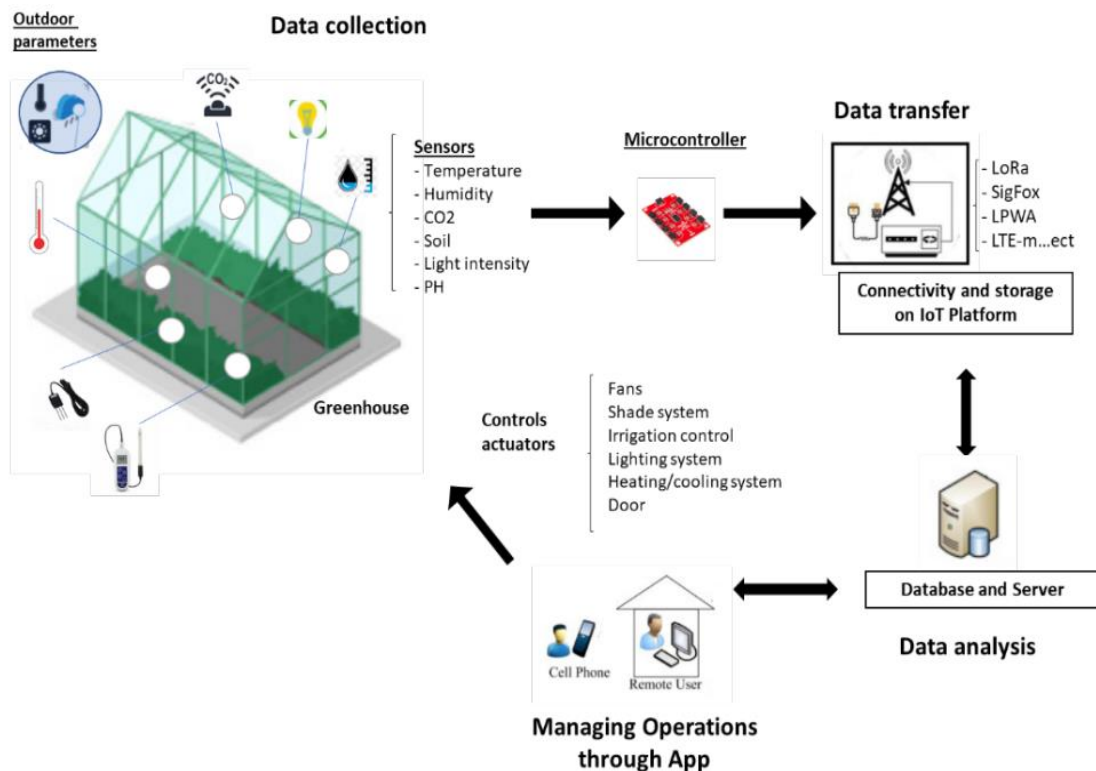
Στον αγροτικό τομέα, το IoT φέρνει ουσιαστική αξία με την εισαγωγή νέων εφαρμογών και καινοτομιών. Επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση των μηχανών, την προγνωστική συντήρηση και τη βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα των προϊόντων στον βιομηχανικό τομέα. Στη γεωργία, οι λύσεις IoT χρησιμοποιούν αισθητήρες συνδεδεμένους στο Διαδίκτυο για τη συλλογή περιβαλλοντικών και μηχανικών μετρήσεων. Οι αγρότες, εξοπλισμένοι με έξυπνα γεωργικά εργαλεία, επιτυγχάνουν μεγαλύτερο έλεγχο στη διαδικασία καλλιέργειας, καθιστώντας την πιο προβλέψιμη και αποτελεσματική. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους διαχειριστές αγροκτημάτων

να ελέγχουν εξ αποστάσεως μηχανήματα, να βελτιστοποιούν τη χρήση τους και να παρακολουθούν τον στόλο για τυχόν ανωμαλίες, συμβάλλοντας στη βελτιωμένη απόδοση και ασφάλεια των εργαζομένων [9] [10].

Μια αξιοσημείωτη εφαρμογή είναι η χρήση drones στη γεωργία, αναλύοντας τις καλλιέργειες για τον προσδιορισμό των βέλτιστων παρεμβάσεων με βάση τα δεδομένα θέσης και την ποιότητα. Η συνεχής εμφάνιση καινοτομιών στο IoT για τη γεωργία υποδηλώνει τη δυναμική και εξελισσόμενη φύση του, με συνεχείς δυνατότητες για προόδους και βελτιώσεις.

2.2 Αρχιτεκτονική ενός συστήματος IoT για θερμοκήπια

Στην εικόνα 6 παρουσιάζεται η μια προτεινόμενη αρχιτεκτονική συστήματος IoT για την παρακολούθηση και διαχείριση θερμοκηπίου σύμφωνα με τους Bersani et al. (2022).



Εικόνα 4- Αρχιτεκτονική συστήματος IoT για την παρακολούθηση θερμοκηπίου

Πηγή: [19]

Όπως φαίνεται στο προτεινόμενο σύστημα (εικόνα 6) διαχείρισης και παρακολούθησης θερμοκηπίου καταγράφονται οι εξωτερικοί παράγοντες, ενδείξεις θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού. Επίσης μέσω αισθητήρων καταγράφονται οι ενδείξεις του διοξειδίου του άνθρακα του ΡΗ του χώματος και με την χρήση κατάλληλου μικροελεγκτή αποστέλλονται μέσω τεχνολογίας LPWA, Lora, δικτύου LTE κεραίας και από εκεί σε Online Server. Έπειτα ο διαχειριστής μπορεί μέσω κατάλληλης online εφαρμογής να εισέλθει και να δει σε πραγματικό χρόνο τις ενδείξεις από τα δεδομένα που στέλνονται. Τέλος μέσω κατάλληλου εξοπλισμού που μπορεί να εγκατασταθεί στο θερμοκήπιο, ο διαχειριστής μπορεί άμεσα να δώσει εντολή απομακρυσμένου ελέγχου και επέμβασης στις συνθήκες του θερμοκηπίου [19].

Κεφάλαιο 3- Υλοποίηση

3.1. Σκοπός της Υλοποίησης

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε προσπάθεια να υλοποιηθεί η παρακολούθηση ενός θερμοκηπίου σε πραγματικό χρόνο (real-time) με τη χρήση του μικροελεγκτή Arduino. Η ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση και διαχείριση των συνθηκών ενός θερμοκηπίου πηγάζει από το γεγονός ότι για να λειτουργήσει σωστά και να εξασφαλίσει την ιδανική ανάπτυξη των φυτών, πρέπει να διατηρούνται σταθερές και κατάλληλες παράμετροι φωτισμού, θερμοκρασίας και υγρασίας.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, αυτές οι παράμετροι μπορούν να παρακολουθούνται και να ρυθμίζονται αυτόματα μέσω ενός ηλεκτρονικού συστήματος, το οποίο στη σύγχρονη εποχή συχνά ονομάζεται «Έξυπνο Θερμοκήπιο» (Smart Greenhouse). Το Έξυπνο Θερμοκήπιο αποτελεί ένα αυτο-ρυθμιζόμενο περιβάλλον που εστιάζει στο μικροκλίμα εντός του θερμοκηπίου, με σκοπό τη δημιουργία βέλτιστων συνθηκών για την ανάπτυξη των φυτών.

Η λειτουργία του βασίζεται σε συνεχή συλλογή δεδομένων μέσω αισθητήρων που καταγράφουν παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία του αέρα και του εδάφους, καθώς και η φωτεινότητα. Τα δεδομένα αυτά αναλύονται σε πραγματικό χρόνο, και ανάλογα με τις μετρήσεις, το σύστημα ενεργοποιεί κατάλληλους ενεργοποιητές (π.χ. ανεμιστήρες, συστήματα άρδευσης, φωτιστικά) για να προσαρμόσει το περιβάλλον του θερμοκηπίου στις ιδανικές συνθήκες.

Κεντρικό ρόλο στην υλοποίηση έχει ο μικροελεγκτής Arduino, ο οποίος συλλέγει τα δεδομένα από τους αισθητήρες (όπως ο αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας AHT10/AHT20) και χειρίζεται τα εξαρτήματα εξόδου, όπως φωτεινές ενδείξεις (LEDs), buzzer και μία LED matrix για άμεση οπτική πληροφόρηση. Η χρήση των LEDs και του buzzer επιτρέπει άμεση και ευανάγνωστη ένδειξη της κατάστασης του θερμοκηπίου (ιδανικές, προειδοποιητικές ή επικίνδυνες συνθήκες).

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου και παρακολούθησης μέσω της πλατφόρμας **Blynk Cloud**. Η σύνδεση του Arduino με το δίκτυο Wi-Fi επιτρέπει την επικοινωνία με το cloud, όπου τα δεδομένα αποστέλλονται και αποθηκεύονται σε πραγματικό χρόνο. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί τις συνθήκες του θερμοκηπίου από απόσταση μέσω της εφαρμογής Blynk σε κινητές συσκευές, αλλά και να λαμβάνει ειδοποιήσεις σε περίπτωση που οι συνθήκες ξεφύγουν από τα όρια ασφαλείας.

Πέρα από την απλή παρακολούθηση, μέσω της εφαρμογής μπορεί να ασκηθεί και **απομακρυσμένος έλεγχος** των λειτουργιών, όπως η ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση συστημάτων άρδευσης και φωτισμού, με άμεσο feedback από το σύστημα. Αυτό επιτρέπει στον χρήστη να διαχειρίζεται το θερμοκήπιο χωρίς να χρειάζεται να βρίσκεται στον χώρο, προσφέροντας ευελιξία, εξοικονόμηση χρόνου και καλύτερο έλεγχο των συνθηκών.

Το σύστημα υποστηρίζει επίσης αυτόματη ανίχνευση κίνησης (μέσω αισθητήρα PIR), με ένδειξη συναγερμού στην περίπτωση που εντοπιστεί κίνηση στον χώρο του θερμοκηπίου, προσθέτοντας ένα επιπλέον επίπεδο ασφάλειας.

Η υλοποίηση βασίζεται σε τακτική αποστολή των δεδομένων κάθε 5 δευτερόλεπτα, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται έλεγχος ανίχνευσης κίνησης ανά δευτερόλεπτο. Η οπτική πληροφόρηση στον χώρο γίνεται μέσω της LED matrix, η οποία εμφανίζει κατανοητά σύμβολα και μηνύματα, ενώ τα LEDs και ο buzzer συμβάλλουν στην άμεση ένδειξη των επιπέδων συναγερμού.

Τέλος, το σύστημα φροντίζει για την **αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας**, αφού η αυτοματοποιημένη ρύθμιση και η απομακρυσμένη παρακολούθηση επιτρέπουν την αποφυγή περιττής κατανάλωσης πόρων, καθιστώντας το σύστημα βιώσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον.

3.2. Μικροελεγκτής

Ένας μικροελεγκτής αποτελεί έναν απλό, αλλά ιδιαίτερα λειτουργικό τύπο επεξεργαστή μικρότερων δυνατοτήτων, παρόμοιος με αυτόν που βρίσκεται στον σταθερό υπολογιστή, το laptop ή το κινητό τηλέφωνο. Η φιλοσοφία πίσω από αυτόν είναι να παρέχει απλές, αλλά αποδοτικές λειτουργίες, καθώς και να καταναλώνει λιγότερη ενέργεια. Ο μικροελεγκτής χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορες ηλεκτρικές συσκευές, όπως φωτογραφικές μηχανές και άλλες που δεν απαιτούν υψηλή ισχύ [20].



Εικόνα 5- Μικροελεγκτής ATMEGA32

Ένα κλασικό παράδειγμα μικροελεγκτή είναι ο ATmega32, ο οποίος ανήκει στην οικογένεια των AVR μικροελεγκτών. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές παραλλαγές και μεγέθη, αλλά όλες ακολουθούν συνήθως το ίδιο βασικό μοτίβο. Διαθέτουν "ποδαράκια" που συνδέονται σε ένα μεγαλύτερο σύστημα ή πλακέτα, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως Arduino.

Το Arduino αναπτύχθηκε ως μια προσιτή και εύκολη στη χρήση πλατφόρμα για την ανάπτυξη πρωτότυπων ηλεκτρονικών έργων. Το πλεονέκτημα του Arduino είναι ότι συνδυάζει τον μικροελεγκτή (όπως ο ATmega32) με ένα περιβάλλον ανάπτυξης που καθιστά τον προγραμματισμό προσβάσιμο ακόμη και για αρχάριους. Με την ανοικτή του δομή, επιτρέπει στους χρήστες να αναπτύσσουν ποικίλα εφαρμογές, από απλά

LED projects μέχρι πολύπλοκα συστήματα ελέγχου και αντίδρασης σε περιβαλλοντικές συνθήκες.

3.3. Το Arduino

Το Arduino είναι μια ανοικτού κώδικα πλατφόρμα υλικού και λογισμικού, η οποία έχει επαναπροσδιορίσει τον τρόπο με τον οποίο άνθρωποι, εκπαιδευτικά ιδρύματα και επαγγελματίες προσεγγίζουν τον κόσμο της ηλεκτρονικής και του προγραμματισμού. Έχοντας τη βάση του σε ένα μικροελεγκτή (μικροεπεξεργαστή) AVR ή ARM, το Arduino παρέχει μια εύκολη και προσιτή λύση για τη δημιουργία διάφορων έργων, από απλά LED projects μέχρι πολύπλοκες ρομποτικές εφαρμογές.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του Arduino είναι η ευκολία χρήσης. Μέσω του Arduino IDE (Integrated Development Environment), οι χρήστες μπορούν να γράφουν κώδικα σε γλώσσα C/C++ και να τον μεταφορτώνουν στην πλακέτα τους με ένα απλό κλικ. Επιπλέον, το Arduino υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων που επεκτείνουν τις δυνατότητές του.

Ενσωματωμένοι Αισθητήρες

Η πλειονότητα των πλακετών Arduino δεν έχει ενσωματωμένους αισθητήρες, αλλά παρέχει ακίνητα ψηφιακά και αναλογικά pins που επιτρέπουν τη σύνδεση διάφορων αισθητήρων. Παρόλα αυτά, ορισμένα μοντέλα Arduino έχουν ενσωματωμένους αισθητήρες για βασικές λειτουργίες. Οι πιο σημαντικοί ενσωματωμένοι αισθητήρες είναι:

1. Arduino Uno:

- **Ενσωματωμένοι Αισθητήρες:** Ο Arduino Uno δεν διαθέτει απευθείας ενσωματωμένους αισθητήρες. Ωστόσο, μπορείτε να συνδέσετε διάφορους αισθητήρες στα ψηφιακά ή αναλογικά pins του [21].

2. Arduino Nano:

- **Ενσωματωμένοι Αισθητήρες:** Και η Arduino Nano [22] δεν διαθέτει ενσωματωμένους αισθητήρες. Οι χρήστες μπορούν να προσθέσουν αισθητήρες ανάλογα με τις ανάγκες τους.

3. Arduino 101 (Πρώην Arduino/Genuino 101):

- **Ενσωματωμένοι Αισθητήρες:** Ο Arduino 101 διαθέτει ενσωματωμένους αισθητήρες, όπως επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο και αισθητήρα πίεσης. Αυτοί οι αισθητήρες επιτρέπουν την ανίχνευση κίνησης και πληροφορίες για το περιβάλλον.

Το Arduino αποτελεί έναν καταπληκτικό πόρο για όσους θέλουν να εισέλθουν στον κόσμο της ηλεκτρονικής και του προγραμματισμού. Με την ευελιξία του να συνδέεται με πολλούς τύπους αισθητήρων, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ποικίλες εφαρμογές, από απλά πρότζεκτ μέχρι πολύπλοκα συστήματα.

Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία προσωποποιημένων ηλεκτρονικών project παίρνοντας εισερχόμενα δεδομένα από μια ποικιλία από εξερχόμενων δεδομένων. Τα προγράμματα μπορούν να είναι ανεξάρτητα (εκτελούνται μόνο πάνω στην πλατφόρμα) ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προωθούν ή να λαμβάνουν πληροφορίες από εφαρμογές που τρέχουν στον υπολογιστή. Τα τελευταία χρόνια συναντάμε συχνά μικροελεγκτές Arduino σε εφαρμογές ρομποτικής και γενικότερα σε αυτοματισμούς καταφέροντας έτσι πάρα πολλά όπως: την κίνηση servo, stepper και DC κινητήρων, τη λήψη πληροφοριών από διάφορους αισθητήρες (θερμοκρασίας, υγρασίας, υπερύθρων κ.α), την αμφίδρομη σειριακή επικοινωνία μεταξύ Arduino και ηλεκτρονικού υπολογιστή χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού (όπως Java και python), όπως επίσης την αναπαραγωγή και αντίληψη ήχων [22].

3.4. Τύποι Arduino

Σήμερα υπάρχουν διάφοροι τύποι Arduino και χρησιμοποιούνται ανάλογα με τον σκοπό, τον χώρο χρήσης. Οι τύποι Arduino που υπάρχουν διαθέσιμοι στην αγορά είναι:

- Arduino UNO
- Arduino R4 Wifi
- Arduino Leonardo
- MEGA
- Yun
- Mini
- Micro
- Zero

Arduino UNO

Το Arduino Uno αποτελεί μία από τις πιο δημοφιλείς πλακέτες του Arduino και αποτελεί ιδανική επιλογή για αρχάριους και έμπειρους προγραμματιστές που επιθυμούν να αναπτύξουν διάφορα ηλεκτρονικά έργα. Ας εξετάσουμε μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino Uno:

1. Μικροεπεξεργαστής:

- Ο Arduino Uno βασίζεται στον μικροελεγκτή AVR ATmega328P της εταιρείας Atmel. Αυτός ο μικροεπεξεργαστής διαθέτει 32KB Flash μνήμη για τον κώδικα, 2KB RAM και 1KB EEPROM για αποθήκευση δεδομένων.

2. Ψηφιακές και Αναλογικές Είσοδοι/Εξοδοι:

- Ο Arduino Uno διαθέτει 14 ψηφιακές έξοδοι (από τις οποίες 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως PWM) και 6 αναλογικές είσοδοι. Αυτές οι είσοδοι/έξοδοι επιτρέπουν τη σύνδεση και τον έλεγχο διαφόρων αισθητήρων, κινητήρων και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών.

3. Θύρα USB:

- Ένα από τα χαρακτηριστικά που καθιστούν το Arduino Uno εύκολο στη χρήση είναι η θύρα USB. Μπορείτε να συνδέσετε το Arduino Uno

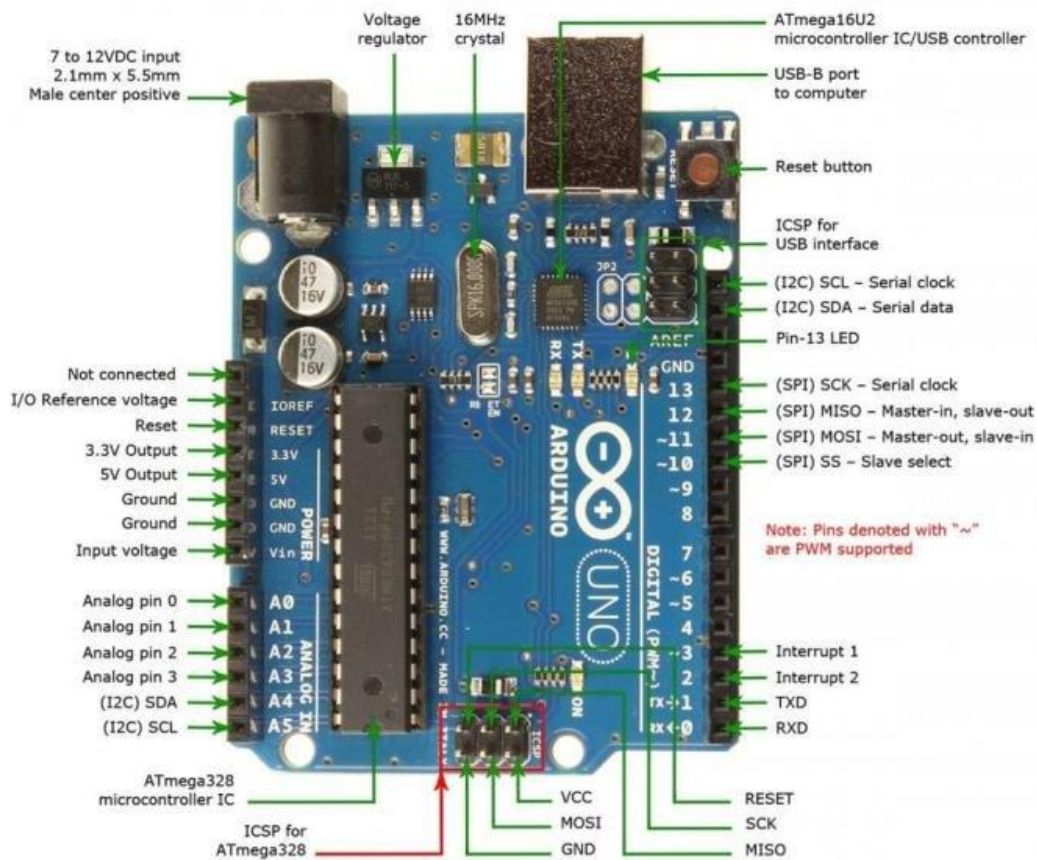
απευθείας στον υπολογιστή σας με ένα απλό καλώδιο USB για προγραμματισμό και επικοινωνία.

4. Ενσωματωμένος Σταθμός Τροφοδοσίας:

- Ο Arduino Uno λειτουργεί με τάση τροφοδοσίας 7-12V DC. Μπορεί να τροφοδοτηθεί είτε μέσω της θύρας USB είτε μέσω ενός εξωτερικού τροφοδοτικού.

5. Κρυσταλλό Ρολόι:

- Διαθέτει ένα 16MHz κρυσταλλό ρολόι που ελέγχει την ταχύτητα του μικροεπεξεργαστή, επιτρέποντας την ακρίβεια στο χρονοισμό των λειτουργιών.



Εικόνα 6- η δομή του Arduino UNO

Arduino Leonardo

Το Arduino Leonardo είναι μια εκδοχή του Arduino που παρέχει μια σειρά από χαρακτηριστικά και δυνατότητες, κάνοντάς το κατάλληλο για συγκεκριμένες εφαρμογές. Ας εξετάσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino Leonardo [23]:

1. Μικροεπεξεργαστής:

- Ο Arduino Leonardo χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή ATmega32u4 της Microchip. Αυτός ο μικροεπεξεργαστής διαθέτει 32KB Flash μνήμη, 2.5KB RAM και 1KB EEPROM.

2. Ενσωματωμένο USB:

- Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του Leonardo είναι η δυνατότητα της ενσωματωμένης συνδεσιμότητας USB. Αυτό επιτρέπει την εξομίωση συσκευής USB όπως ποντίκι, πληκτρολόγιο ή ακόμα και MIDI συσκευή. Αυτό το χαρακτηριστικό το καθιστά κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτούν σύνδεση με υπολογιστή.

3. Περισσότερες Ψηφιακές Είσοδοι/Εξοδοι:

- Ο Arduino Leonardo παρέχει 20 ψηφιακές είσοδους/έξοδους, από τις οποίες 12 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως PWM.

4. Περισσότερες Αναλογικές Είσοδοι:

- Διαθέτει 12 αναλογικές είσοδους, που προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες ανάγνωσης αναλογικών σημάτων.

5. Λογισμικό Περιβάλλον Ανάπτυξης:

- Όπως και τα άλλα μοντέλα Arduino, το Leonardo συνεργάζεται με το Arduino IDE για τον προγραμματισμό του. Η ανάπτυξη κώδικα είναι παρόμοια με άλλες πλακέτες Arduino.

6. Πινάκι Συνδεσιμότητας:

- Το Arduino Leonardo διαθέτει ένα πινάκι συνδεσιμότητας (header pins) που επιτρέπει στους χρήστες να συνδέσουν επιπλέον αξεσουάρ, όπως αισθητήρες και περιφερειακά.

Ο Arduino Leonardo είναι κατάλληλος για έργα που απαιτούν ενσωματωμένη σύνδεση USB, καθιστώντας τον ιδανικό για εφαρμογές όπως τον έλεγχο MIDI συσκευών, την ανάπτυξη παιχνιδιών, ή οποιοδήποτε έργο που απαιτεί αλληλεπίδραση με υπολογιστικά συστήματα.



Εικόνα 7- Arduino Leonardo

ARDUINO mega

Το Arduino Mega αποτελεί μια επέκταση της οικογένειας των πλακετών Arduino και διαθέτει περισσότερες ψηφιακές και αναλογικές είσοδους/έξοδους σε σύγκριση με το κλασικό Arduino Uno. Ας ρίξουμε μια ματιά στα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino Mega [24]:

1. Μικροεπεξεργαστής:

- Ο Arduino Mega χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή ATmega2560, που παρέχει 256KB Flash μνήμη για τον κώδικα, 8KB RAM και 4KB EEPROM.

2. Είσοδοι/Εξοδοι:

- Διαθέτει 54 ψηφιακές εισόδους/έξοδους, εκ των οποίων 15 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως PWM έξοδοι. Επιπλέον, προσφέρει 16 αναλογικές εισόδους.

3. Ενσωματωμένη Θύρα USB:

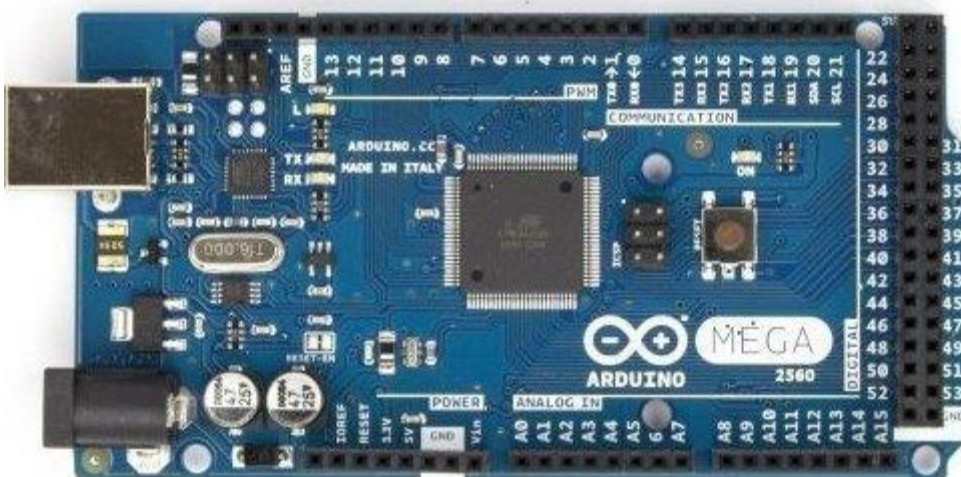
- Σαν το Arduino Uno, το Arduino Mega διαθέτει θύρα USB για εύκολο προγραμματισμό και επικοινωνία με τον υπολογιστή.

4. Επιπλέον Χαρακτηριστικά:

- Ο Arduino Mega προσφέρει περισσότερους ακροδέκτες, επιπλέον σειριακές θύρες, υποδοχές για κάρτες SD, και άλλες επεκτατικές δυνατότητες, καθιστώντας το κατάλληλο για πιο πολύπλοκα έργα.

5. Ευρύ Φάσμα Εφαρμογών:

- Το Arduino Mega είναι κατάλληλο για έργα που απαιτούν περισσότερες εισόδους/έξοδους, όπως έργα με πολλούς αισθητήρες, κινητήρες ή έργα που απαιτούν πολλαπλές συσκευές επικοινωνίας.



3.5. Τροφοδοσία του Arduino

Υπάρχουν δύο τρόποι τροφοδοσίας του Arduino. Πιο συγκεκριμένα μπορεί να δουλέψει με ρεύμα από τη USB θύρα του υπολογιστή ή με αυτόνομη παροχή ρεύματος από μπαταρία. Η μονάδα παρέχει σταθερά τάση 5 V στις εξόδους της. Για παροχή ρεύματος στη μονάδα από εξωτερική πηγή δέχεται τροφοδοσία από εξωτερικό βύσμα (συνιστώμενη παρεχόμενη τάση λειτουργίας είναι στα 7 V έως 12 V, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει και να δώσει σταθερά τα 5 V στην έξοδο). Η παροχή ρεύματος μπορεί να συνδεθεί απευθείας στα pins που προορίζονται για αυτό το σκοπό: (+) στο Pin VCC-IN και (-) στο Gnd δίπλα του. Στην περίπτωση που είναι συνδεδεμένη η μονάδα μόνιμα με θύρα USB τότε δουλεύει χωρίς πρόβλημα με τα 5 V που παρέχει η USB θύρα.

3.6. Χρήση Arduino Uno WiFi R4

Στο σύστημα που αναπτύχθηκε επιλέχθηκε η πλατφόρμα Arduino Uno WiFi R4 (εικόνα 11). Η συγκεκριμένη κάρτα είναι κατάλληλη για τις διαδικασίες που ολοκληρώθηκαν, συμβατή με τον επιπρόσθετο εξοπλισμό και οικονομικά προσιτή, χωρίς να απαιτεί ιδιαίτερα μεγάλη παροχή ρεύματος. Επιπλέον, η ενσωματωμένη δυνατότητα WiFi διευκολύνει την ασύρματη επικοινωνία και τη διαχείριση του συστήματος.



Εικόνα 8- Arduino Uno R4 WiFi

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας Arduino Uno WiFi R4 είναι [20]:

- Μικροελεγκτής: ATmega4809
- Τροφοδοσία/Τάση αναφοράς: 5V
- Τάση εισόδου: 7-21V
- Όρια τάσης εισόδου: 6-21V
- Ψηφιακοί ακροδέκτες I/O: 20, με 6 PWM
- Αναλογικές εισοδοι: 8
- Ενσωματωμένη υποστήριξη WiFi (ESP32 module)

3.7. Αισθητήρες και Δυνατότητες που χρησιμοποιήθηκαν

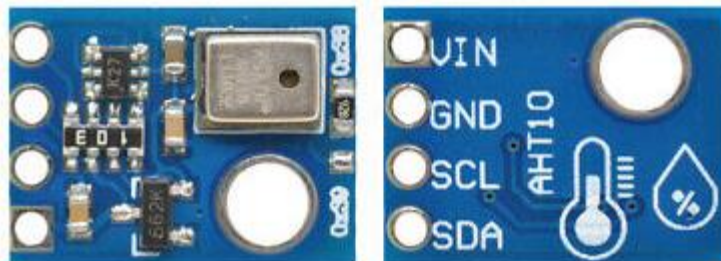
Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η παρακολούθηση του μικροκλίματος του θερμοκηπίου πραγματοποιείται μέσω ενός συνόλου εξωτερικών αισθητήρων, οι οποίοι επιλέχθηκαν με βάση συγκεκριμένα κριτήρια ώστε να εξασφαλίζεται η συμβατότητα και η αξιοπιστία του συστήματος. Οι παράμετροι που μετρώνται είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η κίνηση, ο φωτισμός, καθώς και η οπτική ένδειξη και ηχητική προειδοποίηση.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρέασαν την επιλογή των αισθητήρων ήταν:

- Συμβατότητα με την πλατφόρμα **Arduino Uno WiFi R4**, η οποία τροφοδοτείται στα 5V.
- Χαμηλή κατανάλωση ρεύματος, ώστε να μην απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλη παροχή.
- Άμεση λειτουργικότητα χωρίς ανάγκη προθέρμανσης ή πολύπλοκης ρύθμισης (plug 'n' play).

3.7.1. Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας AHT10

Ο αισθητήρας **AHT10** είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας που μετρά με ακρίβεια τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα. Υποστηρίζει ψηφιακή επικοινωνία μέσω του πρωτοκόλλου I2C, επιτρέποντας γρήγορη και αξιόπιστη μετάδοση των δεδομένων στον μικροελεγκτή.



Εικόνα 9- Αισθητήρας Θερμοκρασίας και Υγρασίας AHT10

Χαρακτηριστικά του AHT10:

- Θερμοκρασιακό εύρος μέτρησης: -40 έως +85 °C
- Ακρίβεια θερμοκρασίας: ± 0.3 °C
- Εύρος υγρασίας: 0-100% RH
- Ακρίβεια υγρασίας: $\pm 3\%$ RH
- Τροφοδοσία: 3.3V έως 5V
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, κατάλληλος για συνεχή λειτουργία.

Ο αισθητήρας αυτός αποτελεί βασικό στοιχείο για την παρακολούθηση των συνθηκών περιβάλλοντος μέσα στο θερμοκήπιο, ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών.

3.7.2. Αισθητήρας κίνησης PIR

Ο **PIR (Passive Infrared) αισθητήρας** ανιχνεύει κίνηση μέσω της μέτρησης των αλλαγών στην υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ζωντανούς οργανισμούς και άλλα αντικείμενα με θερμοκρασία διαφορετική από το περιβάλλον.

Χαρακτηριστικά του PIR:

- Εύρος ανίχνευσης: έως 7 μέτρα
- Γωνία ανίχνευσης: περίπου 110°
- Τροφοδοσία: 5V
- Έξοδος: Ψηφιακό σήμα (υψηλό σε ανίχνευση κίνησης)

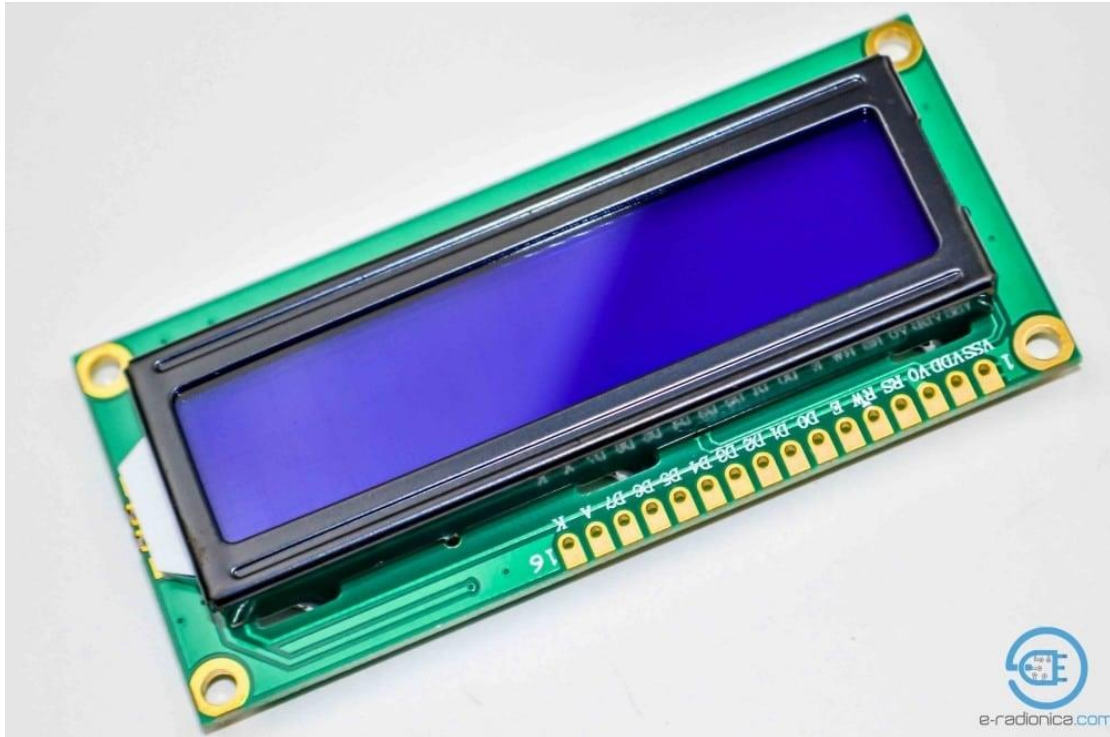


Εικόνα 10- Αισθητήρας ανίχνευσης κίνησης και αλλαγή φωτός PIR

Στο πλαίσιο του θερμοκηπίου, ο PIR χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ανεπιθύμητων ζώων, όπως π.χ. τρωκτικά ή πουλιά, που μπορούν να εισβάλουν και να προκαλέσουν ζημιές στα φυτά. Επιπλέον, μπορεί να ανιχνεύσει την παρουσία ανθρώπων για λόγους ασφαλείας. Επίσης, παρουσιάζεται ως δυνατότητα η ανίχνευση αλλαγών στο φωτισμό μέσω της ανάλυσης της περιβαλλοντικής ακτινοβολίας, η οποία σε ορισμένες συνθήκες μπορεί να συσχετιστεί με την παρουσία φωτεινών πηγών ή κινήσεων που αλλάζουν το φως στο χώρο.

3.7.3. Οθόνη LCD 16x2

Η οθόνη **LCD 16x2** αποτελεί το βασικό μέσο απεικόνισης των μετρήσεων και των μηνυμάτων του συστήματος. Υποστηρίζει την εμφάνιση δύο γραμμών των 16 χαρακτήρων η καθεμία και επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή μέσω διεπαφής **I2C** ή παράλληλης σύνδεσης.



Εικόνα 11- Οθόνη LCD 16x2

Τεχνικά χαρακτηριστικά της LCD 16x2:

- Τροφοδοσία: 5V
- Μέγεθος οθόνης: 16 χαρακτήρες x 2 γραμμές
- Χρώμα οπίσθιου φωτισμού: Συνήθως πράσινο ή μπλε
- Ενδείξεις: θερμοκρασία, υγρασία, φωτεινότητα, μηνύματα προειδοποίησης και λειτουργίας.

Η οθόνη χρησιμοποιείται για την άμεση ενημέρωση του χρήστη σχετικά με τις επικρατούσες συνθήκες στο θερμοκήπιο και την εμφάνιση προειδοποιητικών μηνυμάτων σε πραγματικό χρόνο.

3.7.4. Δέκτης WiFi (Ενσωματωμένος Arduino Uno WiFi R4)

Η πλατφόρμα **Arduino Uno WiFi R4** ενσωματώνει δέκτη WiFi υψηλών επιδόσεων, βασισμένο σε module ESP32, που παρέχει ασύρματη δικτύωση και συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο.

Τεχνικά χαρακτηριστικά WiFi:

- Πρότυπο: 802.11 b/g/n
- Συχνότητα λειτουργίας: 2.4 GHz
- Μέγιστη ταχύτητα: έως 150 Mbps (ανάλογα με το περιβάλλον)
- Υποστήριξη TCP/IP stack και πρωτοκόλλων ασφαλείας WPA/WPA2

Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει την αποστολή των μετρήσεων σε διαδικτυακές πλατφόρμες cloud, όπως η εφαρμογή **Blynk**, επιτρέποντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση και διαχείριση του θερμοκηπίου από οποιοδήποτε σημείο με πρόσβαση στο διαδίκτυο.

3.7.5. Buzzer

Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης έναν **buzzer** για την παραγωγή ηχητικών σημάτων και προειδοποιήσεων. Ο buzzer ενεργοποιείται όταν το σύστημα ανιχνεύει κατάσταση που απαιτεί άμεση προσοχή, όπως ξαφνικές αλλαγές στις συνθήκες ή εισβολή ανεπιθύμητων ζώων.



Εικόνα 12- Buzzer για αναπαραγωγή προειδοποιητικών ήχων

Χαρακτηριστικά buzzer:

- Τάση λειτουργίας: 5V
- Τύπος: παθητικός ή ενεργός (ανάλογα με το μοντέλο)

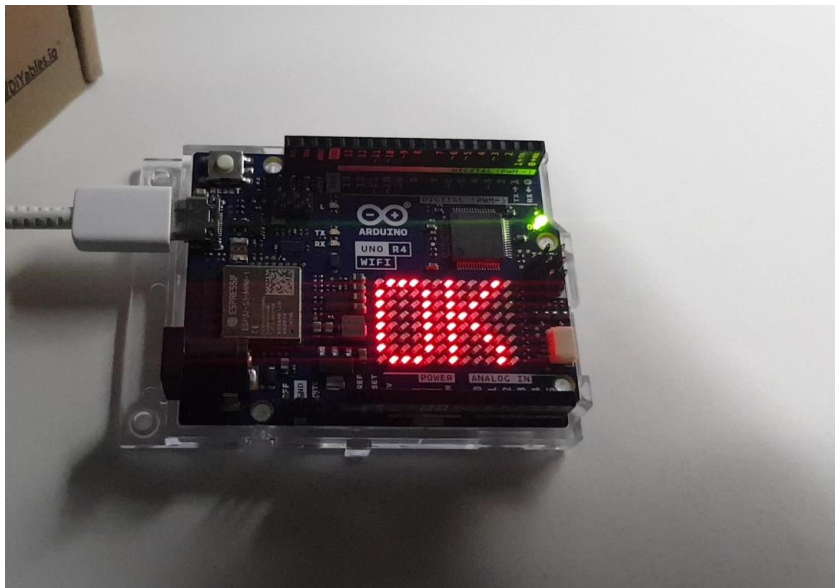
- Ικανότητα παραγωγής διαφορετικών τόνων και ειδοποιητικών ήχων

Η χρήση του buzzer βελτιώνει την ασφάλεια και την αμεσότητα των προειδοποιήσεων, ειδικά όταν ο χρήστης δεν παρακολουθεί άμεσα την οθόνη.

Το σύστημα αισθητήρων και εξόδων σε συνδυασμό με το Arduino Uno WiFi R4 παρέχει ένα αποδοτικό, αυτόνομο και έξυπνο περιβάλλον για τη συνεχή παρακολούθηση και διαχείριση του θερμοκηπίου σε πραγματικό χρόνο, επιτυγχάνοντας τη βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών και την άμεση αντίδραση σε τυχόν επικίνδυνες καταστάσεις.

Matrix LED

Για την προβολή πιο σύντομων ή εναλλασσόμενων μηνυμάτων κατάστασης, το σύστημα ενσωματώνει μια **οθόνη LED matrix**. Αυτή η οθόνη αποτελείται από μια σειρά μικρών LED, τα οποία μπορούν να ανάψουν και να δημιουργήσουν γραφικά ή κείμενο.



Εικόνα 13- Ενσωματωμένη Led matrix στο Arduino Uno R4 WiFi

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Τροφοδοσία: 5V
- Διαστάσεις και αριθμός LED ανά πίνακα: π.χ. 12x8 LED

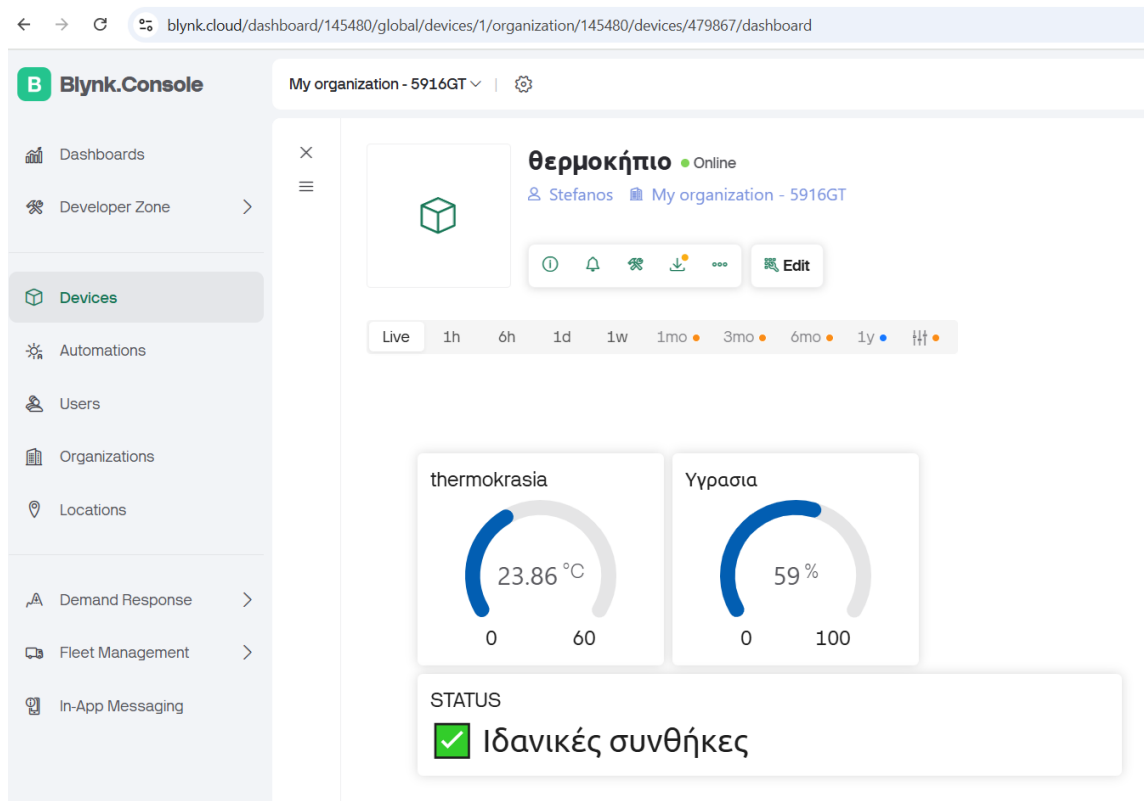
- Δυνατότητα προβολής κινούμενων μηνυμάτων και εικονιδίων.

Η matrix οθόνη προσφέρει μια επιπλέον μορφή οπτικής επικοινωνίας με το χρήστη, ειδικά για την επισήμανση κρίσιμων καταστάσεων.

3.8. Απομακρυσμένος Έλεγχος και Παρακολούθηση μέσω Blynk Cloud

3.8.1. Η πλατφόρμα Blynk Cloud

Στο πλαίσιο της υλοποίησης του έξυπνου θερμοκηπίου, ιδιαίτερα σημαντική είναι η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου και παρακολούθησης των κρίσιμων παραμέτρων μέσω της πλατφόρμας Blynk Cloud. Η επικοινωνία μεταξύ του μικροελεγκτή Arduino (με το module WiFi R4) και του διαδικτύου επιτυγχάνεται μέσω της ασύρματης σύνδεσης WiFi, δίνοντας τη δυνατότητα στον χρήστη να έχει πλήρη εποπτεία και διαχείριση του θερμοκηπίου από οπουδήποτε — είτε μέσω κινητού τηλεφώνου είτε από υπολογιστή.



Εικόνα 14- Απομακρυσμένος Έλεγχος συνθηκών και ενδείξεων από το Arduino μέσω Blynk Cloud

3.8.2. Δυνατότητες και Πλεονεκτήματα της πλατφόρμας Blynk

Η πλατφόρμα Blynk λειτουργεί ως μεσολαβητής μεταξύ του μικροελεγκτή και του χρήστη, αξιοποιώντας την υποδομή του cloud για να επιτρέπει την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο.

Η αρχιτεκτονική του συστήματος βασίζεται στο τρίπτυχο:

1. **Arduino Client:** Η συσκευή συλλέγει δεδομένα από τους αισθητήρες (θερμοκρασία, υγρασία, φωτεινότητα) και τα αποστέλλει περιοδικά στον Blynk Cloud. Επιπλέον, παραμένει σε αναμονή για τυχόν εντολές από τον χρήστη.
2. **Blynk Cloud Server:** Παρέχει την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων, καθώς και την αποστολή τους προς τον τελικό χρήστη μέσω διαδικτύου.
3. **Blynk App / Web Dashboard:** Το γραφικό περιβάλλον χρήστη (GUI), μέσω του οποίου είναι δυνατή η προβολή μετρήσεων και η απομακρυσμένη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση συσκευών.

Η εφαρμογή Blynk στο κινητό παρέχει ένα ευέλικτο γραφικό περιβάλλον όπου ο χρήστης μπορεί:

- Να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τις τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτεινότητας.
- Να λαμβάνει ειδοποιήσεις (push notifications ή email) όταν κάποια παράμετρος υπερβαίνει τα επιθυμητά όρια (π.χ. υψηλή θερμοκρασία > 30°C).
- Να ελέγχει τους ενεργοποιητές (αντλία άρδευσης, ανεμιστήρας εξαερισμού, φωτισμό LED) με το πάτημα ενός κουμπιού στο κινητό.
- Να προγραμματίζει χρονοδιακόπτες (timers), ώστε το πότισμα ή ο φωτισμός να εκτελούνται σε συγκεκριμένες ώρες, χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση.
- Να αξιοποιεί widgets για γραφήματα ιστορικών δεδομένων, επιτρέποντας την ανάλυση των συνθηκών στο θερμοκήπιο με την πάροδο του χρόνου.

Με αυτόν τον τρόπο, το Blynk προσφέρει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον IoT (Internet of Things), το οποίο δεν περιορίζεται μόνο στην παρακολούθηση, αλλά επεκτείνεται και στον απομακρυσμένο έλεγχο και στην αυτοματοποίηση.

Η χρήση της πλατφόρμας έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα για την εφαρμογή του θερμοκηπίου:

- **Ευκολία χρήσης:** Το γραφικό περιβάλλον είναι πλήρως παραμετροποιήσιμο και φιλικό προς τον τελικό χρήστη.
- **Επεκτασιμότητα:** Δυνατότητα προσθήκης νέων αισθητήρων ή ενεργοποιητών χωρίς σημαντικές αλλαγές στον κώδικα.
- **Αξιοπιστία:** Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ασφαλούς σύνδεσης στο cloud και είναι προσβάσιμα οποιαδήποτε στιγμή.
- **Προσαρμοστικότητα:** Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει μόνος του τα κατώφλια ειδοποιήσεων και τις συνθήκες ενεργοποίησης των συστημάτων.

Η εφαρμογή Blynk προσφέρει μια εύχρηστη και φιλική διεπαφή χρήστη, στην οποία εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο οι μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτεινότητας, καθώς και η κατάσταση των συστημάτων ενεργοποίησης (όπως αρδεύσεις και φωτισμός). Επιπλέον, μέσω της ίδιας πλατφόρμας, ο χρήστης μπορεί να δώσει εντολές για απομακρυσμένη ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των συστημάτων αυτών, επιτυγχάνοντας έτσι άμεσο και αποδοτικό έλεγχο.

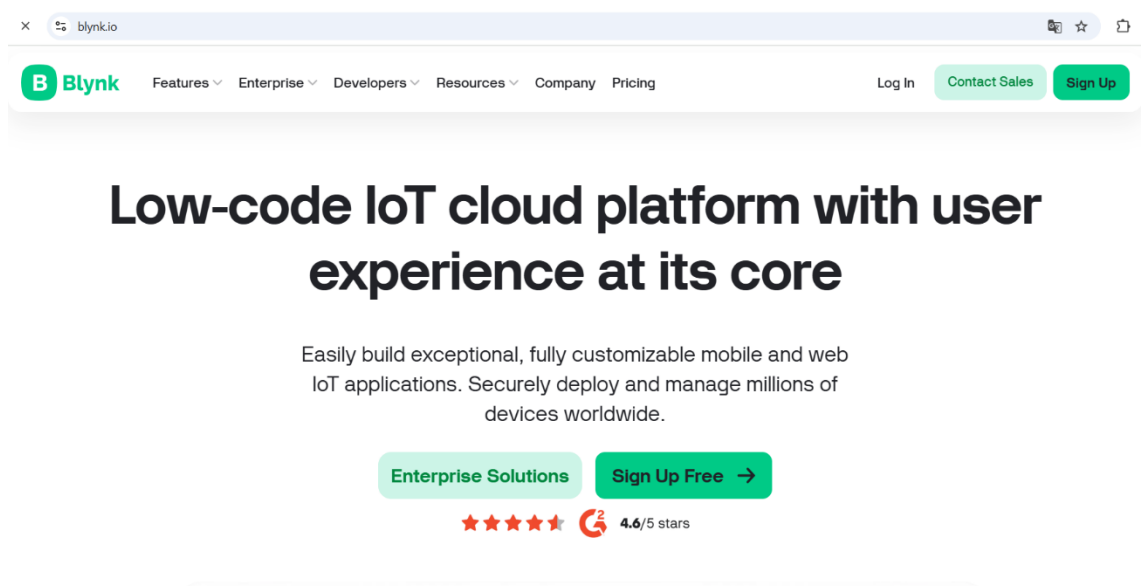
Με τη χρήση ενός τέτοιου αυτοματοποιημένου συστήματος, μειώνεται σημαντικά η ανάγκη για φυσική παρουσία στο θερμοκήπιο και για χειροκίνητες ρυθμίσεις, καθώς όλα γίνονται εύκολα και γρήγορα μέσω του διαδικτύου. Αυτό όχι μόνο εξοικονομεί χρόνο και πόρους, αλλά προσφέρει και ασφάλεια, αφού ο χρήστης λαμβάνει ειδοποιήσεις για πιθανές ανωμαλίες ή κινδύνους σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, η υλοποίηση συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς οι ενεργοποιητές λειτουργούν μόνο όταν είναι απαραίτητο, βάσει των πραγματικών δεδομένων και των αναλύσεων του συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μια πιο βιώσιμη, αποδοτική και προσαρμόσιμη διαχείριση του

θερμοκηπίου, η οποία μπορεί να εξυπηρετήσει διαφορετικές καλλιέργειες και μεταβαλλόμενες συνθήκες.

3.8.3. Ρυθμίσεις Blynk Cloud

Αρχικά πραγματοποιήθηκε εγγραφή (δημιουργία λογαριασμού) στο blynk cloud



Εικόνα 15- Δημιουργία λογαριασμού στο Blynk Cloud

Έπειτα ήταν απαραίτητο η δημιουργία νέας συσκευής (new device) όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Οι ρυθμίσεις ήταν σχετικά απλές, καθώς οι ρυθμίσεις μέσω του blynk ήταν κατανοητές.

Web Dashboard

The screenshot displays a 'Web Dashboard' interface. On the left, a 'Widget Box' contains three widgets: a 'Label' widget showing the value '112', a 'Gauge' widget showing a value of 42 on a scale from 0 to 100, and a 'Radial Gauge' widget also showing 42. On the right, a 'Device Name' card shows a cube icon, the device name 'Device Name' with an 'Online' status, and links for 'Device Owner' and 'Company Name'. Below this is a 'Dashboard' section with a '+', a '1h' time range selector, and a bar chart. Two gauges are visible: 'thermokr... (V0)' showing 47°C on a scale of 0 to 60, and 'Υγρασία (V1)' showing 46% on a scale of 0 to 100.

Εικόνα 16- Επιλογή Widgets μέσω της πλατφόρμας Blynk

Ειδικότερα, χρησιμοποιώντας την επιλογή Widget box έγινε η επιλογή widgets όπως Gauge, Radial Gauge καθώς και Labels για την εμφάνιση των ειδοποιήσεων

Gauge Settings

TITLE (OPTIONAL)

thermokrasia

Datastream

thermokrasia (V0)

Override Datastream's Min/Max fields

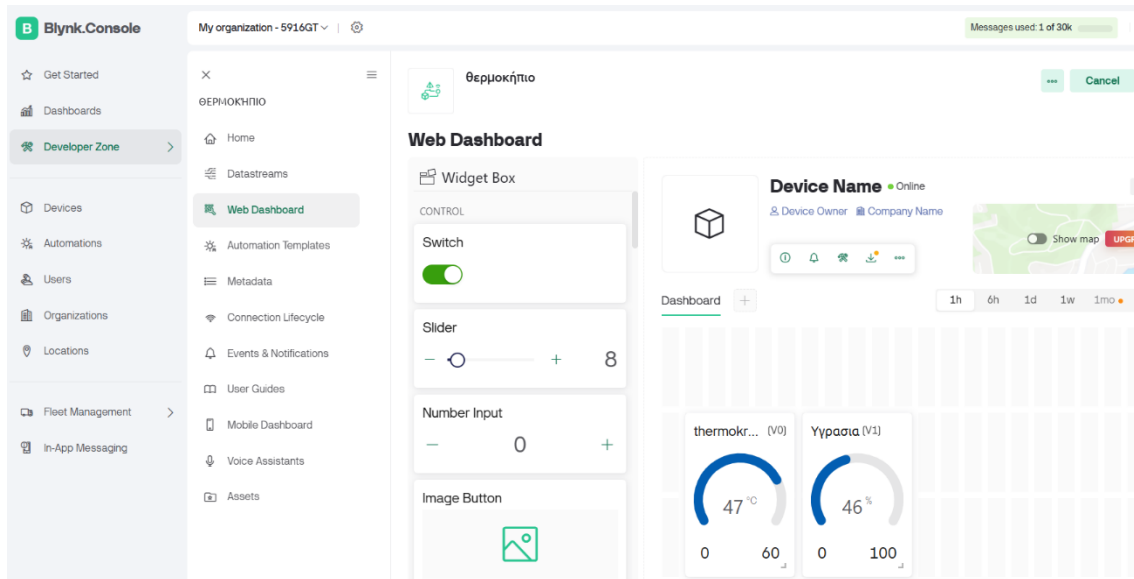
LEVEL COLOR

Change color based on value

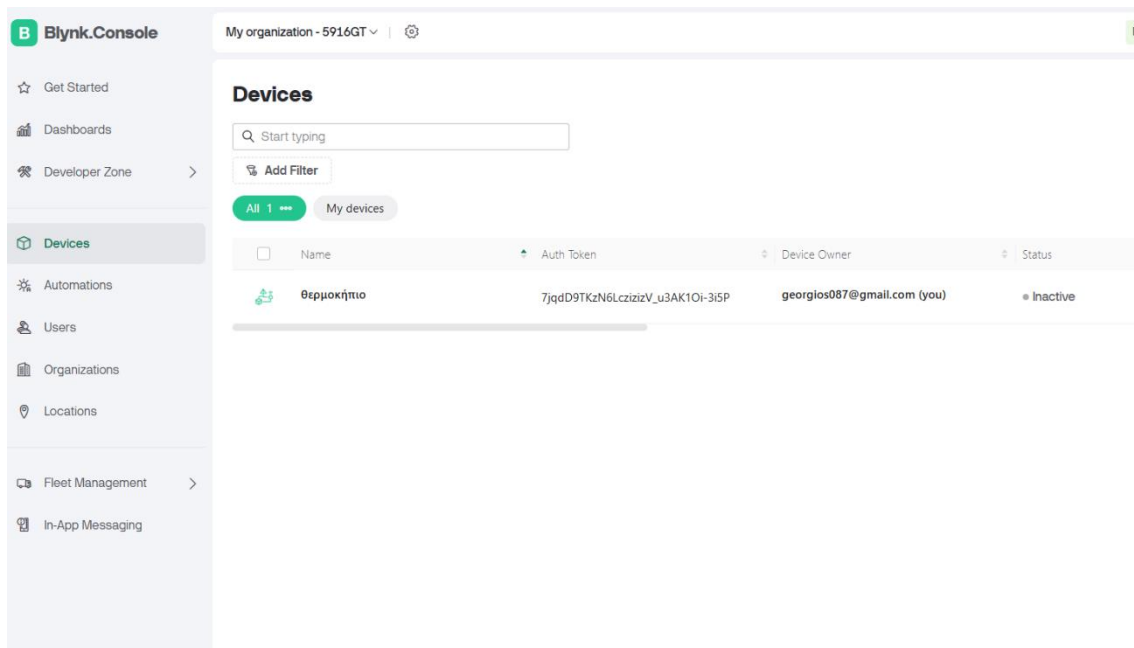


The screenshot shows a 'Gauge Settings' configuration panel on the left and a preview of the resulting gauge widget on the right. The settings include: Title (Optional) 'thermokrasia', Datastream 'thermokrasia (V0)', 'Override Datastream's Min/Max fields' checked, and 'Change color based on value' checked with a blue color swatch. The preview shows a gauge widget with the title 'thermokr... (V0)', a value of 47°C, and a scale from 0 to 60.

Εικόνα 17- Ρυθμίσεις διασύνδεσης για την προβολή των μετρήσεων



Εικόνα 18- Δημιουργία νέας συσκευής για την αποστολή δεδομένων από τους αισθητήρες και το Wifi από το Arduino



3.9. Συνδεσμολογία

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η συνδεσμολογία του συστήματος. Οι αισθητήρες συνδέονται στο breadboard και με κατάλληλη γείωση.

Για την υλοποίηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα **Arduino UNO R4 WiFi**, στην οποία συνδέθηκαν τα παρακάτω επιμέρους εξαρτήματα:

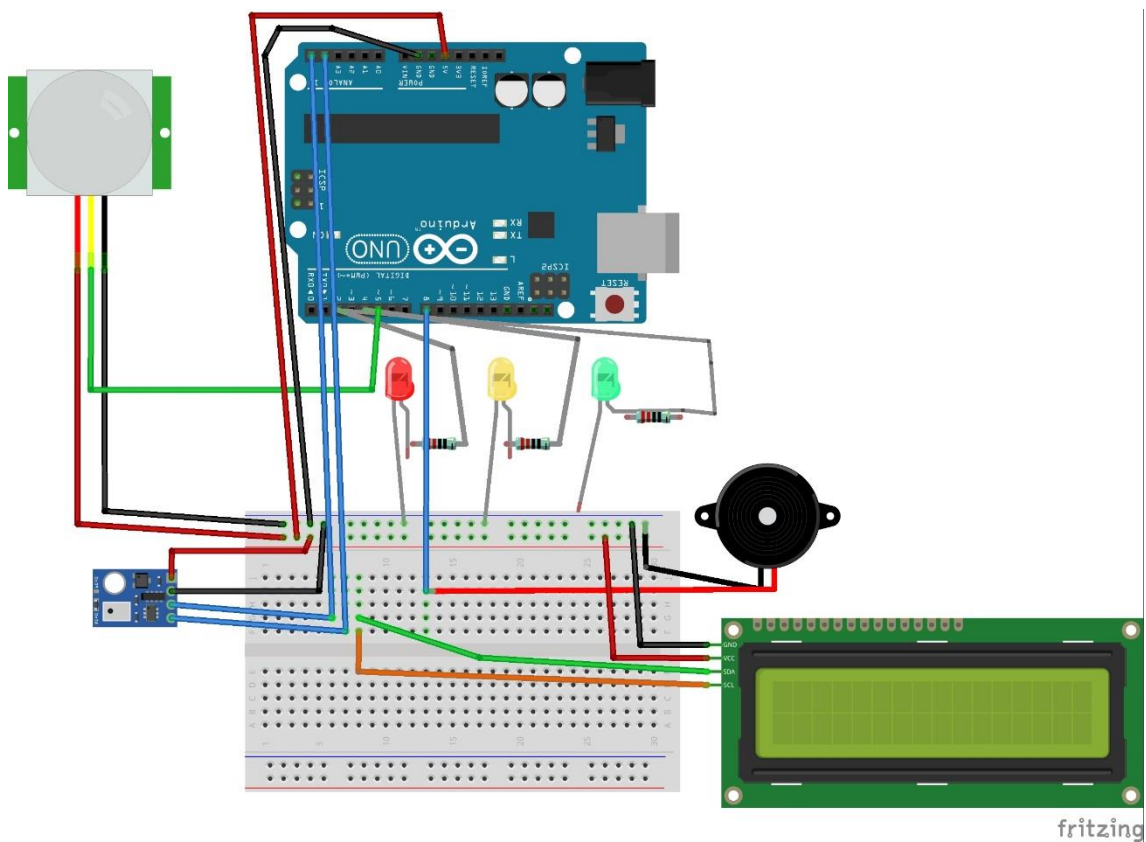
- **Αισθητήρας θερμοκρασίας/υγρασίας AHT10 ή AHT20 (I²C)**, για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών.
- **Οθόνη LCD 16x2 με I²C module**, για την απεικόνιση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
- **Τρία LEDs (Πράσινο, Κίτρινο, Κόκκινο)** με αντιστάσεις 220Ω, τα οποία λειτουργούν ως ενδεικτικά σήμανσης διαφορετικών καταστάσεων.
- **Buzzer**, για ηχητική ειδοποίηση.
- **Αισθητήρας κίνησης PIR**, για ανίχνευση παρουσίας.
- **Breadboard** και καλώδια σύνδεσης (jumper wires), για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση του κυκλώματος.

Συνδεσμολογία

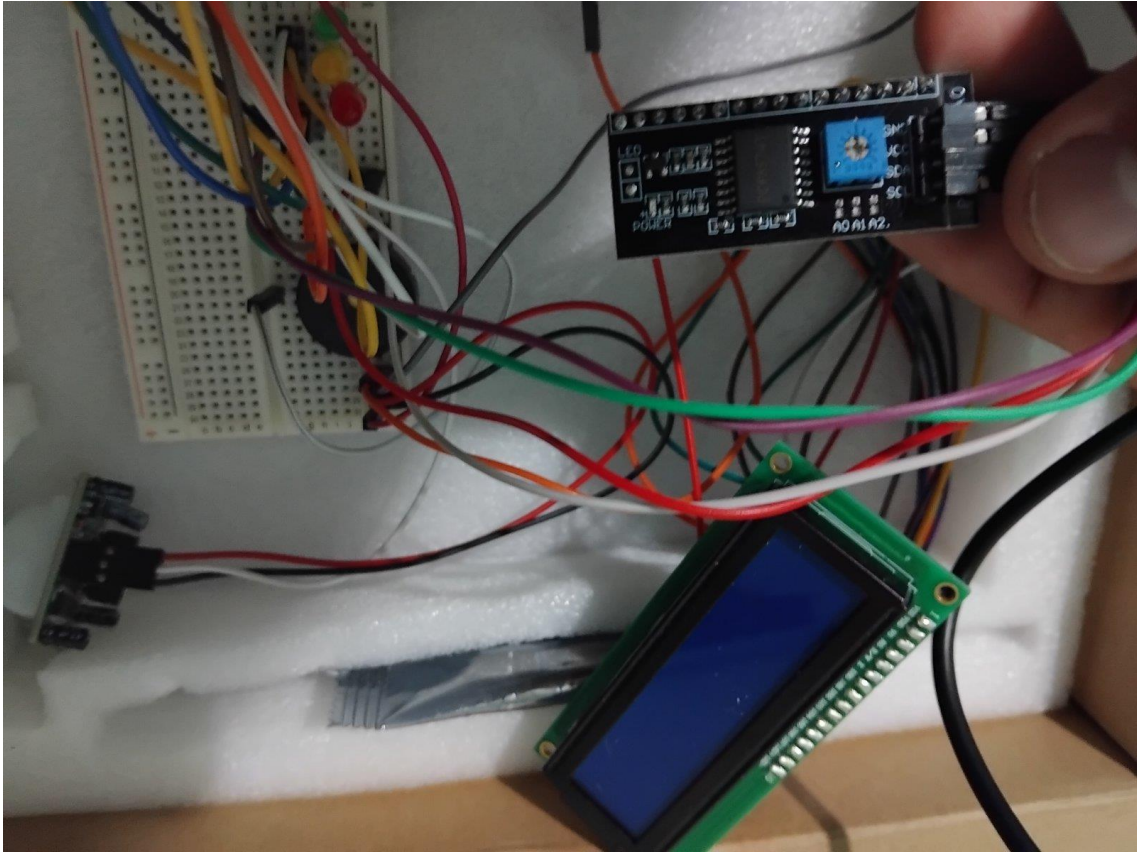
Η συνδεσμολογία των εξαρτημάτων με το Arduino UNO R4 WiFi έγινε ως εξής:

- **Αισθητήρας AHT10/AHT20:**
 - SDA → A4
 - SCL → A5
 - VCC → 5V
 - GND → GND
- **LCD 16x2 με I²C module:**
 - SDA → A4
 - SCL → A5
 - VCC → 5V
 - GND → GND

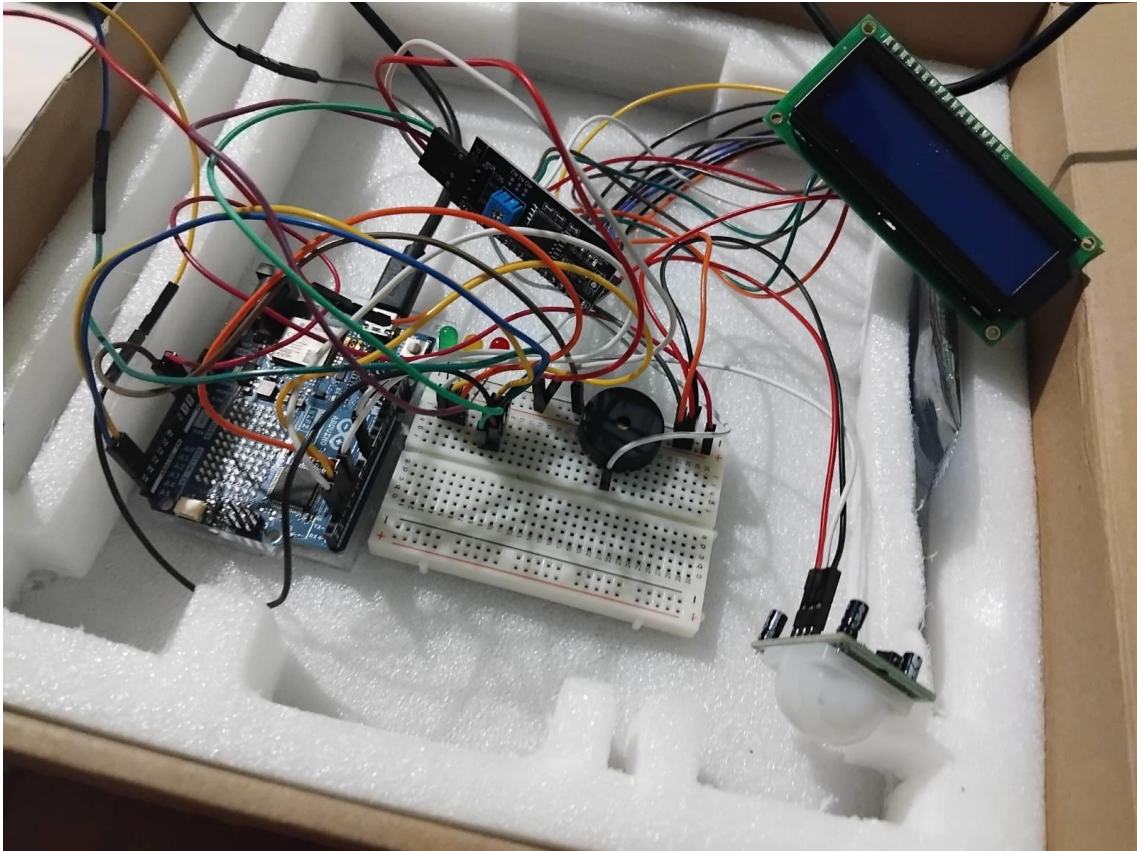
- **LEDs με αντιστάσεις 220Ω:**
 - Πράσινο LED → pin 2 → αντίσταση → GND
 - Κίτρινο LED → pin 3 → αντίσταση → GND
 - Κόκκινο LED → pin 4 → αντίσταση → GND
- **Buzzer:**
 - pin 8 → GND
- **PIR sensor:**
 - VCC → 5V
 - GND → GND
 - OUT → pin 5



Εικόνα 19- Διάγραμμα συνδεσμολογίας συστήματος



Εικόνα 20- Σύνδεση αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας



Εικόνα 21- Ολοκληρωμένο Σύστημα με σύνδεση όλων των αισθητήρων

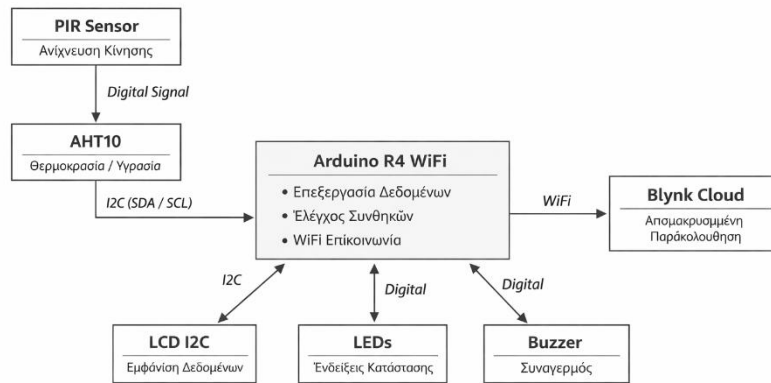
3.10 Block Διάγραμμα και Τρόπος Λειτουργίας και Επικοινωνίας με το Arduino

Το block diagram (εικόνα 22) απεικονίζει τη συνολική αρχιτεκτονική του συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου θερμοκηπίου, το οποίο βασίζεται σε τεχνολογίες Internet of Things (IoT). Στο σύστημα ενσωματώνονται αισθητήρες περιβάλλοντος και κίνησης, μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας, καθώς και μονάδες απεικόνισης και ειδοποίησης.

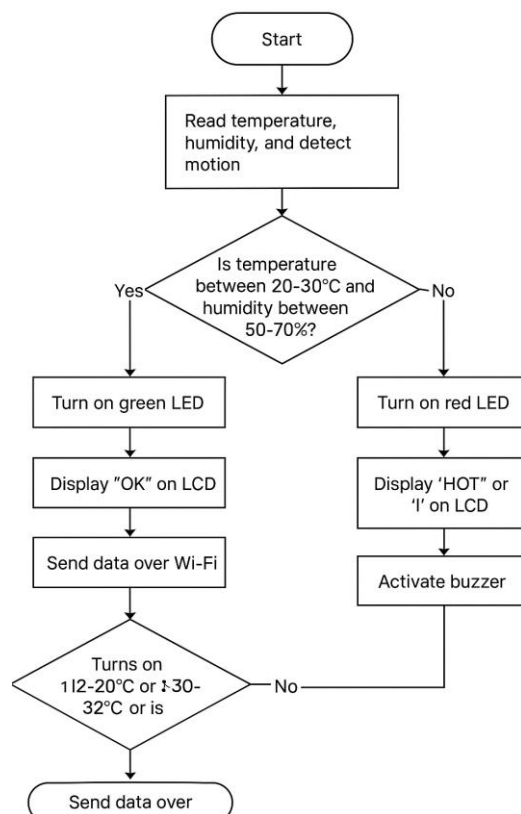
Ο αισθητήρας AHT10 χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του χώρου, επικοινωνώντας με το Arduino μέσω διαύλου I2C. Παράλληλα, ο αισθητήρας PIR ανιχνεύει την παρουσία κίνησης και αποστέλλει ψηφιακό σήμα στην κεντρική μονάδα.

Το Arduino R4 WiFi λειτουργεί ως ο κεντρικός ελεγκτής του συστήματος. Είναι υπεύθυνο για τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων, τον έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ενεργοποίηση των εξόδων. Μέσω της ενσωματωμένης μονάδας WiFi, το Arduino αποστέλλει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στην πλατφόρμα Blynk Cloud, επιτρέποντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση του συστήματος.

Η οθόνη LCD με διεπαφή I2C χρησιμοποιείται για την τοπική εμφάνιση των μετρήσεων και της κατάστασης του συστήματος, ενώ τα LED και ο βομβητής (buzzer) παρέχουν οπτικές και ηχητικές ειδοποιήσεις σε περίπτωση προειδοποιητικών ή επικίνδυνων συνθηκών λειτουργίας. Το block diagram αποτυπώνει με σαφήνεια τη ροή δεδομένων και τη λειτουργική συσχέτιση των επιμέρους υποσυστημάτων.



Εικόνα 22- Block Diagram Arduino με επικοινωνία αισθητήρων



Εικόνα 23- Διάγραμμα Ροής του συστήματος

Το παραπάνω διάγραμμα ροής (εικόνα 23) απεικονίζει τη λειτουργία του συστήματος ελέγχου και παρακολούθησης ενός θερμοκηπίου, το οποίο βασίζεται στην πλατφόρμα **Arduino UNO R4 WiFi** σε συνδυασμό με αισθητήρες και περιφερειακές συσκευές.

Αρχικά, το σύστημα διαβάζει τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας μέσω του αισθητήρα **AHT10/AHT20**, καθώς και την ύπαρξη κίνησης από τον αισθητήρα **PIR**. Οι μετρήσεις αυτές αποστέλλονται μέσω Wi-Fi στην πλατφόρμα **Blynk**, επιτρέποντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση.

Με βάση τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας, το σύστημα αξιολογεί τις συνθήκες λειτουργίας του θερμοκηπίου:

- **Ιδανικές συνθήκες** (Θερμοκρασία 20–30 °C και Υγρασία 50–70%): ενεργοποιείται το πράσινο LED, εμφανίζεται το μήνυμα *OK* στην οθόνη, ενώ τα δεδομένα αποστέλλονται στο cloud χωρίς καμία ειδοποίηση.
- **Προειδοποιητικές συνθήκες** (π.χ. Θερμοκρασία 18–20 °C ή 30–32 °C, Υγρασία 45–50% ή 70–75%): ενεργοποιείται το κίτρινο LED και εμφανίζεται ένδειξη προειδοποίησης στην οθόνη. Το buzzer παραμένει ανενεργό.
- **Επικίνδυνες συνθήκες** (Θερμοκρασία >32 °C ή Υγρασία εκτός 45–75%): ενεργοποιείται το κόκκινο LED, εμφανίζεται σχετικό μήνυμα (π.χ. *HOT*), και ηχεί το buzzer για χρονικό διάστημα 10 δευτερολέπτων, ώστε να ειδοποιήσει τον χρήστη.

Επιπλέον, σε περίπτωση ανίχνευσης κίνησης από τον αισθητήρα **PIR**, το σύστημα αγνοεί την τρέχουσα κατάσταση θερμοκρασίας/υγρασίας και μεταβαίνει σε λειτουργία ασφαλείας. Σε αυτήν την περίπτωση ενεργοποιείται το κόκκινο LED, ηχεί το buzzer σε διαφορετική συχνότητα και εμφανίζεται σχετικό μήνυμα στην οθόνη.

Κεφάλαιο 4- Προγραμματισμός Arduino και αισθητήρων

4.1. IDE Arduino

Για τον προγραμματισμό του Arduino χρησιμοποιήθηκε το IDE Arduino. Το Arduino IDE (Integrated Development Environment) είναι ένα λογισμικό περιβάλλον ανάπτυξης που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό των μικροελεγκτών του Arduino. Είναι ένα εργαλείο που συνδυάζει τον επεξεργαστή κώδικα (compiler), έναν text editor και άλλες χρήσιμες λειτουργίες σε ένα ενιαίο περιβάλλον. Το περιβάλλον του IDE Arduino παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 24- IDE Arduino για συγγραφή κώδικα

Τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino IDE περιλαμβάνουν:

1. **Περιβάλλον Προγραμματισμού:** Παρέχει έναν εύχρηστο text editor για τη σύνταξη και επεξεργασία του κώδικα προγράμματος που θα φορτώσετε στο Arduino.

2. **Ανεβοκατεβάστε τον Κώδικα:** Ενσωματώνει τη δυνατότητα να ανεβάζετε (upload) τον προγραμματισμένο κώδικα απευθείας στον μικροελεγκτή του Arduino μέσω της θύρας USB.
3. **Παρακολούθηση του Serial Monitor:** Προσφέρει ένα Serial Monitor που επιτρέπει την παρακολούθηση της επικοινωνίας μεταξύ του Arduino και του υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο.
4. **Βιβλιοθήκες:** Υποστηρίζει βιβλιοθήκες που περιλαμβάνουν προκαθορισμένους κώδικες και συναρτήσεις, βοηθώντας τους προγραμματιστές να επεκτείνουν τις δυνατότητες των εφαρμογών τους.
5. **Ενσωματωμένα Παραδείγματα:** Περιλαμβάνει πολλά παραδείγματα προγραμμάτων που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ως βάση για τις δικές σας εφαρμογές.

4.2. Περιγραφή και βασικά μέρη του κώδικα

Ο κώδικας υλοποιεί τη λειτουργία ενός έξυπνου συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου θερμοκηπίου με απομακρυσμένη διαχείριση μέσω της πλατφόρμας Blynk. Αρχικά, χρησιμοποιούνται σημαντικές βιβλιοθήκες για την υποστήριξη του υλικού και τη δικτυακή επικοινωνία: η βιβλιοθήκη **BlynkSimpleWifi.h** για την εύκολη σύνδεση και επικοινωνία με το Blynk Cloud μέσω WiFi, η **Adafruit_AHTX0.h** για τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας AHT10/AHT20, καθώς και βιβλιοθήκες για την οθόνη LED matrix που εμφανίζει πληροφορίες απευθείας στο χώρο του θερμοκηπίου.

Η αρχιτεκτονική του προγράμματος βασίζεται σε περιοδικές μετρήσεις και αποστολή των δεδομένων στην πλατφόρμα Blynk, αλλά και σε τοπικό οπτικοακουστικό έλεγχο μέσω LED και buzzer, που ενημερώνουν για την κατάσταση των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Οι μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα και αναλύονται για να κριθεί αν οι συνθήκες είναι ιδανικές, προειδοποιητικές ή επικίνδυνες. Ανάλογα με το αποτέλεσμα, ενεργοποιούνται LED και buzzer, ενώ ενημερώνονται και οι χρήστες μέσω του Blynk.

Επιπλέον, το σύστημα παρακολουθεί ανιχνευτή κίνησης (PIR sensor) για την ανίχνευση παρουσίας στο θερμοκήπιο, παρέχοντας άμεση ειδοποίηση μέσω της εφαρμογής και τοπική ειδοποίηση μέσω της LED matrix και του buzzer. Όλο το σύστημα ελέγχεται και παρακολουθείται μέσω της πλατφόρμας Blynk, η οποία επιτρέπει την πρόσβαση και από κινητό ή υπολογιστή, εξασφαλίζοντας ευελιξία και απομακρυσμένο έλεγχο.

Τέλος, η υλοποίηση βασίζεται στην χρήση του BlynkTimer για την εκτέλεση λειτουργιών σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, διατηρώντας την ομαλή και αυτοματοποιημένη λειτουργία του συστήματος, χωρίς να μπλοκάρει το κύριο πρόγραμμα. Στις επόμενες ενότητες θα γίνει επεξήγηση του κώδικα αναλυτικά.

4.3. Βιβλιοθήκες και Αρχικοποίηση

Στον κώδικα της εφαρμογής, χρησιμοποιούνται αρκετές βιβλιοθήκες για την υποστήριξη των διαφορετικών λειτουργιών του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα:

- **BlynkSimpleWifi.h**: Επιτρέπει τη σύνδεση και επικοινωνία της συσκευής με την πλατφόρμα Blynk μέσω WiFi, δίνοντας τη δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου και παρακολούθησης.
- **Adafruit_AHTX0.h**: Χρησιμοποιείται για τη διαχείριση του αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας AHT10/AHT20, που παρέχει ακριβείς μετρήσεις για τις κρίσιμες παραμέτρους του θερμοκηπίου.
- **Arduino_LED_Matrix.h** και **ArduinoGraphics.h**: Υλοποιούν τη λειτουργία της οθόνης LED matrix όπου εμφανίζονται μηνύματα κατάστασης.
- **WiFi.h** και **SPI.h**: Υποστηρίζουν την ασύρματη σύνδεση WiFi και τη βασική επικοινωνία των περιφερειακών.

Οι σταθερές που ορίζονται στην αρχή, όπως οι κωδικοί πρόσβασης WiFi (ssid, pass) και το BLYNK_AUTH_TOKEN, είναι απαραίτητες για την ασφαλή σύνδεση με το δίκτυο και την πλατφόρμα Blynk.

Επίσης, δηλώνονται τα pins του μικροελεγκτή που χρησιμοποιούνται για τον ανιχνευτή κίνησης (PIR), τα LEDs και τον βομβητή (buzzer), ώστε να υπάρχει ξεκάθαρη

αντιστοίχιση υλικού και κώδικα. Παρακάτω παρατίθεται ο Κώδικας - Απόσπασμα αρχικοποίησης pins και βιβλιοθηκών

```
#define PIR_PIN 5
#define LED_RED 2
#define LED_GREEN 3
#define LED_YELLOW 4
#define BUZZER 8

char ssid[] = "Georged-home";
char pass[] = "George12345!!";

Adafruit_AHTX0 aht;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  pinMode(PIR_PIN, INPUT);
  pinMode(LED_RED, OUTPUT);
  pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
  pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);
  digitalWrite(BUZZER, LOW);

  if (!aht.begin()) {
    Serial.println(" ✘ Σφάλμα: Δε βρέθηκε ο ΑΗΤ10/ΑΗΤ20!");
    while (1) delay(10);
  }

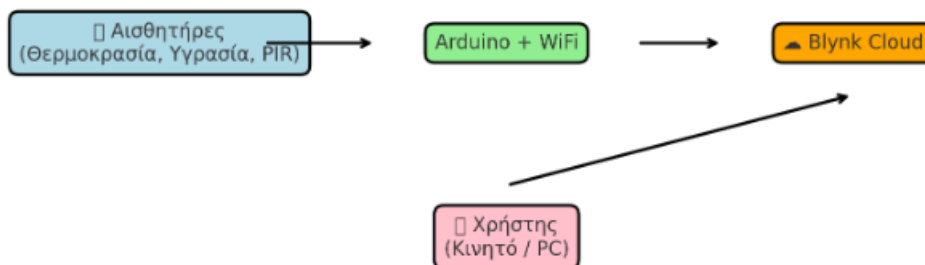
  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
  //...
```

}

4.4. Ανάγνωση και Αποστολή Δεδομένων Αισθητήρων

Το σύστημα χρησιμοποιεί τον αισθητήρα ΑΗΤ10/ΑΗΤ20 για να μετρά τη θερμοκρασία και την υγρασία στο θερμοκήπιο. Η ανάγνωση γίνεται μέσω της βιβλιοθήκης Adafruit_AHTX0, η οποία παρέχει εύκολες συναρτήσεις για τη λήψη των τρεχουσών τιμών.

Τα δεδομένα αυτά αποστέλλονται στην πλατφόρμα Blynk μέσω των εικονικών ακίδων (virtual pins) V0 και V1, ώστε να εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο στο κινητό ή στον υπολογιστή. Επιπλέον, τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των LED και του βομβητή, ώστε να προειδοποιούν τον χρήστη για τις συνθήκες που επικρατούν. Αυτή η λειτουργία καλείται περιοδικά μέσω του χρονομέτρου BlynkTimer, διασφαλίζοντας την τακτική ενημέρωση των μετρήσεων και των ειδοποιήσεων.



Η συνάρτηση η οποία είναι υπεύθυνη για την αποστολή δεδομένων (μετρήσεων των αισθητήρων) στο cloud μέσω της διεπαφής Blynk παρουσιάζεται παρακάτω:

```
void sendSensorData() {  
    sensors_event_t humidity, temp;  
    aht.getEvent(&humidity, &temp);  
  
    float t = temp.temperature;
```

```

float h = humidity.relative_humidity;

Blynk.virtualWrite(V0, t);
Blynk.virtualWrite(V1, h);

if (t >= 20 && t <= 30 && h >= 50 && h <= 70) {
    digitalWrite(LED_GREEN, HIGH);
    digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
    digitalWrite(LED_RED, LOW);
    noTone(BUZZER);
}
else if ((t >= 18 && t < 20) || (t > 30 && t <= 32) || (h >= 45 && h < 50) || (h > 70 && h <= 75))
{
    digitalWrite(LED_YELLOW, HIGH);
    digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
    digitalWrite(LED_RED, LOW);
    noTone(BUZZER);
}
else {
    digitalWrite(LED_RED, HIGH);
    digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
    digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
    tone(BUZZER, 1000);
}
}

```

4.5. Ανίχνευση Κίνησης και Συναγερμός

Για την ασφάλεια του θερμοκηπίου, το σύστημα χρησιμοποιεί έναν αισθητήρα PIR (Passive Infrared Sensor) συνδεδεμένο στο pin 5, ο οποίος ανιχνεύει κίνηση στον χώρο. Όταν ανιχνευτεί κίνηση, ενεργοποιείται ένας βομβητής (buzzer) και ανάβει το

κόκκινο LED, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζεται μήνυμα στην LED matrix και αποστέλλεται ειδοποίηση μέσω της πλατφόρμας Blynk.

Αυτό επιτρέπει στον χρήστη να λαμβάνει άμεσα ενημερώσεις για τυχόν εισβολές ή κινήσεις μέσα στο θερμοκήπιο, ακόμα και όταν δεν βρίσκεται στον χώρο.

```
void checkPIR() {  
  if (digitalRead(PIR_PIN) == HIGH) {  
    Serial.println("🚨 Κίνηση ανιχνεύτηκε στο θερμοκήπιο!");  
    digitalWrite(LED_RED, HIGH);  
    tone(BUZZER, 1500);  
  
    showMessage("?"); // Εμφάνιση ερωτηματικού στην LED matrix  
  
    Blynk.virtualWrite(V2, "🚨 Κίνηση ανιχνεύτηκε!");  
  
    delay(3000);  
    noTone(BUZZER);  
  } else {  
    Blynk.virtualWrite(V2, "");  
  }  
}
```

Η συνάρτηση αυτή εκτελείται κάθε δευτερόλεπτο με τη βοήθεια του BlynkTimer και προσφέρει άμεση αντίδραση σε περίπτωση ανίχνευσης κίνησης.

4.6. Εμφάνιση Μηνυμάτων στην LED Matrix

Για την οπτική ενημέρωση του χρήστη μέσα στο θερμοκήπιο, χρησιμοποιείται μια LED matrix που εμφανίζει απλά μηνύματα κατάστασης. Η υλοποίηση βασίζεται στη

βιβλιοθήκη `Arduino_LED_Matrix`, η οποία επιτρέπει την εύκολη διαχείριση της οθόνης.

Η συνάρτηση `showMessage()` είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση κειμένου στην οθόνη. Πριν από κάθε μήνυμα, η οθόνη καθαρίζεται ώστε το νέο κείμενο να εμφανίζεται καθαρά.

```
void showMessage(const char* msg) {  
    matrix.beginDraw();  
    matrix.clear();    // Καθαρίζει την οθόνη πριν εμφανίσει το μήνυμα  
    matrix.stroke(0xFFFFFFFF);  
    matrix.textFont(Font_5x7);  
    matrix.beginText(0, 1, 0xFFFFFFFF);  
    matrix.println(msg);  
    matrix.endText();  
    matrix.endDraw();  
}
```

Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται σε όλο το πρόγραμμα για να ενημερώνει τον χρήστη για την κατάσταση του θερμοκηπίου (π.χ. «OK», «!», «?»).

4.7. Βασική Ρύθμιση και Κύριος Βρόχος Εκτέλεσης

Η συνάρτηση `setup()` εκτελείται μία φορά κατά την εκκίνηση της συσκευής και αναλαμβάνει να αρχικοποιήσει όλα τα απαραίτητα στοιχεία του συστήματος:

- Ενεργοποιεί τη σειριακή επικοινωνία για `debugging`.
- Ελέγχει και ξεκινά τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας `AHT10/AHT20`.
- Ορίζει τις κατάλληλες εισόδους και εξόδους για τα `LED`, τον ανιχνευτή κίνησης (`PIR`) και τον βομβητή (`buzzer`).

- Συνδέεται στο WiFi δίκτυο μέσω της πλατφόρμας Blynk χρησιμοποιώντας τα διαπιστευτήρια.
- Εκκινεί την LED matrix.
- Ορίζει χρονικά διαστήματα (timers) για την περιοδική αποστολή δεδομένων και τον έλεγχο ανίχνευσης κίνησης.

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("👋 Έναρξη Θερμοκηπίου...");

  if (!aht.begin()) {
    Serial.println("❌ Σφάλμα: Δε βρέθηκε ο AHT10/AHT20!");
    while (1) delay(10);
  }

  pinMode(PIR_PIN, INPUT);
  pinMode(LED_RED, OUTPUT);
  pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
  pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);
  digitalWrite(BUZZER, LOW);

  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);

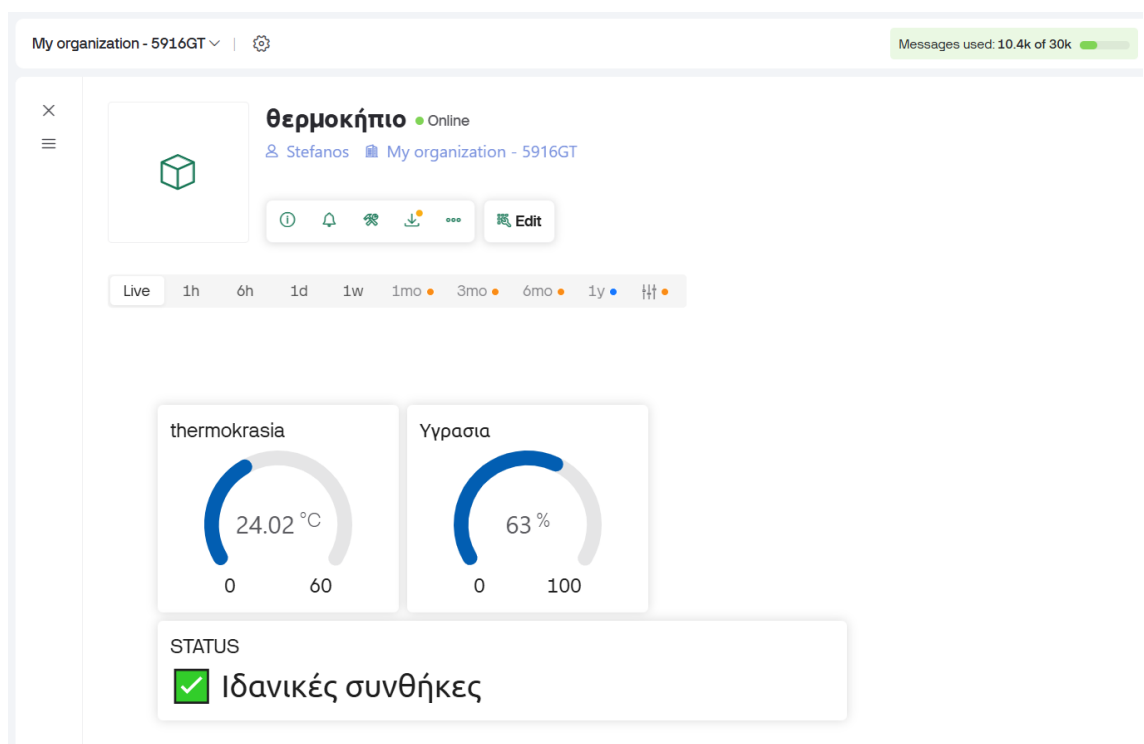
  matrix.begin();

  timer.setInterval(5000L, sendSensorData);
  timer.setInterval(1000L, checkPIR);
}

```

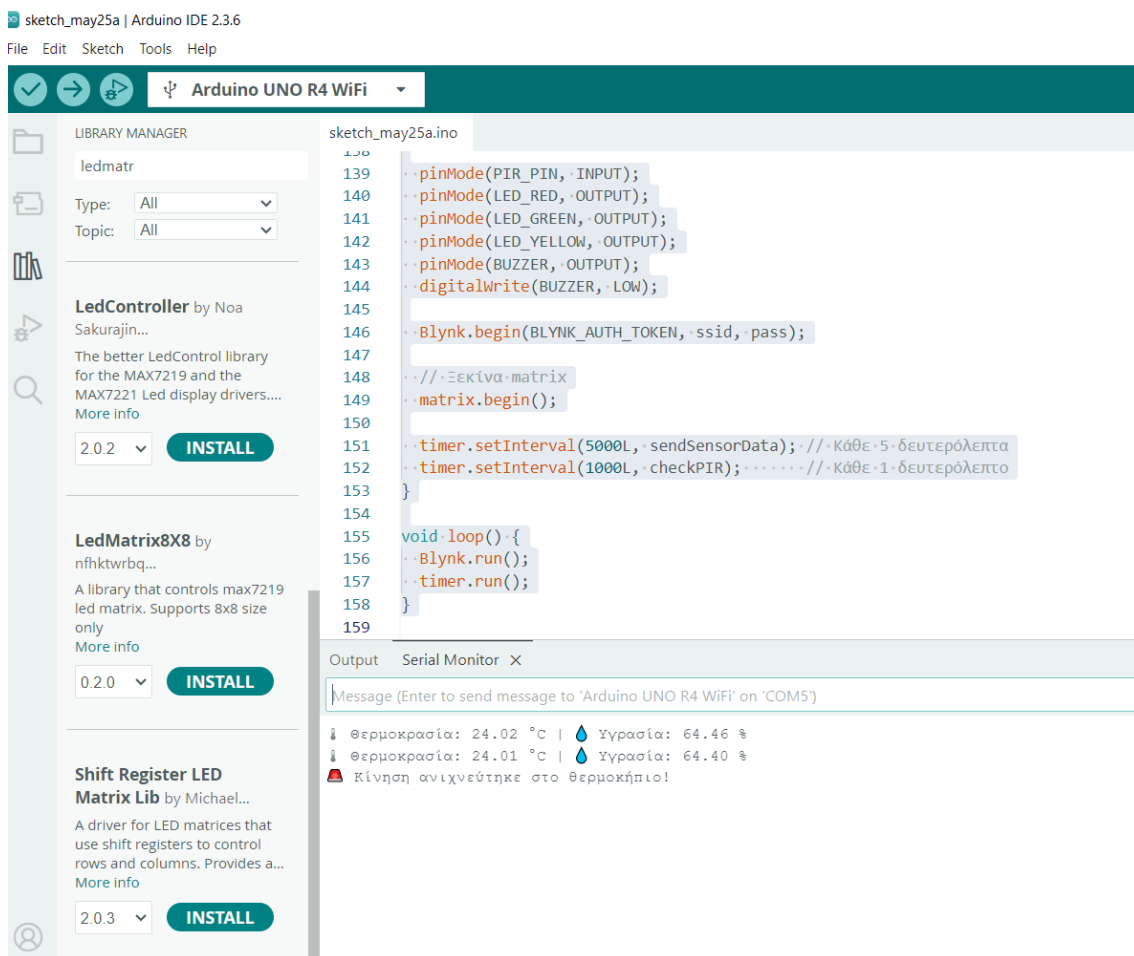
4.8. Δοκιμή και εκτέλεση κώδικα

Μετά την ολοκλήρωση του προγραμματισμού, ο κώδικας φορτώθηκε στο Arduino R4 WiFi και το σύστημα τέθηκε σε λειτουργία για δοκιμές σε πραγματικές συνθήκες θερμοκηπίου. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, παρατηρήθηκε η σωστή λειτουργία της επικοινωνίας με την πλατφόρμα Blynk, όπου οι μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο μέσω της εφαρμογής σε κινητό ή υπολογιστή.



Εικόνα 25- Δοκιμή του Blynk cloud για έλεγχο των συνθηκών του θερμοκηπίου

Η οθόνη LED matrix ενημερώνει άμεσα τον χρήστη για τις τρέχουσες συνθήκες, εμφανίζοντας ανάλογα μηνύματα όπως «OK», «!», ή «?», συμβάλλοντας έτσι στην εύκολη και γρήγορη παρακολούθηση του περιβάλλοντος.



Εικόνα 26- Περιβάλλον IDE με πραγματικό περιβάλλον εκτέλεσης του Arduino και των αισθητήρων

Επιπλέον, η σειριακή κονσόλα της Arduino IDE παρείχε χρήσιμες πληροφορίες κατά την εκτέλεση, επιβεβαιώνοντας την ομαλή λειτουργία του αισθητήρα και των ανιχνευτών, καθώς και την άμεση ανίχνευση κινήσεων στο θερμοκήπιο.

Μελλοντικές προτάσεις

Ως μελλοντική επέκταση του υλοποιημένου συστήματος, προτείνεται η ενσωμάτωση μιας online πλατφόρμας παρακολούθησης συσκευών και αισθητήρων IoT, ώστε ο διαχειριστής να μπορεί να παρακολουθεί τις ενδείξεις του θερμοκηπίου σε πραγματικό χρόνο μέσω διαδικτύου. Η χρήση τέτοιων πλατφορμών επιτρέπει την άμεση και απομακρυσμένη παρακολούθηση, καθώς και τη διαχείριση των συσκευών, ανεξαρτήτως φυσικής παρουσίας.

Η μετάδοση των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διάφορων ασύρματων τεχνολογιών, όπως WiFi, Bluetooth ή ακόμα και μέσω καρτών κινητής τηλεφωνίας SIM (GPRS/3G/4G), ανάλογα με τις απαιτήσεις του χώρου και της αξιοπιστίας σύνδεσης.

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Blynk, η οποία αποτελεί μια δημοφιλή και εύχρηστη cloud IoT πλατφόρμα για την απομακρυσμένη παρακολούθηση και διαχείριση συσκευών IoT μέσω smartphone ή web interface. Το Blynk υποστηρίζει εύκολη σύνδεση με τον μικροελεγκτή Arduino, παρέχοντας:

- Εύκολο setup και διαχείριση: Δημιουργία διαδραστικών dashboards (πίνακες ελέγχου) με widgets όπως μετρητές, κουμπιά, διακόπτες, γραφικές παραστάσεις και ειδοποιήσεις.
- Υποστήριξη πολλαπλών δικτύων: WiFi, Bluetooth, Ethernet, και κινητών δικτύων.
- API για προγραμματιστές: Δυνατότητα ενσωμάτωσης και αυτοματισμών.

Οι βασικές λειτουργίες που παρέχει η πλατφόρμα Blynk περιλαμβάνουν:

1. **Συλλογή Δεδομένων (Data Ingestion):** Μετάδοση και λήψη δεδομένων αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο.
2. **Αποθήκευση και Ιστορικό:** Εμφάνιση ιστορικού δεδομένων για παρακολούθηση της συμπεριφοράς του συστήματος.
3. **Διαχείριση Συσκευών:** Απομακρυσμένος έλεγχος και ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας.
4. **Ειδοποιήσεις:** Άμεσες ειδοποιήσεις σε περίπτωση ανωμαλιών ή υπέρβασης ορίων.

Επιπλέον, το σύστημα μπορεί να επεκταθεί με την προσθήκη περισσότερων αισθητήρων για την παρακολούθηση επιπλέον παραμέτρων του θερμοκηπίου, όπως η στάθμη εδάφους, το επίπεδο φωτισμού, η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα

(CO₂) ή ακόμα και η ποιότητα του αέρα. Με την ενσωμάτωση αυτών των αισθητήρων, το σύστημα θα μπορεί να παρέχει πιο ολοκληρωμένες πληροφορίες, βοηθώντας στη βελτιστοποίηση των συνθηκών καλλιέργειας και στην ενεργειακή αποδοτικότητα.

Η αξιοποίηση του Blynk προσφέρει ένα πλήρες και φιλικό περιβάλλον για την επέκταση του έργου, ενώ παράλληλα διευκολύνει την απομακρυσμένη εποπτεία και διαχείριση του συστήματος από τον χρήστη ή τον διαχειριστή. Μελλοντικά, η υλοποίηση μπορεί να εμπλουτιστεί με πιο σύνθετους αλγορίθμους ανάλυσης δεδομένων και αυτοματισμούς, αξιοποιώντας τις δυνατότητες που παρέχει η πλατφόρμα.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα έχει προταθεί ένας ολοκληρωμένος σχεδιασμός και εφαρμογή ενός Γεωργικού Συστήματος Βασισμένου στο Arduino, με στόχο την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της βιωσιμότητας της καλλιέργειας θερμοκηπίου. Η κύρια λειτουργία του συστήματος είναι να συγκεντρώνει ζωτικής σημασίας περιβαλλοντικά δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων των επιπέδων θερμοκρασίας, υγρασίας και pH εντός του θερμοκηπίου, παρέχοντας στους αγρότες πολύτιμες γνώσεις για τη βέλτιστη ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Η ενσωμάτωση διαφόρων στοιχείων υλικού σε αυτό το σύστημα έχει εκτελεστεί σχολαστικά για να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργικότητα. Η παρουσία κάθε ενότητας έχει αιτιολογηθεί και έχει στρατηγικά τοποθετηθεί για να συμβάλλει στη συνολική αποτελεσματικότητα της μονάδας. Αυτή η σχολαστική προσέγγιση όχι μόνο ενισχύει την αξιοπιστία του συστήματος αλλά εξορθολογίζει επίσης τη συλλογή και την επεξεργασία των περιβαλλοντικών παραμέτρων.

Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι η έμφαση που δίνει στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας, για την παραγωγή ενέργειας. Μεγιστοποιώντας τη χρήση της ηλιακής ενέργειας, το έργο προωθεί μια πιο βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση, μειώνοντας την εξάρτηση από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ενθαρρύνοντας ένα πιο πράσινο περιβάλλον. Αυτή η δέσμευση για οικολογικές πρακτικές ευθυγραμμίζεται με την παγκόσμια προσπάθεια για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την προώθηση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών.

Η προηγμένη και βολική φύση του συστήματος εξασφαλίζει αξιόπιστη απόδοση σε πραγματικό χρόνο στην προσαρμογή στις αλλαγές στο γεωργικό περιβάλλον. Αυτή η προσαρμοστικότητα είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση της δυναμικής φύσης των συνθηκών καλλιέργειας και συμβάλλει στην υλοποίηση του μη επιτηρούμενου επιχειρησιακού στόχου. Η εφαρμογή ευφυών τεχνολογιών θερμοκηπίου προάγει περαιτέρω τον αγροτικό τομέα, ενσωματώνοντας

αυτοματοποίηση και έξυπνη παρακολούθηση για βελτιστοποιημένη καλλιέργεια καλλιεργειών.

Κοιτάζοντας το μέλλον, το προτεινόμενο σύστημα χρησιμεύει ως βάση για μελλοντικές εξελίξεις στη σφαίρα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Μπορεί να ενσωματωθεί απρόσκοπτα σε συστήματα απομακρυσμένης παρακολούθησης, επιτρέποντας στους αγρότες να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να ελέγχουν τις παραμέτρους εξ αποστάσεως. Ως μέρος του ευρύτερου οικοσυστήματος IoT, αυτό το σύστημα έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στις γεωργικές πρακτικές, προσφέροντας επεκτάσιμες λύσεις που μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορες σύγχρονες εγκαταστάσεις στη γεωργία, επεκτείνοντας πέρα από τη γεωργία θερμοκηπίου σε διάφορους τομείς γεωργίας ακριβείας και έξυπνων γεωργικών πρακτικών. Η προσαρμοστικότητα και η βιωσιμότητα του έργου το καθιστούν μια πολλά υποσχόμενη συμβολή στη συνεχή εξέλιξη των γεωργικών τεχνολογιών.

Βιβλιογραφία

- [1] Abdul-Qawy, Antar & Magesh, E & Tadisetty, Srinivasulu. (2015). The Internet of Things (IoT): An Overview. 5. 71-82.
- [2] Halim A., Ahmad Ashraf & Hassan, M.N. & Zakaria, Ammar & Kamarudin, Latifah & Abu Bakar, Asyraf. (2016). Internet of things technology for greenhouse monitoring and management system based on wireless sensor network. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 11. 13169-13175.
- [3] Alansari, N. B. Anuar, A. Kamsin, M. R. Belgaum, J. Alshaer, S. Soomro, and M. H. Miraz, “Internet of Things: Infrastructure, Architecture, Security and Privacy”, in 2018 International Conference on Computing, Electronics Communications Engineering (iCCECE), pp. 150– 155, Aug 2018, DOI: 10.1109/iCCECOME.2018.8658516.
- [4] Ashok J. (2023). INTERNET OF THINGS (IOT): SYSTEMS AND APPLICATIONS.
- [5] Hammi, Badis & Khatoun, Rida & Zeadally, Sherali & Fayad, Achraf & Khoukhi, Lyes. (2018). IoT technologies for smart cities.
- [6] Mouha, Radouan. (2021). Internet of Things (IoT). Journal of Data Analysis and Information Processing. 09. 77-101. 10.4236/jdaip.2021.92006.
- [7] Sundareswaran and M. S. null, “Survey on Smart Agriculture Using IoT,” International Journal of Innovative Research in Engineering & Management (IJIREM), vol. 5, no. 2, pp. 62–66, 2018.

- [8] Abdullahi, Umar Sani & Nyabam, Mopa & Orisekeh, Kingsley & Umar, S & Sani, B & David, E & Umoru, A. (2020). EXPLOITING IoT and LoRaWAN TECHNOLOGIES FOR EFFECTIVE LIVESTOCK MONITORING IN NIGERIA.
- [9] Dalai, Samapika & Tripathy, Barsha & Mohanta, Smaranika & Sahu, Basabadatta & Palai, Jnana. (2020). Green-houses: Types and Structural Components.
- [10] Teitel, M. & Montero, J.I. & Baeza, Esteban. (2020). Greenhouse design: Concepts and trends. *Acta Horticulturae*. 952. 605-620. 10.17660/ActaHortic.2012.952.77.
- [11] Maraveas, Chrysanthos & Bartzanas, Thomas. (2023). ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.
- [12] Farooq, Shoaib & Javid, Rizwan & Riaz, Shamyla & Atal, Zabihullah. (2022). Internet of Things (IoT) Technologies in Greenhouse Farming: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2022.3204066.
- [13] Ghoulem, Marouen & El Moueddeb, Khaled & Nehdi, Ezzedine & Boukhanouf, R. & Calautit, John Kaiser. (2019). Greenhouse design and cooling technologies for sustainable food cultivation in hot climates: Review of current practice and future status. *Biosystems Engineering*. 183. 121-150. 10.1016/j.biosystemseng.2019.04.016.
- [14] Nath, Shablu & Hossain, Mohammad & Akber Chowdhury, Imtiaz & Tasneem, Sabiha & Hasan, Mehedi & Chakma, Rocky. (2021). Design and Implementation of an IoT Based Greenhouse Monitoring and Controlling

System. Journal of Computer Science and Technology Studies. 3. 10.32996/jcsts.2021.3.1.1.

[15] <https://auxgrow.com>

[16] Howard, Daniel & Ma, Zheng & Veje, Christian & Clausen, Anders & Aaslyng, Jesper & Jørgensen, Bo. (2021). Greenhouse industry 4.0 – digital twin technology for commercial greenhouses. Energy Informatics. 4. 37. 10.1186/s42162-021-00161-9.

[17] Rauch, E. Industry 4.0+: The Next Level of Intelligent and Self-optimizing Factories. In Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. DSMIE 2020; Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Zajac, J., Peraković, D., Eds.; Lecture Notes in Mechanical Engineering; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 176–186

[18] Ratnaparkhi, S.; Khan, S.; Arya, C.; Khapre, S.; Singh, P.; Diwakar, M.; Shankar, A. Smart agriculture sensors in IOT: A review. Mater. Today Proc. 2020

[19] Bersani, Chiara & Ruggiero, Carmelina & Sacile, Roberto & Soussi, Abdellatif & Zero, Enrico. (2022). Internet of Things Approaches for Monitoring and Control of Smart Greenhouses in Industry 4.0. Energies. 15. 3834. 10.3390/en15103834.

[20] Ismailov, Alisher & Jo`rayev, Zafar. (2022). Study of arduino microcontroller board.

[21] Deshmukh, Ganesh & Gawade, Vedant & Godse, Vedant & Londhe, Nikhil & Gawari, Dhananjay. (2018). Smart Navigational Shoes for

Bikers/Cyclists. International Journal of Computer Applications. 180. 6-10.
10.5120/ijca2018917062.

[22] Almimi, Hani & Al Dahoud, Ali & Fezari, Mohamed & Sh, Mohammad.
(2020). A Study on New Arduino NANO Board for WSN and IoT
Applications. International Journal of Advanced Science and Technology.
29. 10223-10230.

[23] Fezari, Mohamed. (2018). Presentation of Arduino Leonardo based
onATmega32U4.

[24] Salim, U & Qaddoori, Sahar & Al-Saegh, Ali & Ali, Qutaiba. (2021).
Power consumption measurements of WSN based on Arduino. IOP
Conference Series: Materials Science and Engineering. 1152. 012022.
10.1088/1757-899X/1152/1/012022.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΚΩΔΙΚΑΣ

```
// Blynk

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4VgwCOkKR"

#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "θερμοκήπιο"

#define BLYNK_AUTH_TOKEN "7jqdD9TKzN6LczizizV_u3AK1Oi-3i5P"

// Βιβλιοθήκες οθόνης LED matrix

#include "ArduinoGraphics.h"

#include "Arduino_LED_Matrix.h"

#include <Adafruit_AHTX0.h>

#include <SPI.h>

#include <WiFi.h>

#include <BlynkSimpleWifi.h>

// WiFi credentials

char ssid[] = "Georged-home";

char pass[] = "George12345!!";

Adafruit_AHTX0 aht;

BlynkTimer timer;

// Pins

#define PIR_PIN 5

#define LED_RED 2

#define LED_GREEN 3

#define LED_YELLOW 4

#define BUZZER 8
```

```

// LED Matrix
ArduinoLEDMatrix matrix;

unsigned long buzzerStartTime = 0;
bool buzzerActive = false;

// Συνάρτηση εμφάνισης κειμένου στην LED matrix με καθάρισμα πριν
void showMessage(const char* msg) {
    matrix.beginDraw();
    matrix.clear();    // Καθαρίζει οθόνη πριν το μήνυμα
    matrix.stroke(0xFFFFFFFF);
    matrix.textFont(Font_5x7);
    matrix.beginText(0, 1, 0xFFFFFFFF);
    matrix.println(msg);
    matrix.endText();
    matrix.endDraw();
}

// Αποστολή δεδομένων αισθητήρων και έλεγχος συνθηκών
void sendSensorData() {
    sensors_event_t humidity, temp;
    aht.getEvent(&humidity, &temp);

    float t = temp.temperature;
    float h = humidity.relative_humidity;

    Serial.print(" ⚡ Θερμοκρασία: ");
    Serial.print(t);
    Serial.print(" °C | 💧 Υγρασία: ");
    Serial.print(h);

```

```
Serial.println(" %");
```

```
Blynk.virtualWrite(V0, t);
```

```
Blynk.virtualWrite(V1, h);
```

```
//Έλεγχος συνθηκών
```

```
if (t >= 20 && t <= 30 && h >= 50 && h <= 70) {
```

```
    digitalWrite(LED_GREEN, HIGH);
```

```
    digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
```

```
    digitalWrite(LED_RED, LOW);
```

```
    noTone(BUZZER);
```

```
    buzzerActive = false;
```

```
    showMessage("OK");
```

```
    Blynk.virtualWrite(V2, "✅ Ιδανικές συνθήκες");
```

```
}
```

```
else if ((t >= 18 && t < 20) || (t > 30 && t <= 32) || (h >= 45 && h < 50) || (h > 70 && h <= 75)) {
```

```
    digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
```

```
    digitalWrite(LED_YELLOW, HIGH);
```

```
    digitalWrite(LED_RED, LOW);
```

```
    noTone(BUZZER);
```

```
    buzzerActive = false;
```

```
    showMessage("!");
```

```
    Blynk.virtualWrite(V2, "⚠ Προειδοποιητικές συνθήκες");
```

```
}
```

```
else {
```

```
    digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
```

```
    digitalWrite(LED_YELLOW, LOW);
```

```
    digitalWrite(LED_RED, HIGH);
```

```

if (!buzzerActive) {
    tone(BUZZER, 1000);
    buzzerStartTime = millis();
    buzzerActive = true;
}

if (t > 32) {
    showMessage("!");
} else if (h < 45 || h > 75) {
    showMessage("!");
}

Blynk.virtualWrite(V2, "🚨 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ!");
}

// Σβήσιμο buzzer μετά από 10 δευτερόλεπτα
if (buzzerActive && (millis() - buzzerStartTime > 10000)) {
    noTone(BUZZER);
    buzzerActive = false;
}
}

// Έλεγχος ανίχνευσης κίνησης
void checkPIR() {
    if (digitalRead(PIR_PIN) == HIGH) {
        Serial.println("🚨 Κίνηση ανιχνεύτηκε στο θερμοκήπιο!");
        digitalWrite(LED_RED, HIGH);
        tone(BUZZER, 1500);
    }
}

```

```

showMessage("?"); // Εμφάνιση "?" για κίνηση

Blynk.virtualWrite(V2, "🚗 Κίνηση ανιχνεύτηκε!");

delay(3000);
noTone(BUZZER);
} else {
  Blynk.virtualWrite(V2, "");
}
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("👉 Έναρξη Θερμοκηπίου...");

  if (!aht.begin()) {
    Serial.println("❌ Σφάλμα: Δε βρέθηκε ο ΑΗΤ10/ΑΗΤ20!");
    while (1) delay(10);
  }

  pinMode(PIR_PIN, INPUT);
  pinMode(LED_RED, OUTPUT);
  pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
  pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);
  digitalWrite(BUZZER, LOW);

  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);

  // Ξεκίνα matrix

```

```
matrix.begin();

timer.setInterval(5000L, sendSensorData); // Κάθε 5 δευτερόλεπτα
timer.setInterval(1000L, checkPIR); // Κάθε 1 δευτερόλεπτο
}

void loop() {
  Blynk.run();
  timer.run();
}
```