



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

“Έξυπνο σπίτι: Μελέτη και κατασκευή σε περιβάλλον Arduino”



Φοιτητής: Δρεμούσης Μελέτης

ΑΜ: 50345846

Επιβλέπων Καθηγητής

Τσακίριδης Οδυσσέας
Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΣΕΠΤΕΜΒΙΟΣ 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Smart home: Design & construction in Arduino environment



Student: Dremousis Meletis

Registration Number: 50345846

Supervisor

Tsakiridis Odysseas
Assistant Professor

ATHENS-EGALEO, SEPTEMBER 2024

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Οδυσσεύς Τσακίριδης Επίκουρος Καθηγητής	Παναγιώτης Φωτόπουλος Αναπληρωτής Καθηγητής	Σωτηρία Γαλατά Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και (Όνοματεπώνυμο
Φοιτητή/ήτριας),
Μήνας, Έτος**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Τζανετοπούλου Πηνελόπη του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 50346349 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

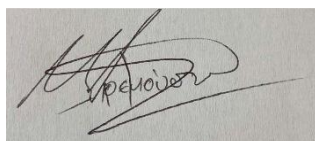
δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Ο Δηλών
Δρεμούσης Μελέτης



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής εργασίας συνδέεται με την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και παράλληλα την έναρξη της επαγγελματικής μου πορείας στον κλάδο των Μηχανικών, η οποία ελπίζω να μου προσδώσει αρκετές νέες εμπειρίες, γνώση, εξέλιξη και ακόμη περισσότερη αγάπη και πάθος για το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Τσακιρίδη Οδυσσέα για την καθοδήγηση, τις συμβουλές του αλλά και την έμπνευση που μου προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τόσο τους γονείς μου όσο και τα αδέρφια μου για την υποστήριξη, την ενθάρρυνση αλλά και την αγάπη τους σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Φιλοδοξία της παρούσας Διπλωματικής εργασίας με θέμα "Smart Home με Arduino" εξετάζει την ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών αυτοματισμού σπιτιού χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Arduino. Η εργασία επικεντρώνεται σε ένα σύστημα που επιτρέπει την αυτοματοποίηση και τον έλεγχο διαφόρων συσκευών και λειτουργιών του σπιτιού, όπως ο φωτισμός, η θερμοκρασία, η ασφάλεια και η παρακολούθηση ενέργειας, μέσω αισθητήρων και μικροελεγκτών. Το Arduino, ως μια ανοικτή και εύκολη στη χρήση πλατφόρμα, παρέχει ευελιξία στην ανάπτυξη εξατομικευμένων λύσεων Smart Home, επιτρέποντας τη σύνδεση με άλλες τεχνολογίες όπως Wi-Fi, Bluetooth ή και εφαρμογές κινητών για τον απομακρυσμένο έλεγχο.

Η εργασία περιλαμβάνει την ανάλυση των διαθέσιμων αισθητήρων και τη δημιουργία πρωτοτύπων που επιτρέπουν τη διαχείριση του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Εξετάζεται επίσης η δυνατότητα ενσωμάτωσης αυτών των συστημάτων με πλατφόρμες IoT (Internet of Things), καθώς και οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικότητας.

Τέλος, η διπλωματική συνήθως καταλήγει στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων, τονίζοντας τα πλεονεκτήματα ενός έξυπνου σπιτιού με χρήση του Arduino, όπως η εξοικονόμηση ενέργειας, η άνεση και η βελτίωση της καθημερινότητας των χρηστών.

Λέξεις - κλειδιά

Smart Home, Αυτοματισμός, Αισθητήρες, Μικροελεγκτές, IoT (Internet of Things), Ασύρματη επικοινωνία, Απομακρυσμένος έλεγχος, Οικιακή ασφάλεια, Εξοικονόμηση ενέργειας, Ανίχνευση κίνησης, Φωνητικός έλεγχος, Wi-Fi, Bluetooth, Προστασία προσωπικών δεδομένων

ABSTRACT

The objective of this thesis, titled "Smart Home with Arduino," is to explore the development and implementation of home automation technologies utilizing the Arduino platform. The research focuses on designing a system that facilitates the automation and control of various household devices and functions, including lighting, temperature regulation, security, and energy monitoring, through the use of sensors and microcontrollers. Arduino, as an open-source and user-friendly platform, offers significant flexibility in the development of tailored Smart Home solutions, enabling integration with other technologies such as Wi-Fi, Bluetooth, and mobile applications for remote control.

The thesis includes a comprehensive analysis of available sensors and the development of prototypes that enable real-time system management. Additionally, the potential for integrating these systems with Internet of Things (IoT) platforms is examined, along with the associated challenges in ensuring security and safeguarding privacy.

In conclusion, the thesis presents the findings and emphasizes the benefits of implementing a Smart Home system using Arduino, such as energy efficiency, enhanced comfort, and improvements to the quality of daily living.

Key - words

Smart Home, Home Automation, Sensors, Microcontrollers, Internet of Things (IoT), Wireless Communication, Remote Control, Home Security, Energy Efficiency, Motion Detection, Voice Control, Wi-Fi, Bluetooth, Privacy Protection.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1.1. Η εξέλιξη της τεχνολογίας Smart Home	12
1.1.1. Μελλοντικές προοπτικές και προσδοκίες	14
1.1.2. Συστήματα Smart home.....	15
1.1.3. Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα.....	17
2. ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΠΗΤΙΟΥ.....	18
2.1. Σύγκριση χαρακτηριστικών.....	22
2.2. Υλικά και μέθοδοι.....	23
2.2.1. Αρχιτεκτονική και Σχεδιασμός Συστήματος.....	23
2.3. Εφαρμογή Arduino “κλιματιστικό μέσω κινητού”	23
2.3.1. Βήμα 1 : Υλικό Hardware.....	24
2.3.2. Βήμα 2: Λήψη των κωδικών.....	24
2.3.3. Βήμα 3: Πρώτη δοκιμή στο οικιακό δίκτυο	28
2.3.4. Βήμα 4 : Ρύθμιση δρομολογητή.....	37
3. ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΠΗΤΙΟΥ.....	38
3.1. Πότισμα λουλουδιών μέσω κινητού.....	38
3.2. Υλικά του νέου ρομποτικού συστήματος.....	39
3.3. Λογισμικό ποτίσματος φυτών , λουλουδιών και δενδρυλλίων.....	41
3.4. Υλικό συστήματος ποτίσματος φυτών , λουλουδιών και δενδρυλλίων.....	42
3.5. Ασαφής λογική	43
4. ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	47
4.1. Ρομπότ κηπουρικής με βάση το Android.....	47
4.2. Μεθοδολογία.....	47
4.2.1. Κοπή ζιζανίων.....	48
4.2.2. Κίνηση ρομπότ	49
4.2.3. Σύστημα ποτίσματος.....	50
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	52

5.1.	Μέθοδος 1: Συσκευασία κόμβου αισθητήρα	52
5.2.	Μέθοδος 2: Παρακολούθηση και χειροκίνητη διαδικασία ποτίσματος με χρήση Virtuino	53
5.3.	Μέθοδος 3 : Έλεγχος ρουτίνας Wi-Fi χρησιμοποιώντας διακοπή χρονοδιακόπτη	55
5.4.	Εταιρείες που υποστηρίζουν τα προγράμματα	55
5.4.1.	Εγκαθιστώντας ένα SMS	56
5.4.2.	Προγραμματισμός αποταμίευσης νερού	57
6.	ΕΚΧΩΡΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	58
6.1.	Εναλλακτική χρήση GPRS για αυτόματο πότισμα	61
6.2.	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HARDWARE	61
6.2.1.	ARM7LPC2148	61
6.2.2.	ΟΘΟΝΗ LCD	62
6.2.3.	ΡΕΛΕ.....	62
6.2.4.	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	62
6.2.5.	Κινητήρας	62
6.2.6.	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	62
6.2.7.	Γλώσσες προγραμματισμού	63
6.2.8.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	63
7.	INTERNET OF THINGS (IOT)	64
7.1.	Λειτουργικά ζητήματα	64
7.1.1.	Πώς λειτουργεί	64
7.1.2.	Αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων	64
7.1.3.	Χρησιμότητα	65
8.	ΣΥΣΤΗΜΑ IRRIX.....	66
8.2.	Μετεωρολογικοί όροι και εφαρμοσμένο νερό	66
8.3.	Κατάσταση νερού στα δέντρα	68
8.4.	Φυτική και αναπαραγωγική ανάπτυξη.....	70
8.5.	Απόδοση και αριθμός καρπού/δέντρου.....	71
8.6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΩΝ.....	73
9.	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων	74
10.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75
11.	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	76
12.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 1.1.2.1 Ένα παράδειγμα ενός έξυπνου σπιτιού που χρησιμοποιεί διαφορετικά βοηθητικά προγράμματα που συνδέονται με το IoT [15]

Πίνακας 2.1 Σύγκριση χαρακτηριστικών για το σύστημα αυτοματισμού σπιτιού που δημοσιεύτηκε τα τελευταία 10 χρόνια. [19]

Πίνακας 2.1.2 Σύγκριση των πιο σχετικών πλατφορμών οικιακού αυτοματισμού ανοιχτού κώδικα. [22]

Εικόνα 2.3.1.2 Εργαλεία Arduino [24]

Εικόνα 2.3.1.3 Κωδικοί εργαλείων/εξαρτημάτων [24]

Εικόνα 2.3.3.7 Κυκλωματική σύνδεση του αισθητήρα DHT22 [29]

Εικόνα 2.3.3.8 Φόρτωση σκίτσου [30]

Εικόνα 2.3.3.9 Εμφάνιση αποτελεσμάτων [31]

Εικόνα 2.3.3.10 Αντιγραφή της λειτουργικής μονάδας adafruit_dht.mpy [32]

Εικόνα 2.3.3.11 Έλεγχος ακίδας δεδομένων αν είναι ικανή για παραγωγή παλμού pulseio [33]

Εικόνα 2.3.3.12 Χρήση Αισθητήρα Feather M0 και DHT22 συνδεδεμένοι στην ακίδα D6 [33]

Εικόνα 2.3.3.13 Η έξοδος του κώδικα στην τερματική σειριακή μηχανή REPL[36]

Εικόνα 3.2.14 Η συνολική εικόνα του συστήματος [39]

Εικόνα 3.2.15 Διάγραμμα επίδειξης με τις θέσεις των αισθητήρων και των ρομπότ [40]

Εικόνα 3.4.17 Ρομπότ κηπουρικής με Raspberry Pi. [42]

Εικόνα 3.4.18 Ρομπότ κηπουρικής με ESP32. [42]

Εικόνα 3.5.19 Λειτουργίες συμμετοχής στο πείραμα [44]

Πίνακας 3.5.1 Δείγμα εξόδων από το ασαφές μοντέλο. [44]

Εικόνα 4.2.21 Σύστημα μπλοκ διαγράμματος. [46]

Εικόνα 4.2.1.22 Ζιζάνια (α) πριν από την κοπή με μια γραμμή κοπής και (β) μετά την κοπή με μια γραμμή κοπής. [47]

Εικόνα 4.2.1.23 Ζιζάνια (α) πριν από την κοπή με λεπίδα κοπής και (β) μετά από κοπή με λεπίδα κοπής. [47]

Πίνακας 4.2.1.2 Μέγεθος ζιζανίων και ικανότητα κοπής [48]

Εικόνα 4.2.3.24 Περιεκτικότητα σε υγρασία εδάφους στις 6 το πρωί σε ένα μήνα [50]

Πίνακας 4.2.3.3 Εύρος χρόνου για τη λειτουργία ενός ψεκαστήρα με βάση την έξοδο από το ασαφές μοντέλο. [51]

Εικόνα 5.1.25-26 MSB για τον κόμβο αισθητήρα 1 (στον κόμβο αισθητήρα) [52]

Εικόνα 5.2.27 Τηλεχειριστήριο GUI για σύστημα άρδευσης χρησιμοποιώντας Virtuino [52]

Εικόνα 5.2.28 GUI για σύνδεση της εφαρμογής με το Διαδίκτυο [54]

Εικόνα 5.2.29 GUI για ρύθμιση του ξυπνητηριού [54]

Εικόνα 5.3.30 Προγραμματισμός ρουτίνας ελέγχου Wi-Fi χρησιμοποιώντας διακοπή χρονοδιακόπτη [55]

Εικόνα 5.3.31 Διακοπή προγραμματισμού στη λειτουργία ρύθμισης για να ρυθμίσετε την αρχική διακοπή χρονοδιακόπτη στο μηδέν [55]

Εικόνα 6.32 Διάγραμμα του αυτόματου συστήματος άρδευσης με σταγονόμετρο και ψεκαστήρα με βάση τον χρόνο παροχής [59]

Εικόνα 6.33 Εφαρμογή αυτόματου συστήματος ποτίσματος για καλλιέργεια κρεμμυδιού και λάχανου [60]

Πίνακας 8.2.4 Αναφορά εξατμισοδιαπνοής (ET_o), βροχοπτώσεις, μέση θερμοκρασία, μέση σχετική υγρασία αέρα, και το συνολικό νερό άρδευσης που εφαρμόζεται στις τρεις επεξεργασίες άρδευσης. [67]

Εικόνα 8.3.34 Εποχιακές παραλλαγές στο μεσημεριανό δυναμικό βλαστικών υδάτων [69]

Πίνακας 8.4.5 Επιπτώσεις άρδευσης στο ετήσιο χειμερινό κλάδεμα νέου ξύλου, χειμερινό κλάδεμα παλαιού ξύλου, καλοκαιρινό κλάδεμα, συνολικό κλάδεμα και αύξηση της επιφάνειας διατομής του κορμού για τα δύο έτη της μελέτης [72]

Πίνακας 8.4.6 Επιπτώσεις άρδευσης στην ετήσια απόδοση και τον αριθμό των καρπών ανά δέντρο το 2016, 2017 και 2018. [73]

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αν και πολλοί από εμάς θα είναι αόριστα εξοικειωμένοι με τον όρο **Smart home** («έξυπνο σπίτι»), μερικοί από εμάς θα έχουμε συγκεκριμένη κατανόηση του τι σημαίνει. Χρησιμοποιούνταν ο όρος **Smart home** μέχρι το 1984 από την American Association of House Builders¹. Το έτος 1984 θεωρείται σημαντικό λόγω πολλών αναβαθμίσεων, που έλαβαν χώρα σε εκατομύρια σπίτια, πολυκατοικίες και επιχειρήσεις. Ο προηγούμενος όρος *Wired home* («ενσύρματο σπίτι») ίσχυε από την αρχή της δεκαετίας του 1960 μέχρι που αντικαστάθηκε από τον νέο παγιωμένο όρο **Smart home**. Ο νέος όρος διακρίνεται ως προς τον όρο *Wired home* λόγω της χρήσης νέων τεχνολογιών οι οποίες προσαρτώνται ή ενίστε ενισχύουν τις λειτουργίες των ηλιακών, ραδιοηλεκτρονικών, ψυκτικών μηχανημάτων, που ήδη υπάρχουν σε κάθε σπίτι ανά την κάθε χώρα. [1]

1.1. Η εξέλιξη της τεχνολογίας Smart Home

Η τεχνολογία **έξυπνου σπιτιού** παρέχει στους ιδιοκτήτες σπιτιού ασφάλεια, άνεση, ενεργειακή απόδοση και ευκολία. Ο όρος **Smart Home** («έξυπνο σπίτι») χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια κατοικία που διαθέτει φωτισμό, συσκευές, θέρμανση, τηλεοράσεις, κλιματισμό, ψυχαγωγικά συστήματα ήχου και βίντεο, υπολογιστές, κάμερες και συστήματα ασφαλείας που μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ελέγχονται από απόσταση από οποιοδήποτε δωμάτιο στο σπίτι, καθώς και από απόσταση από οποιαδήποτε τοποθεσία μέσω smartphone ή διαδικτύου.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας **έξυπνου σπιτιού** είναι ότι βοηθά στη διατήρηση των περιορισμένων πόρων της γης. Με τον καιρό, οι άνθρωποι

συνειδητοποιούν περισσότερο τις δυνατότητες των τεχνολογιών έξυπνων σπιτιών, καθώς κάνουν τα σπίτια τους έξυπνα και πράσινα χρησιμοποιώντας ελεγκτές που είναι ενσωματωμένοι με τα υποσυστήματα του σπιτιού. Η τεχνολογία **έξυπνου σπιτιού** επιτρέπει στους χρήστες να εξοικονομούν ενέργεια ελέγχοντας τον φωτισμό, τα συστήματα HVAC, τα καλύμματα παραθύρων και την άρδευση. Οι ιδιοκτήτες σπιτιού μπορούν να έχουν πρόσβαση στα συστήματα με τη βοήθεια του διαδικτύου από οποιαδήποτε γωνιά του κόσμου ανά πάσα στιγμή.

Το **Smart home** δεν είναι μια πρόσφατη δημιουργία. Έχει επικρατήσει με τη μορφή μιας ιδέας μεταξύ των καταναλωτών και των εμπειρογνομόνων του κλάδου. Η ιδέα του έξυπνου σπιτιού ξεκίνησε με την εφεύρεση των τηλεχειριστηρίων, που παρουσιάστηκε από τον Νικολά Τέσλα το 1898.

Στις αρχές του 1900 έγιναν μάρτυρες της βιομηχανικής επανάστασης, η οποία άνοιξε το δρόμο για την εισαγωγή των πρώτων οικιακών συσκευών. Το 1901, εισήχθη η πρώτη ηλεκτρική σκούπα, ακολουθούμενη από στεγνωτήρια ρούχων, πλυντήρια, ψυγεία και ηλεκτρικά πλυντήρια πιάτων. Δεν ήταν «έξυπνες» συσκευές, αλλά η εισαγωγή τους άλλαξε το παιχνίδι για τους ανθρώπους του 20ού αιώνα.

Κατά τη δεκαετία του 1930, οι εφευρέτες έστρεψαν την προσοχή τους στις τεχνολογίες αυτοματισμού σπιτιού, αλλά η ιδέα δεν υλοποιήθηκε μέχρι το 1966, όταν αναπτύχθηκε το Echo IV, το πρώτο έξυπνο σύστημα αυτοματισμού. Αυτή η συσκευή επέτρεψε στους καταναλωτές να δημιουργήσουν υπολογιστικές λίστες αγορών, να ελέγξουν τη θερμοκρασία του σπιτιού και να ενεργοποιήσουν και να απενεργοποιήσουν τις συσκευές. Δημιουργήθηκε το 1969, ο υπολογιστής κουζίνας μπορούσε να δημιουργήσει συνταγές, αλλά η συσκευή δεν έγινε ποτέ εμπορική επιτυχία λόγω της τιμής της.

Η ανάπτυξη του μικροελεγκτή το 1971 είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των τιμών για τις ηλεκτρονικές συσκευές, κάνοντας τις τεχνολογίες πιο προσιτές. Το 1991, εισήχθη μια έννοια που ονομάζεται "γεροντεχνολογία", η οποία συνδύασε τη γεροντολογία με την τεχνολογία που στοχεύει στη διευκόλυνση της ζωής των ηλικιωμένων. Πολλές νέες τεχνολογίες εισήχθησαν σε αυτόν τον τομέα κατά τη δεκαετία του 1990.

Οι αρχές της δεκαετίας του 2000 χαρακτηρίστηκαν από την ταχεία αύξηση της δημοτικότητας της τεχνολογίας έξυπνων σπιτιών. Διαφορετικές τεχνολογίες

εμφανίστηκαν και ενσωματώθηκαν αργά στα σπίτια. Τα έξυπνα σπίτια άρχισαν να γίνονται προσιτές επιλογές και ως εκ τούτου βιώσιμες τεχνολογίες για πολλούς καταναλωτές. Η οικιακή δικτύωση, οι εγχώριες τεχνολογίες και διάφορα άλλα gadgets για καταναλωτές έγιναν διαθέσιμα. Η έξυπνη αυτοματοποίηση του σπιτιού είναι πανταχού παρούσα στην τρέχουσα αγορά. Οι καταναλωτές είναι πλέον σε θέση να ελέγχουν τη θέρμανση, τις τηλεοράσεις, τα φώτα, τις πόρτες και τους συναγερμούς μέσω τηλεχειριστηρίων και smartphone.

1.1.1. Μελλοντικές προοπτικές και προσδοκίες

Η τεχνολογία έξυπνου σπιτιού επιτρέπει τη χρήση υπολογιστών για τον έλεγχο των βασικών λειτουργιών και χαρακτηριστικών του σπιτιού είτε αυτόματα είτε από απόσταση. Η τεχνολογία έξυπνου σπιτιού περιλαμβάνει είτε προγραμματισμό είτε αυτόματη λειτουργία θέρμανσης και κλιματισμού, καθώς και συστήματα φωτισμού και ασφαλείας. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν διάφορες λειτουργίες μέσω τηλεχειριστηρίου με τη βοήθεια υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο. Το διαδίκτυο επιτρέπει τη διασύνδεση οικιακών συσκευών, επιτρέποντας έτσι στους χρήστες να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται από απόσταση συστήματα και συσκευές από απόσταση.

Τα τελευταία 20 χρόνια, οι τεχνολογίες έξυπνων σπιτιών έχουν εξελιχθεί σημαντικά, επιτρέποντας στους χρήστες να ελέγχουν και να παρακολουθούν τις συσκευές τους ακόμη και όταν βρίσκονται μακριά από το σπίτι. Η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε έχει πρόσβαση τόσο στο διαδίκτυο όσο και στις διασυνδεδεμένες συσκευές στο σπίτι. Πολλοί προγραμματιστές ακινήτων προσφέρουν τώρα σπίτια με χαρακτηριστικά έξυπνου σπιτιού. Η ECSI χρησιμοποίησε τα έξυπνα συστήματα υποδοχής συστημάτων Savant για να σχεδιάσει ένα έξυπνο σπίτι στη Μινεάπολη, με πλήρη αυτοματοποίηση.

Τα έξυπνα σπίτια χρησιμοποιούνται περισσότερο για να ζουν με πράσινη ενέργεια και να παρέχουν ασφάλεια. Οι τεχνολογίες έξυπνων σπιτιών μπορούν να κάνουν τα σπίτια βιώσιμα και να επιτρέψουν στους καταναλωτές να μειώσουν τις δαπάνες ενέργειας. Η διαδραστικότητα και η συνδεσιμότητα βοηθούν τις οικογένειες να

διαχειριστούν το σπίτι και τη ζωή τους. Αυτή η τεχνολογία ενσωματώνεται προς το παρόν σε άλλους τομείς, συμπεριλαμβανομένων σχολείων, γραφείων, καταστημάτων λιανικής και αεροδρομίων. Η αγορά αναμένεται να δει μια αυξημένη ζήτηση για αυτήν την τεχνολογία τα επόμενα χρόνια λόγω της διεύρυνσης της ευαισθητοποίησης σχετικά με τα πλεονεκτήματα του έξυπνου σπιτιού. [2]

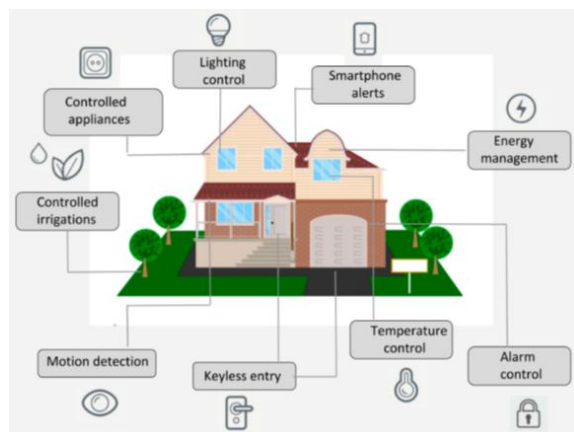
1.1.2. Συστήματα Smart home

Το Internet of Things (IoT) είναι ένα σύστημα που επιτρέπει τη σύνδεση συσκευών και απομακρυσμένη παρακολούθηση στο Διαδίκτυο. Τα τελευταία χρόνια, η έννοια του IoT έχει ισχυρή εξέλιξη, που χρησιμοποιείται επί του παρόντος σε διάφορους τομείς όπως **smart homes**, τηλεϊατρική, βιομηχανικά περιβάλλοντα κλπ. Τεχνολογίες ασύρματου δικτύου αισθητήρων ενσωματωμένες στα IoT επιτρέπουν μια παγκόσμια διασύνδεση έξυπνων συσκευών με προηγμένες λειτουργίες. Ένα ασύρματο δίκτυο οικιακού αυτοματισμού, αποτελούμενο από αισθητήρες και ενεργοποιητές που μοιράζονται πόρους και είναι αλληλένδετα μεταξύ τους, είναι η τεχνολογία κλειδί για την κατασκευή έξυπνων σπιτιών.

Ένα **Smart home** είναι μέρος του παραδείγματος IoT και στοχεύει στην ενσωμάτωση του αυτοματισμού του σπιτιού.

Η δυνατότητα σύνδεσης αντικειμένων και συσκευών σε ένα σπίτι στο Διαδίκτυο επιτρέπει στους χρήστες την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο τους.

Αυτά τα συστήματα αυτοματισμού περιλαμβάνουν διακόπτες φωτισμού που μπορούν να περιστραφούν, ενεργοποίηση και απενεργοποίηση με τη χρήση smartphone ή με φωνητική εντολή, θερμοστάτες που θα προσαρμόσουν τις εσωτερικές θερμοκρασίες και δημιουργούν αναφορές σχετικά με τη χρήση ενέργειας ή έξυπνα συστήματα άρδευσης, που θα ξεκινούν μια συγκεκριμένη ώρα της ημέρας, με ένα προσαρμοσμένο μηνιαίο πρόγραμμα, και έτσι θα ξεκινήσει τον έλεγχο των απορριμμάτων νερού. Οι λύσεις έξυπνων σπιτιών έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς τα τελευταία χρόνια.



Εικόνα 1 Ένα παράδειγμα ενός έξυπνου σπιτιού που χρησιμοποιεί διαφορετικά βοηθητικά προγράμματα που συνδέονται με το IoT

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτοματισμού σπιτιού είναι η εύκολη διαχείρισή τους και ο έλεγχός τους χρησιμοποιώντας διάφορες συσκευές, συμπεριλαμβανομένων smartphone, φορητών υπολογιστών και επιτραπέζιων υπολογιστών, tablet, έξυπνα ρολόγια ή φωνητικούς βοηθούς. Τα συστήματα αυτοματισμού σπιτιού προσφέρουν μια σειρά από οφέλη, όπως η προσθήκη ασφάλειας μέσω συσκευών και ελέγχου φωτισμού, εξασφάλιση των πόρων ενέργειας του σπιτιού μέσω αυτοματοποιημένων κλειδαριών πόρτας, αύξηση της ευαισθητοποίησης μέσω των καμερών ασφαλείας, αύξηση της ευκολίας μέσω ρύθμισης της θερμοκρασίας, εξοικονόμηση πολύτιμου χρόνου, έλεγχος και εξοικονόμηση χρημάτων.

Αρκετά συστήματα αυτοματισμού σπιτιού που σχετίζονται με το IoT έχουν προταθεί από ακαδημαϊκούς ερευνητές στη βιβλιογραφία την τελευταία δεκαετία. Σε ασύρματα συστήματα αυτοματισμού σπιτιού, έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικές τεχνολογίες, καθεμία από αυτές με τα υπέρ και τα κατά της. Για παράδειγμα, ο αυτοματισμός Bluetooth είναι χαμηλού κόστους, γρήγορος και εύκολος στην εγκατάσταση, αλλά είναι περιορισμένος σε μικρές αποστάσεις. Οι GSM και ZigBee είναι επίσης ευρέως χρησιμοποιούμενες ασύρματες τεχνολογίες. Η GSM παρέχει επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας με κόστος κινητού προγράμματος του παρόχου υπηρεσιών που δραστηριοποιείται στην περιοχή.

Το σύστημα Zigbee είναι ένα πρότυπο ασύρματου δικτύου που έχει σχεδιαστεί να είναι χαμηλού κόστους και με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, που απευθύνεται σε συσκευές με μπαταρία σε εφαρμογές ασύρματου ελέγχου και παρακολούθησης.

Ωστόσο, έχει χαμηλή ταχύτητα δεδομένων, χαμηλή μετάδοση, καθώς και χαμηλή σταθερότητα δικτύου, και έχει υψηλό κόστος συντήρησης. Η τεχνολογία Wi-Fi χρησιμοποιείται σε κάθε σπίτι πλέον. Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Wi-Fi έναντι του ZigBee ή του Z-Wave σχετίζονται με την τιμή, την πολυπλοκότητα (σημαίνει απλότητα) και την προσβασιμότητα. Πρώτον, με δυνατότητα Wi-Fi οι έξυπνες συσκευές είναι συνήθως φθηνές. Επιπλέον, είναι ευκολότερο να βρείτε συσκευές που φτιάχνετε μόνοι σας και χρησιμοποιήστε Wi-Fi, με αποτέλεσμα μια λιγότερο δαπανηρή επιλογή. Δεύτερον, το Wi-Fi είναι ήδη απαραίτητο και αυτό υπάρχει στα περισσότερα σπίτια, οπότε είναι ευκολότερο να αγοράσετε συσκευές που έχουν ήδη Wi-Fi. Τελικά, το Wi-Fi χαρακτηρίζεται από απλότητα, πράγμα που σημαίνει ότι ένας χρήστης πρέπει να συνδέσει μόνο ένα ελάχιστο αριθμό συσκευών. Δεδομένου ότι είναι πολύ συνηθισμένο, η επένδυση για επιπλέον υλικό αποφεύγεται. Ένας χρήστης χρειάζεται μόνο τη βασική ρύθμιση για οικιακό Σύστημα αυτοματισμού. Ωστόσο, το Wi-Fi δεν έχει σχεδιαστεί για τη δημιουργία δικτύων πλέγματος, καταναλώνει δέκα φορές περισσότερη ενέργεια από παρόμοιες συσκευές που χρησιμοποιούν ZigBee, Z-Wave ή Bluetooth για παράδειγμα, και πολλοί δρομολογητές Wi-Fi μπορούν να επιτρέψουν μόνο έως και τριάντα συσκευές συνδεδεμένες ταυτόχρονα.

1.1.3. Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα

Σε σύγκριση με το Ethernet, το Wi-Fi φέρνει πολλά πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της εύκολης σύνδεσης και πρόσβασης σε πολλαπλές συσκευές, η δυνατότητα επέκτασης (προσθήκη νέων συσκευών χωρίς ταλαιπωρία πρόσθετων καλωδίων), χαμηλότερο κόστος ή απαίτηση ενιαίου σημείου πρόσβασης. Επιπλέον, η ύπαρξη μιας μεγάλης και ενεργής κοινότητας χρηστών όσον αφορά το λογισμικό Arduino είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα. Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν περιορισμένη απόσταση για κάλυψη (ένα δίκτυο Wi-Fi με τυπικό εξοπλισμό μπορεί να είναι περιορισμένο σε εμβέλεια μέσω τοίχων και άλλα εμπόδια σε ένα τυπικό σπίτι), ο αριθμός των συσκευών μπορεί να είναι περιορισμένος, εκεί υπάρχουν παρεμβολές και πολύπλοκα εφέ διάδοσης, τα εμπόδια μπορούν να μπλοκάρουν το σήμα Wi-Fi και επηρεάζουν τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε αυτήν και υπάρχει ταχύτητα σύνδεσης (η ταχύτερη ταχύτητα του Wi-Fi, που είναι πολύ πιο

αργή από ένα ενσύρματο δίκτυο), την ασφάλεια στο Διαδίκτυο και θέματα απορρήτου. Χαμηλό κόστος, εξαρτήματα υλικού ανοιχτού κώδικα, όπως μονάδα μικροελεγκτή Arduino και Raspberry Pi (MCU) σανίδες και ένας συνδυασμός αισθητήρων έχουν χρησιμοποιηθεί πολύ στον τομέα οικιακού αυτοματισμού.

2. ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΠΙΤΙΟΥ

Οι αυτοματισμοί σπιτιού που χρησιμοποιούν πίνακες Arduino προτείνονται στο [παραπομπή 3,19–23]. Το λογισμικό Arduino είναι εξαιρετικά ευέλικτο, ανοιχτού κώδικα, δεν είναι ακριβό και εύκολο στον προγραμματισμό [παραπομπή 19]. Ωστόσο, το Arduino δεν έχει σχεδιαστεί για να χειρίζεται τη μεγάλη πολυπλοκότητα που προκύπτει από προηγμένα έργα. Για πιο προηγμένα και σε πραγματικό χρόνο έργα, το Raspberry Pi είναι μια καλύτερη επιλογή. Το Raspberry Pi είναι μια συναρπαστική τεχνολογική εξέλιξη που είναι πολύ φθηνότερη από οποιονδήποτε επιτραπέζιο υπολογιστή ή κινητή συσκευή. Το μεγαλύτερο μέρος του λογισμικού και των έργων που γίνονται στο Raspberry Pi αποτελείται από ανοικτό κώδικα (open source) και διατηρούνται από κοινότητες χρηστών στο διαδίκτυο, οι οποίες είναι πάντα ενθουσιασμένες στην κατασκευή και ανάπτυξη νέων έργων/λογισμικών. Κατά την ανάπτυξη λογισμικού στο Raspberry Pi, η Python είναι η πρώτη γλώσσα ως επιλογή, δεδομένου ότι είναι σχετικά απλή (λιγότερες γραμμές και λιγότερη πολυπλοκότητα) σε σύγκριση με άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Εκτός από τη χαμηλή τιμή του, το Raspberry Pi είναι ενεργειακά αποδοτικό και δεν απαιτεί κανένα σύστημα ψύξης. Οι έξυπνοι οικιακοί αυτοματισμοί με το Raspberry Pi είναι κατάλληλοι. Τα τσιπ ESP8266 είναι μονάδες Wi-Fi χαμηλής τιμής που είναι κατάλληλα για έργα στον τομέα IoT. Ο ESP8266 είναι ένας επεξεργαστής ενός πυρήνα που λειτουργεί στα 80 MHz.

Τα τσιπ ESP8266 χρησιμοποιήθηκαν για έργα που σχετίζονται με οικιακούς αυτοματισμούς. Η σύγκριση χαρακτηριστικών για το σύστημα αυτοματισμού σπιτιού που δημοσιεύτηκε σε επιστημονικές εργασίες, στα τελευταία δέκα έτη, παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Σύστημα Οικιακού αυτοματισμού	Επικοινωνία	Ελεγκτής	Διεπαφή χρήστη	Εφαρμογές
1	Bluetooth	PIC	mobile app	control indoor appliances
2	Bluetooth	Arduino	mobile app	control appliances indoor and outdoor, within short range
3	Bluetooth, GSM	PIC	mobile app	control appliances indoor and outdoor
4	ZigBee, Ethernet	Arduino MEGA	mobile app	control appliances indoor
5	X10, Serial, EIB, ZigBee, Bluetooth	32-bit ARM microcontroller	Control panel (touch pad), desktop based	indoor automation solution
6	Wi-Fi, ZigBee	Raspberry PI, NodeMCU		controlling humidity, temperature, luminosity, movement, and current
7	ZigBee	Laptop/PC server	mobile app	control of indoor appliances but not actually implemented
8	ZigBee,Wi-Fi	Linux board	GUI interface	control HVAC appliances
9	ZigBee,Wi-Fi, Ethernet	Raspberry PI	web-based, mobile app	remote control of appliances (IP cams, smart plugs)
10	Wi-Fi	TI-CC3200 MCU	mobile app	control indoor appliances,monitor the soil moisture
11	Wi-Fi	NodeMCU	web-based	control indoor appliances

12	Bluetooth,Wi-Fi	Raspberry PI	mobile app	control indoor appliances
13	Wi-Fi	Arduino mega	web-based, mobile app	control of indoor appliances
14	Wi-Fi	PC server	web-based, mobile app	security, energy management
15	Wi-Fi, IR	PC server	mobile app	control of indoor appliances
16	Wi-Fi	Arduino	mobile app	control indoor appliances, video surveillance
17	Bluetooth	Arduino	mobile app	control indoor appliances, energy management
18	Wi-Fi	Arduino, ESP8266	mobile app	control indoor appliances
19	Bluetooth,Wi-Fi	Arduino mega	web-based, mobile app	indoor and outdoor control,monitoring, energy management, safety, security
20	Ethernet	Arduino mega	web-based	control of indoor appliances
21	Ethernet	Raspberry PI	web-based	control home appliances,surveillance
22	ZigBee, Z-wave,Wi-Fi	Raspberry PI	unspecified	light automation and physical intrusion detection
23	Wi-Fi	NodeMCU	web-based, mobile app	control indoor appliances (luminosity sensor, LED, buzzer)
24	Wi-Fi	ESP8266	unspecified	testing modules in a smart home system, related to indoor appliances control, surveillance, energy management
25	Wi-Fi	Arduino, ESP8266	mobile app	control of switches
26	Wi-Fi	Node MCU	web-based, mobile app	control of appliances indoor and outdoor, safety,security, energy management monitoring
27	Ethernet	Galileo board	web-based, mobile app	indoor and outdoor control, energy management, security
28	GSM,Wi-Fi	PC server	web-based	safety, monitoring (gas,temperature, fire sensors)

29	GSM	8051 MCU	web-based	indoor and outdoor control
30	GSM	Arduino	web-based	control of indoor appliances, safety, energy management
31	ZigBee,Wi-Fi, GSM/GPR	PC	LabVIEW PDA Module	remote monitoring and control system for intelligent buildings
32	ZigBee	PC	web app	power outlet control
qToggle	Wi-Fi	Raspberry PI, ESP 8266	web-based, mobile app	multiple home automations indoor and outdoor, irrigations, security, monitoring, power and energy management (including solar energy), Google assistant compatible

Πίνακας 1 Σύγκριση χαρακτηριστικών για το σύστημα αυτοματισμού σπιτιού που δημοσιεύτηκε τα τελευταία 10 χρόνια.

Μια άλλη κατηγορία συστημάτων αυτοματισμού σπιτιού αντιπροσωπεύεται από εμπορικές πλατφόρμες, όπως Qivicon, Domintell, Loxone ή HomeSeer. Προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα σε έξυπνες οικιακές συσκευές, από πολλούς προμηθευτές, διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας για ενσύρματες (Domintell) και ασύρματες (Qivicon) μεταδόσεις, ή και τα δύο (HomeSeer και Loxone), και πολλαπλοί αυτοματισμοί όπως σύστημα κλειδώματος, έλεγχος θερμοκρασίας, σύστημα αστραπής, περιβαλλοντικό σύστημα, παρακολούθηση βίντεο (μόνο Qivicon και HomeSeer) ή αντιεμβολή.

Όλες οι λύσεις παρέχουν μια εφαρμογή για κινητά για τον έλεγχο των συστημάτων. Τιμητικά, εξαρτάται από το μέγεθος του σπιτιού, τον αριθμό των συσκευών που θα εγκατασταθούν και τις ανάγκες του χρήστη.

Σύμφωνα με τις έρευνες, το ελάχιστο κόστος κυμαίνεται μεταξύ 1800 και 2600 ευρώ. Επί του παρόντος, υπάρχει μεγάλη ποικιλία συστημάτων αυτοματισμού οικιακού ανοιχτού κώδικα. Το OpenHAB και το Home Assistant είναι δύο από τους πιο δυνατούς παίκτες του ανοιχτού κώδικα κοινότητα αυτοματισμού σπιτιού, μοιράζοντας παρόμοιο όραμα και ενσωματώνοντας πολλές συσκευές.

Ωστόσο, το openHAB απαιτεί γνώσεις σχετικά με τον τρόπο εισαγωγής εντολών για ενσωμάτωση σε συσκευές, γεγονός που το καθιστά περίπλοκο και χρονοβόρο. Το

Home Assistant, από την άλλη πλευρά, είναι περισσότερο φιλικό σε χρήστες, αλλά απαιτεί σημαντική προσπάθεια διαμόρφωσης. Οι εφαρμογές για κινητά φαίνονται λιγότερο ευέλικτες και αρκετά περίπλοκες και πολύπλοκες, ειδικά για αρχάριους. Ο Domoticz προσφέρει ένα αξιοπρεπές αριθμό χαρακτηριστικών, όπως η διαμόρφωσή του γίνεται κυρίως μέσω της διεπαφής ιστού και των προσθηκών οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επέκταση της λειτουργικότητάς του. Δυστυχώς, η ίδια η διεπαφή δεν είναι εξαιρετικά ενστικτώδης. Το Domoticz είναι αρκετά περιορισμένο όσον αφορά τις υποστηριζόμενες συσκευές και διαμορφώσεις.

2.1. Σύγκριση χαρακτηριστικών

Οι πλατφόρμες αυτοματισμού οικιακού κώδικα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Οι πλατφόρμες μπορεί να διαφοροποιήθηκαν, μεταξύ άλλων, όσον αφορά τη γλώσσα ανάπτυξης, το API, την ποσότητα των εφαρμοζόμενων πρωτοκόλλων και προσθηκών, καθώς και την ποσότητα και το είδος των τεκμηριώσεων. Φυσικά, αυτές δεν είναι οι μόνες διαθέσιμες επιλογές. Οι συγγραφείς των ανοικτών λογισμικών(**open source**) παρουσιάζουν αναλυτικά τη σύγκριση δεκαπέντε πλατφορμών ανοιχτού κώδικα.

Σύστημα	Γλώσσα Ανάπτυξης	API	Άλλα χαρακτηριστικά
OpenHAB	Java	Representational state transfer (REST)	web interface, many protocols, many plugins, MQTT, EPL v1 license, extensive documentation
HomeAssistant	Python	REST/Python/Websocket APIs	web interface, many protocols, many plugins, MQTT, Apache 2.0 license, extensive documentation
Domoticz	C++	JSON based	web interface, many protocols, many plugins, MQTT, GPL v3 license, extensive documentation
Calaos	C++	JSON based	web interface, a few protocols, under development plugins, MQTT, GPL v3 license, extensive documentation (in French)

Jeedom	PHP	JSON RPC and HTTP based	web interface, many protocols, many plugins, MQTT, GPL v2 license, extensive documentation (in French)
Fhem	Perl	ASCII commands	web interface, many protocols, many plugins, MQTT, GPL v2 license, extensive documentation (in German)
qToogle	Python	JSON based REST	web interface, many protocols, a few plugins (undergoing continuous development), Hypertext Transfer Protocol (HTTP) based messaging, Apache 2.0 license, extensive documentation (in English on Github)

Πίνακας 2 Σύγκριση των πιο σχετικών πλατφορμών οικιακού αυτοματισμού ανοιχτού κώδικα.

2.2. Υλικά και μέθοδοι

2.2.1. Αρχιτεκτονική και Σχεδιασμός Συστήματος

Θα αναλύσουμε το **σύστημα κλιματιστικού μέσω κινητού**. Αυτό το σύστημα βασίζεται στο Arduino και λειτουργεί καλά σε πίνακες μεγαλύτερους από το “Arduino UNO”, που δεν έχουν τόση μνήμη. Με αυτό μπορείτε να ενεργοποιήσετε ή να απενεργοποιήσετε, το σύστημα κλιματισμού του σπιτιού σας, ελέγχοντας τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, και όλα αυτά, μέσω του προγράμματος περιήγησης του τηλεφώνου σας μακριά από το σπίτι. Όλα αυτά φυσικά πραγματοποιούνται αν έχετε σύνδεση στο διαδίκτυο στο σπίτι και στο κινητό σας τηλέφωνο (όχι μόνο smartphone). [4]

2.3. Εφαρμογή Arduino “κλιματιστικό μέσω κινητού”

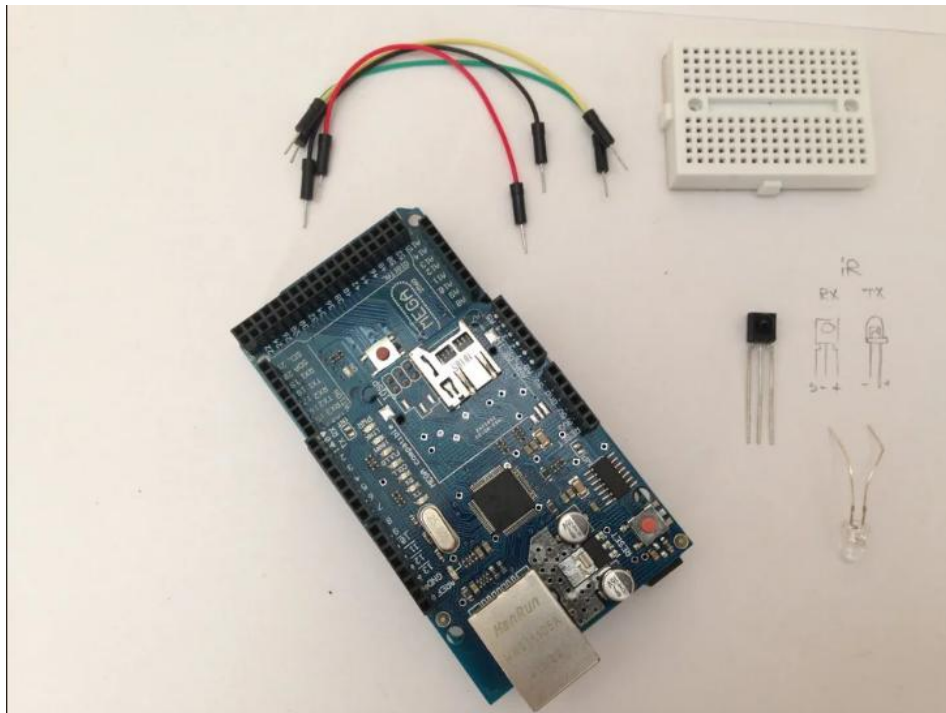
Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα 4 βήματα, που θα πρέπει να εφαρμοστούν στο προγραμματιστικό περιβάλλον Arduino, ώστε να γίνει σωστά η χρήση κλιματιστικού μέσω κινητού.

2.3.1. Βήμα 1 : Υλικό Hardware

Στο 1^ο βήμα θα χρειαστούμε τα εξής εργαλεία για τη σύνθεση του συστήματος :

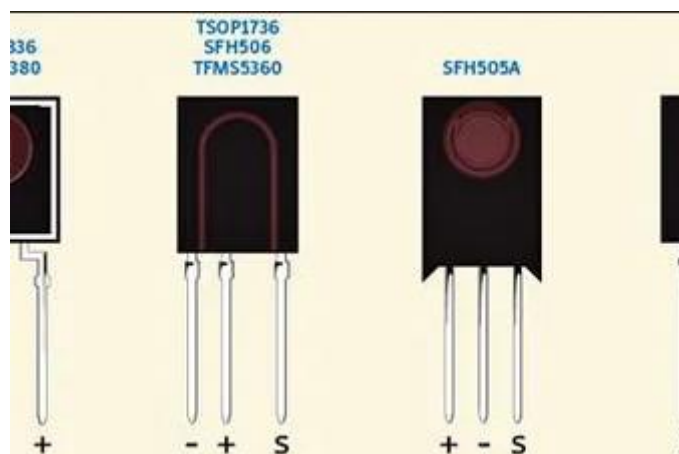
- Κυκλωματική πλακέτα “Arduino Mega”
- Προστατευτικό βύσμα καλωδίου Ethernet
- βύσμα τροφοδοσίας των 5v(USB), 6v ή 9v για το Arduino
- καλώδιο LAN ethernet
- αισθητήρας θερμοκρασίας/υγρασίας DHT22 (ή DHT11)
- Infra Red (IR) LED από τηλεχειριστήριο ή από κατάστημα ηλεκτρονικών ειδών με κόστος λιγότερο από 1€
- προσωρινός δέκτης IR
- ένα προσωρινό κυκλωματικό breadboard με τρία καλώδια

Τα εργαλεία αυτά παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα 2:



Εικόνα 2 Εργαλεία Arduino

2.3.2. Βήμα 2: Λήψη των κωδικών



Εικόνα 3 Κωδικοί εργαλείων/εξαρτημάτων

Ξεκινώντας θεωρητικά , όπως γνωρίζουμε το τηλεχειριστήριο των συστημάτων κλιματισμού έχει πάντα LCD οθόνη με ρυθμίσεις. Όταν πατάτε οποιοδήποτε κουμπί, το led IR στέλνει ΟΛΕΣ τις διαμορφώσεις που εμφανίζονται στο LCD του τηλεχειριστηρίου, συν την τροποποίηση πατώντας αυτό το κουμπί.

Όλα τα άλλα τηλεχειριστήρια (τηλεόραση, DVD, HiFi ...) είναι διαφορετικά, γιατί κάθε φορά που πατάτε το ίδιο κουμπί, λαμβάνετε τον ίδιο σύντομο κωδικό. Αλλά αυτή είναι μια άλλη ιστορία.

Για να φτιάξουμε τον δέκτη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Arduino (το "Arduino UNO" είναι αρκετά καλό) και τον δέκτη IR. Δείτε την παραπάνω Εικόνα 3 με λίγα μοντέλα και pinout. Απλά κοιτάζτε το περίβλημα και τις καρφίτσες. Στην περίπτωση μας, είναι το πρώτο στη λίστα.

Τοποθετήστε τον δέκτη στο κυκλωματικό breadboard και συνδέστε + σε 5V, - στο GND και S στο ψηφιακό Arduino 2. Συνδέστε το Arduino στον υπολογιστή και κατεβάστε εδώ το σκίτσο Arduino "Long_IR" και φορτώστε το στο Arduino.

Για να λάβετε τους κωδικούς για OFF, DRY, COOL ή ακόμα και ΘΕΡΜΑΝΣΗ, πρέπει να ρυθμίσετε το LCD στο τηλεχειριστήριο με τη διαμόρφωση που χρειαζόμαστε, για παράδειγμα DRY/25 °C/no Swing/Fan auto. Στη συνέχεια, ανοίξτε το τερματικό, το Arduino θα περιμένει τα δεδομένα από το τηλεχειριστήριο. Τώρα βάλτε το τηλεχειριστήριο στο μπροστινό μέρος του δέκτη arduino και πατήστε "ON/OFF". Αφού δείτε στο τερματικό τον κωδικό που έρχεται, πατήστε ξανά "ON/OFF".

Με αυτόν τον τρόπο, ο πρώτος κωδικός που παίρνετε στο τερματικό είναι OFF και ο δεύτερος είναι DRY/25 °C/χωρίς Swing/Fan auto.

Μπορείτε να αντιγράψετε αυτούς τους κωδικούς σε ένα αρχείο κειμένου.

Τώρα, μπορείτε να κάνετε το ίδιο για το COOL και μπορείτε να αντιγράψετε μόνο τον κωδικό για το COOL.

Στο αρχείο κειμένου με τους κωδικούς ακυρώστε όλο το σύμβολο "-" (μείον) και τοποθετήστε το στο σκίτσο. Το αρχείο "Long_IR.ino" έχει την ακόλουθη μορφή ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία του βήματος 2:

```
/*
```

Αυτός ο κώδικας παρέχεται για να ξεπεραστεί ένα πρόβλημα, που εντοπίστηκε στις βιβλιοθήκες IR Arduino.

Σας επιτρέπει να καταγράφετε ακατέργαστους χρονισμούς για σήματα μεγαλύτερα από 255 σημεία & κενά.

Η τυπική περίπτωση χρήσης είναι για μεγάλα σήματα κλιματιστικού.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την έξοδο για να το συνδέσετε ξανά στο IRremote, για να στείλετε ξανά το σήμα.

Συνδέσεις :

IR Receiver *Arduino*

V+ *-> +5v*

GND *-> GND*

Signal Out *-> Digital Pin 2*

(Εάν χρησιμοποιείτε Arduino στα 3V, μπορείτε να συνδέσετε V + σε + 3V)

```
*/
```

```
#define LEDPIN 13
```

```
// μπορείτε να αυξήσετε αυτήν την τιμή στα Arduinos με μεγαλύτερο από 2k SRAM
```

```
#define maxLen 800
```

```
volatile unsigned int irBuffer[maxLen]; // αποθηκεύει τους χρόνους - ασταθής επειδή έχει αλλάξει λόγω ISR
```

```
volatile unsigned int x = 0; // Δείκτης μέσω irBuffer - ασταθής επειδή άλλαξε λόγω ISR
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(115200); // αλλάζετε το ποσοστό BAUD, όπως απαιτείται
```

```
    attachInterrupt(0, rxIR_Interrupt_Handler, CHANGE); // ρυθμίστε το ISR για λήψη σήματος IR
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    Serial.println(F("Press the button on the remote now - once only"));
```

```
    delay(5000); // παύση 5 δευτερολέπτων
```

```
    if (x) { // εάν καταγραφεί ένα σήμα
```

```
        digitalWrite(LEDPIN, HIGH); // οπτικός δείκτης που έλαβε το σήμα
```

```
        Serial.println();
```

```
        Serial.print(F("Raw: (")); // μη ενεργή ακατέργαστη μορφή κεφαλίδας - για βιβλιοθήκη
```

```
        Serial.print((x - 1));
```

```
        Serial.print(F(" "));
```

```
        detachInterrupt(0); // διακοπή διακοπών & σύλληψη σημάτων έως ότου τελειώσετε εδώ
```

```
        for (int i = 1; i < x; i++) { // τώρα απενεργοποιήσετε τους χρόνους
```

```
            if (!(i & 0x1)) Serial.print(F("-"));
```

```
            Serial.print(irBuffer[i] - irBuffer[i - 1]);
```

```
            Serial.print(F(", "));
```

```
        }
```

```
x = 0;

Serial.println();

Serial.println();

digitalWrite(LEDPIN, LOW); // τέλος του οπτικού δείκτη, για αυτή την φορά, που
εκτελείται

attachInterrupt(0, rxIR_Interrupt_Handler, CHANGE); // Ενεργοποιήστε ξανά το
ISR για λήψη σήματος IR

}

}

void rxIR_Interrupt_Handler() {

  if (x > maxLen) return; // αγνοήστε εάν το irBuffer είναι ήδη γεμάτο

  irBuffer[x++] = micros(); // απλώς καταγράφετε συνεχώς τη χρονική σφραγίδα των
μεταβάσεων σήματος

}
```

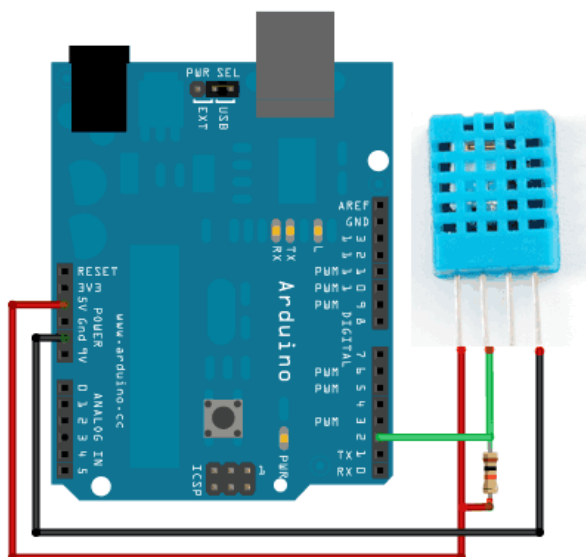
2.3.3. Βήμα 3: Πρώτη δοκιμή στο οικιακό δίκτυο

Πρώτα δοκίμασα με “Arduino UNO”, αλλά επειδή ξέφυγε το πρόγραμμα από τη μνήμη (μόνο 2kb) για τις μεταβλητές, εγκατέλειψα τη λύση αυτή. Το “Arduino UNO” είναι μια καλή λύση αν θέλετε απλώς να ενεργοποιήσετε τον κλιματισμό (με χρήση ενός κωδικού). Εάν χρειάζεστε κουμπιά για να απενεργοποιήσετε το κλιματιστικό, ενεργοποιήστε την ψύξη, ενεργοποιήστε το στέγνωμα, ενεργοποιήστε τη θέρμανση, χρειάζεστε σίγουρα ένα “Arduino Mega”, που ως λύση αυτή προτείνουμε.

Το DHT22 είναι προαιρετικό. Αλλά είναι καλύτερα να βλέπεις τη θερμοκρασία και την υγρασία στο σπίτι σου, μία ώρα πριν την άφιξή σου στο σπίτι.

Τοποθετήστε το προστατευτικό βύσμα ethernet στο arduino. Συνδέστε το DHT22 σε +, GND και το ψηφιακό pin 2. Εκτελέστε τη σύνδεση DHT22 ως εξής:

Είναι αρκετά εύκολο να συνδέσετε την κυκλωματική πλακέτα της AdaFruit με τους αισθητήρες DHT όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 7. Όπως βλέπετε στην Εικόνα 7 οι αισθητήρες DHT22 έχουν τέσσερις ακίδες, τις εξής παρακάτω:



Εικόνα 7 Κυκλωματική σύνδεση του αισθητήρα DHT22

- 1.) VCC – κόκκινο σύρμα Συνδέστε σε ισχύ 3,3 – 5V. Σε κάποια χρονική στιγμή η ισχύς 3,3V δεν είναι αρκετή, οπότε δοκιμάστε το μέγιστο 5V.
- 2.) Έξοδος δεδομένων – λευκό ή κίτρινο σύρμα
- 3.) Μη συνδεδεμένο
- 4.) Γείωση – μαύρο σύρμα

Απλώς αγνοήστε την ακίδα 3, δεν χρησιμοποιείται. Θα θέλατε να τοποθετήσετε μια αντίσταση 10 Kohm μεταξύ του VCC και του πείρου δεδομένων, για να λειτουργήσει ως έλξη μέσης ισχύος στη γραμμή δεδομένων. Το Arduino έχει ενσωματωμένα τραβήγματα που μπορείτε να ενεργοποιήσετε αλλά είναι πολύ αδύναμα, περίπου 20-50K.

Το διάγραμμα όπως Εικόνας 7 δείχνει πώς θα συνδέσουμε τον αισθητήρα DHT22 με την κυκλωματική πλακέτα “Arduino Mega” για το σκίτσο δοκιμής. Συνδέστε τα

δεδομένα στο pin 2, έτσι ώστε να μπορείτε να τα αλλάξετε αργότερα σε οποιοδήποτε pin.

Συνδέστε τον πομπό IR στο GND και τον ψηφιακό ακροδέκτη 9. Σημειώστε ότι δεν χρησιμοποίησα αντίσταση. Βλέπω ότι με την αντίσταση, το φως IR είναι πολύ αδύναμο (το AC δεν έλαβε τιμή) και χωρίς την αντίσταση λειτουργεί καλύτερα. Στη συνέχεια, συνδέστε το arduino στο δίκτυο.

Εάν έχετε AM2302, τότε ακολουθήστε όπως παρακάτω οδηγίες :

Για να χρησιμοποιήσουμε τον αισθητήρα DHT22, θα δοκιμάσουμε το σκίτσο χρησιμοποιώντας το Arduino AM2302. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιοδήποτε μικροελεγκτή που μπορεί να κάνει χρονοισμό μικροδευτερολέπτου, αλλά επειδή είναι λίγο δύσκολο να τον κωδικοποιήσουμε, προτείνεται να επαληθεύσουμε την έναρξη όπως καλωδίωσης και του αισθητήρα με το Arduino.

Θα πρέπει να έχουμε το λογισμικό Arduino IDE σε λειτουργία αυτήν τη στιγμή. Στη συνέχεια, είναι απαραίτητο να εγκαταστήσουμε τη βιβλιοθήκη DHT, η οποία μπορεί να γίνει μέσω του Arduino Library Manager:

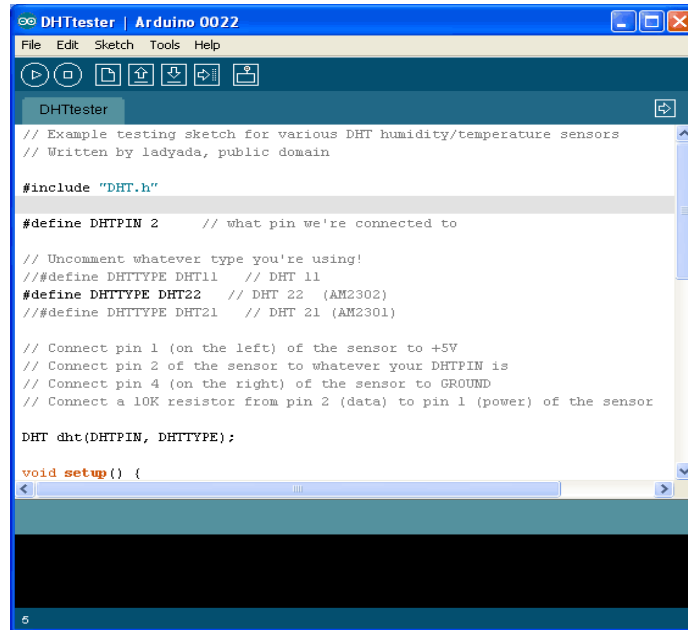
Sketch→**Include Library**→**Manage Libraries...**

Εισαγάγετε «dht» στο πεδίο αναζήτησης και αναζητήστε τη λίστα «βιβλιοθήκη αισθητήρων DHT από το “Adafruit”». Κάντε κλικ στο κουμπί «Εγκατάσταση» ή «Ενημέρωση» από παλαιότερη έκδοση.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ: Από την έκδοση 1.3.0 όπως βιβλιοθήκης DHT θα χρειαστεί όπως να εγκαταστήσετε τη βιβλιοθήκη Adafruit Unified Sensor, η οποία είναι όπως διαθέσιμη στο Arduino Library Manager.

Τώρα φορτώστε το σκίτσο **Examples**→**DHT**→**DHTtester** όπως δείχνει η Εικόνα 8:

Έξυπνο σπίτι: Μελέτη και κατασκευή σε περιβάλλον Arduino.



```
DHTtester
// Example testing sketch for various DHT humidity/temperature sensors
// Written by ladyada, public domain

#include "DHT.h"

#define DHTPIN 2 // what pin we're connected to

// Uncomment whatever type you're using!
// #define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)

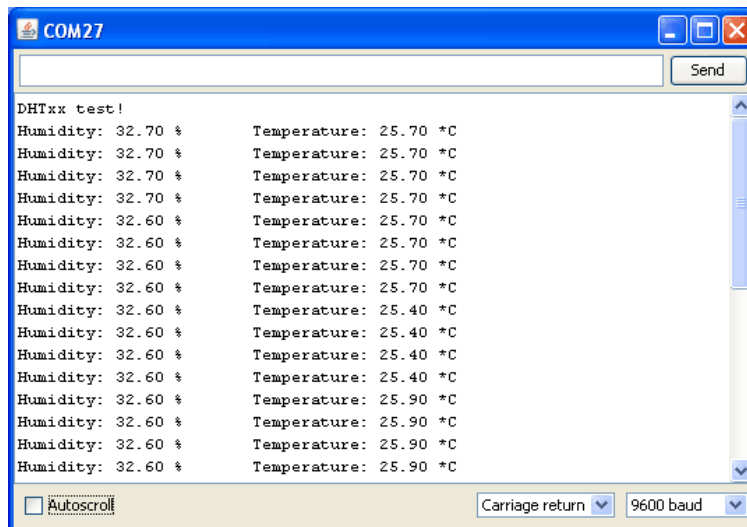
// Connect pin 1 (on the left) of the sensor to +5V
// Connect pin 2 of the sensor to whatever your DHTPIN is
// Connect pin 4 (on the right) of the sensor to GROUND
// Connect a 10K resistor from pin 2 (data) to pin 1 (power) of the sensor

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
```

Εικόνα 8 ΦΟΡΤΩΣΗ ΣΚΙΤΣΟΥ

Η παραπάνω διαδικασία θα κάνει τα δεδομένα να εμφανίζονται σωστά για τον σωστό αισθητήρα όπως φαίνεται στην Εικόνα 9. Ανεβάστε το σκίτσο!



```
COM27
DHTxx test!
Humidity: 32.70 %      Temperature: 25.70 *C
Humidity: 32.70 %      Temperature: 25.70 *C
Humidity: 32.70 %      Temperature: 25.70 *C
Humidity: 32.70 %      Temperature: 25.70 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.70 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.70 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.70 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.40 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.40 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.40 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.40 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.90 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.90 *C
Humidity: 32.60 %      Temperature: 25.90 *C
```

Εικόνα 9 Εμφάνιση αποτελεσμάτων

Θα πρέπει να δείτε τη θερμοκρασία και την υγρασία. Μπορείτε να δείτε αλλαγές εισπνέοντας τον αισθητήρα (όπως θα ομίγησε ένα παράθυρο) που θα αυξήσει την υγρασία.

Μπορείτε να προσθέσετε τόσους αισθητήρες DHT όσες γραμμώνετε σε μεμονωμένες καρφίτσες, απλώς προσθέστε νέες γραμμές όπως π.χ.

```
DHT dht2 = DHT(pin, type);
```

κάτω από τη δήλωση για το αρχικό αντικείμενο `dht` μπορείτε να αναφέρετε το νέο αντικείμενο `dht2` όποτε θέλετε.

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τη διαδικασία συγγραφής κώδικα σε Python :

Για να χρησιμοποιήσετε τον αισθητήρα DHT με την πλακέτα Adafruit CircuitPython, θα πρέπει να εγκαταστήσετε τη μονάδα `Adafruit_CircuitPython_DHT` στον πίνακα σας.

Πρώτα βεβαιωθείτε ότι εκτελείτε την τελευταία έκδοση του `Adafruit CircuitPython` για τον πίνακα σας. Ειδικότερα για τους βασικούς πίνακες `Gemma M0`, `Trinket M0` και `M0` πρέπει να χρησιμοποιείτε το `CircuitPython 2.1.0` ή νεότερο για να έχετε πρόσβαση στην απαραίτητη μονάδα παλμών!

Στη συνέχεια θα χρειαστεί να εγκαταστήσετε τις απαραίτητες βιβλιοθήκες για να χρησιμοποιήσετε το υλικό-ακολουθήστε προσεκτικά τα βήματα για να βρείτε και να εγκαταστήσετε αυτές τις βιβλιοθήκες από το πακέτο βιβλιοθηκών του `Adafruit's CircuitPython`. Ο οδηγός εισαγωγής έχει μια υπέροχη σελίδα σχετικά με τον τρόπο εγκατάστασης του πακέτου βιβλιοθήκης τόσο για πίνακες εξπρές όσο και για αργούς.

Θυμηθείτε για πίνακες που δεν εκφράζονται όπως αυτός, θα πρέπει να εγκαταστήσετε μη αυτόματα τις απαραίτητες βιβλιοθήκες από το πακέτο:

- **`adafruit_dht.mpy`**

Πριν συνεχίσετε, βεβαιωθείτε ότι ο φάκελος `lib` του πίνακα ή το σύστημα αρχείων ρίζας έχει αντιγράψει τη λειτουργική μονάδα `adafruit_dht.mpy` όπως φαίνεται στην Εικόνα 10:

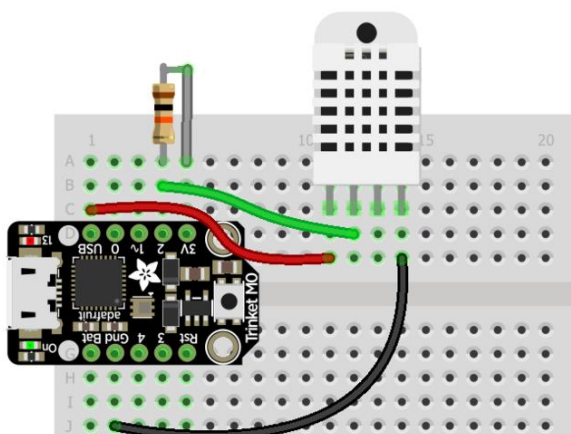
Devices	Name	Date Modified
tony-imac	adafruit_dht.mpy	Today, 2:11 PM
Remote Disc	boot_out.txt	Sep 1, 2016, 4:43 PM
CIRCUI...		

Εικόνα 10 Αντιγραφή της λειτουργικής μονάδας adafruit_dht.mpy

Η καλωδίωση DHT είναι πολύ απλή:

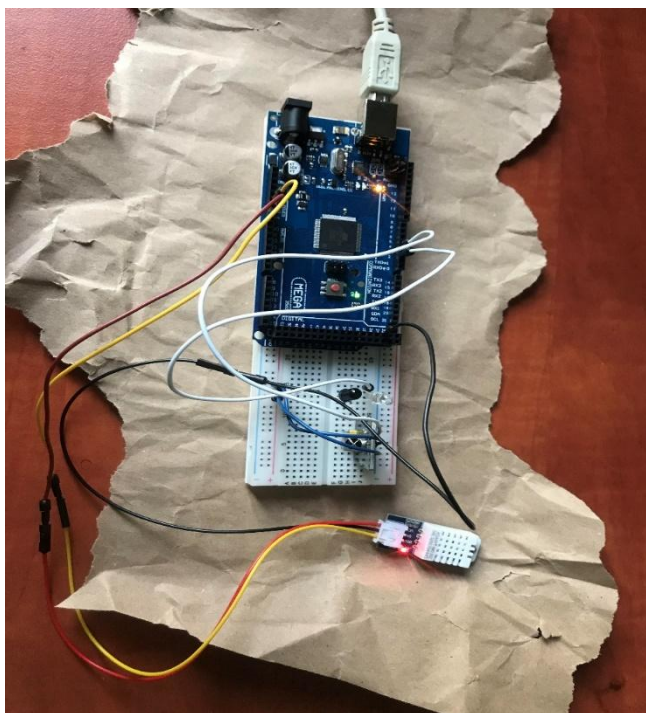
- Η πιο αριστερή ακίδα είναι η ισχύς. Σας συνιστούμε να τροφοδοτείτε από 5V (μερικές φορές τα 3V δεν είναι αρκετά) - αυτό είναι εντάξει ακόμη και αν χρησιμοποιείτε λογική 3.3V.
- Η δεύτερη ακίδα είναι τα δεδομένα. Συνδέστε μια αντίσταση έλξης 10K από αυτήν την ακίδα σε 3,3V. Εάν χρησιμοποιείτε DHT11, απαιτείται. Εάν χρησιμοποιείτε DHT22 ή AM2302, μερικές φορές μπορείτε να το απενεργοποιήσετε.
- Παραλείψτε την τρίτη ακίδα.
- Η πιο δεξιά ακίδα είναι γειωμένη.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα που χρησιμοποιεί Trinket M0 - μπορείτε να χρησιμοποιήσετε οποιονδήποτε πίνακα CircuitPython, απλώς ελέγξτε ότι η ακίδα δεδομένων είναι ικανή για παραγωγή παλμού **pulseio**. Αυτό το παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 11:



Εικόνα 11 Έλεγχος ακίδας δεδομένων αν είναι ικανή για παραγωγή παλμού pulseio

Στο παρακάτω παράδειγμα θα χρησιμοποιήσουμε έναν αισθητήρα Feather M0 και DHT22 συνδεδεμένοι στην ακίδα D6 όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 :



Εικόνα 12 Χρήση Αισθητήρα Feather M0 και DHT22 συνδεδεμένοι στην ακίδα D6

Ας προχωρήσουμε στη χρήση των παραπάνω συστημάτων με σκοπό την επίτευξη του τηλε-χειρισμού του Air-condition μέσω κινητού Smartphone.

Για να παρουσιάσετε τη χρήση της μονάδας αισθητήρα DHT, μπορείτε να συνδεθείτε στο σειριακό REPL της πλακέτας σας και να εκτελέσετε κώδικα Python για να διαβάσετε τη θερμοκρασία και την υγρασία.

Στη συνέχεια, συνδεθείτε στη σειριακή REPL του πίνακα, ώστε να βρίσκεστε στην εντολή του τερματικού **CircuitPython >>>**.

Επόμενη κίνηση μας είναι η εισαγωγή των μονάδων του πίνακα και `adafruit_dht`, οι οποίες είναι οι απαραίτητες ενότητες για την έναρξη και πρόσβαση στον αισθητήρα γι' αυτό γράφουμε στο αρχείο **'file'** τις εξής δύο εντολές:

```
import board  
  
import adafruit_dht
```

Μπορεί επίσης να δοκιμάσετε να τροφοδοτήσετε τον αισθητήρα DHT από 5V (διαπιστώσαμε ότι μερικές φορές χρειάζεται πραγματικά περισσότερη ισχύ), αλλά εξακολουθείτε να έχετε την αντίσταση έλξης 10K στα 3,3V.

Τώρα δημιουργήστε μια παρουσία είτε της κλάσης DHT11 είτε της DHT22, ανάλογα με τον τύπο του αισθητήρα που χρησιμοποιείτε (για τον αισθητήρα AM2302 χρησιμοποιήστε την κλάση DHT22). Πρέπει να περάσετε στην ακίδα, που είναι συνδεδεμένη στη γραμμή σήματος, για παράδειγμα ένας αισθητήρας DHT22 ή AM2302 συνδεδεμένος με την ακίδα D6 θα χρειαζόταν αυτόν τον κωδικό:

```
dht = adafruit_dht.DHT22(board.D6)
```

Σημείωση: για έναν αισθητήρα DHT11 θα χρησιμοποιούσατε αντίθετα το `adafruit_dht.DHT11` στη θέση του παραπάνω κωδικού `adafruit_dht.DHT22`.

Σε αυτό το σημείο είστε έτοιμοι να ξεκινήσετε να διαβάζετε τη θερμοκρασία και την υγρασία! Μπορείτε να το κάνετε διαβάζοντας την ιδιότητα θερμοκρασίας που επιστρέφει τη θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου γράφοντας τον παρακάτω κώδικα :

```
dht.temperature
```

Για να διαβάσετε την τιμή της ιδιότητας υγρασίας, γράφοντας τον παρακάτω κώδικα θα επιστρέψει στην οθόνη σας το ποσοστό υγρασίας ως τιμή κυμαινόμενου σημείου από 0 έως 100% :

```
dht.humidity
```

Στις περισσότερες περιπτώσεις θα λαμβάνετε πάντα μια τιμή θερμοκρασίας ή υγρασίας όταν σας ζητηθεί, αλλά μερικές φορές εάν υπάρχει ηλεκτρικός θόρυβος ή το σήμα διακόπηκε με κάποιο τρόπο, ενδέχεται να δείτε μια εξαίρεση να πετάγεται για να προσπαθήσετε ξανά. Είναι φυσιολογικό αυτοί οι αισθητήρες να είναι μερικές φορές δύσκολοι στην ανάγνωση και ίσως χρειαστεί να κάνετε τον κώδικα σας να προσπαθήσει ξανά μερικές φορές εάν δεν διαβάζει άλλες εισόδους. Ωστόσο, εάν λαμβάνετε πάντα λάθη και δεν μπορείτε ποτέ να διαβάσετε τον αισθητήρα, ελέγξτε ξανά την καλωδίωσή σας (μην ξεχάσετε την αντίσταση ανύψωσης αν χρειαστεί!) και την ισχύ στη συσκευή.

Παρακάτω παρουσιάζουμε ένα κώδικα ως παράδειγμα :

```
import time

import adafruit_dht
import board

dht = adafruit_dht.DHT22(board.D2)

while True:
    try:
        temperature = dht.temperature
        humidity = dht.humidity
        # Print what we got to the REPL
        print("Temp: {:.1f} *C \t Humidity: {}%".format(temperature,
            humidity))
    except RuntimeError as e:
```

Έξυπνο σπίτι: Μελέτη και κατασκευή σε περιβάλλον Arduino.

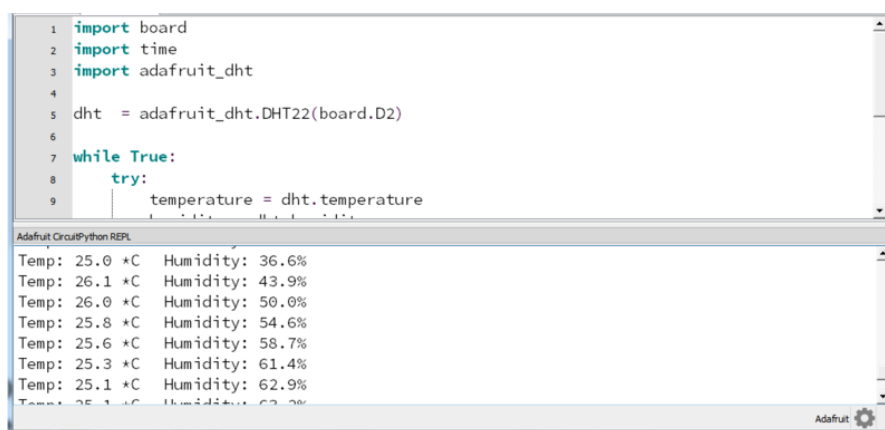
```
        # Reading doesn't always work! Just print error and we'll try
again
        print("Reading from DHT failure: ", e.args)

    time.sleep(1)
```

Μην ξεχάσετε να αλλάξετε τη λογική ακίδα σε όποια ακίδα εσείς χρησιμοποιείτε! Στη συνέχεια, αποθηκεύστε το ως **main.py** στον πίνακα **CircuitPython**.

Εάν χρησιμοποιείτε DHT11, αλλάξτε τον κωδικό για να χρησιμοποιήσετε ένα αντικείμενο `adafruit_dht.DHT11 (board.D2)`.

Ανοίξτε το REPL για να δείτε την έξοδο όπως βλέπουμε στην Εικόνα 13! Αναπνεύστε κοντά στον αισθητήρα για να τον δείτε να ανεβάζει τη θερμοκρασία και την υγρασία (εκτός εάν είστε White Walker, οπότε η θερμοκρασία θα μειωθεί).



```
1 import board
2 import time
3 import adafruit_dht
4
5 dht = adafruit_dht.DHT22(board.D2)
6
7 while True:
8     try:
9         temperature = dht.temperature
```

Adafruit CircuitPython REPL

Temp: 25.0 *C	Humidity: 36.6%
Temp: 26.1 *C	Humidity: 43.9%
Temp: 26.0 *C	Humidity: 50.0%
Temp: 25.8 *C	Humidity: 54.6%
Temp: 25.6 *C	Humidity: 58.7%
Temp: 25.3 *C	Humidity: 61.4%
Temp: 25.1 *C	Humidity: 62.9%
Temp: 25.1 *C	Humidity: 62.9%

Εικόνα 13 Η έξοδος του κώδικα στην τερματική σειριακή μηχανή REPL

Συνδέστε τον πομπό IR στον πομπό GND και τον ψηφιακό ακροδέκτη 9. Σημειώστε ότι δεν χρησιμοποιήσα αντίσταση. Βλέπω ότι με την αντίσταση, το φως IR είναι πολύ αδύναμο (το AC δεν έλαβε σήμα) και χωρίς την αντίσταση είναι καλύτερο. Στη συνέχεια, συνδέστε το arduino στο δίκτυο.

Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται για αυτό είναι οι περισσότερες από αυτές που βρίσκονται από προεπιλογή στο arduino IDE. Βιβλιοθήκες που μπορεί να χρειαστείτε είναι DHT και IRremote, μάγισσα μπορείτε επίσης, να τις βρείτε εδώ.

Αλλάξτε τη διαμόρφωση δικτύου με τη δική σας > mac, IP ... <.

Οι κωδικοί μπορεί να είναι διαφορετικοί επειδή χρησιμοποιούμε διαφορετικό κατασκευαστή AC. Απλώς αλλάξτε τους κωδικούς του προκαθορισμένου(default) AC, με τους κωδικούς σας, διατηρώντας την ίδια έννοια των κωδικών: το OFF του default με το OFF του AC σας, το DRY του default με το DRY του AC σας και ούτω καθεξής.....

Φορτώστε το νέο σκίτσο και από τον υπολογιστή που έχετε συνδέσει στο οικιακό σας δίκτυο, απλώς πληκτρολογήστε στο πρόγραμμα περιήγησης την IP του arduino.

Κρατήστε την υπέρυθρη ακτινοβολία κατευθείαν στο AC όχι περισσότερο από 5 μέτρα μακριά. Στη συνέχεια, ελέγξτε εάν μπορείτε να δείτε στο πρόγραμμα περιήγησης τις τιμές θερμοκρασίας/υγρασίας και κοιτάζοντας το AC πατήστε τις εντολές OFF, DRY, COOL.

Σε αυτήν την περίπτωση, μπορείτε να το χρησιμοποιήσετε για να ελέγξετε το AC από το οικιακό σας δίκτυο.

2.3.4. Βήμα 4 : Ρύθμιση δρομολογητή

Για αυτό πρέπει να ανατρέξετε στον κατασκευαστή του δρομολογητή σας και να ανοίξετε τις θύρες που μπορεί να διαπεράσει με έλεγχο το Arduino από έξω.

Εάν έχετε μια δυναμική IP, πρέπει να χρησιμοποιήσετε μια δωρεάν υπηρεσία όπως το noip.com ή το dyndns.org. Με στατική IP, απλώς ανοίξετε τις θύρες στο δρομολογητή και χρησιμοποιήστε το.

Παράδειγμα:

εσωτερική IP: 192.168.1.100

εξωτερική IP: 2.230.yyy.xxx βρείτε τη δική σας διεύθυνση εδώ

Πρέπει να ανοίξετε μια θύρα σε εξωτερική IP για να μεταβείτε στη θύρα 80 της εσωτερικής IP. Επιλέξαμε τη θύρα 7000.

Η διεύθυνση που θα χρειαστεί να καλέσετε στο πρόγραμμα περιήγησης από έξω, μοιάζει με αυτήν: <http://2.230.yyy.xxx:7000>

Εάν χρησιμοποιείτε μια δυναμική υπηρεσία IP: <http://user.noip.com:7000> [5]

3. ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΠΙΤΙΟΥ

3.1. Πότισμα λουλουδιών μέσω κινητού

Στη σημερινή εποχή της δεκαετίας 2020 οι άνθρωποι που ζουν στην επαρχία τείνουν να μετακινούνται στο κέντρο της πόλης για να βρουν δουλειά. Κατά συνέπεια, μόνο γέροντες και παιδιά ζουν στις πατρίδες τους με άφθονο ακαλλιέργητο έδαφος. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι η κατασκευή φθηνών μικρών ρομπότ κηπουρικής για να βοηθήσει τους ανθρώπους να καλλιεργήσουν φυτά σε μικρές αυλές ως χόμπι μέσω συστήματος επικοινωνίας μεγάλων αποστάσεων.

Σε αυτήν την έρευνα, δύο ρομπότ που αποτελούνται από μικροελεγκτές Raspberry Pi και ESP32, τα οποία είναι χαμηλής τιμής κατασκευάστηκαν πίνακες ελεγκτών και βολικοί για αγορά εντός της χώρας. Τα ρομπότ μπορούν να ελεγχθούν από μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιώντας smartphone Android. Οι ικανότητες των ρομπότ με τους δύο τύπους μικροελεγκτών συγκρίνονται και συζητούνται. Για τη μέτρηση του εδάφους, η περιεκτικότητα σε υγρασία, δύο τύποι αισθητήρων υγρασίας, οι οποίοι είναι χωρητικοί και αντιστατικοί αισθητήρες, υλοποιήθηκαν σε αυτό το έργο. Υπάρχουν δύο κύριες λειτουργίες του προτεινόμενου μοντέλου, οι οποίες είναι φυτά κοπής και ποτίσματος ζιζανίων.

Επιπλέον, είναι ένα σύστημα ποτίσματος λήψης αποφάσεων το οποίο εφαρμόζεται και συνδέεται με αισθητήρες υγρασίας και ελεγκτές ψεκασμού τοποθετημένους στο κήπο ανά χρήστη.

Τα ρομπότ τοποθετήθηκαν στη βόρεια περιοχή της Ταϊλάνδης, ενώ ο χρήστης παραμένει στην κεντρική περιοχή και τα ελέγχει εξ αποστάσεως με ένα smartphone για τρεις μήνες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το αυτόματο σύστημα ποτίσματος είναι καλύτερο από ένα χειροκίνητο σύστημα ποτίσματος αφού ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών για το αυτόματο σύστημα ποτίσματος ήταν 20% υψηλότερος από αυτόν του κοινού συστήματος χειροκίνητου ποτίσματος.

Εισαγωγικά, αναφέρουμε ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει γίνει ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα αυτής της εποχής. Ένας βασικός παράγοντας, που προκαλεί την κλιματική αλλαγή είναι η αύξηση του επιπέδου διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι το οξυγόνο από τα φυτά μπορεί να βοηθήσει στην απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, προς το παρόν, πολλοί έφηβοι και άλλοι σε ηλικία εργασίας έχουν μετακομίσει για να εργαστούν σε κεντρικές περιοχές και άφησαν τεράστια ποσότητα ερήμων στις πόλεις τους. Για να μειωθεί η υπερθέρμανση του πλανήτη ως κρίση, είναι ζωτικής σημασίας για όλους όσους κατέχουν ερημικά να την αξιοποιήσουν. Ωστόσο, κατά την καλλιέργεια φυτών, είναι σημαντικό να εξαλειφθούν τα ζιζάνια. Κανονικά, οι άνθρωποι χρησιμοποιούν ζιζανιοκτόνα για να σκοτώσουν τα ζιζάνια, τα οποία επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον. Τέτοια ζιζανιοκτόνα υλικά καταστρέφουν τους υδάτινους πόρους και τους φυσικούς πόρους ζώων και οι καταναλωτές αρρωσταίνουν ή πεθαίνουν εξαιτίας των τροφίμων που περιέχουν υπολείμματα ζιζανιοκτόνων.

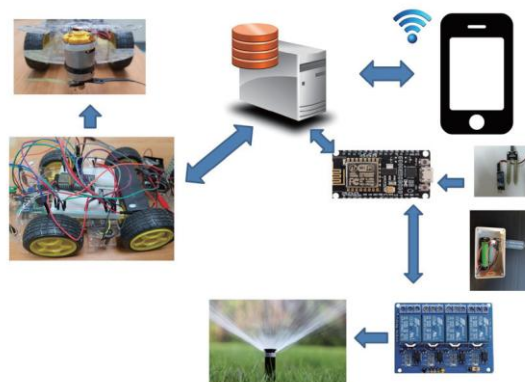
Σε παρελθοντικές μελέτες, για την επίλυση αυτού του προβλήματος αναπτύχθηκε ένα μικρό ρομπότ κηπουρικής. Το ρομπότ θα μπορούσε να ελέγχεται από απόσταση σε ένα τμήμα δικτύου. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την κοπή ζιζανίων και τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε υγρασία του εδάφους. Ο χρήστης θα μπορούσε να καθορίσει την περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους σε πραγματικό χρόνο από τη χρονική στιγμή, που οι πληροφορίες στάλθηκαν σε έναν διακομιστή cloud. Επιπλέον, ο αλγόριθμος για την απόφαση του ποτίσματος των φυτών ή όχι υλοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας μοντέλο ασαφούς μεταβλητού συνόλου. Ωστόσο, η λειτουργία της καταστροφής ζιζανίων ήταν περιορισμένη, δηλαδή μόνο λεπτά ζιζάνια με πλάτος στελέχους όχι μεγαλύτερο από 5 mm μπορούσαν να κοπούν. Το προηγούμενο ρομπότ κηπουρικής έτρεχε ομαλά σε έναν κήπο με κοντό γρασίδι (όχι ψηλότερο από 5 cm) και σε ξηρό χώμα με λεία επιφάνεια αλλά δεν μπορεί να κινηθεί σε επικλινές ή τραχύ έδαφος.

Η συνάρτηση πρόβλεψης θα μπορούσε να προβλέψει εάν ο χρήστης πρέπει ως απαραίτητη προϋπόθεση να ποτίζει τα φυτά ή όχι, αλλιώς ο χρήστης έπρεπε να ελέγξει χειροκίνητα τον ψεκαστήρα.

Σε νεότερη μελέτη, οι δυνατότητες δύο μικρών ρομπότ κηπουρικής με δύο τύπους μικροελεγκτή συγκρίνονται και συζητούνται. Ένας χρήστης μπορεί να ελέγχει τα ρομπότ από απόσταση μέσω διαφορετικού δικτύου τμήματα με smartphone. Τα ρομπότ έχουν βελτιωθεί σε διάφορες πτυχές. για παράδειγμα, μπορούν να κόψουν παχύτερα ζιζάνια, να τρέξουν σε επικλινές ή τραχύ έδαφος και να γονιμοποιήσουν τα φυτά. Ένα ασαφές μοντέλο μεταβλητού συνόλου εφαρμόζεται για να βοηθήσει τον χρήστη να αποφασίσει για πόσο χρονικό διάστημα πρέπει να είναι ο ψεκαστήρας ανοικτός.

3.2. Υλικά του νέου ρομποτικού συστήματος

Η Εικόνα 14 δείχνει μια συνολική εικόνα του συστήματος που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη νέα μελέτη. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει ένα ψεκαστήρα για να ποτίζει τα φυτά σε πραγματικό χρόνο μέσω διακομιστή cloud. Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει αυτόματα το προτεινόμενο μοντέλο για να αποφασίζει κάθε φορά εάν πρέπει να ενεργοποιηθεί ο ψεκαστήρας ή όχι και πόσο χρονικό διάστημα πρέπει να είναι ενεργοποιημένο. Το ρομπότ μπορεί να ελεγχθεί εξ' αποστάσεως από τον χρήστη ώστε να μετακινήσει ή κόψει τα ζιζάνια. Δύο ρομπότ κηπουρικής με διαφορετικούς ελεγκτές στο προτεινόμενο σύστημα δημιουργήθηκαν. Η Εικόνα 15 δείχνει ένα διάγραμμα επίδειξης με τις θέσεις των αισθητήρων και των ρομπότ.

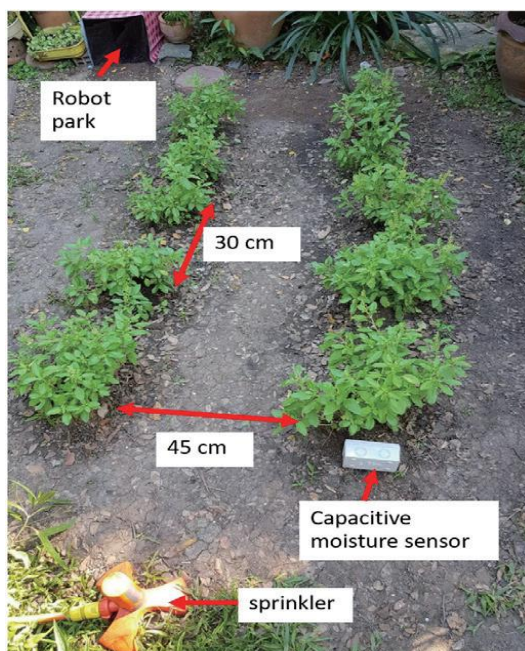


Εικόνα 14 Η συνολική εικόνα του συστήματος

Το μέγεθος του οικοπέδου όπως φαίνεται στην Εικόνα 15 είναι 3×2 m. Ο ανθεκτικός αισθητήρας υγρασίας του εδάφους είναι προσαρτημένος σε ένα από τα ρομπότ και στο χωράφι τοποθετήθηκε χωρητικός αισθητήρας υγρασίας εδάφους. Η διάβρωση θα συμβεί εάν η αντίσταση στον αισθητήρα υγρασίας τοποθετηθεί στο έδαφος ή στο νερό όλη την ώρα, που ρυθμίσαμε. Ωστόσο, αφού ο αισθητήρας είναι προσαρτημένος στο ρομπότ, έμεινε κυρίως σε ξηρό περιβάλλον. Η ακρίβεια του εδάφους με αντίσταση στον αισθητήρα υγρασίας δεν είναι τόσο καλός, αλλά μπορεί να συνδεθεί στο χώμα πιο εύκολα από τον χωρητικό αισθητήρα λόγω του σχήματος του αισθητήρα. Ο ανθεκτικός αισθητήρας υγρασίας του εδάφους προσαρτημένος στο ρομπότ επιτρέπει στον χρήστη να ελέγχει την περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους σε διάφορα σημεία του κήπου. Όταν ο αισθητήρας δεν χρησιμοποιείται, ο ελεγκτής μεταβαίνει αυτόματα σε κατάσταση αναστολής λειτουργίας για να αποφευχθεί η διάβρωση.

Ωστόσο, ο αισθητήρας αντίστασης πρέπει να αλλάζει μετά από κάθε 2 ώρες λειτουργίας. Ένα πείραμα, που πραγματοποιήθηκε στο Τσιάνγκ Μάι, στη βόρεια Ταϊλάνδη, το υπολειμματικό χώμα αυτής της περιοχής προέρχεται κυρίως από τριτογενή ιζηματογενή πετρώματα ή πυριγενή πετρώματα όπως ο γρανίτης που διασπώνται για να παράγουν χώμα με πήλινο χρώμα και χώμα γεμάτο αλμυρό νερό και ταυτόχρονα έχοντας χρώμα πηλού. Η θερμοκρασία στον κήπο κυμαινόταν από 21°C έως 35°C .

Ο Βασιλικός αναπτύχθηκε από δενδρύλλια που παράγονται από σπόρους ιερού βασιλικού (*Ocimum basilicum* L.) που πωλούνται από την Chia Tai Company. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε 10 τρύπες ανά οικόπεδο (πέντε τρύπες ανά στήλη) με 30 εκατοστά κενό μεταξύ των τρυπών και διάστημα 45 εκατοστών μεταξύ των σειρών. Δύο οικόπεδα με το ίδιο περιβάλλον προετοιμάστηκαν και τέλος, μπορείτε να μετρήσετε την αποδοτικότητα του συστήματος ποτίσματος.



Εικόνα 15 Διάγραμμα επίδειξης με τις θέσεις των αισθητήρων και των ρομπότ

3.3. Λογισμικό ποτίσματος φυτών , λουλουδιών και δενδρυλλίων

Για τον έλεγχο ενός ρομπότ με τον **μικροελεγκτή ESP32**, ο οποίος διαθέτει ενσωματωμένη μονάδα Wi-Fi, ο κάθε χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να εγκαθιστά μια εφαρμογή **Android** σε smartphone που βασίζεται σε **σύστημα Android** και στο αναπτυσσόμενο διακομιστή **Blynk**, ο οποίος είναι διακομιστής **cloud IoT**. Η ελάχιστη απαίτηση για το smartphone είναι ότι λειτουργεί με **ANDROID API 15 ή υψηλότερο** με σύνδεση στο Διαδίκτυο. Μετά την εκτέλεση της εφαρμογής, το smartphone λαμβάνει δεδομένα από τον ελεγκτή που είναι προσαρτημένος στο ρομπότ. Στη συνέχεια ο χρήστης πρέπει να ελέγξει αν το ρομπότ με Raspberry Pi, που υλοποιείται με ένα μικροσκοπικό υπολογιστή χαμηλού κόστους, είναι μέσα στις δυνατότητες για να συνδεθεί με έναν εξωτερικό χρήστη στο **WebIOPi** μέσω προγράμματος περιήγησης όπως το Chrome. Το εν λόγω λογισμικό αναπτύχθηκε για να επιτρέπει τον έλεγχο της διεπαφής χρήστη Raspberry Pi μέσω Wi-Fi. Μπορεί να λειτουργήσει και ως GPIO από πρόγραμμα περιήγησης και να εκτελέσει ένα ή περισσότερα προγράμματα Python μέσω **Raspberry Pi**. Η Εικόνα 16 δείχνει τη διεπαφή χρήστη για ένα ρομπότ που βασίζεται σε Raspberry Pi.



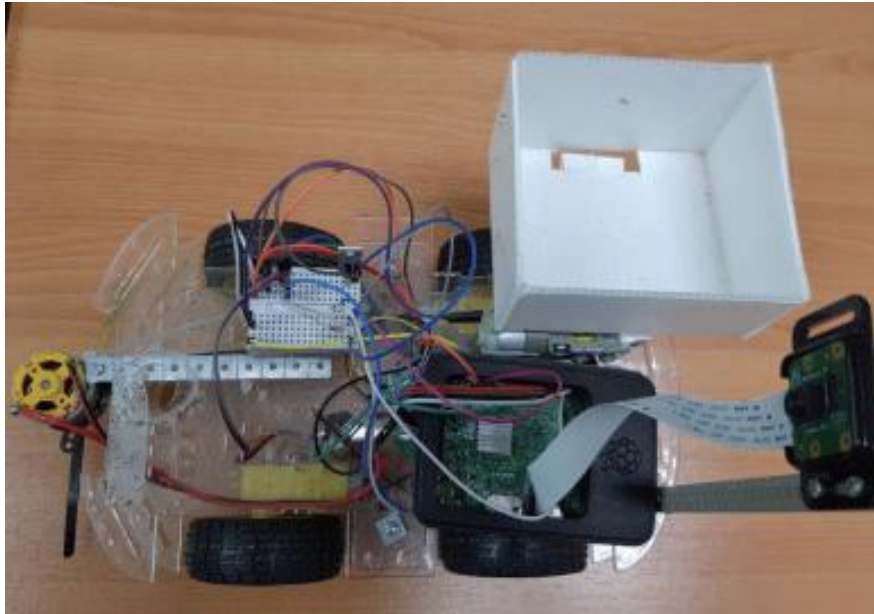
Εικόνα 16 (Χρώμα online) Διεπαφή χρήστη για ρομπότ βασισμένο σε Raspberry Pi.

3.4. Υλικό συστήματος ποτίσματος φυτών , λουλουδιών και δενδρυλλίων

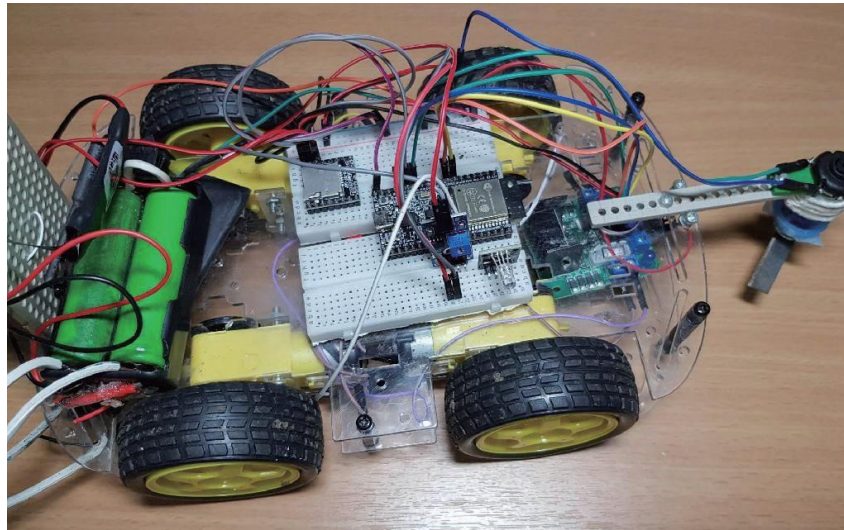
Τα ρομπότ αποτελούνται από Raspberry Pi, ESP32, μονάδα κάμερας, κάμερα Pi, ένα μοτέρ, μια μονάδα οδηγού κινητήρα, ένα breadboard, ένα τροχό, ένα πλαστικό κόφτη, μια λεπίδα, δύο Panasonic μπαταρίες NCR18650B (3,7 v 3400 mAh) ανά ρομπότ, αποθήκη ισχύος(Powerbank),μια πλακέτα,έναν αισθητήρα υγρασίας εδάφους και ένα διακόπτη.

Το κόστος του ρομπότ είναι μικρότερο από 100 δολάρια για το ρομπότ με βάση το Raspberry Pi και 60 δολάρια για το ρομπότ που βασίζεται στο ESP32. Το ρομπότ, που χρησιμοποιήθηκε στις παλιότερες έρευνες είναι πιο ακριβό αλλά η απόδοσή του είναι καλύτερη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση υπολογισμών υψηλού επιπέδου, όπως η επεξεργασία εικόνας. Η Εικόνα 17 δείχνει το ρομπότ που ελέγχεται από το Raspberry Pi. Η Εικόνα 18 δείχνει το ρομπότ που ελέγχεται από το ESP32.

Και τα δύο ρομπότ είναι διαστάσεων 15 × 26 cm. Το πρώτο ρομπότ μαζί με το χειριστήριο Raspberry Pi έχει βάρος 852 g και το δεύτερο ρομπότ μαζί με το χειριστήριο ESP32 έχει βάρος 788 g. Ο ψεκαστήρας , το χώμα και ο αισθητήρας υγρασίας ελέγχθηκαν από το ESP32 μέσω διακομιστή cloud.



Εικόνα 17 Ρομπότ κηπουρικής με Raspberry Pi.



Εικόνα 18 Ρομπότ κηπουρικής με ESP32.

3.5. Ασαφής λογική

Η ασαφής λογική εφαρμόζεται συνήθως σε μια εργασία της οποίας οι τιμές αλήθειας αποτελούνται από πραγματικό αριθμοί μεταξύ 0 και 1. Έστω ότι ο άξονας x θεωρείται ο χώρος της εργασίας μας και ότι ο άξονας y είναι ο βαθμός συμμετοχής στο διάστημα $[0,1]$.

Οι συναρτήσεις συμμετοχής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναπαραστήσουν ένα ασαφές σύνολο. Το x αντιπροσωπεύει μια πραγματική τιμή (Crisp value) μέσα στο χώρο της εργασίας μας. Στο προτεινόμενο σύστημα, το x είναι η περιεκτικότητα

σε υγρασία του εδάφους και τα a , b , c και d αντιπροσωπεύουν τις συντεταγμένες x των τεσσάρων γωνιών του τραπεζοειδούς. Οι τιμές πρέπει να επικυρώνονται με την ακόλουθη προϋπόθεση:

$$a < b < c < d$$

Σε αυτήν την έρευνα, οι τριγωνικές και τραπεζοειδείς συναρτήσεις μέλους χρησιμοποιούνται για να αποφασίσουν τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να είναι ενεργοποιημένος ο ψεκαστήρας. Οι τριγωνικές και τραπεζοειδείς συναρτήσεις μελών ορίζονται με εξισώσεις (1) και (2), αντίστοιχα όπως φαίνονται παρακάτω :

$$f(x:a,b,c) = \begin{cases} 0 & \text{αν } x < a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & \text{αν } a \leq x < b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & \text{αν } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{αν } x > c \end{cases} \quad (1)$$

$$f(x:a,b,c,d) = \begin{cases} 0 & \text{αν } x < a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & \text{αν } a \leq x < b \\ 1 & \text{αν } b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & \text{αν } c \leq x < d \\ 0 & \text{αν } d \leq x \end{cases} \quad (2)$$

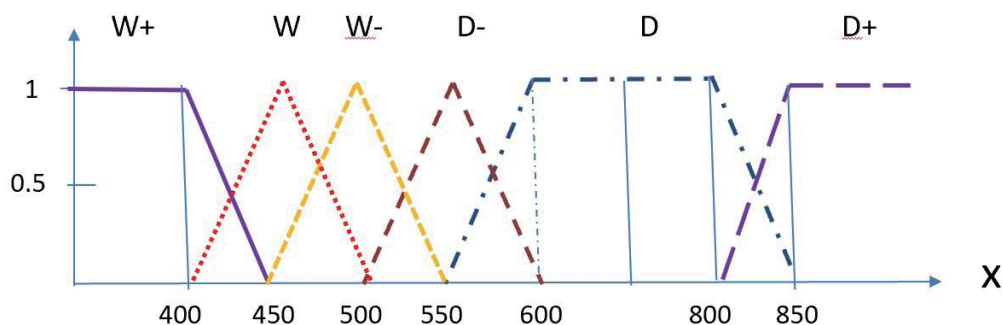
Η είσοδος στο μοντέλο προέρχεται από τις τιμές του αισθητήρα υγρασίας του εδάφους. Ο χρόνος, που απαιτείται μέχρι τα φυτά να αρχίσουν να ποτίζονται χωρίζεται σε έξι λειτουργίες. Αφήστε το W^+ να είναι συνάρτηση ιδιότητας μέλους του **superwet**, W η συνάρτηση μέλους του υγρού νερού, W^- η συνάρτηση μέλους του ελαφρώς υγρού νερού, D^+ τη συνάρτηση ιδιότητας μέλους του **superdry**, D η συνάρτηση ιδιότητας μέλους ξηρού νερού και D^- η ιδιότητα μέλους λειτουργία του ελαφρώς στεγνού νερού.

Ωστόσο, η περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους μπορεί να ποικίλει και να εξαρτάται από έναν ελεγκτή με τάση πλακέτας και εισόδου. Σε αυτό το πείραμα, η περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους βαθμονομήθηκε ως έξοδος μια τιμή μεταξύ 0

και 1023 όπως φαίνεται στην Εικόνα 19. Αφού ορίσετε τη συνάρτηση ιδιότητας, η έξοδος μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τον κανόνα με βάση την εξίσωση (3). Ο πίνακας 1 δείχνει ένα παράδειγμα για κάθε συνάρτηση μέλους. Για να καθορίσετε τη σχέση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου, δημιουργήθηκε πίνακας βασισμένος σε κανόνες.

$$\text{Soil state} = \text{weight membership} [\text{MAX}(W, W+, W-, D, D+, D-)] \quad (3)$$

Membership Function



Εικόνα 19 Λειτουργίες συμμετοχής στο πείραμα

Λειτουργία ιδιότητας μέλους							
Είσοδος από αισθητήρα	W+	W	W-	D-	D	D+	Ασαφής επιλογή
200	1	0	0	0	0	0	W+
900	0	0	0	0	0	1	D+
440	0.2	0.8	0	0	0	0	W
510	0	0	0.8	0.2	0	0	W-
560	0	0	0	0.8	0.2	0	D-
700	0	0	0	0	1	0	D

Πίνακας 1 Δείγμα εξόδων από το ασαφές μοντέλο.

$$W + (x; 0, 0, 400, 450) = \begin{cases} 1 \text{ (Αληθές)} & \text{αν } 0 \leq x \leq 400 \\ \frac{(450 - x)}{(450 - 400)} & \text{αν } 400 < x < 450 \\ 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } 450 \leq x \end{cases}$$

$$D + (x; 800, 850, 1023, 1023) = \begin{cases} 1 \text{ (Αληθές)} & \text{αν } 850 \leq x \leq 1023 \\ \frac{(850 - x)}{(850 - 800)} & \text{αν } 800 < x < 850 \\ 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } x \leq 800 \end{cases}$$

$$D (x; 550, 600, 800, 850) = \begin{cases} 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } x < 550 \\ \frac{(x - 550)}{(600 - 550)} & \text{αν } 550 \leq x \leq 600 \\ 1 \text{ (Αληθές)} & \text{αν } 600 \leq x < 800 \\ \frac{(850 - x)}{(850 - 800)} & \text{αν } 800 \leq x \leq 850 \\ 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } 850 \leq x \end{cases}$$

$$W (x; 400, 450, 500) = \begin{cases} 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } x \leq 400 \\ \frac{(x - 400)}{(450 - 400)} & \text{αν } 400 < x < 450 \\ \frac{(500 - x)}{(500 - 450)} & \text{αν } 450 \leq x < 500 \\ 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } 500 \leq x \end{cases}$$

$$W - (x; 450, 500, 550) = \begin{cases} 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } x \leq 400 \\ \frac{(x - 450)}{(500 - 450)} & \text{αν } 450 < x < 500 \\ \frac{(550 - x)}{(550 - 500)} & \text{αν } 500 \leq x < 550 \\ 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } 550 \leq x \end{cases}$$

$$D - (x; 500, 550, 600) = \begin{cases} 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } x \leq 500 \\ \frac{(x - 500)}{(550 - 500)} & \text{αν } 500 < x < 550 \\ \frac{(600 - x)}{(600 - 550)} & \text{αν } 550 \leq x < 600 \\ 0 \text{ (Ψευδές)} & \text{αν } 600 \leq x \end{cases}$$

4. ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

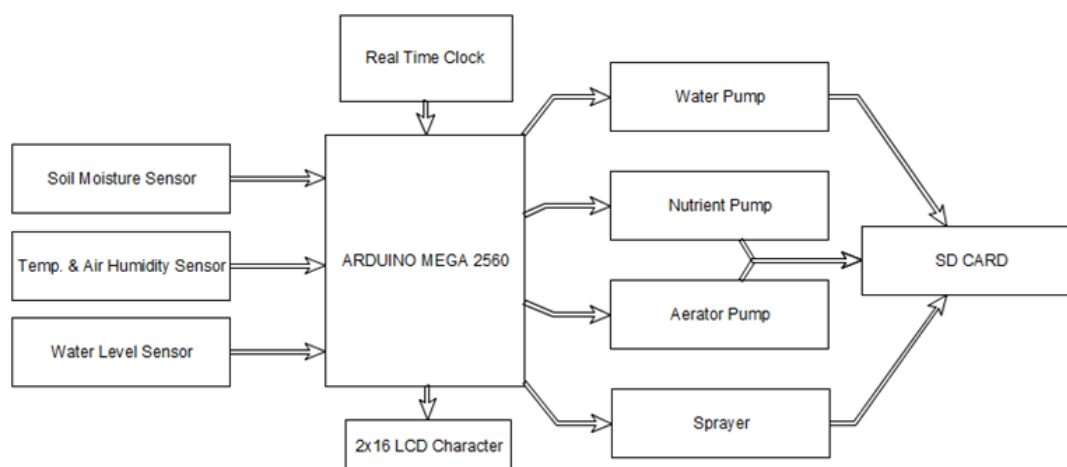
4.1. Ρομπότ κηπουρικής με βάση το Android

Τα δύο ρομπότ τοποθετήθηκαν στη βόρεια περιοχή της Ταϊλάνδης, ενώ ο χρήστης έστειλε εντολές για τον έλεγχο των ρομπότ από την κεντρική περιοχή για χρονικό διάστημα τριών μηνών. Οι εντολές αποστέλλονται από smartphone ή υπολογιστή, όπως π.χ. η εντολή “κόψτε τα ζιζάνια” ή η εντολή “προχωρήστε προς τα εμπρός”, για να ελέγξετε το ρομπότ από απόσταση. Στη συνέχεια, μια ροή βίντεο αποστέλλεται από μια κάμερα που είναι προσαρτημένη στο ρομπότ σε διακομιστή και η πρόσβαση από τον χρήστη γίνεται μέσω smartphone.

4.2. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε από τους ερευνητές είναι τεχνικές πειράματος. Η μηχανική έρευνας είναι ένας τύπος έρευνας που χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή έρευνας για μια προσέγγιση στη μηχανική που βασίζεται σε προϊόντα. Σύμφωνα με τον Amran (1997), η ερευνητική μηχανική που σχεδιάζει δραστηριότητες (σχεδιασμός) που δεν είναι συνηθισμένες, έτσι ώστε να υπάρχει μια νέα συμβολή στη μορφή, τη διαδικασία και το προϊόν. Στη διεξαγωγή σπουδών μηχανικής εκεί υπάρχουν αρκετά βήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη, δηλαδή το στάδιο του σχεδιασμού, το στάδιο της φάσης ανάπτυξης/κατασκευής και εγκατάστασης. Ακολουθεί η δοκιμή του προϊόντος που έχει κατασκευαστεί δοκιμάζοντας μια μεταβλητή που έχει οριστεί στο παρελθόν.

Το σύστημα ARDUINO MEGA βάσει του παρακάτω διαγράμματος μπορεί να υλοποιηθεί σε 4 φάσεις όπως φαίνεται στην Εικόνα 20. [6]



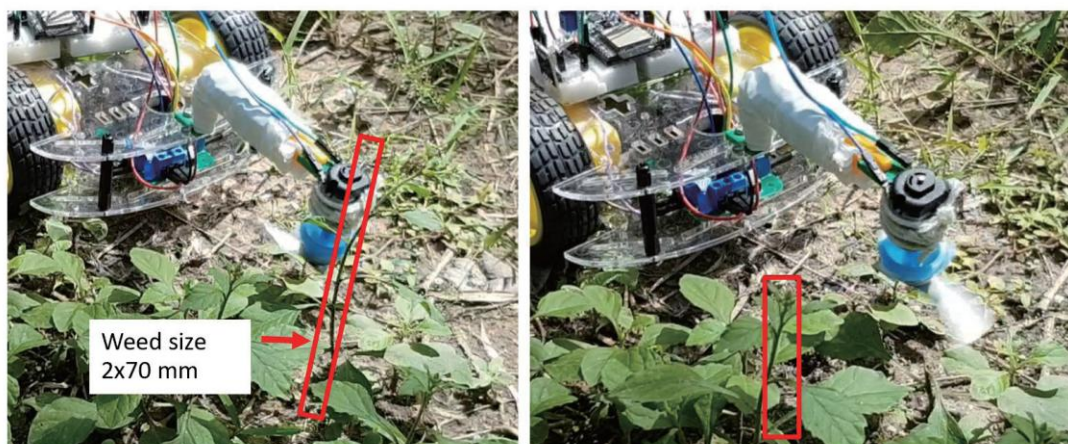
Εικόνα 21 Σύστημα μπλοκ διαγράμματος.

4.2.1. Κοπή ζιζανίων

Υπάρχουν δύο εργαλεία προσαρτημένα στα ρομπότ που χρησιμοποιήθηκαν για την κοπή των ζιζανίων, συγκεκριμένα, ένα κοπτικό εργαλείο γραμμής και λεπίδα κοπής, όπως φαίνεται στις Εικόνες 20 και 21, αντίστοιχα. Τα δύο εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν για κοπή των ίδιων ειδών ζιζανίων σε εύρος μεγέθους 2–10 mm τρεις φορές ανά μέγεθος. Τα αποτελέσματα του πειράματος δείχνουν ότι η γραμμή κοπής είναι πιο ισχυρή από τη λεπίδα κοπής από το τρίμερ. Η γραμμή μπορεί να κόψει ζιζάνια με πλάτος στελέχους άνω των 8 mm, ενώ η λεπίδα κοπής μπορεί να κόψει μόνο αυτά με πλάτος στελέχους έως 5 mm όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.



Εικόνα 22 Ζιζάνια (α) πριν από την κοπή με μια γραμμή κοπής και (β) μετά την κοπή με μια γραμμή κοπής.



Εικόνα 23 Ζιζάνια (α) πριν από την κοπή με λεπίδα κοπής και (β) μετά από κοπή με λεπίδα κοπής.

Μέγεθος ζιζανίων (mm)	Λεπίδα κοπής			Μια γραμμή κοπής		
	#1	#2	#3	#1	#2	#3
2	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι
3	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι
4	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι
5	ναι	όχι	ναι	ναι	ναι	ναι
6	όχι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι
7	όχι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι
8	όχι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι
9	όχι	όχι	όχι	όχι	ναι	όχι
10	όχι	όχι	όχι	ναι	όχι	όχι

Πίνακας 2 Μέγεθος ζιζανίων και ικανότητα κοπής

4.2.2. Κίνηση ρομπότ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε τρεις φορές αφήνοντας τα ρομπότ να προχωρήσουν 50 cm μπροστά σε ευθεία γραμμή κατά μήκος διαφορετικών επιφανειών (γρασίδι, υγρό γρασίδι, χόμα και υγρό χόμα) και στη συνέχεια σταθμεύσαμε τα ρομπότ σε ένα ορθογώνιο σημείο ελέγχου (15 × 26 cm²). Η Εικόνα 19 δείχνει τα αποτελέσματα του πειράματος. Ο δείκτης ενός λέιζερ χρησιμοποιήθηκε για τη σήμανση της θέσης στάθμευσης ρομπότ με βάση το κεντρικό σημείο του ρομπότ. Η ακρίβεια της κίνησης του ρομπότ υπολογίστηκε με τη βοήθεια της Ευκλείδειας απόστασης. Θεωρώ a το κέντρο σημείο του δείκτη και b το κεντρικό σημείο του ρομπότ. Αν $a = (a_1, a_2)$ και $b = (b_1, b_2)$ τότε η απόσταση δίνεται από:

$$d(a, b) = \sqrt{[(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2]}$$



Εικόνα 24 (α) Ρύθμιση της θέσης και (β) θέση στάθμευσης.

Τα αποτελέσματα στον Πίνακα 3 έδειξαν ότι το ρομπότ με βάση το Raspberry Pi μπορεί να μετακινηθεί περισσότερο με ακρίβεια σε κάθε σημείο της επιφάνειας από το ρομπότ που βασίζεται στο ESP32. Αυτό προκαλείται από την καθυστέρηση στην εντολή που αποστέλλεται στο ESP32 αφού ο χρήστης πρέπει να στείλει μια εντολή από ένα εξωτερικό διακομιστή cloud για να μετακινήσει το ρομπότ, καθώς και η εξωτερική κάμερα που είναι προσαρτημένη στο ρομπότ παρουσιάζει καθυστέρηση στη ροή βίντεο.

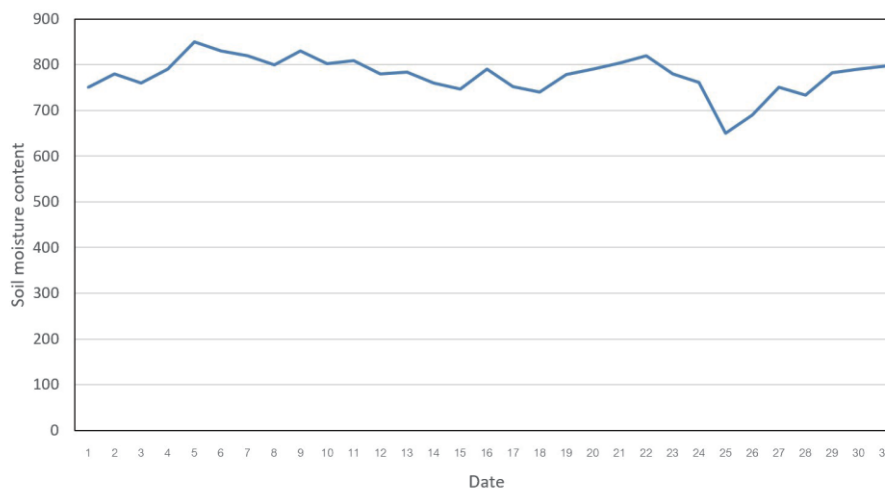
Έτσι, είναι πολύ δύσκολο να ελέγξουμε με ακρίβεια το ρομπότ. Με βάση το ρομπότ σε Raspberry Pi είναι εξοπλισμένο με κάμερα προσαρμοσμένη σε Raspberry Pi που μεταδίδει βίντεο καλής ποιότητας. Έτσι, ο χρήστης μπορεί εύκολα να ελέγξει τη θέση του ρομπότ.

4.2.3. Σύστημα ποτίσματος

Στην προηγούμενη προτεινόμενη εργασία, ένας χρήστης μπορεί να ζητήσει να δει ένα μοντέλο συστήματος πρόβλεψης που βασίζεται στο μοντέλο ασαφούς μεταβλητού συνόλου για να υποστηρίξει την απόφασή του εάν θα ποτίσει τα φυτά ή όχι. Ωστόσο, ο χρήστης πρέπει να ποτίζει χειροκίνητα τα φυτά στο τελευταίο βήμα. Το προτεινόμενο σύστημα έλαβε μια τιμή από έναν αισθητήρα υγρασίας εδάφους ως είσοδο στο ασαφές μοντέλο και αυτόματα ενεργοποίησε και απενεργοποίησε τον ψεκαστήρα σε κατάλληλο χρονικό διάστημα. Η λαμβανόμενη τάση μετατρέπεται σε εύρος τιμών 0–1023 (αριθμός 10 bit) όπως φαίνεται στην Εικόνα 20. Ο συντελεστής καλλιέργειας (Kc) αποτελείται από τις τιμές για τον βασιλικό και είναι οι εξής:

- στάδιο ανάπτυξης $0,45 \pm 0,02$ (25 ημέρες μετά τη μεταμόσχευση καρπών, ημερομηνία). Λήξη
- στάδιο 0.59 ± 0.02 (26-50 dat) και στάδιο γήρανσης, $0,42 \pm 0,03$ (51–71 dat) σύμφωνα με τον Daza

Το ασαφές μοντέλο έβγαζε έξι καταστάσεις εδάφους σύμφωνα με το Kc και ο ψεκαστήρας στράφηκε σύμφωνα με την έξοδο από το ασαφές μοντέλο όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.



Εικόνα 24 Περιεκτικότητα σε υγρασία εδάφους στις 6 το πρωί σε ένα μήνα.

Ασαφής τιμή (Fuzzy)	Ενεργοποίηση ψεκαστήρα (ανά λεπτό)
W+	2
D+	15
W	4
W-	6
D-	8
D	10

Πίνακας 3 Εύρος χρόνου για τη λειτουργία ενός ψεκαστήρα με βάση την έξοδο από το ασαφές μοντέλο.

Το πείραμα εκτελέστηκε προετοιμάζοντας πρώτα δύο τμήματα στον κήπο μας για τον βασιλικό με 10 τρύπες σε κάθε τμήμα του κήπου. Ακολούθως, έστειλα χειροκίνητα μια εντολή για το πότισμα του βασιλικού, ενώ ένα αυτόματο σύστημα ποτίσματος χρησιμοποιήθηκε για το πότισμα του άλλου τμήματος. Το πότισμα πραγματοποιήθηκε για τρεις μήνες. Προκειμένου να εξοικονομήσω την ισχύ της μπαταρίας, προγραμματίσα τον αισθητήρα υγρασίας εδάφους έτσι ώστε να στέλνει περιεχόμενο υγρασίας εδάφους στον διακομιστή στις 6 π.μ. για 10 δευτερόλεπτα κάθε μέρα και μετά μπαίνει αυτόματα στην κατάσταση αναστολής λειτουργίας. Ο διακομιστής υπολογίζει τον μέσο όρο της περιεκτικότητας σε υγρασία του εδάφους, το στέλνει στο σύστημα ποτίσματος λήψης αποφάσεων, περιμένει μια έξοδο και στέλνει εντολές για ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση του ψεκαστήρα σύμφωνα με την έξοδο. Ο ρυθμός ανάπτυξης του βασιλικού μετρήθηκε ως η μέση μάζα του φρέσκου βασιλικού. Στο χειροκίνητα ποτισμένο οικόπεδο, η μέση μάζα του φρέσκου βασιλικού ήταν 39 γρ. Στο αυτόματα ποτισμένο οικόπεδο, η μέση μάζα φρέσκου βασιλικού ήταν 49 γρ. Το αποτέλεσμα δείχνει ότι το αυτόματο σύστημα ποτίσματος είναι καλύτερο από το χειροκίνητο σύστημα ποτίσματος αφού ο ρυθμός ανάπτυξης του φυτού για το αυτόματο σύστημα ποτίσματος είναι 20% υψηλότερος από το σύστημα χειροκίνητου ποτίσματος. [7]

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η εφαρμογή του IOT στο προτεινόμενο σύστημα άρδευσης αποτελείται από διάφορα μέρη. Ο κόμβος αισθητήρα αρχίζει να διαβάζει τα δεδομένα υγρασίας υγρασίας του εδάφους προκειμένου να προσδιοριστεί το επίπεδο της ξηραίας του εδάφους. Ο κόμβος στη συνέχεια στέλνει τις πληροφορίες χρησιμοποιώντας τον πομποδέκτη ραδιοφώνου στον σταθμό βάσης. Μετά από αυτό, τα ελαφρά εκτεθειμένα δεδομένα από τον αισθητήρα φωτός διαβάζονται επίσης από τον σταθμό βάσης. Στη συνέχεια, ο σταθμός βάσης στέλνει και τα δύο δεδομένα. Η λειτουργία μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα.

Ο χρήστης μπορεί επίσης να διαχειρίζεται και να παρακολουθεί τόσο τα δεδομένα σχετικά με την υγρασία του εδάφους όσο και το φως που εκτίθεται από την περιήγηση στο διακομιστή ιστού cloud. Επιπλέον, η ανεπτυγμένη εφαρμογή android με φιλική προς το χρήστη διεπαφή μπορεί να είναι μια άλλη πλατφόρμα για την παρακολούθηση της προόδου ποτίσματος. Σε αυτήν την εφαρμογή Android, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη δική του ρύθμιση στις επιλεγμένες τιμές κατωφλίου υγρασίας στον κόμβο αισθητήρα. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να εκτελέσει χειροκίνητα τη διαδικασία ποτίσματος κάνοντας κλικ στο κουμπί ποτίσματος στην εφαρμογή Android. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία ποτίσματος, η οθόνη του μετρητή υγρασίας δείχνει ένα επίπεδο αύξησης σε πραγματικό χρόνο.

5.1. Μέθοδος 1: Συσκευασία κόμβου αισθητήρα

Η συσκευασία των κόμβων αισθητήρων υλοποιείται σε αυτήν την εργασία για τον προσδιορισμό των διαφορετικών δεδομένων που λαμβάνονται από διαφορετικούς κόμβους αισθητήρων. Το πιο σημαντικό bit (MSB) κάθε κόμβου αισθητήρα δίνεται με διαφορετικό αριθμό ενός bit, έτσι ώστε το σύστημα να αναγνωρίζει διαφορετικούς κόμβους αισθητήρων σε κάθε σχετική εγκατάσταση. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια θα μεταφορτωθούν στο cloud. Οι Εικόνες 25 και 26 δείχνουν τους κώδικες προγραμματισμού για ανεπτυγμένες συσκευασίες κόμβων αισθητήρων στους κόμβους αισθητήρων και στο σταθμό βάσης, αντίστοιχα.

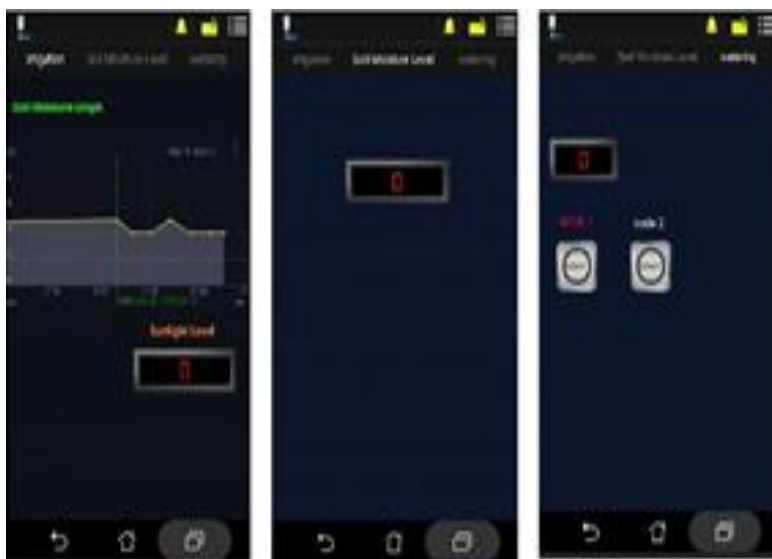
```
void loop() {
  char data2[1] = "1";
  char data[5];
  int voltage = 9-(analogRead(A0)*9)/1023;
  sprintf(data, "%s%d", data2, voltage);
  radio.write(&data, sizeof(data));
  Serial.println(data); //11023\n = 6 bit
  delay(5000);

  if (data == '\n') {
    if (inString[0] == "1") { //assign node 1
      Serial.println("\n-->node 1");
      UploadLightData(); //go to LDR function
      Node1();
    }
    if (inString[0] == "2") { //assign node 2
      Serial.println("\n-->node 2");
      UploadLightData(); //go to LDR function
      Node2();
    }
  }
}
```

Εικόνα 25-26 MSB για τον κόμβο αισθητήρα 1 (στον κόμβο αισθητήρα)

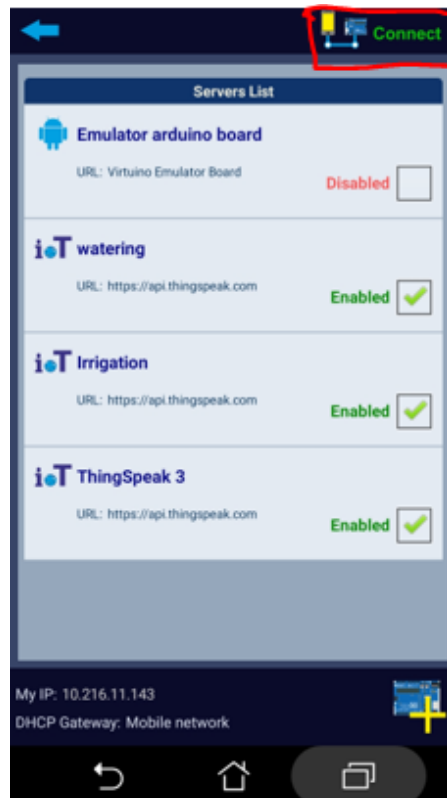
5.2. Μέθοδος 2: Παρακολούθηση και χειροκίνητη διαδικασία ποτίσματος με χρήση Virtuino

Η εφαρμογή Android Virtuino έχει αναπτυχθεί για την παρακολούθηση των δεδομένων της υγρασίας του εδάφους και του ηλιακού φωτός σε πραγματικό χρόνο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 27. Σε αυτές τις εφαρμογές, ο χρήστης μπορεί να ορίσει ένα σύστημα συναγερμού ως προειδοποίηση για οποιοδήποτε κρίσιμο επίπεδο υγρασίας του εδάφους. Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να δώσει χειροκίνητα μια εντολή ποτίσματος στο σύστημα άρδευσης. Αυτό το ανεπτυγμένο σύστημα χρησιμοποιείται ως τηλεχειριστήριο για χειροκίνητο πότισμα και παρακολούθηση της εκτεθειμένης σε πραγματικό χρόνο υγρασίας του εδάφους και του ηλιακού φωτός. Το σύστημα ποτίσματος έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε ο διακόπτης να ενεργοποιεί τη μίνι αντλία νερού για 3 δευτερόλεπτα, δηλαδή παρόμοια με 15 ml νερού. Ο χρήστης πρέπει να συνδέσει την εφαρμογή με το διαδίκτυο για να πραγματοποιήσει λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από το διακομιστή cloud στην εφαρμογή Android. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 28. Εκτός από αυτό, ο χρήστης μπορεί επίσης να θέσει συναγερμό για το κρίσιμο επίπεδο υγρασίας του εδάφους σε περίπτωση που οι εγκαταστάσεις τους αντιμετωπίζουν πρόβλημα λήψης νερού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 29. Αυτή η εφαρμογή μπορεί να λειτουργήσει σε οποιοδήποτε σημείο ως αρκεί το μέρος να έχει κάλυψη στο Διαδίκτυο προκειμένου να επικοινωνεί με το cloud storage.

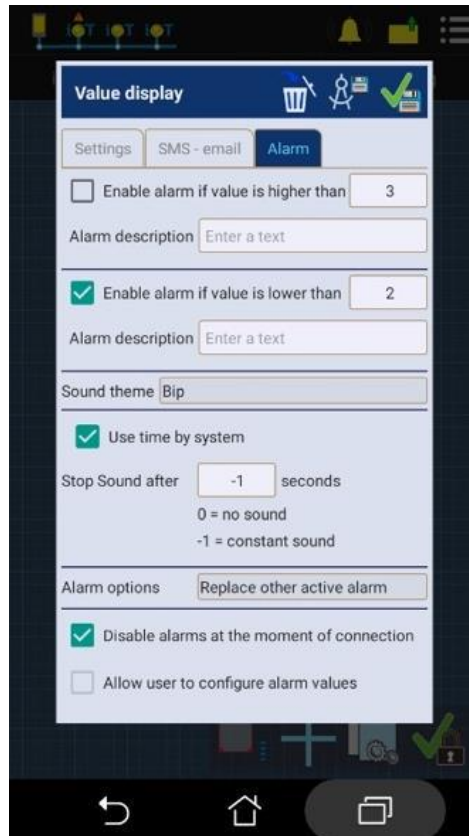


Εικόνα 27 Τηλεχειριστήριο GUI για σύστημα άρδευσης χρησιμοποιώντας Virtuino

Έξυπνο σπίτι: Μελέτη και κατασκευή σε περιβάλλον Arduino.



Εικόνα 28 GUI για σύνδεση της εφαρμογής με το Διαδίκτυο



Εικόνα 29 GUI για ρύθμιση του ξυπνητηριού

5.3. Μέθοδος 3 : Έλεγχος ρουτίνας Wi-Fi χρησιμοποιώντας διακοπή χρονοδιακόπτη

Το Διαδίκτυο είναι η σημαντική υπηρεσία για το IoT. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη ρουτίνας Wi-Fi εφαρμόζεται σε αυτό το σύστημα για να αποφευχθεί η αποσύνδεση του Διαδικτύου ίσως λόγω έντονης βροχής ή άλλων ενοχλήσεων. Η Εικόνα 30 δείχνει τον προγραμματισμό του ρουτίνας ελέγχου Wi-Fi. Ο χρονοδιακόπτης διακοπής θα αρχίσει να μετράει, ενώ εκτελείται ο κύριος βρόχος. Όταν εκτελεστεί ο χρονοδιακόπτης για τον έλεγχο ρουτίνας Wi-Fi, τότε θα προκύψει η διακοπή και θα ελέγξει τη σύνδεση στο Διαδίκτυο. Μετά την εκτέλεση της διακοπής, ο χρονοδιακόπτης του ρουτίνας ελέγχου Wi-Fi θα μηδενιστεί. Η Εικόνα 31 δείχνει τον κωδικό προγραμματισμού για τη ρύθμιση του αρχικού χρονοδιακόπτη στο μηδέν. [8]

```
void inline handler (void) {
    // TempAppBtnCheckCount++;
    if (InternetEnable)
        TempInternetConnectionCheckCount++;

    //Wifi Connection check
    if (TempInternetConnectionCheckCount > InternetConnectionCheckCount) {
#ifdef PrintAllDebug
        Serial.println("Wifi Connection Routine Check");
#endif
        if (!ConnectWifi());
        else
            TempInternetConnectionCheckCount = 0;
    }
    timer0_write(ESP.getCycleCount() + Timer0InterruptConstant);
    ESP.wdtFeed();
}
```

Εικόνα 30 Προγραμματισμός ρουτίνας ελέγχου Wi-Fi χρησιμοποιώντας διακοπή χρονοδιακόπτη

```
void setup() {
    ESP.wdtDisable(); //offcount
    ESP.wdtEnable(WDTO_8S); //start count
}
```

Εικόνα 31 Διακοπή προγραμματισμού στη λειτουργία ρύθμισης για να ρυθμίσετε την αρχική διακοπή χρονοδιακόπτη στο μηδέν

5.4. Εταιρείες που υποστηρίζουν τα προγράμματα

Μια από τις εταιρείες, που υποστηρίζουν τα παραπάνω προγράμματα είναι η United States Environmental Protection Agency's (EPA's) WaterSense. Η συγκεκριμένη Εταιρεία συνεργάζεται με την Αμερικανική Ένωση Προστασίας Περιβάλλοντος σε θέματα εξοικονόμησης νερού και ανάπτυξης τεχνολογίας, που σκοπό έχει να διοχετεύσει με όσο το δυνατό λιγότερο νερό τις δεξαμενές και τις αντλίες.

Τα SMS με ετικέτα WaterSense της Εταιρείας αποτρέπουν την εμφάνιση κανονικών προγραμματισμένων γεγονότων άρδευσης όταν υπάρχουν επαρκείς συνθήκες υγρασίας στο έδαφος. Όταν το επίπεδο υγρασίας στο έδαφος είναι αρκετά ξηρό,

επιτρέπεται η άρδευση, ενώ εάν το επίπεδο υγρασίας στο έδαφος είναι επαρκές, τότε το γεγονός άρδευσης παραλείπεται.

Τα SMS έρχονται σε μια ποικιλία μοντέλων που κυμαίνονται σε τιμή, πολυπλοκότητα και χωρητικότητα. Τα μοντέλα κυμαίνονται από αυτά που προορίζονται για μικρά τοπία κατοικιών έως εκείνα που μπορούν να ελέγξουν την άρδευση μεγάλων εμπορικών τοπίων. Τα αυτόνομα SMS μπορούν να αντικαταστήσουν έναν υπάρχοντα ελεγκτή ή να εγκατασταθούν σε ένα νέο σύστημα άρδευσης, καθώς παρέχουν όλες τις δυνατότητες προγραμματισμού. Τα πρόσθετα και plug-in SMS συνδέονται με έναν βασικό ελεγκτή (συνήθως ένα χειριστήριο που βασίζεται σε ρολόι, αλλά μπορεί επίσης να είναι ελεγκτής με βάση τον καιρό). Αυτές οι συσκευές μπορούν να εγκατασταθούν για την αναβάθμιση ενός υπάρχοντος ελεγκτή άρδευσης, παρέχοντας τη δυνατότητα ποτίσματος με βάση την υγρασία του εδάφους σε ένα υπάρχον σύστημα. Θα μπορούσαν επίσης να συνδυαστούν με έναν νέο, συμβατό ελεγκτή βάσης και να εγκατασταθούν σε ένα νέο σύστημα άρδευσης.

5.4.1. Εγκαθιστώντας ένα SMS

Οι κατασκευαστές περιλαμβάνουν οδηγίες για την σωστή εγκατάσταση SMS μέσα στη συσκευασία του προϊόντος και πολλά είναι επίσης διαθέσιμα στο διαδίκτυο. Οι περισσότεροι κατασκευαστές παρέχουν επίσης διαδικτυακούς οδηγούς εκπαίδευσης και βίντεο σχετικά με την εγκατάσταση και τη λειτουργία των SMS τους σε επαγγελματίες και ιδιοκτήτες σπιτιού για να μάθουν περισσότερα σχετικά με την εγκατάσταση αυτών των προϊόντων. Για βοήθεια με τη σωστή εγκατάσταση, επικοινωνήστε με έναν επαγγελματία άρδευσης πιστοποιημένο από ένα πρόγραμμα που έχει κερδίσει την ετικέτα WaterSense, η οποία επικεντρώνεται σε πληροφορίες σχετικά με μεθόδους και τεχνολογίες που εξοικονομούν νερό. Βρείτε έναν επαγγελματικό οργανισμό πιστοποίησης κοντά σας για επιλογές πιστοποίησης.

Η Εταιρεία συμβουλεύει τα εξής στους χρήστες :

- Ακολουθείτε πάντα τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Τοποθετήστε τον αισθητήρα σε μια περιοχή του τοπίου που απαιτεί την πιο συχνή άρδευση (π.χ. χλοοτάπητα με ελάχιστη σκιά). Τοποθετήστε τον μηχανισμό αισθητήρα στη ριζική ζώνη των φυτών. Δώστε προσοχή στις οδηγίες σχετικά με το αν ο μηχανισμός αισθητήρα πρέπει να τοποθετηθεί σε μια συγκεκριμένη ζώνη άρδευσης, καθώς αυτό είναι συγκεκριμένο για το προϊόν.
- Τα μεγάλα τοπία ενδέχεται να απαιτούν περισσότερους από έναν μηχανισμούς αισθητήρων. Εάν ναι, κάθε ένα πρέπει να τοποθετηθεί σε ξεχωριστή ζώνη άρδευσης.
- Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στη βαθμονόμηση του μηχανισμού αισθητήρα και ακολουθήστε τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τα εμπορικά σήματα και πρέπει να διεξάγεται σωστά για την πλήρη εξοικονόμηση νερού.
- Εάν έχει εγκατασταθεί επίσης μια συσκευή ανίχνευσης βροχής, βεβαιωθείτε ότι ο αισθητήρας υγρασίας του εδάφους και ο αισθητήρας βροχής είναι ενσύρματα σε σειρά (σε αντίθεση με την παράλληλη). Αυτό επιτρέπει στον καθένα να αποτρέψει το πότισμα σε συνθήκες με επαρκή υγρασία αντί να απαιτήσει από τους δύο αισθητήρες να αποτρέπουν την άρδευση ταυτόχρονα.

- Μετά την αρχική εγκατάσταση, παρακολουθήστε προσεκτικά το τοπίο για μερικές εβδομάδες και προσαρμόστε τις ρυθμίσεις εάν το τοπίο είναι πολύ υγρό ή πολύ ξηρό.
- Για να επιτύχετε πλήρη εξοικονόμηση από ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα άρδευσης, βεβαιωθείτε ότι το σύστημα λειτουργεί σωστά - χωρίς υπερβολικό ψεκασμό σε πεζοδρόμιο, σπασμένους ψεκαστήρες ή διαρροές.

5.4.2. Προγραμματισμός αποταμίευσης νερού

Ο σωστός προγραμματισμός του SMS είναι απαραίτητος για την εξοικονόμηση νερού. Στο πλαίσιο της διαδικασίας εγκατάστασης, πολλά μοντέλα SMS ορίζουν αυτόματα το όριο στο οποίο επιτρέπεται/εμποδίζεται η άρδευση. Το κατώφλι είναι το σημείο στο οποίο το έδαφος διατηρεί τη μέγιστη ή σχεδόν μέγιστη ποσότητα νερού πριν αποτραπεί η άρδευση. Μετά από στενή παρακολούθηση για αρκετές εβδομάδες, ο χρήστης πρέπει να καθορίσει εάν το κατώφλι επιτρέπει στο τοπίο να είναι πολύ υγρό ή πολύ ξηρό και να προσαρμοστεί ανάλογα. Το βασικό πρόγραμμα άρδευσης είναι εξίσου σημαντικό. Πρέπει να τηρήσετε τους τοπικούς περιορισμούς ποτίσματος όταν π.χ. βρέχει δεν είναι απαραίτητο να ποτίζετε με νερό, και έτσι με αυτόν τον τρόπο θα επιτύχετε μεγαλύτερες εξοικονομήσεις νερού εάν ένα πιο τυπικό πρόγραμμα έχει οριστεί (π.χ. δύο έως τρεις ημέρες την εβδομάδα). Σημειώστε ότι ο τύπος εδάφους πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη κατά τον προγραμματισμό του χρονοδιαγράμματος. Για παράδειγμα, οι χρόνοι εκτέλεσης άρδευσης πρέπει να είναι συντομότεροι και συχνότεροι σε αμμώδη εδάφη για να αντικαταστήσουν το νερό στο έδαφος χωρίς να προκαλέσουν αποστράγγιση. Αντίστροφα, σε βαρύτερα εδάφη, μπορεί να γίνει λιγότερο συχνή άρδευση, αφού το έδαφος συγκρατεί περισσότερο νερό.

Ένας καλός τρόπος για να διαχειριστούμε το αποταμιευμένο νερό είναι να χρησιμοποιήσουμε έναν ελεγκτή ο οποίος θα πρέπει να παρέχει αποτελεσματική άρδευση όταν το χρειάζεται ο χώρος καλλιέργειας. Η χρήση του ελεγκτή ενδείκνυται στην περίπτωση εγκατάστασης και προγραμματισμού ενός SMS με ετικέτα WaterSense. Ωστόσο, κανένα σύστημα ελέγχου άρδευσης δεν πρέπει να εγκατασταθεί χωρίς να ελέγχεται τις πρώτες μέρες εγκατάστασής του. Οι χρήστες των συστημάτων πρέπει να επιτηρούν τη διαδικασία για να διασφαλίσουν ότι το σύστημα άρδευσης λειτουργεί σωστά. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό μετά την εγκατάσταση. Να αποφεύγετε το υπερβολικό πότισμα όταν έχετε φυτά ευαίσθητα. Οι χρήστες θα πρέπει να ρυθμίζουν το πότισμα με χρήση τιμής κατωφλίου στο panel του συστήματος έως ότου βρουν μια ισορροπία που να είναι αποδοτική στο νερό και υγιής για τα φυτά τους. [9]

6. ΕΚΧΩΡΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Οι αγρότες αντιμετωπίζουν βαριά λειτουργία, διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού και υψηλό λειτουργικό κόστος καλλιεργούνται σε άμμο της παράκτιας περιοχής λόγω του δύσκολου περιβάλλοντος και των σκληρών ιδιοτήτων του εδάφους. Το έδαφος στις παράκτιες περιοχές επηρεάζεται πολύ από το κλίμα και τον καιρό.

Μια δαπανηρή δραστηριότητα στην παράκτια γεωργία είναι η άρδευση, παρέχοντας επαρκές νερό στις καλλιέργειες. Η άρδευση στη γεωργία είναι ένα από τα κύρια καθήκοντα. Είναι πολύ σημαντικό να ποτίζονται οι καλλιέργειες ανάλογα με τις ανάγκες τους. Πολύ λιγότερο πότισμα ή πολύ πότισμα μπορεί να βλάψει τις καλλιέργειες. Στο σημερινό σύστημα άρδευσης, ένας αγρότης δεν μπορεί

να ελέγξει το επίπεδο υγρασίας του εδάφους. Το συμβατικό σύστημα άρδευσης χρησιμοποιεί ανθρώπινο δυναμικό και καταναλώνει πολύ καύσιμο, και δίνεται σε άνισο χρόνο και ποσότητα. Ως εκ τούτου, συχνά μπορεί να συμβεί το πότισμα περισσότερο από την ανάγκη της καλλιέργειας και μερικές φορές το νερό δεν φτάνει μέχρι τις ρίζες των φυτών.

Αυτό θα σπαταλήσει το νερό και τις προσπάθειες. Εάν το νερό δεν φτάνει μέχρι τις ρίζες των φυτών, τότε θα επηρεάσει άμεσα ανάπτυξη και κέρδος των φυτών. Είναι απαραίτητο να αποφύγετε την περιττή (περίσσεια) ή λιγότερη παροχή νερού στο πεδίο έτσι ώστε να καταστεί η καλλιέργεια πιο κερδοφόρα. Η αυτόματη άρδευση στοχεύει στη διαχείριση της χρήσης νερού αποτελεσματικά και προκειμένου να αναπτυχθεί το φυτό με τον βέλτιστο τρόπο πρέπει να γίνει σωστά η διαχείριση.

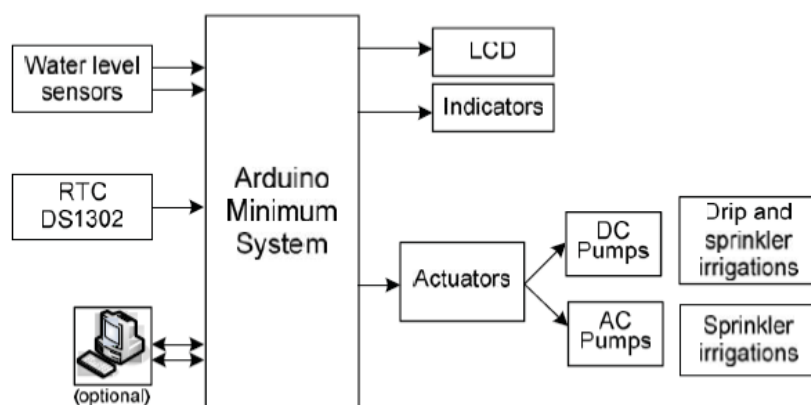
Το έδαφος στις παράκτιες περιοχές επηρεάζεται πολύ από το κλίμα και τον καιρό, όπως στο Banjarsari, Nusawungu, Cilacap Regency, Central Java, Ινδονησία. Αβέβαιη και γρήγορη αλλαγή του κλίματος συμβαίνει συχνά εκεί. Η ένταση της βροχόπτωσης είναι περίπου 47,3 mm/ημέρα και η ένταση του ήλιου είναι περίπου 109,960 lux. Σε ορισμένους μήνες (γνωστή ως μεταβατική περίοδος) η θερμοκρασία του αέρα και η θερμοκρασία του εδάφους είναι πολύ υψηλές (αντίστοιχα 39°C και 44°C) και χαμηλή υγρασία αέρα 36%[3]. Επιπλέον, οι φυσικές ιδιότητες της άμμου που έχουν πολύ υψηλή διαπερατότητα 209 mm/ημέρα και χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού απαιτούν αγρότες στην παράκτια περιοχή για τη διατήρηση της διαθεσιμότητας νερού στην ξηρά μέσω πολύ εντατικού ποτίσματος φυτών, δηλ. τουλάχιστον 3 φορές την ημέρα, έτσι ώστε τα φυτά να μπορούν να αναπτυχθούν καλά. Επιπλέον, οι αγρότες πρέπει επίσης να παρακολουθούν συχνά και κάνετε πιο εντατικό πότισμα από το συνηθισμένο την κατάσταση της υγρασίας του εδάφους. Προκαλεί η κυρίαρχη άποψη ότι το πότισμα αυξάνει το κόστος καλλιέργειας κηπουρικής στην παράκτια άμμο.

Η συμβατική μέθοδος παροχής νερού χρησιμοποιώντας ποτιστήρι είναι πολύ αναποτελεσματική και αναποτελεσματική για μεγάλη έκταση γης. Περιορίζει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα ενός αγρότη να διαχειρίζεται μια ευρύτερη περιοχή γης. Ενώ η χρήση αντλιών νερού απευθείας (χωρίς δεξαμενές) ενισχύει την κεντρική

αντλία, ο κινητήρας απενεργοποιείται συχνά, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει υψηλό κόστος και ζημιά στην αντλία. Η ποσότητα και η πίεση του νερού που θα είναι είναι επίσης δύσκολο να μετρηθεί, τα οποία εάν είναι πολύ μεγάλες οι τιμές μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στο φυτό. Η δεξαμενή είναι απαραίτητη για την αποδοτικότερη χρήση του νερού έτσι ώστε να διοχετευτεί το νερό στα φυτά. Η εφαρμογή του νερού σε συνδυασμό με την τεχνολογία αυτοματισμού εφοδιασμού αναμένεται να αυξήσει την επιχειρηματική ικανότητα των αγροτών καθώς και την αποδοτικότητα αξιοποίησης του νερού.

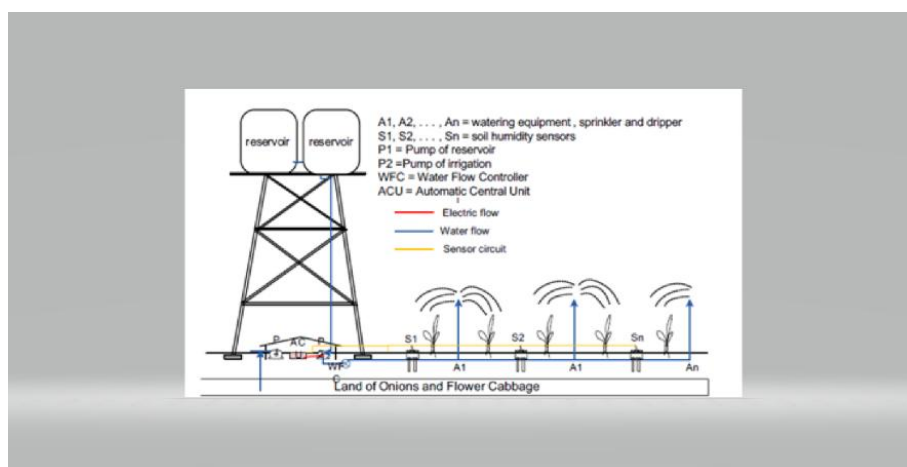
Η έλλειψη γνώσης σχετικά με τις τεχνολογίες άρδευσης μαζί με τις ιδιότητες της δυναμικής του νερού, τα αμμώδη εδάφη που έχουν χαμηλή ικανότητα συγκράτησης νερού, βελτιστοποιούν τον προγραμματισμό άρδευσης και τα κριτήρια καθίστανται κρίσιμο ζήτημα για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της παραγωγής (δηλαδή χρονικά όρια για την ενεργοποίηση της άρδευσης και βέλτιστη διάρκεια παλμών άρδευσης). Με βάση αυτό, οι κύριοι στόχοι της εργασίας επρόκειτο να σχεδιάσουν κριτήρια προγραμματισμού άρδευσης βάσει χρόνου, προσαρμοσμένα για αμμώδη εδάφη και να αξιολογήσουν την αυτόματη απόδοση συστήματος άρδευσης.

Η εφαρμογή της άρδευσης με σταγόνες και ψεκασμούς πραγματοποιείται στην καλλιέργεια κρεμμυδιών και λουλουδιών λάχανο σε αμμώδη έκταση στην παράκτια περιοχή. Δοκιμάσαμε δύο είδη αντλιών που εξαρτώνται από τον τύπο άρδευσης, δηλαδή την αντλία εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) για ψεκαστήρες υψηλής πίεσης και συνεχές ρεύμα Αντλίες (DC) για ψεκαστήρες μικρής πίεσης και άρδευση στάγδην. Η Εικόνα 32 δείχνει ένα διάγραμμα ενός αυτόματου συστήματος ποτίσματος σε φυτά με βάση τον χρόνο τροφοδοσίας για άρδευση με σταγόνες και ψεκασμούς. Το κύριο μέρος του αυτόματου συστήματος είναι Ρολόι πραγματικού χρόνου (RTC) DS-1302 και Arduino ελάχιστο σύστημα, το οποίο ενσωματώθηκε με άλλα υποστηριζόμενα εξαρτήματα, όπως π.χ. Προβολή και ένδειξη LCD, μονάδα ενεργοποιητή και αντλία AC και αντλία DC. Προσθέτουμε αισθητήρα στάθμης νερού για δεξαμενή νερού που είναι απλός, χαμηλού κόστους, αυτοσχέδιος αισθητήρας ανίχνευσης νερού. Το Arduino Uno είναι το ελάχιστο σύστημα το οποίο είναι αρκετά συμπαγές για να χρησιμοποιηθεί ως κέντρο ελέγχου.



Εικόνα 32 Διάγραμμα του αυτόματου συστήματος άρδευσης με σταγονόμετρο και ψεκαστήρα με βάση τον χρόνο παροχής

Η εφαρμογή της άρδευσης με σταγονόμετρο και ψεκαστήρα αφορά την καλλιέργεια κρεμμυδιών, λουλουδιών και λάχανου. Το πότισμα έχει προγραμματιστεί να τροφοδοτεί αυτόματα τα φυτά σε τρεις περιόδους, συγκεκριμένα στις 07:00, 11:00 και 17:00, για 15 λεπτά αντίστοιχα. Το αυτόματο σύστημα και οι αντλίες άρδευσης τροφοδοτούνται και ενεργοποιούνται από ηλιακό-αιολικό σύστημα 800 watt, αποτελούμενο από 400 Watt ηλιακό και 400 Watt αιολικό σύστημα. Η Εικόνα 33 δείχνει το διάγραμμα εφαρμογής του συστήματος ποτίσματος για καλλιέργεια κρεμμυδιού και λάχανου σε αμμώδες έδαφος στην παράκτια περιοχή χρησιμοποιώντας τεχνική άρδευσης με ψεκαστήρες και σταγονόμετρα.



Εικόνα 33 Εφαρμογή αυτόματου συστήματος ποτίσματος για καλλιέργεια κρεμμυδιού και λάχανου

Το πείραμα έγινε σε αμμώδες έδαφος, που βρίσκεται στο χωριό Banjarsari, Nusawungu, Cilacap Regency, Κεντρική Ιάβα Ινδονησίας. Η μελέτη διεξήχθη κατά τη διάρκεια 6 μηνών, από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο του 2018. Το οικόπεδο που χρησιμοποιείται είναι περίπου 1200 m², το οποίο απέχει μόλις 100 μέτρα από την πλευρά της παραλίας. Η καλλιέργεια κρεμμυδιών και το λάχανο πραγματοποιείται εφαρμόζοντας τη βέλτιστη διαχείριση θρεπτικών συστατικών για κάθε φυτό. Είναι συμπεριλαμβανόμενες οι βέλτιστες παράμετροι καλλιέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν σε οικόπεδα επίδειξης :

- α. Το μέγεθος των οικοπέδων κρεμμυδιών είναι (1x2) m².
- β. Το μέγεθος των οικοπέδων με λουλούδι είναι (2x4) m².
- γ. Χρήση ενισχυτών κοπριάς και εδάφους utisol για να ξεπεραστεί η διαρροή άμμου και να κατασταλλεί η εκροή.
- δ. Χρήση αχυρόφυλλου.
- ε. Επεξεργασία λιπασμάτων αζώτου και λιπάσματος POC.
- ζ. Η δοσολογία της κοπριάς είναι 20 τόνοι / εκτάριο. [10]

6.1. Εναλλακτική χρήση GPRS για αυτόματο πότισμα

Προτείνω εναλλακτικά να χρησιμοποιήσουμε σύστημα αυτόματου εντοπισμού ατμοσφαιρικών συνθηκών το οποίο θα είναι σύστημα Android.

Σε αυτό το σύστημα η εντολή του χρήστη θα μεταδίδεται μέσω εφαρμογής Android και θα παρακολουθείται μέσω IoT, ώστε ο χρήστης να μπορεί να στείλει εντολή φροντίδας φυτών από απόσταση οποιαδήποτε στιγμή και οπουδήποτε, αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί ορισμένα στοιχεία υλικού που περιλαμβάνει ARM7 LPC2148, LCD, Motor αντλία, ρελέ, αισθητήρες.

Το σύστημα περιλαμβάνει πιο προηγμένη λειτουργία όπως η ευελιξία στον χρήστη η οποία κανονίζει τη ρύθμιση της φροντίδας των φυτών όπως θα προτιμούσε ο κάθε πελάτης ή τη δυνατότητα παροχής λίστας επιλογών του χρήστη, που μπορεί ελεύθερα να επιλέξει πριν κάνει χειροκίνητο έλεγχο. Από την πλευρά του συστήματος, η προηγούμενη έρευνα σχετικά με το σύστημα αυτοματισμού εργοστασίων δεν περιλαμβάνει λίπανση, ενώ όπως ξέρουμε η λίπανση για τα φυτά είναι εξίσου σημαντική με το πότισμα των φυτών. Η εφαρμογή για τα κινητά είναι ενσωματωμένη στο σύστημα αυτοματισμού και το δημιουργημένο τμήμα υπηρεσιών. Οποιαδήποτε εντολή δίνει εντολή από τον χρήστη μέσω της εφαρμογής και στη συνέχεια αποθηκεύεται στη Βάση Δεδομένων. Η Πλατφόρμα Internet of Things (IoT) χρησιμοποιείται και είναι στην αιχμή της τεχνολογίας αυτήν την περίοδο. Αυτό χρησιμεύει για την αποθήκευση του σειριακού αναγνώστη αισθητήρων που συνδέονται με μικροελεγκτή και μεταφορτώνεται από την Wi-Fi μονάδα, και στη συνέχεια τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων αισθητήρα θα εμφανίζονται στις εφαρμογές Android.

Το πλεονέκτημα χρήσης αυτής της επικοινωνίας είναι ο σχεδιασμός του συστήματος και των εφαρμογών για κινητές συσκευές η οποία δεν επηρεάζεται από το γεγονός ότι πρέπει υποχρεωτικά να γνωρίζουμε την IP διεύθυνση της μονάδας Wi-Fi που μπορεί να αλλάζει δυναμικά γιατί είναι χειρίζεται το API υπηρεσίας ιστού. Και οι δύο συσκευές μικροελεγκτή και ο χρήστης του smartphone πρέπει να είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο.

6.2. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HARDWARE

Σε αυτό το έργο τα εξαρτήματα υλικού θα περιλαμβάνουν τα ARM7 LPC2148, LCD, κινητήρα, ρελέ και αισθητήρες.

6.2.1. ARM7LPC2148

Το ARM βασίζεται σε επεξεργαστή υπολογιστή, που αποτελείται από Αρχιτεκτονική RISC. Μια μέθοδος βασισμένη σε RISC συνεπάγεται ότι στο σχεδιασμό επεξεργαστών ARM χρειάζονται περισσότερα τρανζίστορ από τους κανονικούς επεξεργαστές σε συνηθισμένους υπολογιστές. Αυτή η προσέγγιση μειώνει τη θερμότητα, το κόστος και τη χρήση ενέργειας. Η εξουσία στη χρήση του βραχίονα είναι τόσο χαμηλή που έκανε τους επεξεργαστές ARM εξαιρετικά διάσημους. Η αρχιτεκτονική ARM (32-bit) είναι ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος

σχεδιασμός σε κινητά τηλέφωνα και τα περισσότερα 32-bit είναι ενσωματωμένα σε πλαίσια.

Ο μικροελεγκτής LPC2148 διαθέτει ARMv4T αρχιτεκτονική και ARM7TDMI CPU. Είναι διαθέσιμα 512KB του προγράμματος flash και στα 32KB στατικής μνήμης RAM. Λόγω της χαμηλής ισχύος της χρήσης και του μικρού μεγέθους, το LPC2148 χρησιμοποιείται σε πολλές ενσωματωμένες εφαρμογές.

6.2.2. ΟΘΟΝΗ LCD

Το πλήρες όνομα LCD είναι Liquid Crystal Display. Χρησιμοποιείται ως επίπεδη οθόνη σε ψηφιακά ρολόγια, κάμερες και διασύνδεση στους φορητούς υπολογιστές. Σε αυτό το έργο η LCD 16x2 χρησιμοποιείται ως οθόνη. Η Οθόνη LCD 16x2 μπορεί να εμφανίσει γραμμή με 16 χαρακτήρες σε κάθε εμφανιζόμενη οθόνη. Χρησιμοποιείται για να εμφανίσετε τα ληφθέντα δεδομένα από το ARM7, κάνετε χρήση της οθόνης υγρού κρυστάλλου η οποία μπορεί να εκτελέσει ορισμένες λειτουργίες όπως η οθόνη και χαρακτήρες, αριθμοί, ειδικοί χαρακτήρες και χαρακτήρες ASCII κ.λπ.

6.2.3. ΡΕΛΕ

Ένα ρελέ είναι μια ηλεκτρομαγνητική συσκευή που δρα ως διακόπτης. Χρησιμοποιείται για την οδήγηση του φορτίου (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα) συνδεδεμένη στην έξοδο του ρελέ.

6.2.4. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Ο αισθητήρας είναι μια συσκευή που ανιχνεύει και ανταποκρίνεται σε κάποιο είδος εισόδου από το φυσικό περιβάλλον. Η συγκεκριμένη είσοδος θα μπορούσε να είναι ελαφριά, η θερμότητα, η υγρασία ή οποιοσδήποτε μεγάλος αριθμός από άλλα περιβαλλοντικά φαινόμενα.

6.2.5. Κινητήρας

Στον ηλεκτροκινητήρα χρησιμοποιείται η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα 12 βολτ η οποία λειτουργεί ως ενεργοποιητής για το άνοιγμα ή το κλείσιμο του αγωγού νερού/λιπάσματος.

Ο Μικροελεγκτής χρησιμεύει ως η κύρια μονάδα επεξεργασίας που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του προγράμματος και την εκτέλεση εντολών από τους χρήστες.

6.2.6. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Αυτό το έργο χρησιμοποιεί εργαλεία και γλώσσες λογισμικού. Τα εργαλεία λογισμικού είναι το Kiel UV Compiler, το ORCAD και το Flash Magic. Ο μεταγλωττιστής Keil UV χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη κώδικα ARM, μετατρέπει τον ενσωματωμένο κωδικό C στον κωδικό συναρμολόγησης και στη συνέχεια ως αρχείο HEX. Το ORCAD προορίζεται για

χρήση σχηματικού εργαλείου ανάπτυξης και το Flash Magic χρησιμοποιείται για μεταφόρτωση υλικολογισμικού ή απόρριψη (.hex αρχείο) στον μικροελεγκτή ARM7.

6.2.7. Γλώσσες προγραμματισμού

Το Embedded C είναι ένα σύνολο γλωσσών που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη κτ και την κωδικοποίηση επεξεργαστή ARM. Οι γλώσσες PHP και HTML χρησιμοποιούνται για δημιουργία ιστοσελίδων στο Διαδίκτυο.

6.2.8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όλες οι εξουσιοδοτημένες πληροφορίες για τα φυτά αποθηκεύονται στη Βάση Δεδομένων στην εφαρμογή για κινητά. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τρία επίπεδα. Κάθε επίπεδο μπορεί να φιλοξενήσει τρία καλλωπιστικά φυτά. Κάθε επίπεδο έχει έναν ειδικό αγωγό πάνω του με σκοπό το νερό ή το λίπασμα μπορεί να ρέει σε ένα ορισμένο επίπεδο. Αυτή η εφαρμογή για κινητά θα εμφανιστεί και θα φορτωθεί η παράμετρος περιβαλλοντικών συνθηκών από το αναγνωριστικό καναλιού IoT τεχνολογίας αιχμής, που έχει επιλέξει ο χρήστης και περιέχει διάφορες ενδείξεις αισθητήρων του χρήστη που είναι προσαρτημένοι στο σύστημα. Οι χρήστες είναι σε θέση για έλεγχο του περιβάλλοντος χωρίς περιορισμούς.

Αυτό το αναπτυσσόμενο πρόγραμμα εγγράφεται επιτυχώς στην πλακέτα arm7 χρησιμοποιώντας προγραμματιστή USB.

Βήμα 1: Ο αισθητήρας ανιχνεύει τις παραμέτρους και στέλνει το αναλογικό σήμα στον μικροελεγκτή.

Βήμα 2: Το MCU μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό και επεξεργάζεται τις παραμέτρους.

Βήμα 3: Εάν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη και η υγρασία του εδάφους είναι χαμηλή τότε ο διακόπτης MCU είναι ON στο μοτέρ νερού.

Βήμα 4: Βασιστείτε έγκαιρα στον εξ' αποστάσεως τρόπο ελέγχου με σκοπό την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του διακόπτη MCU.

Βήμα 5: Όλες οι πληροφορίες της θερμοκρασίας, η υγρασία, η υγρασία εδάφους, ο διακόπτης νερού σε ON/ OFF κατάσταση, η κατάσταση προμήθειας λιπασμάτων αποστέλλονται στο σύννεφο διακομιστή cloud.

Βήμα 6: Από το cloud όλες οι παράμετροι μπορούν να παρακολουθούνται από τη μηχανή IoT και την εφαρμογή στα κινητά. [11]

7. INTERNET OF THINGS (IOT)

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων ή Ίντερνετ των πραγμάτων (αγγλικά: **Internet of things/IoT**) αποτελεί το δίκτυο επικοινωνίας πληθώρας συσκευών, οικιακών συσκευών, αυτοκινήτων καθώς και κάθε αντικειμένου που ενσωματώνει ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα σε δίκτυο ώστε να επιτρέπεται η σύνδεση και η ανταλλαγή δεδομένων. Απλούστερα, η φιλοσοφία του IoT είναι η σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών συσκευών μεταξύ τους (τοπικό δίκτυο) ή με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο (παγκόσμιο ιστό).

Η έννοια "Things" (πράγματα) δεν είναι αυστηρά συνδεδεμένη με ορισμένα προϊόντα. Αναφέρεται σε μία ευρεία ποικιλία συσκευών εντελώς διαφορετικά μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα αυτοκίνητα με ενσωματωμένους αισθητήρες, κάμερες, κλιματιστικά, φώτα, συστήματα ασφαλείας, smartwatches ακόμα και αυτοκίνητα των οποίων οι περίπλοκοι αισθητήρες εντοπίζουν αντικείμενα στην πορεία τους. Είναι μερικά από τα πολλά προϊόντα τεχνολογίας. Βασικό χαρακτηριστικό όλων είναι η σύνδεση μεταξύ τους με απώτερο σκοπό την δυνατότητα του χρήστη να τα ελέγχει από έναν υπολογιστή ή κινητό. Ο όρος Internet of Things αποδόθηκε την δεκαετία του 1990 από τον Kevin Ashton.

Το Ίντερνετ των πραγμάτων (InternetofThings) είναι μία από τις τρεις κορυφαίες τεχνολογικές εξελίξεις της επόμενης δεκαετίας (μαζί με το mobileInternet και την αυτοματοποίηση του knowledgework) και αποτελεί το επόμενο μεγάλο βήμα στον χώρο της τεχνολογίας. Ο όρος Internet of Things επινοήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990 από τον επιχειρηματία Kevin Ashton. Ο Ashton, ο οποίος είναι ένας από τους ιδρυτές του Auto-ID center στο MIT, ήταν μέρος μιας ομάδας που ανακάλυψε τον τρόπο να συνδέσει τα αντικείμενα με το Διαδίκτυο μέσω μιας ετικέτας RFID.

7.1. Λειτουργικά ζητήματα

7.1.1. Πώς λειτουργεί

Οι συσκευές και τα αντικείμενα με ενσωματωμένους αισθητήρες συνδέονται με μια πλατφόρμα, η οποία περιλαμβάνει δεδομένα από τις διάφορες συσκευές και εφαρμόζει αναλυτικά στοιχεία για να μοιράζονται τις πιο πολύτιμες πληροφορίες με εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων αναγκών. Οι συσκευές IoT μπορούν να εντοπίσουν ακριβώς ποιες πληροφορίες είναι χρήσιμες και να τις εκμεταλλευτούν κατάλληλα. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να αυτοματοποιήσει επαναλαμβανόμενες, χρονοβόρες ή ακόμα και επικίνδυνες εργασίες.

7.1.2. Αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων

Μία πρόκληση για τους παραγωγούς τεχνολογικών συστημάτων IoT είναι η διαχείριση και η ερμηνεία του τεράστιου όγκου πληροφοριών που παράγουν οι συσκευές λόγω της συνεχούς επικοινωνίας με το δίκτυο (streaming data).

Μία άλλη πρόκληση είναι η αποθήκευση των τεράστιων παραγόμενων δεδομένων. Σε αρκετές περιπτώσεις τα συστήματα απαιτούν μεγάλο όγκο πληροφοριών με αποτέλεσμα υψηλές απαιτήσεις για αποθηκευτικό χώρο. Στην σημερινή εποχή, το διαδίκτυο είναι υπεύθυνο για την παραγωγή του 5% της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ενώ υπάρχει κίνδυνος να αυξηθεί εάν αρχίσει η καθολική εφαρμογή του IoT ανά τον κόσμο.

7.1.3. Χρησιμότητα

Η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή είναι γεγονός. Η χρησιμότητα του IoT είναι μεγάλη και η ζήτηση από τους υποψήφιους αγοραστές ακόμα μεγαλύτερη. Ως επί το πλείστον, οι άνθρωποι αποζητούν την αυτονομία σε πολλά πράγματα γύρω τους. Από ένα αυτόματο ξυπνητήρι μέχρι το έξυπνο ψυγείο που ενημερώνει το χρήστη για βασικές ελλείψεις ή ακόμα και την δυνατότητα ενεργοποίησης κλιματισμού πριν ακόμα ο χρήστης εισέλθει στο σπίτι. Είναι μερικές από τις δυνατότητες που προσφέρει το IoT. Η χρήση του δεν παραμένει μόνο εκεί, αλλά επεκτείνεται και στις επιχειρήσεις οι οποίες εκμεταλλεύονται την δυνατότητα αποθήκευσης και επεξεργασίας των δεδομένων από cloud συστήματα. [12]

8. ΣΥΣΤΗΜΑ IRRIX

Το IRRIX είναι μια διαδικτυακή πλατφόρμα που φιλοξενείται από σύννεφο, η οποία μεταφέρεται χωρίς ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης

εκτελέσει τις ακόλουθες εργασίες:

1. Καταγράφει δεδομένα από τους αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στο πεδίο. Τα δεδομένα μεταφορτώθηκαν 4 φορές την ημέρα μέσω

IPv4/IPv6 στον διακομιστή IRRIX.

2. Επεξεργασία και ερμηνεία δεδομένων: Το IRRIX αναλύει όλα τα δεδομένα εισόδου για τον εντοπισμό ανωμαλιών ή

σημαντικά γεγονότα στο σύστημα (άρδευση, βροχή). Ως δείκτης της εξέλιξης του εδάφους

κατάσταση νερού, το IRRIX ρυθμίζεται για κάθε αισθητήρα στην πιο ξηρή τιμή που καταγράφεται κάθε μέρα, το νερό του εδάφους

περιεχόμενο (SWC), καθημερινό πιο ξηρό SWC (SWCd). Στη συνέχεια, για να μειωθεί η μεταβλητότητα μεταξύ των αισθητήρων, IRRIX

ομαλοποιεί αυτές τις τιμές ειδικά για κάθε αισθητήρα, όπως:

$$NSWCd = (SWCd \boxtimes SWCWP) / (SWCFC \boxtimes SWCWP) \quad (1)$$

8.2. Μετεωρολογικοί όροι και εφαρμοσμένο νερό

Ο πίνακας 4 δείχνει το ETo που υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Penman – Monteith (ETo-PM) και την Hargreaves μέθοδο (ETo-H), οι συσσωρευμένες βροχοπτώσεις, η μέση θερμοκρασία, η μέση σχετική υγρασία του αέρα και η προσυγκομιδή και μετά εφαρμόστηκε η συγκομιδή του νερού για κάθε επεξεργασία. Όπως φαίνεται, το ετήσιο ETo-PM ήταν πολύ παρόμοιο στα δύο χρόνια της μελέτης, με πολύ υψηλές τιμές τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο και στα δύο χρόνια. Οι τιμές ETo-H ακολούθησαν την ίδια εποχική τάση με το ETo-PM, αν και με ελαφρώς υψηλότερες τιμές το 2016 και ελαφρώς χαμηλότερες τιμές το 2017. Η κατανομή της εποχιακής βροχόπτωσης κυμάνθηκε μεταξύ των ελάχιστων τιμών των καλοκαιρινών μηνών και οι μέγιστες τιμές το φθινόπωρο και το χειμώνα του 2016 και εντός της άνοιξης και του χειμώνα του έτους 2017. Οι συνολικές βροχοπτώσεις κατά την περίοδο δοκιμής ήταν 184,97 mm το 2016 και 79,2 mm το 2017, ενώ οι συνολικές βροχοπτώσεις για ολόκληρο το έτος κυμάνθηκαν από 283,6 mm το 2017 σε 525,63

mm το 2016. Η διαφορά στο ETo μεταξύ των δύο ετών ήταν 82 mm σύμφωνα με τη μέθοδο Penman -Monteith αλλά ήταν μόλις 38mm σύμφωνα με τη μέθοδο Hargreaves, με υψηλότερη τιμή ETo το 2017 από το 2016.

Παράμετροι	2016			2017		
	Πριν	Μετά	Ετήσιο	Πριν	Μετά	Ετήσιο
ETo-PM (mm)	330.77	955.30	1286.07	450.06	918.49	1368.55
ETo-H (mm)	358.36	937.99	1296.35	420.74	837.52	1258.26
Rainfall (mm)	269.38	256.25	525.63	175.08	108.52	283.60
T mean (°C)	12.59	19.20	15.89	13.41	19.69	16.55
RH mean (%)	80.14	65.54	72.84	71.42	58.05	64.73
Irrigation (mm)						
C	33	570	603	245	569	814
RDI	31	250	281(45.96)	208	297	506(37.84)
A	32	302	334(44.62)	143	336	479(41.16)

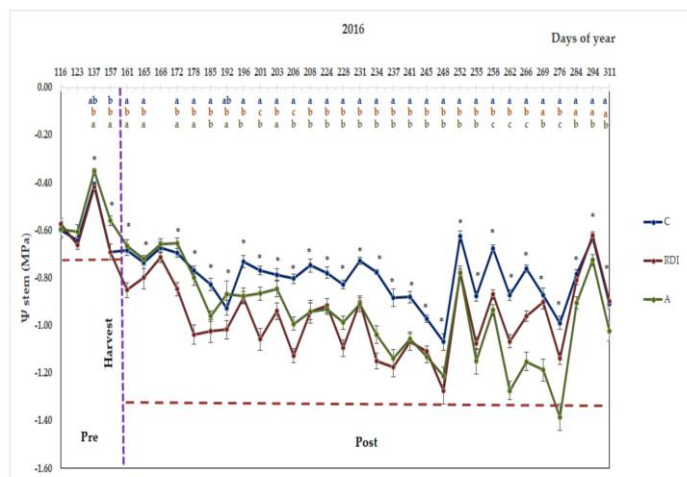
Πίνακας 4 Αναφορά εξατμισοδιαπνοής (ETo), βροχοπτώσεις, μέση θερμοκρασία, μέση σχετική υγρασία αέρα, και το συνολικό νερό άρδευσης που εφαρμόζεται στις τρεις επεξεργασίες άρδευσης.

Η ποσότητα του νερού άρδευσης ήταν υψηλότερη το 2017 ως συνέπεια των χαμηλότερων βροχοπτώσεων και υψηλότερο ΕΤο (Πίνακας 4). Το 2016, ο εφαρμοζόμενος όγκος νερού στην επεξεργασία RDI ήταν 46% λιγότερο από ό,τι σε αυτό η αποθεραπεία φυτού C, με παρόμοια διαφορά μεταξύ των θεραπειών A και Γ (45%). Το 2017, οι εξοικονομήσεις νερού ανήλθαν σε 38% και 41%, για τις θεραπείες RDI και A, αντίστοιχα. Μια ανάλυση του όγκου νερού που εφαρμόζεται στις διαφορετικές περιόδους σε κάθε επεξεργασία δείχνει ότι στην περίοδο πριν την συγκομιδή του 2016 και οι τρεις θεραπείες έλαβαν παρόμοια ποσά. Αυτοί οι όγκοι ήταν πολύ χαμηλοί λόγω των υψηλών βροχοπτώσεων την άνοιξη. Το 2017, όταν εφαρμόστηκαν πολύ μεγαλύτεροι όγκοι, υπήρχαν σαφείς διαφορές μεταξύ των αποθεραπειών, με μεγαλύτερο όγκο σε Γ και μικρότερο όγκο σε Α. Σύμφωνα με τα προκαθορισμένα κριτήρια προγραμματισμού άρδευσης, οι όγκοι άρδευσης C και RDI πρέπει να συμπίπτουν κατά το στάδιο της προ-συγκομιδής αλλά, ως αποτέλεσμα βλάβης, η αποθεραπεία RDI έλαβε 37 mm λιγότερο. Ωστόσο, η πιο σημαντική μείωση ήταν στο Α, καθώς η ανάδραση του αισθητήρα εδάφους επέτρεψε την προσαρμογή των δόσεων άρδευσης στη διαθέσιμη περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους. Αν και σε αυτή τη μελέτη η άρδευση ξεκίνησε την ίδια ημερομηνία τις τρεις θεραπείες, μια προτεινόμενη βελτίωση στο σύστημα θα ήταν η χρήση των δεδομένων από τους αισθητήρες για να καθοριστεί αυτόματα η έναρξη της εκστρατείας άρδευσης. Στην περίοδο μετά τη συγκομιδή, το RDI ως αποθεραπεία των φυτών έλαβε λιγότερο νερό από την επεξεργασία Α, αν και η διαφορά ήταν μικρότερη κατά το δεύτερο έτος ως αποτέλεσμα των προσαρμογών που έγιναν μετά το πρώτο έτος. Αυτή η εξοικονόμηση νερού μπορεί επίσης να οφείλεται στο γεγονός ότι ο αλγόριθμος των Casades υποδηλώνει ότι η χρήση του μοντέλου ισορροπίας νερού επιτρέπει την ταχεία ανταπόκριση στις αλλαγές που συμβαίνουν, ενώ ταυτόχρονα ο μηχανισμός ανάδρασης μπορεί να προσαρμόσει την ποσότητα νερού στις απαιτήσεις του κάθε οικοπέδου. Το επίπεδο ακρίβειας του μηχανισμού ανάδρασης είναι πολύ υψηλά σημαντικό, και οι αισθητήρες περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό παρέχουν την απαιτούμενη ακρίβεια. Έλαβε παρόμοια αποτελέσματα στην εξοικονόμηση νερού σε σχέση με την επεξεργασία ελέγχου.

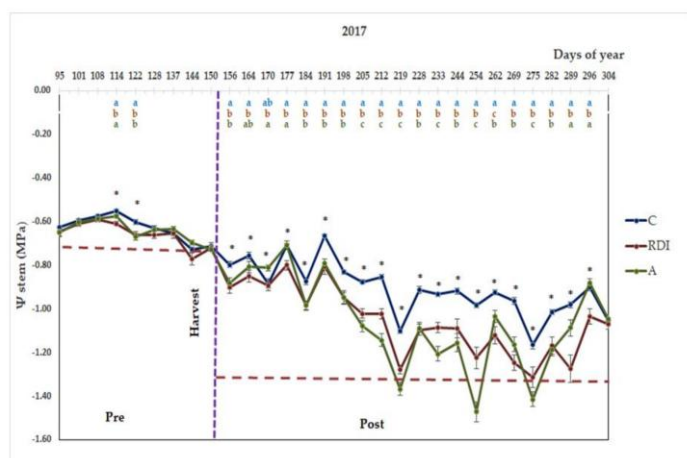
8.3. Κατάσταση νερού στα δέντρα

Η Εικόνα 34 δείχνει τις τιμές του συστήματος το 2016 (Εικόνα 6α) και το 2017 (Εικόνα 6β). Μπορεί να φανεί ότι το Ψ_{stem} μειώθηκε καθώς προχωρούσε η εκστρατεία άρδευσης, ακόμη και στην απόθεραπεία C, αν και η μείωση ήταν πιο έντονη στις αποθεραπείες για το έλλειμμα κατά την περίοδο μετά τη συγκομιδή. Το 2016 (Εικόνα 6α), Ψ_{stem} για την αποθεραπεία C μειώθηκε από μια αρχική τιμή -0,60 MPa έως την τελική τιμή -0,91 MPa. Σε σχέση με τις αποθεραπείες RDI και Α, το Ψ_{stem} μειώθηκε από τις αρχικές τιμές των -50,57 MPa και -50,59 MPa, αντίστοιχα, σε ελάχιστες τιμές -21,27 MPa και -1,39 MPa, αντίστοιχα, προτού ανακάμψουν ελαφρώς πριν από την πτώση του φύλλου. Η αποθεραπεία Α είχε καλύτερη κατάσταση νερού από την επεξεργασία RDI από την αρχή της εκστρατείας από την ημέρα 208 (27 Ιουλίου 2016), έως την ημέρα 252 (09 Σεπτεμβρίου 2016), οι δύο θεραπείες ήταν παρόμοιες, και τελικά η επεξεργασία Α είχε χαμηλότερη κατάσταση νερού από τη θεραπεία RDI μέχρι το τέλος της καμπάνιας.

Αν λάβουμε υπόψη τις συστάσεις των Samperio για την ιαπωνική καλλιέργεια δαμάσκηνου με όψιμη ωρίμανση (*Prunus salicina* Lindl. Cv. Angeleno), το Ψ_{stem} πρέπει να είναι πάνω από $-0,7$ MPa στο στάδιο Ι, $-0,8$ MPa στο στάδιο ΙΙ, και -1.1 MPa κατά το στάδιο ΙΙΙ και μετά τη συγκομιδή. Στη μελέτη μας, οι τιμές Ψ_{stem} ήταν παραπάνω $-70,7$ MPa κατά την περίοδο προ της συγκομιδής στις αποθεραπείες RDI και A. Στην περίοδο μετά τη συγκομιδή, το Ψ_{stem} και οι τιμές στις αποθεραπείες A και RDI ήταν πάνω από $-1,3$ MPa, υποστηρίζοντας πιο σοβαρά επίπεδα στρες αλλά χωρίς να προκύψει απώλεια απόδοσης.



(a)



(b)

Εικόνα 34 Εποχιακές παραλλαγές στο μεσημεριανό δυναμικό βλαστικών υδάτων (Ψ_{stem}) των δαμασκηνίων 'Red Beaut' μέσα ανταπόκριση σε διαφορετικές θεραπείες άρδευσης κατά το (α) 2016 και (β) 2017. Κάθε τιμή είναι ο μέσος όρος του 32 μετρήσεις τυπικό σφάλμα. Pre είναι η περίοδος από την καρπόδεση έως τη συγκομιδή του τρέχοντος έτους. Η ανάρτηση είναι την περίοδο από τη συγκομιδή έως την έναρξη της πτώσης των φύλλων του τρέχοντος έτους. Η κάθετη διακεκομμένη γραμμή δείχνει τη στιγμή της συγκομιδής. Η οριζόντια διακεκομμένη γραμμή υποδεικνύει το όριο που έχει καθοριστεί για κάθε καλλιέργεια φάση. * Υποδεικνύει σημαντικές διαφορές σύμφωνα με τη δοκιμή πολλαπλών αποστάσεων του Duncan ($p = 0,05$). C είναι το θεραπεία ελέγχου και το A είναι η αυτόματη θεραπεία.

Το 2017 (Εικόνα 6β), το Ψ_{stem} για την αποθεραπεία C μειώθηκε από μια αρχική τιμή -0,63 MPa σε τελική τιμή -1,05 MPa. Στις αποθεραπείες RDI και A, η αρχική τιμή ήταν -0,65 MPa και η τελική τιμή -1,05 MPa. Οι ελάχιστες τιμές Ψ_{stem} ήταν -1.31 MPa και -1.47 MPa για τις αποθεραπείες RDI και A, αντίστοιχα. Στην περίοδο πριν από τη συγκομιδή, μπορούν να παρατηρηθούν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποθεραπειών C και RDI, οι οποίες μπορεί να οφείλονται στη διαφορά μεταξύ των δύο επεξεργασμένων υλικών σε εφαρμογή στο νερό ως πρόβλημα που εμφανίστηκε στο σύστημα άρδευσης της επεξεργασίας RDI. Οι διαφορές, που παρατηρήθηκαν επίσης μεταξύ των αποθεραπειών C και A κατά την περίοδο πριν από τη συγκομιδή, με αυτή την χειρότερη κατάσταση του νερού πιθανώς λόγω του σύντομου χρόνου αντίδρασης στη διαδικασία αναπροσαρμογής του συστήματος παρά την εφαρμογή αισθητά χαμηλότερου όγκου νερού. Το εύρος Ψ_{stem} για αποθεραπεία C (-0,65 MPa στην αρχή της εκστρατείας, -0,75 MPa πριν από τη συγκομιδή και -1,10 MPa στο τέλος της εκστρατείας) είναι παρόμοια με δημοσιευμένες τιμές για καλά ποτισμένα ροδάκινα, ευρωπαϊκά δαμάσκηνα και ιαπωνικά δαμάσκηνα.

8.4. Φυτική και αναπαραγωγική ανάπτυξη

Ο Πίνακας 5 δείχνει τα αποτελέσματα του κλάδεματος ξύλου και την αύξηση της διατομής του κορμού για τις διαφορετικές αποθεραπείες. Μπορεί να φανεί ότι τα αποτελέσματα του χειμερινού κλάδεματος ποικίλλουν μεταξύ ετών και τύπου κλαδέματος ξύλων. Οι αποθεραπείες που υποβλήθηκαν σε καταπόνηση νερού (RDI και A) έχουν σημαντικά χαμηλότερο συνολικό βάρος κλαδεμένου ξύλου από την αποθεραπεία C. Όσον αφορά το νέο είδος ξύλου, υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της αποθεραπείας C και των άλλων αποθεραπειών και τα δύο έτη. Το 2016, και σε σχέση με το παλιό είδος ξύλου, η επεξεργασία A ήταν η μόνη με σημαντικές διαφορές από τις άλλες επεξεργασίες. Το 2017, εκεί δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποθεραπειών. Όσο για το καλοκαιρινό κλάδεμα, αφαιρέθηκε λιγότερο ξύλο κατά την αποθεραπεία RDI σε σχέση με τις άλλες αποθεραπείες. Συνολικό κλάδεμα ξύλου, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παρεμβάσεις και είδη ξυλείας, ήταν χαμηλότερα στις αποθεραπείες ελλείμματος, με τις χαμηλότερες τιμές που βρέθηκαν στην αποθεραπεία RDI.

Είναι αξιοσημείωτο ότι το θερινό κλάδεμα αποθεραπείας ήταν παρόμοιο με αυτό της αποθεραπείας C ακόμη και στο δεύτερο έτος όταν εφαρμόστηκε λιγότερο νερό. Το θερινό κλάδεμα μπορεί να σχετίζεται με την κατάσταση του νερού των δέντρων (κυρίως μετά τη βλάστηση) και τα αποθέματα που έχει το δέντρο του προηγούμενου έτους. Μια αποθεραπεία ήταν σε καλύτερη κατάσταση του νερού κατά την προσυγκομιδή του 2016 και παρόμοιο Ψ_{stem} το 2017. Και οι δύο πτυχές μπορούν να εξηγήσουν την υψηλότερη ανάπτυξη βλάστησης του A κατά την άνοιξη και τις αρχές καλοκαιριού.

Περικοπή	Αποθεραπείες	2016		2017	
----------	--------------	------	--	------	--

δεδομένων					
Χειμερινό κλάδεμα νέου ξύλου (kg/δέντρο)	C	6.20 ± 0.35	a	8.68 ± 0.87	a
	RDI	3.84 ± 0.49	b	4.46 ± 0.60	b
	A	4.73 ± 0.34	b	5.38 ± 0.58	b
	Significance	*		*	
Χειμερινό κλάδεμα παλιού ξύλου (kg/δέντρο)	C	8.35 ± 1.51	a	2.53 ± 0.44	
	RDI	5.11 ± 1.03	ab	2.52 ± 0.19	
	A	4.09 ± 0.65	b	2.27 ± 0.32	
	Significance	*		n.s.	
Καλοκαιρινό κλάδεμα (kg/δέντρο)	C	11.48 ± 0.45	a	9.94 ± 0.42	a
	RDI	9.56 ± 0.78	b	8.43 ± 0.66	b
	A	10.55 ± 0.44	ab	9.02 ± 0.25	ab
	Significance	*		*	
Συνολικό κλάδεμα (kg/δέντρο)	C	26.04 ± 1.63	a	21.15 ± 1.14	a
	RDI	18.52 ± 1.83	b	15.42 ± 1.19	b
	A	19.38 ± 0.96	b	16.67 ± 0.86	b
	Significance	*		*	
ΔΤCSA (cm ²)	C	65.54 ± 3.77		69.59 ± 5.31	
	RDI	55.47 ± 4.62		69.39 ± 10.54	
	A	59.72 ± 6.11		67.41 ± 5.71	
	Significance	n.s.		n.s.	

Πίνακας 5 Επιπτώσεις άρδευσης στο ετήσιο χειμερινό κλάδεμα νέου ξύλου, χειμερινό κλάδεμα παλαιού ξύλου, καλοκαιρινό κλάδεμα, συνολικό κλάδεμα και αύξηση της επιφάνειας διατομής του κορμού (DTCSA) για τα δύο έτη της μελέτης.

Το ΔΤCSA είναι η αύξηση της επιφάνειας διατομής του κορμού. το συνολικό κλάδεμα είναι το άθροισμα του χειμερινού κλαδέματος (νέο + παλιό ξύλο) και καλοκαιρινό κλάδεμα. * υποδεικνύει σημαντικές διαφορές σύμφωνα με τη δοκιμή πολλαπλής εμβέλειας του Duncan ($p = 0,05$). n.s. δείχνει ότι δεν είναι σημαντικό.

Η έλλειψη άρδευσης μείωσε τη ζωτικότητα του δέντρου (ΔΤCSA) σε σύγκριση με την αποθεραπεία C και τα δύο χρόνια. Δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ του αντίκτυπου της χειροκίνητης και της αυτοματοποιημένης εφαρμογής άρδευσης στο ΔΤCSA. Οι στρατηγικές RDI προτάθηκαν αρχικά για τον έλεγχο της σφριγηλότητας σε εντατικούς οπωρώνες ροδάκινου.

Σε αυτήν την περίπτωση, η αποτελεσματικότητα του συστήματος επαληθεύεται, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα των Samperio σε αυτήν την ίδια ποικιλία. Η αποθεραπεία A είχε παρόμοια επίπτωση με την αποθεραπεία RDI και τα δύο χρόνια, παρά το χαμηλότερο RDI της μετασυσλεκτικής αξίας Ψ_{stem} το 2016 σε σύγκριση με την αποθεραπεία A. Σύμφωνα με τον Hsiao, η φυτική ανάπτυξη είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε ελαφρά επίπεδα στρες, γεγονός που εξηγεί την υψηλότερη παραγωγή νέου ξύλου και ΔΤCSA το 2017 που συνέπεσε με το έτος υψηλότερου φορτίου φρούτων.

8.5. Απόδοση και αριθμός καρπού/δέντρου

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6 τα έτη 2016 και 2018 είχαν εντυπωσιακά υψηλότερη απόδοση από το 2017. Αυτή η εναλλαγή στην απόδοση όλο και λιγότερο παραγωγικών

ετών είναι κοινή σε αυτήν την ποικιλία και σε παρόμοια βάση με παρόμοιο τρόπο με τις τρεις αποθεραπείες. Αυτή η φυσική τάση στα δέντρα τονίστηκε το 2017 από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες για επικοινωνία. Το 2016, δεν υπήρξαν σημαντικές επιπτώσεις άρδευσης στην απόδοση (Πίνακας 6). Το 2017 και το 2018, οι θεραπείες για έλλειμμα έδωσαν υψηλότερη απόδοση από την αποθεραπεία C.

Αυτές οι διαφορές οφείλονταν στον μεγαλύτερο αριθμό φρούτων ανά δέντρο στις αποθεραπείες RDI και A, αν και οι διαφορές ήταν σημαντικές μόνο το 2017 μεταξύ των αποθεραπειών C και A. Το 2018 αν και η αποθεραπεία A έδειξε κάποια τάση προς υψηλότερες παραγωγές, οι διαφορές με το RDI δεν έγιναν σημαντικές. Η στρατηγική RDI που εφαρμόστηκε σε αυτό το πείραμα και καλλιέργεια είχε αποδειχθεί προηγουμένως, σύμφωνα με τους Sampregio, ότι τείνει να αυξάνει τον αριθμό των καρπών ανά δέντρο και επομένως αυξάνει και η απόδοση του δέντρου. Το 2016, τα αποτελέσματα απόδοσης επέτρεψαν μόνο την αξιολόγηση της χωρητικότητας του A στην επεξεργασία για τη διατήρηση μιας μη επιβλαβούς κατάστασης πριν από τη συγκομιδή του νερού. Δεδομένου ότι αυτή ήταν μια χρονιά με υψηλά επίπεδα βροχοπτώσεις, η προσυγκομιδή των αποθεραπειών ήταν μικρή. Αυτά τα αποτελέσματα απόδοσης ήταν τα αναμενόμενα όταν λαμβάνοντας υπόψη ότι αυτή η στρατηγική ήταν καρπός πέντε ετών δοκιμής στρατηγικών RDI σε αυτήν την ποικιλία.

Άλλοι συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων των Johnson, που έλαβε παρόμοια αποτελέσματα σε δαμάσκηνο πρώιμης ωρίμανσης και ροδάκινο, όπου και στις δύο περιπτώσεις καλλιέργειών πρώιμης ωρίμανσης δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση, που ελήφθη στα τέσσερα χρόνια της μελέτης βάσει της έρευνας του Naor.

Οι ερευνητές ανέφεραν ότι ο κίνδυνος με αυτές τις στρατηγικές έγκειται στον αντίκτυπο στην ακόλουθη καμπάνια, η οποία στη μελέτη μας δεν εμφανίστηκε ούτε το 2017 ούτε το 2018.

Ένας δεύτερος κίνδυνος, που περιγράφεται από τους Intrigliolo και Marsal, είναι το συσσωρευτικό κ.λ.π., που λαμβάνει χώρα κατά την εφαρμογή στρατηγικών RDI σε αρκετά συνεχόμενα έτη. Οι Intrigliolo ανίχνευσαν απώλεια απόδοσης στο ιαπωνικό δαμάσκηνο που υποβλήθηκε σε στρατηγικές RDI για μια επταετία. Κατά τον Marsal διαπιστώθηκαν απώλειες στο μέγεθος του καρπού σε σύγκριση με μια θεραπεία ελέγχου μετά την εφαρμογή RDI για τρεις συνεχόμενες χρονιές. Από αυτή την άποψη, η αποφυγή των επιπέδων άγχους είναι μια θετική συμβολή, με την αποθεραπεία A να δείχνει μεγαλύτερη ικανότητα αποφυγής σοβαρών επιπέδων στρες από τη θεραπεία RDI στο δεύτερο έτος της μελέτης.

Δεδομένα απόδοσης	Αποθεραπείες	2016	2017		2018	
Απόδοση παραγωγής (kg/εκτάριο)	C	15158 ± 2114.80	4076 ± 414.82	b	14491 ± 1090.55	b
	RDI	14240 ± 2081.19	6229 ± 587.07	a	16448 ± 1538.96	ab
	A	13697 ± 1652.65	7228 ± 818.03	a	19908 ± 1447.29	a
	Significance	n.s.	*		*	
Αριθμός καρπών/δέντρων	C	721 ± 113.62	130 ± 14.31	b	404 ± 29.08	
	RDI	681 ± 99.08	203 ± 19.21	ab	456 ± 50.78	
	A	629 ± 88.67	237 ± 27.50	a	485 ± 34.86	
	Significance	n.s.	*		n.s.	

Πίνακας 6 Επιπτώσεις άρδευσης στην ετήσια απόδοση και τον αριθμό των καρπών ανά δέντρο το 2016, 2017 και 2018.

* Υποδεικνύει σημαντικές διαφορές σύμφωνα με τη δοκιμή πολλαπλών αποστάσεων του Duncan ($p = 0,05$). n.s. δείχνει ότι δεν είναι σημαντικό.

8.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΩΝ

Σε αυτή τη μελέτη, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές χρησιμοποιώντας αυτοματοποιημένη άρδευση με υποστήριξη διαδικτυακής πλατφόρμας IRRIX ως Σύστημα. Το Σύστημα αξιολογήθηκε για ιαπωνική καλλιέργεια δαμάσκηνου, χρησιμοποιώντας προηγουμένως προσαρμοσμένη και δοκιμασμένη ελλειμματική στρατηγική άρδευσης.

Το σύστημα ήταν σε θέση να εκτελέσει το προκαθορισμένο πρόγραμμα άρδευσης χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν και καταγράφηκαν από το σύστημα την πρώτη καλλιεργητική περίοδο επέτρεψαν προσαρμογές για τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, αποδεικνύοντας την ικανότητα αυτόματης εκμάθησης του συστήματος.

Το αυτοματοποιημένο σύστημα ήταν σε θέση να καθιερώσει μια στρατηγική RDI που αποφεύγει την καταπόνηση του νερού κατά τη διάρκεια των πιο ευαίσθητων σταδίων της καλλιέργειας και προκάλεσαν μέτριο έως σοβαρό στρες στα λιγότερο ευαίσθητα στάδια.

Η ποσότητα του νερού άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε χειροκίνητα (επεξεργασία RDI) και αυτόματα (αποθεραπεία A) ήταν παρόμοια, αλλά όχι η διανομή του καθώς το αυτοματοποιημένο σύστημα προσαρμόζει τις δόσεις σύμφωνα με τις πληροφορίες που έλαβε από τους αισθητήρες υγρασίας του εδάφους. Ελήφθησαν τα αποτελέσματα απόδοσης και ελέγχου ισχύος με το αυτοματοποιημένο σύστημα, που ήταν παρόμοια με αυτά που έλαβε ένας ειδικός στον τομέα.

Παρά τα καλά αποτελέσματα που αποκτήθηκαν σε αυτή τη μελέτη, ορισμένες πτυχές του συστήματος μπορούν να βελτιωθούν περαιτέρω, συμπεριλαμβανομένης της αυτόματης αξιολόγησης της αντιπροσωπευτικότητας των αισθητήρων υγρασίας του εδάφους και της ενσωμάτωση ενός αισθητήρα που χαρακτηρίζει αυτόματα την τάση νερού του φυτού. [13]

9. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ένα έργο με πολύ παρόμοιους στόχους είναι το Botanicalls, το οποίο πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Νέας Υόρκης. Όπως και το έργο Koubachi¹, το Botanicalls στοχεύει στη δημιουργία σχέσεων μεταξύ των φυτών και ανθρώπων. Αν τα συγκρίνουμε αυτά τα δύο έργα, θα διαπιστώσουμε ότι αυτό το έργο χρησιμοποιεί συμβατικές τηλεφωνικές κλήσεις προκειμένου να ενημερωθούν οι άνθρωποι για τις ανάγκες των φυτών. Επίσης προκειμένου να λάβουμε πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση υγείας ενός φυτού μάλλον δύσκολα και έτσι εμποδίζει τη συσσώρευση της θετικής σχέσης των ανθρώπων με τα φυτά με την έννοια ότι δεν μπορούν οι άνθρωποι να καταλάβουν τη λειτουργία των φυτών με τεχνικά μέσα. Ο στόχος μας ωστόσο στο έργο αυτό είναι να ενεργοποιήσουμε τη θετική αλληλεπίδραση ανθρώπου-φυτού δημιουργώντας έτσι έναν συναισθηματικό τρόπο επικοινωνίας με αντικείμενα καθημερινής χρήσης.

Το ζήτημα του σωστού επιπέδου υπολογιστικής ερμηνείας έχει επίσης αυξηθεί στο έργο Vineyard Computing². Χρησιμοποιώντας εθνογραφικές μεθόδους έρευνας, βρήκαν οι συγγραφείς ότι οι χρήστες, δηλαδή οι διαχειριστές του αμπελώνα, θέλουν να παρέχουν πληροφορίες και όχι ανούσια δεδομένα αισθητήρα. Ωστόσο, δεν ήθελαν το σύστημα να αναλάβει αυτόματη δράση. Το σύστημα θα πρέπει μάλλον να παρουσιάζει δεδομένα που προτείνουν ένα κατανοητό βήμα προς τα δεδομένα της έρευνάς μας. Με το έργο Koubachi, επιδιώκουμε έναν πολύ παρόμοιο στόχο. Αντί για αυτόνομο πότισμα ενός φυτού σε έναν χαμηλό αισθητήρα υγρασίας εδάφους διαβάζοντας, παρέχουμε στον χρήστη ένα απλό σύστημα διεπαφής GUI, που θα ποτίσει το φυτό.

Χρησιμοποιούμε μια προσέγγιση όπου η κατάσταση της υγείας του φυτού ενημερώνεται αυτόματα όταν ένα κρίσιμο όριο μίας ή περισσότερων τιμών αισθητήρα έχει κάνει υπέρβαση για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αυτό αποτρέπει τις γρήγορες αλλαγές της απεικόνισης και πρέπει να αποφεύγονται, γιατί διαφορετικά θα ηχήσει συναγερμός του χρήστη όταν εμφανιστεί μια μη βέλτιστη κατάσταση για ένα μικρό χρονικό διάστημα όπως π.χ. πτώση της θερμοκρασίας λόγω ξαφνικού ανέμου εντός του δωματίου. Αυτές οι διαφορετικές παράμετροι μπορεί να καθοριστούν ξεχωριστά για κάθε τύπο φυτού. Για ορισμένες περιπτώσεις, από τότε που ξεκινάμε να καταγράφουμε τα δεδομένα, είμαστε σε θέση να υποδείξουμε μια κρίσιμη κατάσταση πριν συμβεί πραγματικά. Για παράδειγμα, μπορούμε να προειδοποιήσουμε το χρήστη, που χρειάζεται για να ποτίσει το φυτό τις επόμενες ώρες. Κάθε φορά που εμφανίζεται το καταγεγραμμένο επίπεδο υγρασίας του εδάφους, υποχωρεί το σύστημα. Είμαστε επίσης σε θέση να εντοπίσουμε το πότισμα του φυτού. [14]

¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Koubachi>

² https://www.researchgate.net/publication/3437021_Vineyard_Computing_Sensor_Networks_in_Agricultural_Production

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέδειξε τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος "Smart Home" με τη χρήση της πλατφόρμας Arduino, εστιάζοντας στην αυτοματοποίηση και τον έλεγχο διαφόρων λειτουργιών του σπιτιού. Μέσω της εφαρμογής αισθητήρων και μικροελεγκτών, κατέστη δυνατή η διαχείριση συσκευών όπως ο φωτισμός, η θέρμανση, και τα συστήματα ασφαλείας, συμβάλλοντας στη βελτίωση της άνεσης και της ενεργειακής αποδοτικότητας του σπιτιού.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα που αναδείχθηκαν ήταν η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα του Arduino, ως μια οικονομικά προσιτή και ανοικτή πλατφόρμα που επιτρέπει την ανάπτυξη εξατομικευμένων λύσεων. Επίσης, η δυνατότητα ενσωμάτωσης τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας όπως Wi-Fi και Bluetooth, σε συνδυασμό με τη διασύνδεση με πλατφόρμες IoT, διέυρνε τις δυνατότητες απομακρυσμένου ελέγχου και παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο.

Στο έργο 'κλιματιστικό μέσω κινητού', το Arduino συνδυάζεται με ρελέ και τρανζίστορ για οικιακό σύστημα διαχείρισης ενέργειας. Το Arduino είναι βασικά προγραμματισμένο με ελεγκτή για επικοινωνία με το ρελέ, που είναι συνδεδεμένο με λάμπα και ανεμιστήρα μέσω αισθητήρα PIR, και κλιματιστικό μέσω αισθητήρα θερμοκρασίας. Ως συμπέρασμα, παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα εφαρμόζοντας το Arduino σύστημα είναι ότι πρώτον η ενέργεια που καταναλώνεται από τις ηλεκτρικές συσκευές μπορεί να εξοικονομηθεί και δεύτερον η ισχύς είναι αρκετά μεγάλη ώστε να ενισχύσει το έργο. Επιπλέον, το σύστημα μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε κτίρια γραφείων μικρής κλίμακας.

Στο έργο 'πότισμα λουλουδιών μέσω κινητού', αποδείχτηκε ότι το σύστημα λειτουργεί εντός του κατάλληλου εύρους και είναι σταθερό. Κατά συνέπεια, το σύστημα ασαφούς ελεγκτή (fuzzy controller) είχε μεγαλύτερη ικανότητα σε σύγκριση με άλλο σύστημα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να εξοικονομήσει πολύ νερό και είναι πολύ φθηνό να εφαρμοστεί. Οι ασαφείς κανόνες είναι απλοί, γεγονός το οποίο καθιστά το σύστημα ελκυστικό για χρήση από όλους τους αγρότες.

11. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Στο πλαίσιο της συνέχισης και επέκτασης της έρευνας για το "Smart Home με Arduino," οι μελλοντικές εργασίες μπορούν να επικεντρωθούν σε διάφορους τομείς βελτίωσης και ανάπτυξης. Μερικές πιθανές κατευθύνσεις περιλαμβάνουν:

1. **Βελτίωση Ασφάλειας και Ιδιωτικότητας:** Εξερεύνηση πιο εξελιγμένων μεθόδων κρυπτογράφησης και ασφαλών πρωτοκόλλων επικοινωνίας για την προστασία των δεδομένων των χρηστών και την πρόληψη κακόβουλων επιθέσεων.
2. **Ενσωμάτωση Μεγαλύτερης Δικτύωσης IoT:** Ανάπτυξη λύσεων για την πλήρη διασύνδεση του Arduino με άλλες συσκευές IoT, επιτρέποντας τη δημιουργία ενός πιο ολοκληρωμένου οικοσυστήματος με έξυπνες συσκευές που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
3. **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και Μηχανική Μάθηση (ML):** Εφαρμογή τεχνολογιών AI και ML για να γίνουν τα συστήματα αυτοματισμού πιο έξυπνα και προσαρμοστικά στις ανάγκες των χρηστών, π.χ. μέσω προβλεπτικής ανάλυσης των μοτίβων χρήσης.
4. **Ενεργειακή Βελτιστοποίηση:** Περαιτέρω βελτιστοποίηση των συστημάτων με χρήση αλγορίθμων εξοικονόμησης ενέργειας, ενσωματώνοντας τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ηλιακά πάνελ.
5. **Διεύρυνση της Επεκτασιμότητας:** Ανάπτυξη μεγαλύτερων, πιο περίπλοκων συστημάτων που μπορούν να εφαρμοστούν σε οικιστικά συγκροτήματα ή εμπορικούς χώρους, επιτρέποντας τον έλεγχο πολλαπλών κτιρίων από μια κεντρική πλατφόρμα.
6. **Διασθητικό User Interface (UI):** Βελτίωση του γραφικού περιβάλλοντος χρήστη (GUI) για να γίνει πιο φιλικό προς τον χρήστη, επιτρέποντας εύκολη πρόσβαση και παραμετροποίηση των συστημάτων.
7. **Φωνητική Αλληλεπίδραση:** Περαιτέρω ανάπτυξη φωνητικών εντολών και ενοποίηση με πλατφόρμες όπως το Google Assistant και το Amazon Alexa για πιο φυσική και απλή αλληλεπίδραση με το σύστημα.

Οι προτάσεις αυτές προσφέρουν μελλοντικές κατευθύνσεις για την έρευνα και την τεχνολογική εξέλιξη, επιτρέποντας στα έξυπνα σπίτια να γίνουν πιο αποδοτικά, ασφαλή και εξατομικευμένα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Harper, R. (2006, April 23). Inside the Smart Home. Google Books. https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=3J0MBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=smart+home&ots=zoeFcLjliy&sig=abg4NNIGD42SkuB7Qs8fRlsQaus&redir_esc=y#v=onepage&q=smart%20home&f=false
2. Gaurav, S. G. (2018, April 11). *The Evolution of Smart Home Technology*. Wwww.Bccresearch.Com. <https://blog.bccresearch.com/the-evolution-of-smart-home-technology>
3. Stolojescu-Crisan, C., Crisan, C., & Butunoi, B. P. (2021). An IoT-Based Smart Home Automation System. *Sensors*, 21(11), 3784. <https://doi.org/10.3390/s21113784>
4. Instructables. (2017, October 5). *Air Conditioning Web Controlled by Arduino*. <https://www.instructables.com/Air-Conditioning-web-controlled-by-Arduino/>
5. *DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors*. (2012, July 29). Adafruit Learning System. <https://learn.adafruit.com/dht/using-a-dhtxx-sensor>
6. M Mediawan et al 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 434 012220
7. Tangtisanon, P. (2019). Small Gardening Robot with Decision-making Watering System. *Sensors and Materials*, 31(6), 1905. <https://doi.org/10.18494/sam.2019.2176>
8. Kamaruddin, F., Nik Abd Malik, N. N., Murad, N. A., Abdul Latiff, N. M., Yusof, S. K. S., & Hamzah, S. A. (2019). IoT-based intelligent irrigation management and monitoring system using arduino. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17(5), 2378. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v17i5.12818>
9. U.S. Environmental Protection Agency's (EPA's) WaterSense. (ΑΠΡΙΑΙΟΣ 2021). Smart Watering With Soil Moisture-Based Irrigation Controllers. σελίδες 1-4.
10. A Sudarmaji et al 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 250 012074
11. Dr. D. Vishnu Vardhan, P Harish. (Σεπτέμβριος 2018). Controlling and Monitoring Ornamental plants by using IoT with GPRS, σελίδες 1-5.
12. Wikipedia contributors. (2020, October 13). *Διαδίκτυο των πραγμάτων*. Βικιπαίδεια. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD
13. Sandra Millán , Jaume Casadesús, Carlos Campillo , María José Moñino , Maria Henar Prieto (2 Οκτωβρίου 2019). Using Soil Moisture Sensors for Automated Irrigation Scheduling in a Plum Crop, σελίδες 4-6 και 11-17.
14. Bolliger, P., & Ostermaier, B. (2007). Koubachi: A mobile phone widget to enable affective communication with indoor plants. *Mobile Interaction with the Real World (MIRW 2007)*, 63.