



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Υπολογιστών

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εφαρμογές του Internet of Things στην «έξυπνη γεωργία»

Καραγιάννης Κώστας Α.Μ. 2760
Κοτσορώνης Βασίλης Α.Μ. 2683

Επιβλέπων καθηγητής: Παρασκευάς Μιχάλης

Πάτρα, Ιανουάριος 2021

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή
Πάτρα, 15/01/2021

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Μιχάλης Παρασκευάς, Αναπλ. Καθηγητής, Επιβλέπων
Τζήμας Ιωάννης, Αναπλ. Καθηγητής
Χριστοδούλου Σωτήρης, Επικ. Καθηγητής

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή στο IoT.....	10
2. Έξυπνη Γεωργία	10
2.1 Λίγα λόγια για την Έξυπνη Γεωργία.....	10
2.2 Ιστορική αναδρομή	12
2.3 Προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Έξυπνη Γεωργία	12
2.4 Πλεονεκτήματα Έξυπνης Γεωργίας.....	13
3. Τεχνολογίες του Internet of Things	14
3.1 Hardware	15
3.1.1 Αισθητήρες.....	15
3.1.1.1 Αισθητήρας Πίεσης	16
3.1.1.2 Αισθητήρας Φωτός	17
3.1.1.3 Αισθητήρας Θερμοκρασίας και Υγρασίας	18
3.1.1.4 Αισθητήρας Νερού	19
3.1.1.5 Αισθητήρας Επιτάχυνσης.....	20
3.1.1.6 Αισθητήρας εικόνας	21
3.1.1.7 Αισθητήρας ανίχνευσης καπνού.....	22
3.1.1.8 Αισθητήρας GPS.....	23
3.1.2 Wearables	25
3.1.3 Drones	26
3.1.4 Υπολογιστές.....	28
3.1.5 Πλακέτες	29
3.1.6 Farmbot.....	30
3.2 Software	31
3.2.1 Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems – DSS).....	32
3.2.2 Μεγάλα Δεδομένα (Big Data)	33
3.2.3 Αρχιτεκτονική.....	36
4. Πρωτόκολλα	37
4.1 CoAP	38
4.2 MQTT.....	38
4.3 ZigBee.....	39

4.4 Bluetooth.....	40
4.5 DDS	41
4.6 AMQP.....	42
4.7 XMPP	43
4.8 LwM2M.....	44
5 Καινοτόμα προγράμματα	45
5.1 Ελλάδα.....	45
5.1 Εξωτερικό.....	46
6 Λύμα στην Wikipedia για την Έξυπνη Γεωργία.....	48
7. Εφαρμογή έξυπνου θερμοκηπίου σε Arduino.....	50
7.1 Λίγα λόγια για το Arduino	51
7.2 Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήσαμε.....	52
7.2.1 Πλακέτα Arduino	53
7.2.2 Πλακέτα δοκιμών.....	53
7.2.3 Οθόνη LCD	54
7.2.4 Καλώδια	55
7.2.5 Αντιστάσεις	55
7.2.6 Λυχνία Led	56
7.2.7 Αισθητήρας Φωτοαντίστασης.....	57
7.2.8 Κινητήρας Servo.....	57
7.2.9 Διπολικό τρανζίστορ.....	58
7.2.10 Αισθητήρας θερμοκρασίας.....	58
7.2.11 Διακόπτης ON – OFF	59
7.2.12 Ποτενσιόμετρο	59
7.2.13 Βολτόμετρο	60
7.2.14 Κινητήρας DC	60
7.3 Περιγραφή σεναρίων έξυπνου θερμοκηπίου.....	61
7.3.1 Περιγραφή σεναρίου 1	62
7.3.2 Περιγραφή σεναρίου 2	64
7.4 Περιγραφή κώδικα.....	67
7.4.1 Βιβλιοθήκες	70
7.4.2 Δήλωση και αρχικοποίηση μεταβλητών.....	71

7.4.3 Δημιουργία αντικειμένων.....	72
7.4.4 Οι συναρτήσεις setup() και loop().....	73
7.4.5 Serial Monitor	74
7.4.6 Επεξήγηση του κώδικα στην setup	75
7.4.7 Επεξήγηση σεναρίου 1 στην loop	76
7.4.8 Επεξήγηση σεναρίου 2 στην loop	77
8. Επίλογος.....	79
9. Πηγές - Βιβλιογραφία.....	79

Λίστα Σχημάτων, Πινάκων και Γραφημάτων

Σχήμα 1.1: Το Internet of Things σε παγκόσμια κλίμακα.....	9
Σχήμα 2.1.1: Drone σε χωράφι.....	11
Σχήμα 2.1.2: Θερμική φωτογραφία από drone	11
Σχήμα 2.3.1: Ράντισμα με παραδοσιακό τρόπο.....	11
Σχήμα 2.3.2: Ράντισμα με χρήση drone.....	11
Σχήμα 2.4.1: Γεωργία Ακριβείας.....	12
Σχήμα 3.1: Αρχιτεκτονική Internet of Things.....	13
Σχήμα 3.2: Αισθητήρας συνδεδεμένος σε πλακέτα Arduino	14
Σχήμα 3.3: Αισθητήρας πίεσης πάνω σε επιφάνεια.....	15
Σχήμα 3.4: Αισθητήρας φωτός πάνω σε επιφάνεια.....	16
Σχήμα 3.5: Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας πάνω σε επιφάνεια	17
Σχήμα 3.6: Πλεονεκτήματα χρήσης αισθητήρων νερού.....	18
Σχήμα 3.7: Πλακέτα αισθητήρα επιτάχυνσης.....	19
Σχήμα 3.8: Αισθητήρας εικόνας μαζί με το καπάκι του φακού.....	20
Σχήμα 3.9: Αισθητήρας ανίχνευσης καπνού τοποθετημένος σε οροφή.....	21
Σχήμα 3.10: Πεδίο χειρισμού τρακτέρ με τεχνολογίες εντοπισμού θέσης.....	22
Σχήμα 3.11: Παράδειγμα τριπλευρισμού με χρήση διαβήτη.....	23
Σχήμα 3.12: Έξυπνο ρολόι που προβάλλει μετρήσεις καρδιακών παλμών.....	24
Σχήμα 3.13: Χρήση farmdrone σε έξυπνη καλλιέργεια.....	25
Σχήμα 3.14: Κουτί σταθερού υπολογιστή σε δύο εκδοχές.....	27
Σχήμα 3.15: Ποικίλα μοντέλα Arduino πάνω σε επιφάνεια.....	28

Σχήμα 3.16: Farmbot οργώνει καλλιέργεια.....	29
Σχήμα 3.17: Κώδικας από εφαρμογή	30
Σχήμα 3.18: Είσοδοι και έξοδοι Συστήματος Λήψης Αποφάσεων.....	31
Σχήμα 3.19: Αναπαράσταση Μεγάλων Δεδομένων.....	32
Σχήμα 3.20: Εικονική αναπαράσταση αρχιτεκτονικών Internet of Things.....	35
Σχήμα 4.1: Τι είναι πρωτόκολλο.....	36
Σχήμα 4.1.1: Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου CoAP.....	37
Σχήμα 4.2.1: Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου MQTT.....	37
Σχήμα 4.3.1: Zigbee.....	38
Σχήμα 4.4.1: Bluetooth.....	39
Σχήμα 4.5.1: DDS.....	40
Σχήμα 4.6.1: AMPQP.....	41
Σχήμα 4.7.1: XMPP.....	42
Σχήμα 4.8.1: Αρχιτεκτονική LwM2M πρωτοκόλλου.....	43
Σχήμα 5.1: Δυνατότητες έξυπνου αγρού.....	44
Σχήμα 6.1: Λύμα στην Wikipedia σχετικά με την έξυπνη γεωργία.....	47
Σχήμα 7.1: Συνδεσμολογία Arduino για εφαρμογή έξυπνου θερμοκηπίου.....	49
Σχήμα 7.2: Αναλυτική περιγραφή πλακέτας Arduino.....	50
Σχήμα 7.3: Λίστα εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση εφαρμογής έξυπνου θερμοκηπίου με Arduino.....	51
Σχήμα 7.4: Πλακέτα Arduino πάνω σε επιφάνεια.....	52
Σχήμα 7.5.1 : Πλακέτα breadboard.....	52
Σχήμα 7.5.2 :Εσωτερικό breadboard.....	52
Σχήμα 7.6: Οθόνη Lcd διαστάσεων 16x2.....	53
Σχήμα 7.7: Καλώδια σύνδεσης εξαρτημάτων σε μάτσο.....	54
Σχήμα 7.8: Αντιστάσεις σε δύο ζεύγη των πέντε.....	54
Σχήμα 7.9: Led σε κάθετο στήσιμο.....	55
Σχήμα 7.10: Αισθητήρας φωτοαντίστασης οριζόντια σε επιφάνεια.....	56

Σχήμα 7.11: Κινητήρας σέρβο μαύρου χρώματος.....	56
Σχήμα 7.12: Διπολικό τρανζίστορ.....	57
Σχήμα 7.13: Αισθητήρας θερμοκρασίας.....	57
Σχήμα 7.14: Διακόπτης On – Off.....	58
Σχήμα 7.15: Ποτενσιόμετρο.....	58
Σχήμα 7.16: Βολτόμετρο.....	59
Σχήμα 7.17: DC Motor.....	59
Σχήμα 7.18: Σενάρια έξυπνου θερμοκηπίου στο Tinkercad.....	60
Σχήμα 7.19: Συνδεσμολογία σεναρίου 1 στο Tinkercad.....	61
Σχήμα 7.20: Σενάριο 1 όταν νυχτώσει.....	62
Σχήμα 7.21: Σενάριο 1 όταν ξημερώσει.....	62
Σχήμα 7.22: Σενάριο 2 κατάσταση 1.....	63
Σχήμα 7.23: Σενάριο 2 κατάσταση 2.....	64
Σχήμα 7.24: Σενάριο 2 κατάσταση 3.....	65
Σχήμα 7.25: Σημείο κώδικα που ορίζονται οι βιβλιοθήκες.....	69
Σχήμα 7.26: Σημείο κώδικα που ορίζονται οι μεταβλητές.....	70
Σχήμα 7.27: Σημείο κώδικα που δημιουργούνται τα αντικείμενα.....	71
Σχήμα 7.28.: Κώδικας που περιέχει η συνάρτηση setup	72
Σχήμα 7.29: Μέρος του κώδικα που περιέχει η συνάρτηση loop.....	72
Σχήμα 7.30: Στιγμιότυπο εξόδου στο Serial Monitor.....	73
Σχήμα 7.31: Ο κώδικας της συνάρτησης setup με υπογραμμισμένα σημεία.....	74
Σχήμα 7.32: Μέρους του κώδικα της συνάρτησης loop που αφορά το σενάριο 1 με υπογραμμισμένα σημεία.....	75
Σχήμα 7.33: Μέρους του κώδικα που μεταφράζει το ρεύμα που λαμβάνει από τον αισθητήρα θερμοκρασίας.....	76
Σχήμα 7.34: Μέρους του κώδικα που ανάλογα την θερμοκρασία ενεργοποιεί τις αντλίες του σεναρίου 2.....	77

Περίληψη

Στόχος σε αυτήν την πτυχιακή εργασία είναι να μελετηθεί η χρήση του Internet of Things σε εφαρμογές Έξυπνης Γεωργίας ή αλλιώς smart farming. Αρχικά αφού περιγράψουμε την Έξυπνη Γεωργία θα κάνουμε μια σύντομη ιστορική αναδρομή. Στην συνέχεια θα εμβαθύνουμε στα οφέλη που προσφέρει το smart farming στον αγροτικό τομέα, στις προκλήσεις που καλείται να ξεπεράσει και στα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται. Ακόμα θα αναλύσουμε τις τεχνολογίες που ενσαρκώνουν τις εφαρμογές Έξυπνης Γεωργίας σε επίπεδο υλικού και λογισμικού.

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας συγγράφηκε λύμα στην Wikipedia για την Έξυπνη Γεωργία και τέλος υλοποιήθηκε ένα έξυπνο θερμοκήπιο με Arduino στον online προσομοιωτή Tinkercad το οποίο με βάση μετρήσεις αισθητήρων θα εκτελεί κάποια σενάρια.

Λέξεις κλειδί: Έξυπνη Γεωργία, Internet of Things, Πρωτόκολλα, Software, Hardware

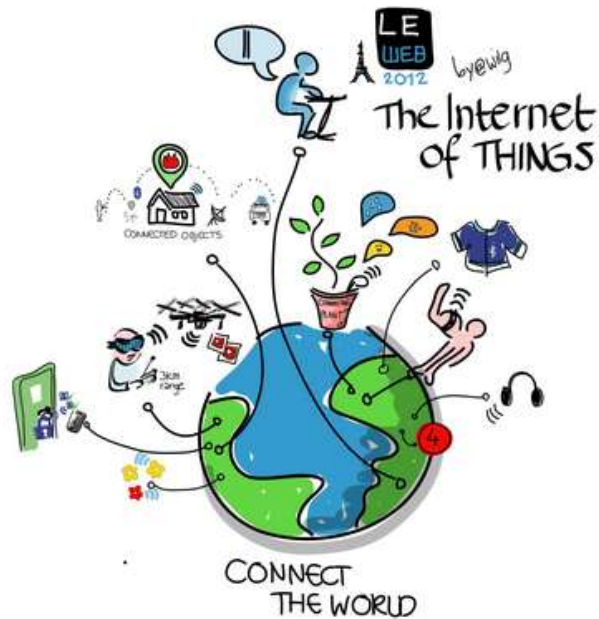
ABSTRACT

The aim of this dissertation is to study the use of the Internet of Things in smart farming applications. We will see the benefits that smart farming offers to the farmer, the challenges he has to face, the protocols that the specific implementations use to communicate, as well as the means by which the above are implemented in terms of Hardware and Software.

As part of the dissertation, an entry written on Wikipedia for smart farming and finally we implemented a smart greenhouse with Arduino in the online simulator Tinkercad which will perform some scenarios based on sensor measurements.

Keywords: Smart Farming, Internet of Things, Protocols, Software, Hardware

1. Εισαγωγή στο IoT



Σχήμα 1.1: Το Internet of Things σε παγκόσμια κλίμακα

Με τον όρο Internet of Things εννοούμε την σύνδεση συσκευών και αισθητήρων με δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο με σκοπό την πραγματοποίηση μετρήσεων και συλλογή δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά στην συνέχεια θα επεξεργαστούν και θα χρησιμοποιηθούν άμεσα για ενημέρωση ενός ανθρώπου, μίας επιχείρησης, ενός άλλου μηχανήματος ή για την εκτέλεση κάποιας συγκεκριμένης λειτουργίας. Εφαρμογές Internet of Things χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική, στις μεταφορές και στις επικοινωνίες. Το Internet of Things περιλαμβάνει συσκευές με εντελώς διαφορετικές δυνατότητες, από κάμερες και θερμοστάτες μέχρι ψυγεία και αυτοκίνητα που επικοινωνούν με συγκεκριμένους τρόπους που ορίζουν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

2. Έξυπνη Γεωργία

2.1 Λίγα λόγια για την Έξυπνη Γεωργία

Η Έξυπνη Γεωργία αντιπροσωπεύει την εφαρμογή των σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην γεωργία, που οδηγεί σε αυτό που μπορεί να ονομαστεί ως τρίτη Πράσινη Επανάσταση. Μετά τις επαναστάσεις αναπαραγωγής των φυτών και της γενετικής, αυτή η τρίτη Πράσινη Επανάσταση αρχίζει και επιβάλλεται στο γεωργικό κόσμο με βάση τη συνδυασμένη εφαρμογή των λύσεων ΤΠΕ όπως ο εξοπλισμός ακριβείας, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT), οι αισθητήρες και ενεργοποιητές, τα συστήματα γεω-εντοπισμού, τα Μεγάλα

Δεδομένα (Big Data), τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη και η ρομποτική.

Η Έξυπνη Γεωργία έχει πραγματική δυνατότητα να δώσει πιο παραγωγική και βιώσιμη γεωργική παραγωγή που θα βασίζεται σε μια προσέγγιση ακριβούς και αποδοτικής χρήσης των πόρων. Ωστόσο, ενώ στις ΗΠΑ το 20-80% των γεωργών χρησιμοποιούν κάποιο είδος τεχνολογίας Έξυπνης Γεωργίας, στην Ευρώπη μόνο το 0% -24% των γεωργών χρησιμοποιεί κάτι αντίστοιχο. Τα συστήματα smart farming βοηθούν τον γεωργό στην βέλτιστη διαχείριση των πόρων που διαθέτει, αυξάνοντας την ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και εξοικονομώντας χρήματα που θα είχαν δαπανηθεί σε περίσσιους πόρους όπως πολύ περισσότερη χρήση νερού και φυτοφαρμάκων.

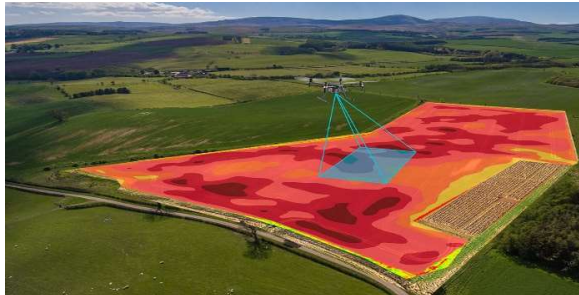
Θα μπορούσαμε λοιπόν να χωρίσουμε τα συστήματα αυτά σε 3 βασικές κατηγορίες.

- 1. Πληροφοριακά συστήματα ελέγχου :** Προγραμματισμένα συστήματα για την αυτόματη συλλογή, επεξεργασία, αποθήκευση και μετάδοση των δεδομένων σε μηχανισμούς αυτοματισμών για την εκτέλεση εργασιών.
- 2. Γεωργία Ακριβείας:** Διαχείριση της χωρικής και χρονικής μεταβολής για τη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης σε συνδυασμό με τη μείωση των εισροών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Περιλαμβάνει Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems – DSS) με στόχο την βελτιστοποίηση των αποδόσεων με παράλληλη διατήρηση των πόρων. Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων χαρακτηρίζονται από την ευρεία χρήση των συστημάτων γεω-εντοπισμού (GPS, GNSS) και αεροφωτογραφιών από drones που έχουν σαν συνέπεια τη δημιουργία χαρτών χωρικής παραλλακτικότητας διαφόρων μεταβλητών που μπορεί να μετρηθούν όπως για παράδειγμα η απόδοση των καλλιεργειών, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, τα επίπεδα υγρασίας και τα επίπεδα αζώτου.
- 3. Γεωργικοί αυτοματισμοί και ρομποτική:** Η διαδικασία εφαρμογής της ρομποτικής, του αυτόματου ελέγχου και των τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης σε όλα τα επίπεδα της γεωργικής παραγωγής συμπεριλαμβανομένων των farmbot και των farmdrone.

Οι εφαρμογές Έξυπνης Γεωργίας δεν στοχεύουν μόνο σε μεγάλες εκτάσεις αλλά θα μπορούσαν επίσης να δράσουν για την τόνωση και μικρότερων εκτάσεων και επιχειρήσεων όπως η οικογενειακή γεωργία (μικρές εκμεταλλεύσεις ή συγκρότημα εκμεταλλεύσεων, ειδικές καλλιέργειες ή / και κτηνοτροφία ή ειδικές ποικιλίες) και η βιολογική γεωργία. Η Έξυπνη Γεωργία μπορεί επίσης να παρέχει μεγάλα οφέλη σχετικά με το περιβάλλον, για παράδειγμα μέσω της αποτελεσματικότερης χρήσης του νερού ή της βελτιστοποίησης των γεωργικών πρακτικών. Με την στήριξη όλων των τύπων καλλιεργειών ενισχύεται ο αγροτικός τομέας ως ένα κλάδο που εμπνέει σεβασμό και διαφάνεια στον ευρωπαϊό καταναλωτή, την κοινωνία και τη συνείδηση της αγοράς με ποικιλία πολύ ποιοτικών προϊόντων σε προσιτές τιμές, τα οποία έχουν παραχθεί με διαδικασίες φιλικές προς το περιβάλλον.



Σχήμα 2.1.1: Drone σε χωράφι



Σχήμα 2.1.2 : Θερμική φωτογραφία από drone

2.2 Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη εφαρμογή της ευφυής γεωργίας χρονολογείται από το 1929 όταν οι Linsley και Bauer ανέπτυξαν τον πρώτο συντακτικό χάρτη για τη μελέτη της μεταβλητότητας του pH του εδάφους. Ωστόσο οι ερευνητικές δραστηριότητες στην ευφυή γεωργία διεξάχθηκαν για πρώτη φορά κατά την δεκαετία του 1980, με την δημιουργία του πρώτου μετρητή απόδοσης καλλιέργειας σε θεριζοαλωνιστική μηχανή, την δημιουργία αισθητήρων εδάφους, την κατασκευή συστημάτων εντοπισμού θέσης Global Positioning System (GPS) το 1984 και των τεχνολογιών του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) σε πανεπιστήμια ανά τον κόσμο. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 αναπτύχθηκαν ειδικά συστήματα ανίχνευσης του εδάφους τα οποία εξυπηρετούσαν στη μέτρηση περιεκτικότητας της καλλιέργειας σε χλωροφύλλη. Μέχρι το 2002 είχαν επιτευχθεί μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, λήψεις δορυφορικών εικόνων καθώς επίσης έγινε η πρώτη προσπάθεια με συστήματα ανίχνευσης ζιζανίων στις καλλιέργειες. Το 1997 και το 2005 πραγματοποιήθηκαν τα πρώτα ευρωπαϊκά και ασιατικά συνέδρια με θέμα την ευφυή γεωργία και από τότε θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά θέματα παγκοσμίως. Τέλος, το 2015 εισήγαγαν τα πρώτα ρομποτικά συστήματα σε καλλιέργειες υψηλής κηπουρικής αξίας.

2.3 Προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Έξυπνη Γεωργία



Σχήμα 2.3.1: ράντισμα με παραδοσιακό τρόπο



Σχήμα 2.3.2: ράντισμα με χρήση Drone

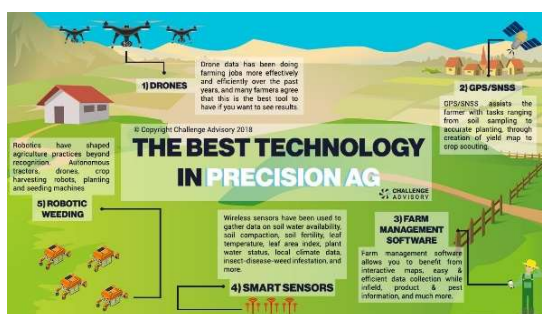
Η Έξυπνη Γεωργία αποτελεί ένα σύγχρονο υπόδειγμα ολιστικής διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων με τη χρήση ΤΠΕ που στοχεύει στην αύξηση της απόδοσης, την τυποποίηση των καλλιεργητικών εργασιών, την ενίσχυση της κερδοφορίας και την μείωση του κόστους. Παρά τα πολύ σημαντικά οφέλη που προσδίδει η Έξυπνη Γεωργία οι εφαρμογές smart farming δεν

υιοθετούνται από την πλειοψηφία των αγροτών, οι οποίοι προτιμούν να συνεχίσουν με το παραδοσιακό μοντέλο καλλιέργειας για πολλούς λόγους.

Αρχικά, εξαιτίας του σχετικά υψηλού κόστους απόκτησης του τεχνολογικού εξοπλισμού οι αγρότες δεν επενδύουν σε μια προσέγγιση με ουσιαστικές διαφορές από την κλασική γεωργία που γνωρίζουν και εφαρμόζουν μέχρι στιγμής. Ένα ακόμα σημείο που αποτελεί πρόκληση είναι ότι οι αγρότες/επιχειρηματίες αλλά και το ανθρώπινο δυναμικό τους πρέπει να εκπαιδευτούν στις νέες τεχνολογίες των δεδομένων και στα συστήματα Έξυπνης Γεωργίας. Αυτό αφενός απαιτεί αρκετό χρόνο γιατί πρέπει να κατανοήσουν και να εξοικειωθούν με την εφαρμογή που θα επιλέξουν άνθρωποι που πιθανόν έχουν πολύ βασική σχέση με την τεχνολογία και αφετέρου ο επιχειρηματίας πρέπει να επιλέξει την εταιρία που θα τους παρέχει την τεχνολογική λύση και θα τους εκπαιδεύσει με βάση τις ανάγκες και τον προϋπολογισμό της επιχείρησής του. Επίσης ένα ακόμα ζήτημα είναι ότι λόγω των απομακρυσμένων σημείων που βρίσκονται συνήθως οι γεωργικές εκτάσεις δεν είναι πάντα εύκολη η πρόσβαση στο διαδίκτυο. Επιπρόσθετα θα πρέπει να ξεπεραστούν και δυσκολίες που αφορούν το νομικό πλαίσιο γύρω από τις τηλεπικοινωνίες που ορίζουν την ισχύ εκπομπής που μπορούμε να έχουμε στο σχήμα που εκπέμπουμε και λαμβάνουμε από τις διάφορες κεραίες που απαιτούνται.

Ωστόσο, παρά τις δυσκολίες και τις προκλήσεις που αναφέραμε, πιστεύουμε ότι αν κάποιος θέλει και είναι διατεθειμένος να εξελίξει την παραγωγή του και την μέχρι τώρα διαδικασία που ακολουθούσε, είναι θέματα που μπορούν ευκολά να ξεπεραστούν.

2.4 Πλεονεκτήματα Έξυπνης Γεωργίας



Σχήμα 2.4.1: Γεωργία ακριβείας

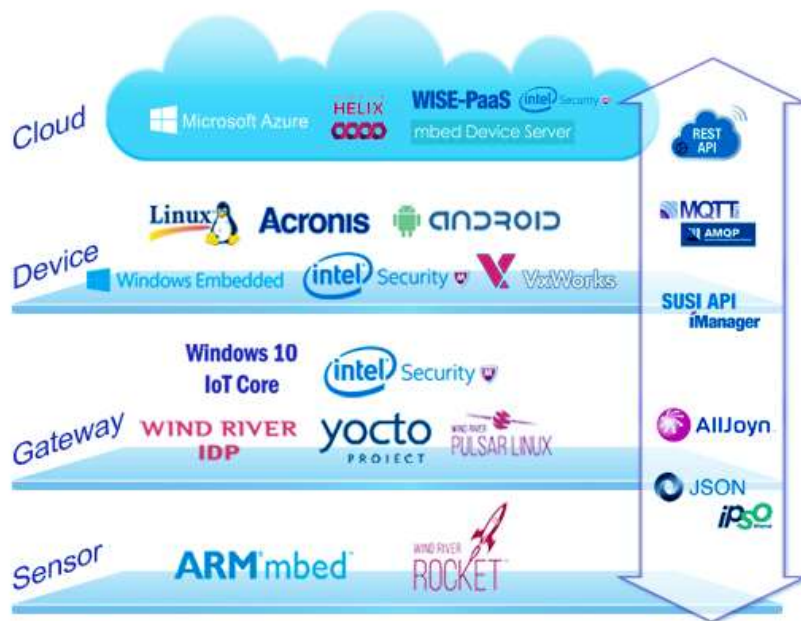
Στις παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας απαιτείται συχνά από τον γεωργό να κυκλοφορεί στον αγρό του για να ελέγχει και να παρακολουθεί την σοδιά και τις συνθήκες που επικρατούν, κάτι το οποίο όσο αυξάνονται οι εκτάσεις γίνεται όλο και δυσκολότερο, ειδικά αν πρόκειται για διαφορετικές καλλιέργειες με απαιτητικά είδη που το κάθε ένα έχει διαφορετικές ανάγκες σε νερό και συνθήκες. Σήμερα ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται αυτοματοποιημένα με χρήση αισθητήρων που συλλέγουν πληροφορίες τις οποίες μπορεί κάποιος να παρακολουθήσει και να αναλύσει από απόσταση σε πραγματικό χρόνο και ειδοποιούν αυτόματα τον γεωργό αν υπάρχει κάποιο πρόβλημα, όπως αισθητήρες νερού, θερμοκρασίας και υγρασίας. Ως αποτέλεσμα ο αγρότης επικεντρώνεται στην αντιμετώπιση άλλων σοβαρότερων ζητημάτων όπως τα ζιζάνια, οι παθήσεις των φυτών και η προώθηση των προϊόντων του σε νέες αγορές.

Η Έξυπνη Γεωργία σαν μεθοδολογία αξιοποιεί στο έπακρο τους πόρους που διαθέτει ο κάθε αγρότης όπως ανθρώπινο δυναμικό, εξοπλισμός και εκτάσεις γης. Παράλληλα φέρνει ουσιαστικά οικονομικά οφέλη μειώνοντας κάθε λογής σπατάλη όπως ανθρωποώρες για επαναλαμβανόμενες εργασίας ρουτίνας ή υπερβολική χρήση φυτοφαρμάκων. Για παράδειγμα, μπορούμε με αισθητήρες να παρακολουθούμε τα επίπεδα υγρασίας στο έδαφος και να ποτίζουμε μόνο όταν είναι απαραίτητο με την κατάλληλη ποσότητα νερού, προστατεύοντας τους πολύτιμους φυσικούς πόρους που φυσικά αποτελούν και έξοδο σε μια καλλιέργεια.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι χάρη στην συνεχή παρακολούθηση των δεδομένων και των τιμών, μπορούμε να έχουμε συνέχεια βέλτιστες συνθήκες για την καλύτερη δυνατή αποδοτικότητα. Για παράδειγμα, σε ένα θερμοκήπιο με χρήση αυτοματισμών μπορούμε να διατηρούμε την θερμοκρασία, το φως και την υγρασία πάντα στα ιδανικά επίπεδα.

Τέλος θα πρέπει να γίνει αναφορά στα προβλήματα υγείας που δημιουργούν τα φυτοφάρμακα στον άνθρωπο κατά την διάρκεια του ραντίσματος, το οποίο μπορεί πλέον να γίνεται εξ αποστάσεως με την χρήση ειδικών drone σχεδιασμένα ακριβώς για αυτό το σκοπό. Με αυτόν τον τρόπο προστατεύεται ο άνθρωπος αλλά και το περιβάλλον καθώς ελέγχεται πλήρως η ποσότητα ψεκασμού και δεν επιβαρύνεται επιπλέον το περιβάλλον με περιττές ποσότητες φαρμάκων.

3. Τεχνολογίες του Internet of Things



Σχήμα 3.1 Αρχιτεκτονική Internet of Things

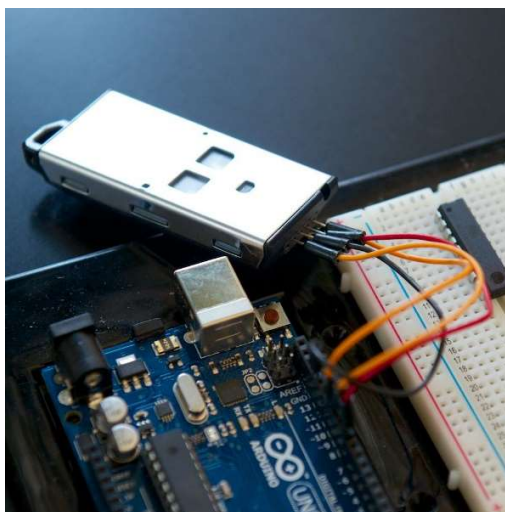
Όπως ένα υποβρύχιο για να λειτουργήσει χρειάζεται να συνεργαστούν μια σειρά από υποσυστήματα συνδεδεμένα με συγκεκριμένο τρόπο όπως ο εγκέφαλος της μηχανής, το κέλυφος, το ραντάρ και ο αεροσυμπιεστής, έτσι και το Internet of Things χρειάζεται hardware όπως

αισθητήρες, drones και farmbots πάνω στο οποίο θα υλοποιηθεί αρχιτεκτονική λογισμικού που διαχειρίζεται Big Data και Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων.

3.1 Hardware

Οι εφαρμογές του Internet of Things στην Έξυπνη Γεωργία αλλά και σε κάθε άλλο τομέα για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά και αξιόπιστα, χρειάζεται η αρχιτεκτονική του λογισμικού να υλοποιηθεί πάνω στο κατάλληλο υλικό. Πιο συγκεκριμένα, στο hardware συγκαταλέγονται αισθητήρες παντός τύπου όπως επιτάχυνσης, νερού και καπνού, τεχνολογίες εντοπισμού θέσης όπως GPS και GALILEO, wearables όπως έξυπνα ρολόγια και έξυπνα γιλέκα, μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, desktop υπολογιστές μεγάλης επεξεργαστικής ισχύος, πλακέτες όπως Arduino που χειρίζονται τους αισθητήρες και ρομπότ εξειδικευμένα για αγροτικές εργασίες. Παρακάτω θα εμβαθύνουμε στο κάθε ένα ξεχωριστά και θα δούμε παραδείγματα εφαρμογής τους στην ευφυή γεωργία.

3.1.1 Αισθητήρες

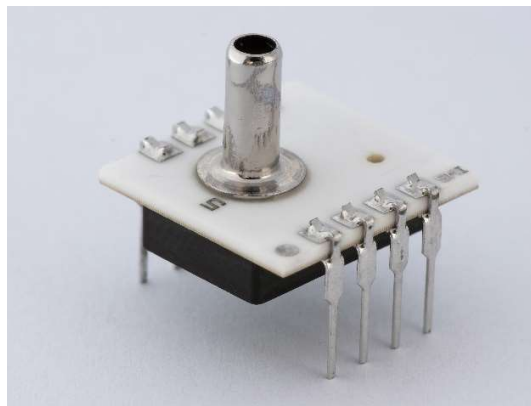


Σχήμα 3.2 Αισθητήρας συνδεδεμένος σε πλακέτα Arduino

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετές δεκαετίες σε καθημερινά όργανα όπως το θερμόμετρο, το αλτίμετρο και το μαγνητόμετρο. Η δουλειά του αισθητήρα είναι να εντοπίζει, να μετρά και να αναφέρει μια τιμή την δεδομένη χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, ο αισθητήρας ταχύτητας οχήματος ενημερώνει τον χρήστη για την ταχύτητα του οχήματος ανά πάσα χρονική στιγμή μέσα από ένα ψηφιακό ή αναλογικό κοντέρ, ώστε ο οδηγός να διατηρεί την ταχύτητα που πρέπει. Άλλο παράδειγμα είναι ο αισθητήρας αποθέματος καυσίμου που με την χρήση φλοτέρ εκτιμά την ποσότητα του καυσίμου που απομένει, ώστε ο οδηγός να γεμίσει με καύσιμα το βυτίο έγκαιρα αποφεύγοντας να ξεμείνει. Οι αισθητήρες του Internet of Things διαφέρουν από τους «παραδοσιακούς» αισθητήρες που αναφέραμε παραπάνω στο γεγονός πως δεν προβάλλουν απλώς

ενδείξεις σε κάποιου είδους οθόνη περιμένοντας τον χρήστη να τις ελέγξει ώστε να δράσει αναλόγως αν το κρίνει απαραίτητο. Αντιθέτως, τα δεδομένα ή αλλιώς μετρήσεις που συλλέγουν οι αισθητήρες πέρα από απλές ενδείξεις σε οθόνες αποστέλλονται μέσω διαδικτύου σε πλατφόρμες ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων (Big Data) ώστε να ενημερώνεται κεντρικά ο χρήστης μέσα από ταμπλό στον υπολογιστή του. Οι αισθητήρες ακόμα έχουν την δυνατότητα να επικοινωνήσουν με άλλους αισθητήρες δίνοντας και λαμβάνοντας εντολές αυτοματοποιημένα σύμφωνα με τις ρυθμίσεις που έχει ορίσει ο χρήστης εκ των προτέρων χωρίς να χρειάζεται ανθρώπινη παρεμβολή στην συνέχεια. Παρακάτω θα αναλύσουμε τους βασικότερους αισθητήρες που έχουν οφέλη στην έξυπνη γεωργία.

3.1.1.1 Αισθητήρας Πίεσης



Σχήμα 3.3 Αισθητήρας πίεσης πάνω σε επιφάνεια

Ο αισθητήρας πίεσης μετρά την πίεση αερίων και υγρών στοιχείων, δηλαδή την δύναμη που χρειάζεται για να σταματήσουμε την διόγκωση του στοιχείου. Θα τους συναντήσουμε σε ποικιλία μεγεθών και σχημάτων ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται.

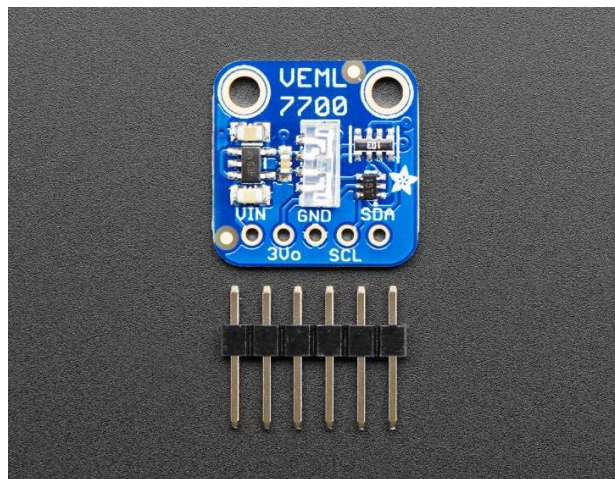
Οι αισθητήρες πίεσης κατατάσσονται σε δύο είδη:

- **Βαρομετρικοί αισθητήρες πίεσης:** Εξειδικευμένοι αισθητήρες για την μέτρηση διακυμάνσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης και ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται από την πλειοψηφία των μετεωρολογικών σταθμών.
- **Αισθητήρες πίεσης αερίου:** Εξειδικευμένοι αισθητήρες που εντοπίζουν αλλαγές στην πίεση των αερίων και κυρίως χρησιμοποιούνται σε εργοστάσια που σχετίζονται με την ενέργεια ή τα καύσιμα.

Στην Έξυπνη Γεωργία χρησιμοποιούνται κυρίως για την συντήρηση του εξοπλισμού. Σε περίπτωση που ο αισθητήρας πίεσης μετρήσει παρατεταμένα πίεση που αποκλίνει από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή σταματά την λειτουργία του μηχανήματος, αποτρέποντας περαιτέρω βλάβες ή κάποιο ατύχημα. Παράλληλα στέλνει αυτόματα ειδοποίηση στο κινητό του υπεύθυνου συντήρησης με λεπτομερείς πληροφορίες για το συμβάν όπως χρονοσφραγίδα και αναγνωριστικό εξαρτήματος. Για παράδειγμα, σε ένα ελαιοτριβείο παρακολουθώντας το

μηχάνημα ψυχρής έκθλιψης με αισθητήρες πίεσης, εντοπίζουν σε πολύ αρχικό στάδιο βλάβη σε κάποιο εξάρτημα, ειδοποιείται ο αρμόδιος μηχανικός που καταφθάνει άμεσα στον χώρο και επιλύει την βλάβη. Σε αντίθετη περίπτωση πιθανόν η μικρή αρχικά βλάβη να κατέστρεφε το μηχάνημα διαταράσσοντας την λειτουργία της επιχείρησης και να απαιτούνταν πολύωρη επισκευή μεγάλου κόστους ή ακόμα και ολική αντικατάσταση του μηχανήματος αν είναι αρκετά παλιό και δεν υπάρχουν ανταλλακτικά ή δεν συμφέρει η επισκευή του.

3.1.1.2 Αισθητήρας Φωτός



Σχήμα 3.4: Αισθητήρας φωτός πάνω σε επιφάνεια

Ο αισθητήρας φωτός είναι ένας οικονομικός αισθητήρας που μετατρέπει τα φωτόνια σε ηλεκτρικό σήμα. Χρησιμοποιείται σε ηλεκτρονικές συσκευές όπως smartphones για αυτόματο έλεγχο φωτεινότητας οθόνης σύμφωνα με το φως του γύρω χώρου, στα αυτοκίνητα για αυτόματη ρύθμιση των προβολέων σύμφωνα με το φως του περιγύρου και σε συστήματα ασφαλείας όπως στα εμπορικά πλοία, που γίνεται τοποθέτηση αισθητήρων φωτός σε κοντέινερ, ώστε σε περίπτωση που αυτά ανοιχθούν δηλαδή υπάρξει αλλαγή στα φωτόνια να ειδοποιηθεί άμεσα η ασφάλεια του καραβιού. Στον τομέα της γεωργίας είναι και εκεί ποικίλες και χρήσιμες οι δυνατότητες που παρέχουν. Πολύ συνηθισμένη εφαρμογή είναι ο αισθητήρας φωτός να δίνει εντολή στο ποτιστικό σύστημα να ξεκινήσει όταν σουρουπώσει, έτσι δεν χρειάζεται ο άνθρωπος να ορίζει την νυχτερινή ώρα ποτίσματος ανάλογα την εποχή. Επιπλέον χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της υγείας της καλλιέργειας μετρώντας το φως που απορροφούν καθημερινά τα φυτά καθώς χωρίς αρκετό φως τα φυτά δεν κάνουν όση φωτοσύνθεση χρειάζονται κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για την καρποφορία και την ανάπτυξη.

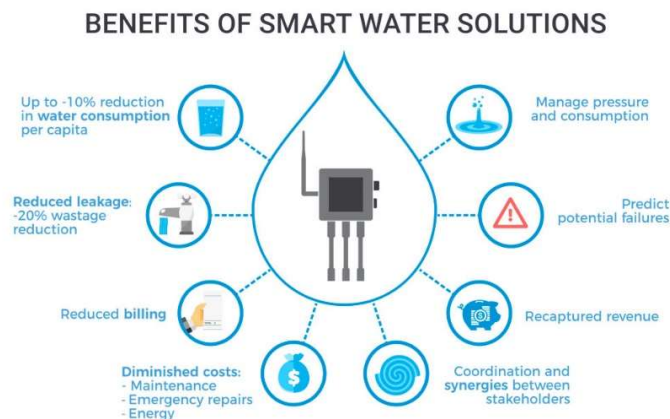
3.1.1.3 Αισθητήρας Θερμοκρασίας και Υγρασίας



Σχήμα 3.5: Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας πάνω σε επιφάνεια

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας μετρά την θερμική ενέργεια που εκπέμπει ένα στοιχείο και χρησιμοποιείται για μέτρηση μεταβολών της θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας υγρασίας μετρά την παρουσία νερού σε μορφή υδατμών στον ατμοσφαιρικό αέρα, με ιδανικά επίπεδα υγρασίας για τον άνθρωπο να είναι περίπου στο 50%. Συνήθως οι αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας υλοποιούνται μαζί σε έναν αισθητήρα προσφέροντας πρακτικότητα καθώς οι λειτουργίες τους χρειάζονται συνδυαστικά. Στην Έξυπνη Γεωργία χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της κλιματικής κατάστασης και για την συντήρηση του εξοπλισμού όπως ο αισθητήρας πίεσης που αναλύσαμε παραπάνω. Σχετικά με τα οφέλη παρακολούθησης του κλίματος, η τοποθέτηση αισθητήρων υγρασίας κατά μήκος της σοδειάς δίνει την δυνατότητα στον αγρότη να δράσει προληπτικά εξετάζοντας την αιτία που κάποια σημεία δεν έχουν την κατάλληλη υγρασία πριν αυτά ξεραθούν ή πλημμυρίσουν. Ακόμα μπορούν να προφυλάξουν μια σοδειά από τον καύσωνα καθώς όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει κάποιο επίπεδο παρατεταμένα, οι αισθητήρες δίνουν εντολή στο ποτιστικό drone να ψεκάσει τα φύλλα με νερό. Σχετικά με τα οφέλη στην συντήρηση της υλικοτεχνικής υποδομής μιας αγροτικής μονάδας, γίνεται παρακολούθηση της θερμοκρασίας λειτουργίας των διαφόρων μηχανημάτων σε σχέση με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Σε περίπτωση που ο αισθητήρας εντοπίσει υπερθέρμανση σταματά την μηχανή και ειδοποιεί τον χειριστή του μηχανήματος ή την εταιρία που έχει αναλάβει το service για να επιλύσει την βλάβη, αποφεύγοντας περαιτέρω ζημίες ή και κάποιο ατύχημα ή πυρκαγιά που θα μπορούσε να έχει προκληθεί. Επιπροσθέτως με χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας σε ένα θερμοκήπιο, ο αγρότης γνωρίζει συνεχώς ότι οι θερμοκρασίες που επικρατούν στον χώρο είναι οι κατάλληλες και σε περίπτωση που κάτι προκαλέσει μεταβολή θερμοκρασίας θα λάβει άμεσα ειδοποίηση.

3.1.1.4 Αισθητήρας Νερού



Σχήμα 3.6: Πλεονεκτήματα χρήσης αισθητήρων νερού

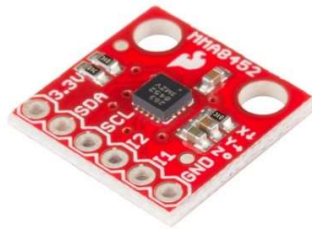
Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία που κάνουν τα φυτά για να μετατρέψουν την φωτεινή ενέργεια σε χημική. Πιο συγκεκριμένα, το φως που συλλέγεται χρησιμοποιείται για να μετατρέψει το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό σε οξυγόνο και οργανικές ενώσεις απαραίτητες για την ανάπτυξη των φυτών, κυρίως στην μορφή υδατανθράκων. Η ηλιοφάνεια και το νερό λοιπόν είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία κάθε καλλιέργειας. Η ηλιοφάνεια είναι πιο εύκολο να προβλεφθεί καθώς σχετίζεται με την εποχή (λιγότερη ηλιοφάνεια τον χειμώνα σε σχέση με το καλοκαίρι), το κλίμα της χώρας και την μορφολογία του τόπου (δυτικό κτήμα, δηλαδή φωτίζεται κυρίως τις απογευματινές ώρες, κατά την δύση του ηλίου). Ο έλεγχος του νερού ωστόσο ήταν ανέκαθεν μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για τους γεωργούς καθώς είναι αρκετά πιο πολύπλοκο να ελεγχθεί. Το νερό πρέπει να είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά και παράλληλα να μην περιέχει βλαβερές ουσίες που πιθανόν προκαλέσουν ασθένεια στην σοδειά. Ακόμα και αν το νερό μιας περιοχής δείχνει να έχει τις προδιαγραφές για να στηρίξει μια καλλιέργεια, μια βλάβη στο σύστημα χλωρίωσης της ΔΕΥΑΠ θα αλλάξει τα δεδομένα πολύ γρήγορα. Συνεπώς στα πλαίσια ελέγχου των περιβαλλοντικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και τα έντομα, είναι αναγκαία και η εκτίμηση της ποιότητας νερού. Οι IoT αισθητήρες νερού έχουν ποικίλες προηγμένες τεχνολογικές δυνατότητες όπως απομακρυσμένος έλεγχος, παρακολούθηση των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο, δυνατότητα ειδοποίησης στο κινητό του χρήστη σε περίπτωση εντοπισμού βλαβερών στοιχείων, εξοικονόμηση πόρων καθώς δεν χρειάζονται πλέον εξειδικευμένα συνεργεία για τον έλεγχο και ακρίβεια μετρήσεων. Συνοψίζοντας, οι αισθητήρες νερού επιτρέπουν στον σύγχρονο γεωργό ελέγχοντας την ποιότητα του νερού να διασφαλίσει καλύτερη ποιότητα παραγωγής με λιγότερη ζημιά από περιβαλλοντικούς παράγοντες σε λογικό κόστος.

Οι αισθητήρες νερού εξετάζουν παραμέτρους όπως:

- **Επίπεδο pH:** Το υψηλό pH είναι δείκτης οξύτητας που εμποδίζει την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών του εδάφους σε κάποια είδη καλλιεργειών. Αποτελεί εξαιρετικά σημαντική μέτρηση καθώς το χώμα πρέπει να διατηρεί συγκεκριμένα επίπεδα pH για την βέλτιστη ποιότητα καλλιέργειας.

- **Οργανικός Άνθρακας:** Το νερό φέρει ποικίλα οργανικά στοιχεία τα οποία πρέπει να ελέγχονται για να διασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή ποιότητα νερού.
- **Χλώριο:** Στο νερό πρέπει να περιέχεται συγκεκριμένη ποσότητα χλωρίου για να σκοτώνονται οι βλαβεροί μικροοργανισμοί. Ωστόσο επειδή η αυξημένη ποσότητα χλωρίου μπορεί να προκαλέσει ζημιά πρέπει να παρακολουθείται συνεχώς από τον καλλιεργητή.

3.1.1.5 Αισθητήρας Επιτάχυνσης



Σχήμα 3.7: Πλακέτα αισθητήρα επιτάχυνσης

Οι αισθητήρες επιτάχυνσης είναι πολύ διαδεδομένοι και οικονομικοί αισθητήρες που μετρούν την επιτάχυνση αξιοποιώντας τις δυνάμεις αδράνειας. Όπως γνωρίζουμε από την φυσική, η επιτάχυνση είναι μια θεμελιώδης δύναμη που εκφράζει τον ρυθμό αλλαγής της ταχύτητας ενός σώματος και δίνεται από τον λόγο δύναμης προς μάζα. Για παράδειγμα, στα έξυπνα τηλέφωνα οι εφαρμογές πλοήγησης χρησιμοποιούν τον αισθητήρα επιτάχυνσης για να υπολογίσουν την ταχύτητα του χρήστη. Στην Έξυπνη Γεωργία βρίσκουν εφαρμογές στην συντήρηση του εξοπλισμού καθώς με συνεχείς μετρήσεις δύναται να εντοπίσουν δυσλειτουργίες σε εξαρτήματα σε πολύ πρώιμο στάδιο ώστε να εξεταστεί η αιτία και να επισκευαστεί άμεσα το προβληματικό στοιχείο αποφεύγοντας περεταίρω ζημιές.

3.1.1.6 Αισθητήρας εικόνας



Σχήμα 3.8: Αισθητήρας εικόνας μαζί με το καπάκι του φακού

Οι αισθητήρες εικόνας έχουν πολύ μικρό μέγεθος, ευρυγώνιους φακούς και χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση χώρων. Ο αισθητήρας εικόνας λειτουργεί μετατρέποντας τις εικόνες που λαμβάνει ο φακός σε ηλεκτρικό σήμα ώστε στην συνέχεια οι εικόνες να επεξεργαστούν και να αποθηκευτούν σε υπολογιστές. Διαθέτουν ποικίλες δυνατότητες που τους ξεχωρίζουν από μια απλή κάμερα όπως νυχτερινή όραση, εντοπισμός κίνησης, απομακρυσμένη ρύθμιση και παρακολούθηση καθώς και διασύνδεση με άλλες έξυπνες συσκευές. Υπάρχουν δύο είδη αισθητήρων εικόνας, οι CDD (charged-couple device) και οι CMOS (complementary metal-oxide semiconductor), με τους CMOS όμως να είναι η επικρατέστερη τεχνολογία λόγω χαμηλότερου κόστους με πολύ ικανοποιητική ποιότητα εικόνας. Αποτελούν βασικό στοιχείο της έξυπνης γεωργίας γιατί χρησιμοποιούνται για την διαχείριση των παρασίτων που είναι από τα σημαντικότερα και πιο δύσκολα προβλήματα που ταλανίζουν την γεωργία. Με τους αισθητήρες εικόνας οι χρήστες μπορούν να ανιχνεύουν ανεπιθύμητα παράσιτα σε πραγματικό χρόνο ώστε να δρουν άμεσα εναντίον τους χωρίς να βλάπτουν χρήσιμα έντομα που βοηθούν στην ανάπτυξη των φυτών. Ακόμα σε συνδυασμό με σύστημα συναγερμού χρησιμοποιούνται για την ασφάλεια των αγρών εντοπίζοντας ανεπιθύμητους εισβολείς τόσο ανθρώπους αλλά και ζώα όπως κοπάδι αγριογούρουνων που μπορεί να καταστρέψει την σοδειά.

3.1.1.7 Αισθητήρας ανίχνευσης καπνού



Σχήμα 3.9: Αισθητήρας ανίχνευσης καπνού τοποθετημένος σε οροφή

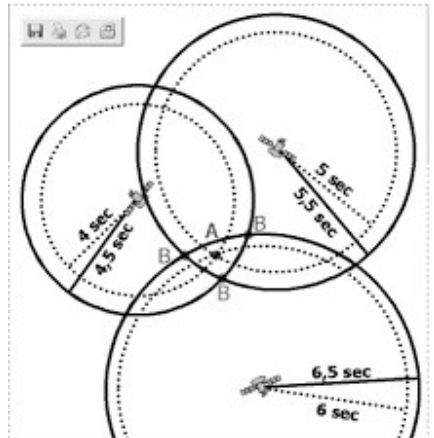
Οι αισθητήρες καπνού παρακολουθούν για μικροσκοπικά σωματίδια στον αέρα τα οποία είναι αποτέλεσμα κάποιας καύσης όπως η στάχτη και κύρια χρήση τους είναι σε χώρους και καταστήματα για τον άμεσο εντοπισμό πυρκαγιάς. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας, είναι είτε οπτικοί ανίχνευτες που εντοπίζουν φωτόνια είτε ανιχνευτές ιόντων που βασίζονται στην αρχή του ιονισμού, δηλαδή ότι η ύπαρξη φλόγας εκπέμπει ιονισμένα σωματίδια. Με το IoT που οι συσκευές μιλούν μεταξύ τους και πράττουν χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, ξεδιπλώνονται νέες δυνατότητες για την Έξυπνη Γεωργία που αποσκοπούν στην αποφυγή εκτεταμένης πυρκαγιάς, ικανής μέσα σε λίγα λεπτά να καταστρέψει κόπους μηνών. Ένα σενάριο χρήσης θα μπορούσε να είναι το εξής: Αφού ο αισθητήρας εντοπίσει πυρκαγιά στην καλλιέργεια, ανάβει τον συναγερμό, ενεργοποιεί το ποτιστικό σύστημα και παράλληλα ειδοποιεί τις αρμόδιες αρχές, τον ιδιοκτήτη και τους υπεύθυνους ασφαλείας του αγροκτήματος. Ακόμα, συγκεντρώνονται δεδομένα όπως βίντεο από το σημείο την ώρα του συμβάντος, συντεταγμένες του σημείου, θερμοκρασία περιβάλλοντος και άλλα στοιχεία που θα βοηθήσουν στην διερεύνηση της αιτίας του συμβάντος συνδυάζοντας μετρήσεις αισθητήρων εικόνας, θερμοκρασίας και καπνού. Όλα τα παραπάνω γίνονται αυτοματοποιημένα εφόσον ο χρήστης έχει ρυθμίσει το ανωτέρω σενάριο.

3.1.1.8 Αισθητήρας GPS



Σχήμα 3.10: Πεδίο χειρισμού τρακτέρ με τεχνολογίες εντοπισμού θέσης

Το GPS (Global Positioning System) είναι μια τεχνολογία που εντοπίζει την θέση ενός αντικειμένου στην γη μέσα από συντεταγμένες, ωστόσο δεν είναι ούτε το πρώτο ούτε και το μοναδικό σύστημα πλοήγησης. Η ανάπτυξη του έλαβε χώρα το 1973 από το Αμερικάνικο Υπουργείο Άμυνας με σκοπό να υπερβεί τους περιορισμούς των επίγειων συστημάτων πλοήγησης. Επικεφαλής ήταν ο Roger Lee Easton που θεωρείται ο πατέρας του GPS. Όταν ένα κινητό τηλέφωνο επικοινωνεί με την κεραία κινητής τηλεφωνίας, η επικοινωνία είναι αμφίδρομη δηλαδή η συσκευή λαμβάνει και στέλνει δεδομένα στην κεραία. Στην πλοήγηση GPS όμως η επικοινωνία είναι μονόδρομη, με τους δέκτες GPS μόνο να λαμβάνουν σήμα από τους δορυφόρους. Για την λειτουργία του GPS έχουν τοποθετηθεί πάνω από 30 δορυφόροι σε διαφορετική τροχιά γύρω από την γη. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει συνεχώς ραδιοκύματα προς την γη που περιέχουν μόνο δύο πολύ βασικές πληροφορίες, την θέση που βρίσκεται ο δορυφόρος και την ακριβή ώρα αποστολής του σήματος. Ο δέκτης πρέπει να έχει ανά πάσα στιγμή οπτική επαφή με τουλάχιστον 4 δορυφόρους, κάτι που είναι εφικτό αν δεν παρεμβάλλονται πολύ μεγάλα κτήρια, γέφυρες ή τούνελ. Το κλειδί στην λειτουργία εντοπισμού θέσης είναι ο δέκτης να βρει την απόστασή του από τον κάθε δορυφόρο και για να το κάνει αυτό συγκρίνει την ώρα που έλαβε το σήμα σε σχέση με την ώρα που ο δορυφόρος το έστειλε βρίσκοντας τον χρόνο που ταξίδεψε το σήμα. Ύστερα σε συνδυασμό με την ταχύτητα των ραδιοκυμάτων στην ατμόσφαιρα που είναι σταθερή υπολογίζει την θέση του σε σχέση με τους δορυφόρους. Οι ανωτέρω υπολογισμοί γίνονται σε ελάχιστο χρόνο και με αυτά τα δεδομένα πλέον ο δέκτης μπορεί να υπολογίσει με ακρίβεια την θέση του με την μέθοδο του τριπλευρισμού.



Σχήμα 3.11: Παράδειγμα τριπλευρισμού με χρήση διαβήτη

Ο δέκτης δεν γνωρίζει ονόματα οδών, πιθανές διαδρομές, πόση κίνηση έχει ένας δρόμος ούτε διαθέτει φωνητικές εντολές. Τον ρόλο αυτό αναλαμβάνουν οι εφαρμογές πλοήγησης που διαθέτουν τις παραπάνω δυνατότητες χρησιμοποιώντας την ακριβή θέση του δέκτη στην γη. Στην Έξυπνη Γεωργία οι εφαρμογές του GPS εξοικονομούν χρόνο, χρήμα και παράλληλα βελτιώνουν την ποιότητα των αγροτικών εργασιών. Αρχικά, το GPS διευκολύνει πολύ στο όργανο καθώς βοηθά τους αγρότες να σκάψουν αυλάκια με μεγάλη ακρίβεια σύμφωνα με τις προδιαγραφές της καλλιέργειας. Η φύτευση και γονιμοποίηση των σπόρων γίνεται πιο αποδοτική με την καθοδήγηση του GPS αφού οι ανωτέρω διεργασίες γίνονται με ακρίβεια στα σημεία που πρέπει, χωρίς να σπαταλούνται καρποί και ανθρωπόωρες. Με το GPS ο ιδιοκτήτης χαρτογραφεί την περιουσία του με απόλυτη ακρίβεια, ταχύτητα και ευκολία. Έτσι σταματά να βασίζεται σε οπτικά σημάδια συνόρων όπως παλιά καρφωμένα σίδερα, ρέματα ή σημάδια στο τοπία που είναι αναξιόπιστα και χρειάζεται να καταβάλει προσπάθεια ο αγρότης για να τα εντοπίζει κάθε φορά. Μια προέκταση της χαρτογράφησης είναι το geofencing, δηλαδή η δυνατότητα να ορίσεις ψηφιακά σύνορα ώστε σε περίπτωση που ο αγρότης βρεθεί εκτός συνόρων των εκτάσεών του να ειδοποιείται αυτόματα. Αυτό βοηθά τον αγρότη να επικεντρώνεται μόνο στις εργασίες που είναι αποδοτικές και προσφέρουν ανάπτυξη στην αγροτική επιχείρηση αποτρέποντας ταυτόχρονα διενέξεις μεταξύ γειτονικών ιδιοκτητών.

3.1.2 Wearables



Σχήμα 3.12: Έξυπνο ρολόι που προβάλλει μετρήσεις καρδιακών παλμών

Τα wearables είναι συσκευές IoT που φοράμε ως αξεσουάρ όπως το έξυπνο ρολόι που καταγράφει βήματα και παλμούς, έξυπνα γυαλιά που προβάλλουν στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας στο οπτικό μας πεδίο ή έξυπνο γιλέκο που επικοινωνεί με μηχανήματα. Παρουσιάζουν ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια με συνεχώς ανοδική τάση και εκτιμάται ότι το 2022 τα wearables θα ξεπεράσουν το ένα δισεκατομμύριο. Συνδυάζουν χαμηλό κόστος, ευκολία χρήσης, μπαταρία μεγάλης διάρκειας, ικανοποιητική επεξεργαστική ισχύ και πολλές χρήσιμες δυνατότητες. Χρησιμοποιούνται κυρίως στον τομέα της υγείας, του αθλητισμού και σταδιακά βρίσκουν χρήσεις και στην έξυπνη γεωργία. Έξυπνα γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας προβάλλουν στον αγρότη πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο όπως ο καιρός και η ώρα που απομένει για να ολοκληρωθεί το πότισμα χωρίς να χρειαστεί να ανατρέξει σε κάποια οθόνη υπολογιστή ή να κοιτάξει το κινητό τηλέφωνο. Έξυπνα γιλέκα σε χειριστές βαρέος εξοπλισμού δίνουν την δυνατότητα σε περίπτωση που ο χειριστής κάνει κάτι επικίνδυνο όπως να βάλει το χέρι του κοντά σε μια λεπίδα, να αλληλοεπιδράσουν με το μηχάνημα απενεργοποιώντας το αποφεύγοντας σοβαρά εργατικά ατυχήματα και τυχόν βλάβες στον εξοπλισμό.

3.1.3 Drones



Σχήμα 3.13: Χρήση farmdrone σε έξυπνη καλλιέργεια

Τα drones ή αλλιώς πολυκόπτερα έχουν γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και τα έχουμε γνωρίσει μέσα από τα μοναδικά κινηματογραφικά πλάνα που εμπλουτίζουν βίντεο και ταινίες. Είναι μη επανδρωμένα ιπτάμενα τηλεχειριζόμενα οχήματα, με κάποια μοντέλα να έχουν δυνατότητα αυτόνομης πτήσης σε προκαθορισμένη διαδρομή. Πιο δημοφιλές είδος είναι τα τετρακόπτερα που έχουν 4 κινητήρες. Για πηγή ενέργειας δεν χρησιμοποιούν κάποιου είδους καύσιμο όπως τα συμβατικά οχήματα αλλά μπαταρία, όποτε έχουν σαφώς λιγότερη αυτονομία (μισή ώρα περίπου) με σχεδόν μηδαμινό κόστος λειτουργίας. Για να ισορροπήσουν και να κινηθούν στον αέρα, τα drones διαθέτουν κινητήρες που τους δίνουν την απαραίτητη ώθηση, ενσωματωμένο υπολογιστή που ονομάζεται ελεγκτής πτήσης καθώς και αρκετούς αισθητήρες μεταξύ των οποίων γυροσκόπιο, θερμική κάμερα, ραντάρ, επιταχυνσιόμετρο, κάμερα, βαρόμετρο και GPS. Το drone για να κινηθεί προς μια κατεύθυνση διαφοροποιεί τις στροφές των κινητήρων του ανάλογα με την εντολή που λαμβάνει από τον χειριστή. Για παράδειγμα, για να πετάξει ψηλότερα αυξάνει σε όλους τους κινητήρες τις στροφές ενώ για να κατεβάσει ύψος χαμηλώνει ομοιόμορφα τις στροφές των κινητήρων, για να πετάξει αριστερά αυξάνει τις στροφές του δεξιού ζεύγους κινητήρων ενώ παράλληλα ελαττώνει τις στροφές του αριστερού ζεύγους κινητήρων. Χωρίζονται σε βασικές κατηγορίες σύμφωνα τον αριθμό των κινήτρων τους, η κάθε κατηγορία ωστόσο μπορεί να έχει παραλλαγές ανάλογα με την διάταξη των κινητήρων. Έχουμε τα τρικόπτερα με 3 κινητήρες, τα τετρακόπτερα με 4 κινητήρες, τα εξακόπτερα με 6 κινητήρες και τα οκτακόπτερα με 8 κινητήρες. Τα drones είναι πλέον mainstream με λογικό κόστος, αξιοπιστία, καλή κατασκευαστική ποιότητα που αντέχει ακόμα και σε αντίξοες καιρικές συνθήκες, βελτιωμένη αυτονομία και ποικίλες δυνατότητες που καλύπτουν τις ανάγκες ακόμα και των πιο απαιτητικών χρηστών. Τα drones και ειδικότερα τα farming drones που διαθέτουν πιο εξελιγμένες δυνατότητες και ειδικά εξαρτήματα εξειδικευμένα για γεωργικές εργασίες έχουν φέρει επαναστατικές δυνατότητες στην γεωργία δημιουργώντας χάρτες χωρικής παραλλακτικότητας διαφόρων μεταβλητών. Εξοικονομούν χρόνο, πόρους και εκτελούν σενάρια που ήταν θα αδύνατα

σε αντίθετη περίπτωση, ειδικά όταν πρόκειται για καλλιέργειες δεκάδων χιλιομέτρων όπως στον Θεσσαλικό κάμπο. Αρχικά τα drones μπορούν να ελέγχουν την υγεία των καλλιεργειών από την αποτύπωση των αλλαγών στο ορατό και υπέρυθρο φως που προκαλούν οι ανακλάσεις στην καλλιέργεια. Όσο πιο πολύ πράσινο αντανακλούν τα φυτά τόσο πιο υγιή είναι, εντοπίζοντας έτσι αδυναμίες στις καλλιέργειες που είναι αδύνατον να εντοπίσει κάποιος με γυμνό μάτι. Επιπροσθέτως τα drone καταγράφουν το αγρόκτημα από οπτική γωνία που μόνο φωτογράφος από ελικόπτερο θα μπορούσε να απαθανατίσει, κάτι οικονομικά αδύνατον για την πλειοψηφία των επιχειρήσεων. Με πανοραμικές εικόνες και βίντεο πολύ υψηλής ευκρίνειας στην διάθεση του αγρότη, μπορεί πλέον με ακρίβεια να εντοπίσει και να δράσει σε πρώιμο στάδιο σε τυχόν ατέλειες και να παρατηρήσει προβλήματα που δεν είναι εύκολα ορατά από το έδαφος όπως παράσιτα, αμάξεντους καρπούς σε ψηλά σημεία και δέντρα που χρειάζονται κλάδεμα. Τα drone διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο και στην ωρίμανση των καλλιεργειών καθώς ελέγχουν εάν οι καρποί είναι σε στάδιο συγκομιδής ή αν ωριμάζουν ακόμα, σε ποιο στάδιο βρίσκονται και τότε εκτιμάται η ωρίμανση, ώστε ο αγρότης να είναι προετοιμασμένος. Ιδιαίτερως χρήσιμη δυνατότητα σε ποικιλίες κερασιάς που επειδή ωριμάζουν από μέσα προς τα έξω είναι δύσκολο να γίνει αντιληπτό πότε ξεκίνησε η ωρίμανση. Επιπλέον μειώνουν το κόστος παραγωγής καθώς εργασίες που σχετίζονται με την επίβλεψη των αγρών δεν είναι πλέον απαραίτητες. Farming drone που φέρουν ειδικό εξοπλισμό μπορούν να λειτουργήσουν ως ποτιστικά μεταφέροντας έως 25 κιλά νερό και ποτίζοντας με συγκεκριμένη δοσολογία και συχνότητα σημεία που έχει ορίσει ο χειριστής. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται πότισμα με ακρίβεια χιλιοστού ακόμα σε σημεία που δύσκολα θα μπορούσαν να ποτιστούν με τα παραδοσιακά μέσα όπως κτήματα που δεν έχουν πρόσβαση στο δίκτυο της ΔΕΥΑΠ. Σχετικά καινούργια εφαρμογή των drone στο smart farming είναι το αυτοματοποιημένο φύτεμα σπόρων, τεχνολογική λύση που μειώνει το κόστος φύτευσης και ταυτόχρονα βελτιώνει την καρποφορία αφού ο κάθε σπόρος είναι φυτεμένος με ακρίβεια εκατοστού σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εκάστοτε σοδειάς. Μια ακόμα ιδιαίτερη χρήση του drone είναι για την αντιμετώπιση του παγετού. Πετώντας σε ύψος λίγο πάνω από την καλλιέργεια και αναμειγνύοντας τον θερμό αέρα που παράγουν οι έλικες με τον ατμοσφαιρικό αέρα λιώνει τον πάγο σώζοντας την σοδειά. Τέλος, τα drone αυτοματοποιημένα, γρήγορα και με μεγάλη ακρίβεια με την κάμερα που διαθέτουν, σε συνδυασμό με το κατάλληλο λογισμικό μπορούν να μετρούν τις ρίζες της σοδειάς.

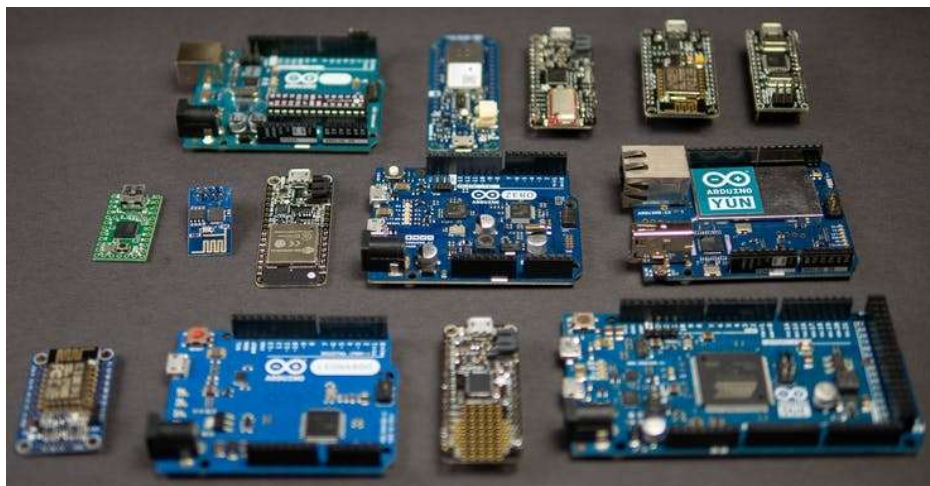
3.1.4 Υπολογιστές



Σχήμα 3.14: Κουτί σταθερού υπολογιστή σε δύο εκδοχές

Οι εφαρμογές του IoT χρειάζονται υπολογιστές για την επεξεργασία του τεράστιου όγκου δεδομένων που παράγουν οι αισθητήρες. Πιο συγκεκριμένα, οι desktop υπολογιστές με την ισχυρή επεξεργαστική ισχύ που διαθέτουν επεξεργάζονται τον τεράστιο όγκο δεδομένων που λαμβάνουν από τους αισθητήρες με λογισμικά επεξεργασίας Big Data και κατόπιν διαμοιράζουν την πληροφορία μέσω του δικτύου λειτουργώντας ως εξυπηρετητές. Με αυτόν τον τρόπο οι υπηρεσίες Big Data Analytics χρησιμοποιούν υπολογιστές μεγάλης επεξεργαστικής ισχύος για να συγκεντρώσουν τα δεδομένα, να κάνουν υπολογισμούς και να απαντήσουν στα ερωτήματα των χρηστών μέσα σε δευτερόλεπτα, χωρίς να χρειάζεται κάποια βαριά διεργασία από πλευράς του χρήστη. Οι χρήστες έχουν πρόσβαση στα δεδομένα τους από συσκευές που έχουν δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο όπως smartphone, tablet, laptop ή και Raspberry Pi μέσα από την ιστοσελίδα ή την εφαρμογή της Big Data Analytics πλατφόρμας, συνδεδεμένοι με τα προσωπικά τους στοιχεία χωρίς την ανάγκη να αγοράσουν επιπλέον εξοπλισμό ή να αντικαταστήσουν τις συσκευές τους.

3.1.5 Πλακέτες



Σχήμα 3.15: Ποικίλα μοντέλα Arduino πάνω σε επιφάνεια

Οι αισθητήρες του IoT που αναλύσαμε παραπάνω από μόνοι τους δεν μπορούν να λειτουργήσουν καθώς χρειάζεται να συνδεθούν σε ολοκληρωμένο κύκλωμα, την γνωστή πλακέτα. Οι πλακέτες για εφαρμογές IoT διαφέρουν στην επεξεργαστική ισχύ, την μνήμη, τον αριθμό και τον τύπο των υποδοχών για αισθητήρες, το μέγεθος, τις θύρες εισόδου-εξόδου, στο μέγεθος και φυσικά το κόστος. Υπάρχουν πλακέτες που εξυπηρετούν από πολύ απλά σενάρια όπως ένα led που αναβοσβήνει περιοδικά μέχρι πολύ σύνθετα όπως ένας αυτοματισμός γκαραζόπορτας. Η πιο δημοφιλής πλακέτα ανάπτυξης IoT εφαρμογών είναι το Arduino. Στο Arduino ο χρήστης συνδέει αισθητήρες εισόδου όπως αισθητήρας θερμοκρασίας, αισθητήρες εξόδου όπως το matrix display, το προγραμματίζει να κάνει ενέργειες με βάση τα δεδομένα που λαμβάνει, φορτώνει τον κώδικα και στην συνέχεια το Arduino εκτελεί συνεχώς τον κώδικα μέχρι είτε να σταματήσει η τροφοδοσία του είτε να φορτώσει διαφορετικό κώδικα ο χρήστης. Βασική διαφορά του Arduino με τους κλασικούς υπολογιστές είναι πως το Arduino επειδή δεν έχει λειτουργικό σύστημα μπορεί να εκτελεί ένα μόνο πρόγραμμα κάθε φορά, σε αντίθεση με τους υπολογιστές που έχουν την δυνατότητα να τρέχουν πολλαπλά προγράμματα ταυτόχρονα. Το Arduino είναι πολύ διαδεδομένο επειδή είναι ανοιχτού κώδικα, πολύ οικονομικό, έχει γερή κατασκευή, μικρό μέγεθος, ο κώδικας που δέχεται είναι σε C++ και οι δυνατότητές του μπορούν να επεκταθούν με πρόσθετα shield modules όπως Wi-Fi και Bluetooth πομποδέκτες. Μια εναλλακτική με μεγαλύτερο κόστος αλλά και πολύ περισσότερες δυνατότητες καθώς πρόκειται για έναν υπολογιστή σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας είναι τα Raspberry Pi. Διαθέτουν ισχυρό επεξεργαστή, μεγάλη μνήμη, κάποια gigabyte αποθηκευτικού χώρου, Bluetooth, θύρες USB, ETHERNET, HDMI, υποδοχές για αισθητήρες, Wi-Fi και τρέχουν το λειτουργικό σύστημα Raspbian που είναι βασισμένο στο Unix. Χρησιμοποιούνται κυρίως για πολύπλοκες εφαρμογές που απαιτούν παραλληλισμό όπως εγκέφαλος ρομπότ ή εξυπηρετητής ιστοσελίδων. Το Raspberry Pi διαθέτει και αυτό διαφορετικές εκδόσεις από οικονομικά μοντέλα με σχετικά λίγους πόρους και δυνατότητες μέχρι πολύ εξελιγμένα και ακριβότερα μοντέλα που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν έναν υπολογιστή σε κάποιες περιπτώσεις.

3.1.6 Farmbot



Σχήμα 3.16: Farmbot οργώνει καλλιέργεια

Τα farmbot είναι ρομπότ εξειδικευμένα να εκτελούν αγροτικές εργασίες με ταχύτητα, ακρίβεια και αξιοπιστία. Σε πολλές βιομηχανίες υπάρχει η τάση σε επαναλαμβανόμενες εργασίες να αντικαθίσταται η ανθρώπινη εργασία με αυτοματοποίηση και η γεωργία δεν αποτελεί εξαίρεση. Οι περισσότερες εργασίες της γεωργίας είναι σωματικά επίπονες, έχουν μεγάλη διάρκεια και εκτελούνται περιοδικά όπως το σκάψιμο, το σκάλισμα, η φύτευση, το όργωμα, η συγκομιδή και το πότισμα. Σκοπός της αυτόνομης ρομποτικής στην γεωργία είναι η ελάττωση της εξάρτησης σε χειρωνακτικές εργασίες και παράλληλα η αύξηση παραγωγικότητας και της απόδοσης της καλλιέργειας. Ο αγρότης στο μέλλον θα εστιάζει στην επίβλεψη των μηχανήματων και των IoT εφαρμογών, στην όσο το δυνατόν καλύτερη χρήση των ρομποτικών μηχανημάτων, στην ανάλυση δεδομένων, στον σχεδιασμό νέων προϊόντων και στην προώθηση της αγροτικής επιχείρησης σε παγκόσμιες αγορές. Το κλειδί για αποδοτική Έξυπνη Γεωργία είναι η ικανότητα των αισθητήρων και των μηχανημάτων να επικοινωνούν με τον αγρότη αλλά και μεταξύ τους, παρόλο που λειτουργούν πλήρως αυτόνομα. Παραδείγματα farmbot είναι τα μη επανδρωμένα τρακτέρ τα οποία με χρήση ραντάρ, LiDAR, GPS και πολλών άλλων αισθητήρων χαρτογραφούν το κτήμα εκτελώντας τις αγροτικές εργασίες στην έκταση του κτήματος που έχει ρυθμίσει ο χρήστης. Άλλο παράδειγμα είναι ρομπότ που αναλαμβάνουν την σπορά και την φύτευση με συνδυασμό δεδομένων γεωμετρίας και αισθητήρων. Υπάρχουν ακόμα συστήματα αυτόματης άρδευσης που σε συνδυασμό με δεδομένα αισθητήρων παρακολουθούν το επίπεδο υγρασίας και ποτίζουν αποκλειστικά τα σημεία που το χρειάζονται, βελτιστοποιώντας την άρδευση. Για τον έλεγχο των ζιζανίων έχει αναπτυχθεί ρομπότ σε μέγεθος επιβατικού αυτοκινήτου που πλοηγεί αυτόνομα μέσα στους αγρούς με χρήση βίντεο, LiDAR και GPS. Αυτά τα ρομπότ έχουν λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης και τρέχουν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης που τους επιτρέπει να εκπαιδεύονται συνεχώς στην ανίχνευση παρασίτων με όσο περνάει ο καιρός να γίνονται και πιο αποτελεσματικά. Για την συγκομιδή των καρπών έχουν αναπτυχθεί επίσης βραχίονες ικανοί για λεπτές κινητικές δεξιότητες όπως το μάζεμα καρπών χωρίς να πληγώσουν το δέντρο ή να λιώσουν τον καρπό. Οι βραχίονες αυτοί χρησιμοποιούν κάμερες και αλγόριθμους για να αναγνωρίζουν το χρώμα, το σχήμα, την ωριμότητα και την θέση του καρπού. Τα farming drone ανήκουν στην οικογένεια των

farmbot και πέρα των τεχνολογιών απεικόνισης που τους επιτρέπουν να παρακολουθούν και αναλύουν σε πραγματικό χρόνο δεδομένα για τον αγρό μπορούν να αξιολογούν την ποιότητα του εδάφους, να προγραμματίζουν τις τοποθεσίες φύτευσης, να σπέρνουν εναέρια, να ψεκάζουν και να ποτίζουν. Ο αγρότης μέσα από ταμπλό στον υπολογιστή του βλέπει σε πραγματικό χρόνο την πορεία εξέλιξης των διαφόρων εργασιών και άλλα δεδομένα για τις σοδειές του αξιοποιώντας τις σύγχρονες τεχνολογίες στο έπακρο.

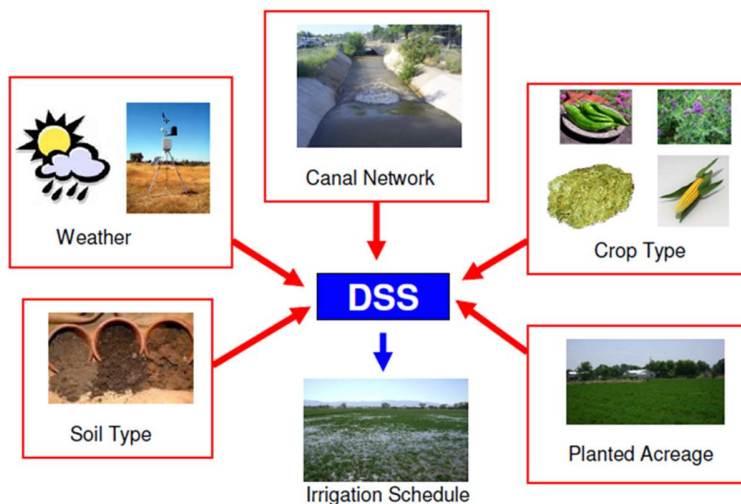
3.2 Software



Σχήμα 3.17: Κώδικας από εφαρμογή

Το Internet of Things στην Έξυπνη Γεωργία αξιοποιεί λογισμικό που διαχειρίζεται πληθώρα μεγάλων δεδομένων δίνοντας πολύτιμες πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τον αγρό ώστε ο αγρότης να δρα άμεσα και αποτελεσματικά. Το λογισμικό πάνω στο βασίζεται η ευφυής γεωργία δίνει την δυνατότητα εφαρμογής συστημάτων λήψης αποφάσεων ώστε σύμφωνα με ποικίλες παραμέτρους του αγρού όπως υγρασία εδάφους και ηλιοφάνεια να εφαρμόζεται διαφοροποιημένη τακτική καλλιέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο βελτιστοποιώντας την ποσότητα και την ποιότητα παραγωγής. Παρακάτω θα αναλύσουμε τόσο τα Μεγάλα Δεδομένα όσο και τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων δίνοντας έμφαση στους νέους ορίζοντες που ανοίγουν στον πρωτογενή τομέα η λήψη και αξιοποίηση των δεδομένων.

3.2.1 Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems – DSS)



Σχήμα 3.18: Είσοδοι και έξοδοι Συστήματος Λήψης Αποφάσεων

Τα τελευταία χρόνια η γεωργία χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογικές δυνατότητες ανοίγοντας νέους ορίζοντες στους αγρότες μέσα από καινοτόμους τρόπους καλλιέργειας που μεγιστοποιούν την κερδοφορία, βελτιώνουν την ποιότητα και μειώνουν το κόστος. Οι συνθήκες λειτουργίας των αγροτικών μηχανημάτων είναι πολύ δύσκολες καθώς επικρατούν μεγάλες θερμοκρασίες, κραδασμοί, σκόνες, λάδια, γράσα και πετρέλαιο. Με την βελτίωση των χαρακτηριστικών των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων όπως οι αισθητήρες, ώστε να αντέχουν σε αντίξοες συνθήκες έγινε εφικτή η εισαγωγή τεχνολογικού εξοπλισμού στις αγροτικές εργασίες. Γεωργία ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης αγροκτημάτων με χρήση πληροφοριών που εφαρμόστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 χάρη στην ανάπτυξη του συστήματος προσδιορισμού θέσης GPS. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους και των φυτών, δίνει την δυνατότητα να τροποποιήσουμε τις εισροές και την τακτική καλλιέργειας σε κάθε σημείο του αγροκτήματος με γνώμονα τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Στην συμβατική γεωργία θεωρείται πως τα χαρακτηριστικά του εδάφους είναι πανομοιότυπα και οι ανάγκες των φυτών ίδιες, με τον αγρότη να λαμβάνει μια σειρά δειγμάτων από την διαγώνιο του χωραφιού, τα αναλύει και τα αποτελέσματα της ανάλυσης εφαρμόζονται καθολικά για όλο το κτήμα. Αναλυτικότερα, με βάση αυτές τις αναλύσεις ο γεωργός θα εφαρμόσει παντού την ίδια λίπανση, κατεργασία, σπορά, πότισμα, συγκομιδή και θα περιμένει την ίδια απόδοση από το φυτό. Ωστόσο έρευνες έχουν δείξει πως αυτή η προσέγγιση ότι δεν είναι τόσο αποδοτική και έχει αυξημένο παράγοντα ρίσκου. Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems – DSS) είναι μέρος της Γεωργίας Ακρίβειας που βοηθούν τους γεωργούς να ξεπερνούν σύνθετα προβλήματα των καλλιεργειών με χρήση δεδομένων και βέλτιστων επιστημονικών πρακτικών. Τα DSS συλλέγουν δεδομένα από την ύδρευση, την κλιματική κατάσταση, την γενετική, την μορφολογία του εδάφους, την ενέργεια, τα επίπεδα υγρασίας και αζώτου και το ανθρώπινο δυναμικό. Χρησιμοποιούν εκτός από δεδομένα αισθητήρων, πληροφορίες από συστήματα γεω-εντοπισμού όπως το GPS, το GLONASS και το Beidou, αεροφωτογραφίες από drones και εικόνες από δορυφόρους Sentinel. Σκοπός είναι να αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο οι παραπάνω παράγοντες

αλληλοεπιδρούν επηρεάζοντας την παραγωγικότητα. Το DSS που θα επιλέξει ο αγρότης πρέπει να ενσωματώνεται με ευκολία στον υπάρχοντα εξοπλισμό όπως οι αισθητήρες, πρέπει να υποστηρίζει τις καλλιέργειες στην ανάπτυξή τους σε όλη την καλλιεργητική περίοδο, όλα τα είδη των καλλιεργειών και κάθε αναπτυξιακό στάδιο της παραγωγής του κάθε καλλιεργητή. Ακόμα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν όλους τους μεταβαλλόμενους παράγοντες του αγροκτήματος όπως έντομα, αρρώστιες και καιρικά φαινόμενα. Τέλος, τα συστήματα υποστήριξης πρέπει να έχουν εξοπλισμό τελευταίας τεχνολογίας για να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της σύγχρονης πραγματικότητάς και παράλληλα να είναι φιλικά προς τους χρήστες και ευέλικτα ώστε να τα προσαρμόζει ο αγρότης στις απαιτήσεις της καλλιέργειας του. Παράδειγμα DSS είναι αισθητήρες με οθόνες στους αγρούς οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο στέλνοντας δεδομένα σχετικά με την υγρασία και θερμοκρασία του εδάφους αλλά και του αέρα, την κατεύθυνση και την ταχύτητα των ανέμων, την ηλιοφάνεια και τις βροχοπτώσεις. Τα δεδομένα αυτά προβάλλονται πέρα από τις τοποθετημένες οθόνες στους αγρούς, στο κινητό, στον υπολογιστή ή στο tablet του αγρότη μέσα από τις αντίστοιχες εφαρμογές. Άλλο παράδειγμα είναι οι εξειδικευμένες πλατφόρμες διαχείρισης και βελτιστοποίησης θρέψης των καλλιεργειών που βοηθούν τον αγρότη να αυξήσει την απόδοση της καλλιέργειας, μειώνοντας το κόστος για λιπάσματα, προστατεύοντας το περιβάλλον παράλληλα. Με την βοήθεια αυτών των υπηρεσιών οι αγρότες χρησιμοποιούν λιπάσματα εξειδικευμένα για την κάθε καλλιέργεια και το στάδιο ανάπτυξής της, με βάση αναλύσεις ποικίλων δυναμικών παραγόντων βελτιστοποιώντας την λίπανση.

3.2.2 Μεγάλα Δεδομένα (Big Data)



Σχήμα 3.19: Αναπαράσταση Μεγάλων Δεδομένων

Τα Big Data και το Internet of Things είναι άμεσα συνδεδεμένα διότι το IoT για την λειτουργία του παράγει και χρησιμοποιεί δεδομένα. Με τον όρο μεγάλα δεδομένα αναφερόμαστε σε προσεγγίσεις μελέτης, ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων τα οποία λόγω τεράστιου όγκου δεν μπορούν να επεξεργαστούν με τις παραδοσιακές μεθόδους. Στην σύγχρονη εποχή παράγεται εξωφρενικά μεγάλος όγκος δεδομένων μέσα σε μόλις λίγα λεπτά από ετερογενείς πηγές δεδομένων όπως αισθητήρες, διαδικτυακές πλατφόρμες όπως διαδικτυακά casino και κοινωνικά δίκτυα.

Σκεφτείτε ενδεικτικά ότι όταν ένας αγρός μόλις λίγων στρεμμάτων που αξιοποιεί το smart farming διαθέτει εκατοντάδες αισθητήρες που συνεχώς παράγουν δεδομένα. Η διαχείριση των Big Data ξεκινά με την αυτόματη συλλογή ροών δεδομένων από ετερογενή συσκευές και πλατφόρμες. Στην συνέχεια τα δεδομένα ενσωματώνονται με data pipelines σε μια κοινή ροή δεδομένων με χαρακτηριστικά όπως πλατφόρμα που προέλευσης, χρονοσφραγίδα δημιουργίας και γεωγραφική ζώνη. Ύστερα τα δεδομένα τροφοδοτούν εφαρμογές ανάλυσης δεδομένων όπως Real-Time Analytics και Business Intelligence συστήματα, είτε για την εξαγωγή συμπερασμάτων για παρόν και παρελθόν (Descriptive Analytics) είτε για την πρόβλεψη μελλοντικών τάσεων (Predictive Analytics). Τα Big Data δεδομένα ανάλογα το πόσο συγκεκριμένη δομή έχουν κατατάσσονται σε δομημένα, ημιδομημένα και μη δομημένα. Όσο λιγότερο δομημένα είναι, δηλαδή πιο άναρχα τόσο πιο δύσκολη είναι η επεξεργασία και ανάλυσή τους. Για παράδειγμα δομημένα δεδομένα είναι τα αρχεία csv, ημιδομημένα είναι τα email που έχουν συνδυασμό δομημένων στοιχείων όπως οι επικεφαλίδες και μη δομημένων στοιχείων όπως το περιεχόμενο και τέλος μη δομημένα είναι αρχεία βίντεο, μουσικής και εικόνων. Big Data Cloud Providers είναι η Amazon με υπηρεσίες όπως RedShift και Elastic MapReduce, η Google με υπηρεσίες όπως Big Query και Prediction API και η Microsoft με υπηρεσίες όπως Azure HDInsight.

Τα Big Data έχουν τα παρακάτω 6 βασικά χαρακτηριστικά.

Όγκος

Τα δεδομένα για να θεωρηθούν ως «μεγάλα» πρέπει να χαρακτηρίζονται από το ανάλογο μέγεθος που συνήθως κυμαίνεται σε τάξεις των petabytes (1024 terabytes) ή exabytes (1024 petabytes). Αν αναλογιστούμε ότι πλατφόρμες κοινωνικών δικτύων έχουν φτάσει να έχουν ταυτόχρονα μέχρι και 1 δισεκατομμύριο ενεργούς χρήστες οι οποίοι αλληλοεπιδρώντας αφήνουν το ίχνος τους παράγοντας δεδομένα, οι παραπάνω τάξεις δεδομένων ίσως να μην αρκούν σε λίγα χρόνια.

Ταχύτητα

Η ταχύτητα των δεδομένων είναι άλλο ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που κατατάσσουμε τα δεδομένα σε «μεγάλα» ή μη. Πιο συγκεκριμένα, ο ρυθμός με τον οποίο παράγονται, αποθηκεύονται και επεξεργάζονται τα δεδομένα ώστε να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις ενός συνεχώς αναπτυσσόμενου περιβάλλοντος γίνεται ολοένα και πιο σημαντικός. Πλέον υπάρχει δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ανοίγοντας νέους ορίζοντες δυνατοτήτων. Για παράδειγμα, ο σύγχρονος αγρότης παρακολουθεί από το σπίτι του σε πραγματικό χρόνο δεδομένα όπως η υγρασία του εδάφους ανά τετραγωνικό, διεργασίες που διεξάγονται όπως farmbot που ποτίζουν αλλά και τυχόν προβλήματα που αντιμετωπίζει η επιχείρηση όπως σμήνος εντόμων που προκάλεσε φθορά σε κάποιο σημείο της σοδειάς την νύχτα.

Ποικιλία

Τα δεδομένα πρέπει να προέρχονται από πλούσια γκάμα που περιλαμβάνει από πιο σύνθετες μορφές όπως ηχητικά μηνύματα, live video και χάρτες μέχρι πιο απλές μορφές όπως γραπτό κείμενο και μετρήσεις αισθητήρων.

Μεταβλητότητα

Το νόημα των δεδομένων αλλάζει συνεχώς καθώς μια λέξη ή φράση με θετική έννοια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια αρνητική δήλωση και το αντίστροφο. Για να το καταλάβουμε με ένα παράδειγμα, η χρήση της λέξης 'τέλεια' στην πρόταση «Τέλεια τα πήγε η ομάδα στο πρώτο ημίχρονο!» δίνει θετικό νόημα ενώ στην πρόταση «Τέλεια... πάλι χάσαμε στους ημιτελικούς!» έχει αρνητικό νόημα. Συνεπώς επειδή μια λέξη δεν αρκεί για να εξάγεις το συναίσθημα που αποδίδει μια πρόταση, έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που αναλύουν εκατομμύρια προτάσεις από κοινωνικά δίκτυα χτίζοντας και εξελίσσοντας μοντέλα ανάλυσης συναισθημάτων από γραπτά κείμενα.

Ακρίβεια

Δεδομένα χωρίς ακρίβεια και αξιοπιστία όχι μόνο δεν είναι ωφέλημα για ανάλυση αλλά έχουν μεγάλο αρνητικό αντίκτυπο καθώς μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα. Η ποιότητα των δεδομένων λοιπόν είναι κύρια προτεραιότητα. Φανταστείτε στα πλαίσια του smart farming, οι αισθητήρες υγρασίας δείχνοντας ξηρασία να ενεργοποιούν μια αλληλουχία δραστηριοτήτων όπως άνοιγμα των ποτιστικών στα σημεία αυτά ενώ στην πραγματικότητα η υγρασία να είναι σε φυσιολογικά επίπεδα. Ως αποτέλεσμα το σημείο θα σαπίσει και ενδεχομένως να κλονιστεί η εμπιστοσύνη του αγρότη στις λύσεις έξυπνης γεωργίας.

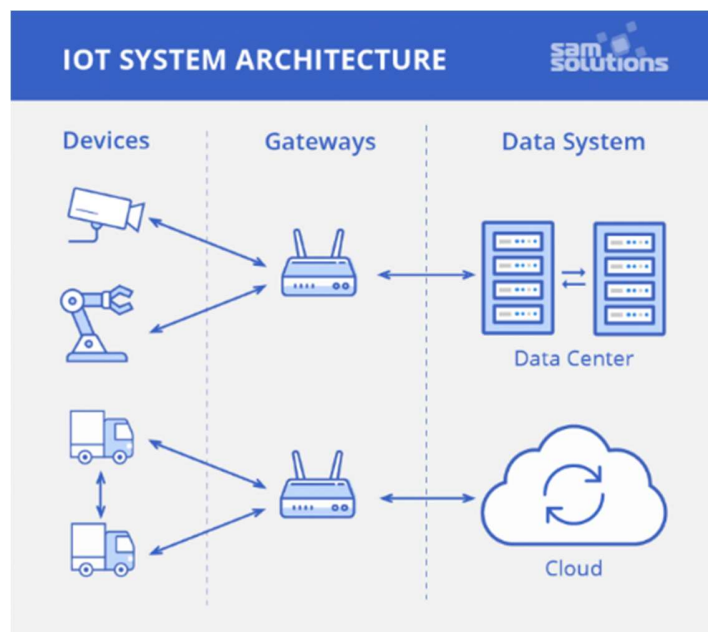
Αξία

Τα δεδομένα είναι χρήσιμα μόνο αν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Στην έξυπνη γεωργία, παράδειγμα χρήσιμων δεδομένων είναι η θερμοκρασία λειτουργίας ενός μηχανήματος και ο θόρυβος που παράγει σε σχέση με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή ώστε να αποφευχθούν υλικές ζημιές και ατυχήματα σε περίπτωση δυσλειτουργίας. Αντίθετα δεδομένα που δεν έχουν χρησιμότητα είναι πληροφορίες σχετικά το φινίρισμα του μηχανήματος.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως είναι ζωτικής σημασίας καινοτόμες και αποδοτικές τεχνικές διαχείρισης των μεγάλων δεδομένων οι οποίες συνεχώς εξελίσσονται όσο τα δεδομένα πληθαίνουν. Σύμφωνα με παγκόσμιες έρευνες αναμένεται εκτόξευση του όγκου δεδομένων στην επόμενη πενταετία καθώς οι εφαρμογές Internet of Things γίνονται όλο και πιο διαδεδομένες, από έξυπνα ψυγεία και αυτοκίνητα μέχρι ολοκληρωμένες λύσεις διαχείρισης καλλιεργειών με farmbot. Οι επιχειρήσεις πρέπει να αναπτύξουν ολοκληρωμένη Big Data στρατηγική για να διαχειρίζονται τα δεδομένα τους με τον αποτελεσματικότερο τρόπο. Η συλλογή και διαχείριση των δεδομένων σε συνδυασμό με το κατάλληλο λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων δίνει την δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων που θα οδηγήσουν σε πιο αποτελεσματικές στρατηγικές κινήσεις σε σχέση με τον ανταγωνισμό. Αναλύοντας τα Big Data οι επιχειρήσεις εντοπίζουν προβλήματα σε πραγματικό χρόνο έχοντας την δυνατότητα να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν άμεσα δράσεις αντιμετώπισης. Ακόμα, οι επιχειρήσεις κατανοούν καλύτερα τόσο το προϊόν τους όσο και τον πελάτη αναπτύσσοντας ιδέες για βελτίωση και νέα προϊόντα/υπηρεσίες που να ανταποκρίνονται περισσότερο στις ανάγκες του καταναλωτή. Δεδομένα όπως η αλληλεπίδραση του πελάτη με το προϊόν και ανάλυση χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς του καταναλωτή είναι εφικτά μόνο μέσα από πλατφόρμες Big Data Analytics. Επιπλέον, με την ανάλυση Big Data δεδομένων εξάγονται συμπεράσματα για τρόπους μείωσης του κόστους καθώς αποτυπώνεται το κόστος διάφορων μεταβλητών όπως έξοδα για ενοίκιο, ρεύμα, αναλώσιμα και έρευνα, κατατάσσονται σε αύξουσα

σειρά και γίνονται μελέτες για τον κάθε παράγοντα ξεχωριστά βάζοντας προτεραιότητες. Τέλος, οι εταιρίες μέσα από τα δεδομένα μπορούν να αναλύσουν τις διαδικασίες στις οποίες οι υπάλληλοι αφιερώνουν τον περισσότερο εργασιακό τους χρόνο, ερευνώντας λύσεις αύξησης της αποδοτικότητας τους με καλύτερα εργαλεία και επανασχεδιάζοντας ή καταργώντας χρονοβόρες και πολύπλοκες διαδικασίες αν δεν τις κρίνουν πλέον απαραίτητες.

3.2.3 Αρχιτεκτονική



Σχήμα 3.20: Εικονική αναπαράσταση αρχιτεκτονικών Internet of Things

Το Internet of Things στηρίζεται σε αρχιτεκτονική τριών επιπέδων: συσκευές, πύλες δικτύου και συστήματα διαχείρισης δεδομένων. Τα δεδομένα κινούνται στα παραπάνω επίπεδα μέσω τεσσάρων τρόπων μετάδοσης.

Συσκευή προς συσκευή

Με αυτόν τον τρόπο επικοινωνίας δύο συσκευές ανταλλάσσουν απευθείας δεδομένα χωρίς την παρεμβολή ενδιάμεσων κόμβων. Για παράδειγμα, αισθητήρας υγρασίας τοποθετημένος κοντά στις ρίζες των φυτών όταν παρατεταμένα λαμβάνει τιμές που δηλώνουν ξηρασία, επικοινωνεί άμεσα με τον αισθητήρα που χειρίζεται τις βάνες νερού δίνοντας εντολή το σημείο να ποτιστεί.

Συσκευή προς πύλη δικτύου

Σε αυτόν τον τύπο επικοινωνίας οι αισθητήρες επικοινωνούν με τις πύλες δικτύου μέσω πρωτοκόλλων όπως TCP και UDP. Οι πύλες δικτύου έχουν επεξεργαστική υπεροχή σε σχέση με τους αισθητήρες και ο σκοπός τους είναι να συγκεντρώνουν τα δεδομένα των αισθητήρων και στην συνέχεια να τα δρομολογούν στο σύστημα διαχείρισης δεδομένων για ανάλυση. Σε

περίπτωση που η ανάλυση αναδειξει κάποιο πρόβλημα το επικοινωνεί με την πύλη και ύστερα η πύλη/κόμβος στον αισθητήρα.

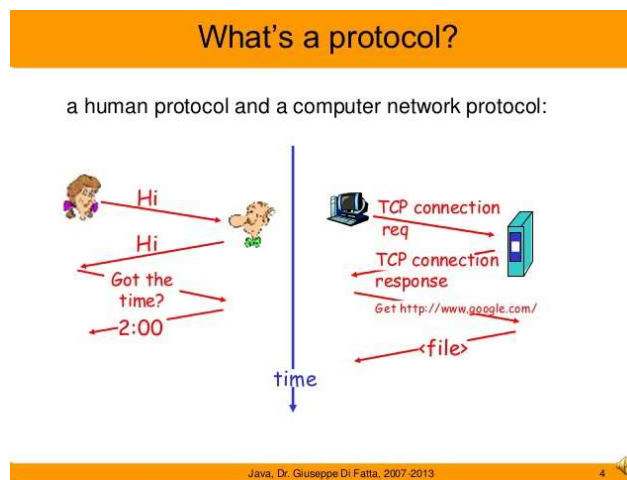
Πύλη δικτύου προς σύστημα δεδομένων

Τα δεδομένα μεταδίδονται από πύλες δικτύου στα κατάλληλα συστήματα δεδομένων με πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως τα DSS, CoAP και AMQP. Για να επιλεγθεί το καταλληλότερο πρωτόκολλο αναλύονται χαρακτηριστικά των δεδομένων όπως οι απαιτήσεις ασφαλείας και ταχύτητας.

Επικοινωνία μεταξύ συστημάτων

Τα δεδομένα μεταφέρονται μεταξύ data centers ή cloud providers.

4. Πρωτόκολλα

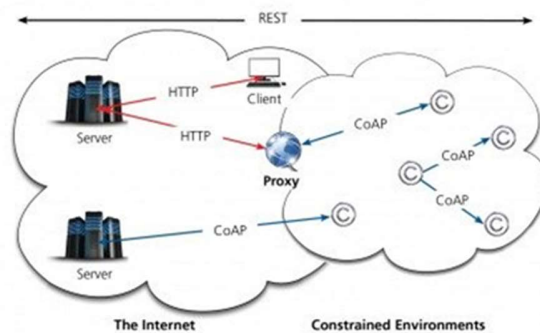


Σχήμα 4.1: Τι είναι πρωτόκολλο

Το πρωτόκολλο είναι ένα σύνολο κανόνων που έχουν να κάνουν με το πως θα μεταφερθούν οι πληροφορίες από τον ένα υπολογιστή ή κόμβο σε έναν άλλον.

Αυτό περιλαμβάνει κανόνες που αφορούν τον τεμαχισμό της πληροφορίας που είναι προς μετάδοση ώστε να μπορεί να μεταφερθεί σε πακέτα, την διαδρομή που θα ακολουθήσει μέσα στο δίκτυο το πακέτο για να φθάσει στον προορισμό, μεθόδους επαλήθευσής λήψης της πληροφορίας στον δέκτη και μεθόδους ανάκτησης ή επαναποστολής μέρους της πληροφορίας που δεν έφτασε ή καταστράφηκε. Αυτό συμβαίνει επειδή αφενός οι εφαρμογές και οι τοπολογίες διαφέρουν και αφετέρου υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις επικοινωνίας που δεν μπορεί να καλύψει μονό ένα πρωτόκολλο. Παρακάτω θα δούμε μερικά από τα κυριότερα πρωτόκολλα που βρίσκουν χρήση στο Internet of Things και συγκεκριμένα στις εφαρμογές Έξυπνης Γεωργίας.

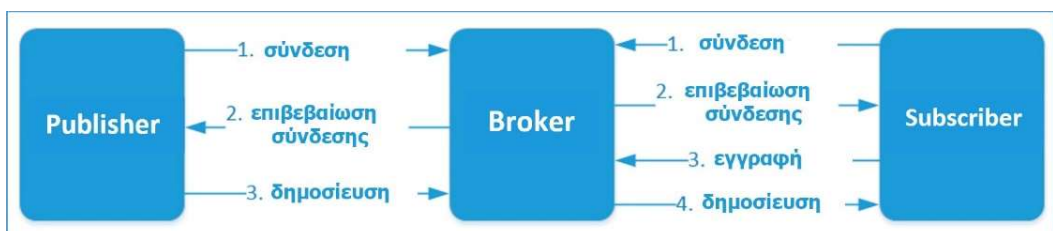
4.1 CoAP



Σχήμα 4.1.1: Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου CoAP

Το Constrained Application Protocol (Coap) είναι ένα εξειδικευμένο πρωτόκολλο μεταφοράς στο Διαδίκτυο για χρήση σε περιορισμένο πλήθος κόμβων και σε δίκτυα με διάφορους περιορισμούς όπως χαμηλή κατανάλωση και απώλειες. Οι κόμβοι έχουν συχνά μικροελεγκτές των 8-bits με μικρές μνήμες ROM και RAM, ενώ τα δίκτυα με περιορισμούς όπως τα IPv6 έναντι των ασύρματων προσωπικών δικτύων χαμηλής κατανάλωσης (6LoWPAN's) έχουν πολύ συχνά υψηλό ποσοστό σφαλμάτων στα πακέτα που στέλνονται. Το CoAP παρέχει ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης του τύπου αίτημα/απάντηση (request/response) μεταξύ των τερματικών σημείων εφαρμογής, υποστηρίζει ενσωματωμένη ανακάλυψη υπηρεσιών και πόρων και περιλαμβάνει τις βασικές έννοιες του Διαδικτύου, όπως τα URI (Universal Resource Identifier – Καθολικό Αναγνωριστικό Πόρου) και τύπους μέσων του Διαδικτύου. Το CoAP είναι σχεδιασμένο ώστε να συνδυάζεται εύκολα με το HTTP πρωτόκολλο για την ενσωμάτωση στο Διαδίκτυο ενώ καλύπτει εξειδικευμένες απαιτήσεις όπως είναι η υποστήριξη πολλαπλής εκπομπής (multicast support), η πολύ χαμηλή επιβάρυνση (low overhead) καθώς και η απλότητα για περιβάλλοντα με περιορισμούς.

4.2 MQTT



Σχήμα 4.2.1: Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου MQTT

Το MQTT ή Queue Telemetry Transport είναι ένα ελαφρύ πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων για την μεταφορά δεδομένων σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου απαιτείται "αποτύπωμα

μικρού κώδικα" ή το εύρος ζώνης του δικτύου είναι περιορισμένο. Αυτά τα πλεονεκτήματα επιτρέπουν την εφαρμογή αυτού του πρωτοκόλλου στα συστήματα M2M (Machine to Machine) και στο Industrial Internet of Things. Στο πρωτόκολλο MQTT η ανταλλαγή των μηνυμάτων πραγματοποιείται μεταξύ του Client, που μπορεί να είναι Publisher ή Subscriber των μηνυμάτων και του Broker των μηνυμάτων. Ο Publisher στέλνει τα δεδομένα σε Broker MQTT ορίζοντας ένα συγκεκριμένο θέμα στο μήνυμα και οι Subscribers μπορούν να λαμβάνουν διάφορα δεδομένα από πολλούς Publishers ανάλογα με τη συνδρομή σε αντίστοιχα θέματα.

4.3 ZigBee



Σχήμα 4.3.1: Zigbee

Πρόκειται για μία τεχνολογία που βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4 και δημιουργήθηκε όπως και το Bluetooth με στόχο την εξυπηρέτηση των ασύρματων προσωπικών δικτύων. Όπως και οι περισσότερες ασύρματες τεχνολογίες, το Zigbee λειτουργεί στο φάσμα ISM των 2.4 GHz με την εμβέλεια της όσον αφορά τη μετάδοση να φτάνει έως και τα 100 μέτρα με μέγιστη ταχύτητα τα 250 Kbps. Ωστόσο, η συχνότητα της λειτουργίας της μπορεί να εκπέμπει και στα 868 MHz και στα 915 MHz ανάλογα την χώρα. Οι ρυθμοί μεταφοράς των δεδομένων στην τεχνολογία Zigbee εξαρτώνται από τη ζώνη συχνοτήτων. Για παράδειγμα, η ζώνη των 868 MHz υποστηρίζει ρυθμό μεταφοράς δεδομένων 20 kbps ενώ η συνηθέστερη ζώνη 2.4 GHz υποστηρίζει ταχύτητες δεδομένων μέχρι 250 kbps.

Ιδιαίτερα γνωρίσματα της τεχνολογίας Zigbee αποτελούν η εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ισχύος που απαιτείται σε πληθώρα σύγχρονων εφαρμογών και το σχετικά μικρό της κόστος χρήσης και εγκατάστασης. Παράλληλα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει μη αδειοδοτημένες ραδιοσυχνότητες και να δημιουργήσει ευέλικτα και επεκτάσιμα δίκτυα, καθώς και να ενσωματώσει νοημοσύνη με στόχο να αποκατασταθούν δίκτυα και να δρομολογηθούν μηνύματα.

4.4 Bluetooth



Σχήμα 4.4.1: Bluetooth

Το Bluetooth αναπτύχθηκε το 1994 και προοριζόταν ως ασύρματη δικτύωση μικρής εμβέλειας με σκοπό την επικοινωνία φορητών συσκευών. Χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα 2.4 GHz με ορισμένες άλλες ασύρματες τεχνολογίες στο σπίτι ή στο γραφείο, όπως ασύρματα τηλέφωνα και δρομολογητές-router WiFi. Δημιουργεί ένα ασύρματο δίκτυο ακτίνας 10 μέτρων (33 πόδια) που ονομάζεται δίκτυο προσωπικής περιοχής (PAN) ή piconet το οποίο μπορεί να δικτυωθεί μεταξύ δύο έως και οκτώ συσκευών. Αυτό το δίκτυο μικρής εμβέλειας επιτρέπει να επικοινωνούν δύο κινητά τηλέφωνα μεταξύ τους ή ακόμα και να στέλνετε μια σελίδα σε εκτυπωτή σε άλλο δωμάτιο χωρίς να χρειάζεται καλώδιο.

Το Bluetooth χρησιμοποιεί λιγότερη ισχύ και κοστίζει λιγότερο από το Wi-Fi. Η χαμηλότερη ισχύς του το καθιστά πολύ λιγότερο επιρρεπές στο να προκαλεί παρεμβολές με άλλες ασύρματες συσκευές στην ίδια ζώνη ραδιοσυχνοτήτων των 2.4 GHz.

Το εύρος Bluetooth και οι ταχύτητες μετάδοσης είναι συνήθως χαμηλότερες από το Wi-Fi δίκτυο στο σπίτι. Στην έκδοση Bluetooth v3.0 HS (Bluetooth high speed) οι συσκευές μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα έως και 24 Mbps, τα οποία είναι ταχύτερα από το πρότυπο WiFi 802.11b αλλά πιο αργά από το πρότυπο WiFi δίκτυο τύπου g. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται οι ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και οι δυνατότητες του Bluetooth συνεχώς βελτιώνονται μέσα από νέες εκδόσεις.

4.5 DDS



Σχήμα 4.5.1: DDS

Το πρωτόκολλο Data Distribution Service (DDS) σχεδιάστηκε από την Ομάδα Διαχείρισης Αντικειμένων (OMG) για επικοινωνία M2M σε πραγματικό χρόνο. Επιτρέπει την επεκτάσιμη, αξιόπιστη, υψηλής απόδοσης και δια λειτουργική ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συνδεδεμένων συσκευών ανεξάρτητα από το υλικό και την πλατφόρμα λογισμικού. Το DDS υποστηρίζει αρχιτεκτονική χωρίς μεσίτη και πολλαπλή διανομή για την παροχή υψηλής ποιότητας Quality of Service και τη διασφάλιση της δια λειτουργικότητας. Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου DDS βασίζεται στο επίπεδο "Δημοσίευση-Εγγραφή δεδομένων" (DCPS) και στο προαιρετικό επίπεδο τοπικής ανασυγκρότησης δεδομένων (DLRL). Το επίπεδο DCPS είναι υπεύθυνο για μια κατανομή δεδομένων με επίγνωση πόρων επιτρέποντας τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των αντικειμένων που συνδέονται με το IoT. Αν και δεν είναι μια τυπική λύση IoT, το DDS εξακολουθεί να βρίσκει εφαρμογή σε ορισμένες βιομηχανίες όπως στον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας, στην διαχείριση έξυπνων δικτύων, στα αυτόνομα οχήματα, στα συστήματα μεταφορών, στην ρομποτική, στην παραγωγή ενέργειας και στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης. Το DDS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ ελαφριών συσκευών και τη διασύνδεση μεγάλων δικτύων αισθητήρων υψηλής απόδοσης και να επικοινωνήσει με το Cloud.

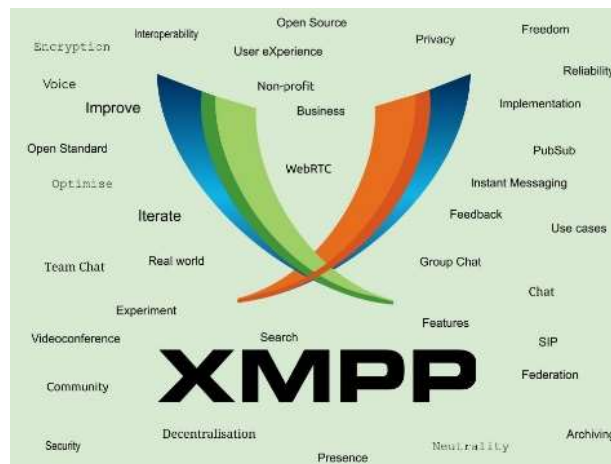
4.6 AMQP



Σχήμα 4.6.1: AMPQP

Το Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) είναι ένα πρωτόκολλο ανοιχτής προτυποποίησης σε επίπεδο εφαρμογής για ενδιάμεσο λογισμικό προσανατολισμένο στα μηνύματα. Τα καθοριστικά χαρακτηριστικά του AMQP είναι ο προσανατολισμός στα μηνύματα, οι ουρές, η δρομολόγηση, η αξιοπιστία και η ασφάλεια. Το AMQP επιτάσσει τη συμπεριφορά του παρόχου μηνυμάτων και του πελάτη στο βαθμό που οι υλοποιήσεις από διαφορετικούς πωλητές είναι δια λειτουργικές κατά τον ίδιο τρόπο που πρωτόκολλα όπως τα SMTP, HTTP, FTP έχουν δημιουργήσει δια λειτουργικά συστήματα. Προηγούμενες προτυποποιήσεις του ενδιάμεσου λογισμικού έχουν συμβεί στο επίπεδο του API και είχαν επικεντρωθεί στην προτυποποίηση της αλληλεπίδρασης του προγραμματιστή με διαφορετικές υλοποιήσεις ενδιάμεσου λογισμικού αντί να γίνει εστίαση στην παροχή δια λειτουργικότητας μεταξύ πολλαπλών υλοποιήσεων. Το AMQP είναι ένα wire-level πρωτόκολλο, δηλαδή μια περιγραφή της μορφής των δεδομένων που στέλνονται μέσω του δικτύου σαν ένα ρεύμα από οκτάδες. Συνεπώς, κάθε εργαλείο που μπορεί να δημιουργεί και να ερμηνεύει μηνύματα που συμμορφώνονται με αυτή τη μορφή δεδομένων, μπορεί να δια λειτουργεί με κάθε άλλο συμμορφωμένο εργαλείο ανεξάρτητα από τη γλώσσα υλοποίησης. Το AMQP είναι ένα πρωτόκολλο δυαδικό σε επίπεδο εφαρμογής σχεδιασμένο να υποστηρίζει αποτελεσματικά ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών μηνυμάτων και επικοινωνιακών μοτίβων. Επιπλέον υποστηρίζει ροή ελέγχου, επικοινωνία προσανατολισμένη στα μηνύματα με εγγυήσεις παράδοσης μηνυμάτων, πιστοποίηση και κρυπτογράφηση.

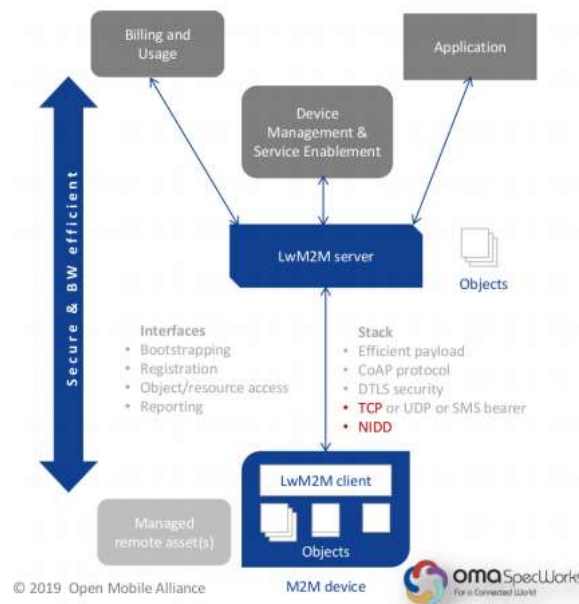
4.7 XMPP



Σχήμα 4.7.1: XMPP

Το πρωτόκολλο XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) αναπτύχθηκε το 1999 από την κοινότητα ανοικτού κώδικα jabber. Είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας για εφαρμογές IoT σε γλώσσα XML που επιτρέπει την ανταλλαγή μηνυμάτων και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ανάμεσα σε δύο ή περισσότερους πελάτες του ίδιου δικτύου. Επειδή υποστηρίζεται από μια ενεργή κοινότητα, έχει τα πλεονεκτήματα της επεκτασιμότητας ως προς την λειτουργία του και την αντιμετώπιση προβλημάτων που το καθιστά ιδανικό για χρήση σε εφαρμογές IoT. Επειδή το πρωτόκολλο δεν προσφέρει Quality of Service ούτε κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο δεν είναι το ιδανικό πρωτόκολλο για σκοπούς ανταλλαγής δεδομένων και διαχειρίσεις πόρων όπως το LwM2M.

4.8 LwM2M



Σχήμα 4.8.1: Αρχιτεκτονική LwM2M πρωτοκόλλου

Το πρωτόκολλο LwM2M ορίστηκε από την Open Mobile Alliance (OMA) και στοχεύει στην απομακρυσμένη διαχείριση των IoT συσκευών που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του διαδικτύου. Το LwM2M είναι RESTful πρωτόκολλο που ακολουθεί την αρχιτεκτονική Client-server. Αξίζει να σημειωθεί ότι το λογισμικό ενός LwM2M client συνήθως τρέχει σε μία LwM2M συσκευή. Οι LwM2M συσκευές είναι κατά βάση περιορισμένων πόρων, αλλά το LwM2M λειτουργεί αποδοτικά και σε συσκευές περισσότερων δυνατοτήτων. Επιπλέον, το πρωτόκολλο LwM2M είναι ελαφρύ και χρησιμοποιεί ένα αποδοτικό μοντέλο δεδομένων για την οργάνωση των πόρων, γεγονός που δικαιολογεί την εκτενή του χρήση σε συσκευές περιορισμένων πόρων (με RAM μικρότερη των 20 kB). Επίσης, η χρήση του LwM2M συμβάλλει στη διαχείριση των IoT συσκευών και δίνει τη δυνατότητα σε αυτές και στους διαχειριστές τους (LwM2M servers) να παρέχουν ορισμένες υπηρεσίες στο περιβάλλον τους (device management and service enablement (DM&SE)).

5 Καινοτόμα προγράμματα



Σχήμα 5.1: Δυνατότητες έξυπνου αγρού

Η Έξυπνη Γεωργία στηρίζεται παγκοσμίως από ποικίλα καινοτόμα προγράμματα μεγάλου προϋπολογισμού καθώς πρόκειται για μια ολοκληρωμένη πρόταση διαχείρισης αγροτικής μονάδας αξιοποιώντας τις σύγχρονες τεχνολογίες. Στα σημαντικά οφέλη της Έξυπνης Γεωργίας εντάσσονται μεταξύ των άλλων η μείωση του κόστους παραγωγής, η μείωση του ρίσκου και η βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας του παραγόμενου προϊόντος. Τα πλεονεκτήματα αυτά δεν έχουν περάσει απαρατήρητα από κρατικούς φορείς και επιχειρήσεις που αναλαμβάνουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην διεύρυνση του smart farming οργανώνοντας και χρηματοδοτώντας καινοτόμα προγράμματα. Παρακάτω θα δούμε κάποια ενδεικτικά καινοτόμα προγράμματα που έχουν υλοποιηθεί τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό.

5.1 Ελλάδα

Το 2019 η επιχείρηση «ΑΒ Βασιλόπουλος» μαζί με το ίδρυμα Μποδοσάκη και την Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή σχεδίασαν και πραγματοποίησαν το καινοτόμο Πρόγραμμα Ευφύους Γεωργίας. Πιο συγκεκριμένα, τοποθετήθηκαν 12 τηλεμετρικές διατάξεις τελευταίας τεχνολογίας στους αγρούς ώστε οι παραγωγοί με χρήση υπολογιστή και έξυπνων συσκευών να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο τις μετεωρολογικές και εδαφολογικές συνθήκες λαμβάνοντας άμεσα αποφάσεις. Οι εγκαταστάσεις έγιναν σε περιοχές με αγροτικά προϊόντα πολύ σημαντικά για την τοπική και εθνική οικονομία όπως αμπελώνες στη Πελοπόννησο, βοσκότοποι στην Ξάνθη και ελαιώνες στην Χαλκιδική. Τα αποτελέσματα του προγράμματος αναμένεται τα επόμενα χρόνια να κάνουν την Ελλάδα το επίκεντρο των εξελίξεων του αγροτικού τομέα και οι Έλληνες παραγωγοί να βρεθούν σε πιο προνομιακή θέση με σύμμαχο την τεχνολογία έναντι των Ευρωπαίων αγροτών.

Για την στήριξη της ελιάς έχει αναπτυχθεί το καινοτόμο πρόγραμμα SmartOliveGrove το οποίο συντονίζει η εταιρία NEUROPUBLIC και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης. Η NEUROPUBLIC δραστηριοποιείται στην σχεδίαση ευφύων συστημάτων με εξειδίκευση σε ολοκληρωμένες λύσεις Έξυπνης Γεωργίας. Μεταξύ άλλων, έχει

αναπτύξει το πολυδιάστατο και ολοκληρωμένο σύστημα Έξυπνης Γεωργίας *gaisanse* και υποστηρίζει το εργαστήριο φυτικής παραγωγής του Πανεπιστημίου Πατρών. Στόχος του SmartOliveGrove είναι η ελάττωση της αλόγιστης χρήσης νερού και φυτοφαρμάκων ώστε να μειωθεί το κόστος παραγωγής και παράλληλα να βελτιωθεί η ποιότητα και η ανταγωνιστικότητα της ελιάς σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Ο αγροτικός συνεταιρισμός Μεσολογγίου-Ναυπακτίας συμμετείχε σε αυτό το πρόγραμμα εφαρμόζοντας συστήματα έξυπνης γεωργίας στην περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας, η οποία παράγει περίπου το 50% της ελιάς Καλαμών στην Ελλάδα. Η ένταξη στο πρόγραμμα αποσκοπεί να βοηθηθούν οι παραγωγοί ελιάς μέσα από λύσεις σε προβλήματα που αντιμετωπίζουν σε κάθε καλλιεργητική περίοδο αναβαθμίζοντας τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ελιάς Καλαμών, μειώνοντας το ρίσκο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και μειώνοντας το κόστος της καλλιέργειας.

5.1 Εξωτερικό

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια στήριξης καινοτόμων ιδεών γύρω από την γεωργία, την κτηνοτροφία και την δασοκομία χρηματοδοτεί μια σειρά από καινοτόμα προγράμματα προϋπολογισμού δισεκατομμυρίων. Το πρόγραμμα «European Agricultural Fund for Rural Development» ύψους 95 δισεκατομμυρίων με σκοπό την ενίσχυση της παραγωγικότητας γεωργικών και δασοκομικών δραστηριοτήτων, την προστασία του περιβάλλοντος και της φύσης, την βελτίωση της ποιότητας ζωής της υπαίθρου μέσα από την ενίσχυση της οικονομίας και την υποστήριξη τοπικών προσεγγίσεων για την αγροτική ανάπτυξη. Το πρόγραμμα «European Regional Development Fund» προϋπολογισμού 200 δισεκατομμυρίων ευρώ στοχεύει στην ενίσχυση της οικονομικής, κοινωνικής και εδαφικής συνοχής στην Ευρωπαϊκή ένωση εξομαλύνοντας τις ανισοροπίες μεταξύ των περιφερειών της εστιάζοντας μεταξύ των άλλων στην οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Τα παραπάνω προγράμματα που αναφέρθηκαν ενδεικτικά, για την επίτευξη των στόχων τους θα αξιοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες μέσα από εφαρμογές Έξυπνης Γεωργίας.

Η Κίνα σε συνεργασία με το Ηνωμένο Βασίλειο χρηματοδοτούν επιδοτήσεις ύψους μισού εκατομμυρίου για καινοτομίες στην Έξυπνη Γεωργία. Πιο συγκεκριμένα, το Κινεζικό Υπουργείο Επιστήμης και Τεχνολογίας μαζί με τον οργανισμό καινοτομίας του Ηνωμένου Βασιλείου θα στηρίζουν προγράμματα έρευνας και συνεργασίες καινοτομίας για την ανάπτυξη smart farming τεχνολογιών εστιάζοντας στην γεωργία ακριβείας. Η πείνα θεωρείται σημαντική προτεραιότητα από το Υπουργείο Επιστήμης και Τεχνολογίας της Κίνας, το οποίο δεσμεύτηκε να εργαστεί για την αντιμετώπιση της πείνας παγκοσμίως. Οι ολοκληρωμένες smart farming λύσεις θα υποστηρίξουν τη βιωσιμότητα και τη μείωση των εκπομπών ενώ παράλληλα θα δώσουν δυνατότητες εξαγωγής αγροτροφικών προϊόντων ανοίγοντας νέους ορίζοντες για την οικονομία με χρήση Big Data, τεχνολογιών ακριβείας και ρομποτικής.

Η κυβέρνηση της Αυστραλίας επενδύει στην Έξυπνη Γεωργία για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των φυσικών πόρων μέσα από την βελτίωση των εδαφικών συνθηκών, την προστασία της βλάστησης, την μείωση της αλόγιστης σπατάλης νερού και την ενίσχυση της βιοποικιλότητας στο αγρόκτημα. Η καλή κατάσταση των φυσικών πόρων υποστηρίζει την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα των γεωργικών, αλιευτικών και δασικών βιομηχανιών και παρέχει ευρύτερα κοινά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η αυστραλιανή κυβέρνηση έχει διαθέσει 136 εκατομμύρια

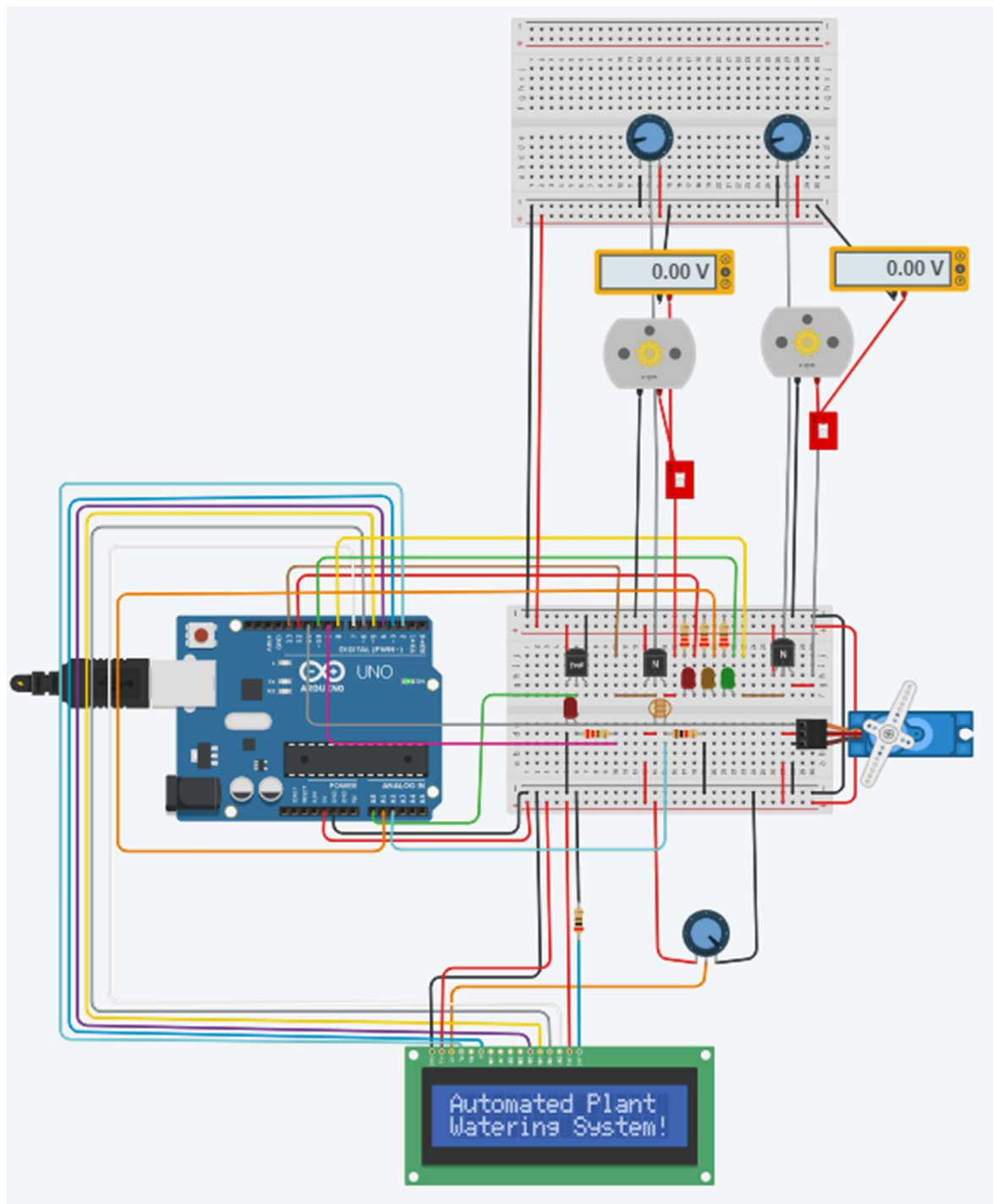
δολάρια στο πρόγραμμα «Smart Farms» (2017-18 έως 2022-23). Η χρηματοδότηση υποστηρίζει την ανάπτυξη και χρήση βέλτιστων πρακτικών, εργαλείων και τεχνολογιών για αγρότες και διαχειριστές γης, ψαράδες, δασοπόνους και περιφερειακές κοινότητες. Επιπλέον στα προγράμματα «Smart Farming Partnerships» θα δοθούν επιχορηγήσεις από 250 χιλιάδες μέχρι 4 εκατομμύρια για την συνεργασία μεταξύ εμπειρών και εξειδικευμένων ατόμων και οργανισμών για την ανάπτυξη, δοκιμή και εφαρμογή νέων καινοτόμων εργαλείων που οδηγούν σε πρακτικές αλλαγής, πιο βιώσιμες, παραγωγικές και κερδοφόρες γεωργικές βιομηχανίες και συστήματα που προστατεύουν τη βιοποικιλότητα και τους φυσικούς πόρους της Αυστραλίας. Εκτός από τα παραπάνω καινοτόμα προγράμματα έχουν σχεδιαστεί και κάποια μικρότερα όπως οι μικρές επιχορηγήσεις «Smart Farms» που χρηματοδοτούν οργανισμούς και ιδιώτες για την ανάληψη βιώσιμων γεωργικών έργων και το πρόγραμμα «Building Landcare Community and Capacity» που παρέχει ad-hoc επιχορηγήσεις για πρωτοβουλίες που υποστηρίζουν άμεσα την κοινότητα του μη κερδοσκοπικού οργανισμού Landcare και τις οργανώσεις αγροτών.

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας συγγράφηκε λύμα στο Ελληνικό domain της Wikipedia σχετικά με την Έξυπνη Γεωργία. Το λύμα αναφέρεται συνοπτικά στην ιστορία της Έξυπνης Γεωργίας, στα βασικά χαρακτηριστικά της που την ξεχωρίζουν από την συμβατική γεωργία, στα πλεονεκτήματα που δίνει στον αγροτικό τομέα καθώς και στις βασικές κατηγορίες συστημάτων Έξυπνης Γεωργίας. Το λύμα σε μια δωρεάν πλατφόρμα διαμοιρασμού γνώσης όπως η Wikipedia με πάνω από 40 εκατομμύρια χρήστες θα βοηθήσει τον κόσμο να γνωρίσει και να κατανοήσει την Έξυπνη Γεωργία και τα οφέλη της από την δικιά μας οπτική γωνία.

Το άρθρο θα το βρείτε στον ακόλουθο σύνδεσμο:

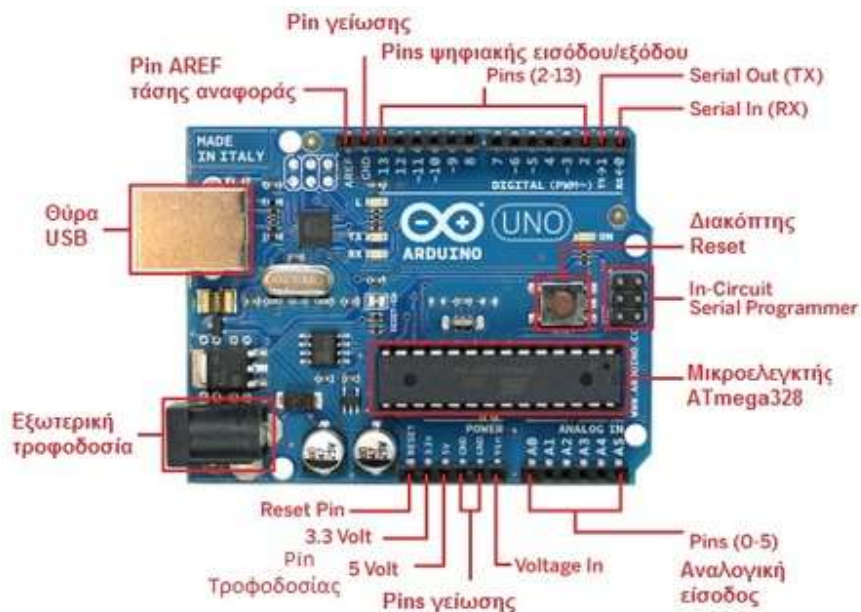
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B7_%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1

7. Εφαρμογή έξυπνου θερμοκηπίου σε Arduino



Σχήμα 7.1: Συνδεσμολογία Arduino για εφαρμογή έξυπνου θερμοκηπίου

7.1 Λίγα λόγια για το Arduino



Σχήμα 7.2: Αναλυτική περιγραφή πλακέτας Arduino

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής βασισμένος σε μια απλή μητρική πλακέτα ανοιχτού κώδικα. Δημιουργήθηκε το 2005 στην Ιταλία από τους Massimo Banzi και David Cueartielles σαν ένα οικονομικό εργαλείο εξοικείωσης των μαθητών με την τεχνολογία μέσα από διαδραστικά σενάρια αλληλεπίδρασης με αισθητήρες. Αποτελείται από αναλογικούς και ψηφιακούς ακροδέκτες εισόδου/εξόδου δεδομένων, θήρες τροφοδοσίας και γείωσης, θύρα USB για σύνδεση με τον υπολογιστή και το κύκλωμα μικροελεγκτή Atmel AVR. Η διαφορά του Arduino με τους υπολογιστές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα έγκειται στο ότι δεν διαθέτει λειτουργικό σύστημα. Με απλά λόγια αυτό σημαίνει πως δεν μπορεί να τρέχει παράλληλα προγράμματα όπως το Word, το Excel και τον Browser, ούτε έχει κάποιο user interface για να το χειριστεί ο χρήστης όπως επιφάνεια εργασίας και φακέλους, χαρακτηριστικά που θεωρούμε δεδομένα στον υπολογιστή. Στο Arduino φορτώνεται κώδικα γραμμένος στην γλώσσα προγραμματισμού Wiring που πρόκειται για μια παραλλαγή της C++ και ο κώδικας τρέχει συνεχώς σε λούπες μέχρι να φορτωθεί νέος κώδικας ή να σταματήσει η τροφοδοσία ρεύματος διότι η πλακέτα δεν διαθέτει επεξεργαστή αλλά μικροελεγκτή. Το Arduino για να λειτουργήσει δεν χρειάζεται να είναι συνεχώς συνδεδεμένο με τον υπολογιστή παρά μόνο για να φορτωθεί ο κώδικας, εκτός αν χρειαζόμαστε την λειτουργία του Serial Monitor για να αποστέλλουμε μηνύματα από και προς τον υπολογιστή. Ο χρήστης μπορεί να επεκτείνει τις δυνατότητές του με ειδικές πλακέτες που ονομάζονται Shields. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι τα Ethernet Shield, joystick Shield, GSM/GPRS Shield, microSD Shield, NFC/Rfid Shield και GPS Logger Shield. Το Arduino έχει πολύ μικρό μέγεθος αν αναλογιστούμε ότι χωράει σε μια παλάμη, είναι αξιόπιστο, πολύ οικονομικό και διαθέτει πολύ μεγάλες δυνατότητες καθώς μπορεί να συνδεθεί με αισθητήρες, συσκευές εξόδου όπως λυχνίες led ή LCD οθόνες, να επεκτείνει τις δυνατότητες του ανάλογα με το project με τα κατάλληλα

shields και να προγραμματίζεται σε μια πολύ ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού. Τα παραπάνω το καθιστούν ιδανικό για εφαρμογές αυτοματισμού, ρομποτικής και Internet of Things όπου και χρησιμοποιείται κατά κόρον με δισεκατομμύρια ενεργές συσκευές παγκοσμίως.

7.2 Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήσαμε



Name	Quantity	Component
U1	1	Arduino Uno R3
U2	1	Temperature Sensor [TMP36]
D1 D3	2	Red LED
Dgreen res	1	Green LED
R2	1	200 Ω Resistor
R3 Rredres R1 R4 R5	5	220 Ω Resistor
U3	1	LCD 16 x 2
Rpot1	1	300 Ω, Potentiometer
M1 M2	2	DC Motor
T1 T3	2	NPN Transistor (BJT)
Rpot3	1	250 Ω, Potentiometer
Meter2 Meter1	2	Voltage Multimeter
SW1 SW2	2	DIP Switch DPST
Rpot4	1	200 Ω, Potentiometer
D2	1	Orange LED
R6	1	Photoresistor
SERVO1	1	Micro Servo
R7	1	1 kΩ Resistor

Σχήμα 7.3: Λίστα εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση εφαρμογής έξυπνου θερμοκηπίου με Arduino

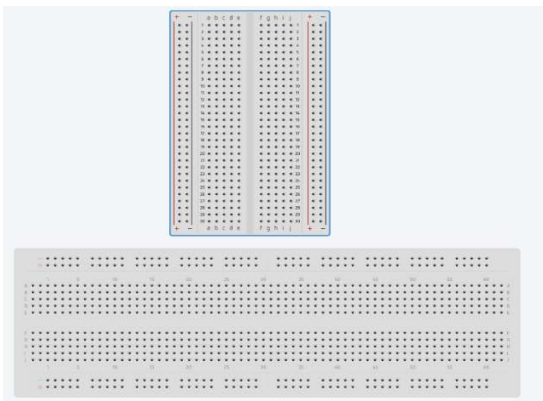
7.2.1 Πλακέτα Arduino



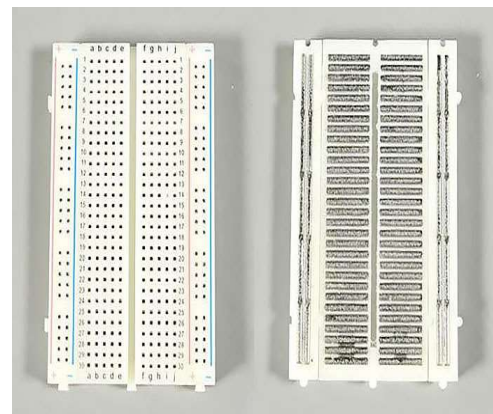
Σχήμα 7.4: Πλακέτα Arduino πάνω σε επιφάνεια

Μητρική πλακέτα ανοιχτού κώδικα με μικροελεγκτή και ποικίλες αναλογικές και ψηφιακές θύρες εισόδου/εξόδου. Δέχεται κώδικα στην ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού Wiring που είναι βασισμένη στην C++ και χρησιμοποιείται για αυτοματοποίηση διεργασιών προγραμματίζοντας σενάρια. Ένα σενάριο θα μπορούσε να είναι το εξής: Όταν εντοπίσεις κίνηση σε απόσταση 3 εκατοστών άναψε το κόκκινο led για 10 δευτερόλεπτα.

7.2.2 Πλακέτα δοκιμών



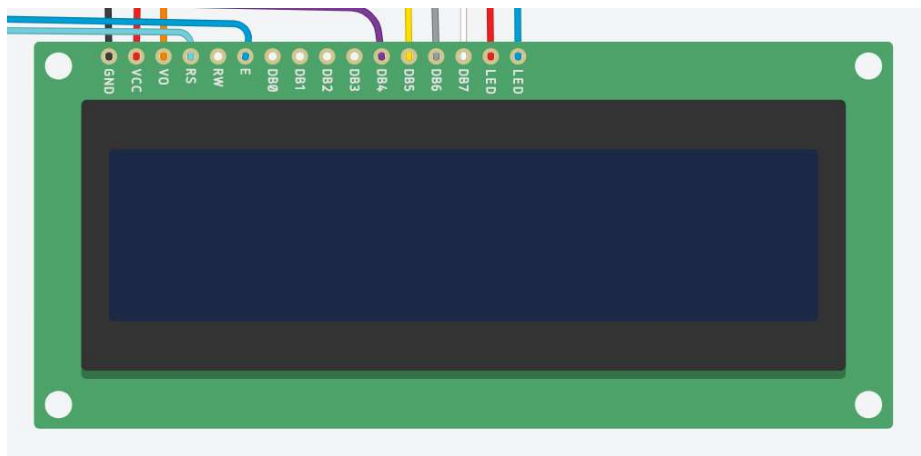
Σχήμα 7.5.1 : Πλακέτα breadboard



Σχήμα 7.5.2 :Εσωτερικό breadboard

Το breadboard είναι μια απλή ‘μονάδα’ κατασκευής που μας επιτρέπει να ενώνουμε προσωρινά κυκλώματα χωρίς να χρειάζεται συγκόλληση. Οι 2 κάθετες γραμμές που υπάρχουν σε κάθε πλευρά είναι ενωμένες μεταξύ τους από άκρη σε άκρη και χρησιμεύουν για να παρέχουμε ρεύμα (+) και γείωση (-), ενώ οι μεσαίες κουκίδες είναι γεφυρωμένες οριζόντια ανά 5 δηλαδή 1-abcde. Την εσωτερική διάταξη του breadboard μπορούμε να την κατανοήσουμε καλύτερα βλέποντας την εικόνα 7.2. Αν δεν αρκεί ένα breadboard για το project μας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε περισσότερα, όπως χρειάστηκε να κάνουμε και εμείς στην υλοποίηση μας.

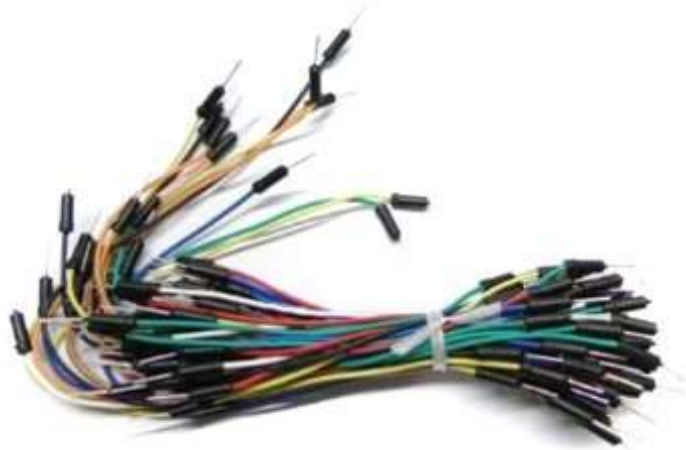
7.2.3 Οθόνη LCD



Σχήμα 7.6: Οθόνη Lcd διαστάσεων 16x2

Η οθόνη που χρησιμοποιήσαμε για να μπορούμε να προβάσουμε την θερμοκρασία και την κατάσταση των αντλιών είναι 16x2. Αυτό σημαίνει 16 χαρακτήρες σε κάθε γραμμή, σύνολο δηλαδή μπορεί να απεικονίσει ταυτόχρονα στην οθόνη 32 χαρακτήρες. Η συνδεσμολογία που χρειάζεται η οθόνη είναι η εξής ξεκινώντας από τα αριστερά προς τα δεξιά GND:GROUND , VCC: 5V , VO θέλουμε ένα Potentiometer για να ελέγξουμε την αντίθεση, RS: register select, E: Enable, DB4-DB7: DATA και τέλος Led: για την ρεύμα 5v και το δεύτερο Led για την γείωση στα Led της οθόνης μεσολαβώντας αντίσταση 200 Ω.

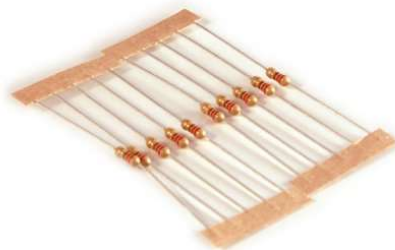
7.2.4 Καλώδια



Σχήμα 7.7: Καλώδια σύνδεσης εξαρτημάτων σε μάτσο

Τα καλώδια χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του μικροελεγκτή, του εγκεφάλου δηλαδή του Arduino με τα υποσυστήματα. Τα καλώδια είτε αρσενικά είτε θηλυκά και βγαίνουν σε ποικίλα μήκη και χρώματα. Για παράδειγμα θα χρειαστούμε καλώδια για την συνδεσμολογία ενός κινητήρα servo με την πλακέτα μας ώστε να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ πλακέτας και κινητήρα.

7.2.5 Αντιστάσεις



Σχήμα 7.8: Αντιστάσεις σε δύο ζεύγη των πέντε

Οι αντιστάσεις είναι εξαρτήματα που περιορίζουν την ροή του ρεύματος ώστε να αποφευχθεί ζημιά σε κάποια συσκευή όπως μια λυχνία Led. Ανάλογα με την τιμή της αντίστασης θα τα συναντήσουμε σε ποικίλα Ohm (Ω) όπως 270 Ω , 470 Ω , 2.2k Ω και 10k Ω . Όλες οι αντιστάσεις έχουν εξωτερικά τα ίδια χαρακτηριστικά με διαφορετικές έγχρωμες λωρίδες που δηλώνουν την αντίσταση.

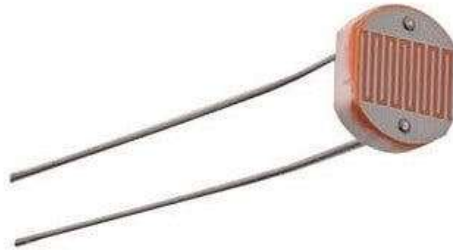
7.2.6 Λυχνία Led



Σχήμα 7.9: Led σε κάθετο στήσιμο

Led σημαίνει Δίοδος Εκπομπής Φωτός και θα τα συναντήσουμε σε διάφορα μεγέθη και χρώματα. Είναι συσκευές εξόδου που φωτίζουν ανάλογα με την αντίσταση που έχουμε εφαρμόσει στην άνοδο, το μεγαλύτερο ποδαράκι. Το μικρότερο ποδαράκι είναι η κάθοδος την οποία συνδέουμε με το pin γείωσης. Το Arduino διαθέτει ενσωματωμένο Led στην μητρική πλακέτα συνδεδεμένο με το pin 13.

7.2.7 Αισθητήρας Φωτοαντίστασης



Σχήμα 7.10: Αισθητήρας φωτοαντίστασης οριζόντια σε επιφάνεια

Ο αισθητήρας φωτοαντίστασης είναι μια αναλογική συσκευή εισόδου που μετρά την ποσότητα του φωτός με τιμές από 0 – 1023 με το 0 να είναι το πιο σκοτεινό. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι πως ανάλογα με την ένταση του φωτός που προσπίπτει στην επιφάνειά του μεταβάλλεται η αντίστασή του. Την φωτοαντίσταση την συναντάμε σε σενάρια που θέλουμε να αναγνωρίσουμε αν ο περιβάλλον χώρος είναι φωτεινός ή σκοτεινός όπως Led που ανάβουν αυτόματα όταν νυχτώσει.

7.2.8 Κινητήρας Servo



Σχήμα 7.11: Κινητήρας σέρβο μαύρου χρώματος

Ο κινητήρας σέρβο είναι ισχυρή αλλά ταυτόχρονα εξαιρετικά μικρού μεγέθους συσκευή εξόδου με έναν εξωτερικό άξονα. Ο άξονας αυτός ανάλογα με το σήμα που θα του σταλεί από το Arduino

θα μετακινηθεί σε διαφορετική θέση με περιστροφή μέχρις ότου σταλεί νέο σήμα και η ενέργεια που καταναλώνει συνάδει με το μηχανικό φορτίο που θα δεχτεί. Αυτό σημαίνει πως όσο λιγότερο φορτίο δοθεί σε ένα servo τόσο λιγότερη ενέργεια θα καταναλώσει. Θα τους συναντήσουμε σε τηλεχειριζόμενα αεροπλάνα, αυτοκίνητα αλλά και στην ρομποτική.

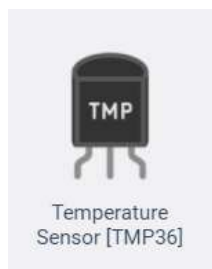
7.2.9 Διπολικό τρανζίστορ



Σχήμα 7.12: Διπολικό τρανζίστορ

Το διπολικό τρανζίστορ επαφής (Bipolar Junction Transistor) είναι διάταξη ημιαγωγών στερεάς κατάστασης η οποία βρίσκει διάφορες εφαρμογές στην ηλεκτρονική μερικές εκ των οποίων είναι η ενίσχυση και σταθεροποίηση τάσης, η διαμόρφωση συχνότητας, η λειτουργία ως διακόπτης και ως μεταβλητή ωμική αντίσταση. Το τρανζίστορ μπορεί ανάλογα με την τάση με την οποία πολώνεται, να ρυθμίζει την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος που απορροφά από συνδεδεμένη πηγή τάσης. Στην δική μας περίπτωση το χρησιμοποιήσαμε για να δώσουμε την εντολή στην αντλία να ανοίξει ή να κλείσει.

7.2.10 Αισθητήρας θερμοκρασίας

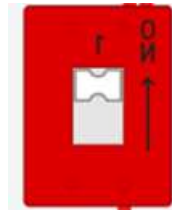


Σχήμα 7.13 : Αισθητήρας θερμοκρασίας

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας LM36 είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα μέτρησης θερμοκρασίας που μπορεί να μετρήσει θερμοκρασίες από 2 έως 150 °C. Ο LM36 έχει 3 ακροδέκτες οι οποίοι

συνδέονται κατά σειρά: +5V, Έξοδος, GND. Ο πρώτος ακροδέκτης από αριστερά είναι αυτός της τροφοδοσίας, στα δεξιά είναι ο ακροδέκτης της γείωσης και στην μέση είναι ο ακροδέκτης εξόδου. Η τάση εξόδου του αισθητήρα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας και ακολουθεί τη σχέση $10\text{mV} / ^\circ\text{C}$ που σημαίνει ότι αν η τάση εξόδου του αισθητήρα είναι 220mV τότε η θερμοκρασία είναι 22°C .

7.2.11 Διακόπτης ON – OFF



Σχήμα 7.14: Διακόπτης On – Off

Ο διακόπτης On – Off είναι ένας διακόπτης που παρεμβάλλεται στο καλώδιο και με το πάτημα του διακόπτη κλείνει το κύκλωμα αφήνοντας το ρεύμα να περάσει, ενώ όταν είναι κλειστός ο διακόπτης το κύκλωμα είναι ανοικτό και δεν μπορεί να περάσει το ρεύμα. Στην περίπτωση μας έχει χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση που χρειαστεί να μπορεί να κλείσει κάποιος χειροκίνητα τις δύο αντλίες νερού.

7.2.12 Ποτενσιόμετρο



Σχήμα 7.15: Ποτενσιόμετρο

Το ποτενσιόμετρο είναι μια συσκευή που μας επιτρέπει να μεταβάλουμε την αντίσταση περιστρέφοντας τον διακόπτη που έχει 3 ακροδέκτες, οι οποίοι συνδέονται κατά σειρά: +5V, Έξοδος, GND. Το χρησιμοποιήσαμε για να ελέγξουμε τις στροφές στους κινητήρες, και έναν ακόμα για να ρυθμίζει την αντίθεση στην LCD οθόνη.

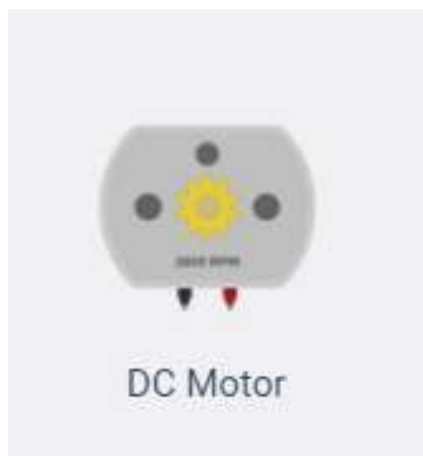
7.2.13 Βολτόμετρο



Σχήμα 7.16: Βολτόμετρο

Είναι μια συσκευή οπού μας επιτρέπει συνδέοντας τα 2 άκρα που έχει στο + και στη γείωση να μετράμε την τάση. Το έχουμε χρησιμοποιήσει στις αντλίες για να μπορούμε να ελέγχουμε την τάση που χρησιμοποιούν οι κινητήρες ανάλογα με τις στροφές που ρυθμίζουμε.

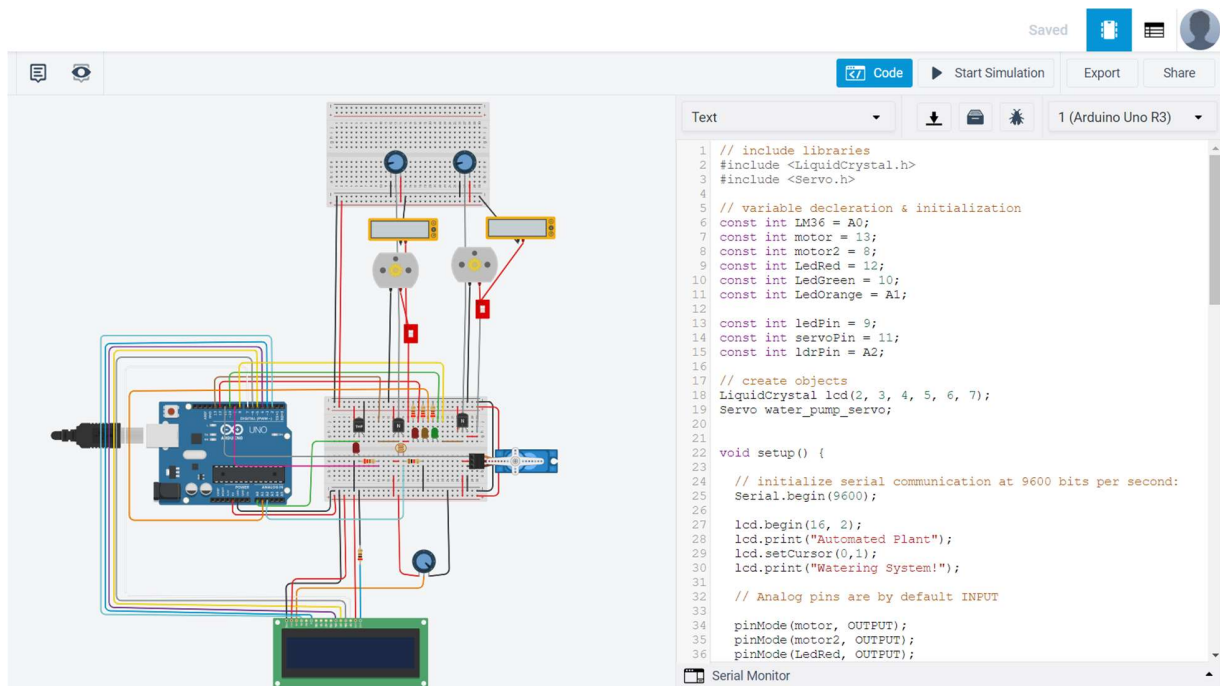
7.2.14 Κινητήρας DC



Σχήμα 7.17: DC Motor

Ο κινητήρας DC έχει 2 ακροδέκτες οι οποίοι συνδέονται κατά σειρά: +5V, GND.

7.3 Περιγραφή σεναρίων έξυπνου θερμοκηπίου



Σχήμα 7.18: Σενάριο έξυπνου θερμοκηπίου στο Tinkercad

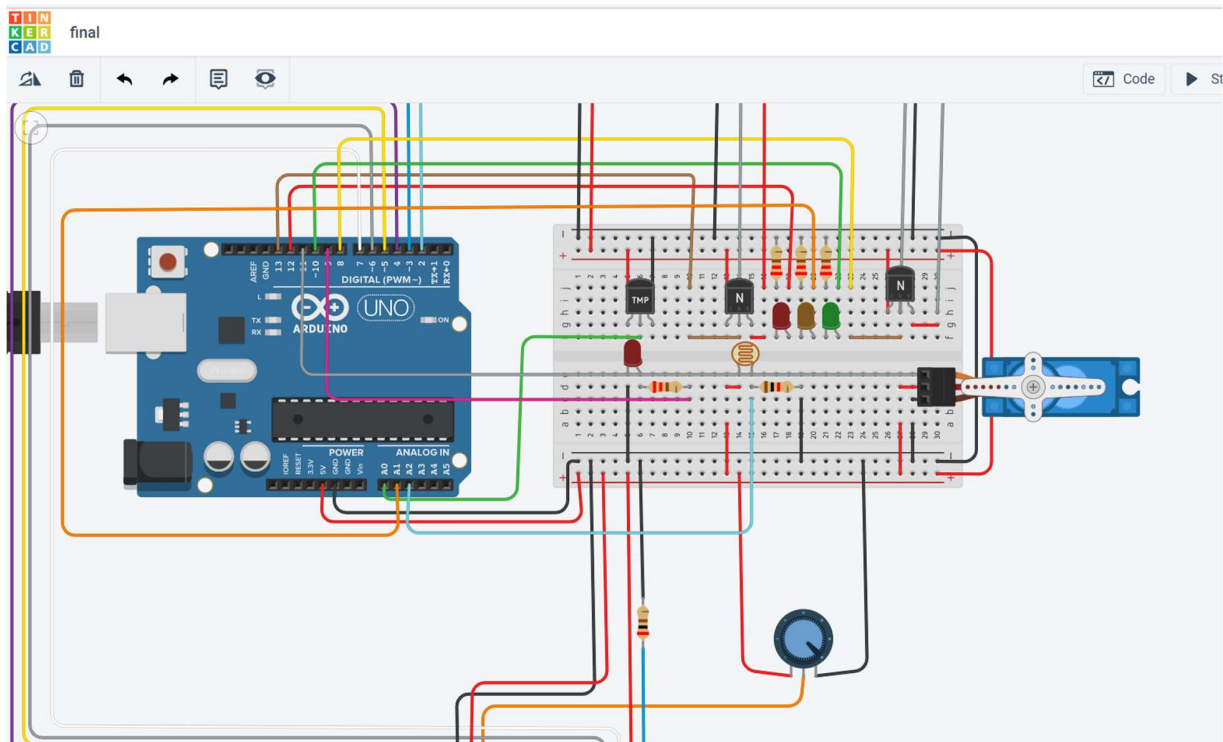
Στον παρακάτω σύνδεσμο μπορείτε να δείτε το project μας στην πράξη:

<https://www.tinkercad.com/things/jDs5R8EtcKo-copy-of-final/editel?sharecode=LVTD5S42sgaGGsyUqmyHPTLZ1xH3nZKV58aq3vsqwfe>

Στα πλαίσια υλοποίησης των σεναρίων στο Tinkercad έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:

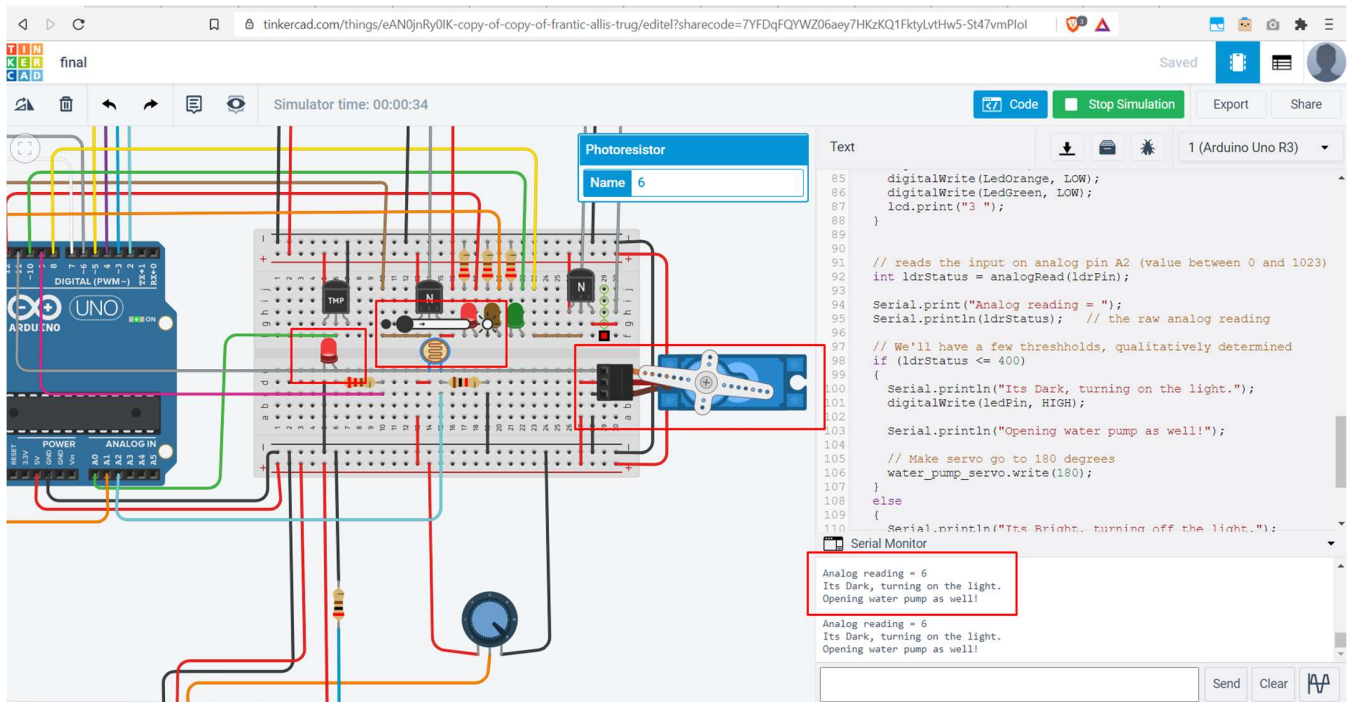
- Στο σενάριο 2 ιδανικά θα έπρεπε να έχει χρησιμοποιηθεί αισθητήρας που μετράει την υγρασία στο χώμα και όχι αισθητήρας θερμοκρασίας αλλά δυστυχώς ο προσομοιωτής Tinkercad δεν διαθέτει αισθητήρα υγρασίας.
- Στα σενάριοι οι τιμές που λαμβάνουν οι αισθητήρες φωτός και θερμοκρασίας είναι ακραίες, μη πραγματικές θα λέγαμε για να διευκολυνθούμε στην επιδείξη της λειτουργίας του συστήματος.

7.3.1 Περιγραφή σεναρίου 1

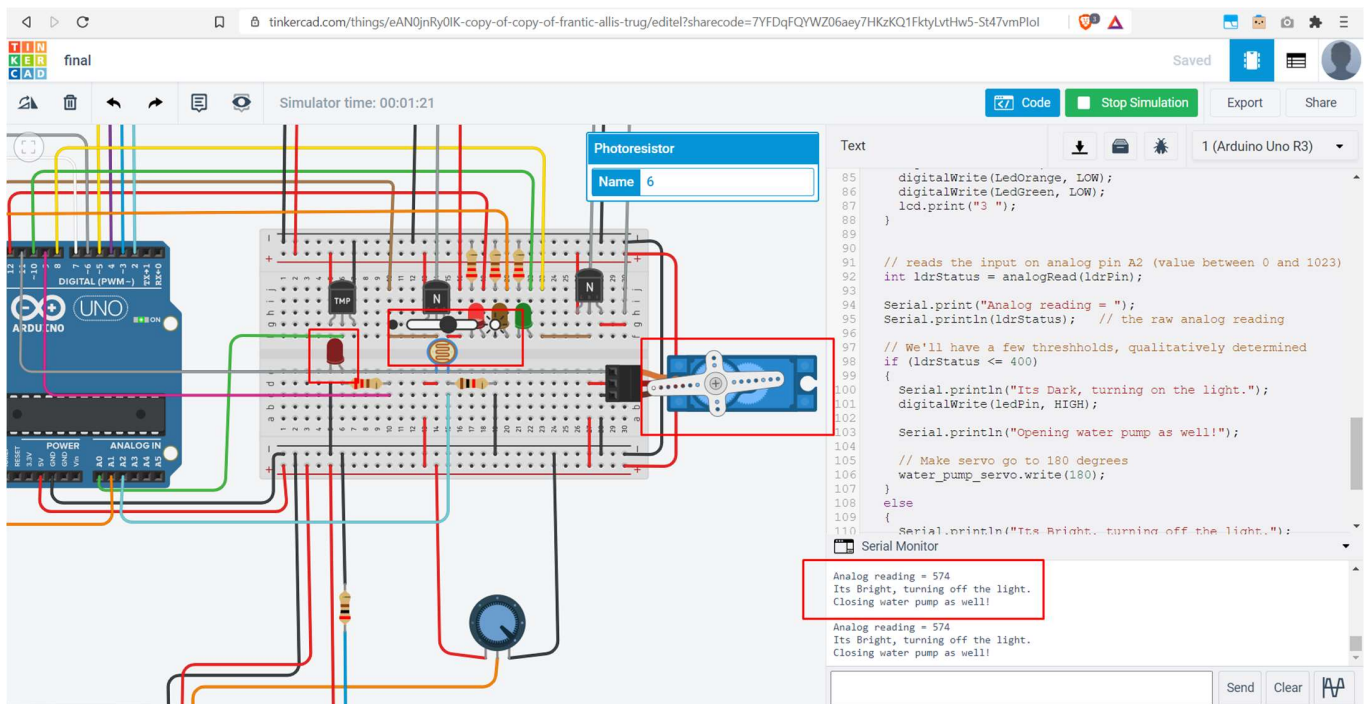


Σχήμα 7.19: Συνδεσμολογία σεναρίου 1 στο TinkerCad

Όταν ο αισθητήρας φωτοαντίστασης εντοπίσει ότι έχει νυχτώσει, δηλαδή λάβει τιμή μικρότερη ή ίση με 400, δίνει εντολή στον κινητήρα σέρβο να κάνει περιστροφή 180 μοίρες ανοίγοντας το σύστημα άρδευσης και δίνει σήμα στο κόκκινο Led να ανάψει. Όταν ο αισθητήρας φωτοαντίστασης εντοπίσει ότι έχει ξημερώσει, δηλαδή λάβει τιμή μεγαλύτερη από 400, δίνει εντολή στον κινητήρα σέρβο να επιστρέψει ο άξονας στις 0 μοίρες, στην αρχική του δηλαδή θέση κλείνοντας το σύστημα άρδευσης και δίνει σήμα στο κόκκινο Led να σβήσει. Οι μετρήσεις του αισθητήρα μαζί με τις ανάλογες πράξεις στο εκάστοτε σενάριο αποστέλλονται στο Serial Monitor.



Σχήμα 7.20: Σενάριο 1 όταν νυχτώσει



Σχήμα 7.21: Σενάριο 1 όταν ξημερώσει

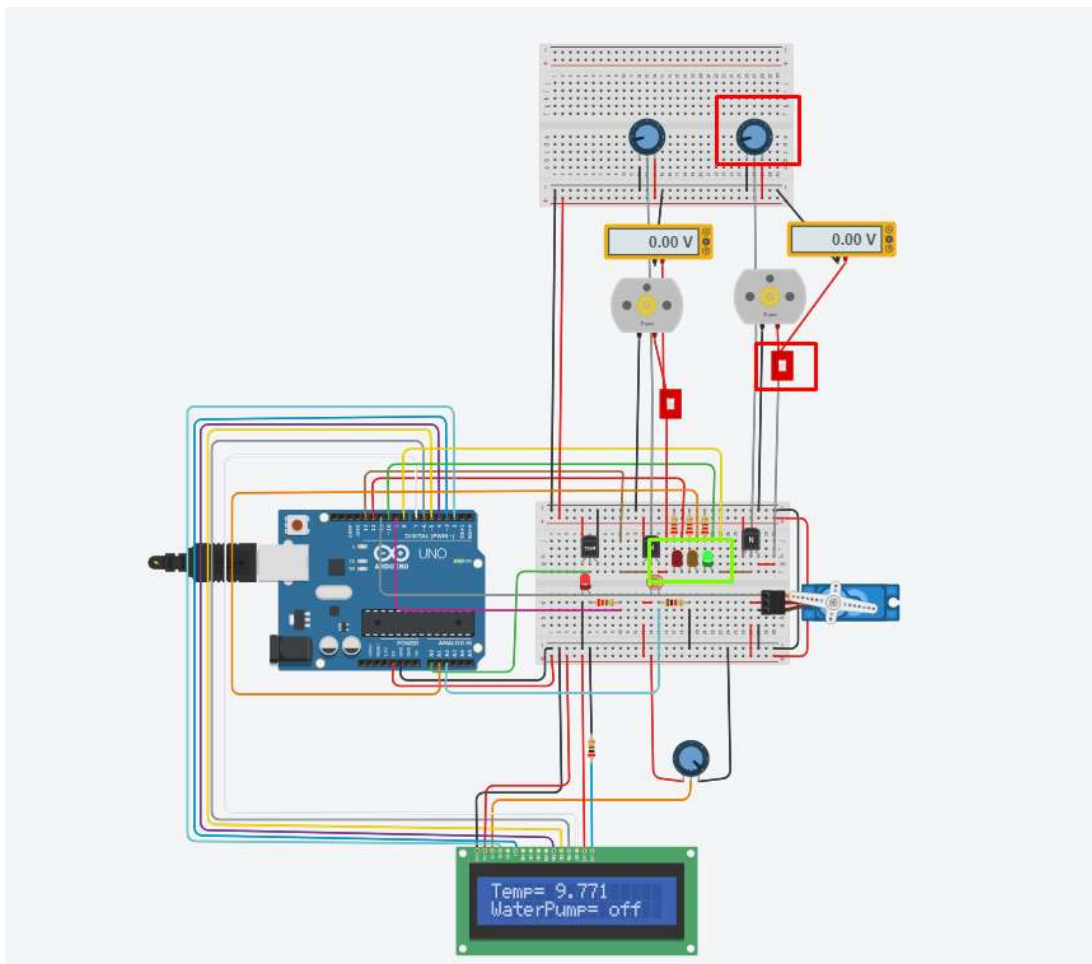
7.3.2 Περιγραφή σεναρίου 2

Υπάρχει αισθητήρας θερμοκρασίας ο οποίος ανάλογα με τις τιμές που λαμβάνει εκτελούνται κάποιες διεργασίες. Σε κάθε αντλία υπάρχει διακόπτης σε περίπτωση που θέλουμε χειροκίνητα να κλείσουμε κάποια αντλία ή να ελέγξουμε τις στροφές περιστροφής του κάθε DC κινητήρα. Παρακάτω παραθέτουμε τα 3 σενάρια χρήσης.

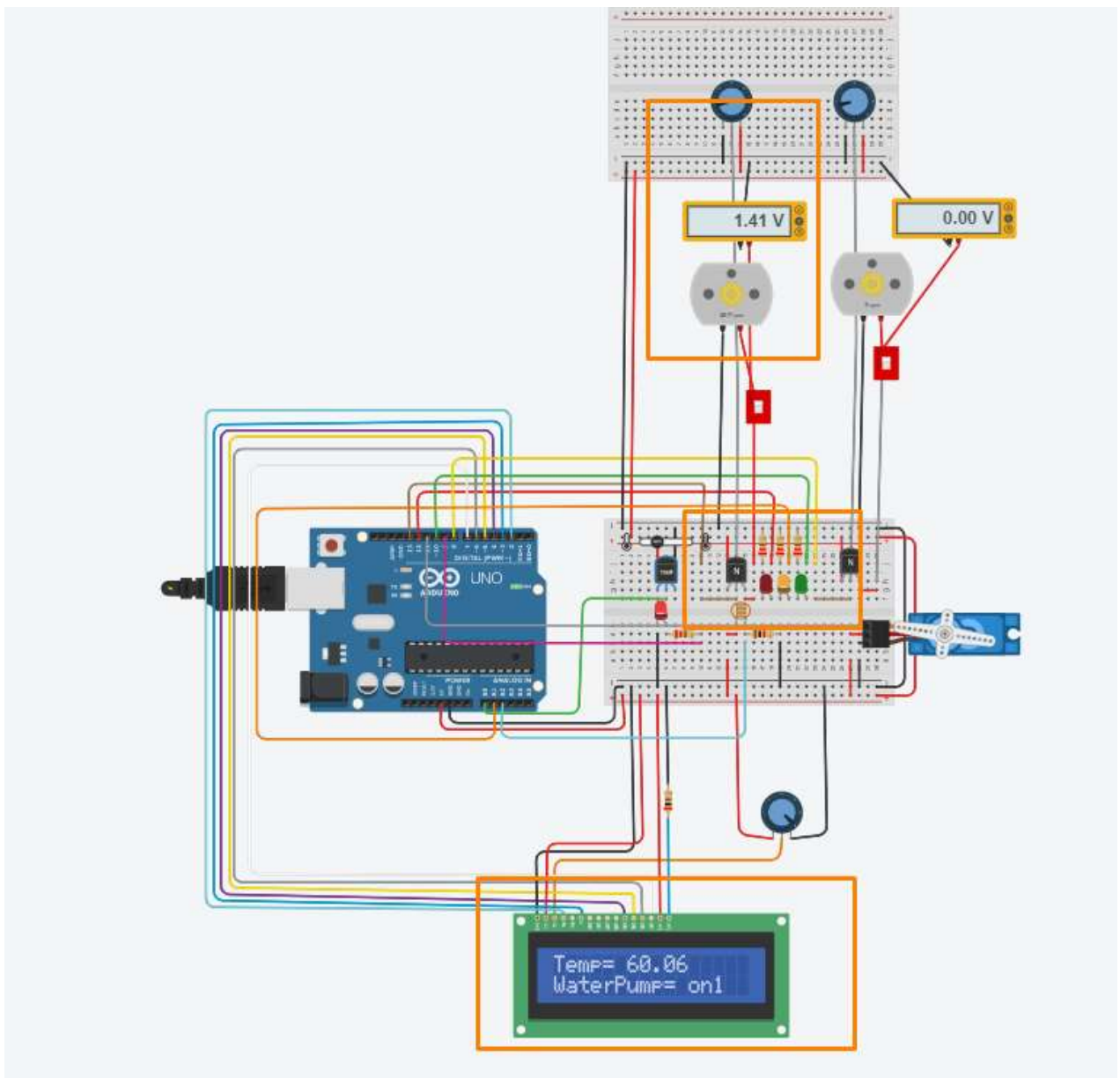
1°: Αν η θερμοκρασία είναι κάτω από 50 βαθμούς ανάβει το πράσινο λαμπάκι και είναι κλειστές και οι δυο αντλίες ποτίσματος, στην οθόνη αναγράφεται η κατάσταση των αντλιών δηλαδή off και η θερμοκρασία που λαμβάνετε από τον αισθητήρα.

2°: Αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 50 και μικρότερη από 65 τότε ανάβει το πορτοκαλί λαμπάκι και ξεκινάει η λειτουργία της πρώτης αντλίας.

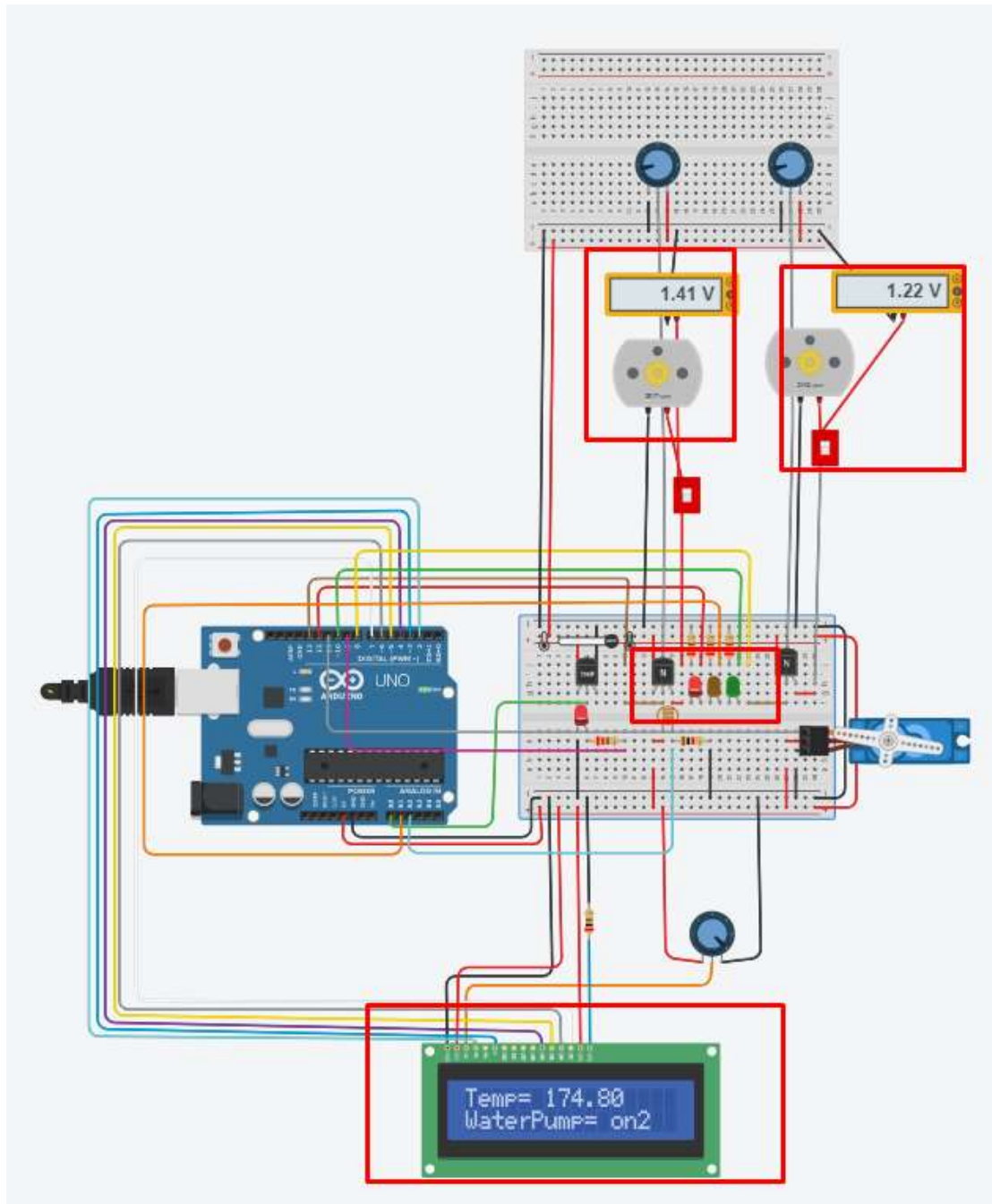
3°: Αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 65 βαθμούς τότε ανάβει το κόκκινο λαμπάκι και λειτουργούν ταυτόχρονα και οι 2 αντλίες.



Σχήμα 7.22: Σενάριο 2 κατάσταση 1



Σχήμα 7.23: Σενάριο 2 κατάσταση 2



Σχήμα 7.24: Σενάριο 2 κατάσταση 3

7.4 Περιγραφή κώδικα

```
1 // include libraries
2 #include <LiquidCrystal.h>
3 #include <Servo.h>
4
5 // variable declaration & initialization
6 const int LM36 = A0;
7 const int motor = 13;
8 const int motor2 = 8;
9 const int LedRed = 12;
10 const int LedGreen = 10;
11 const int LedOrange = A1;
12
13 const int ledPin = 9;
14 const int servoPin = 11;
15 const int ldrPin = A2;
16
17 // create objects
18 LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
19 Servo water_pump_servo;
20
21
22 void setup() {
23
24     // initialize serial communication at 9600 bits per second:
25     Serial.begin(9600);
26
27     lcd.begin(16, 2);
28     lcd.print("Automated Plant");
29     lcd.setCursor(0,1);
30     lcd.print("Watering System!");
31
32     // Analog pins are by default INPUT
33
34     pinMode(motor, OUTPUT);
35     pinMode(motor2, OUTPUT);
36     pinMode(LedRed, OUTPUT);
37     pinMode(LedGreen, OUTPUT);
38     pinMode(LedOrange, OUTPUT);
39
40     pinMode(ledPin, OUTPUT);
41     pinMode(ldrPin, INPUT);
42
43     // Attach the servo to the used pin number
44     water_pump_servo.attach(servoPin);
45
46     delay(2000);
47
48     lcd.clear();
49     lcd.print("Temp= ");
```

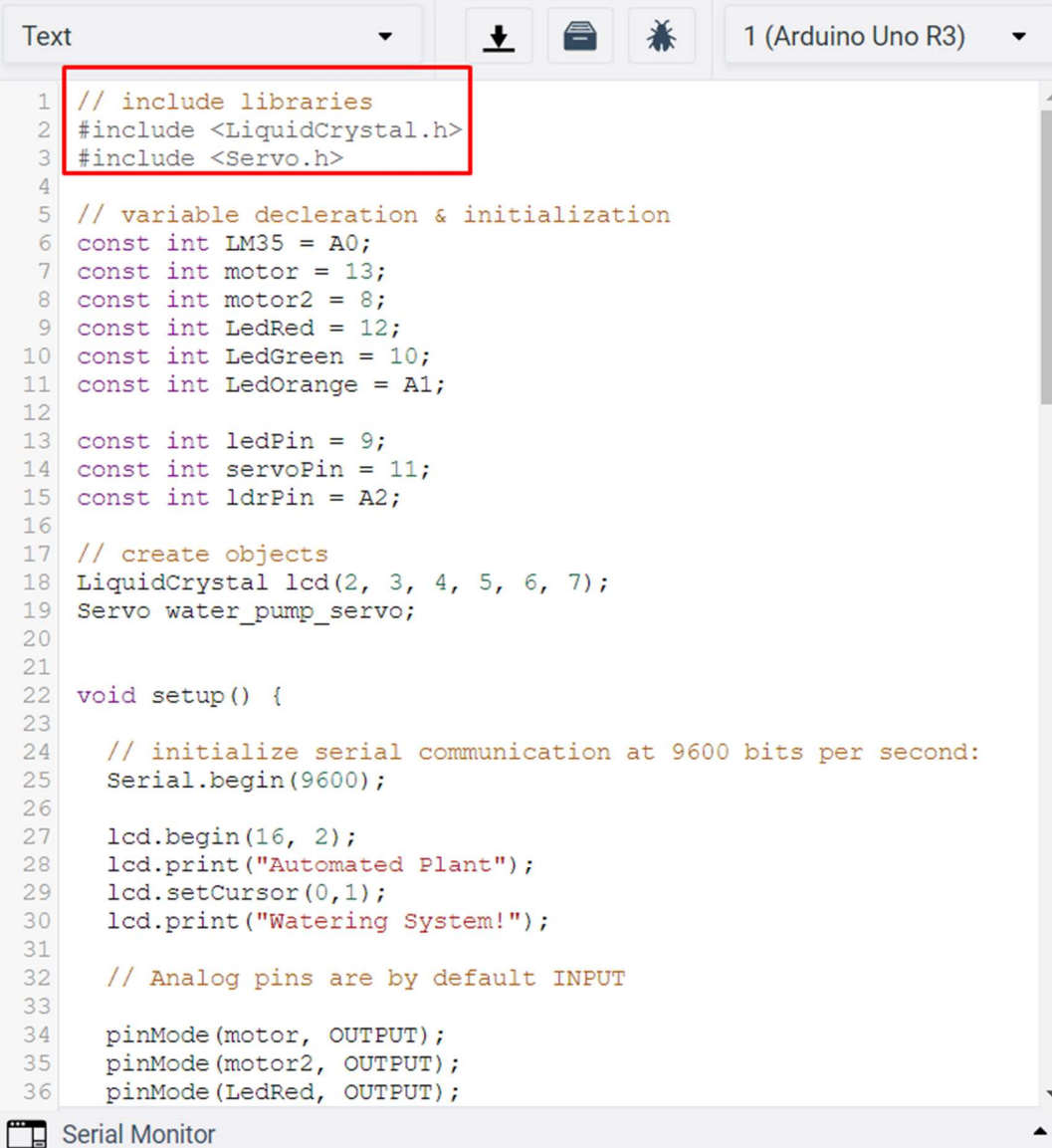
```

50  lcd.setCursor(0,1);
51  lcd.print("WaterPump= ");
52 }
53
54 void loop() {
55
56  int value = analogRead(LM36);
57  float Temperature = value * 500.0 / 1024.0;
58  lcd.setCursor(6,0);
59  lcd.print(Temperature);
60  lcd.setCursor(11,1);
61
62
63  if (Temperature < 50){
64    digitalWrite(motor, LOW);
65    digitalWrite(motor2, LOW);
66    digitalWrite(LedRed, LOW);
67    digitalWrite(LedOrange, LOW);
68    digitalWrite(LedGreen, HIGH);
69    lcd.print("off ");
70  }
71
72  else if (Temperature > 50 and Temperature < 65){
73    digitalWrite(motor, HIGH);
74    digitalWrite(motor2, LOW);
75    digitalWrite(LedRed, LOW);
76    digitalWrite(LedGreen, LOW);
77    digitalWrite(LedOrange, HIGH);
78    lcd.print("on1");
79  }
80
81  else {
82    digitalWrite(motor, HIGH);
83    digitalWrite(motor2, HIGH);
84    digitalWrite(LedRed, HIGH);
85    digitalWrite(LedOrange, LOW);
86    digitalWrite(LedGreen, LOW);
87    lcd.print("on2");
88  }
89
90
91  // reads the input on analog pin A2 (value between 0 and 1023)
92  int ldrStatus = analogRead(ldrPin);
93
94  Serial.print("Analog reading = ");
95  Serial.println(ldrStatus);    // the raw analog reading
96
97  // We'll have a few thresholds, qualitatively determined
98  if (ldrStatus <= 400)
99  {
100    Serial.println("Its Dark, turning on the light.");

```

```
101     digitalWrite(ledPin, HIGH);
102
103     Serial.println("Opening water pump as well!");
104
105     // Make servo go to 180 degrees
106     water_pump_servo.write(180);
107 }
108 else
109 {
110     Serial.println("Its Bright, turning off the light.");
111     digitalWrite(ledPin, LOW);
112
113     Serial.println("Closing water pump as well!");
114     water_pump_servo.write(0);
115 }
116
117 delay(1000);
118
119 Serial.println();
120 }
```

7.4.1 Βιβλιοθήκες



The screenshot shows the Arduino IDE interface with a code editor window. The code is for an Arduino Uno R3. The first three lines of code are highlighted with a red box:

```
1 // include libraries
2 #include <LiquidCrystal.h>
3 #include <Servo.h>
```

The rest of the code includes variable declarations for pins, object creation for the LCD and Servo, and the setup function which initializes the serial port and sets the LCD display.

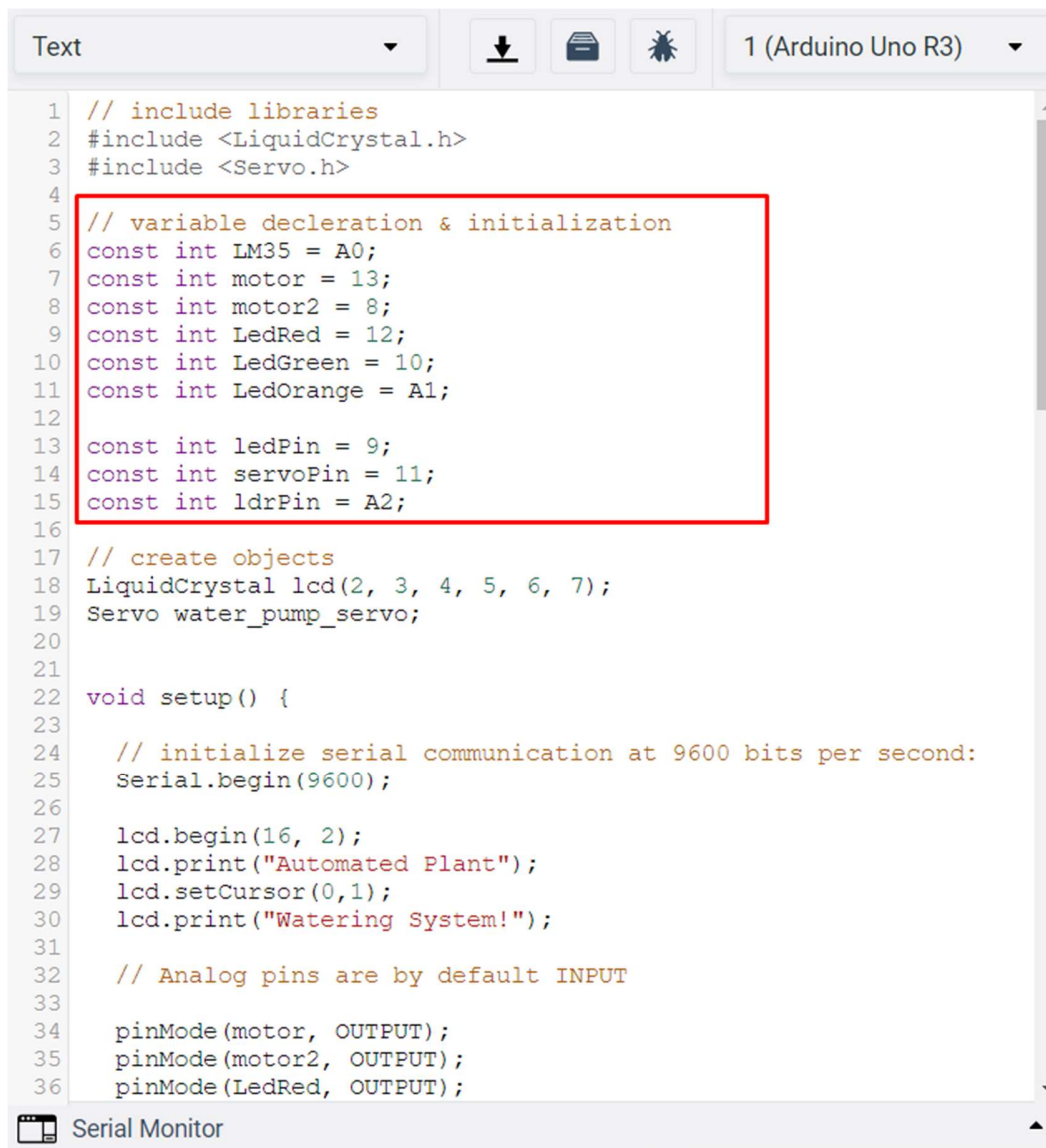
```
4
5 // variable decleration & initialization
6 const int LM35 = A0;
7 const int motor = 13;
8 const int motor2 = 8;
9 const int LedRed = 12;
10 const int LedGreen = 10;
11 const int LedOrange = A1;
12
13 const int ledPin = 9;
14 const int servoPin = 11;
15 const int ldrPin = A2;
16
17 // create objects
18 LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
19 Servo water_pump_servo;
20
21
22 void setup() {
23
24     // initialize serial communication at 9600 bits per second:
25     Serial.begin(9600);
26
27     lcd.begin(16, 2);
28     lcd.print("Automated Plant");
29     lcd.setCursor(0,1);
30     lcd.print("Watering System!");
31
32     // Analog pins are by default INPUT
33
34     pinMode(motor, OUTPUT);
35     pinMode(motor2, OUTPUT);
36     pinMode(LedRed, OUTPUT);
```

At the bottom of the window, there is a 'Serial Monitor' tab.

Σχήμα 7.25: Σημείο κώδικα που ορίζονται οι βιβλιοθήκες

Ξεκινάμε τον κώδικά μας συμπεριλαμβάνοντας τις βιβλιοθήκες 'LiquidCrystal' και 'Servo' που μας δίνουν την δυνατότητα αλληλεπίδρασης με την LCD οθόνη και τον κινητήρα Servo αντίστοιχα.

7.4.2 Δήλωση και αρχικοποίηση μεταβλητών

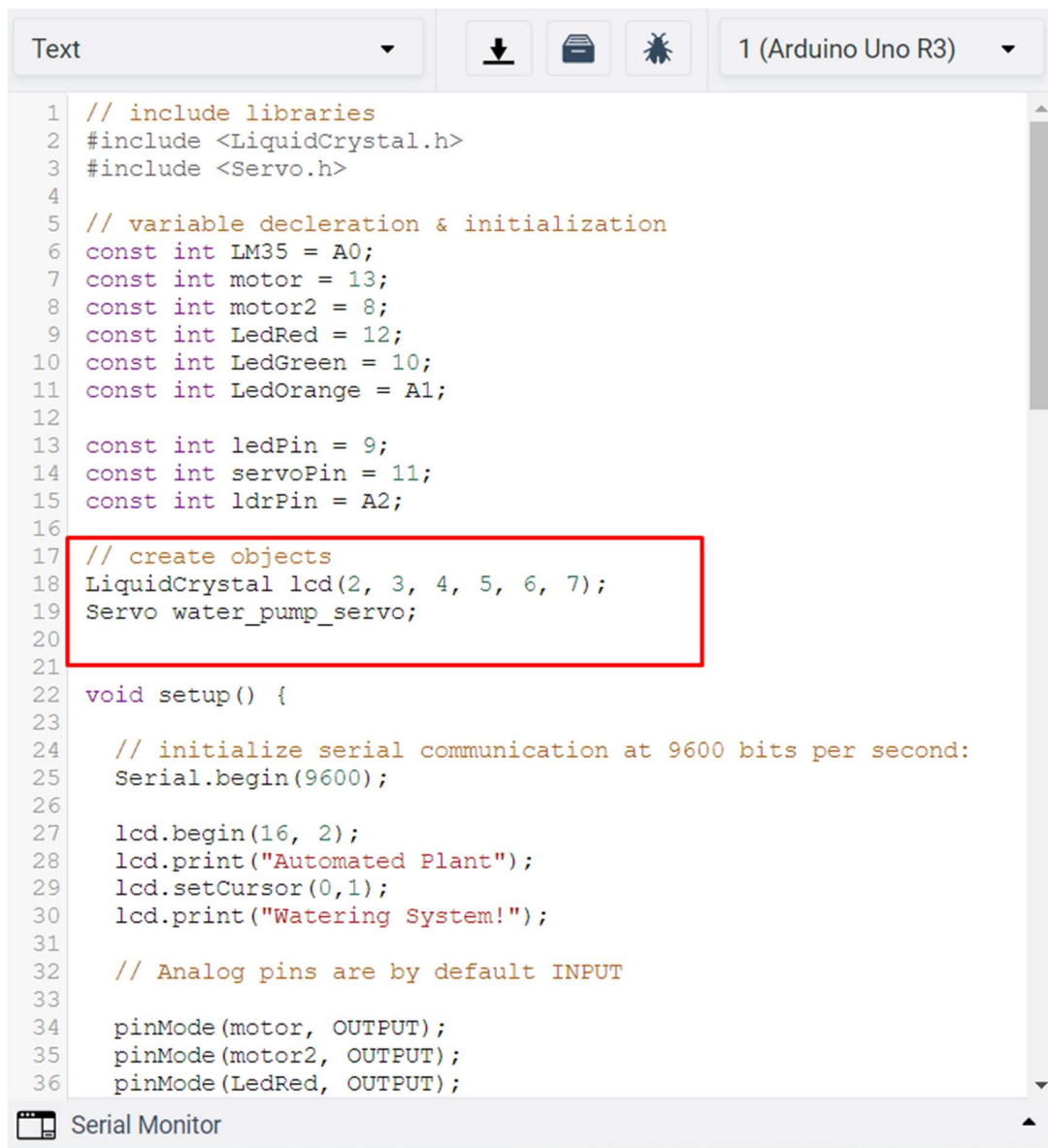


```
Text [v] [Download] [Save] [Run] 1 (Arduino Uno R3) [v]
1 // include libraries
2 #include <LiquidCrystal.h>
3 #include <Servo.h>
4
5 // variable declaration & initialization
6 const int LM35 = A0;
7 const int motor = 13;
8 const int motor2 = 8;
9 const int LedRed = 12;
10 const int LedGreen = 10;
11 const int LedOrange = A1;
12
13 const int ledPin = 9;
14 const int servoPin = 11;
15 const int ldrPin = A2;
16
17 // create objects
18 LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
19 Servo water_pump_servo;
20
21
22 void setup() {
23
24     // initialize serial communication at 9600 bits per second:
25     Serial.begin(9600);
26
27     lcd.begin(16, 2);
28     lcd.print("Automated Plant");
29     lcd.setCursor(0,1);
30     lcd.print("Watering System!");
31
32     // Analog pins are by default INPUT
33
34     pinMode(motor, OUTPUT);
35     pinMode(motor2, OUTPUT);
36     pinMode(LedRed, OUTPUT);
```

Σχήμα 7.26: Σημείο κώδικα που ορίζονται οι μεταβλητές

Στην συνέχεια αρχικοποιούμε τις μεταβλητές μας με αριθμητικές τιμές που δηλώνουν τα αναλογικά ή ψηφιακά pins στα οποία έχουμε συνδέσει το εκάστοτε εξάρτημα εισόδου/εξόδου. Με αυτόν τον τρόπο ορίζουμε μια φορά στην αρχή την συνδεσμολογία στον κώδικά μας και στην συνέχεια αναφερόμαστε στις μεταβλητές. Οι μεταβλητές δηλώνονται ως 'const' που δεν τους επιτρέπει να αλλάξουν τιμή κατά την εξέλιξη του προγράμματος καθώς η συνδεσμολογία θα παραμείνει σταθερή, αποτρέποντας πιθανά σφάλματα.

7.4.3 Δημιουργία αντικειμένων



```
Text [Download] [Save] [Run] 1 (Arduino Uno R3)
1 // include libraries
2 #include <LiquidCrystal.h>
3 #include <Servo.h>
4
5 // variable declaration & initialization
6 const int LM35 = A0;
7 const int motor = 13;
8 const int motor2 = 8;
9 const int LedRed = 12;
10 const int LedGreen = 10;
11 const int LedOrange = A1;
12
13 const int ledPin = 9;
14 const int servoPin = 11;
15 const int ldrPin = A2;
16
17 // create objects
18 LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
19 Servo water_pump_servo;
20
21
22 void setup() {
23
24     // initialize serial communication at 9600 bits per second:
25     Serial.begin(9600);
26
27     lcd.begin(16, 2);
28     lcd.print("Automated Plant");
29     lcd.setCursor(0,1);
30     lcd.print("Watering System!");
31
32     // Analog pins are by default INPUT
33
34     pinMode(motor, OUTPUT);
35     pinMode(motor2, OUTPUT);
36     pinMode(LedRed, OUTPUT);
```

Σχήμα 7.27: Σημείο κώδικα που δημιουργούνται τα αντικείμενα

Για να χρησιμοποιήσουμε τις βιβλιοθήκες πρέπει να δημιουργήσουμε αντικείμενα από τις αντίστοιχες κλάσεις τα οποία θα προγραμματίσουμε να εκτελούν την λογική των σεναρίων μας. Έτσι δημιουργούμε ένα αντικείμενο το 'lcd' περνώντας στον constructor της 'LiquidCrystal' κλάσης ως ορίσματα τα pins σύνδεσης της οθόνης και το αντικείμενο 'water_pump_servo' από την κλάση Servo.

7.4.4 Οι συναρτήσεις setup() και loop()

```
Text 1 (Arduino Uno R3)
20
21
22 void setup() {
23
24 // initialize serial communication at 9600 bits per second:
25 Serial.begin(9600);
26
27 lcd.begin(16, 2);
28 lcd.print("Automated Plant");
29 lcd.setCursor(0,1);
30 lcd.print("Watering System!");
31
32 // Analog pins are by default INPUT
33
34 pinMode(motor, OUTPUT);
35 pinMode(motor2, OUTPUT);
36 pinMode(LedRed, OUTPUT);
37 pinMode(LedGreen, OUTPUT);
38 pinMode(LedOrange, OUTPUT);
39
40 pinMode(ledPin, OUTPUT);
41 pinMode(ldrPin, INPUT);
42
43 // Attach the servo to the used pin number
44 water_pump_servo.attach(servoPin);
45
46 delay(2000);
47
48 lcd.clear();
49 lcd.print("Temp= ");
50 lcd.setCursor(0,1);
51 lcd.print("WaterPump= ");
52 }
53
54 void loop() {
55
56 int value = analogRead(TM35);
```

Σχήμα 7.28.: Κώδικας που περιέχει η συνάρτηση setup

```
Text 1 (Arduino Uno R3)
54 void loop() {
55
56 int value = analogRead(LM35);
57 float Temperature = value * 500.0 / 1023.0;
58 lcd.setCursor(6,0);
59 lcd.print(Temperature);
60 lcd.setCursor(11,1);
61
62
63 if (Temperature < 50){
64     digitalWrite(motor, LOW);
65     digitalWrite(motor2, LOW);
66     digitalWrite(LedRed, LOW);
67     digitalWrite(LedOrange, LOW);
68     digitalWrite(LedGreen, HIGH);
69     lcd.print("1 ");
70 }
71
72 else if (Temperature > 50 and Temperature < 65){
73     digitalWrite(motor, HIGH);
74     digitalWrite(motor2, LOW);
75     digitalWrite(LedRed, LOW);
76     digitalWrite(LedGreen, LOW);
77     digitalWrite(LedOrange, HIGH);
78     lcd.print("2");
79 }
80
81 else {
82     digitalWrite(motor, HIGH);
83     digitalWrite(motor2, HIGH);
84     digitalWrite(LedRed, HIGH);
85     digitalWrite(LedOrange, LOW);
86     digitalWrite(LedGreen, LOW);
87     lcd.print("3 ");
88 }
89 }
```

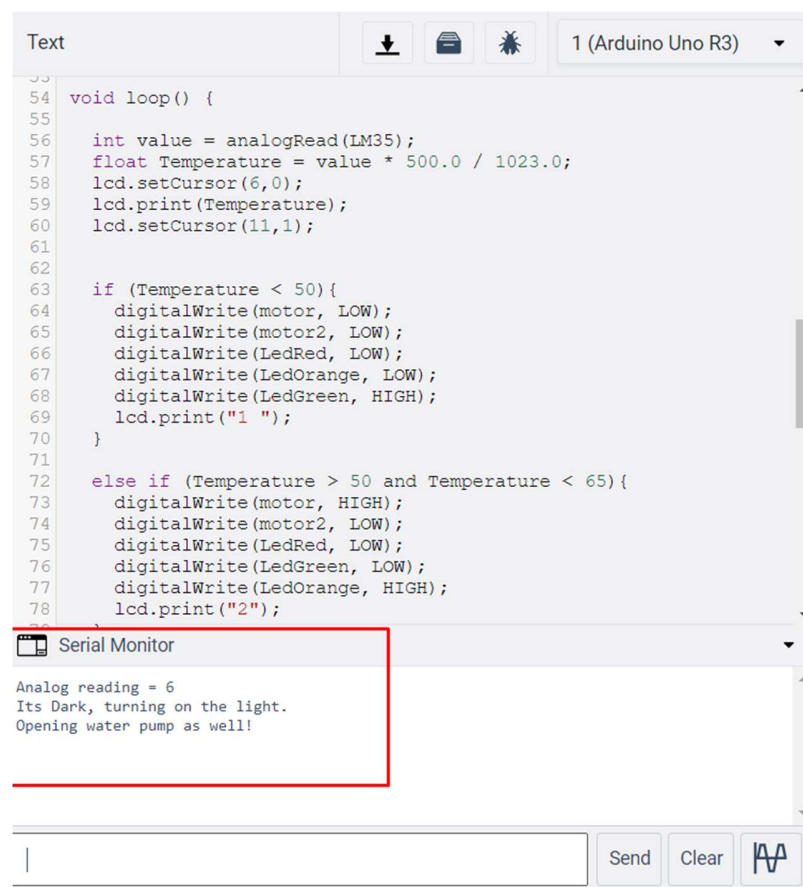
Σχήμα 7.29: Μέρος του κώδικα που περιέχει η συνάρτηση loop

Δύο βασικές συναρτήσεις που τρέχουν σε κάθε πρόγραμμα Arduino είναι οι 'setup()' και 'loop()'.

Η setup καλείται μια φορά μόνο όταν τροφοδοτηθεί με ρεύμα το Arduino ή γίνει reset. Χρησιμοποιείται για αρχικοποίηση μεταβλητών, δήλωση συσκευών εισόδου/εξόδου, χρήση βιβλιοθηκών και άλλα.

Η loop χρησιμοποιεί τις μεταβλητές που έχουν οριστεί παραπάνω στην setup και επαναλαμβάνει συνεχώς τον κώδικα που περιέχεται μέσα της σε περιοδικά διαστήματα που ορίζονται από την συνάρτηση delay(). Για παράδειγμα αν ορίσουμε delay(2000) τότε η loop θα τρέχει εκ νέου κάθε 2 δευτερόλεπτα.

7.4.5 Serial Monitor



```
54 void loop() {
55
56     int value = analogRead(LM35);
57     float Temperature = value * 500.0 / 1023.0;
58     lcd.setCursor(6,0);
59     lcd.print(Temperature);
60     lcd.setCursor(11,1);
61
62
63     if (Temperature < 50){
64         digitalWrite(motor, LOW);
65         digitalWrite(motor2, LOW);
66         digitalWrite(LedRed, LOW);
67         digitalWrite(LedOrange, LOW);
68         digitalWrite(LedGreen, HIGH);
69         lcd.print("1 ");
70     }
71
72     else if (Temperature > 50 and Temperature < 65){
73         digitalWrite(motor, HIGH);
74         digitalWrite(motor2, LOW);
75         digitalWrite(LedRed, LOW);
76         digitalWrite(LedGreen, LOW);
77         digitalWrite(LedOrange, HIGH);
78         lcd.print("2");
79     }
80 }
```

Serial Monitor

Analog reading = 6
Its Dark, turning on the light.
Opening water pump as well!

Send Clear

Σχήμα 7.30: Στιγμιότυπο εξόδου στο Serial Monitor

Το Serial Monitor είναι μέρος του Arduino IDE λογισμικού και επιτρέπει την λήψη και αποστολή μηνυμάτων από τον υπολογιστή στο Arduino μέσω USB. Βοηθάει τον προγραμματιστή στο debugging ενώ παράλληλα δίνει την δυνατότητα ελέγχου από το πληκτρολόγιο του υπολογιστή.

7.4.6 Επεξήγηση του κώδικα στην setup

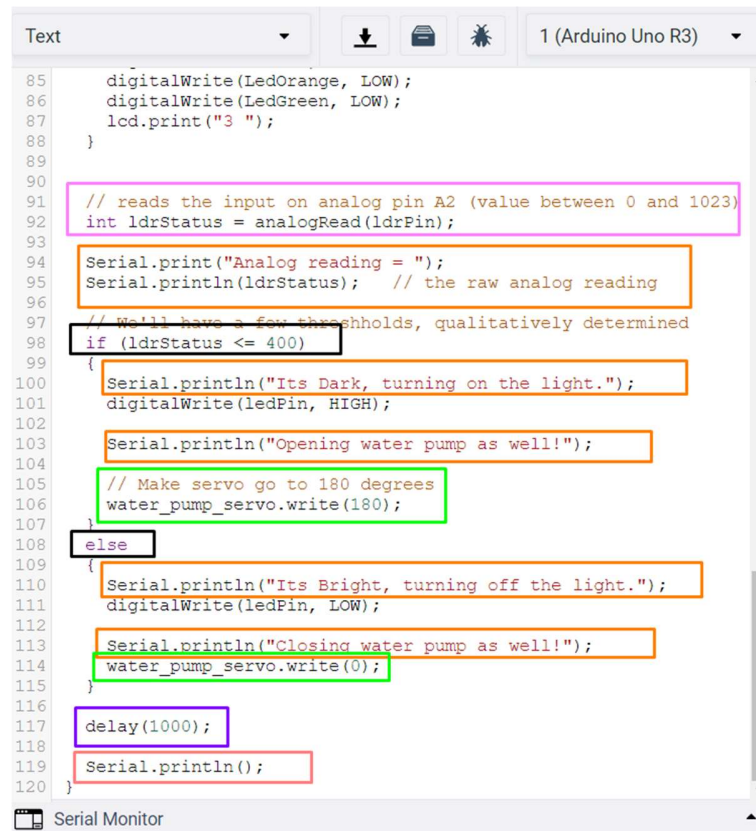
```
void setup() {  
    // initialize serial communication at 9600 bits per second:  
    Serial.begin(9600);  
  
    lcd.begin(16, 2);  
    lcd.print("Automated Plant");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Watering System!");  
  
    // Analog pins are by default INPUT  
  
    pinMode(motor, OUTPUT);  
    pinMode(motor2, OUTPUT);  
    pinMode(LedRed, OUTPUT);  
    pinMode(LedGreen, OUTPUT);  
    pinMode(LedOrange, OUTPUT);  
  
    pinMode(ledPin, OUTPUT);  
    pinMode(ldrPin, INPUT);  
  
    // Attach the servo to the used pin number  
    water_pump_servo.attach(servoPin);  
  
    delay(2000);  
  
    lcd.clear();  
    lcd.print("Temp= ");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("WaterPump= ");  
}
```

Σχήμα 7.31: Ο κώδικας της συνάρτησης setup με υπογραμμισμένα σημεία

Αρχικά ξεκινάμε την επικοινωνία με το Serial Monitor με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 9600 bps. Με την συνάρτηση `begin(cols, rows)` ορίζουμε τις διαστάσεις της οθόνης LCD, στην συγκεκριμένη περίπτωση πρόκειται για 16 κολόνες και 2 γραμμές. Με την `print()` τυπώνουμε μηνύματα στην οθόνη ενημερώνοντας τον αγρότη/χειριστή για την εξέλιξη του προγράμματος. Με την `setCursor(col, row)` ορίζουμε τις συντεταγμένες που θα γράφεται το κείμενο με default τιμή την (0,0) που σημαίνει πρώτη γραμμή και πρώτη στήλη. Χρησιμοποιούμε την `setCursor(0,1)` για να γράψουμε κείμενο στην δεύτερη γραμμή χωρίς να σβηστεί το κείμενο της πρώτης γραμμής. Για να χρησιμοποιήσουμε τις συναρτήσεις της LiquidCrystal γράφουμε με το convention `lcd.function(param1, param2, paramn)` αναφερόμενοι στο αντικείμενο `lcd` που δημιουργήσαμε αρχικά. Με την συνάρτηση `pinMode(pin, mode)` ορίζουμε το εκάστοτε `pin` αν είναι για είσοδο ή έξοδο δεδομένων. Τα αναλογικά `pins A0-15` είναι εισόδου από προεπιλογή καθώς στην πλειοψηφία των περιπτώσεων συνδέουμε αισθητήρες οι οποίοι λαμβάνουν αναλογικές τιμές ενός

εύρους από το περιβάλλον και τις αποστέλλουν στο Arduino. Τα αναλογικά pins μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ψηφιακές συσκευές ενώ το αντίθετο δεν ισχύει. Για τις ανάγκες του έξυπνου θερμοκηπίου ορίζουμε ως συσκευή εισόδου τον αισθητήρα φωτοαντίστασης και τον αισθητήρα θερμοκρασίας ενώ τα υπόλοιπα εξαρτήματα δηλαδή τα Led, οι DC κινητήρες, ο servo κινητήρας και τα ποτενσιόμετρα δηλώνονται ως συσκευές εξόδου. Με την συνάρτηση attach της κλάσης Servo συνδέουμε το αντικείμενο του κινητήρα servo 'water_pump_servo' με το pin στο οποίο έχει συνδεθεί το οποίο ονομάστηκε έτσι γιατί η περιστροφή του servo ανοιγοκλείνει το σύστημα άρδευσης της καλλιέργειας. Ύστερα με την delay(millisecods) παύουμε την ροή του κώδικα για 2 δευτερόλεπτα και στην συνέχεια αφού καθαρίσουμε την οθόνη με την clear() γράφουμε τα νέα μηνύματα προς τον χρήστη χρησιμοποιώντας και αυτή την φορά τις δύο γραμμές της οθόνης.

7.4.7 Επεξήγηση σεναρίου 1 στην loop



```
85     digitalWrite(LedOrange, LOW);
86     digitalWrite(LedGreen, LOW);
87     lcd.print("3 ");
88 }
89
90
91 // reads the input on analog pin A2 (value between 0 and 1023)
92 int ldrStatus = analogRead(ldrPin);
93
94 Serial.print("Analog reading = ");
95 Serial.println(ldrStatus); // the raw analog reading
96
97 // We'll have a few thresholds, qualitatively determined
98 if (ldrStatus <= 400)
99 {
100     Serial.println("Its Dark, turning on the light.");
101     digitalWrite(ledPin, HIGH);
102
103     Serial.println("Opening water pump as well!");
104
105     // Make servo go to 180 degrees
106     water_pump_servo.write(180);
107 }
108 else
109 {
110     Serial.println("Its Bright, turning off the light.");
111     digitalWrite(ledPin, LOW);
112
113     Serial.println("Closing water pump as well!");
114     water_pump_servo.write(0);
115 }
116
117 delay(1000);
118
119 Serial.println();
120 }
```

Σχήμα 7.32: Μέρους του κώδικα της συνάρτησης loop που αφορά το σενάριο 1 με υπογραμμισμένα σημεία

Στην μεταβλητή ldrStatus αποθηκεύουμε μια ακέραια τιμή μεταξύ 0 και 1023 που μας δίνει ο αισθητήρας φωτοαντίστασης με το 0 να είναι η πιο σκοτεινή τιμή και το 1023 η πιο φωτεινή τιμή και ύστερα με την Serial.println() γράφουμε στο Serial Monitor την μέτρηση του αισθητήρα μέσω

της μεταβλητής ldrStatus. Στην συνέχεια χρησιμοποιούμε την συνθήκη ελέγχου if else για να δράσουμε διαφορετικά όταν νυχτώσει και όταν ξημερώσει. Πιο συγκεκριμένα, όταν το ldrStatus έχει τιμή μικρότερη ή ίση του 400 γράφουμε στο Serial Monitor πως επειδή είναι σκοτεινά ανάβουμε το led, το οποίο και κάνουμε αμέσως μετά με την συνάρτηση digitalWrite(pin, mode). Όταν δίνουμε HIGH mode τότε ενεργοποιούμε το Led ενώ αντίθετα με το LOW mode απενεργοποιούμε το Led σταματώντας την τροφοδοσία τάσης. Ακόμα, όταν νυχτώσει γράφουμε στο Serial Monitor πως ανοίγουμε την βάνα νερού το οποίο και πραγματοποιούμε με την συνάρτηση write(degrees) της κλάσης Servo που περιστρέφει τον κινητήρα servo 180 μοίρες στην προκειμένη περίπτωση. Όταν ξημερώσει κάνουμε τις αντίστροφες πράξεις, δηλαδή απενεργοποιούμε το Led με την digitalWrite(ledPin, LOW) και επαναφέρουμε τον κινητήρα στην αρχική του θέση με την water_pump_servo.write(0) τυπώνοντάς παράλληλα στο Serial Monitor τα αντίστοιχα μηνύματα. Τέλος, κάνουμε παύση του προγράμματος για 1 δευτερόλεπτο με την delay(1000) και αφήνουμε μια κενή γραμμή στο Serial Monitor πριν περάσουμε στο επόμενο loop με την συνάρτηση Serial.println().

7.4.8 Επεξήγηση σεναρίου 2 στην loop

```

5
6   int value = analogRead(LM36);
7   float Temperature = value * 500.0 / 1024.0;
8   lcd.setCursor(6,0);
9   lcd.print(Temperature);
10  lcd.setCursor(11,1);
11

```

Σχήμα 7.33: Μέρους του κώδικα που μεταφράζει το ρεύμα που λαμβάνει από τον αισθητήρα θερμοκρασίας

Στο κομμάτι αυτό μεταφράζουμε τα δεδομένα που λαμβάνουμε από τον αισθητήρα θερμοκρασίας από volt σε βαθμούς κελσίου. Δηλώνουμε στη πρώτη γραμμή την μεταβλητή value τύπου int και στη δεύτερη γραμμή την μεταβλητή float temperature οπου είναι : temp= value/(10mV/oc)=(value * 5 * 1000mV)/(1024*10V/oc)= (value*500)/1024)oc.

Στη συνέχεια λεμέ στην οθόνη με την συνάρτηση lcd.setCursor(x,y) που να ‘τυπώσει’, δηλαδή στη σειρά 1 άσε 7 θέσεις (χαρακτήρες) ξεκινάει από το 0 η αρίθμηση, στη σειρά 1 (0) και μετά πήγαινε στη θέση (11,1). Τέλος με την lcd.print(x) τυπώνεις αυτό που θέλεις στην περίπτωση μας την θερμοκρασία σε βαθμούς κελσίου.

```
if (Temperature < 50){
    digitalWrite(motor, LOW);
    digitalWrite(motor2, LOW);
    digitalWrite(LedRed, LOW);
    digitalWrite(LedOrange, LOW);
    digitalWrite(LedGreen, HIGH);
    lcd.print("off ");
}
```

```
else if (Temperature > 50 and Temperature < 65){
    digitalWrite(motor, HIGH);
    digitalWrite(motor2, LOW);
    digitalWrite(LedRed, LOW);
    digitalWrite(LedGreen, LOW);
    digitalWrite(LedOrange, HIGH);
    lcd.print("on1");
}
```

```
else {
    digitalWrite(motor, HIGH);
    digitalWrite(motor2, HIGH);
    digitalWrite(LedRed, HIGH);
    digitalWrite(LedOrange, LOW);
    digitalWrite(LedGreen, LOW);
    lcd.print("on2");
}
```

Σχήμα 7.34: Μέρους του κώδικα που ανάλογα την θερμοκρασία ενεργοποιεί τις αντλίες του σεναρίου 2

Βλέπουμε τα 3 διαφορετικά σενάρια που εκτελούνται ξεκινώντας από το 1ο σενάριο. Αν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από 50 βαθμούς τότε με την συνάρτηση digitalWrite(outputdevice, LOW ή HIGH) το motor είναι LOW δηλαδή κλειστό, το motor 2 είναι LOW, το LedRed είναι LOW, το LedOrange είναι LOW και το LedGreen είναι HIGH (αναμμένο). Στο 2ο σενάριο αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 50 και μικρότερη από 65 τότε το LedOrange γίνεται HIGH και το LedGreen που ήταν αναμμένο προηγουμένως γίνεται LOW. Τέλος στο 3ο σενάριο αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 65 το LedOrange γίνεται LOW, το LedRed γίνεται HIGH όπως και το δεύτερο moter2 γίνεται HIGH.

8. Επίλογος

Μέσα από την πτυχιακή ο αναγνώστης γνώρισε και εξοικειώθηκε περισσότερο με την Έξυπνη Γεωργία μέσα από την δική μας οπτική γωνία. Έμαθε τι είναι η έξυπνη γεωργία, την ιστορική αναδρομή της τρίτης πράσινης επανάστασης, τα πλεονεκτήματα αλλά και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η εφαρμογή τεχνολογικών λύσεων που βασίζονται στα δεδομένα στον πρωτογενή τομέα. Επιπλέον γνώρισε τις βασικές τεχνολογίες τόσο σε hardware όσο και σε software που ενσαρκώνουν τις εφαρμογές του Internet of Things στην γεωργία, τα κύρια πρωτόκολλα επικοινωνίας του Internet of Things αλλά και καινοτόμα προγράμματα χρηματοδοτούμενα από επιχειρήσεις και το δημόσιο που στηρίζουν την ανάπτυξη των τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα. Στα πλαίσια της δωρεάν ενημέρωσης μέσω του διαδικτύου αναρτήθηκε λύμα στο Ελληνικό domain της Wikipedia σχετικά με την Έξυπνη Γεωργία μαζί με ποικίλες σχετικές πηγές για περαιτέρω εμβάθυνση εάν το επιθυμεί ο αναγνώστης. Τέλος παρουσιάσαμε αναλυτικά σενάρια έξυπνου θερμοκηπίου σε υλοποίηση Arduino με τον προσομοιωτή TinkeCad και περιγράψαμε τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του project. Κλείνοντας, θα θέλαμε να δούμε στο μέλλον να αμβλυνθούν οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Έξυπνη Γεωργία όπως το σύνθετο νομικό πλαίσιο προστασίας των δεδομένων και να αναδειχθούν ακόμα περισσότερο τα οφέλη της μέσα από επιδοτούμενα προγράμματα. Εκτιμούμε πως ολοένα και περισσότεροι αγρότες θα ενστερνιστούν τις σύγχρονες τεχνολογίες και τηλεπικοινωνίες εφαρμόζοντας Έξυπνη Γεωργία στα αγροκτήματά τους, προσφέροντας περισσότερη ποικιλία και καλύτερη ποιότητα προϊόντων, αυξάνοντας την κερδοφορία των επιχειρήσεών τους και μετατοπίζοντας το ανθρώπινο δυναμικό από επίπονες και επαναλαμβανόμενες εργασίες όπως το σκάψιμο, σε επαγγέλματα του μέλλοντος με καλύτερες αποδοχές και μεγαλύτερη εξειδίκευση όπως σύμβουλοι εφαρμογών Smart Farming, και χειριστές μηχανημάτων.

9. Πηγές – Βιβλιογραφία

- Καραπαρασκευαϊδης Σ. (2020). *Τι Είναι Το Arduino*; Προσπελάστηκε 10/11/2020 από <https://blogs.sch.gr/stekarapa/archives/12541>
- randomnerdtutorials.com (2016). *25 Useful Arduino Shields That You Might Need to Get*. Προσπελάστηκε 27/10/2020 από <https://randomnerdtutorials.com/25-arduino-shields/>
- online-seminaria.gr (2018). *Τι είναι το Arduino? Εξαρτήματα και Βασικές Εντολές*. Προσπελάστηκε 05/11/2020 από <http://online-seminaria.gr/eclass/modules/document/file.php/EDU102/%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%B8%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1.pdf>
- learn.adafruit.com (2012). *Arduino Lesson 2. LEDs*. Προσπελάστηκε 01/10/2020 από <https://learn.adafruit.com/adafruit-arduino-lesson-2-leds/resistors>
- arduino.com (2019). *Πως να αναβοσβήσετε ένα LED*. Προσπελάστηκε 27/09/2020 από <https://www.arduino.com/how-to-blink-an-led-gr.html#>

- arduino.cc (2019). *Φωτοαντίσταση*. Προσπελάστηκε 15/10/2020 από <https://www.ardumotive.com/how-to-use-a-photoresistor-gr.html>
- grobotronics.com (2020). *Servo*. Προσπελάστηκε 20/11/2020 από <https://grobotronics.com/mechanics-and-wheels/servo/servo-el/>
- tutorialspoint.com (2020). *Arduino - Servo Motor*. Προσπελάστηκε 17/11/2020 από https://www.tutorialspoint.com/arduino/arduino_servo_motor.htm#:~:text=Advertisements,angular%20position%20of%20the%20shaft.
- arduino.cc (2020). *setup()*. Προσπελάστηκε 12/11/2020 από <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/sketch/setup/>
- arduino.cc (2020). *loop()*. Προσπελάστηκε 12/11/2020 από <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/sketch/loop/>
- arduino.cc (2020). *begin()*. Προσπελάστηκε 12/11/2020 από <https://www.arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystalBegin>
- arduino.cc (2020). *setCursor()*. Προσπελάστηκε 14/11/2020 από <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/LibraryExamples/LiquidCrystalSetCursor>
- arduino.cc (2020). *pinMode()*. Προσπελάστηκε 14/11/2020 από <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/digital-io/pinmode/>
- learn.adafruit.com (2012). *The Serial Monitor*. Προσπελάστηκε 04/11/2020 από <https://learn.adafruit.com/adafruit-arduino-lesson-5-the-serial-monitor/the-serial-monitor>
- ec.europa.eu (2020). *EU funding opportunities related to innovation in agriculture, food and forestry*. Προσπελάστηκε 15/09/2020 από https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip_agri_funding_for_web.pdf
- governmenteuropa.eu (2019). *Smart farming grants: UK and China to fund international partnerships*. Προσπελάστηκε 17/09/2020 από <https://www.governmenteuropa.eu/smart-farming-grants-uk-and-china/95531/>
- Evenstad L. (2020). *Government gives £24m boost to agricultural tech*. Προσπελάστηκε 24/09/2020 από <https://www.computerweekly.com/news/252486281/Government-gives-24m-boost-to-agricultural-tech>
- agriculture.gov.au (2016). *Australian Government investment in Landcare*. Προσπελάστηκε 01/10/2020 από <https://www.agriculture.gov.au/ag-farm-food/natural->

resources/landcare/national-landcare-program/australian-government-investment-in-landcare?fbclid=IwAR1LvSEs9I45igU9Lg6lsu9fR_AoS5M5-MoMYOqG57Di7v6lMJNssJzt2Lz4

- smartfarminginitiative.gr (2018). *Το Πρόγραμμα Ευφυούς Γεωργίας που ενισχύει την ελληνική πρωτογενή παραγωγή*. Προσπελάστηκε 29/09/2020 από http://smartfarminginitiative.gr/%CF%83%CF%87%CE%B5%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B1/?fbclid=IwAR2iBMQrR2htZq1akqvg8rILDZqk8zo1_Or0DeXlrHL2etZ26e_wD7LkIYk
- epixeiro.gr (2019). *Νέο καινοτόμο πρόγραμμα ευφυούς γεωργίας από την ΑΒ Βασιλόπουλος*. Προσπελάστηκε 04/10/2020 από <https://www.epixeiro.gr/article/119774>
- ypaithros.gr (2020). *SmartOliveGroove: Η ευφυής γεωργία θεμέλιο για ανταγωνιστικότερη ελιά Καλαμών στην Αιτωλοακαρνανία*. Προσπελάστηκε 02/10/2020 από https://www.ypaithros.gr/smartolivegrove-eyfyis-georgia-themelio-antagonistikoteri-elia-kalamon-stin-aitoloakarnania/?cli_action=1603690765.06
- capital.gr (2018). *Πολλαπλά οφέλη από το σύστημα ευφυούς γεωργίας "gaiasense"*. Προσπελάστηκε 10/10/2020 από <https://www.capital.gr/oikonomia/3270777/pollapla-ofeli-apo-to-sustima-eufuous-georgias-gaiasense>
- Sakovich N. (2018). *Internet of Things (IoT) Protocols and Connectivity Options: An Overview*. Προσπελάστηκε 24/10/2020 από <https://www.sam-solutions.com/blog/internet-of-things-iot-protocols-and-connectivity-options-an-overview/>
- Shahzan S. (2019). *Big Data Explained in Plain and Simple English*. Προσπελάστηκε 08/10/2020 από <https://medium.com/swlh/big-data-explained-38656c70d15d>
- Verma A. (2018). *Internet of Things and Big Data – Better Together*. Προσπελάστηκε 01/09/2020 από <https://www.whizlabs.com/blog/iot-and-big-data/>
- Γαλαζίου Λ. (2017). *Τι είναι πράγματι τα Big Data*; Προσπελάστηκε 02/10/2020 από <https://www.epixeiro.gr/article/2728>
- tutorialspoint.com (2020). *Internet of Things – Software*. Προσπελάστηκε 20/10/2020 από https://www.tutorialspoint.com/internet_of_things/internet_of_things_software.htm
- Hurwitz L., & Nugent A., & Halper F., & Kaufman M. (2020). *Big Data Cloud Providers*. Προσπελάστηκε 12/11/2020 από <https://www.dummies.com/programming/big-data/engineering/big-data-cloud-providers/>
- Γέμτος Φ. (2016). *Οι νέες τεχνολογίες και η γεωργία ακριβείας*. Προσπελάστηκε 08/09/2020 από <https://blog.farmacon.gr/katigories/tekniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/1066-oi-nees-texnologies-kai-i-georgia-akriveias>

- Χαρού Α. (2016). *Γεωργία ακριβείας: βασικές τεχνολογίες και έννοιες*. Προσπελάστηκε 08/09/2020 από <https://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/1309-i-texnologia-tis-georgias-akriveias>
- el.wikipedia.org (2019). *Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων*. Προσπελάστηκε 10/09/2020 από <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%85%CF%80%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BE%CE%B7%CF%82%CE%B1%CF%80%CE%BF%CF%86%CE%AC%CF%83%CE%B5%CF%89%CE%BD>
- smart-akis.com (2020). *Τι είναι η Έξυπνη Γεωργία*; Προσπελάστηκε 28/08/2020 από <https://www.smart-akis.com/index.php/el/network-el/what-is-smart-farming-el/>
- Βασιλακόπουλος Α., & Κορμπάκης Π., & Πετρόπουλος Ι. (2015). *Μελέτη και εφαρμογή λογισμικού συστημάτων υποστήριξης λήψης αποφάσεων*. Προσπελάστηκε 21/09/2020 από <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3294/%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%95%CE%A6%CE%91%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%93%CE%97%20%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%A3%CE%9C%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%A5%20%CE%A3%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%A9%CE%9D%20%CE%A5%CE%A0%CE%9F%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%9E%CE%97%CE%A3%20%CE%9B%CE%97%CE%A8%CE%97%CE%A3%20%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%A6%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%A9%CE%9D..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- blog.farmacon.gr (2018). *Τι είναι τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) στη γεωργία*; Προσπελάστηκε 15/10/2020 από <https://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/2066-ti-einai-ta-systimata-ypostirixis-apofaseon-sti-georgia>
- Hayward A. (2016). *The FarmBot Genesis Brings Precision Agriculture to Your Own Backyard*. Προσπελάστηκε 07/10/2020 από <https://www.smithsonianmag.com/innovation/farmbot-genesis-brings-precision-agriculture-your-own-backyard-180959603/>
- <https://blog.farmacon.gr/> (2018). *Έξυπνη γεωργία σημαίνει αυτοματοποιημένη και συνδεδεμένη γεωργία!* Προσπελάστηκε 03/09/2020 από <https://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/2008-eksypni-georgia-simainei-aftomatopoiimeni-kai-syndedemeni-georgia>
- digiteum.com (2019). *Choosing the Right IoT Hardware Platform*. Προσπελάστηκε 12/09/2020 από <https://www.digiteum.com/iot-hardware-platforms>
- data-flair.training (2020). *IoT Hardware | IoT Software – A Complete Tour*. Προσπελάστηκε 17/10/2020 από <https://data-flair.training/blogs/iot-hardware/>

- Burns P. (2017). *How To Solve For Geofencing In The Low Power IoT*. Προσπελάστηκε 20/09/2020 από <https://medium.com/@patburns/how-to-solve-for-geofencing-in-the-low-power-iot-94567de29eaf>
- *GPS technology as an integral part of precision agriculture*. Farmmanagement.pro. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://www.farmmanagement.pro/gps-technology-as-an-integral-part-of-precision-agriculture/>.
- Κυρίτσης, Ά. (2016). *Πώς λειτουργεί η Πλοήγηση GPS στο Κινητό και Κάθε Συσκευή*. Pcsteps.gr. Retrieved 15 December 2020, from <https://www.pcsteps.gr/1412-%CF%80%CF%89%CF%82-%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%AF-%CE%B7-%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%AE%CE%B3%CE%B7%CF%83%CE%B7-gps-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CF%8C/>.
- PELAEZ, A. (2020). *12 IoT Sensor Types To Keep An Eye On*. <https://ubidots.com/>. Retrieved 15 December 2020, from <https://ubidots.com/blog/iot-sensor-types/>.
- Shawn. (2020). *What is a light sensor? Types, Uses, Arduino Guide - Latest open tech from seeed studio*. Latest open tech from seeed studio. Retrieved 15 December 2020, from <https://www.seeedstudio.com/blog/2020/01/08/what-is-a-light-sensor-types-uses-arduino-guide/>.
- *Agriculture Sensors: Top 5 Sensors Used in Agriculture*. www.arrow.com. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/top-5-sensors-used-in-agriculture>.
- Olson, T. (2016). *Pressure Measurement For Agricultural Applications | APG*. Apgsensors.com. Retrieved 15 December 2020, from <https://www.apgsensors.com/about-us/blog/pressure-measurement-for-agricultural-applications>.
- Davies, M. (2019). *IoT Water Sensors: Improving Water Quality Management In Agriculture » Iota Communications, Inc.*. Iota Communications, Inc. Retrieved 15 December 2020, from <https://www.iotacommunications.com/blog/iot-water-sensor/>.
- Ortiz, J. (2020). *Light Sensors: Lighting the Way to Crop Health - ECS*. ECS. Retrieved 15 December 2020, from <https://www.electrochem.org/ecs-blog/light-sensors-lighting-the-way-to-crop-health/#:~:text=According%20to%20New%20Food%2C%20the,and%20yields%20are%20reduced%20significantly>.
- Gredig., P. (2020). *Wearable tech coming for ag | FCC*. Fcc-fac.ca. Retrieved 15 December 2020, from <https://www.fcc-fac.ca/en/knowledge/wearable-tech-coming-for-ag.html>.

- Gaskell, A. (2020). *The Growth in Wearable Technology in Farming - DZone IoT*. dzone.com. Retrieved 15 December 2020, from <https://dzone.com/articles/the-growth-in-wearable-technology-in-farming>.
- *Smart Farming: How Drones are Transforming Agricultural Operations*. Precisionhawk.com. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://www.precisionhawk.com/blog/smart-farming-how-drones-are-transforming-agricultural-operations>.
- Jennings, T. (2020). *Smart farming drones – agriculture’s high-flying future*. Farm Progress. Retrieved 15 December 2020, from <https://www.farmprogress.com/aerial-imagery/smart-farming-drones-agriculture-s-high-flying-future>.
- *Agriculture Drones (2019 Complete Guide to Companies & Providers)*. Postscapes. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://www.postscapes.com/agriculture-drone-companies/>.
- JENSEN, J. (2020). *Agriculture Drones: Drone Use in Agriculture and Current Job Prospects*. UAV Coach. Retrieved 15 December 2020, from <https://uavcoach.com/agricultural-drones/>.
- *Τα drones στο πλευρό του αγρότη | DroneBlog*. DroneBlog. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://droneblog.gr/ta-drones-sto-plevro-tou-agroti/?fbclid=IwAR0hO2Ofh9B-KBIUUM1hvaTowLv-oQYC-tw6vYwjw88DzUc0EdMezLTMNsQ>.
- Giannis. (2020). *Αγρότης στην Γαλλία αντιμετωπίζει τον παγετό με Drone | DroneBlog*. DroneBlog. Retrieved 15 December 2020, from https://droneblog.gr/agrotis-stin-gallia-antimetopizei-ton-pageto-drone/?fbclid=IwAR3KRVsTcMQhyFFN8gk1CWxETf6T4qrBuJc5mcWz1lfrskO6nleCynH_a3A.
- GIANNIS. (2020). *Drones βοηθούν στον έλεγχο για την ωρίμανση των κερασιών | DroneBlog*. DroneBlog. Retrieved 15 December 2020, from https://droneblog.gr/drones-voithoyn-ston-elegcho-gia-tin-orimansi-ton-kerasion/?fbclid=IwAR35WY-hNS88R9Ngg1iUpuF8JUjB4I1FxQ_2ICKn2jnTREHii4pRQiRSAJM.
- *Agriculture Drones (2019 Complete Guide to Companies & Providers)*. Postscapes. (2019). Retrieved 15 December 2020, from <https://www.postscapes.com/agriculture-drone-companies/>.
- *Τι είναι τα drones; Τι είναι τα πολύκοπτερα; Τύποι πολυκοπτέρων..* dronesworld. (2016). Retrieved 15 December 2020, from <https://dronesworld.gr/ti-einai-ta-drones-polykoptera/>. <https://www.smart-akis.com/index.php/el/network-el/what-is-smart-farming-el/>

- *Τι είναι η Έξυπνη Γεωργία;*. <https://yourcareer.gr/>. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://yourcareer.gr/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%B7-%CE%AD%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B7-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1/>.
- *Έξυπνη Γεωργία |*. Arcadiaterra.gr. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://www.arcadiaterra.gr/%CE%AD%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%B7-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1-2/>.
- Παμπουλάκη, Ν., & Τσόπελα, Ε. (2020). Repository.library.teiwest.gr. Retrieved 15 December 2020, from <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8282/TEG%20-%20%20%CE%A0%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CE%B7%CF%82-%CE%A4%CF%83%CE%BF%CF%80%CE%B5%CE%BB%CE%B1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- *Πώς η «έξυπνη» γεωργία αυξάνει την παραγωγικότητα στο χωράφι.* M.naftemporiki.gr. (2018). Retrieved 15 December 2020, from <https://m.naftemporiki.gr/story/1414577/pos-i-eksupni-georgia-auksanei-tin-paragogikotita-sto-xorafi>.
- Μπλάντζας, Ν. (2015). *Μάθε τι είναι το Internet of Things (IoT)*. Techblog.gr. Retrieved 15 December 2020, from <https://techblog.gr/internet/internet-of-things-for-dummies-6413/>.
- Κουκουλι, Ε. (2019). *Τι είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) | Study Care*. Study Care. Retrieved 15 December 2020, from <https://studycare.gr/ti-einai-to-diadiktyo-ton-pragmaton-iot/>.
- *Constrained Application Protocol*. En.wikipedia.org. (2020). Retrieved 15 December 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Constrained_Application_Protocol.
- Jaffey, T. (2020). *MQTT and CoAP, IoT Protocols | The Eclipse Foundation*. Eclipse.org. Retrieved 15 December 2020, from https://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php.
- Παναγόπουλος, Α. (2020). *Αξιοποιώντας το πρωτόκολλο CoAP για ευέλικτα υβριδικά συστήματα στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)*. Nemertes.lis.upatras.gr. Retrieved 15 December 2020, from [https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/9507/3/Panagopoulos\(com\).pdf](https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/9507/3/Panagopoulos(com).pdf).
- *Τι είναι το MQTT και γιατί το χρειαζόμαστε στο IIoT; Περιγραφή του πρωτοκόλλου MQTT*. Cy.ipc2u.com. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://cy.ipc2u.com/articles/articles-and-reviews/ti-einai-to-mqtt-kai-qiati-to-chreiazomaste-sto-iiot/>.

- Αποστολόπουλος, Π. (2019). *Η ασύρματη τεχνολογία ZigBee*. Securityreport.gr. Retrieved 15 December 2020, from <https://securityreport.gr/magazine-archive/etos-2019/item/7379-i-asyrmati-texnologia-zigbee>.
- *Τι είναι το Bluetooth και πως λειτουργεί..* Thinktech.gr. (2020). Retrieved 15 December 2020, from <https://thinktech.gr/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-bluetooth-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%80%CF%89%CF%82-%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%AF/>.
- Λυκοτραφίτη, Β. (2020). *Ανάπτυξη Υπηρεσιών Τηλεϊατρικής πάνω σε Δίκτυα Επόμενης Γενιάς και στο Διαδίκτυο*. Nemertes.lis.upatras.gr. Retrieved 15 December 2020, from <https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/10734/1/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97.ece7042.pdf>. https://en.wikipedia.org/wiki/Data_Distribution_Service
- Λυκοτραφίτη, Β. (2020). *Ανάπτυξη Υπηρεσιών Τηλεϊατρικής πάνω σε Δίκτυα Επόμενης Γενιάς και στο Διαδίκτυο*. Nemertes.lis.upatras.gr. Retrieved 15 December 2020, from <https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/10734/1/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97.ece7042.pdf>.
- ΑΓΓΕΛΙΝΑ, Δ. (2020). *Συγκριτική ανάλυση και μελέτη ουρών σε cloud περιβάλλον*. Core.ac.uk. Retrieved 15 December 2020, from <https://core.ac.uk/download/pdf/81560605.pdf>.
- Κοντού, Ι. (2020). *Αξιοποιώντας πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής σε εφαρμογές Διαδικτύου Αντικειμένων: Η περίπτωση των Συστημάτων Συναρμολόγησης*. Nemertes.lis.upatras.gr. Retrieved 15 December 2020, from <https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/12605/1/loannaKontouThesis.pdf>.