



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

	ΟΝΟΜΑ	ΑΜ
1	ΑΛΦΟΝΣΟΣ -ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΚΩΤΣΙΟΣ	E21083
2	ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΣ	E19044

## Εισαγωγή

Η περιβαλλοντική θερμοκρασία και η υγρασία ασκούν μεγάλη επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών. Η υγρασία αναφέρεται στην ποσότητα νερού που υπάρχει στον αέρα. Η σχετική υγρασία (Relative Humidity - RH), συγκεκριμένα, αναφέρεται στην περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υγρασία, εκφρασμένη ως ποσοστό της μέγιστης ποσότητας υγρασίας που μπορεί να συγκρατηθεί από την ατμόσφαιρα σε μια δεδομένη θερμοκρασία και πίεση χωρίς συμπύκνωση. Αυτή η μέγιστη ποσότητα ονομάζεται επίσης ικανότητα συγκράτησης υγρασίας. Η σχετική υγρασία συγκρίνει την περιεκτικότητα του αέρα σε νερό (γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο) με τη θερμοκρασία σε μια δεδομένη χρονική στιγμή και εκφράζεται ως ποσοστό. Εάν η RH είναι 100%, σημαίνει ότι ο αέρας είναι κορεσμένος με νερό, και οποιαδήποτε περαιτέρω προσθήκη νερού θα οδηγήσει σε βροχή. **[INTRODUCTION]**

Η κυκλοφορία του νερού στα φυτά διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξή τους. Είναι σημαντική για τη διαπνοή και τη μεταφορά ουσιών. Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η υγρασία του αέρα, η παροχή μετάλλων, η αλατότητα και οι βιοτικοί παράγοντες έχουν μεγάλη επίδραση στην περιεκτικότητα σε νερό σε διάφορα μέρη του φυτού. Η RH επηρεάζει άμεσα την ποιότητα της παραγωγής. Καθώς το RH% μειώνεται, αυτό δείχνει αύξηση του ρυθμού απώλειας νερού. Το ξηρότερο περιβάλλον προκαλεί απώλεια νερού στους φυτικούς ιστούς. Η παρακολούθηση της RH του περιβάλλοντος στα γεωργικά πεδία μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να μειώσουν την απώλεια νερού και να ενισχύσουν την παραγωγή. **[INTRODUCTION]**

Εκτός από την υγρασία, η θερμοκρασία είναι επίσης ένα από τα σημαντικά στοιχεία που μπορούν να παρακολουθούνται σε εφαρμογές **IoT**. Πολλά συστήματα παρακολούθησης έχουν σχεδιαστεί για την παρακολούθηση της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και υγρασίας για διαφορετικές βιομηχανικές εφαρμογές και έξυπνα σπίτια χρησιμοποιώντας αισθητήρες όπως ο **DHT22** ή ο **DHT11** με μικροελεγκτές όπως το **Arduino Uno** και μονάδες ασύρματης επικοινωνίας. **[INTRODUCTION]**

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη χρήση της τεχνολογίας **Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)** για την απομακρυσμένη παρακολούθηση της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και υγρασίας σε γεωργική φάρμα, χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα DHT22 σε συνδυασμό με το TTGO T-Beam, καθώς αυτό διαθέτει ενσωματωμένη πλακέτα ανάπτυξης ESP32 και περιλαμβάνει επίσης μονάδα GPRS. Το ESP32 μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο χρησιμοποιώντας Wi-Fi. **[INTRODUCTION]**

## Περιγραφή σεναρίων χρήσης

Το σύστημα που σχεδιάστηκε για την παρακολούθηση περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και υγρασίας σε γεωργικές φάρμες μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα σενάρια χρήσης. Εκτός από την κύρια εφαρμογή στη γεωργία και την καλλιέργεια, όπου η παρακολούθηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη των φυτών, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές όπως:

- **Έξυπνα σπίτια:** Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας.
- **Βιομηχανίες:** Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε βιομηχανικά περιβάλλοντα.
- **Παρακολούθηση περιβάλλοντος σε συγκεκριμένες τοποθεσίες/περιοχές:** Γενική παρακολούθηση κλιματικών συνθηκών. Η κλιματική πληροφορία είναι πολύ σημαντική για τον προσδιορισμό των προτύπων καλλιέργειας και των διαδικασιών άρδευσης.
- **Παρακολούθηση αερίων του θερμοκηπίου:** Τα συστήματα IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε αυτό το πλαίσιο.
- **Τοπικοί μετεωρολογικοί σταθμοί:** Ο αισθητήρας DHT22 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας.
- **Αυτόματος έλεγχος κλίματος:** Η πληροφορία από τον αισθητήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συστήματα αυτόματου ελέγχου.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το σύστημα σχεδιάστηκε ειδικά για την παρακολούθηση περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και υγρασίας σε γεωργική φάρμα που παράγει καλλιέργεια ηλίανθου, από την οποία εξάγεται μαγειρικό λάδι. Αυτή η δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης επιτρέπει έγκαιρη δράση για την αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών.

## Επισκόπηση

Πολλά συστήματα παρακολούθησης έχουν σχεδιαστεί και δοκιμαστεί από ερευνητές για την παρακολούθηση της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και υγρασίας. Ο

αισθητήρας DHT22 έχει βρεθεί να έχει καλύτερες προδιαγραφές όσον αφορά την απόδοση και την ακρίβεια για τη μέτρηση τόσο της θερμοκρασίας όσο και της υγρασίας σε σύγκριση με τον DHT11.

Στη βιβλιογραφία (που αναφέρεται στην πηγή ως αναφορά), γίνεται σύγκριση των χαρακτηριστικών των αισθητήρων DHT22 και DHT11. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, παρόλο που ο DHT22 είναι λίγο πιο ακριβός, η απόδοση και οι προδιαγραφές του είναι καλύτερες σε σύγκριση με τον DHT11.

Το εύρος θερμοκρασίας του DHT22 κυμαίνεται μεταξύ  $-40^{\circ}\text{C}$  και  $+125^{\circ}\text{C}$ , ενώ το εύρος υγρασίας κυμαίνεται από 0% έως 100%. Η ακρίβειά του είναι  $\pm 0.5$  βαθμοί Κελσίου στη μέτρηση θερμοκρασίας και 2-5% στη μέτρηση υγρασίας.

Αντίστοιχα, το εύρος θερμοκρασίας του DHT11 είναι 0 έως  $50^{\circ}\text{C}$  με ακρίβεια  $\pm 2$  βαθμούς Κελσίου. Η υγρασία του DHT11 κυμαίνεται μεταξύ 20% και 80% με ακρίβεια 5%.

Ωστόσο, ο ρυθμός δειγματοληψίας για τον DHT11 είναι 1Hz, πράγμα που σημαίνει μία μέτρηση ανά δευτερόλεπτο, ενώ ο DHT22 έχει ρυθμό δειγματοληψίας 0.5 Hz, δηλαδή μία μέτρηση κάθε 2 δευτερόλεπτα. Και οι δύο αισθητήρες λειτουργούν σε τάση 3-5 volt με μέγιστο ρεύμα 2.5mA.

Αυτές οι λεπτομερείς προδιαγραφές δικαιολογούν την επιλογή του DHT22 για την παρούσα εργασία. **III. LITERATURE REVIEW**

Αντί για τον μικροελεγκτή Arduino UNO, ο οποίος χρησιμοποιείται συνήθως στην επιστημονική έρευνα, οι συγγραφείς της πηγής προτίμησαν να χρησιμοποιήσουν το TTGO T-Beam. Ο λόγος για αυτή την επιλογή είναι οι διαφορές στις ενσωματωμένες δυνατότητες.

Το ESP32, το οποίο αποτελεί την πλακέτα ανάπτυξης του TTGO T-Beam, διαθέτει πιο ισχυρή CPU που μπορεί να λειτουργήσει έως και 240 MHz, ενώ το Arduino UNO μπορεί να λειτουργήσει έως και 16 MHz. Όσον αφορά τη συνδεσιμότητα, δεν υπάρχει ενσωματωμένη λειτουργικότητα Wi-Fi ή Bluetooth στην πλακέτα Arduino, ενώ το ESP-32 διαθέτει ενσωματωμένες λειτουργίες Wi-Fi και Bluetooth, κάτι που το καθιστά πιο κατάλληλο για έργα IoT. Το TTGO T-Beam ενσωματώνει επίσης κεραία 3D, επικοινωνία LoRaWAN και μονάδες GPS NEO-6M.

Ένα IoT σύστημα παρακολούθησης θερμοκρασίας/υγρασίας έχει αναπτυχθεί, το οποίο στέλνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στους χρήστες μέσω του διαδικτύου μέσω Wi-Fi και τεχνολογίας LoRaWAN χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα DHT22. Ο αισθητήρας διασυνδέεται με το TTGO T-Beam.

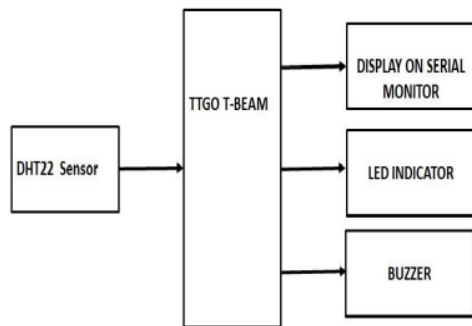


Fig 5 Block diagram of Temperature/Humidity Measurement System

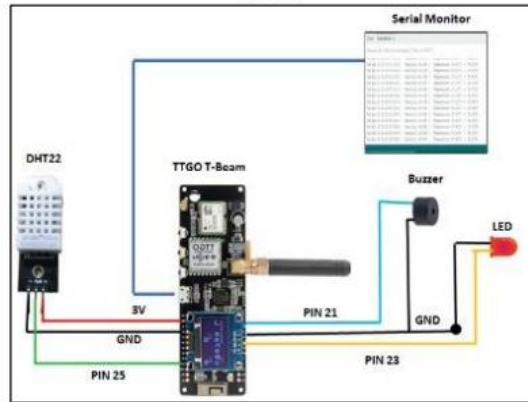


Fig 6 Circuit diagram measuring Environment Temperature / Humidity using TTGO T-Beam and DHT22.

Ο αισθητήρας DHT22 διαθέτει έναν ειδικό αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας (NTC) για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Περιλαμβάνει έναν μικροελεγκτή 8-bit για την παροχή ενδείξεων θερμοκρασίας/υγρασίας ως σειριακά δεδομένα. Ο DHT22 μπορεί να διασυνδεθεί και με άλλους μικροελεγκτές.

Ο αισθητήρας DHT22 module (όπως απεικονίζεται στην πηγή) έχει τρεις ακίδες, σε αντίθεση με τον αισθητήρα DHT22 που έχει τέσσερις ακίδες. Η τροποποίηση στην μονάδα DHT22 (module) είναι ότι διαθέτει ενσωματωμένο πυκνωτή φιλτραρίσματος και αντίσταση pull-up.

Η μονάδα αισθητήρα είναι αισθητήρας ψηφιακής λήψης σήματος. Η λειτουργία του είναι να αξιολογεί τις ενδείξεις θερμοκρασίας και υγρασίας ως αναλογική έξοδο για περαιτέρω επεξεργασία από έναν μικροελεγκτή. Ο αισθητήρας είναι μικρός σε μέγεθος, καταναλώνει λιγότερη ενέργεια, έχει υψηλή ακρίβεια και ικανότητα αντι-παρεμβολής, και χαμηλό κόστος. Λειτουργεί στα 3.5V έως 5.5V και το λειτουργικό του ρεύμα είναι 0.3mA, ενώ εξάγει σειριακά δεδομένα.

Το εύρος θερμοκρασίας του κυμαίνεται από -40°C ελάχιστο έως 80°C μέγιστο, ενώ η υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 0% και 100%. Η ανάλυσή του είναι 16 bits για θερμοκρασία και υγρασία, δείχνοντας ακρίβεια  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  και  $\pm 1\%$ .

Το TTGO T-Beam (όπως απεικονίζεται στην πηγή) ενσωματώνει πλακέτα ανάπτυξης ESP32 με 4 MB Flash, 8 MB PSRAM, κεραία 3D, WiFi, Bluetooth με επικοινωνία LoRaWAN, μονάδες GPS NEO-6M και universal τροφοδοσία 3V-5V.

Στη μεθοδολογία που περιγράφεται στην πηγή, χρησιμοποιήθηκε η μονάδα αισθητήρα DHT22 ως είσοδος, διασυνδεδεμένη με το TTGO T-Beam. Στην έξοδο, συνδέθηκαν οθόνη σειριακής κονσόλας (serial monitor), ένας βομβητής (buzzer) και ένα LED. Ο αισθητήρας DHT22 στέλνει δεδομένα στο TTGO T-Beam, το οποίο ελέγχει, λαμβάνει και επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνει από τους αισθητήρες.

Τα αποτελέσματα των δεδομένων που λαμβάνονται εμφανίζονται στον σειριακό monitor. Ο δείκτης LED και ο βομβητής θα ενεργοποιηθούν όταν η θερμοκρασία και η υγρασία ξεπεράσουν τις τιμές κατωφλίου. Η κωδικοποίηση έγινε σε C++ για τη σύνδεση του συστήματος στο cloud χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Firebase και το διαδίκτυο μέσω Wi-Fi. Τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν να προσπελαστούν σε smartphones, καθώς και σε Web/App που αναπτύχθηκαν για αυτόν τον σκοπό.

Στα πειράματα που διεξήχθησαν, ο βομβητής ρυθμίστηκε να ενεργοποιείται για θερμοκρασία  $\geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$  και υγρασία  $\leq 60\%$ . Αυτές οι τιμές κατωφλίου χρησιμοποιήθηκαν και στα πειράματα αποτελεσμάτων.

Το σύστημα δοκιμάστηκε σε απόσταση 500m μεταξύ του πομπού και του δέκτη, και τα δεδομένα που εστάλησαν εμφανίστηκαν με επιτυχία στον σειριακό monitor και λήφθηκαν επίσης σε smartphone και Web/App. Πραγματοποιήθηκαν επίσης δοκιμές για επικοινωνία μεταξύ δύο T-Beams που βρίσκονταν σε απόσταση. Τα δεδομένα που λήφθηκαν στο T-Beam δέκτη ήταν ακριβώς τα ίδια με αυτά που εστάλησαν από το T-Beam πομπό. Ο T-Beam δέκτης ήταν συνδεδεμένος στο cloud μέσω internet. Τα ίδια δεδομένα λήφθηκαν στο smartphone. Αυτή η μονάδα θα βοηθήσει στην απομακρυσμένη παρακολούθηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του περιβάλλοντος στη φάρμα.

Όσον αφορά τις εφαρμογές και τις προηγούμενες μελέτες που αναφέρονται στην πηγή:

- Ερευνητές στην εργασία σχεδίασαν ένα σύστημα παρακολούθησης θερμοκρασίας και υγρασίας χρησιμοποιώντας αισθητήρα DHT22 και την ασύρματη μονάδα επικοινωνίας NRF24L01, βασισμένο σε Arduino Uno. Δοκίμασαν τη μονάδα σε διαφορετικά δωμάτια και διαπίστωσαν ότι τα δεδομένα που εστάλησαν ήταν τα ίδια με τα δεδομένα που ελήφθησαν σε εμβέλεια έως 800 μέτρα.
- Στην εργασία, οι συγγραφείς πραγματοποίησαν πειράματα για την εύρεση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του pH του εδάφους στο όρος Sinabung για να προσδιορίσουν την καταλληλότητα του εδάφους για την καλλιέργεια φράουλας. Για τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα χρησιμοποίησαν αισθητήρα DHT22, ενώ αισθητήρας pH χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της τιμής pH του εδάφους. Έλαβαν μετρήσεις σε τέσσερα διαφορετικά σημεία στο πεδίο όπου επρόκειτο να γίνει φύτευση φράουλας. Όλα τα τέσσερα αποτελέσματα έδειξαν ότι το έδαφος ήταν κατάλληλο για φύτευση φράουλας.
- Στην εργασία, οι συγγραφείς επικεντρώθηκαν στη μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας χρησιμοποιώντας DHT11 και συσκευή Node MCU στον γεωργικό τομέα. Στο έργο τους, ο αισθητήρας DHT11 ανιχνεύει την υγρασία και τη θερμοκρασία στον αέρα και στέλνει τα δεδομένα μέσω Arduino MCU στο Cloud σε τακτά χρονικά διαστήματα μέσω της μονάδας ESP8266 WIFI. Από το Cloud, οι

τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας μπορούν να προβληθούν γραφικά στην πλατφόρμα Firebase console από οπουδήποτε στον κόσμο.

- Η μονάδα αισθητήρα DHT22 λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων ISM (Industrial, Scientific and Medical) σε όλο τον κόσμο στα 2.400-2.4835GHz και είναι ικανή να μεταδίδει δεδομένα σε μέγιστη απόσταση 1 χιλιομέτρου.
- Οι συγγραφείς αναφέρονται στην επίδραση της υγρασίας του αέρα στους φυτικούς ιστούς. Η υψηλή υγρασία του αέρα προκαλεί φυσιολογική διαταραχή που εμφανίζεται συχνά στους φυτικούς ιστούς και οδηγεί σε μείωση της διάδοσης και σημαντικές απώλειες. Η καλλιέργεια φυτών σε θερμοκήπια δημιουργεί υψηλή υγρασία αέρα, με αποτέλεσμα την αυξημένη συσσώρευση νερού στους βλαστούς. Η υψηλή υγρασία αέρα οδηγεί σε αναπτυξιακές ανωμαλίες, συμπεριλαμβανομένης της κακής λειτουργίας των στομάτων, και σε μειωμένη διαπνοή, ειδικά σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων για τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας παρουσιάζονται στην πηγή. Ο αισθητήρας μετέδιδε δεδομένα στο T-beam και οι ενδείξεις εμφανίζονταν στον σειριακό monitor. Η τιμή κατωφλίου για τη δοκιμή θερμοκρασίας ορίστηκε στους 32°C. Όταν η θερμοκρασία έφτασε τους 32°C, ο βομβητής ενεργοποιήθηκε, δείχνοντας υψηλή θερμοκρασία. Ομοίως, το κατώφλιο για την υγρασία ορίστηκε στο 60%. Όταν η τιμή υγρασίας έφτασε το 60%, ο βομβητής ενεργοποιήθηκε. Αυτές οι ενδείξεις λήφθηκαν επίσης στο smartphone, ειδοποιώντας το ενδιαφερόμενο προσωπικό για την κατάλληλη ενέργεια όπως απαιτείται από την εφαρμογή.

Η πηγή παρέχει έναν πίνακα (Πίνακας II) που δείχνει τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας ανά μισή ώρα.

Στις 8:00 π.μ., η θερμοκρασία ήταν 25.3°C και η υγρασία 52.3%, με τον βομβητή ανενεργό. Στις 12:00 μ.μ., η θερμοκρασία αυξήθηκε στους 32.2°C και η υγρασία στους 57.5%. Σε αυτή την τιμή θερμοκρασίας ( $\geq 32^{\circ}\text{C}$ ), ο βομβητής ενεργοποιήθηκε. Στις 12:30 μ.μ., η θερμοκρασία ήταν 32.1°C και η υγρασία 58.6%, με τον βομβητή να παραμένει ενεργός. Στις 13:00 μ.μ., η θερμοκρασία ήταν 31.92°C, ελαφρώς κάτω από το κατώφλιο θερμοκρασίας, αλλά η υγρασία έφτασε το 60.1%, ξεπερνώντας το κατώφλιο υγρασίας ( $\geq 60\%$ ). Ο βομβητής παρέμεινε ενεργός. Στις 13:30 μ.μ., η θερμοκρασία μειώθηκε στους 29.5°C και η υγρασία στους 58.9%. Και οι δύο τιμές ήταν κάτω από τα κατώφλια, οπότε ο βομβητής απενεργοποιήθηκε.

TABLE II RESULTS SHOWING TEMPERATURE AND HUMIDITY MEASUREMENT

Time	Temperature °C	Humidity %	Buzzer
8:00:00	25.3	52.3	OFF
8:30:00	26	50.6	OFF
9:00:00	27.4	51.5	OFF
9:30:00	28.8	53	OFF
10:00:00	29.3	54.2	OFF
10:30:00	30.9	55.8	OFF
11:00:00	29.4	54.6	OFF
11:30:00	31.6	55.9	OFF
12:00:00	32.2	57.5	ON
12:30:00	32.1	58.6	ON
13:00:00	31.92	60.1	ON
13:30:00	29.5	58.9	OFF
14:00:00	27.5	55.9	OFF

Η πηγή παρουσιάζει γραφήματα που δείχνουν την εξέλιξη της θερμοκρασίας (Εικόνα 9) και της υγρασίας (Εικόνα 10) κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

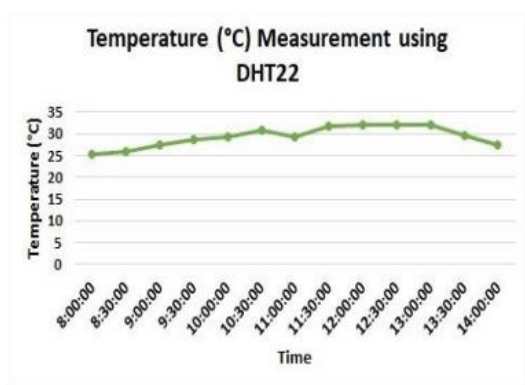


Fig 9 Plot of Temperature measurement with DHT22 sensor module

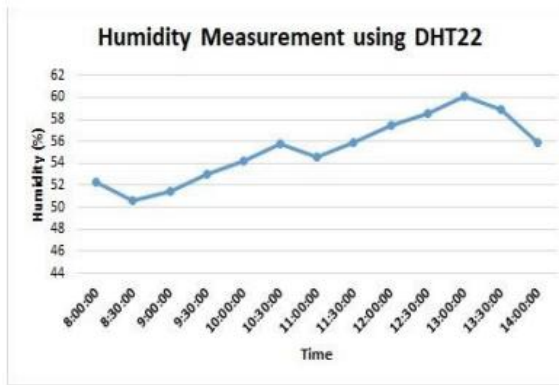


Fig 10 Plot of Humidity measurements with DHT22 sensor module

Το γράφημα θερμοκρασίας δείχνει την αύξηση από τις 8:00 π.μ. έως περίπου τις 12:00 μ.μ., φτάνοντας το μέγιστο πάνω από τους 32°C, και στη συνέχεια τη μείωση.

Το γράφημα υγρασίας δείχνει μια πιο σταδιακή αύξηση και στη συνέχεια μείωση, με την τιμή να ξεπερνά το 60% περίπου στη 13:00 μ.μ..



Ένα συνδυασμένο γράφημα (Εικόνα 11) απεικονίζει ταυτόχρονα τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας, επιτρέποντας τη συγκριτική ανάλυση.

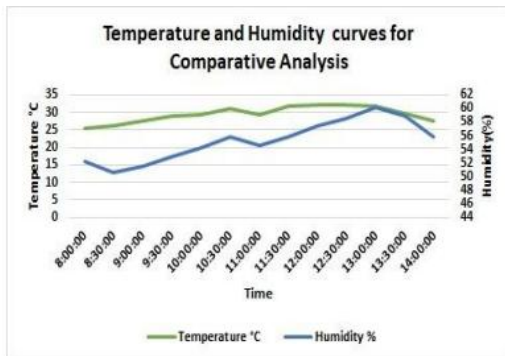


Fig 11 Comparative analysis of temperature and Humidity measurements

Αυτά τα γραφήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάλυση και απαραίτητη δράση βάσει των απαιτήσεων της φάρμας για την ανάπτυξη των καλλιεργειών, ή οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή.

Η δυνατότητα λήψης των δεδομένων σε smartphone και Web/App μέσω cloud επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και ενημέρωση του αρμόδιου προσωπικού, διευκολύνοντας την έγκαιρη λήψη μέτρων.

## Προκλήσεις-Απαιτήσεις

Από την ανάλυση των πηγών, μπορούν να εντοπιστούν διάφορες προκλήσεις και απαιτήσεις για την υλοποίηση ενός αποτελεσματικού συστήματος παρακολούθησης περιβαλλοντικών συνθηκών σε γεωργικές φάρμες ή άλλες εφαρμογές:

- **Απαίτηση για Ακρίβεια και Αξιοπιστία:** Η ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας είναι θεμελιώδης. Η επιλογή του DHT22 έναντι του DHT11 βασίστηκε στις ανώτερες προδιαγραφές του σε ακρίβεια και απόδοση. Ωστόσο, όπως επισημαίνεται στην πηγή, η ακρίβεια του DHT22 μπορεί να επηρεαστεί σε περιβάλλοντα με γρήγορες αλλαγές θερμοκρασίας, καθιστώντας τον πιο κατάλληλο για σταδιακές μεταβολές.

- **Απαίτηση για Απομακρυσμένη Παρακολούθηση σε Μεγάλες Αποστάσεις:** Οι γεωργικές φάρμες συχνά καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις και μπορεί να βρίσκονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. Η δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας σε μεγάλες αποστάσεις είναι κρίσιμη. Η τεχνολογία LoRaWAN, με εμβέλεια έως 15 Kms, και η μονάδα TTGO T-Beam, με την ικανότητα μετάδοσης δεδομένων σε αποστάσεις (δοκιμάστηκε επιτυχώς στα 500m), ανταποκρίνονται σε αυτή την απαίτηση.
- **Απαίτηση για Συνδεσιμότητα και Πρόσβαση Δεδομένων:** Για την απομακρυσμένη παρακολούθηση, το σύστημα πρέπει να είναι συνδεδεμένο στο διαδίκτυο. Η ενσωματωμένη λειτουργικότητα Wi-Fi και Bluetooth του ESP32/TTGO T-Beam διευκολύνει τη σύνδεση. Τα δεδομένα πρέπει να αποθηκεύονται σε μια πλατφόρμα cloud (όπως το Firebase) και να είναι προσβάσιμα σε διάφορες συσκευές, όπως smartphones και εφαρμογές Web/App, για την άμεση ενημέρωση των χρηστών.
- **Απαίτηση για Επεξεργαστική Ισχύ:** Η αποτελεσματική επεξεργασία των δεδομένων από τους αισθητήρες και η διαχείριση της επικοινωνίας απαιτούν επεξεργαστική ισχύ. Η επιλογή ενός ισχυρότερου μικροελεγκτή όπως ο ESP32 (έως 240 MHz) σε σύγκριση με το Arduino UNO (16 MHz) είναι σημαντική για πιο απαιτητικά έργα IoT.
- **Απαίτηση για Κατάλληλη Διαχείριση Ενέργειας:** Τα συστήματα που λειτουργούν σε απομακρυσμένες τοποθεσίες ενδέχεται να βασίζονται σε μπαταρίες ή άλλες πηγές ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας των επιλεγμένων εξαρτημάτων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό του συστήματος για να εξασφαλιστεί η αυτονομία.
- **Απαίτηση για Σύστημα Ειδοποιήσεων:** Η αυτόματη ειδοποίηση των χρηστών όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες υπερβαίνουν συγκεκριμένα κατώφλια είναι ζωτικής σημασίας για την έγκαιρη λήψη διορθωτικών μέτρων. Η ενσωμάτωση ενός βομβητή ή/και η αποστολή ειδοποιήσεων μέσω smartphone/Web/App καλύπτει αυτή την απαίτηση. Ο καθορισμός των κατάλληλων τιμών κατωφλίου εξαρτάται από την εφαρμογή (π.χ., 32°C και 60% RH στην πηγή).
- **Σχετικές Απαιτήσεις Εφαρμογής:** Ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή, υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για τα βέλτιστα ή κρίσιμα εύρη θερμοκρασίας και υγρασίας. Το σύστημα πρέπει να είναι ρυθμιζόμενο ώστε να ανταποκρίνεται σε αυτές τις συγκεκριμένες ανάγκες.

## Συμπεράσματα

Αυτό το έργο αποσκοπούσε στην ανάπτυξη ενός συστήματος βασισμένου στο IoT χρησιμοποιώντας την τεχνολογία LoRaWAN για την παρακολούθηση της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και υγρασίας για μια γεωργική φάρμα. Χρησιμοποιήθηκε η μονάδα αισθητήρα θερμοκρασίας/υγρασίας DHT22, η οποία διασυνδέθηκε με ένα TTGO T-BEAM για τη μέτρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών. Το TTGO T-Beam επιλέχθηκε λόγω των ενσωματωμένων δυνατοτήτων του, όπως η πλακέτα ανάπτυξης ESP32 με Wi-Fi και Bluetooth, σε αντίθεση με το Arduino UNO.

Ο αισθητήρας DHT22 προτιμήθηκε έναντι του DHT11 λόγω των καλύτερων προδιαγραφών του σε απόδοση, ακρίβεια, εύρος μέτρησης και ανάλυση.

Το σύστημα λειτουργεί συλλέγοντας δεδομένα από τον αισθητήρα DHT22 μέσω του TTGO T-Beam. Το T-Beam μεταδίδει τα δεδομένα στο cloud χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Firebase μέσω διαδικτύου, εκμεταλλευόμενο τη σύνδεση Wi-Fi. Η τεχνολογία LoRaWAN χρησιμοποιείται ως πύλη για τη σύνδεση των συσκευών ασύρματα στο διαδίκτυο και τη διαχείριση της επικοινωνίας μεταξύ των τελικών κόμβων, παρέχοντας εμβέλεια έως 15 χιλιόμετρα.

Τα πειράματα διεξήχθησαν στο εργαστήριο IoT του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Institute of Business Management. Η μονάδα αποδείχθηκε αξιόπιστη για την επικοινωνία δεδομένων, καθώς τα δεδομένα που λήφθηκαν ήταν σύμφωνα με τα δεδομένα που εστάλησαν. Διεξήχθη επίσης δοκιμή αποστολής δεδομένων σε ένα άλλο T-Beam σε απόσταση 500m, και τα δεδομένα λήφθηκαν επιτυχώς στον T-Beam δέκτη.

Ο βομβητής λειτούργησε σωστά, ενεργοποιούμενος για θερμοκρασία  $\geq 32^{\circ}\text{C}$  και υγρασία  $\geq 60\%$ . Αυτό επιτρέπει την αυτόματη ειδοποίηση σε περίπτωση που οι συνθήκες υπερβαίνουν τα προκαθορισμένα κατώφλια.

Αυτή η ρύθμιση είναι χρήσιμη για έργα που βρίσκονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, επιτρέποντας τον έλεγχο της θερμοκρασίας/υγρασίας από απόσταση σε γεωργικές φάρμες και πτηνοτροφεία. Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο εμφανίζονται στον σειριακό monitor, σε smartphone και σε Web/App, παρέχοντας άμεση πρόσβαση στην πληροφορία.

Η εργασία αναφέρει ότι το έργο πρόκειται να υλοποιηθεί σε φάρμες ηλίανθου στο Gharo, Sindh, στο Πακιστάν.

Συνολικά, το σύστημα που αναπτύχθηκε επιδεικνύει την αποτελεσματικότητα της χρήσης αισθητήρων DHT22, μικροελεγκτών ESP32 και τεχνολογίας LoRaWAN για την απομακρυσμένη και αξιόπιστη παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών.

**ΠΗΓΗ : Environmental Temperature and Humidity Monitoring at Agricultural Farms using Internet of Things & DHT22-Sensor**

-----ΤΕΛΟΣ-----