

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої інтелектуальної бездротової системи
зрошення ґрунту

Виконав: студент IV курсу, групи КТЗ-41

спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані
технології

(шифр і назва спеціальності)

Олійник Д.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Станько А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Левицький В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Микитишин А.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Козбур І.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Микитишин А.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«_13_» _ червня 2024 р._

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Олійнику Дмитру Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої інтелектуальної бездротової системи зрошення ґрунту

Керівник роботи Станько Андрій Андрійович, доктор філософії, асистент кафедри КТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «_17_» травня 2024 року № 4/7-516

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13 червня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про автоматизовані інтелектуальні бездротові системи зрошення ґрунту

4. Зміст роботи

Вступ. 1 Аналітична частина, 1.1 «Розумне» сільське господарство та інноваційні технології

1.2 Інтелектуальне зрошення, 1.3 Інтернет речей ThingSpeak, 2 Проектна частина

2.1 Архітектура системи, 2.2 Калібрування рівня води, 2.3 Станція на базі ESP32,

2.4 Псевдокод та обладнання системи, 2.5 V-модель розумної системи зрошення

2.6 Результати експерименту, 2.7 Результати роботи платформи,

2.8 Результати роботи застосунку, 2.9 Розрахунок скорочення використання води

3 Спеціальна частина, 3.1 Порівняльний аналіз, 3.2 Вплив на продовольчу безпеку,

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Висновки, Перелік джерел, Додатки

5. Перелік графічного матеріалу

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження.

4 Актуальність дослідження. 5 Блок-схема інтелектуальної системи моніторингу якості води.

6 Принципова схема системи моніторингу якості води. 7 Структурна схема апаратного

забезпечення системи. 8 Давачі якості води. 9 Модель інтелектуальної системи моніторингу

якості води. 10 Графік вимірювань системи. 11 Параметри якості води для різних зразків.

12 Висновки. 13 Завершальний.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 17 травня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	17.05.2024	Виконано
2.	Підбір джерел про системи моніторингу	18.05.2024	Виконано
3.	Вибір компонентної бази	19.05.2024	Виконано
4.	Виконання розроблення автоматизованої інтелектуальної бездротової системи зрошення ґрунту	21.05.2024	Виконано
5.	Переклад та опрацювання джерел	22.05.2024	Виконано
6.	Розроблення прототипу терміналу	26.05.2024	Виконано
7.	Розроблення панелі керування системи	2.05.2024	Виконано
8.	Оформлення розділу «Аналітична частина»	30.05.2024	Виконано
11.	Оформлення розділу «Проектна частина»	03.06.2024	Виконано
12.	Оформлення розділу «Спеціальна частина»	05.06.2024	Виконано
13.	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в НС»	06.12.2024	Виконано
14.	Підготовка графічного матеріалу	03.06.2024	Виконано
15.	Оформлення кваліфікаційної роботи	04.06.2024	Виконано
16.	Нормоконтроль	06.06.2024	Виконано
17.	Перевірка на плагіат	07.06.2024	Виконано
18.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.06.2024	Виконано
19.	Захист кваліфікаційної роботи	14.06.2024	

Студент

_____ (підпис)

Олійник Д.Д.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Станько А.А.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Розроблення автоматизованої інтелектуальної бездротової системи зрошення ґрунту // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Олійник Дмитро Дмитрович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, група КТз-41 // Тернопіль, 2024 // С. 57, рис. – 13, табл. – 1, кресл. – 16, додат. – 2, бібліогр. – 44.

Ключові слова: інтелектуальна система, зрошення, автоматизація, IoT, хмарні обчислення, водокористування, сталий розвиток.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці автоматизованої інтелектуальної бездротової системи зрошення ґрунту.

В першому розділі кваліфікаційної роботи описані особливості інтелектуального зрошення.

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто архітектуру системи та калібрування рівня води, вибрано та проаналізовано компоненти системи, представлено прототип системи моніторингу, результати експерименту.

В третьому розділі висвітлено порівняльний аналіз різних систем моніторингу водокористування.

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто забезпечення безпечної роботи з обладнанням.

Об'єкт дослідження: автоматизована інтелектуальна бездротова система зрошення ґрунту, що використовується в сільськогосподарських умовах.

Предмет дослідження: процеси та методи автоматизації зрошення ґрунту з використанням інтелектуальних бездротових систем на основі сучасних технологій.

ANNOTATION

Development of an automated intelligent wireless soil irrigation system// The educational level " Bachelor " qualification work // Oliinyk Dmytro Dmytrovych // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Department of Computer-Integrated Technologies, KTz-41 group // Ternopil, 2024 // P. 57, fig. - 13, tables - 1, chair. - 16, annexes - 2, ref. - 44.

Key words: intelligent system, irrigation, automation, IoT, cloud computing, water use, sustainable development.

The qualification work is devoted to the development of an automated intelligent wireless soil irrigation system.

The first chapter of the qualification work describes the features of intelligent irrigation.

The second section of the qualification work describes the system architecture and water level calibration, selects and analyzes the system components, presents a prototype of the monitoring system, and experimental results.

The third chapter covers a comparative analysis of different water use monitoring systems.

The fourth chapter of the qualification work deals with ensuring safe operation of the equipment.

Object of research: an automated intelligent wireless soil irrigation system used in agricultural conditions.

Subject of research: processes and methods of soil irrigation automation using intelligent wireless systems based on modern technologies.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

MCU (англ. Microcontroller Unit) – мікроконтролер, однокристальний мікрокомп'ютер.

IoT (англ. Internet of Things) – Інтернет речей.

AI (англ. Artificial Intelligence) – Штучний інтелект

CPU (англ. Central Processing Unit) – Центральний процесор

GDP (англ. Gross Domestic Product) – Валовий внутрішній продукт

MQTT (англ. Message Queuing Telemetry Transport) – спрощений мережевий протокол, за моделлю «видавець—підписник».

PC (англ. Personal Computer) – Персональний комп'ютер

SDIO (англ. Secure Digital Input Output) – Захищений цифровий вхід і вихід

SPI (англ. Serial Peripheral Interface) – Послідовний периферійний інтерфейс

UART (англ. Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) – Універсальний асинхронний приймач/передавач

Wi-Fi (англ. Wireless Fidelity) – набір стандартів для комунікації в бездротовій локальній мережевій зоні

WSN (англ. Wireless Sensor Network) – Бездротова сенсорна мережа

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Розумне сільське господарство та інноваційні технології.....	9
1.2 Інтелектуальне зрошення.....	11
1.3 Інтернет речей ThingSpeak.....	12
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА.....	13
2.1 Архітектура системи.....	15
2.2 Калібрування рівня води.....	17
2.3 Станція на базі ESP32.....	22
2.4 Псевдокод та обладнання системи.....	23
2.5 V-Модель розумної системи зрошення.....	25
2.6 Результати експерименту.....	31
2.7 Результати роботи платформи.....	32
2.8 Результати роботи застосунку.....	36
2.9 Розрахунок скорочення використання води.....	37
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	40
3.1 Порівняльний аналіз.....	40
3.2 Вплив на продовольчу безпеку.....	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
4.1 Питання щодо охорони праці.....	45
4.2 Питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	49
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	54
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. У зв'язку зі стрімким зростанням чисельності населення планети та збільшенням потреби в сільськогосподарській продукції, забезпечення продовольчої безпеки стає однією з найважливіших задач сучасного світу. За прогнозами, до 2050 року населення світу перевищить 10 мільярдів, що вимагатиме збільшення виробництва продуктів харчування майже на 70%. Одночасно з цим, зміна клімату та нестача води створюють додаткові виклики для сільського господарства, що робить традиційні методи ведення сільського господарства недостатніми для задоволення цих зростаючих потреб.

Розумне сільське господарство, яке швидко впроваджує сучасні технології, виступає в ролі ключового вирішення зазначених проблем. Використання інноваційних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення, вбудовані системи, машинне та глибоке навчання, дозволяє максимізувати ефективність використання ресурсів, зокрема води, та підвищувати врожайність сільськогосподарської продукції.

Автоматизована інтелектуальна бездротова система зрошення ґрунту, розроблена якої розглядається у цій роботі, є яскравим прикладом таких інновацій. Вона забезпечує точний моніторинг та управління зрошувальними процесами в режимі реального часу, що сприяє зменшенню витрат води на 70% у порівнянні з традиційними методами, а також підвищенню ефективності використання водних ресурсів та поліпшенню врожайності.

Таким чином, впровадження автоматизованих інтелектуальних систем зрошення є актуальним і необхідним кроком для розвитку стійкого сільського господарства, забезпечення продовольчої безпеки та економічного зростання в умовах сучасних викликів, зокрема зміни клімату та дефіциту води.

Мета і задачі дослідження. є розробка та впровадження автоматизованої інтелектуальної бездротової системи зрошення ґрунту, яка дозволить підвищити ефективність використання водних ресурсів, зменшити витрати

води та покращити врожайність сільськогосподарських культур. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Аналіз існуючих методів зрошення та технологій, що використовуються в розумному сільському господарстві: вивчення сучасних технологій зрошення та їх впливу на продуктивність сільського господарства. Аналіз проблем та викликів, пов'язаних з традиційними методами зрошення.

- Розробка концепції та архітектури автоматизованої інтелектуальної системи зрошення: визначення основних компонентів системи: датчиків вологості ґрунту, температури, рівня води та інші. Розробка архітектури системи, а саме: IoT-пристрої, хмарні обчислення та інтерфейс застосунку.

- Розробка та впровадження алгоритмів для автоматичного моніторингу та управління зрошувальними процесами: створення алгоритмів для збирання та обробки даних з датчиків в режимі реального часу. Розробка алгоритмів для автоматичного регулювання подачі води на основі даних про вологість ґрунту та інші параметри навколишнього середовища.

- Тестування та калібрування системи: проведення тестування системи в реальних умовах для оцінки її ефективності. Калібрування датчиків та налаштування системи для забезпечення точності вимірювань і надійності роботи.

- Аналіз результатів та оцінка ефективності системи: збір даних про використання води та врожайність сільськогосподарських культур до та після впровадження системи. Оцінка економічної ефективності системи та її впливу на стійкість сільського господарства.

- Розробка рекомендацій щодо впровадження інтелектуальних систем зрошення у сільськогосподарську практику: формулювання рекомендацій для фермерів та аграрних підприємств щодо оптимального використання автоматизованих систем зрошення. Розробка стратегій для масштабного впровадження розумних технологій у сільському господарстві. Виконання цих задач дозволить створити ефективну та стійку систему зрошення, яка сприятиме покращенню продуктивності сільського господарства та забезпеченню продовольчої безпеки.

Об'єкт дослідження автоматизована інтелектуальна бездротова система зрошення ґрунту, що використовується в сільськогосподарських умовах.

Предмет дослідження процеси та методи автоматизації зрошення ґрунту з використанням інтелектуальних бездротових систем на основі сучасних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення, вбудовані системи та алгоритми машинного навчання.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у тому, що отримав подальший розвиток та вдосконалення систем моніторингу якості води з метою покращення здоров'я населення та збереження водних ресурсів.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає в можливості впровадження автоматизованої інтелектуальної системи зрошення ґрунту для підвищення ефективності використання водних ресурсів, зниження витрат на виробництво, поліпшення врожайності та якості сільськогосподарських культур. Використання сучасних технологій, таких як IoT, хмарні обчислення та мобільні застосунки, дозволяє забезпечити точне регулювання зрошення, знизити споживання води на 70%, забезпечити віддалений моніторинг і управління, а також сприяти сталому розвитку сільського господарства та підвищенню продовольчої безпеки..

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Розумне сільське господарство та інноваційні технології

Сільське господарство відіграє вирішальну роль у забезпеченні продовольчої безпеки та має значний вплив на валовий внутрішній продукт (ВВП) країни. З прогнозованим збільшенням чисельності населення планети зростатиме потреба в сільськогосподарській продукції [1]. Потреба в продуктах харчування фактично значно зросте, оскільки населення світу продовжує зростати. Крім того, очікується, що до 2050 року населення світу перевищить 10 мільярдів. Щоб задовольнити підвищений попит, спричинений зростанням населення, виробництво продуктів харчування має збільшитися майже на 70 % [2]. Щоб задовольнити цю потребу, сільське господарство має адаптуватися та розширюватися. Однак через додаткові труднощі, спричинені зміною клімату та нестачею води, існуючих методів ведення сільського господарства вже недостатньо для задоволення цих зростаючих потреб [3].

Розумне сільське господарство швидко впроваджує сучасні технології для вирішення цих проблем і підвищення виробництва та сталості [4]. Наприклад, нещодавно з'явився науковий напрям під назвою "розумне зрошення", який використовує інформаційно-ємні технології для максимізації споживання води та збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Фермери можуть отримувати корисну інформацію від давачів та аналітики даних у сільському господарстві, щоб краще зрозуміти, як їхні дії впливають на ґрунт. Фермери можуть використовувати дані, отримані в результаті моніторингу та аналізу параметрів навколишнього середовища, для вдосконалення практик, прийняття обґрунтованих рішень щодо використання ресурсів та раннього виявлення проблем із врожаєм. Це підвищує стійкість і сприяє глибшому розумінню зв'язку між сільським господарством і землею [5],[6]. Технології в сільському господарстві мають важливе значення для збереження ресурсів, зменшення впливу сільськогосподарської діяльності на навколишнє середовище та забезпечення населення планети продуктами

харчування. З приходом цифрової епохи на зміну старим методам ведення сільського господарства приходять складні технології. Ці системи надають величезні обсяги даних, які можуть бути використані для оптимізації використання ресурсів і збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Отже, використання технологій та прийняття рішень на основі даних у сільському господарстві сприятиме підвищенню продуктивності, зменшенню відходів та захисту природних ресурсів планети [7]. Сільське господарство не лише відіграє вирішальну роль у забезпеченні продовольчої безпеки та сталості, але й робить значний внесок в економічний розвиток країни [8]. Як вже було встановлено, сільське господарство має великий вплив на ВВП країни.

Насправді, протягом всієї історії сільське господарство було ключовим фактором економічного успіху багатьох країн. У сільській місцевості сільське господарство не лише виробляє продукти харчування, але й відкриває можливості для працевлаштування. Для фермерів і тих, хто працює в ланцюжку створення вартості сільськогосподарської продукції, таких як переробники, маркетологи та експортери, воно є значним джерелом доходу. Як наслідок, сільське господарство має можливість сприяти економічному зростанню, зменшенню бідності та покращенню умов життя. Інвестиції в інноваційні сільськогосподарські технології мають потенціал для прискорення економічного зростання. Фермери можуть збільшити свої доходи, виробляти більше продовольства з меншими ресурсами та відкрити нові ринки для своїх товарів за допомогою сучасних сільськогосподарських систем та розумних технологій [9]. З огляду на економічні міркування та необхідність оптимізації використання цього життєво важливого ресурсу, впровадження комп'ютеризованих інтелектуальних систем у Північній Африці та в усьому світі набуло вирішального значення [10]. У роботі представлено передову інтелектуальну систему зрошення, яка має на меті революціонізувати ефективність сільського господарства та підвищити врожайність. Маючи широку сферу застосування, яка включає інноваційні технології зрошення та передові технологічні програми, такі як Інтернет речей, хмарні обчислення та вбудовані системи, робота зосереджується на підвищенні продовольчої

безпеки. Завдяки потенційній стабільності та просуванню сталих сільськогосподарських практик, дослідження також передбачає майбутнє сільського господарства, яке сприятиме забезпеченню глобальної продовольчої стабільності.

1.2 Інтелектуальне зрошення

Інтелектуальне зрошення, що використовує найсучасніші технології, такі як Інтернет-інтегровані системи, відіграє ключову роль у зборі точних даних (таких як температура, вологість і вологість ґрунту), що допомагає продемонструвати його ефективність у практичному застосуванні та полегшує дистанційне керування [11-13]. Отже, в останні роки відображає значний прогрес в інтегрованих системах, особливо в розвинених країнах, що призвело до значного покращення водозбереження та ефективності виробництва [14-16]. Крім того, поява передових технологій, таких як глибоке навчання, машинне навчання та штучний інтелект у сільському господарстві, ще більше сприяє збереженню та підвищенню результатів [17-19]. Мотивоване глобальними проблемами продовольчої безпеки, це дослідження зосереджується на зрошенні. Задоволення продовольчих потреб зростаючого населення при збереженні водних ресурсів має першорядне значення. Сучасні традиційні практики зрошення впливають на врожайність і продовольчу безпеку. У дослідженні пропонується інтелектуальна система зрошення, яка інтегрує IoT та хмарні технології. Ця інновація дає змогу ефективно зберігати воду, підвищувати врожайність та добре підживлювати сільськогосподарські культури. Широке глобальне застосування цього підходу сприятиме розвитку «розумного» сільського господарства, допомагаючи підвищити продовольчу безпеку та стійкість.

1.3 Інтернет речей ThingSpeak

Новітні технології, в тому числі IoT, мають широке застосування. Фермерам важко відвідувати та контролювати кожен ділянку ферми, яку вони контролюють, що може призвести до нерівномірного поливу. Як наслідок, це призводить до грошових втрат і низької якості врожаю. Для того, щоб вирішити цю проблему та оптимізувати сільськогосподарський процес, у наукових роботах [20-21] пропонується інтелектуальна система зрошення, яка використовує передові технології Інтернету речей. Ці дослідження [22-23] також вводять поняття «розумного» сільського господарства, яке використовує технології передачі даних для збільшення сільськогосподарського виробництва та підвищення загальної якості. Крім того, згадані роботи [24-25] використовують платформу ThingSpeak, яка надає комплексне рішення для збору та зберігання даних, отриманих з сільськогосподарських датчиків та контролерів, для задоволення потреб операторів фермерських господарств. Цей портал є корисним для збору та збереження важливих сільськогосподарських даних. Бездротові сенсорні мережі використовуються в цих роботах при створенні автономних рослин. За допомогою розумної системи зрошення можна автоматично керувати параметрами поливу [16-30]. У дослідженнях [31-33] використовувався датчик рівня води. Пристрій HC-SR04 системи моніторингу рівня води в режимі реального часу використовується для точного вимірювання рівня води як ключовий компонент. В дослідженні представлено огляд застосувань Інтернету речей та сенсорних технологій для підвищення продовольчої безпеки та стійкості сільського господарства [34]. В цьому дослідженні створюється розумної системи зрошення, яка б використовувала хмарні обчислення і вбудовані технології IoT для оптимізації використання води і забезпечення рослин необхідною кількістю води. Дослідження показує, як цей метод може підвищити врожайність культур, зменшити втрати води та допомогти вирішити проблему продовольчої безпеки. У цій роботі також підкреслюється можливість застосування системи в багатьох місцях по всьому світу, що підтримує прогрес «розумного» сільського господарства.

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

Розумні системи зрошення збирають інформацію про вологість ґрунту та інші параметри за допомогою декількох пристроїв і датчиків Інтернету речей. Ці датчики можуть визначати вологість ґрунту, температуру, вологість і навіть рівень води. Вони також можуть робити знімки посівів, щоб відстежувати їхній розвиток і загальний стан. Дистанційне керування системою зрошення за допомогою даних, отриманих з датчиків, і бездротового зв'язку з хмарною платформою для аналізу. Дані обробляються та аналізуються на хмарній платформі, яка використовує моделі та алгоритми для пошуку найкращого плану поливу в залежності від зібраної інформації. Зрошувальна система підключена до невеликого комп'ютера, який називається вбудованою платою, що може регулювати потік води в системі зрошення в залежності від інструкцій.

За допомогою мобільного застосунку фермери можуть отримати доступ до системи та контролювати її, що дає їм інформацію про вологість ґрунту, погоду та графік поливу в режимі реального часу. Через застосунок вони можуть вручну керувати зрошувальною системою або змінювати графік поливу. Завдяки цьому фермери можуть підвищити врожайність та оптимізувати зрошення. Оскільки ця технологія постачає культурам лише ту воду, якої вони потребують, вона також зберігає водні ресурси та знижує витрати. Крім того, на основі даних, зібраних розумною іригаційною системою, можна планувати та досліджувати врожайність. Наприклад, фермери можуть виявити тенденції в зростанні врожаю і визначити ідеальні умови для певної культури, вивчаючи дані, зібрані за певний період часу. На основі цих знань можна приймати рішення щодо оптимізації врожайності та графіку посіву сільськогосподарських культур у майбутньому. В контексті розумного зрошення бездротові сенсорні мережі (WSN) забезпечують автономне управління рослинами за допомогою таких функцій, як моніторинг навколишнього середовища, управління поживними речовинами, виявлення хвороб, автоматизоване зрошення і зв'язок. Бездротові сенсорні мережі надають дані в режимі реального часу про такі фактори, як температура, вологість,

вологість ґрунту, рівень води та рівень поживних речовин. Вони підтримують адаптивні системи управління, використовують малопотужні вузли для більшої енергоефективності та дозволяють здійснювати віддалений моніторинг і контроль завдяки інтеграції з хмарними технологіями. Загалом, WSN сприяють створенню автономних рослин, полегшуючи прийняття рішень на основі даних та оптимізуючи умови вирощування для підвищення продуктивності та стійкості рослин. З іншого боку, інтеграція різних датчиків у мережі WSN має важливе значення для забезпечення автономності рослин. Найпоширенішими є датчики, що вимірюють температуру, вологість, вологість ґрунту, світло, поживні речовини, шкідників, рівень води та вітру. У сукупності ці датчики допомагають покращити процеси, пов'язані з рослинами. Інтеграція різних датчиків підвищує точність і ефективність автономних систем управління рослинами, дозволяючи приймати обґрунтовані рішення для підвищення продуктивності та стійкості культур.

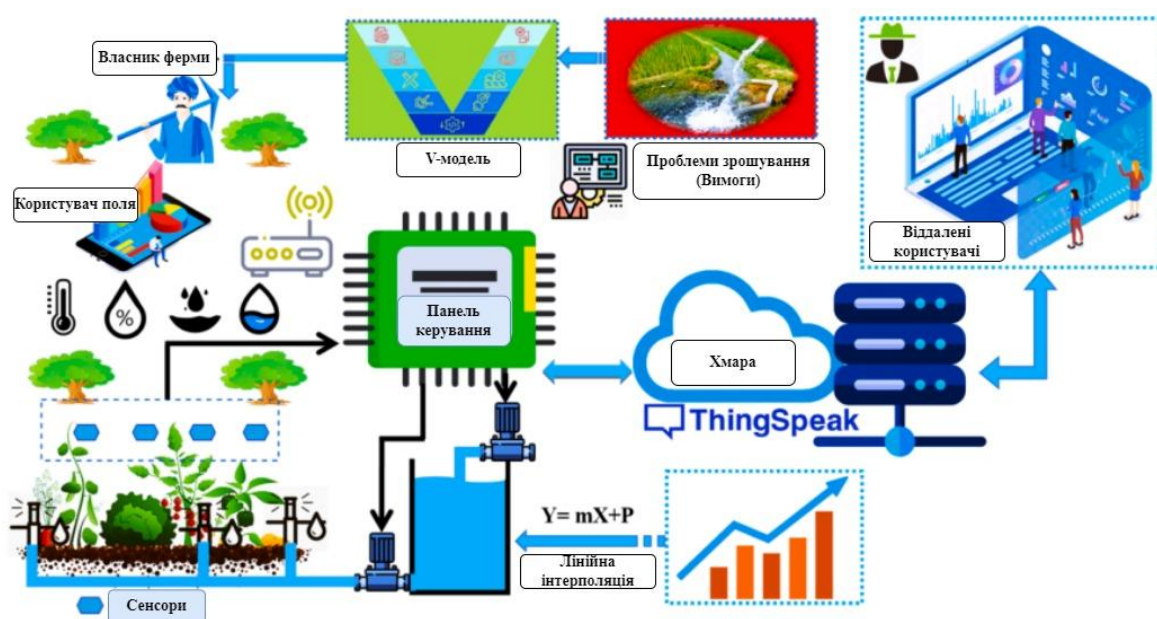


Рисунок 2.1 – Графічне представлення запропонованої системи.

2.1 Архітектура системи

У цьому розділі описана структура системи розумного зрошення, показана на рисунку 2.1 Система складається з трьох основних частин: IoT-пристроїв, хмарних обчислень та інтерфейсу застосунку. Підключення до Інтернету дозволяє споживачам з усього світу переглядати та відстежувати дані про своє господарство.

Іригаційна система - це автоматизована електронна система, яка призначена для ефективного управління плануванням поливу. Її основна мета - пристосуватися до мінливих потреб рослин у міру їхнього розвитку. Аналізуючи вміст вологи в ґрунті, система визначає точний відсоток води, необхідний для зрошення, забезпечуючи точне планування для різних сільськогосподарських сезонів і сортів культур. Основними цілями розумного зрошення є оптимізація споживання води для зменшення витрат, підвищення продуктивності сільського господарства, підвищення енергоефективності та забезпечення продовольчої безпеки за рахунок використання нових технологій, таких як Інтернет речей, хмарні обчислення, вбудовані системи та датчики.

Архітектура Інтернету речей запропонованої системи, показана на рисунку 2.2, складається з трьох основних компонентів: (1) IoT-пристроїв, (2) хмарні обчислення та (3) інтерфейс застосунку. Компоненти IoT-пристроїв включають в себе, серед іншого, датчики, виконавчі механізми, блок управління та шлюз. Ці датчики відповідають за моніторинг критичних факторів навколишнього середовища, включаючи вологість повітря, температуру повітря, вологість ґрунту та рівень води в межах розумної ферми. Датчик вологості ґрунту використовується для вимірювання вмісту вологи в ґрунті. Крім того, був використаний відомий своєю точністю пристрій DHT22, який є комбінованим датчиком "два в одному" для вимірювання вологості та температури. Крім того, ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 використовується для визначення рівня води. Блок управління на базі мікроконтролера ESP32 отримує показання датчиків і координує роботу виконавчих механізмів, щоб забезпечити полив рослин за графіком.

Мікроконтролер ESP32 підходить для великомасштабних застосувань, оскільки він має достатній обсяг пам'яті та покращену обчислювальну здатність. Приводи розумної системи поливу необхідні для виконання інструкцій, що надходять від контролера ESP32. У нашій системі для поливу рослин використовується розбризкувач води, а для наповнення резервуара - водяний насос.

Наступним розвитком в архітектурі пристроїв IoT є додавання шлюзу. Шлюз збирає дані з датчиків, що надходять від блоку управління, і виконує критичні операції з обробки даних, щоб забезпечити інтелектуальну агрегацію, оптимізувати мережевий трафік і знизити споживання енергії. Він ефективно об'єднує основні компоненти конкретної моделі процесу і надсилає їх у хмару, що призводить до помітного зменшення затримок і витрат на вищих рівнях. Дані безперервно обробляються традиційними хмарними обчислювальними системами, коли вони надходять від шлюзу.

Хмарні обчислення - це другий компонент нашої системної архітектури. Завдяки цьому рівню фермери тепер мають доступ до величезної кількості даних, які були зібрані за допомогою блоку управління і передані через консоль шлюзу. Фермери можуть збирати, переглядати та аналізувати потоки даних в режимі реального часу, використовуючи хмарну аналітичну платформу IoT ThingSpeak. ThingSpeak - це комплексна платформа для управління даними, яка дозволяє фермерам створювати унікальні візуалізації даних за допомогою власних технологій. Платформа дозволяє збирати, візуалізувати, аналізувати та отримувати корисну інформацію з потоків даних в реальному часі. Використовуючи платформу ThingSpeak для публікації даних або застосунку ThingView для їх отримання, фермери можуть спілкуватися з системою.

Архітектура зрошувальної системи завершується інтерфейсом застосунку, часто відомим як перший рівень. Результати обробки даних, такі як вологість ґрунту, вологість, температура і рівень води, відображаються в цьому призначеному для користувача компоненті. За допомогою ThingSpeak фермери можуть отримувати візуалізацію даних в режимі реального часу і використовувати ці знання для прийняття рішень. Цей інтерфейс дозволяє

фермеру та системі безперешкодно спілкуватися, що полегшує моніторинг та управління зрошувальними системами.

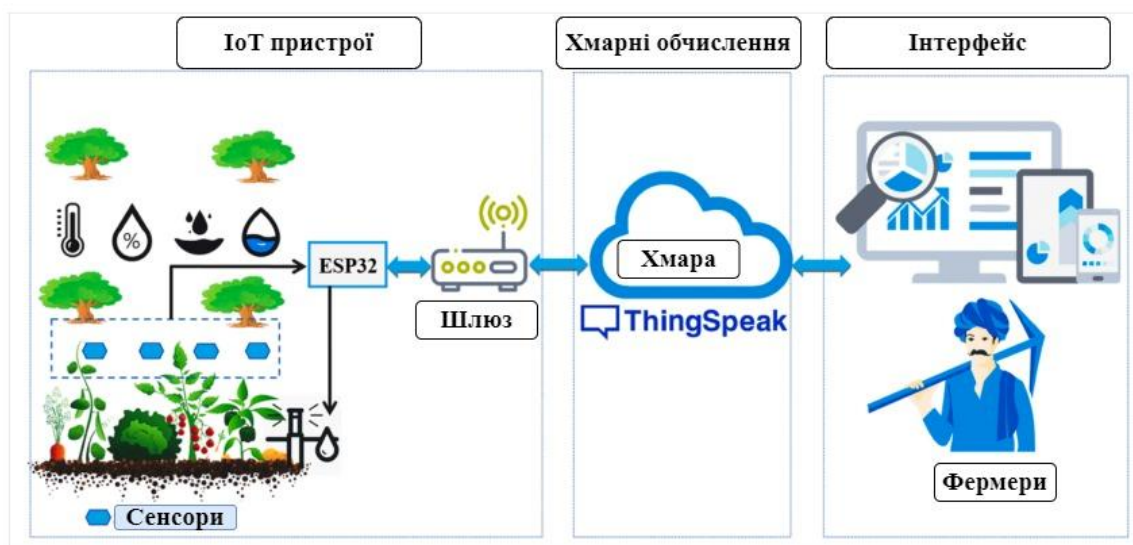


Рисунок 2.2. – IoT-архітектура розумної системи зрошення.

2.2 Калібрування рівня води

У цьому розділі описано метод калібрування давача, який використовується у запропонованій роботі. Для вимірювання рівня води використовувався прилад HC SR04. У кількох дослідженнях [35-37] для визначення рівня води використовували ультразвуковий давач. Однак у цих роботах не було наведено математичних розрахунків для процедури калібрування ультразвукового давача, що використовується для вимірювання рівня води. У запропонованому дослідженні для дослідження давача рівня води використовується метод калібрування. Ця методика включає лінійну інтерполяційну функцію, яка називається калібруванням давача рівня води, що встановлює зв'язок між значеннями давача та відповідним рівнем води. (1) виражає цей зв'язок у вигляді лінійної формули. Зокрема, коли максимальне значення давача представлено в сантиметрах, мінімальному значенню відповідає %, і навпаки. Рисунок 2.3 наочно ілюструє цю залежність між значеннями давача та рівнем води у %.

Процес калібрування використовувався для точного налаштування вхідного сигналу ультразвукового давача. Давач підключений до мікроконтролера ESP32 для безперешкодної інтеграції та обробки даних. Під час запуску системи ми отримуємо синхронізовані дані давача протягом 2 секунд. Згодом ми проводимо ретельний аналіз системи, зосереджуючись на найвищих і найнижчих значеннях показань давача. Пристрій HC-SR04 здатний вимірювати відстані в діапазоні від 2 см до 400 см. Рівняння (1) представляє математичну функцію інтерполяції, яка використовується для визначення рівня води у відсотках, наприклад, 5 %, 30 % тощо. Це лінійне інтерполяційне представлення запропонованої нами системи виглядає наступним чином:

$$Y = mX + P \quad (1)$$

У даній лінійній інтерполяції (1) змінні, що використовуються, визначені наступним чином:

Y: Вихідний рівень води у %.

X: Вхідний рівень води в см. m: Коефіцієнт. P: Нульове налаштування.

Коефіцієнт може бути обчислений як у рівнянні (2), якщо припустити, що різниця між максимальним і мінімальним значеннями дорівнює h_2 , описаному в рівнянні (3). Отже, рівень Y дорівнює 1, коли X дорівнює максимальному значенню (Max). Подальший контекст або обчислення можуть бути використані для розрахунку значення P, яке представляє нульове коригування як потік у рівнянні (4).

$$m = -99/h_2 \quad (2) \quad h_2 = \text{Max} - \text{Min} \quad (3)$$

$$P = 1 - m \times \text{Max} = 1 + 99 \times \text{Max} / 20 \quad (4)$$

У запропонованій роботі було визначено, що максимальна відстань у резервуарі для води становить 25 см, а мінімальний показник - $h_1 = 5$ см. Тому на основі рівняння (3) різниця між максимальним і мінімальним значеннями (h_2) розраховується як $h_2 = \text{Max} - \text{Min} = 25 \text{ см} - 5 \text{ см} = 20 \text{ см}$.

Використовуючи цю інформацію, коефіцієнт (m) можна розрахувати як $m = -99/h_2 = -99/20 = -4,95$. (4) отримуємо наступним чином:

$$Y = -4,95X + 1 + 99 \times \text{Max} / 20 \quad (4)$$

Наприклад, якщо $X = \text{Min} = h_1 = 5$ см, значення рівня води (Y) становитиме 99 %. З іншого боку, якщо $X = \text{Max} = 25$ см, значення рівня води становитиме 0 %.

Обговорення цього дослідження в напрямку лінійної інтерполяції має важливі наслідки для сталого сільського господарства, розумних іригаційних систем та продовольчої безпеки. Таке представлення дозволяє точно визначати рівень води в різних місцях резервуара або водосховища, створюючи зв'язок між значеннями давача рівня води та відповідними відсотками. Ця інтерполяція може використовуватися інтелектуальними зрошувальними системами для оптимізації використання води та покращення сільськогосподарських операцій. Фермери та контролери системи можуть планувати зрошення та управляти водними ресурсами більш ефективно, постійно відстежуючи рівень води. Використовуючи ці дані в режимі реального часу, система може доставити необхідну кількість води для посівів, запобігаючи надмірному або недостатньому зрошенню. Ця стратегія має дві переваги. По-перше, вона сприяє сталому розвитку і гарантує, що подається саме та кількість води, яка необхідна, а отже, зберігає водні ресурси. По-друге, репрезентативність допомагає зберегти здоров'я та врожайність сільськогосподарських культур, підвищуючи продовольчу безпеку, завдяки точному визначенню рівнів води.

Згідно з математичною методикою калібрування, інтегрування лінійних інтерпретацій, інтеграція лінійної інтерполяції в інтелектуальну іригаційну систему має значні переваги. Точність давача рівня води значно підвищується завдяки цій математичній методиці калібрування, надаючи надійну інформацію для прийняття обґрунтованих рішень щодо поливу. Дозволяючи системі точно оцінювати рівень вологості ґрунту, тим самим зменшуючи ризики, пов'язані з надмірним або недостатнім поливом, використання лінійної інтерполяції покращує загальне планування зрошення. Зокрема, завдяки зменшенню втрат води та дотриманню методів сталого землеробства, ця стратегія підвищує ефективність використання ресурсів. Лінеаризація також покращує точність. Крім того, цей підхід підвищує надійність прийняття рішень на основі даних розумної іригаційної системи, що, в свою чергу, сприяє підвищенню

впевненості зацікавлених сторін у точності системи для прийняття обґрунтованих та ефективних управлінських рішень. Лінійна інтерполяція ефективно оптимізує сільськогосподарські операції завдяки точному калібруванню датчиків, зокрема датчиків рівня води, в інтелектуальній системі зрошення, представлений в цій статті. Це вдосконалення дозволяє краще планувати зрошення, гарантуючи точні вимірювання вологості ґрунту і зменшуючи втрати води. Результатом є більша ефективність використання ресурсів, що відповідає принципам сталого розвитку. Крім того, підвищення точності позитивно впливає на врожайність культур, покращуючи здоров'я рослин і збільшуючи загальний обсяг сільськогосподарського виробництва.

У цьому розділі описано метод калібрування датчика рівня води, який забезпечить фермерів точними результатами. Ця методика калібрування оптимізує можливості безперебійного та безпечного управління зрошенням ґрунту, полегшуючи ефективний контроль процесу. Ця стратегія помітно відрізняється від підходів, запропонованих авторами.

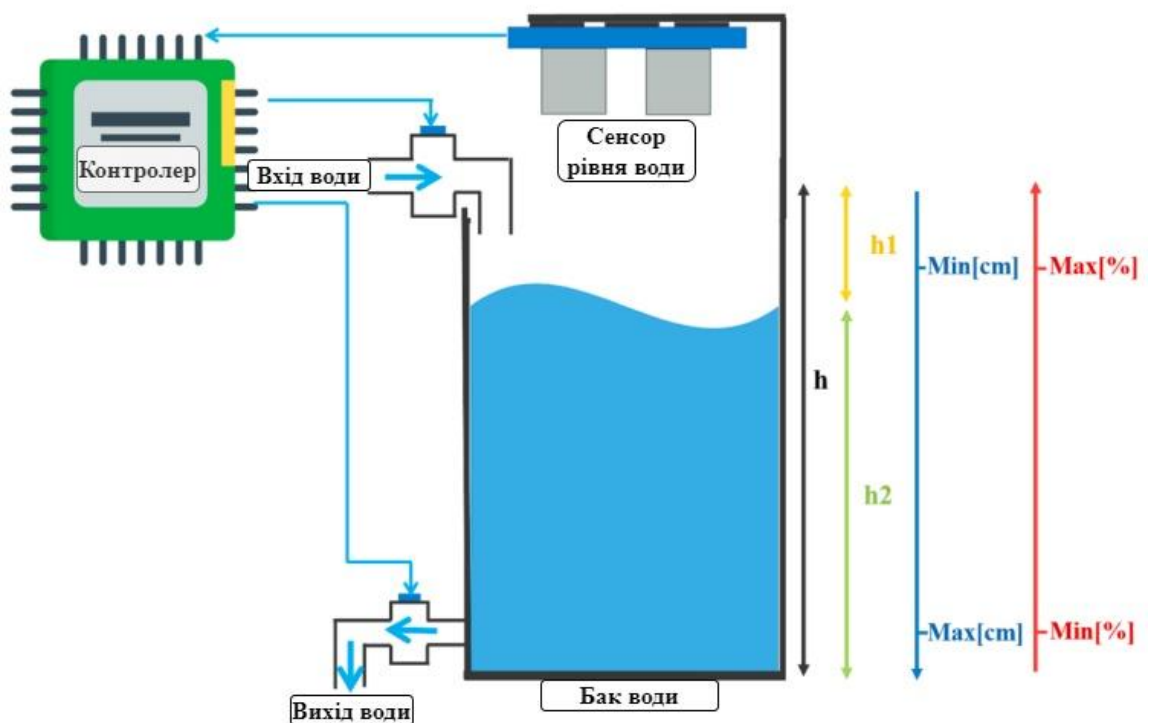


Рисунок 2.3 – Архітектура калібрування рівня води.

Алгоритмічний аспект запропонованого підходу складається з трьох основних елементів. Він починається з візуальної блок-схеми, яка ілюструє, як працює метод. Далі пояснюється процес доступу до станції ESP32 та встановлення Wi-Fi з'єднання. Насамкінець представлено псевдокод, деталі системного обладнання та V-модель. Таке поєднання алгоритмічного представлення та інформації про обладнання є цінним ресурсом для дослідників, розробників та ентузіастів, які хочуть зрозуміти, як працює система.

Алгоритм роботи розумної іригаційної системи, створеної спеціально для розумного сільського господарства, детально показаний на рисунку 2.4. Алгоритм охоплює всі етапи програмного коду, починаючи з ініціалізації датчиків і закінчуючи відображенням даних датчиків як на платформі ThingSpeak, так і в застосунку ThingView.

Ініціалізація датчиків температури, вологості, вологості та рівня води є першим кроком у блок-схемі нашої системи для отримання правильних значень від цих датчиків. Після ініціалізації параметри датчиків налаштовуються за необхідності для забезпечення точних показників. Далі система перевіряє, чи мікроконтролер ESP32, який використовується в системі, підключений до хмари ThingSpeak. Якщо ні, система намагається з'єднатися з хмарою. Крім того, дані датчиків виводяться на консолі для моніторингу. Для датчика вологості, якщо показання падає нижче 40%, що вказує на низький рівень вологості в ґрунті, активується поливальний насос (W- Pump) і вмикається зелений світлодіодний індикатор. І навпаки, якщо показник перевищує 40 %, насос залишається вимкненим. Датчик DHT22, що відповідає за вимірювання температури і вологості повітря, безперервно зчитує значення кожні 2 с, перевіряючи їх на наявність можливих помилок. Якщо значення температури перевищує 45 °C, що вказує на високу температуру, загоряється жовтий світлодіод; в іншому випадку жовтий світлодіод залишається вимкненим. У випадку з датчиком рівня води, якщо показання показують рівень нижче 10 %, що вказує на низький рівень води в резервуарі, вмикається насос резервуара (T- Pump), і загоряється червоний світлодіод. І навпаки, якщо показник перевищує

10 %, насос бака залишається вимкненим, а червоний світлодіод не світиться. Кожні 2 секунди дані запропонованої системи розумного поливу оновлюються (2S). На ПК-дисплеї в режимі реального часу відображаються всі показники давачів. Система також миттєво передає всі дані давачів в хмару ThingSpeak і застосунок ThingView. Для того, щоб надати точну та актуальну інформацію про роботу системи, дані оновлюються кожні 2 с. Загалом, ця розумна система зрошення гарантує, що рослини та культури отримують достатньо води, і вона добре працює з невеликою допомогою людини. Крім того, ця блок-схема стежить за тим, щоб давачі працювали належним чином, перевіряє їхні показники та ініціює необхідні дії у відповідь на заздалегідь визначені порогові значення, про що свідчить активація насосів та індикаторів.

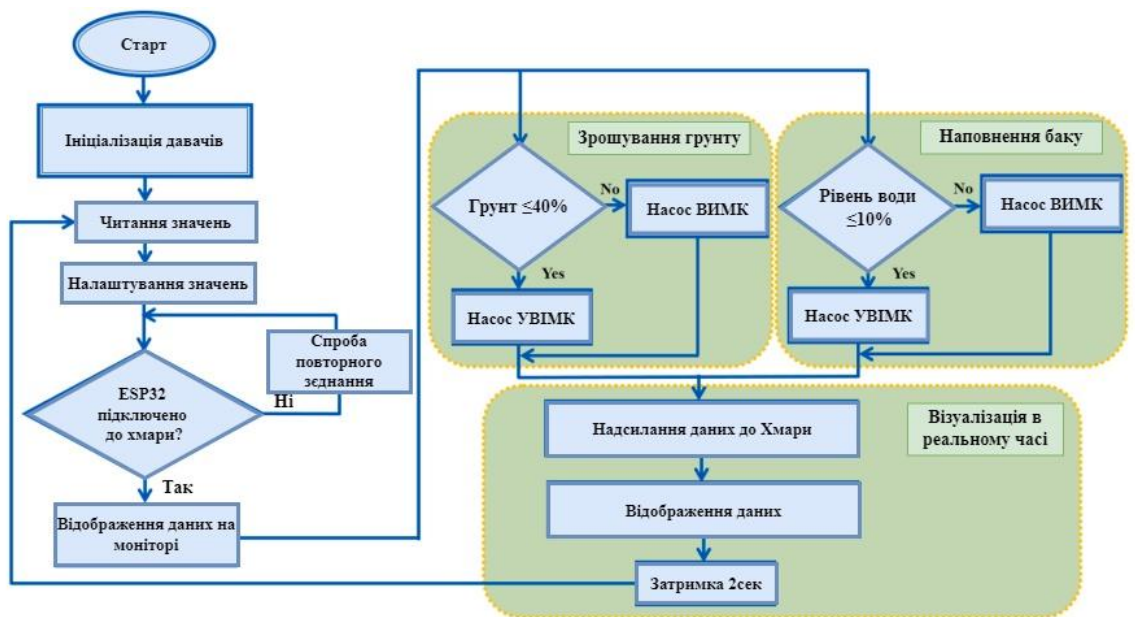


Рисунок 2.4 – Блок-схема запропонованої розумної системи зрошення

2.3 Станція на базі ESP32

Вбудована система (ESP32) зазвичай пов'язана з бездротовим маршрутизатором, який в таких ситуаціях виступає в ролі точки доступу для ESP32 для підключення до локальної мережі. У більшості випадків ESP32 налаштовується як станція, що дозволяє йому підключатися до роутера і отримувати доступ до мережі. У цьому випадку нам потрібно буде

підключитися до тієї ж локальної мережі, що і ESP32, щоб керувати ним. Це означає, що ми можемо керувати ESP32 з будь-якого пристрою, який також підключений до тієї ж мережі, наприклад, вбудовані системи IoT (включаючи інші пристрої ESP32), шлюзи IoT (які можуть включати маршрутизатори) і термінали IoT, такі як ПК або смартфони, як показано на рисунку 2.5. Наша система може отримати доступ до ESP32 і керувати ним з будь-якої точки мережі, якщо ці пристрої підключені до неї.

Процес підключення до Wi-Fi передбачає наступні кроки. Блок-схема, що додається, слугує ілюстрацією методичного потоку, якого дотримується процес проектування для створення Wi-Fi з'єднання. Мікроконтролер ESP32 спочатку ініціалізується, щоб гарантувати належну роботу. Потім система підтверджує, що мікроконтролер ефективно підключений до мережі Wi-Fi. Після перевірки з'єднання інформація швидко і в режимі реального часу передається на хмарну платформу ThingSpeak. Як показано на рисунку 2.6, це гарантує, що всі згенеровані дачом дані легко доступні і відображаються на платформі ThingSpeak і пов'язаному з нею застосунку ThingView.

2.4 Псевдокод та обладнання системи

Для того, щоб запрограмувати, розробити та візуалізувати структуру алгоритму, нижче наведено псевдокод. Алгоритм запропонованої системи зрощення наведено в додатку А. Цей псевдокод визначає симуляцію інтелектуального зрощення на основі вбудованої системи, яка відстежує умови навколишнього середовища, керує насосами та взаємодіє з хмарою (платформа ThingSpeak та застосунок ThingView). Програма починається з визначення констант для різних порогових значень у рядках 1-2. Програма використовує змінні для представлення показань дачів, станів насосів і стану з'єднань у рядках 3-11. У рядках 12-13 ініціалізуються вбудовані пристрої, такі як ESP32 та дачі.

Основний цикл (While true) виконується безперервно, імітуючи поведінку системи в реальному часі в рядках 14-40. У середині циклу: Значення дачів

(температура, вологість, вологість, рівень води) (1) імітуються, хоча на практиці використовуються реальні дані датчиків. (2) Показання датчика вологості відкалібровані за відсотковою шкалою. (3) Рівень води розраховується шляхом лінійної інтерполяції. (4) Змодельовані дані надсилаються на хмарні платформи (ThingSpeak та ThingView) для візуалізації та аналізу. (5) Моделюється стан з'єднання з хмарою. (6) Логіка управління оцінює вологість і рівень води для визначення умов роботи насоса. (7) Прапори керування насосом (TonWP, ToffWP, TonTP, ToffTP) встановлюються на основі умов логіки керування. (8) Введено затримку моделювання між ітераціями.

Код використовує функції-заповнювачі для зчитування датчиків, встановлення значень та перевірки підключення до хмари. Ці функції мають бути реалізовані для взаємодії з реальними пристроями та сервісами. Загалом, цей псевдокод демонструє логіку роботи системи, яка збирає дані з датчиків, спілкується з хмарою (ThingSpeak і ThingView) і керує насосами відповідно до заданих порогових значень.

У Таблиці 1 коротко описані апаратні компоненти, використані в цьому проекті, і пояснюється, для чого вони були застосовані. Вона включає контролери, датчики, насоси та інші пристрої, що використовуються в цій системі.



Рисунок 2.5 – Доступ до станції ESP32

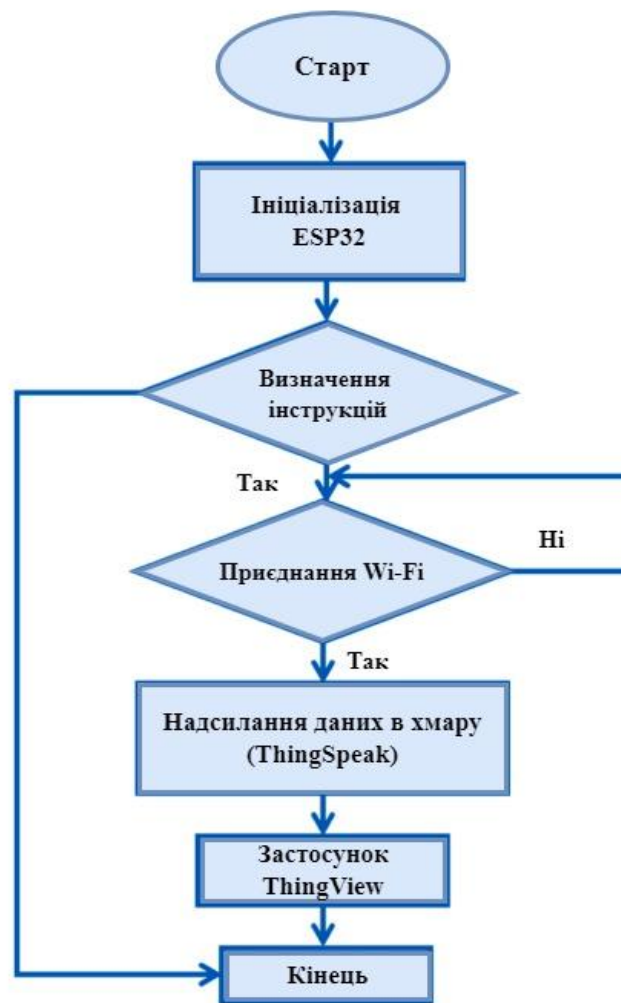


Рисунок 2.6 – Блок-схема процесу підключення ESP32 до Wi-Fi

2.5 V-Модель розумної системи зрошення

Важливим елементом нашого підходу є інтеграція даних датчиків і систем управління в V-модель, яка керує розробкою найкращої програми зрошення. В рамках V-моделі, яка є методологією розробки програмного забезпечення, ми створили інтелектуальну систему зрошення з використанням Інтернету речей та інтегрованої плати, такої як ESP32. Ця плата передає дані в хмару, включаючи такі платформи, як ThingSpeak, і дозволяє здійснювати віддалений моніторинг за допомогою програми ThingView.

Як показано на рисунку 2.7, конкретні способи застосування V-моделі в цьому випадку виглядають наступним чином:

1. Збір та аналіз вимог: На цьому етапі V-моделі збираються та аналізуються вимоги до системи. Це передбачає визначення користувачів

системи, таких як фермери та інженери-аграрії, їхніх вимог та цілей (наприклад, автоматизація зрошення на основі погодних та ґрунтових умов та відправка даних у хмару для віддаленого моніторингу та аналізу), а також будь-яких обмежень, які необхідно враховувати (наприклад, вартість та сумісність з існуючим обладнанням).

2. Проектування системи: На цьому етапі розробляється архітектура та загальний дизайн системи. Це передбачає вибір датчиків для відстеження вологості ґрунту, температури та рівня води, вбудованої плати, такої як ESP32, для збору та обробки даних з датчиків, а також модуля бездротового зв'язку, такого як Wi-Fi, для передачі даних з датчиків на віддалений сервер або хмарну платформу, таку як ThingSpeak. Розробка системи управління, яка буде використовуватися для створення ідеального графіка поливу, також є частиною цього етапу.

3. Впровадження: Інтеграція даних датчиків і системи управління в Model V є вирішальним кроком у впровадженні нашої інтелектуальної системи зрошення. На цьому етапі відбувається активація системи, налаштування системи управління та програмування інтегрованої плати, наприклад, ESP32. Встановлюється з'єднання з хмарою, що дозволяє контролювати та керувати системою зрошення дистанційно. Важливо зазначити, що цей етап також включає інтеграцію даних з датчиків у систему управління, що дозволяє визначити найкращу програму зрошення. На цьому етапі також впроваджується практика кодування для надсилання даних з датчиків на хмарну платформу ThingSpeak. Така безперешкодна інтеграція компонентів гарантує оптимальну ефективність системи, дозволяючи точне, оперативне управління програмою зрошення відповідно до умов навколишнього середовища та конкретних потреб культур.

4. Перевірка: Щоб переконатися, що система відповідає критеріям, встановленим на першому етапі, на цьому етапі проводиться її тестування. Функціональне тестування, тестування продуктивності та тестування інтеграції є частиною цього процесу. Зв'язок між вбудованою платою та хмарною платформою ThingSpeak, а також зв'язок між вбудованою платою та хмарною

платформою ThingSpeak, а також зв'язок між вбудованою платою та віддаленим сервером або хмарною платформою.

5. Обслуговування: Розгортання системи, а також будь-яке необхідне обслуговування та оновлення здійснюються на цьому завершальному етапі V моделі. Цей етап також передбачає спостереження за роботою системи та внесення будь-яких необхідних модифікацій. Крім того, він передбачає тестування зв'язку, оновлення мікропрограми та перевірку сумісності нових версій програмного забезпечення. Цей етап також передбачає відстеження інформації, що передається до ThingSpeak, і вирішення будь-яких проблем з передачею.

Використання мікроконтролера ESP32 з великим об'ємом пам'яті і розширеними можливостями обробки дає ряд переваг, особливо в області нашої інтелектуальної системи зрошення. Вибір мікроконтролера ESP32 з великим об'ємом пам'яті та розширеними можливостями обробки підвищує ефективність, швидкість реагування та адаптивність нашої інтелектуальної системи зрошення, підтримуючи оптимізацію зрошення сільськогосподарських культур та сприяючи сталому веденню сільського господарства.

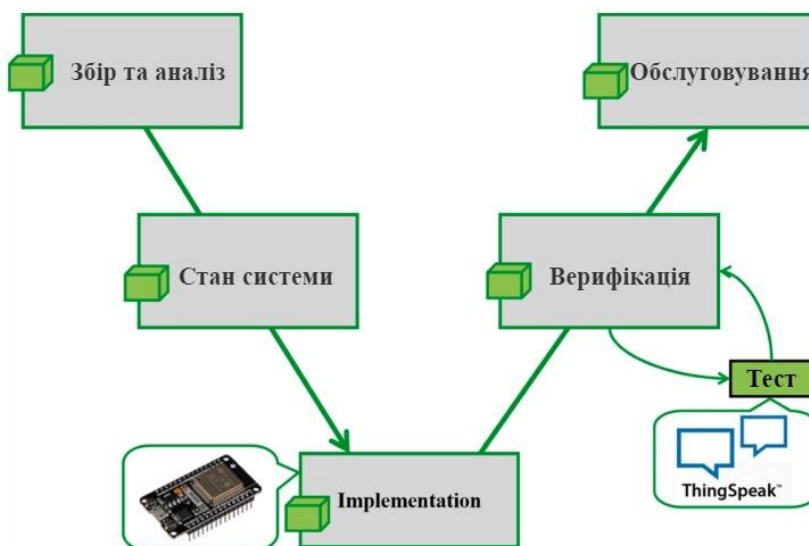


Рисунок 2.7 – V модель для розумної системи поливу

У цьому розділі ми надаємо детальний аналіз запропонованої системи розумного зрошення, включаючи його результати та ефективність у порівнянні з існуючими науковими роботами. Ми також розглядаємо, як система впливає на стійкість сільського господарства і як вона допомагає забезпечити продовольчу безпеку. Інноваційність цього дослідження полягає в інтеграції передових технологій, таких як вбудовані системні хмарні обчислення та Інтернет речей. Система дозволяє здійснювати моніторинг та управління іригаційними операціями в режимі реального часу, використовуючи пристрої, давачі та приводи Інтернету речей. Використання хмарних обчислень дозволяє зберігати дані, аналізувати їх та приймати рішення, що призводить до покращення контролю за зрошенням та оптимального використання води. Ця нова стратегія трансформує традиційні підходи, підвищуючи точність, ефективність та сталість іригаційних операцій. Дані з імітованих давачів ефективно надсилаються на платформи ThingSpeak і застосунок ThingView, представляючи параметри навколишнього середовища, такі як температура і вологість. Дані надаються надійно і регулярно, імітуючи оновлення давачів в режимі реального часу, з використанням протоколу MQTT для зв'язку. Хмарні платформи можна налаштувати для точної візуалізації даних за допомогою графіків і діаграм, що дозволяє здійснювати моніторинг і аналіз в режимі реального часу, так само, як і з польовими даними.

Таблиця 1 – Обладнання системи.

1	Мікроконтролер ESP32	ESP32 - це гнучкий мікроконтролер з різноманітними функціями та можливостями. Він може бути використовуватися в поєднанні з головним мікроконтролером як вторинний пристрій або як незалежна система. Зменшення накладних витрат на комунікаційний стек на основного

		процесора додатків - одна з його головних переваг. ESP32 також може обмінюватися даними з іншими системами, що дозволяє включати Bluetooth і Wi-Fi через інтерфейси SPI/SDIO або I2C/UART інтерфейси. Завдяки своїй адаптивності, ESP32 є потужним інструментом для декількох застосувань.
2	DHT22 (AM2302)	Це комбінований давач "два в одному" для вимірювання вологості та температури навколишнього повітря температури з високою точністю.
3	Дачач вологості ґрунту	Прилад, що використовується для визначення вологості або вмісту води в ґрунті. вмісту вологи або води в ґрунті. Фермери та садівники використовують інформацію для прийняття обґрунтованих рішень про полив і графік поливу, отримуючи отримуючи життєво важливу інформацію про вміст вологи в ґрунті.
4	HC-SR04 - ультразвуковий Дачач відстані	Пристрій використовується для вимірювання та моніторингу рівня води в резервуарі, надаючи життєво важливі дані для ефективного управління водними ресурсами.
5	Насос для резервуарів	Насос цистерни використовувався для перезарядки цистерни, коли вона спорожніла. бак, коли він ставав порожнім. Цей пристрій сприяє

		безперервній роботі системи ефективності системи та забезпечує надійне джерело води для надійне джерело води для потреб поливу.
6	Насос для поливу	Поливальний насос відповідає за зрошення зрошення ґрунту шляхом подачі води до рослин
7	Реле_1	Для активації насоса цистерни було використано реле для заповнення бака, коли він спорожніє.
8	Реле_2	Для керування поливальним насосом, що відповідає за зрошення ґрунту, було використано реле.
9	Джерело живлення	Живлення всіх компонентів системи електричною енергією - основне завдання джерела живлення. Це джерело живлення діє як основне джерело енергії системи, забезпечуючи кожен компонент енергією, необхідною для належної роботи, включаючи давачі, виконавчі механізми, контролери та модулі зв'язку. Забезпечуючи надійне живлення, система може функціонувати без перебоїв, що дає змогу успішно виконувати такі завдання, як збір, обробка та передача даних.

2.6 Результати експерименту

Експериментальні результати запропонованої системи зрошення представлені в додатку Б. У таблиці наведено безперервні вимірювання різних параметрів, включаючи вологість ґрунту, температуру та вологість повітря, а також показники давача рівня води в сантиметрах та рівень води у відсотках. Ці вимірювання були записані протягом семи днів. Крім того, додаток Б містить інформацію про стан передачі даних на платформу та застосунок, із зазначенням того, чи були дані успішно надіслані, а також час відгуку 2 с. Слід зазначити, що погодні умови під час періоду збору даних були нормальними, без опадів. Ці комплексні вимірювання дають цінну інформацію про продуктивність інтелектуальної системи, демонструючи коливання вологості ґрунту, температури, вологості та рівня води протягом семиденного періоду. Такі дані мають вирішальне значення для оптимізації стратегій зрошення та забезпечення ефективного управління водними ресурсами в сільському господарстві. Хмарні обчислення, зокрема інтеграція лабораторії MathWorks до платформи ThingSpeak нашої інтелектуальної іригаційної системи, покращує зберігання, аналіз та прийняття рішень щодо управління зрошенням завдяки масштабованому сховищу, віддаленому доступу до всіх даних та аналітиці в режимі реального часу на ThingSpeak. Це сприяє економічній ефективності, підвищенню безпеки, спільному управлінню, надійності, ефективній обробці даних, спільному прийняттю рішень та отриманню хороших результатів.

У цьому дослідженні представлено метод калібрування давача вологості, який використовувався в дослідженні. Для калібрування входу давача вологості в дослідженнях використовувався метод двоточкового калібрування. Дані з давача вологості знімалися протягом перших 2 с циклу роботи системи із зазначенням мінімального та максимального прогнозованих значень показань. Функція $\text{moisture} = \text{map}(\text{moisture}, 4095, 2413, 0, 100)$ використовувалася для двоточкового калібрування за природними вихідними даними давача вологості.

У демонстраційному розділі для калібрування давача вологості використано підхід зіставлення функцій. Перед запуском мікроконтролера

ESP32 необхідно виконати кілька конфігурацій. Мінімальне і максимальне значення давача вологості визначаються спеціально. Значення для давача вологості варіюються від мінімального 4095 до максимального 2413. Для полегшення зчитування показань давача використовується функція перетворення значення давача від 0 % до 100 %, причому 100 % вказує на максимальне значення. Ця зміна забезпечує зручну для користувача інтерпретацію показань давача. Двоточкове калібрування має важливе значення в процесі калібрування давача вологості нашої інтелектуальної системи поливу. Цей метод передбачає калібрування давача за двома різними рівнями вологості, які зазвичай представляють крайні точки спектра вологості. Важливість використання двоточкового методу калібрування полягає в тому, що він дозволяє підвищити точність, врахувати мінливість ґрунтових умов, динамічні діапазони вологості і дозволяє налаштувати давач для конкретних сільськогосподарських застосувань. Такий ретельний підхід до калібрування має фундаментальне значення для забезпечення ефективності інтелектуальної системи зрошення в оптимізації використання води.

2.7 Результати роботи платформи

Хмара ThingSpeak отримує дані, отримані нашою системою. Тож ми можемо використовувати мобільний застосунок або комп'ютер, щоб отримати або завантажити їх безкоштовно за допомогою платформи ThingSpeak або застосунку ThingView. На рисунку 2.8 показані деякі показники температури на фермі, що відображаються на ThingSpeak. Тепер власник ферми може підключитися до хмари і переглянути графічні дані, щоб перевірити стан ферми. Максимальне значення температури становить 25,5 °C, а мінімальне - 24,9 °C. На платформі ThingSpeak, рисунку 2.9 відображає деякі дані про вологість повітря на фермі. Максимальне значення вологості становить 35,00 %, а мінімальне - 39,4 %. Тепер власник ферми може підключитися до хмари і вивчити стан ферми за допомогою графічних даних.

Дані про вологість ґрунту на фермі показані на рисунку 2.10 на ThingSpeak. З нього видно, що спочатку ґрунт був сухим. Коли увімкнули водяний насос, давач вологості зафіксував близько 80%. Діапазон вимірної вологості ґрунту коливався від 0 % до 82 %. З іншого боку, на рисунку 2.11 показано, як рівень води становив близько 80 %, коли увімкнули насос для поливу, що призвело до вичерпання запасів води. Дані з давачів вологості в поєднанні зі спостереженнями за рівнем води проливають світло на динамічну взаємодію між рівнем вологості ґрунту, продуктивністю водяного насоса та управлінням водосховищем, а також дають корисну інформацію про процес зрошення. Ці дані підтримують мудрі сільськогосподарські практики, дозволяючи приймати обґрунтовані рішення та ефективно управляти водними ресурсами.

Кожні 2 секунди мікроконтролер ESP32 надсилає дані про температуру, вологість, вологість ґрунту та рівень води на аналітичну платформу ThingSpeak IoT. Фермер може легко отримати доступ до цієї інформації через канал ThingSpeak, що дає йому простий і точний спосіб стежити за своїм полем. Крім того, дані можна експортувати в документ Excel за допомогою функції "експорту останніх даних" каналу ThingSpeak, що дозволяє проводити додатковий аналіз і дослідження. Крім того, застосунок під назвою ThingView, який можна безкоштовно завантажити з Google Play Store, спрощує отримання даних з ThingSpeak на мобільних пристроях. Власник ферми може отримати віддалений доступ до всіх даних за допомогою цього застосунку для смартфона, що робить управління іригаційною системою простим і зручним. Використання цієї розумної іригаційної системи має важливе значення, оскільки вона гарантує точне і своєчасне зрошення сільськогосподарських рослин, створюючи ідеальне середовище для росту рослин. Цей метод значно покращує загальний досвід власника поля або ферми. Крім того, впровадження нашої системи розумного зрошення вимагає високого рівня технічних знань. Система розробляється і впроваджується фахівцями перед тим, як її поставлять фермерам. Фермери, тим часом, отримують вигоду від готової до використання системи, яка вимагає мінімум технічних знань для щоденних операцій.

Графічний дисплей інтелектуальної системи зрошення включає значення голок, які відображають дані датчиків в режимі реального часу. Кольорові секції можуть бути застосовані до різних ділянок вимірювання (віджети) для поліпшення наочності. Червоне число на датчику води в резервуарі, яке вказує на те, що рівень води критично низький, є прикладом того, як червоний колір використовується для позначення небезпеки. Як показано на рисунку 2.12, зелений колір позначає відсутність проблем, тоді як жовтий колір знаходиться в центрі проблем і відсутності проблем, вказуючи на початок потенційно проблемного періоду. Рішення також дозволяє відстежувати місцезнаходження каналів і конкретні зміни в контенті каналів. Для цього створюється мапа сайту каналу, яка деталізує розміщення даних каналу. Ввівши координати широти і довготи у вкладці "Налаштування каналу" у вікні перегляду каналу, можна відобразити місце розташування каналу.

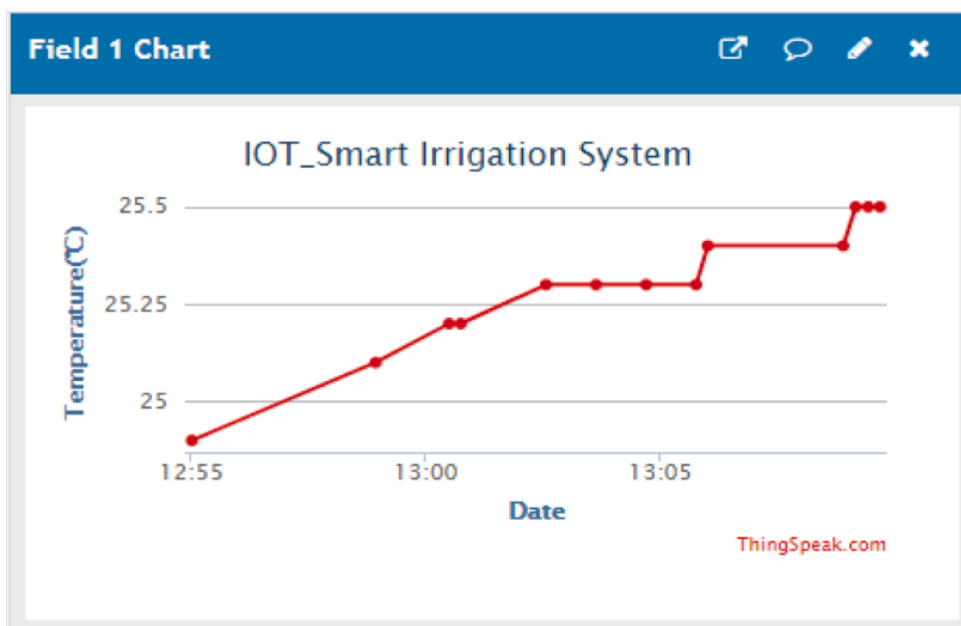


Рисунок 2.8 – Значення температури на платформі ThingSpeak в режимі реального часу

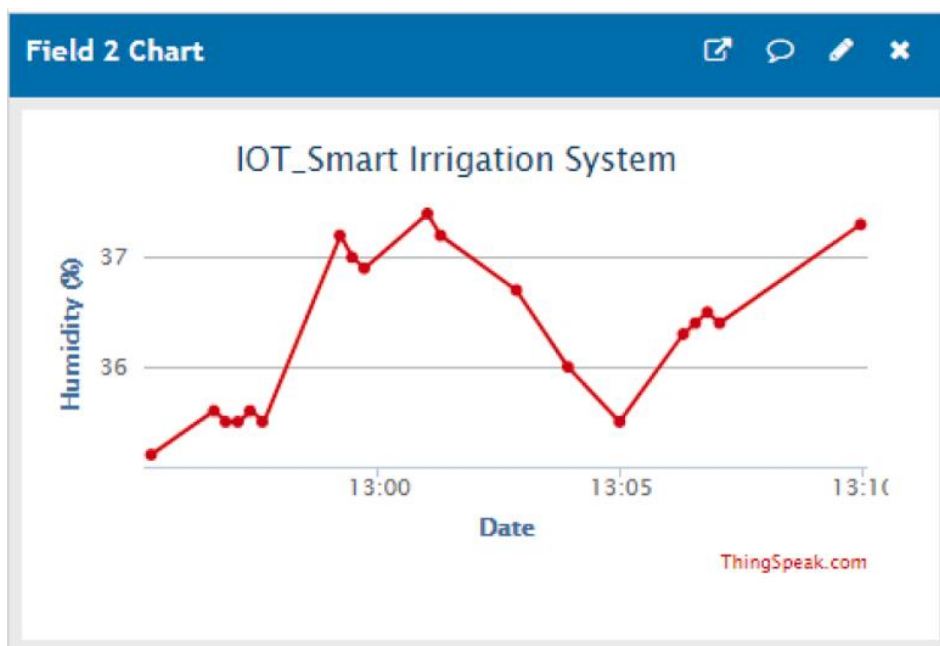


Рисунок 2.9 – Значення вологості на платформі ThingSpeak в режимі реального часу

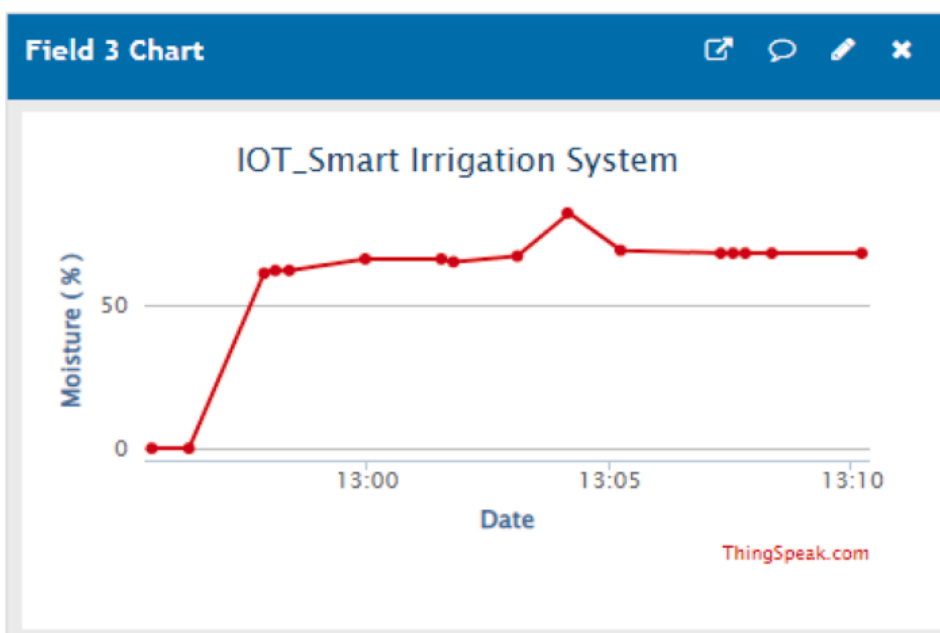


Рисунок 2.10 – Значення вологості на платформі ThingSpeak в режимі реального часу.

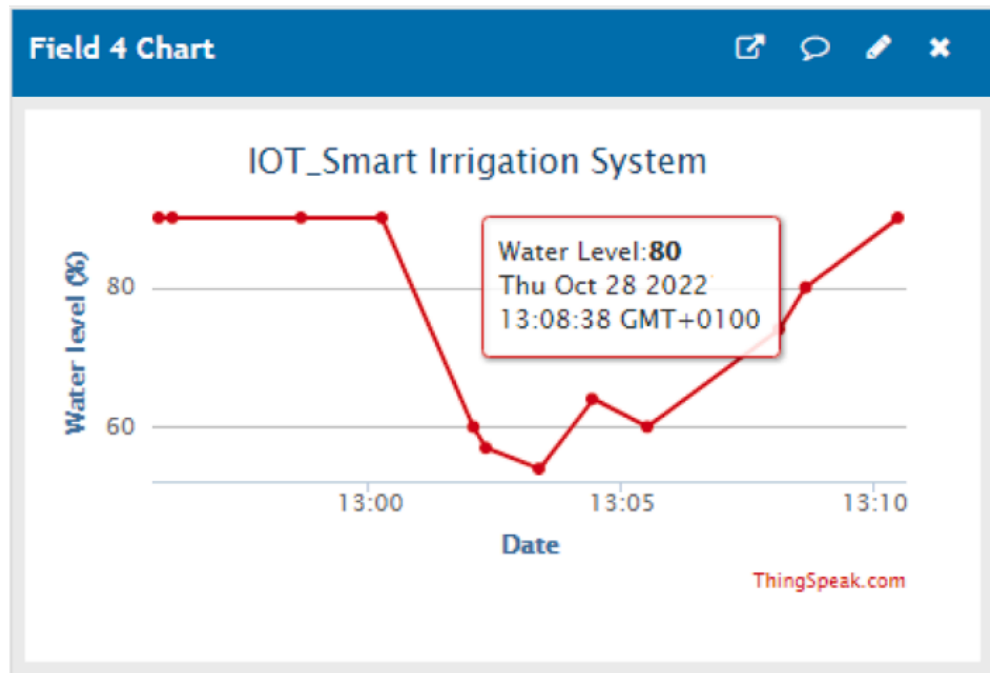


Рисунок 2.11 – Значення рівня води на платформі ThingSpeak в режимі реального часу.

2.8 Результати роботи застосунку

Застосунок ThingView, зображений на рисунок 2.12, забезпечує комплексне відображення всіх значень, отриманих із запропонованої нами системи, включаючи температуру, вологість, вологість ґрунту та рівень води. Власник ферми може просто переглядати всі дані віддалено через свій телефон завдяки цьому зручному мобільному застосунку. Ця стратегія особливо важлива, оскільки полив сільськогосподарських рослин вимагає пильної уваги. Наша система Smart Irrigation прагне вирішити цю проблему, забезпечуючи точне дослідження, щоб гарантувати своєчасний і ефективний полив рослин. Завдяки можливостям системи власник ферми може належним чином контролювати та керувати процесом зрошення, що покращує сільськогосподарські операції та гарантує здоров'я ферми чи поля.

2.9 Розрахунок скорочення використання води

Завдяки поєднанню спостережень і тестування можна кількісно оцінити і продемонструвати зменшення використання води порівняно з традиційними методами зрошення.

Інформація, зібрана зі звичайної та інтелектуальної іригаційних систем, була порівняна та проаналізована. Віднімаючи кількість води, використаної в розумній системі зрошення, від кількості води, використаної в традиційній системі зрошення, і ділячи результат на кількість води, використаної в звичайній системі зрошення, можна обчислити зменшення споживання води.

Спочатку слід провести моніторинг та задокументувати використання води у традиційній системі зрошення. Кількість води, використаної за певний проміжок часу, в цьому документі за 10 днів, була виміряна за допомогою давачів. Наступним кроком є встановлення та налаштування розумної системи зрошення на основі Інтернету речей та вбудованих пристроїв. Система має давачі, які можуть контролювати температуру, вологість та інші змінні навколишнього середовища, включаючи вологість, температуру, вологість і рівень води. Очікуваний 10-денний період тестування та моніторингу використовується для порівняння розумної системи зрошення зі звичайною системою зрошення. Для визначення кількості води, що споживається системою розумного зрошення, використовуються ті ж самі вимірювання та записи, що й у традиційній системі зрошення. Зниження рівня води розраховується шляхом взяття рівня води, що використовується традиційною системою зрошення (100 %), і віднімання рівня води, що використовується системою розумного зрошення (30 %). Результат становить $(100-30)/100$, що дорівнює 0,7 або 70 % від початкового рівня води. Скорочення споживання зрошувальної води більш ніж на 70 % стикається з такими проблемами, як потенційний вплив на сільськогосподарські культури, екологічні міркування, адаптація до зміни клімату, ефективне управління вологістю ґрунту, технологічні обмеження та освіта фермерів.

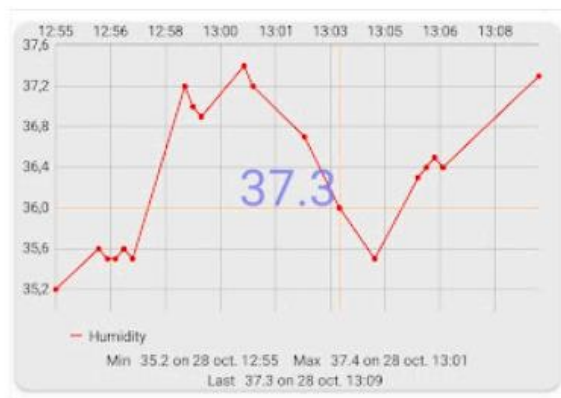
Це дослідження успішно трансформує традиційні методології, формулюючи прорив у точності та ефективності зрошення. У ньому представлена розумна система зрошення, яка поєднує хмарні обчислення, вбудовані системи та Інтернет речей. Вона використовує найсучасніші датчики, такі як DHT22 і датчик рівня води в поєднанні з ESP32, для передачі даних у хмару і моніторингу в реальному часі. Точність і ефективність роботи датчиків рівня води підвищується завдяки новій математичній функції, яка називається лінійною інтерполяцією. Використовуючи на 70 % менше води, впроваджена система відповідає екологічним стандартам. У дослідженні розглядаються більш загальні наслідки для сталого розвитку сільського господарства та світової продовольчої безпеки, підкреслюється значний прогрес у точності та ефективності, досягнутий завдяки запропонованій розумній системі зрошення.



Рисунок 2.12 – Графічні віджети відображення даних в системі розумного поливу забезпечують легкий доступ до візуального представлення вимірних і оброблених даних на каналах ThingSpeak. Віджети датчиків включають, відповідно, (a) температуру, (b) вологість, (c) вологість і (d) рівень води.



(a)



(b)



(c)



(d)

Рисунок 4.5 – Вихідні дані датчиків у застосунку ThingView, включаючи, відповідно, (а) температуру, (б) вологість, (в) вологість і (г) рівень води.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Порівняльний аналіз

Дослідники розглядають системи моніторингу використання води на основі Інтернету речей з використанням платформи Croplytics з Arduino Uno, пристроями LoRa та моделлю GSM. Для порівняння, наша робота (PS) відрізняється використанням платформи ThingSpeak та пристроєм ESP32 для моніторингу температури, вологості, вологості ґрунту та рівня води. На відміну від роботи [38], наша система включає калібрування датчиків, що підвищує точність даних. Крім того, наша робота представляє програмне забезпечення V Model і допомагає зменшити споживання води на 70 %, представляючи більш просунутий і комплексний підхід до водозбереження. Автори цієї роботи [39] представляють систему Інтернету речей з використанням Arduino Uno та ThingSpeak для моніторингу вологості, температури та вологості ґрунту. Наша робота (PS) йде далі, використовуючи ESP32 для покращення збору даних, охоплюючи додаткові параметри (рівень води). Успішне скорочення споживання води підкреслює глибину нашого підходу до калібрування датчиків вологості ґрунту та рівня води, що виходить за рамки того, що пропонується в роботі. Автори вимірювань. Це підвищує точність і надійність вашої системи, а в цьому дослідженні [40], зосереджуються на даних моніторингу водоспоживання. Крім того, наша інтеграція програмного забезпечення V Model та системи на базі платформи Android з моделями GSM та Arduino Uno. На відміну від цього, запропонована нами схема (ПС) використовує пристрій ESP32 через платформу ThingSpeak. Наша система вимірює температуру, вологість, вологість ґрунту та рівень води, надаючи ширший спектр даних:

- Період роботи системи Рівень води (%)
- Традиційні 10 днів 100
- Розумне зрошення (IoT) 10 днів 30 %

Додавання калібрування датчиків та програмного забезпечення V Model до нашого дослідження (PS) підвищує точність та надійність нашого рішення.

Система розширює свої можливості, використовуючи ESP32 для моніторингу температури, вологості, вологості ґрунту та рівня води.

Інтеграція калібрування датчиків, програмного забезпечення Model V та зменшення споживання води на 70 % у нашій системі PS виходять за рамки цього дослідження. Використання в нашій системі ESP32, повне охоплення параметрів, калібрування датчиків, програмне забезпечення V Model та зменшення споживання води сприяє створенню більш досконалої та ефективної системи. Автори [41] представили роботу, присвячену моніторингу температури, вологості та вологості ґрунту з використанням ATmega328 та NRF24L01. Наша PS відрізняється інтеграцією ESP32 для моніторингу температури, вологості, вологості ґрунту та рівня води через ThingSpeak. Включення калібрування датчиків, програмного забезпечення Model V та значне скорочення споживання води підвищують надійність та ефективність нашого рішення порівняно з рішенням, запропонованим у дослідженні. В роботі ми використали пристрій DHT22, який дозволяє вимірювати температуру і вологість з точністю до 0,1 одиниці. Цей тип датчика забезпечує більш точні та надійні показники, підвищуючи точність даних та сприяючи кращим сільськогосподарським результатам. Наша інтелектуальна система зрошення базується на ESP32, відомій своїми видатними характеристиками, такими як низьке енергоспоживання, великий обсяг пам'яті, Wi-Fi, Bluetooth і виняткова швидкість роботи. Крім того, плати на базі ESP32 є економічно вигідними і мають аналогові та цифрові входи і виходи, що робить їх ідеальними інструментами для зчитування численних аналогових вхідних значень в інтелектуальному землеробстві та інтелектуальних іригаційних системах.

Орієнтовна загальна вартість запропонованої інтелектуальної системи зрошення становить приблизно 60 доларів США, що робить її доступним і економічно ефективним рішенням. Така низька вартість системи відповідає меті забезпечити практичний і доступний варіант, особливо для фермерів з низьким рівнем доходу. На відміну від традиційних методів зрошення, які покладаються на дренаж ґрунтових вод і можуть призвести до надмірного споживання води та затоплення посівів, наша система використовує інноваційні

технології для забезпечення точного зрошення ґрунту на основі попиту. Адаптуючись до конкретних потреб культур у воді, наша система має потенціал для значного скорочення використання води більш ніж на 70 %. Такий ефективний і цілеспрямований підхід забезпечує оптимальне використання ресурсів, сприяючи при цьому сталому розвитку сільського господарства. Жодна з наукових робіт, на які є посилання в цьому дослідженні, не використовувала V-модель. На противагу цьому, наша робота, в якій використано дизайн програмного забезпечення V-моделі, представляє методичний та організований підхід до розробки програмного забезпечення, що значно покращує загальну якість нашої іригаційної системи.

3.2 Вплив на продовольчу безпеку

Використання Інтернету речей, хмарних обчислень та інших передових технологій в інтелектуальних зрошувальних системах може мати значний вплив на продовольчу безпеку, як показано на рис. 16. Ось деякі з способів, за допомогою яких ця технологія підвищує продовольчу безпеку:

1. Підвищення врожайності: Впровадження інтелектуальних іригаційних систем на основі Інтернету речей для забезпечення сільськогосподарських культур необхідною кількістю води в потрібний час може підвищити врожайність сільськогосподарських культур. Це може допомогти забезпечити стабільне постачання продовольства, зменшивши ймовірність неврожаю, спричиненого посухою або іншими факторами навколишнього середовища.

2. Підвищення ефективності використання води: Розумні зрошувальні системи на основі Інтернету речей використовують інформацію з давачів і метеостанцій для вибору оптимального графіка поливу, зменшуючи втрати води і максимізуючи ефективність використання води.

3. Віддалений доступ і контроль: За допомогою мобільного застосунку до розумних зрошувальних систем з використанням Інтернету речей можна отримати доступ і керувати ними віддалено, що дозволяє фермерам

перевіряти і вносити корективи в свої зрошувальні системи, навіть коли вони не перебувають на своїх полях. Фермери, які живуть у сільській місцевості або мають проблеми з доступом через фізичні обмеження, можуть знайти в цьому особливу вигоду.

4. Прийняття рішень на основі даних: Інтелектуальні системи зрошення на основі Інтернету речей збирають багато інформації про вологість ґрунту, погоду та ріст культур. Ця інформація може бути використана для прийняття кращих рішень щодо планування посівів, графіків зрошення та інших аспектів, які впливають на врожайність.

5. Адаптація до зміни клімату: Розумні зрошувальні системи на основі Інтернету речей можуть допомогти фермерам адаптуватися до мінливих погодних умов, спричинених зміною клімату. Ці пристрої можуть допомогти фермерам змінювати графіки зрошення та інші управлінські заходи з урахуванням змін температури, опадів та інших факторів навколишнього середовища, надаючи дані про вологість ґрунту та метеорологічні умови в реальному часі.

Загалом, збільшуючи врожайність, підвищуючи ефективність використання води та надаючи фермерам ресурси, необхідні для прийняття мудрих рішень, розумні зрошувальні системи можуть мати значний вплив на продовольчу безпеку. Крім того, вони можуть сприяти сталому розвитку сільського господарства і допомогти адаптуватися до зміни клімату. Пропозиції зроблять ефективний внесок у забезпечення продовольчої безпеки. Використання Інтернету речей, хмарних обчислень та інших передових технологій в інтелектуальних зрошувальних системах може мати значний вплив на продовольчу безпеку. На додаток до підвищення врожайності та ефективності використання води, ці технології також дозволяють здійснювати віддалений моніторинг і приймати рішення на основі даних, що може сприяти забезпеченню більш надійного постачання продовольства. У цьому есе ми розглянемо, як розумне зрошення впливає на продовольчу безпеку і як воно може допомогти підтримувати сільське господарство.

У дослідницькій роботі висвітлено розумні системи зрошення як новаторський підхід до інтеграції нових технологій, таких як Інтернет речей, вбудовані системи та хмарні обчислення. Однією з помітних інновацій є передача даних в режимі реального часу в хмару ThingSpeak і візуалізація даних через застосунок ThingView. Така реалізація дозволяє здійснювати безперебійний моніторинг та управління системою зрошення. Завдяки використанню цих технологій фермери та інші зацікавлені сторони отримують доступ до життєво важливої інформації про вологість ґрунту, температуру та інші параметри навколишнього середовища в режимі реального часу. Ця інновація покращує процеси прийняття рішень, покращує управління ресурсами та сприяє сталому веденню сільського господарства. Використання хмари ThingSpeak та застосунку ThingView для візуалізації даних є значним досягненням у розумному сільському господарстві, забезпечуючи зручний інтерфейс для ефективного управління зрошенням. Краще управління ресурсами в інтелектуальних іригаційних системах призводить до більш стійких, ефективних та екологічно чистих сільськогосподарських практик, з помітними перевагами з точки зору збереження води, енергоефективності, врожайності, скорочення витрат і загальної стійкості сільського господарства. Аналіз та інтерпретація даних у розумному сільському господарстві перетворює необроблені дані датчиків на дієву інформацію за допомогою багатьох функцій, таких як очищення та інтеграція даних, застосування розширеної аналітики, надання візуальних зображень, інтерпретація моделей та надання рекомендацій фермерам у режимі реального часу для прийняття обґрунтованих рішень та оптимізації сільськогосподарських практик.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Питання щодо охорони праці

Тема кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» присвячена розробці автоматизованої інтелектуальної бездротової системи зрошення ґрунту, тому доцільно розглянути питання з вимог електробезпеки до приміщень з ЕОМ.

Приміщення із робочими місцями користувачів комп'ютерів для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом самих користувачів ПК повинні мати достатні технічні засоби захисту відповідно до ГОСТ 12.1.009-76, НПАОП 40.1-1.07-01 “Правила експлуатації електрозахисних засобів”, НПАОП 40.1-1.21-98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”, НПАОП 40.1-1.32-01 “Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок”

З метою запобігання ушкодженням, що можуть статися через ураження електричним струмом, загоряння, коротке замикання тощо, розроблено загальний стандарт безпеки ІЕС 950. Загальним стандартом електробезпечності для країн Європейської співдружності є Сemark.

Під час проектування систем електропостачання, монтажу силового електрообладнання та електричного освітлення будівель та приміщень для ПЕОМ необхідно дотримуватись вимог вищеназваних нормативно-правових актів, Правил пожежної безпеки в Україні, ДСанПіН 3.3.2.007-98, що стосуються штучного освітлення і електротехнічних пристроїв, та вимог нормативно-технічної і експлуатаційної документації заводу-виробника ПЕОМ [61].

ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за

ПУЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перерізу фазового провідника.

Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам ПУЕ.

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних ЕОМ, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

ПЕОМ, периферійні пристрої ПЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і

електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустимим є підключення ПЕОМ та периферійних пристроїв ПЕОМ до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення ПЕОМ, периферійних пристроїв слід виконувати за магістральною схемою, по 3...6 з'єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12 В та 36 В за своєю конструкцією повинні відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127 В та 220 В і мають бути пофарбовані в колір, який візуально значно відрізняється від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127 В та 220 В.

Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах з урахуванням вимог ПУЕ та Правил пожежної безпеки в Україні.

Електромережу штепсельних розеток для живлення ПЕОМ, периферійних пристроїв ПЕОМ при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поряд зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання.

При розташуванні в приміщенні за його периметром до 5 ПЕОМ, використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволяється прокладання їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів.

Електромережу штепсельних розеток для живлення ПЕОМ при розташуванні їх у центрі приміщення, прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не дозволяється застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, що містять сірку. Відкрита прокладка кабелів під підлогою забороняється. Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.21-98.

Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції.

Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях. Доточувати проводи можна тільки шляхом паяння з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізолюваними провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПВЕ до переносних електропроводок;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;
- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів..

4.2 Питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях

Комп'ютерне забезпечення процесу прогнозування можливої радіаційної обстановки передбачає: оцінку радіаційної обстановки. Під радіаційною обстановкою розуміють масштаби і ступінь р/а зараження місцевості, які впливають на бойові дії та боєздатність військ, роботу промислових об'єктів та життєдіяльність населення.

Під оцінкою радіаційної обстановки розуміють вирішення основних задач з різних варіантів дії військ у зонах зараження, аналіз отриманих результатів та вибір найкращих варіантів, при яких забезпечуються найменші радіаційні ураження [61].

Оцінка радіаційної обстановки здійснюється двома методами: метод прогнозування і проведення радіаційної розвідки.

Радіаційна обстановка залежить від потужності і виду вибуху, швидкості вітру, атмосферних опадів, характеру місцевості, часу з моменту вибуху.

За ступенем зараження і можливими наслідками зовнішнього опромінення особового складу військ на зараженій місцевості прийнято виділяти 4 зони:

- зону помірного (зона А),
- сильного (зона Б),
- небезпечного (зона В),
- зону надзвичайно небезпечного (зона Г) зараження.

За 40-60 хвилин до підходу хмари і початку випадіння опадів подають сигнал оповіщення "Загроза радіоактивного зараження". З моменту випадіння опадів подається сигнал "Радіаційне зараження".

Медичні засоби захисту – серед засобів захисту від зброї масового ураження особливе місце займає застосування засобів медичного призначення. Під терміном "засоби медичного захисту" розуміють засоби попередження, профілактики впливу на людину уражаючих факторів зброї масового ураження та засоби надання допомоги і лікування уражених. Одним з найважливіших

завдань медичної служби є своєчасне і повне забезпечення особового складу військ, частин та підрозділів медичної служби цими засобами.

Медичні засоби протирадіаційного захисту - радіопротектори (радіозахисні засоби) - це хімічні медикаментозні засоби синтетичного або біологічного походження, введення яких в організм перед його опроміненням, призводить до зменшення впливу іонізуючого випромінювання на радіочутливі тканини та прискоренням їх відновлення, що призводить до зниження ступеню важкості променевого ураження. Використання радіопротекторів після опромінення практичного ефекту не дає.

Підвищення радіорезистентності тканини досягається завдяки впливу препарату на первинні радіохімічні реакції або на механізми захисту організму, або ж на те і інше одночасно. Радіопротектори відносяться до найрізноманітніших класів хімічних сполук..

Мобільна радіологічна лабораторія (МРЛ) розташовується на борту обладнаного автомобіля і призначена для вирішення широкого кола завдань, пов'язаних з радіаційним моніторингом довкілля та радіаційно-небезпечних об'єктів, зокрема завдань оперативного радіаційного контролю транспортних магістралей, пошуку локальних джерел радіації, дистанційного визначення потужності дози, ідентифікації радіонуклідного складу та визначення активності радіаційного забруднення, а також проведення лабораторних досліджень на місці. Лабораторія може оснащуватися робототехнічним комплексом для пошуку, дослідження й вилучення небезпечних локальних джерел.

Мобільні лабораторії радіаційної розвідки призначені для проведення оперативної радіаційної розвідки в разі виникнення позаштатної ситуації радіаційного характеру, пошуку та визначення типу джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) з метою попередження виникнення або планування заходів із зменшення наслідків радіаційної аварії

У процесі роботи мобільних засобів використовуються методи дистанційного радіаційного моніторингу, які дають змогу визначати параметри

радіаційних полів на відстані, що є дуже важливим, коли прямий доступ до ДІВ ускладнений або небезпечний.

Особлива роль у запобіганні радіаційному тероризму й несанкціонованому переміщенню радіоактивних матеріалів територією контрольованого регіону відводиться мобільним засобам радіаційного контролю, що використовують методи спектрометричного дистанційного радіаційного моніторингу. В цьому разі функціонування мобільної лабораторії може здійснюватися в таких режимах:

Патрулювання. В даному режимі йде спостереження за переміщенням відомих джерел підвищеної радіації та пошук невідомих;

Активного пошуку. Якщо зафіксовано наявність підозрілого джерела радіації на території контрольованого району або отримано оперативну інформацію від правоохоронних органів про можливість його наявності, силами мобільних засобів робиться цілеспрямований пошук джерела радіації та його дистанційне дослідження;

Режимі затримання. На підставі отриманих даних правоохоронні органи проводять затримання підозрілих вантажів, транспортних засобів або людей, зокрема для проведення поглибленого радіаційного контролю — оперативно на місці затримання або в спеціально обладнаному пункті. Для цього правоохоронні органи мають бути забезпечені не лише необхідною для затримання інформацією, а й відповідним устаткуванням (спеціальними засобами контролю, які носять або возять із собою).

Експлуатація мобільних лабораторій у режимі затримання допоможе у боротьбі із загрозою ядерного тероризму: виявленні підготовки терористичного акту; боротьбі з контрабандою радіоактивних матеріалів та їх несанкціонованим переміщенням; виявленні радіоактивного забруднення внаслідок диверсії на ранніх стадіях та сповіщенні відповідних служб і населення; ліквідації наслідків терористичних актів.

ВИСНОВКИ

У цій роботі представлено огляд останніх робіт, проведених дослідниками з метою запропонувати концепцію «розумної» системи з використанням вбудованих систем, Інтернету речей та хмарних обчислень, як інноваційного рішення для підвищення продовольчої безпеки та сприяння сталому розвитку сільського господарства. Використовуючи передові технології, ця система має на меті оптимізувати практику зрошення, зберегти водні ресурси та підтримати довгострокову стійкість сільського господарства. Система використовує передові технології, такі як хмарні обчислення, вбудовані системи та Інтернет речей, щоб забезпечити моніторинг, контроль та аналіз даних іригаційних операцій в режимі реального часу. Система контролює в режимі реального часу моніторинг критично важливих факторів навколишнього середовища, таких як вологість, температура і рівень води, в рамках практики розумного сільського господарства. Також використовувала хмару ThingSpeak для забезпечення бездротового зв'язку між пристроєм і власником ферми, покращуючи їхню взаємодію. Крім того, контролер ESP32 пов'язаний як з поливальним насосом для зрошення ґрунту, так і з водяним насосом для поповнення резервуара під час низького рівня води. Автоматизоване управління двома водяними насосами базується на показниках різних факторів навколишнього середовища. Фермери можуть отримати доступ до повної інформації про ферму з будь-якої точки світу, оскільки дані з датчиків передаються в режимі реального часу як до хмари ThingSpeak, так і до застосунку ThingView. Ця можливість дозволяє більш точно зрошувати сільськогосподарські культури та збільшувати виробництво. Крім того, це також дозволяє використовувати математичну функцію, відому як лінійна інтерполяція, для калібрування датчика рівня води у відсотках. Ця інтелектуальна іригаційна система була створена з використанням підходу до розробки програмного забезпечення V моделі. Рішення використовує на 70% менше води для зрошення ґрунту, ніж традиційні методи. Крім того, у роботі розглянуто вплив "розумного" зрошення з використанням новітніх технологій

на продовольчу безпеку та його здатність підтримувати стале сільське господарство. Впровадження цієї системи розумного зрошення має потенціал для революції в аграрному секторі, вирішуючи ключові проблеми і прокладаючи шлях до більш безпечної та стійкої системи виробництва продуктів харчування.

Завдяки об'єднанню декількох вузлів, система може обробляти більший обсяг даних та елементів управління для великомасштабних застосунків, таких як «розумні» ферми, що охоплюють тисячі гектарів. Брокер MQTT може додатково оптимізувати стратегії зрошення та управління ресурсами.

В першому розділі кваліфікаційної роботи описані особливості інтелектуального зрошення.

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто архітектуру системи та калібрування рівня води, вибрано та проаналізовано компоненти системи, представлено прототип системи моніторингу, результати експерименту.

В третьому розділі висвітлено порівняльний аналіз різних систем моніторингу водокористування.

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто забезпечення безпечної роботи з обладнанням.

Об'єкт дослідження: автоматизована інтелектуальна бездротова система зрошення ґрунту, що використовується в сільськогосподарських умовах.

Предмет дослідження: процеси та методи автоматизації зрошення ґрунту з використанням інтелектуальних бездротових систем на основі сучасних технологій

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 World Health Organization. The state of food security and nutrition in the world 2022: Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. Vol. 2022. Food & Agriculture Org., 2022.
- 2 Giller, Ken E., et al. "The future of farming: Who will produce our food?." *Food Security* 13.5 (2021): 1073-1099.
- 3 Dhal, Sambandh, et al. "Internet of Things (IoT) in digital agriculture: An overview." *Agronomy Journal* 116.3 (2024): 1144-1163.
- 4 Alhasnawi, Bilal Naji, Basil H. Jasim, and Bayadir A. Issa. "Internet of things (IoT) for smart precision agriculture." *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering* 16.1 (2020): 28-38.
- 5 Idoje, Godwin, Tasos Dagiuklas, and Muddesar Iqbal. "Survey for smart farming technologies: Challenges and issues." *Computers & Electrical Engineering* 92 (2021): 107104.
- 6 Glaroudis, Dimitrios, Athanasios Iossifides, and Periklis Chatzimisios. "Survey, comparison and research challenges of IoT application protocols for smart farming." *Computer Networks* 168 (2020): 107037.
- 7 Weersink, Alfons, et al. "Opportunities and challenges for big data in agricultural and environmental analysis." *Annual Review of Resource Economics* 10 (2018): 19-37.
- 8 Elleby, Christian, et al. "Impacts of the COVID-19 pandemic on the global agricultural markets." *Environmental and Resource Economics* 76.4 (2020): 1067-1079.
- 9 Bathaei, Ahmad, and Dalia Štreimikienė. "A systematic review of agricultural sustainability indicators." *Agriculture* 13.2 (2023): 241.
- 10 ASSOULI, Oumaima, et al. "Transition from surface to drip irrigation in Morocco: analysis through the multi-level perspective." *AGROFOR* 3.3 (2018).
- 11 Elijah, Olakunle, et al. "An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges." *IEEE Internet of things Journal* 5.5 (2018): 3758-3773.

- 12 Pramanik, Monalisha, et al. "Automation of soil moisture sensor-based basin irrigation system." *Smart Agricultural Technology* 2 (2022): 100032.
- 13 Ndunagu, Juliana Ngozi, et al. "Development of a Wireless Sensor Network and IoT-based Smart Irrigation System." *AESS* 2022.1 (2022): 7678570.
- 14 Abi Saab, et al. "Assessment of a smartphone application for real-time irrigation scheduling in Mediterranean environments." *Water* 11.2 (2019): 252.
- 15 Pasika, Sathish, and Sai Teja Gandla. "Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT." *Heliyon* 6.7 (2020).
- 16 Lakshmikantha, Varsha, et al. "IoT based smart water quality monitoring system." *Global Transitions Proceedings* 2.2 (2021): 181-186.
- 17 Talaviya, Tanha, et al. "Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides." *Artificial Intelligence in Agriculture* 4 (2020): 58-73.
- 18 Saleem, Muhammad Hammad, Johan Potgieter, and Khalid Mahmood Arif. "Automation in agriculture by machine and deep learning techniques: A review of recent developments." *Precision Agriculture* 22.6 (2021): 2053-2091.
- 19 Subeesh, A., and C. R. Mehta. "Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things." *Artificial Intelligence in Agriculture* 5 (2021): 278-291.
- 20 Ayaz, Muhammad, et al. "Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk." *IEEE access* 7 (2019): 129551-129583.
- 21 Kaur, Amritpal, Devershi Pallavi Bhatt, and Linesh Raja. "Applications of Smart Agriculture and an Automated Irrigation System Based on the Internet of Things." *International Conference on Data Science and Applications*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023.
- 22 Kamienski, Carlos, et al. "Smart water management platform: IoT-based precision irrigation for agriculture." *Sensors* 19.2 (2019): 276.
- 23 García, Laura, et al. "IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture." *Sensors* 20.4 (2020): 1042.

- 24 Pathak, Abhijit, et al. "IoT based smart system to support agricultural parameters: A case study." *Procedia Computer Science* 155 (2019): 648-653.
- 25 Ndunagu, Juliana Ngozi, et al. "Development of a Wireless Sensor Network and IoT-based Smart Irrigation System." *AESS* 2022.1 (2022): 7678570.
- 26 Ramirez, R. C., et al. "Development of a real-time wireless sensor network-based information system for efficient irrigation of upland and lowland crop production systems." *IOP*. Vol. 1038. No. 1. IOP Publishing, 2022.
- 27 Lloret, Jaime, et al. "A wireless sensor network deployment for soil moisture monitoring in precision agriculture." *Sensors* 21.21 (2021): 7243.
- 28 Sahota, Herman, Ratnesh Kumar, and Ahmed Kamal. "A wireless sensor network for precision agriculture and its performance." *Wireless communications and mobile computing* 11.12 (2011): 1628-1645.
- 29 Prasojo, Ipin, et al. "Design of automatic watering system based on Arduino." *Journal of Robotics and Control (JRC)* 1.2 (2020): 59-63.
- 30 Yousif, Jabar H., et al. "Experimental and mathematical models for real-time monitoring and auto watering using IoT architecture." *Computers* 11.1 (2022): 7.
- 31 Marques, Gonçalo, and Rui Pitarma. "A cost-effective real-time monitoring system for water quality management based on internet of things." *Science and Technologies for Smart Cities: 5th EAI International Summit, SmartCity360, Braga, Portugal, December 4-6, 2019, Proceedings*. Springer International Publishing, 2020.
- 32 Ajith, Jerom B., R. Manimegalai, and V. Ilayaraja. "An IoT based smart water quality monitoring system using cloud." *2020 International conference on emerging trends in information technology and engineering (ic-ETITE)*. IEEE, 2020.
- 33 Pant, Durgesh, et al. "Automated IoT based smart water quality assessment system." *2019 8th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART)*. IEEE, 2019.
- 34 Morchid, Abdennabi, et al. "Applications of internet of things (IoT) and sensors technology to increase food security and agricultural Sustainability: Benefits and challenges." *Ain Shams Engineering Journal* (2023): 102509.

35 Métrologie, Instrumentation Measure. "Water level detection system based on ultrasonic sensors HC-SR04 and ESP8266-12 modules with telegram and buzzer communication media." Journal homepage: (2019): 305-309.

36 Tham, Pei En, et al. "Sustainable smart photobioreactor for continuous cultivation of microalgae embedded with Internet of Things." Bioresource Technology 346 (2022): 126558.

37 Hussien Hajjaj, Sami Salama, et al. "Utilizing the internet of things (IoT) to develop a remotely monitored autonomous floodgate for water management and control." Water 12.2 (2020): 502.

38 Pramanik, Monalisha, et al. "Automation of soil moisture sensor-based basin irrigation system." Smart Agricultural Technology 2 (2022): 100032.

39 Abba, Sani, et al. "Design and performance evaluation of a low-cost autonomous sensor interface for a smart iot-based irrigation monitoring and control system." Sensors 19.17 (2019): 3643.

40 Munir, M. Safdar, et al. "Intelligent and smart irrigation system using edge computing and IoT." Complexity 2021.1 (2021): 6691571.

41 Meher, Chandra Prakash, Adyasha Sahoo, and Suraj Sharma. "Iot based irrigation and water logging monitoring system using arduino and cloud computing." 2019 International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking (ViTECoN). IEEE, 2019.

42 Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі: навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: ТНТУ ім.Івана Пулюя, 2017 – 384 с

43 Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

44 Duda, Oleksii, et al. "The network platform cyber-physical systems application for smart buildings air pollution indicators monitoring." network 3 (2020).

ДОДАТКИ

Лістинг псевдокоду запропонованих схем

```

//Define constants:
1: Min_Moisture_Thereshold = 40
2: Min_Water_Level_Thereshold = 10
//Variables:
3: Ts ← Temperature
4: Hs ← Humidity
5: Ms ← Moisture
6: Ws ← Water level
7: TonWP = false ← Watering pump state
8: TonTP = false ← Tank pump state
9: ToffWP = false ← Watering pump state
10: ToffTP = false ← Tank pump state
11: Max = 20 ← Maximum distance between ultrasonic sensor and
water surface
12: Initialize ESP32 ← Embedded board
13: Initialize sensors ← Initialization of the (Ts, Hs, Ms,
Ws)
14: While true:
// Simulate sensor readings:
15: Ts = GetTemperature() ← read value (Ts)
16: Hs = GetHumidity() ← read value (Hs)
17: Ms = GetMoisture() ← read value (Ms)
18: Ws = GetWaterLevel() ← read value (Ws)
// Perform two-point calibration on moisture sensor:
19: Moisture = map(Ms, 4095, 2413, 0, 100) ← Calibration using
function map()
// Calculate water level using linear interpolation:
20: WaterLevel = -4.95 * Ws + 1 + (99 * Max) / 20 ← Based
equation  $Y = mX + P$ 
// Simulate ThingSpeak and ThingView communication:
21: if (ESP32 is connected with ThingSpeak Cloud):
22: Print collected data on the monitor
23: Send data to ThingSpeak platform
24: Send data to ThingView app
25: else:
26: Try to connect again
// Control watering pump based on moisture level:
27: if (Moisture <= Min_Moisture_Thereshold):
28: TonWP = true
29: ToffWP = false
30: else:
31: TonWP = false
32: ToffWP = true
// Control tank pump based on water level:
33: if (WaterLevel <= Min_Water_Level_Thereshold):
34: TonTP = true
35: ToffTP = false
36: else:
37: TonTP = false
38: ToffTP = true
39: Delay (2 s) ← Repeat for each period of 2S
40: End While

```

Додаток Б

Експериментальні результати запропонованого дослідження

	Температура (°C)	Вологість (%)	Вологість грунту (%)	Рівень води (см)	Рівень води калібру (%)	Дані до хмари	Час відгуку (с)
1	25.20 °C	35.00 %	40.50 %	06.81 Cm	90.00 %	Yes	2с
2	26.30 °C	36.00 %	55.30 %	07.42 Cm	87.00 %	Yes	2с
3	25.10 °C	69.25 %	60.10 %	09.44 Cm	77.00 %	Yes	2с
4	27.56 °C	40.22 %	75.10 %	14.89 Cm	50.00 %	Yes	2с
5	28.12 °C	39.13 %	76.12 %	15.90 Cm	54.00 %	Yes	2с
6	26.80 °C	59.20 %	80.01 %	16.61 Cm	40.00 %	Yes	2с
7	27.90 °C	45.30 %	65.10 %	10.45 Cm	72.00 %	Yes	2с