

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**«ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ МІКРОФЕРМИ ЯК ЕЛЕМЕНТУ
ІНФРАСТРУКТУРИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ»**

Виконав: здобувач групи ІТ-62
спеціальності 126 «Інформаційні системи та
технології»

_____ Химич М. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Пташник В. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Сиротюк С. В.

(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Другий (магістерський) рівень вищої освіти
Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор, Тригуба А. М.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ” _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Химич Мар'ян Мар'янович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування моделі мікроферми як елементу інфраструктури інтернету речей»

керівник роботи к. т. н., доцент, Пташник В. В.

(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП від 12.09.2024 року № 616/к-с

2. Строк подання студентом роботи 06 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: характеристика сучасних інформаційних систем розумного будинку; технічна документація до інженерного обладнання кліматичних систем; специфікація систем та пристроїв на основі технології інтернету речей; науково-технічна і довідкова література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Архітектура інформаційної системи мікроферми

2. Вибір методів та засобів розробки мікроферми як елементу IoT

3. Розробка моделі мікроферми та її тестування

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Економічна ефективність

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	<i>Пташник В. В., к.т.н., доцент</i>			
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 13 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Складання інженерної характеристики об'єкту проектування</i>	<i>13.09.2024 – 30.09.2024</i>	
2	<i>Вибір методів та засобів розробки мікроферми</i>	<i>01.10.2024 – 15.10.2024</i>	
3	<i>Розробка моделі мікроферми та її тестування</i>	<i>16.10.2024 – 31.10.2024</i>	
4	<i>Розгляд питань з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>01.11.2024 – 10.11.2024</i>	
5	<i>Оцінка економічної ефективності прийнятих рішень</i>	<i>11.11.2024 – 17.11.2024</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентаційного матеріалу</i>	<i>18.11.2024 – 30.11.2024</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому. Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи</i>	<i>01.01.2024 – 06.12.2024</i>	

Здобувач

_____ Химич М. М.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Пташник В. В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 681.521 / 681.518

Обґрунтування моделі мікроферми як елементу інфраструктури інтернету речей. Химич М. М. Кафедра інформаційних технологій – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024.

Кваліфікаційна робота: 69 сторінок текстової частини, 27 рисунків, 10 джерел літератури, 1 додаток.

Метою кваліфікаційної роботи полягає в розробці та обґрунтуванні роботи моделі мікроферми, інтегрованої в інфраструктуру Інтернету речей, з метою підвищення ефективності управління виробничими процесами, моніторингу стану середовища та автоматизації рішень для сталого сільського господарства..

Об'єктом дослідження є мікроферма як частина сучасних агропромислових комплексів, орієнтована на автоматизацію та інтеграцію технологій Інтернету речей.

Предмет дослідження вивчає процеси проектування, впровадження та функціонування мікроферми в умовах використання технологій Інтернету речей, а також ефективність цих процесів у контексті оптимізації ресурсів і продуктивності.

У кваліфікаційній роботі розглянуто предметну область та проведено аналіз сучасних зразків мікроферм, їх функціональних можливостей та відповідних технологічних рішень. Запропоновано структуру апаратної реалізації моделі мікроферми як елементу інфраструктури IoT на базі мікроконтролера NodeMCU з модулем бездротового зв'язку ESP8266. Розроблено структуру бази даних реального часу на основі Google Firebase та систему візуалізації з використанням JavaScript та бібліотеки React

Ключові слова: інформаційна система, мікроферма, інтернет речей, мікроклімат, Google Firebase, NodeMCU.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МІКРОФЕРМИ... 8	8
1.1 Етапи та перспективи практичної інтеграції IoT технологій	8
1.2 Технології та переваги розумних теплиць	13
1.3. Приклади промислових мікроферм з інтелектуальною мікрокліматичною системою	17
1.3.1 Класифікація мікро-теплиць	17
1.3.2 Розумна теплиця Bloomengine.....	18
1.3.3 Індивідуальна інтелектуальна мікроферма Rotofarm.....	19
1.3.4 Вертикальні аеропонні конструкції Cyber Grow.....	20
1.3.5 Контролери OverGrower сільськогосподарського призначення	21
1.4 Порівняльний аналіз систем контролю мікроклімату	22
РОЗДІЛ 2 ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ МІКРОФЕРМИ ЯК ЕЛЕМЕНТУ IoT	25
2.1 Вибір елементної бази інформаційної системи контролю мікроклімату мікроферми	25
2.1.1 Плата мікроконтролера NodeMCU ESP8266	25
2.1.2 Датчик температури та вологості повітря DHT22.....	27
2.1.3 Датчик рівня вологості ґрунту FC-28.....	28
2.1.4 Датчик рівня освітленості BH1750.....	29
2.1.5 Модуль годинника реального часу DS3231	30
2.1.6 Твердотільне двоканальне реле з оптичною розв'язкою	31
2.2 Вибір технології збереження даних мікроферми	33
2.3 Вибір технології візуалізації мікрокліматичних параметрів мікроферми	36
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ МІКРОФЕРМИ ТА ЇЇ ТЕСТУВАННЯ.....	39
3.1 Уточнення завдань розробки інформаційної системи розумної мікроферми	39

3.2 Функціональні можливості інформаційної системи розумної мікроферми	40
3.3 Алгоритм інформаційної системи розумної мікроферми.....	41
3.4 Структура тестової моделі мікроферми	43
3.5 Реалізація взаємодії мікроферми з хмарним середовищем та візуалізації даних.....	46
3.6 Аналіз мікрокліматичних даних мікроферми	49
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	50
4.1. Охорона праці	50
4.2. Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вторинних вражаючих факторів.....	53
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	55
5.1 Оцінка комерційного потенціалу розробки	55
5.1.1 Початкові інвестиції та операційні витрати розумної мікроферми.....	56
5.1.2 Урожайність, прибутовість, рентабельність та екологічність розумної мікроферми	56
5.2 Ніша розвитку стартапу «Розумна мікроферма».....	58
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТОК А Програма управління апаратними засобами моделі мікроферми	62
ДОДАТОК Б Програма управління апаратними засобами моделі мікроферми	66

ВСТУП

В умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій концепція Інтернету речей (IoT) все більше інтегрується в різні сфери людської діяльності. Сільське господарство не є винятком, навпаки, воно стає однією з найперспективніших галузей для впровадження інноваційних рішень. Використання IoT у сільському господарстві дозволяє ефективніше управляти ресурсами, підвищити продуктивність і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Одним із інноваційних напрямків у цій сфері є створення мікроферм, які можна розглядати як невід'ємну частину інфраструктури IoT.

Мікроферма – це компактний сільськогосподарський об'єкт який характеризується невеликими розмірами та високим ступенем автоматизації. Використовуючи технологію IoT, мікроферми можуть контролювати ключові параметри навколишнього середовища, такі як температура, вологість, рівень освітленості та вміст поживних речовин у ґрунті чи воді. Це дозволяє оптимізувати вирощування різноманітних культур, мінімізуючи витрати на енергію, воду та добрива. Таким чином, мікроферми, які використовують технологію IoT, можуть не тільки підвищити ефективність виробництва, але й допомогти створити стійкі логістичні ланцюги.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з глобальними викликами, такими як зростання населення, скорочення сільськогосподарських угідь і необхідність покращення стійкості сільськогосподарських систем. Тому розробка моделей мікроферм, інтегрованих в інфраструктуру IoT, є перспективним напрямком, який потребує глибокого наукового обґрунтування та безпосередньо пов'язаний з розвитком інформаційних технологій.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МІКРОФЕРМИ

1.1 Етапи та перспективи практичної інтеграції IoT технологій

В інформаційному, постіндустріальному, технологічному суспільстві, як і в попередні епохи, людина змушена шукати гармонію у своїх стосунках із зовнішнім світом. Якщо раніше екологічну рівновагу можна було розглядати як збалансовану систему символічного споживання світу, в якій об'єктивність середовища перетворюється на цінність його інтелектуального розвитку, то з появою конвергентних технологій необхідно говорити про існування раціонального відтворення, розуму та «матеріальної» конвергенції цінностей: наприклад, феномен Інтернету речей, який, зокрема, реалізував концепцію об'єктно-об'єктної інтеграції.

Екологічне мислення більше не може бути абстраговане від нової онтологічної ніші людського «розумного середовища (SmE)» і проникає в комп'ютерні технології, інтелектуальні та гібридні середовища, мережеву реальність і хмарні обчислення (clouding). Інформація більше не є абстрактною символічною структурою комунікації, а Інтернет речей змінює особисту та об'єктивну комунікацію [6].

Інтернет речей — концепція обчислювальної мережі фізичних об'єктів («речей»), обладнаних вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або із зовнішнім середовищем, яка розглядає організацію таких мереж як феномен, який може змінювати форму економічних та/або соціальних процесів, щоб певні дії та операції більше не потребували участі людини.

Коли окремі системи з датчиками (розумний дім, розумний автомобіль, розумний холодильник тощо) використовують хмарні інтерфейси для обміну інформацією одна з одною через Інтернет, в результаті чого приймаються

рішення – команди для надсилання іншій системі, ми маємо справу з Інтернетом речі.

Можливості використання Інтернету речей величезні, і вони проникають майже в усі сфери людської діяльності, бізнесу та суспільства в цілому (рис. 1.1). Це такі сфери життєдіяльності людини як:

- торгівля – впровадження технологій IoT різними компаніями допомагає автоматизувати виробництво;
- транспорт – транспортування, логістика та дистрибуція вимагають постійного контролю та аналізу, які допомагають зрозуміти зміни в режимі реального часу та допомагають приймати мудрі та швидкі рішення;
- охорона здоров'я – забезпечує централізований моніторинг і агрегацію даних медичних пристроїв і програм;
- сільське господарство – платформи IoT дозволяють автоматизувати багато сфер сільськогосподарського виробництва, тим самим покращуючи ефективність і фінансові показники.

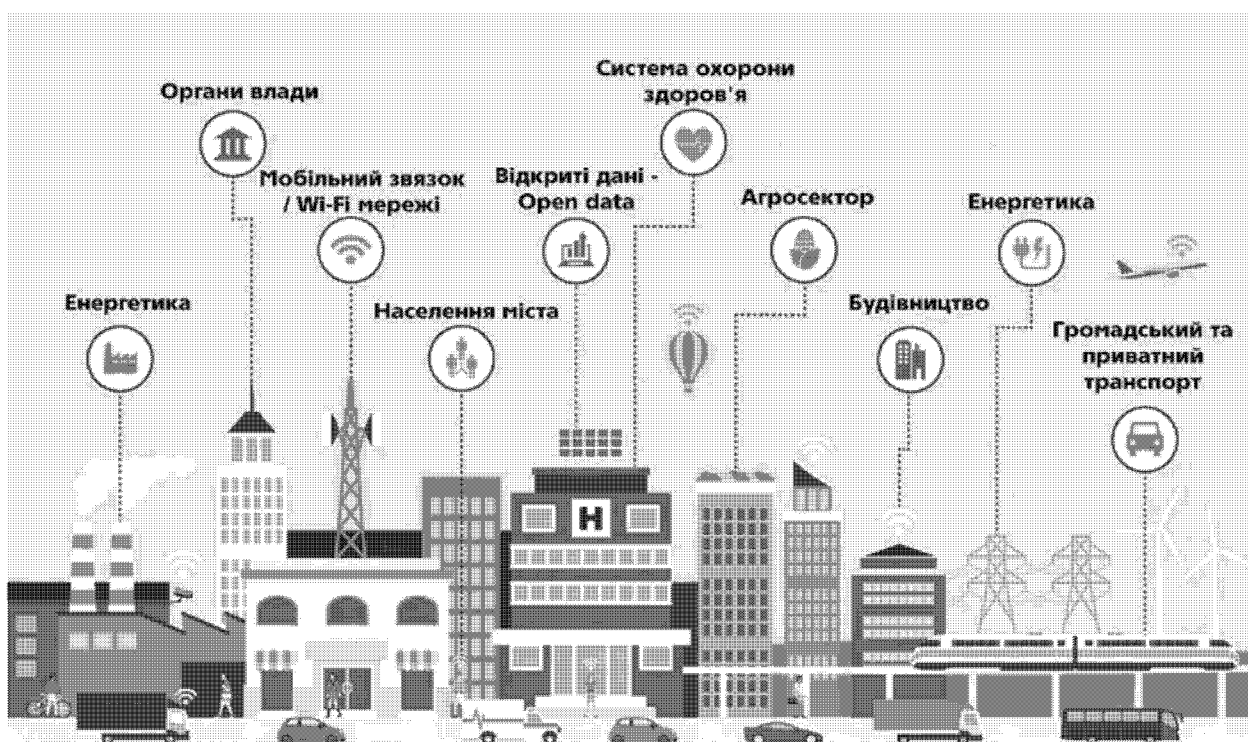


Рисунок 1.1 – Сфери людського життя зі стабільним залученням технологій Інтернету речей.

Сьогодні розвиток Інтернету речей дає можливість створювати автоматизовані системи, до яких може отримати доступ будь-який користувач. Вони значно гнучкіші, ефективніші та економічніші, ніж ручне керування. За допомогою таких технологій можна розробити автоматизовані комплекси, здатні контролювати мікроклімат в теплицях, що в подальшому призведе до кращого догляду за рослинами і відповідно збільшення врожаїв. При цьому споживання ресурсів буде зменшено, оскільки автоматизація дозволить вчасно прогнозувати потребу в залученні додаткових ресурсів.

З цього можна зробити висновок про застосування технології Інтернету речей в аграрній сфері які дозволяють оптимізувати витрати на збирання врожаю, датчики зможуть визначати, яким рослинам потрібні добрива чи додаткове освітлення. Також ІоТ технології можуть допомогти в боротьбі зі шкідниками. Спеціальний засіб обприскування забезпечує точкове розпилення, не зачіпаючи зони, де шкідник відсутній (рис. 1.2). Щоб заощадити воду, використовують набір датчиків для визначення вологості ґрунту та таким чином регулюють частоту поливу рослин.



Рисунок 1.2 – Система точкового оприскування рослин

В Україні ринок Інтернету речей ще тільки зароджується та виходить за межі побутового використання окремими користувачами. Тим не менше його впровадження в Україні обговорюють багато років, а деякі значні проекти вже реалізовані (рис. 1.3). Де-не-де представлені навіть вдалі починання – насамперед випробування чи впровадження у сфері комунального господарства чи сільського господарства. Компанії Vodafone та Київстар впроваджують для реалізації задач IoT технологію Narrow Band Internet of Things (NB IoT), а от представництво lifecell віддало перевагу формуванню мережі LoRaWAN. Варто відзначити, що саме Київстар першим розпочав широкомасштабні тестування IoT сервісів на базі NB IoT. Компанія провела відповідні випробування ще у 2018 році.

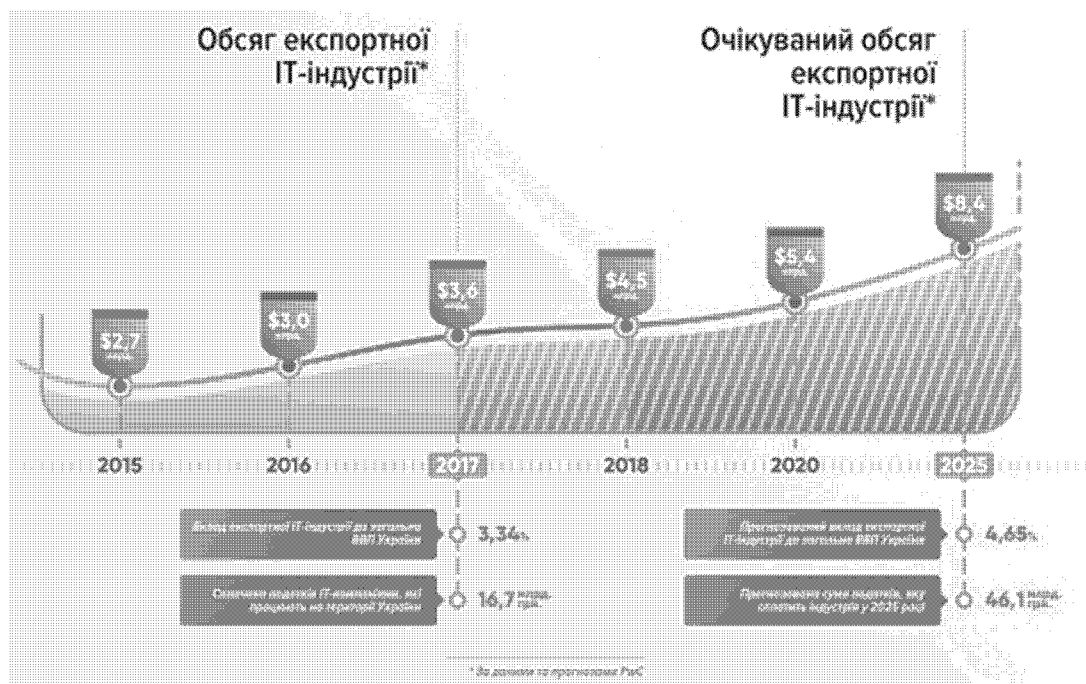


Рисунок 1.3 – Темпи розвитку IoT рішень

На початку 2019 року окремі абоненти з'явилися в Київській та Одеській областях, повний запуск мережі NB IoT в комерційну експлуатацію відбувся 7 листопада 2019 року. Крім зазначених регіонів, послуга також доступна для комерційного використання у Львівській, Харківській та Дніпропетровській областях, а з 2021 року на більшості території України.

Однією з головних переваг нового постачальника послуг є можливість створення мереж «розумних лічильників» (Smart Metering), які є точними та здатними оперативно вимірювати воду, електроенергію, газ та тепло. Однак це не єдиний варіант, доступний для тих, хто підписався на комерційну послугу: будь-який оператор може підключити власні пристрої IoT до своєї мережі. Крім того, компанія надає централізовану платформу для керування пристроями IoT на основі платформи Cisco Jasper.

У січні 2020 року компанія Vodafone повідомила, що комерційна версія NB-IoT буде використовувати власну мережу LTE. Вартість річного обслуговування пристрою, підключеного до IoT, становить 200 грн, але обсяг місячного трафіку в пакетах обмежений 60 Мб. Все, що перевищує це, є додатковими витратами. Буквально через кілька днів після релізу оператор також оголосив про початок власної пілотної ініціативи під назвою «Smart Metering», яка була реалізована спільно з кількома водопровідними компаніями в Україні. Метою цього проєкту було встановлення електронного обладнання на вузлах комерційного обліку води в інфраструктурі провайдерів, щоб фіксувати показання лічильників та передавати їх на онлайн-сервери. Цей метод полегшує автоматизацію процесу збору, обробки та збереження даних. На першому етапі послуга була запущена в партнерстві з Vodafone Україна в Сумах і Вишневому (Київська область). Пілотний проєкт показав життєздатність послуги Smart Water Metering на комерційній основі.

Інше занепокоєння полягає в тому, що в Україні мало сфер практичного застосування, які є комерційно життєздатними. Зазвичай основними прихильниками впровадження Інтернету речей є промисловість, житлово-комунальне господарство та комунальні послуги (як правило, конкуренція між провайдерами) (рис. 1.4). Вітчизняний виробничий сектор часто уникає технологічного прогресу, а комунальні компанії є єдиними гравцями на своїх ринках і також хочуть зберегти все як є. Другий ешелон – це, як правило, транспортно-аграрний комплекс. В Україні кілька агропідприємств

картографічної інформації та датчиків, які контролюють якість ґрунту, його щільність, вологість і склад поживних речовин, значно зменшує складність посадки на розумній фермі.

У міру того як сільське господарство розвивається, існуючі сівалки точного висіву будуть інтегровані в автономні трактори з платформою IoT, яка передає інформацію фермеру. Таким чином можна обробити все поле, і лише одна людина контролюватиме процес через систему відеоспостереження або цифровий контролер на комп'ютері чи планшеті, тоді як полем пересуваються кілька машин.

Розумні системи поливу і підживлення рослин. Використання крапельного зрошення дозволяє власнику контролювати кількість і тривалість водопостачання своїх культур. Завдяки поєднанню цих систем із більш досконалими датчиками IoT, які вимірюють рівень вологості та здоров'я рослин, фермери мають можливість втручатися лише за крайньої необхідності, наприклад, у позаштатних ситуаціях. Інакше системи розумної ферми працюватимуть автоматично. Незважаючи на те, що системи крапельного зрошення не є повністю автоматизованими, вони все ще можуть працювати автономно в контексті проекту розумної ферми, використовуючи дані, зібрані з датчиків IoT на полях, для зрошення за необхідності.

Розумна прополка рослин. Прополка та боротьба зі шкідниками є важливими аспектами обслуговування та завданнями, які найкраще виконуються автономними роботами. Кілька прототипів уже розробляються та тестуються по всьому світу.

Деякі роботи розміром з автомобіль вже досягли автономної навігації в полях за допомогою відео, а також супутникового GPS. Завдяки машинному навчанню, достатньо розвиненому, щоб замінити людську працю в сільському господарстві, і використанню штучного інтелекту машини можуть повністю автоматизувати процес прополки або контролю посівів на розумній фермі.

Інші роботи-культиватори керуються розумним трактором, ці роботи мають камери, які розпізнають флуоресцентне забарвлення насіння під час

посіву. Колір передається молодим рослинам у міру їх росту (рис. 1.5). Потім фермер розділяє рослини, що не світяться. Такі роботи не зможуть самостійно працювати на розумній фермі, натомість вони будуть підключені до автономних тракторів із датчиками, підключеними до Інтернету речей.

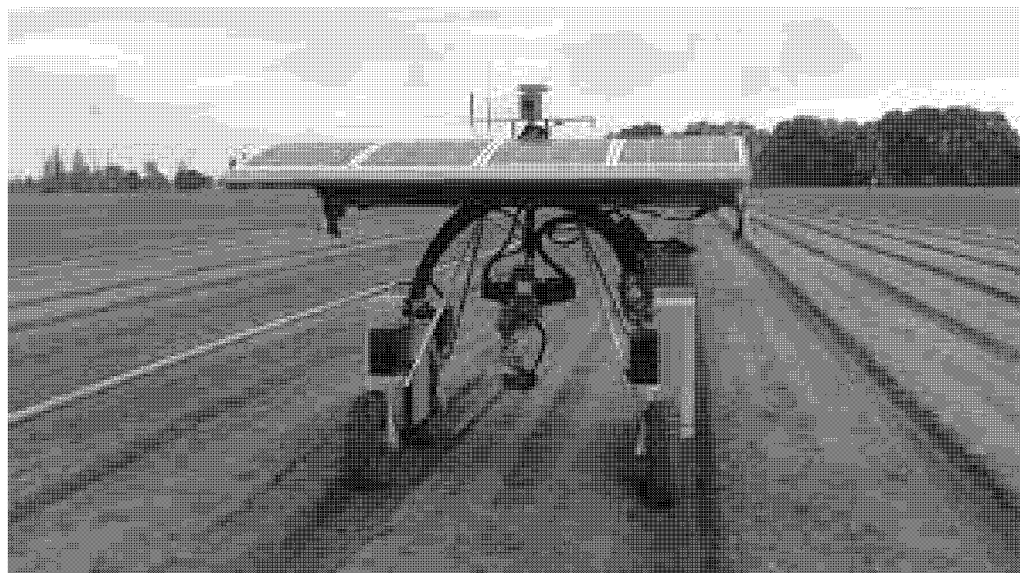


Рисунок 1.5 – Автономний безпілотний робот для прополювання

Розумні системи збору врожаю. Часові рамки процесу збирання врожаю залежить від його дозрівання, тому необхідно працювати в будь-яку погоду і збирати врожай в обмежені терміни. Традиційним комбайнам потрібен доступ до результатів періодичного об'їзду полів. Включивши більш просунуту технологію з датчиками, підключеними до інформаційної системи, і машини автоматично почнуть збирати врожай на розумній фермі (рис. 1.6), щойно створяться ідеальні умови, звільнивши фермера для інших занять.

Створення делікатних технологій збирання врожаю, таких як збирання фруктів з дерев або збирання овочів, таких як помідори, — це те, де розумні високотехнологічні ферми справді досягнуть успіху.

Моніторинг та аналіз в реальному часі. Легко зрозуміти переваги використання невеликої кількості дронів замість великої кількості робітників, які проводять час на ногах або в транспортному засобі, який кружляє по полю, щоб візуально перевірити стан врожаю (рис. 1.7).



Рисунок 1.6 – Самохідний комбайн для збору кукурудзяного салату

Це місце важливості підключеної ферми, уся ця інформація є необхідною. Власники можуть спостерігати за інформацією та проводити аудит ферми лише тоді, коли є конкретна проблема, яка потребує їхньої уваги, замість того, щоб витратити час на здорові рослини.



Рисунок 1.7 – Оптимізація процесу збору документації

1.3 Приклади промислових мікроферм з інтелектуальною мікрокліматичною системою

1.3.1 Класифікація мікро-теплиць

Мікро-теплиці мають різні розміри, конфігурацію, матеріали та призначення. Зовсім маленькі теплиці доречні для використання вдома або на лоджії. Переносні теплиці дуже практичні - коли температура досягає певного порогу, їх можна легко перенести на дачу. На полі їх можна переставити у відповідне положення, наприклад, щоб укрити невелику площу насаджень від несприятливої погоди або пересадити розсаду, яка висаджується у відкритий ґрунт. Їх можна розділити на такі типи:

Каркасні – до даного типу належать більшість міні-теплиць, незалежно від їх розміру. Такі теплиці досить практичні. Створити їх можна з будь-якого доступного матеріалу, тому особливих витрат не буде. У теплицях, призначених для вирощування в каркасах, можливо все, адже розміри теплиць залежать від фантазії та інженерії творця.

Термобокси та гроубокси відрізняються від класичних теплиць світлопрозорістю. Вони виготовлені з міцного матеріалу, який забезпечує мікроклімат і освітлення. У гроубоксі можна вирощувати навіть тропічні рослини. Така теплиця може стати суттєвою складовою декору, якщо оформити передню стінку теплиці у вигляді зашкленої панелі. За нею можна створювати цікаві поєднання тропічних рослин, які знаходяться в кімнатних умовах. Термобокс відрізняється від гроубокса; це герметична система, якій бракує прозорості. Ці теплиці є високотехнологічними і можуть мати автоматичне освітлення, полив і підтримку належного рівня вологості і температури.

Теплиця-стелаж – це конструктивне рішення передбачає вертикальне встановлення кількох модулів з метою економії місця. Ефектно виглядають на балконах і лоджіях, ідеально підходять для вирощування інтер'єрних квітів.

Незважаючи на це, розсада, зелень і овочі в такій теплиці також добре розвиваються.

Вігвам — найпростіша конструкція теплиці яку можна переносити та використовувати для різних цілей. Його можна використовувати для вкриття молодих дерев або саджанців фруктових дерев, а також для посадки рослин томатів або перцю, які знаходяться над землею в несприятливу погоду.

1.3.2 Розумна теплиця Bloomengine

Найпопулярнішим продуктом компанії Bloomengine є персональна комп'ютеризована теплиця Bloomengine (рис. 1.8). Вона дозволяє вирощувати квіти з насіння і допомагає у їх рості та розвитку квітів. Модний дизайн продукту, унікальна структура та інтелектуальне освітлення — все це дозволило отримати нагороду Good Design Award Gold of Korea. Вартість такої невеликої теплиці становить близько 140 доларів, але в Україні вона не продається.



Рисунок 1.8 – Розумна теплиця Bloomengine

За допомогою Bloomengine здійснюється вивчення, полив та догляд за рослинами відповідно до встановленого графіку у будь-якому віддаленому місці. Bloomengine корисний для тих, хто любить рослини, цим людям буде приємно відчутися процес посіву, бутонізації та цвітіння у власному домі.

Система відрізняється рядом особливостей, зокрема:

1. віддалене управління через мобільний додаток за допомогою Wi-Fi;
2. легка посадка насіння у ґрунт;
3. оптимізоване для рослин світлодіодне освітлення;
4. автоматична система зрошення;
5. вбудована камера Full HD;
6. мікро-вентилятор для вентиляції повітря.

Крім того, компанія створила систему інтелектуального садівництва, яка дозволить людям легше та активніше брати участь у вирощуванні сільськогосподарських культур у міському середовищі, використовуючи вільний простір. Компанія розробляє індивідуальні рекомендації щодо саджанців, а також забезпечує постійний сервіс доставки саджанців та інших допоміжних матеріалів. Метою міського сільського господарства є виробництво продуктів харчування та інших продуктів, які сприятимуть розвитку міського сільського господарства в майбутньому.

1.3.3 Індивідуальна інтелектуальна мікроферма Rotofarm

У 2019 році стартап-компанія Base продемонструвала настільну ферму Rotofarm на Kickstarter, тепер вона перейшла на Indiegogo, щоб досягти мети серійного виробництва.

За дизайном Rotofarm нагадує гібрид великої настільної лампи та вентилятора бренду Dyson, але насправді це 1,5 метра садового простору, упакованого в сферичну чашу з джерелом світла. Чаша з вбудованим світлодіодним підсвічуванням, який повільно обертається навколо своєї осі, створює повне коло за годину. З насіння, яке ви можете посадити, ви можете вибрати кілька сортів салату, включаючи молодий шпинат, мелений шпинат, паростки пшениці, шніт-цибулю або їстівні квіти (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Індивідуальна інтелектуальна мікроферма Rotofarm

1.3.4 Вертикальні аеропонні конструкції Cyber Grow

Cyber Grow — українська компанія, яка створює та продає міні-будинки та комплексні будинки на будь-який смак. Основна продукція – аеропонні теплиці. Аеропонічні рослини мають особливу користь у районах, які мають труднощі з водопостачанням або неродючим ґрунтом. У цих регіонах зменшується споживання води, добрив та електроенергії. З появою нових джерел світла, які базуються на генерації, найбільший компонент вартості аеропонного методу став економічно вигідною та простою технологією. Крім того, ці установки легко встановити вдома.

Теплиця, яка має механізм регулювання клімату, включає в себе:

- кондиціонування;
- газовий або електричний обігрів;
- вентиляція;
- покриття подвійною світлостабілізованою поліетиленовою плівкою, стійкою до руйнування ультрафіолетовим випромінюванням, також має антиконденсатне покриття;
- контролер, який регулює кількість повітря, що подається в турбіну, і роботу турбіни, це повітря відокремлюється від шарів плівки.

Функціональність розчинного вузла дозволяє автоматично змінювати характеристики методів поливу, а також концентрацію добрив і кислотність середовища (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 — Міні-теплиця Cyber Grow вертикальної будови

1.3.5 Контролери OverGrower сільськогосподарського призначення

OverGrower — це механічний апарат, який полегшує автоматизоване вирощування рослин, за допомогою якого можна легко досягти значного врожаю, обравши відповідні параметри. Прилад OverGrower сам контролює та регулює процес. Це автоматизована гідропоніка, яка дозволяє дистанційно вирощувати рослини. Система включає вісім датчиків, що забезпечує оптимальні умови для розвитку рослини. Один пристрій оптимізовано для використання на ділянках з максимальним розміром 5000 м².

Система враховує та регулює всі параметри розчину та клімату, що призводить до збільшення росту та розвитку рослин (рис.1.11).

Прилад управляє параметрами:

- водневий показник рН;
- концентрація CO₂ в повітрі;
- вологість ґрунту;
- освітленість;

- вологість повітря;
- температура розчину;
- температура повітря;
- кількість і склад мікроелементів (TDS/EC).

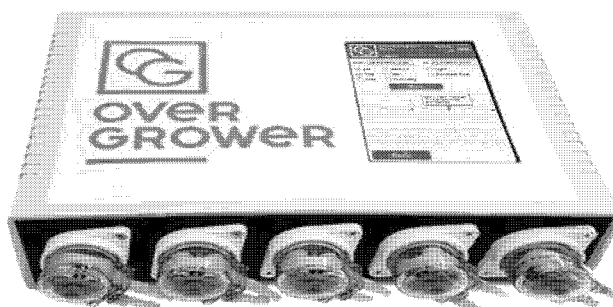


Рисунок 1.11 – Агро-контролер OverGrower

1.4 Порівняльний аналіз систем контролю мікроклімату

Сьогодні звичайне сільськогосподарське підприємство стає надзвичайно ефективним методом виробництва домашніх продуктів, таких як овочі, фрукти, зелень чи квіти, які виробляються у великих кількостях. Управління цим виробничим процесом є складним, тому його автоматизація та спрощення суттєво вплине на кінцевий результат – високоякісний продукт та стабільний врожай. Особливо привабливою нішею є малі домогосподарства, які можуть використовувати мікроферми не лише для власного споживання, а й для продажу продукції. Пізніше з'явилися системи, які дозволили б комплексно спростити і автоматизувати цей процес.

Наступним аспектом є ефективне використання енергоносіїв. Останнім часом повторюється ситуація енергетичної кризи в Європі 80-х років, коли європейські країни були змушені суттєво змінити свої методи теплопостачання. Ціна на електроенергію знову зростає, змушуючи людей шукати способи енергозбереження як для населення, так і для промисловості.

Багато нових і старих теплиць з системами мікроклімату є в усьому світі, і є кілька мікрофабових систем контролю мікроклімату, які призначені для невеликих масштабів або внутрішнього виробництва. Підвищення ефективності енергоспоживання може бути досягнуто шляхом застосування більш ефективних методів адміністрування енергосистеми. В результаті буде правомірно додавати в систему все більш складні, економічні компоненти системи та підвищувати ефективність програмного забезпечення, що використовується для автоматизації системи мікроклімату. Це включатиме точне вимірювання даних та економічне споживання теплової та електричної енергії.

Всі сучасні системи приблизно відповідають загальній функціональній схемі схеми мікроклімату теплиці (рис. 1.12).

- робота терморегулятора всередині теплиці викликає включення/вимикання системи опалення, кондиціонування та вентиляції;
- вентиляційна система включається, коли температура або вологість повітря перевищує встановлений діапазон.

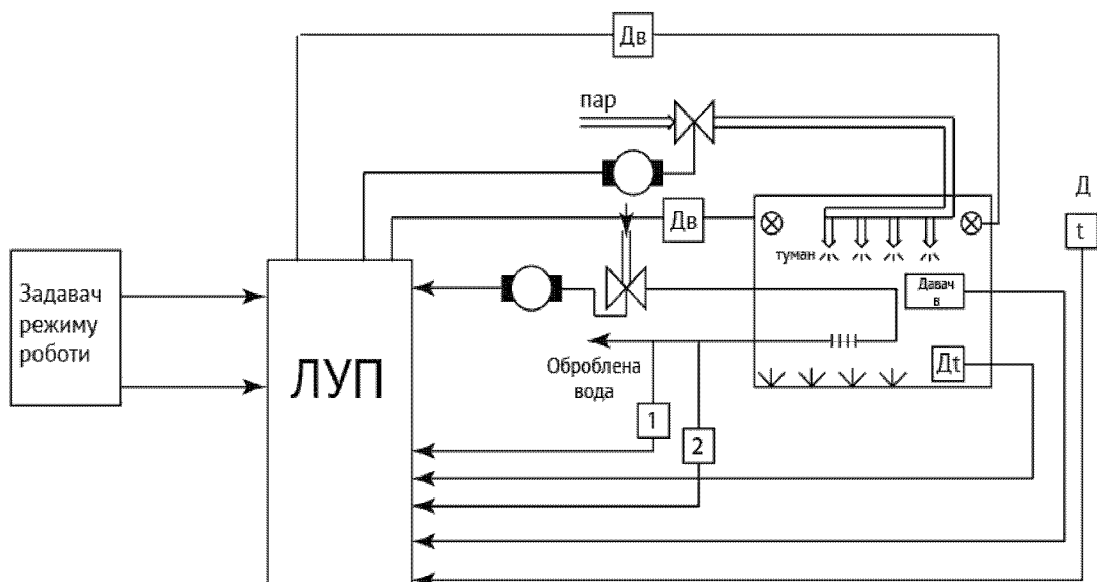


Рисунок 1.12 – Фрагмент функціональної схеми системи регулювання мікроклімату теплиці

Одним з основних правил роботи системи є включення або відключення обладнання. Система клімат-контролю отримує інформацію від усіх зовнішніх сенсорів, які встановлені, але найважливіша інформація надходить від первинних: рівня вологості ґрунту, вологості повітря, вемператури повітря, освітленості.

Об'єктивно жодна система, незалежно від її досконалості та складності, не може функціонувати без людини, тому що кожен комп'ютер розуміє лише ті команди, які людина вводить в нього, що забезпечує його індивідуальну адаптацію та додаткову гнучкість системи, забезпечуючи певну варіативну складову її структурної схеми (рис. 1.13).

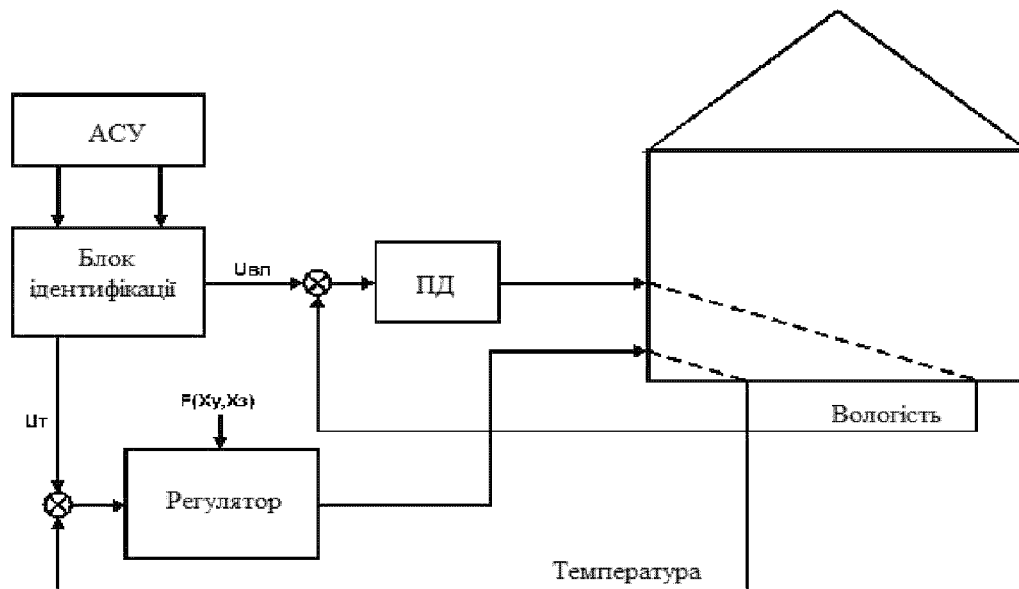


Рисунок 1.13 – Структурна схема системи керування мікрофермою

Загалом, сучасні технології та все більша автоматизація процесів у теплицях робить працю комфортнішою та знижує витрати, це приваблює не лише молодих спеціалістів, а й усіх, хто бажає вирощувати різноманітну продукцію вдома.

Сьогодні неможливо уявити собі сучасну теплицю чи мікроферму без простої, енергоефективної, потужної, швидкодіючої та надійної системи підтримання мікроклімату.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ МІКРОФЕРМИ ЯК ЕЛЕМЕНТУ ІоТ

2.1 Вибір елементної бази інформаційної системи контролю мікроклімату мікроферми

Підтримка поточних кліматичних параметрів має вирішальне значення для належної роботи системи мікроклімату. Вибір оптимальних і сприятливих умов для росту рослин також має велике значення, оскільки вони є похідними від мікроклімату.

Основними обов'язками інформаційної системи контролю мікроклімату мікроферми є:

- контроль та корегування температури повітря;
- контроль та корегування режимів освітлення;
- контроль та корегування іригаційними системами.

Раніше автоматизація теплиць була дорогою і іноді неефективною, але на даний момент ці технології не настільки дорогі і мають позитивний результат, майбутні застосування будуть більш широкими.

2.1.1 Плата мікроконтролера NodeMCU ESP8266

Мікроконтролери – це попередньо запрограмовані мікросхеми, які можна використовувати для керування різними електронними пристроями. Мікроконтролер зазвичай має одне або кілька ядер процесора, пам'ять і програмовані компоненти введення та виведення.

NodeMCU — це плата, призначена для реалізації різноманітних проектів, зокрема проектів Інтернету речей, ця плата може контролювати

фізичні компоненти (світло, реле, датчики, двигуни, чайники, магнітні дверні замки та інше обладнання, що працює з електрикою) та забезпечити їх приєднання до Інтернету (рис. 2.1). На сьогоднішній день це один з найпопулярніших трендів у технологічній сфері IoT.

Ця платформа є універсальною та має відносно низьку вартість. Оскільки поставлене технічне завдання передбачає підвищення ефективності процесів регулювання вологості, освітлення, температури та вентиляції в мікротепліці то слід передбачити можливість підключення до плати мікроконтролера відповідних сенсорів: гігрометра, термометра, фотореле та силових елементів контролю периферійного обладнання.

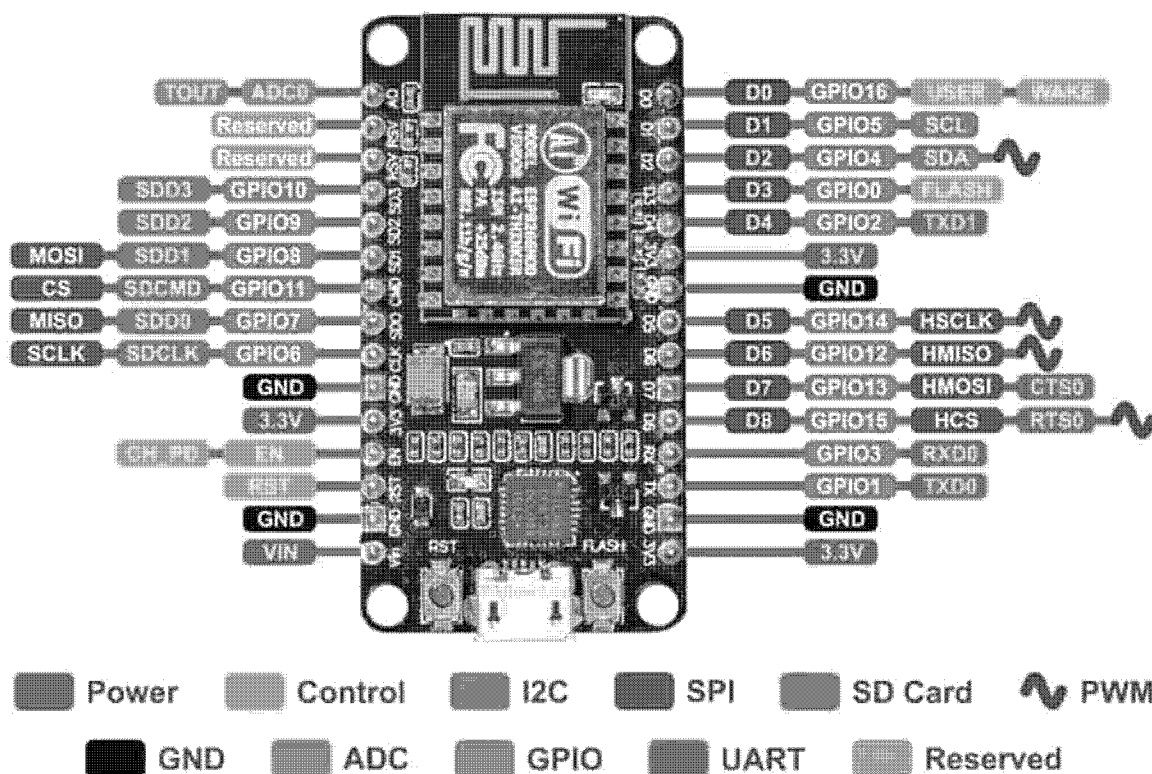


Рисунок 2.1 — Зовнішній вигляд та розпіновка плати NodeMCU ESP8266

Технічні характеристики плати NodeMCU ESP8266:

- вбудований модуль бездротового зв'язку ESP8266;
- максимальний струм споживання: 220 мА;
- робоча напруга: 5 В (від USB);

- підтримка Wi-Fi протоколів: 802.11 b / g / n;
- вбудований стек: TCP / IP;
- підтримка режимів: WiFi Direct (P2P), soft-AP (точка доступу).

Центральною частиною плати NodeMCU є чіп ACP-12E, який по суті є мікроконтролером ESP8266 з частотою 80 МГц (може бути розігнаний до 160 МГц) і 4 МБ флеш-пам'яті. ESP8266 містить приймач Wi-Fi b/g/n, який можна використовувати для взаємодії з мережею Wi-Fi.

2.1.2 Датчик температури та вологості повітря DHT22

Датчик DHT22 (рис. 2.2) складається з двох основних частин: сенсора вологості ємнісного типу і термістора для вимірювання температури навколишнього повітря. Також є проста мікросхема, яка перетворює аналоговий сигнал з обох сенсорів на цифровий. Процес зчитування цифрового сигналу на єдиному виході датчика відносно простим та регулюється дотриманням чіткої послідовності та тривалості подачі відповідних команд.

Технічні характеристики датчика температури та вологості DHT22:

- напруга живлення від 3 В до 5 В;
- максимальна сила струму споживання, становить 2,5 мА під час аналого-цифрового перетворення, що відбувається під час запиту інформації;
- забезпечує вимірювання ступеня вологості в діапазоні від 0% до 100%. Залежно від режиму роботи датчика абсолютна похибка вимірювання вологості становить від 2% до 5%;
- забезпечує вимірювання температури в діапазоні від – 40 до + 125 °С з точністю $\pm 0,5$ °С;
- частота вимірювання від 0,25 до 0,5 Гц (одне вимірювання за 2 секунди).

У сонячну погоду або при високій температурі повітря підвищення температури може бути вище номінального значення. Датчик температури

подає відповідний сигнал на NodeMCU. Програма, вбудована в процесор, спрацює відповідно до сигналу і включить вентиляцію обладнання для зниження температури теплиці та вентиляції. Коли температура падає нижче номінального значення, наприклад, у холодну пору року, опалювальний блок автоматично вмикається разом із системою вентиляції, щоб забезпечити швидку конvekцію повітря, і вимикається, коли досягається бажана температура.

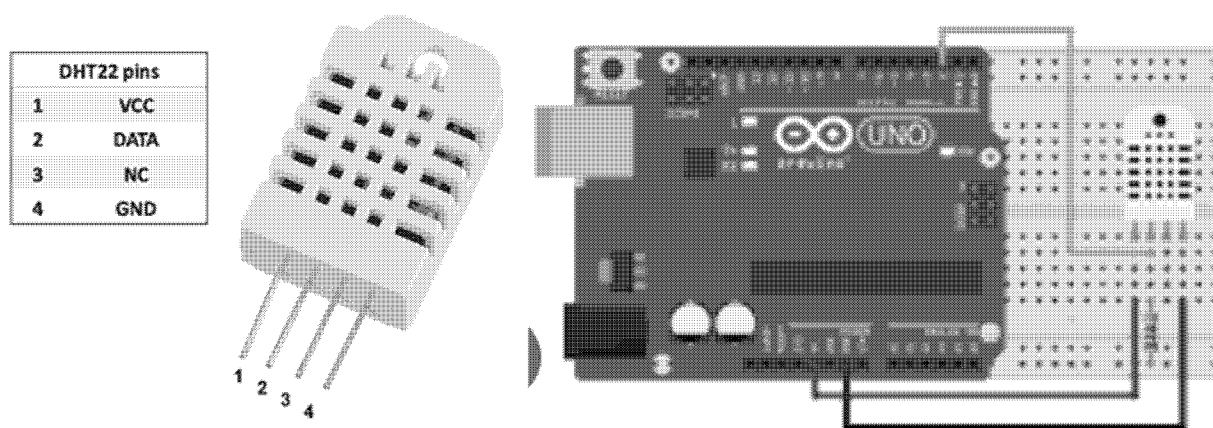


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд, розпіновка та схема підключення датчика вологості та температури DHT22

2.1.3 Датчик рівня вологості ґрунту FC-28

Призначення такого датчика очевидне, а процес підключення таких датчиків дуже простий, адже два з трьох роз'ємів на платі забезпечують живлення (VCC) і заземлення (GND). При використанні датчика рекомендується періодично відключати живлення, щоб уникнути можливого окислення. Третій вихід - це сигнал (sig), з якого отримано індикатор. Принцип роботи двох контактів датчика – чим більше вологи в ґрунті, тим краще провідність контактів, опір зменшується, а сигнал на сигнальному контакті збільшується. Аналогове значення може змінюватися залежно від напруги та роздільної здатності аналогового виходу мікроконтролера.

Інформацію про стан мікроклімату в теплиці можна відстежувати дистанційно і коригувати процедури контролю всіх процесів. Таке рішення заощадить час і гроші.

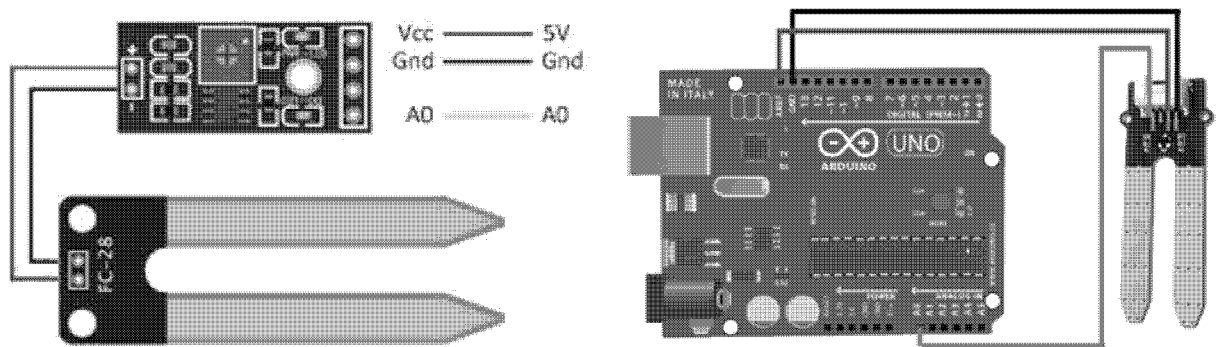


Рисунок 2.3 — Зовнішній вигляд, розпіновка та схема підключення датчика рівня вологості ґрунту FC-28

Технічні характеристики датчика рівня вологості ґрунту FC-28:

- робоча температура: 4-85 °С;
- максимальне споживання струму 4.5 мА;
- напруга живлення: 3.3 В або 5 В;
- робоча глибина занурення в ґрунт: 45 мм.

2.1.4 Датчик рівня освітленості ВН1750

ВН1750 — цифровий датчик освітленості з підтримкою інтерфейсу шини I²C. Цей чіп найкраще підходить для отримання даних про навколишнє освітлення для регулювання рівня потужності освітлення тепличного господарства. Датчик дозволяє з високою роздільною здатністю виявити джерела освітлення у широкому спектральному діапазоні.

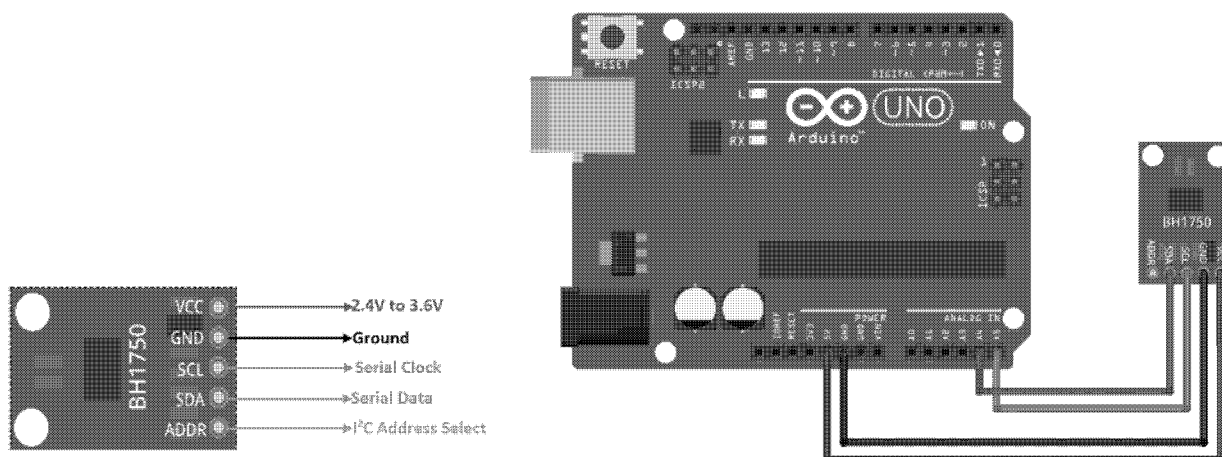


Рисунок 2.4 — Зовнішній вигляд, розпіновка та схема підключення датчика освітлення BH1750

Технічні характеристики датчика освітлення BH1750:

- відсутність у необхідності використання будь-яких зовнішніх деталей;
- представлення освітленості у цифровому форматі;
- відхилення світлового шуму 50 Гц / 60 Гц;
- низький струм споживання за рахунок використання функції відключення живлення;
- широкий спектральний діапазон і висока роздільна здатність. (1 - 65535 Лк).

2.1.5 Модуль годинника реального часу DS3231

Модуль DS3231 — це недорогий високоточний годинник реального часу (RTC) із вбудованим кварцевим генератором із температурною компенсацією (рис. 2.5).

Пристрій має вхід від батареї та підтримує точний час у разі припинення основного живлення пристрою. Інтеграція кристалічних резонаторів покращує тривалу точність обладнання, а також зменшує кількість деталей у виробничій лінії. Завдяки вбудованій температурній компенсації годинник DS3231 може використовуватись у широкому діапазоні температур.

RTC зберігає інформацію про секунди, хвилини, години, дні, дати, місяці та роки. Для місяців, у яких менше 31 дня, дата кінця місяця автоматично коригується. Також відбувається коригування для високосного року. Модуль працює в 24-годинному або 12-годинному форматі з індикаторами AM/PM.

У схему також закладено два програмованих таймери годинники та програмований вихід імпульсного прямокутного сигналу (метроном). Адреса пристрою та дані передаються послідовно через двонаправлену шину I²C. Точна схема порівняння напруги з температурною компенсацією та компаратори контролюють стан VCC для виявлення збоїв живлення, забезпечують вихід скидання та автоматично перемикаються на резервне живлення, якщо необхідно.

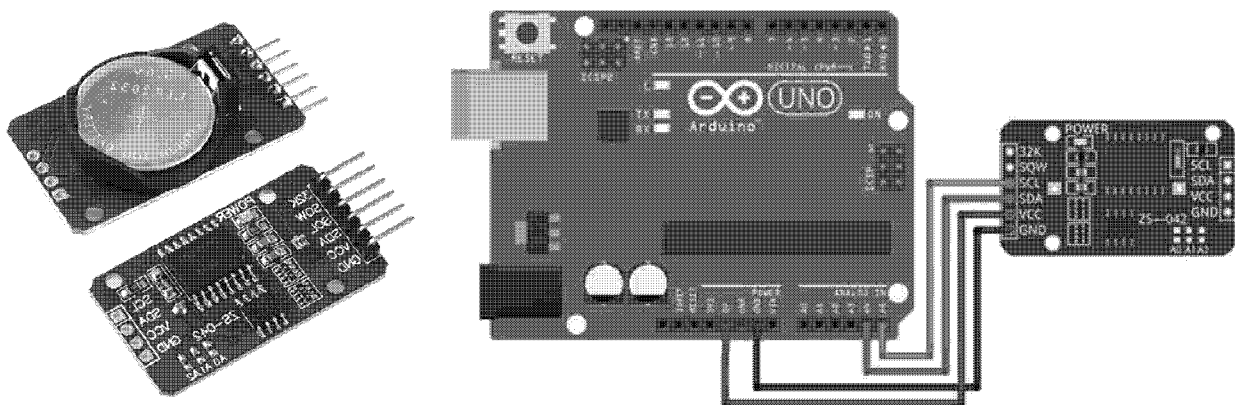


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд та схема підключення годинника реального часу DS3231 з енергонезалежною пам'яттю

2.1.6 Твердотільне двоканальне реле з оптичною розв'язкою

Дане твердотільне реле це низькорівнева 2-канальна комунікаційна плата з напругою живлення 5 В та струмом споживання кожного задіяного каналу приблизно 15-20 мА для живлення драйвера. Він здатний регулювати потік електроенергії до комутованого обладнання.

Реле оснащено високострумowymi реле, які працюють з напругою AC 250 V 10 A або DC 30 V 10 A. Реле використовує стандартний протокол, яким може безпосередньо керувати мікроконтролер, тому схема підключення та базовий код керування реле надзвичайно прості. Цей модуль фізично ізольований від сторони високої напруги з метою безпеки та запобігає заземленню мікроконтролера під час зв'язку з ним.

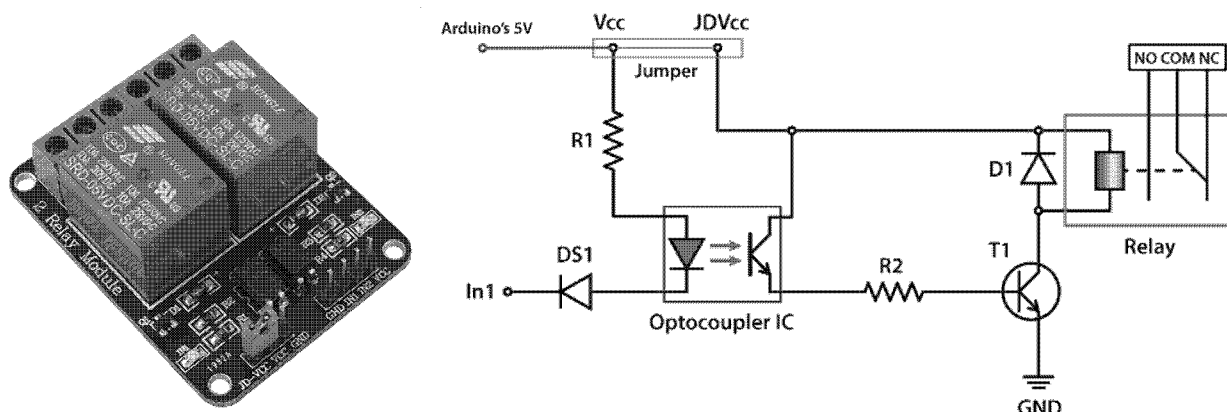


Рисунок 2.6 — Двоканальний модуль твердотільного реле з оптичною розв'язкою

Технічні характеристики твердотільного реле:

- оптично ізольований вихід;
- напруга живлення: 5 В;
- сигнал відключення: 0 В (низький рівень);
- максимальне споживання струму: 40 мА;
- максимальна комутована напруга 250 В;
- напруга пробою 440 В;
- кількість доступних реле: 2 шт;
- тип сигналу керування: TTL, може генеруватись безпосередньо мікроконтролером.

2.2 Вибір технології збереження даних мікроферми

Мікроконтролери мають невелику внутрішню пам'ять, якої недостатньо для тривалого зберігання даних, згенерованих датчиками. Для вирішення цієї проблеми потрібно використовувати зовнішній запам'ятовуючий пристрій або зберігати дані в хмарі. Крім того, інколи важко регулювати розміщення та стан сенсорів у екстремальних, важкодоступних або ж віддалених місцях. Щоб вирішити ці проблеми застосовують методи моніторингу даних з сенсорів у режимі реального часу з будь-якого віддаленого місця без необхідності фізично відвідувати це місце.

Щоб вирішити цю задачу, можна використовувати бази даних реального часу (рис. 2.7), які не потребують додаткової взаємодії з контролером, який підключений до Інтернету та може обмінюватися інформацією з хмарним сервером. Дані сервера можуть бути корисними для спостереження за поведінкою в реальному часі, аналізу бази даних, виконання статистичного аналізу та інтерпретації результатів для майбутніх цілей. Для цього існує багато пристроїв і платформ для IoT.

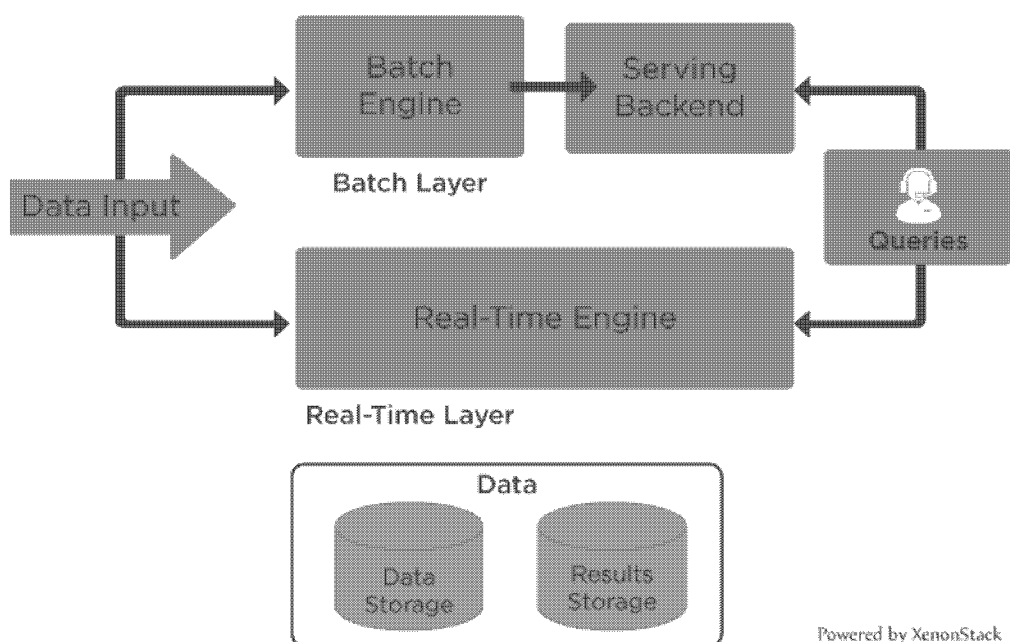


Рисунок 2.7 – Структура бази даних реального часу

У роботі для підключення модуля NodeMCU ESP8266 і збору та збереження даних із датчиків для подальшого аналізу та контролю в режимі реального часу на сервері було вибрано базу даних Firebase від Google.

Google Firebase — це платформа розробки програмного забезпечення, яка підтримує створення програм для iOS, Android і веб-додатків. Firebase надає інструменти для вимірювання, звітування та усунення несправностей у програмі, створення експериментів для маркетингу та продуктів, а також надання інформації для відстеження.

Firebase пропонує ряд послуг, в тому числі:

1. Google Analytics надає безкоштовний необмежений звіт про 500 різних видів діяльності. Аналітика надає інформацію про поведінку користувачів у iOS, Android і веб-додатках, ця інформація дозволяє приймати кращі рішення щодо продуктивності та маркетингу програм.

2. Система автентифікації Firebase полегшує створення безпечних систем автентифікації для розробників і підвищує легкість входу та підключення для користувачів. Цей атрибут містить комплексне рішення ідентифікації, яке підтримує облікові записи електронної пошти та керування паролями, перевірку телефону, а також вхід у Google, Facebook, GitHub і Twitter.

3. Системв хмарного обміну повідомленнями Firebase Cloud Messaging – це міжплатформна система обміну повідомленнями, яка дозволяє організаціям безкоштовно отримувати та доставляти повідомлення до програм iOS, Android і веб-додатків.

4. Firebase Realtime Database — це хмарна база даних, яка підтримує зберігання та синхронізацію даних між користувачами в реальному часі. Дані передаються між усіма клієнтами в режимі реального часу та залишаються доступними навіть якщо програма перебуває у режимі офлайн.

5. Firebase Crashlytics — це програма в реальному часі, яка допомагає розробникам розпізнавати та визначати пріоритети проблем зі стабільністю, які негативно впливають на якість їхніх програм. Завдяки crashlytics

розробники мають менше часу на організацію та усунення збоїв, замість цього вони витрачають більше часу на розробку функцій для своїх програм.

6. Сервіс продуктивності відстежує продуктивність додатків для Firebase, надає розробникам інформацію про характеристики продуктивності в iOS, Android і веб-додатках, що дозволяє їм визначити області, у яких додатки мають потенціал для покращення.

7. Test Lab – Benchmark Test Lab – це веб-програма, яка полегшує тестування інфраструктури. За допомогою однієї процедури розробники можуть оцінити ефективність своїх програм для iOS, Android і веб-пристроїв у різних конфігураціях і пристроях. Вони можуть спостерігати за результатами, включаючи відео, знімки екрана та журнали, на консолі Firebase.

Отже основним сервісом Firebase використаним у цьому проекті є Realtime Database – це початкова база даних Firebase. Це ефективне рішення з низькою затримкою для програм, які вимагають узгодженості стану клієнта в режимі реального часу.

Це також хмарна база даних, яка базується на NoSQL і зосереджена на її оновленнях у реальному часі, масштабованості та здатності працювати в автономному режимі. Компонент, який працює в режимі реального часу, є одним із його найвідмітніших аспектів. Для класичних реляційних баз даних оновлення даних зазвичай виконується лише тоді, коли виконується запит HTTP, запит GET/POST. Така процедура за своєю суттю залежить від дій клієнта, який повинен самостійно запитати оновлення. В усіх інших випадках, тобто без втручання користувача, оновлення не відбуватимуться.

База даних реального часу використовує інший протокол, ніж HTTP-запити, щоб отримати доступ до нової інформації. Цей протокол усуває потребу в запитах на стороні клієнта, і таким чином полегшує оновлення в реальному часі. Він використовує синхронізацію даних, що означає, що кожного разу, коли дані змінюються, усі підключені пристрої негайно

оновлюються без необхідності нового запиту. Тобто всі підключені пристрої регулярно оновлюються – це неймовірно.

Реалізація процедури регулярного оновлення та відтворення даних звичайно вимагає постійного доступу до Інтернету, але надає ще одну перевагу, а саме можливість використання хмарного дискового сховища. Користувачі зберігають доступ до останньої інформації, яку вони отримали до завершення зв'язку з базою даних, синхронізація даних відновиться там, де вона була зупинена, і автоматично оновить інформацію.

Крім того, база даних реального часу може бути легко інтегрована в програми та гарантує захист даних програми. Сервіс Firebase має вбудовану систему безпеки для бази даних у реальному часі. Ця система дозволяє легко керувати певними користувацькими дозволами та правилами, пов'язаними з базою даних.

2.3 Вибір технології візуалізації мікрокліматичних параметрів мікроферми

Для створення комплексного програмного комплексу з можливістю збору даних, візуалізації мікрокліматичних параметрів мікроферми та передачі команд до виконавчих механізмів було використано бібліотеку (або за іншою класифікацією фреймворк) мови програмування JavaScript з відкритим вихідним кодом ReactJS.

У рамках кваліфікаційної роботи при проектуванні архітектури системи передбачається розробка додатка MVP (Minimum Viable Product), що полегшить міграцію додатка на різні платформи з найменшими витратами ресурсів на розробку. MVP — це продукт, який містить основні функції перших користувачів, але не має додаткових функцій, які бажають багато людей.

React — це інтерфейсна бібліотека, розроблена Facebook для створення повторно використовуваних компонентів для інтерфейсу користувача. Він використовується для роботи з презентаційним рівнем веб-програм і програм для мобільних пристроїв. Для роботи з бібліотекою також необхідні знання з HTML, CSS і JavaScript, а React реалізує візуальне відображення дизайну програми. Структурна схема архітектури додатку React наведена на (рис. 2.8).

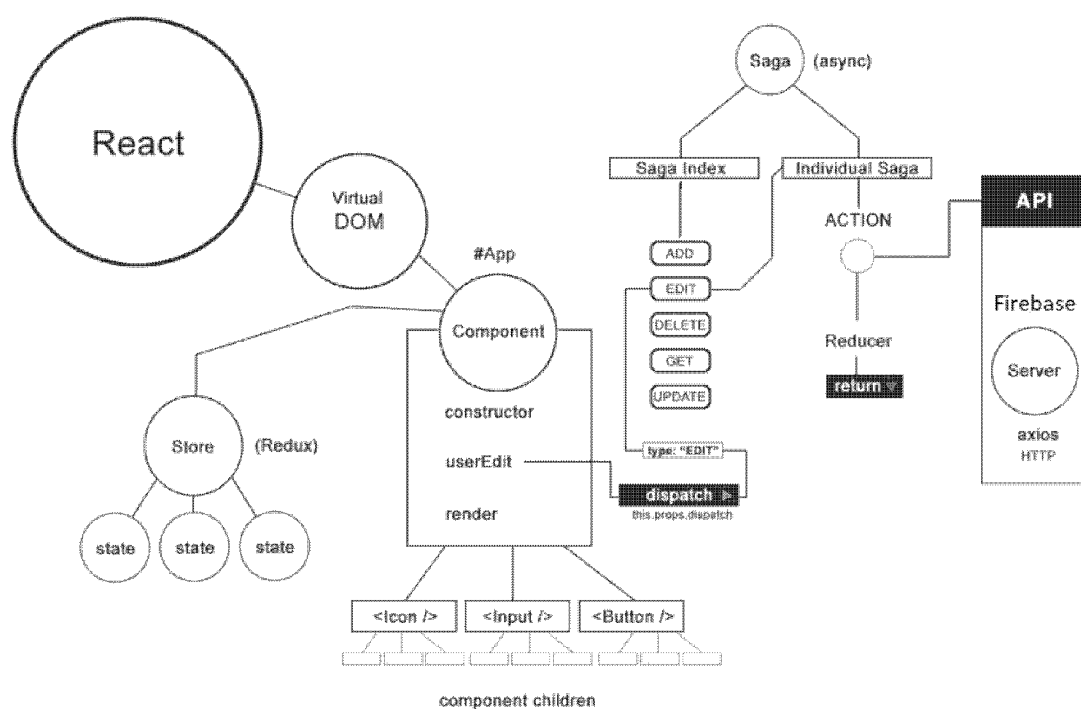


Рисунок 2.8 – Візуальна схема архітектури React додатку

Звичайно, це не єдиний метод створення програм у React. Планування дизайну програми полягає в тому, щоб запланувати відображення деталей та в тому щоб отримати повніше розуміння архітектури. Однак він точно описує фундаментальний склад проекту.

Також слід відзначити, що React використовує JSX замість звичайного JavaScript для створення шаблонів. JSX — це простий JavaScript, який дозволяє цитувати HTML і використовувати синтаксис HTML для відтворення підлеглих йому компонентів. Синтаксис HTML реалізовано у викликах

JavaScript React Framework. Але для зручності код можна написати і за допомогою звичайного класичного JavaScript.

У React набір незмінних значень призначається компоненту рендерером як атрибуту в HTML компонента. Компонент не може напряму змінювати будь-які властивості, але замість цього він може повідомити функцію, яка буде викликана компонентом для внесення змін. Такий підхід робить код React простішим, масштабованішим та підтримуваним, а усі компоненти чітко розділені на презентаційні, що лише відображають дані з props та логічні, що керують станом і змінами даних.

Крім того React створює структуру даних у пам'яті, яка обчислює внесені зміни, а потім відновлює браузер. Це полегшує унікальний атрибут, який дозволяє програмісту кодувати так, ніби вся сторінка рендериться при кожній зміні, тоді як бібліотека react рендерить лише компоненти, які фактично змінюються.

Архітектура React складається з компонентів. Зрештою, інтерфейс користувача мобільного додатка або веб-сайту на основі React складається з кількох компонентів. Кожен компонент призначений для іншої логіки. Логіка реалізована в JavaScript замість використання шаблонів. Це полегшує передачу даних між компонентами без необхідності aDOM. Компоненти React відіграють важливу роль у визначенні взаємодії та візуальних ефектів у програмах.

Як наслідок, обрана технологія є дуже корисною як частина архітектури інтелектуальної системи управління мікрокліматом мікроферми.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МОДЕЛІ МІКРОФЕРМИ ТА ЇЇ ТЕСТУВАННЯ

3.1 Уточнення завдань розробки інформаційної системи розумної мікроферми

Сучасні теплиці будуються багаторівневими, вони оснащені необхідними інженерними компонентами для підтримки мікроклімату: опалення, зрошення, вентиляція та циркуляція повітря, дренаж, водопостачання та каналізація, освітлення. Усі ці системи розроблені для великих організацій. Вони складні в установці та експлуатації, а також мають значну вартість. Ці методи не підходять для приватних або невеликих господарств і не можуть використовуватись у мікрофермах.

Розроблена у кваліфікаційній роботі розумна теплиця повинна контролювати:

- температурний режим для уникнення перегріву або вимерзання рослин;
- вологість, адже опади не можуть потрапити в теплицю, полив рослин повинен бути контрольованим;
- освітлення повинно забезпечити додаткове штучне освітлення рослин або їх забарвлення.

Для більш ефективного росту рослин необхідно комплексно контролювати більше показників одночасно та впливати на їх значення. Це можуть зробити наступні системи:

- зрошення – це процес подачі води на регулярній основі, як правило, за розкладом;
- вентиляція – передбачає увімкнення чи вимкнення вентиляторів, відкриття чи закриття вентиляційних отворів;

– дозування поживних речовин полегшується завдяки аналізу ґрунту, що дає змогу розподілити поживні речовини по системі поливу;

Для маломасштабної автоматизації та регулювання мікросередовища всі ці системи повинні контролюватись одночасно та об'єднуватися в одну велику систему, яка може максимізувати їхню ефективність.

3.2 Функціональні можливості інформаційної системи розумної мікроферми

Розроблена в рамках кваліфікаційної роботи модель системи клімат-контролю мікроферми має потенціал для забезпечення багатьох переваг і значного рівня функціональності в ручному та автономному режимах.

Основними завданнями інтелектуальної системи управління кліматом є:

- збір даних про рівень температури та вологості в мікрофермі за допомогою відповідних сенсорів;
- подальша передача зібраних даних до хмарного сховища за допомогою мікроконтролера з вбудованим модулем мережі інтернет;
- поточний аналіз вхідних даних про стан мікроклімату мікроферми;
- візуальне відображення отриманої інформації у вигляді графіків, діаграм, таблиць та інших способів візуалізації даних;
- автономне прийняття рішень та формування команд щодо контролю мікрокліматичних показників;
- забезпечення можливості самостійного прийняття рішень оператором;
- реалізація передачі інформації щодо прийнятих рішень системою чи оператором;
- можливість перегляду статистичних даних.

На рисунку 3.1 зображено UML-діаграму можливих сценаріїв роботи з інформаційною системою розумної мікроферми. Розроблена система складається з набору можливих учасників або учасників, які взаємодіють з нею за допомогою можливих сценаріїв. Крім того, будь-яка сутність, яка взаємодіє з системою, вважається ефективною особою або актором. У цьому випадку важливими об'єктами є Оператор, База даних, База знань і Мікроферма.

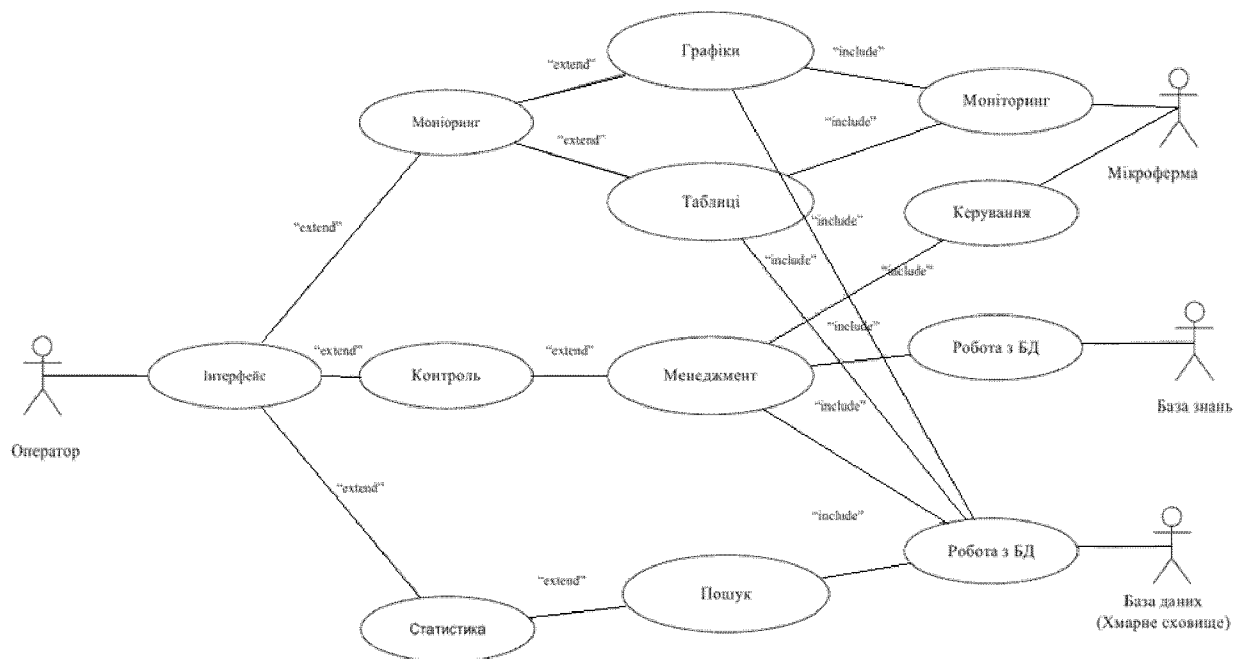


Рисунок 3.1 – UML-діаграма сценаріїв використання інформаційної системи розумної мікроферми

3.3 Алгоритм інформаційної системи розумної мікроферми

При створенні програмного забезпечення алгоритм описує логічну послідовність дій. Будь-який алгоритм складається з серії попередньо встановлених дій, протоколів для вирішення певної проблеми. Алгоритм

починається з пояснення послідовності етапів процесу обчислення, яка визначається його кінцевим станом. Перехід з одного стану в інший не обов'язково є випадковим – є алгоритми, у яких відсутні компоненти випадковості. Водночас переважна більшість алгоритмів для вбудованих систем передбачає наявність гнучкого та розгалуженого алгоритму для ефективного реагування на мінливість параметрів навколишнього середовища та команди користувача. Алгоритм роботи розробленої інформаційної системи мікроферми наведено на рис. 3.2.

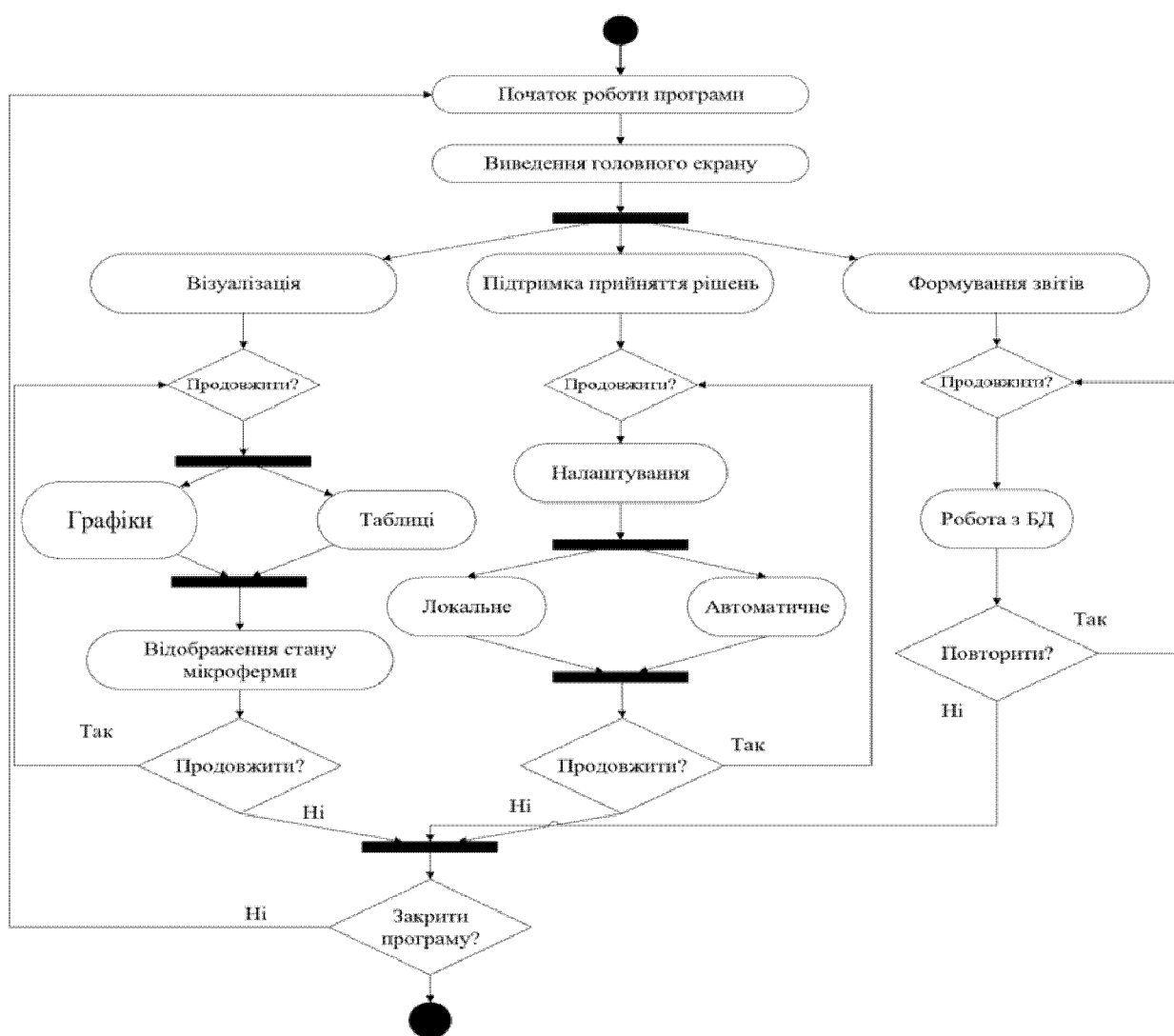


Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи інформаційної системи розумної мікроферми

3.4 Структура тестової моделі мікроферми

Розглянемо взаємодію апаратних і програмних компонентів інформаційної системи розумної мікроферми. Температура і вологість повітря вимірюються за допомогою датчика DHT22. Корпус датчика мініатюрний. Спосіб обміну даних – цифровий сигнал, який передається по одній спрямованій шині та несе інформацію одночасно про вологість та температуру.

З моменту подачі живлення на датчик його нестабільний стан триватиме близько секунди. Найкраще почекати цей час і не взаємодіяти з датчиком.

Датчик активується шляхом застосування до нього логічного нуля (0), це досягається шляхом притягування інформаційного контакту датчика до землі GND, після чого виконується розблокування датчика шляхом подачі на цей вихід логічної одиниці (1). Але щоб згенерувати логічний 0 в потрібний момент, необхідно підключити підтягуючий резистор 4,7-10 кОм від інформаційної частини до шини живлення.

Крім того, необхідно підключити фільтруючий конденсатор з ємністю 100 нФ між контактами VCC і GND, але описані схемотехнічні рішення вже присутні у версіях датчика з корпусом та контактною платою, що значно спрощує їх встановлення, підключення та експлуатацію.

Розглянемо послідовність команд, що дозволить активувати датчик. Для початку роботи з датчиком необхідно надіслати команду активації. Щоб досягти цього необхідно передати логічний 0 у формі команди щодо контакту «pin-to-Ground», далі необхідно зачекати, поки він стане активним протягом 18 мілісекунд, а потім передати датчику логічну 1. Після цього, якщо датчик справний, знаходиться на шині та готовий реагувати, він повинен реагувати на передачу логічного 0 через 20-40 мікросекунд, що стає очевидним, коли інформаційник контакт знову підтягуватиметься до землі. Після ще 80 мікросекунд датчик повинен буде «відпустити» контакт, і ще через

80 мікросекунд, після цього датчик почне передавати інформацію у вигляді пакетів розміром 5 байт інформації. Для наступного звернення до датчика з метою отримання вимірянних даних слід повторити вищеописану процедуру.

Під час написання програмного забезпечення для збору даних датчика було використано бібліотеку "DHT22", яка призначена для підключення до мікроконтролера. Це дозволило суттєво спростити код взаємодії з датчиком, адже для зчитування температури та вологості повітря виконуються команди `dht.readTemperature()` та `dht.readHumidity()` відповідно з цієї бібліотеки.

Аналогічно, але для кожного датчика та актуатора, підключаються та ініціалізуються всі інші необхідні для системи компоненти (рис. 3.3).

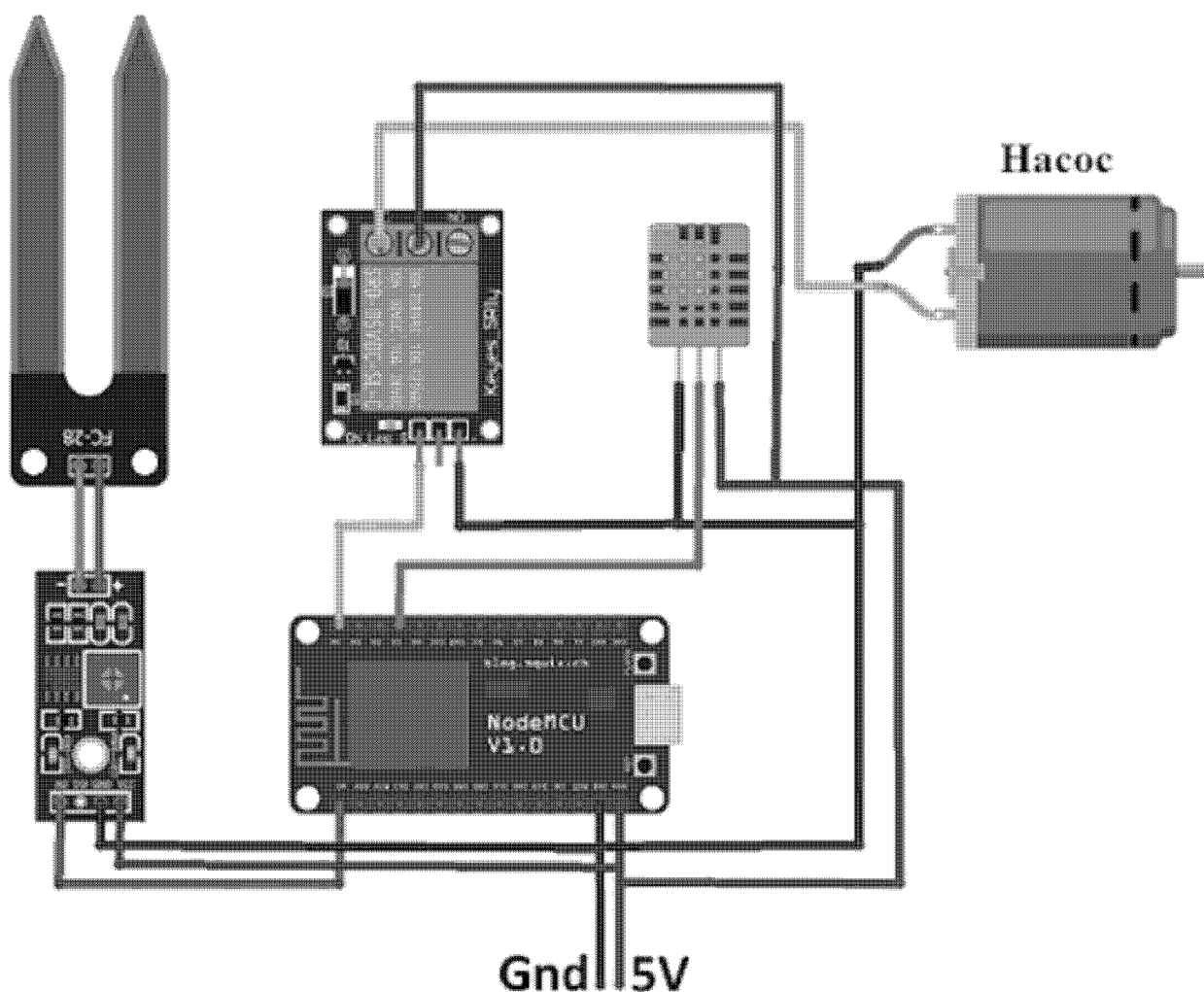


Рисунок 3.3 – Узагальнена схема підключення елементів системи розумної мікроферми

Функція `checkLight` використовується для взаємодії з фоторезистором та відстеження рівня освітленості, ця функція дозволяє визначити рівень освітлення в теплиці. Для того, щоб система могла взаємодіяти з фоторезистором, він повинен бути підключений до аналогового входу через дільник напруги та функціонувати як `void analogRead(pin)`.

Це дозволяє спостерігати за станом мікроклімату в теплиці. Для підтримки оптимальних умов необхідно регулювати вибрані параметри за допомогою інформації від датчиків.

Вентилятор забезпечує циркуляцію повітря, для його роботи можна використати ШІМ сигнал, оскільки мікроконтролери зазвичай не можуть виробляти незалежну напругу, що призводить до неможливості регулювати швидкість вентилятора. Мікроконтролери можуть видавати напругу живлення 5 В або 0 В, що не дозволяє реалізувати регулювати яскравість світлодіода або ж швидкість обертання двигуна. Для реалізації таких завдань використовується емуляція регулювання напруги методом ШІМ (широтно-імпульсної модуляції). У проекті для регулювання обертів вентилятора будемо використовувати ШІМ. Для цього потрібно під'єднати вентилятор до порту ШІМ і використати функцію `analogWrite()` за структурою: `void analogWrite(int pin, int val)`.

А щоб регулювати вологість ґрунту та повітря, потрібно регулювати надходження води в систему. Це зумовлює необхідність використання твердотільних релейних модулів та насосів. Для управління насосом можна використати команду: `void analogWrite(rel, bool)`, а для його безпосереднього ввімкнення/вимкнення варто задіяти команду `void digitalWrite (rel, val)`. Якщо налаштування виконано правильно насос буде циклічно вмикатися та вимикатися, а також може регулювати інтенсивність подачі та розпилення води.

Щоб активувати лампу, необхідно подати команду: `void digitalWrite (rel, val)`, яка перемикає реле, що подає напругу на лампу. У даній роботі регулювання яскравістю системи освітлення не передбачено.

Узагальнений функціонал розробленої моделі мікроферми складається з таких можливостей:

- оновлення прошивки мікроконтролера з приєднаними сенсорами;
- періодичний зібрати інформацію з датчиків за командою користувача або за сигналом з таймера;
- запис отриманої інформації у відповідні змінні, які порівнюються з контрольними значеннями для виявлення поломки сенсоров, або помилки під час передачі сигналу;
- корегування та нормалізація показів датчиків перед їх відправкою до хмарного сховища.
- автоматичне реагування на відхилення мікрокліматичних параметрів мікроферми від заданих значень.

Для повноцінної роботи автоматизованої системи контролю мікроклімату необхідно забезпечити правильне підключення і координацію роботи датчиків. Реалізована у кваліфікаційній роботі взаємодія з електронними компонентами досить проста. Програмний модуль, що функціонує відповідно наведеним алгоритмам (додаток А), використовує показання датчиків, оцінює мікроклімат і регулює його відповідно до заданих контрольних значень.

3.5 Реалізація взаємодії мікроферми з хмарним середовищем та візуалізації даних

Після підключення всіх основних датчиків до системи та отримання від них показників для подальшої обробки, зберігання та відображення була використана база даних реального часу Firebase Realtime Database. Для її інтеграції у проект проведено попередню реєстрацію для доступу до сервісу. Завдяки незначним вимогам розробленого прототипу використано

безкоштовну підписку на Firebase Realtime Database. Під час написання програмного коду мікроконтролер використано бібліотеку «FirebaseESP8266.h», яка суттєво спростила налагодження двостороннього зв'язку. А з метою безпосередньої передачі інформації у базу даних використано команду `Firestore.pushFloat(firebaseData, "text", val)`. Усі контрольовані параметри успішно передаються, а процес логування даних виконується відповідно до заданого алгоритму. На рис. 3.4 демонструються первинні індикатори, які були успішно перенесені в базу даних Firebase на контрольній точці.



Рисунок 3.4 – Первинні індикатори бази даних розробленої системи в Firebase Realtime Database

Розроблена система призначена для різних користувачів. За допомогою розроблених програмних засобів для збору, зберігання та візуалізації даних користувачі можуть розташувати свою мікроферму в будь-якому куточку світу, автономно або дистанційно контролювати та покращувати клімат-контроль теплиці. Завдяки обраному кросплатформному методу представлення даних, управління здійснюється за допомогою мобільного

додатку або стаціонарного комп'ютера, ноутбука чи планшета. Завдяки автономності система може певний час функціонувати без доступу користувача до Інтернету, це важливо для багатьох датчиків. У такому разі управління контролером передається на віддалений сервер, або взагалі може реалізуватись за рахунок команд мікроконтролера. Для повнофункціональної та коректної роботи цієї системи необхідний щоденний обсяг інтернет-трафіку не більше 30 Кб. На рис. 3.5 показано пропонуванний вигляд зовнішнього інтерфейсу системи. Оскільки у кваліфікаційні роботі передбачається створення простого прототипу то відображення усіх контрольованих параметрів відбувається на єдиному екрані у числовому форматі. На екрані для користувача доступна інформація щодо температури, вологості повітря та ґрунту, а також рівня освітленості. Також передбачено представлення інформації про режими роботи таймерів поливу та освітлення.



Рисунок 3.5 – Зовнішній інтерфейс застосунку для віддаленого контролю мікроклімату мікроферми

3.6 Аналіз мікрокліматичних даних мікроферми

З метою попереднього (базового) налаштування таймеру регулювання освітлення мікроферми проведено аналіз фактичного добового рівня освітленості на мікрофермі. Таке налаштування таймеру сприятиме автономній роботі системи, підвищить комфорт її використання і дозволить прогнозувати необхідні енергетичні витрати. Результати добового щогодинного спостереження за рівнем освітленості мікроферми, побудоване у програмі Excel показано на рис. 3.6.

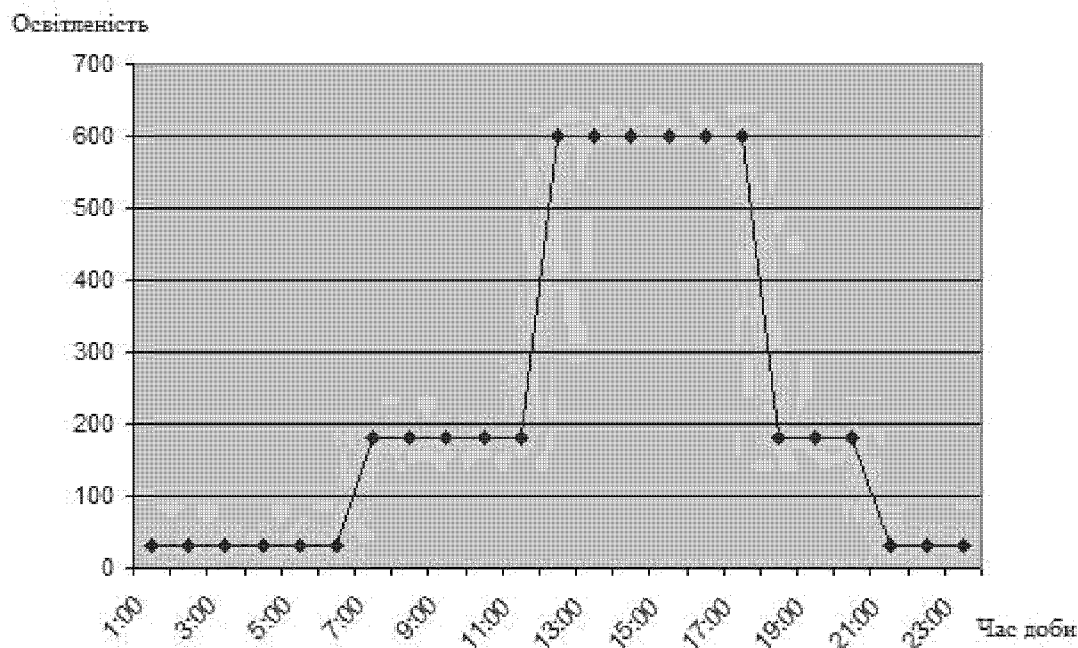


Рисунок 3.6 – Виміряна залежність освітленості мікроферми від часу доби

З наведеного графіка можна зробити висновок, що освітлення протягом дня є нерівномірним і має максимальне значення між 11 та 19 годинами. Крім того, дані можуть залежати від пори року, погоди або розподілу освітлення в кімнаті. Тому автоматичне корегування режимів роботи таймера може здійснюватись з використанням корегувальних коефіцієнтів, або ж з допомогою алгоритмів штчного інтелекту.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

У кваліфікаційній роботі магістра спроектовано систему для контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей. Під час розв'язання задач дослідження, особливо практичної реалізації системи, враховано вимоги з охорони праці і техніки безпеки, пожежної та електробезпеки.

Виконання як теоретичної частини роботи, так і практичної, передбачає використання комп'ютерної техніки та обладнання з низькими напругами і силою струму. Зокрема, в якості блоку живлення плати ESP8266, використовувалась напруга живлення, яка становить 5 В. На платі використовуються можливі номінали напруги на рівні 5 В і 3,3 В, що не становить небезпеки для користувачів та розробника системи.

В якості регламентуючого документа з пожежної безпеки перед початком роботи над комп'ютерною системою для контролю параметрів мікроклімату теплиць використано вимоги «Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України», які є діючим на даний час і затверджені постановою Кабінету міністрів України від 26 червня 2013 р. № 444.

Для організації захисту від негативного впливу екранів дотримано вимог Закону України "Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями" та НПАОП 0.00-7.15-18, який затверджений наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 N207. Робоче місце під час виконання кваліфікаційної роботи та

проектування комп'ютерної системи облаштовано згідно наведених вимог та відповідає організаційним, ергономічним та вимогам з пожежної безпеки.

Електробезпеку робочого місця регламентують Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, які затверджені наказом Держнаглядхоронпраці від 09.01.98 N 4, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10.02.98 за N 93/2533 (НПАОП 40.1-1.21-98). Електромережа, яка використовувалася при виконанні кваліфікаційної роботи магістра, відповідає правилам:

- живлення електромережі проєктовано, як окрему групову трьох провідну мережу з використанням фази, робочого «нуля» та захисного «нуля»;
- захисний «нуль» застосовано для реалізації заземлення електропристроїв;
- усі електричні та електронні пристрої мають захист від короткого замикання та непередбачуваних аварійних ситуацій;
- монтаж та експлуатація електромережі задовольняють вимогам щодо унеможливлення виникнення джерела загоряння через коротке замикання та перевантаження;
- усі лінії електроживлення виконанні не з легкозаймистого матеріалу або з негорючою ізоляцією;
- електричне устаткування підключено до мережі лише за допомогою справних штепсельних з'єднань і розеток заводського виготовлення; – у розетках і штепселях передбачено контакти заземлення.

Вимоги електробезпеки при проєктуванні компонентів комп'ютерної системи для контролю параметрів мікроклімату теплиць дотримано двома шляхами: використання безпроводних технологій передавання даних і напруги живлення в діапазоні 3,3В і 5 В, що дозволяє зменшити можливість ураження струмом при виникненні контакту з мережею чи в аварійних ситуаціях.

Щодо пожежної безпеки будівлі, де виконувався проєкт, то дотримано вимоги державних будівельних норм "Пожежна безпека об'єктів будівництва", які затверджені наказом Держбуду України від 03.12.2002 N 88, а також

вимоги правил пожежної безпеки України, затвердженими наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19.10.2004 N 126.

У приміщеннях, де розташовуються робочі місця користувачів ПК потрібно забезпечити відповідність вимогам санітарних норм і правил наведених у ДСанПіН 3.3.2-007-98. Крім цього, на робочих місцях, обладнаних комп'ютерами і периферійною технікою забезпечено оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, руху повітря та відносної вологості, у відповідності до вимог нормативних документів.

Щодо освітлення, то приміщення де експлуатуються ПК, повинно бути обладнаним джерелами штучного освітлення та мати природне освітлення. Нормативний документ, який регламентує вимоги до рівнів природного і штучного освітлення – ДБН В.2.5-28-2018. Природне освітлення забезпечують прозорі вікна та інші світлові прорізи, що знаходяться на півночі або північному сході. У приміщеннях коефіцієнт природного освітлення повинен бути не нижче ніж 1,5 %. Розрахунок коефіцієнта природного освітлення виконують відповідно до методики, яка наведена у ДБН В.2.5-28-2018.

Штучне освітлення у приміщеннях з ПК забезпечується за допомогою системи загального освітлення, переважно рівномірного. В якості штучного джерела світла застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

При використанні ПК для розробки проекту комп'ютерної системи для контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей було дотримано наступних вимог з техніки безпеки:

- не виконувався самостійний ремонт ПК і периферійних пристроїв;
- не вносились конструктивні зміни в апаратну базу комп'ютера;
- використовувались матеріали та предмети, які стосуються

розробки комп'ютерної системи контролю параметрів мікроклімату теплиць.

Для забезпечення вимог щодо безпечної експлуатації інформаційних технологій та мереж дотримано вимог СТУ EN 60950-1:2015 «Обладнання інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги» (ДСТУ EN 609501:2015).

4.2. Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вторинних вражаючих факторів

Стійкість роботи об'єкта – це здатність в умовах військового часу виготовляти продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при одержанні слабких і частково середніх руйнувань відновлювати своє виробництво в мінімальні терміни. Мета оцінки стійкості об'єкта полягає у виявленні слабких його елементів, щоб у подальшому провести інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості об'єкта в цілому.

Оцінка стійкості роботи об'єкта – це всебічне вивчення підприємства з погляду спроможності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, продовжувати роботу і відновлювати виробництво при одержанні слабких руйнувань.

Промислові підприємства відрізняються одне від одного як по конструктивному рішенню, так і по технологічному процесі. Відмінності об'єктів полягають в будинках і спорудах, устаткуванні і технології виробництва, комунально-енергетичних мережах і території, на якій розташований об'єкт. Тому в усіх випадках оцінка стійкості кожного об'єкта має свої особливості і вимагає конкретного підходу до рішення цього питання. У даному випадку розглянемо загальні для всіх об'єктів питання оцінки їх стійкості до впливу вражаючих факторів зброї масового знищення.

Оцінка стійкості роботи об'єкта починається з вивчення району розташування. Об'єкт може знаходитися в місті, за межею його проектної забудови і на деякій віддалі від міста. Досліджується територія району, його структура, щільність і тип забудови, сусідні об'єкти і можливість виникнення на них вторинних чинників поразки. На об'єкті визначаються щільність забудови, розміщення основних будинків і споруджень, що впливають на характер руйнування, можливе утворення завалів і виникнення пожеж. Особлива увага приділяється ділянкам, де можливе виникнення небезпечних

вторинних чинників ушкоджень. Беруться на облік усі будинки і споруди, робиться оцінка їх статичної стійкості. Вивчають кожен цех і його окремі елементи як по конструктивному рішенню, так і за матеріалами, що були використані в будівництві. Розглядаються умови розміщення внутрішнього технологічного устаткування і визначаються види руйнувань і ушкоджень, що можуть мати місце при ядерному вибуху і заваленні огорожуваних конструкцій цехів.

Особливо важливо визначити захист цінного й унікального устаткування, насиченість виробництва автоматикою і можливість продовження виробництва у випадку виходу з ладу контрольно-вимірювальної апаратури. Обстежуються комунально-енергетичні системи об'єкта і робиться оцінка стійкості споруджень і ліній, тобто визначаються параметри вражаючих факторів, при яких комунальноенергетичні мережі одержать ті або інші руйнування. Визначається забезпеченість працюючих захисними спорудженнями: встановлюється кількість сховищ, укриттів і оцінюються їхні захисні властивості. Вивчається система керування, зв'язку й оповіщення на основі вивчення стану захищених пунктів керування, вузлів і ліній зв'язку. Аналізується система матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків. Встановлюється об'єм запасів і можливих термінів продовження роботи без постачань; визначається відповідність їхньої кількості і номенклатури вимогам, запропонованим до виробництва у військовий час.

Оцінюється стійкість складів сировини, комплектуючих виробів, готової продукції й інших матеріалів, а також сховища паливних матеріалів. Досліджується підготовка об'єкту до відновлення виробництва у випадку одержання слабких або середніх руйнувань. Аналіз виробничої діяльності об'єкта дозволяє виявити слабкі елементи, ділянки і підготувати план підвищення стійкості їх роботи і план відновлювальних робіт, забезпечити їх будівельно-монтажною і проектною документацією.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1 Оцінка комерційного потенціалу розробки

Економічна ефективність розумної мікротеплиці значно перевищує показники традиційних завдяки використанню автоматизованих систем управління. Ці технології дозволяють максимально оптимізувати витрати на енергоресурси, воду та добрива, водночас забезпечуючи стабільно високий урожай. Завдяки датчикам вологості, температури та освітлення, розумна мікротеплиця працює автономно, адаптуючи свої параметри до потреб рослин. Це мінімізує людський фактор і знижує витрати на догляд.

Автоматизація сприяє раціональному використанню ресурсів. Наприклад, система крапельного зрошення подає воду безпосередньо до кореневої системи, що зменшує її споживання. Енергоефективні обігрівачі та LED-освітлення оптимізують витрати електроенергії, а програмовані режими забезпечують ідеальні умови для фотосинтезу. Усе це дозволяє знизити операційні витрати, зберігаючи якість продукції.

Розумна мікротеплиця також дозволяє отримувати більшу кількість врожаїв за рік завдяки постійному контролю клімату. Це підвищує її прибутковість, адже такі культури, як зелень, полуниця чи ранні овочі, вирощені в таких умовах, користуються підвищеним попитом. Додатковою перевагою є можливість вирощувати органічну продукцію, яка має вищу ринкову ціну. Швидкість окупності розумної мікротеплиці залежить від розміру початкових інвестицій і вибору вирощуваних культур, але, як правило, становить 2–3 роки. У довгостроковій перспективі такі теплиці значно перевершують традиційні завдяки зниженню витрат і підвищенню ефективності роботи.

5.1.1 Початкові інвестиції та операційні витрати розумної мікроферми

Початкові інвестиції в розумну мікротеплицю залежать від її розміру, використовуваних матеріалів і рівня автоматизації. Основними статтями витрат є закупівля каркаса, обшивки з полікарбонату або іншого енергоефективного матеріалу, а також обладнання для автоматизації. Таке обладнання включає датчики температури, вологості, освітлення, системи зрошення та опалення, а також контролери для управління всіма цими процесами. Інтеграція програмного забезпечення для моніторингу і віддаленого управління також може вплинути на вартість. Загальна сума початкових витрат зазвичай вища, ніж для традиційних мікротеплиць, але вона виправдовується завдяки швидкій окупності та підвищеній ефективності.

Операційні витрати в розумній мікротеплиці значно нижчі, оскільки автоматизація знижує потребу в ручній праці. Ресурси використовуються більш раціонально: вода подається точно в необхідних обсягах через крапельне зрошення, а енергоспоживання мінімізується за рахунок енергоефективних обігрівачів і LED-освітлення. Системи управління дозволяють уникати перевитрат ресурсів, забезпечуючи ідеальні умови для росту рослин. Завдяки цьому операційні витрати є стабільними і передбачуваними, що є важливим фактором для планування бізнесу.

5.1.2 Урожайність, прибутоковість, рентабельність та екологічність розумної мікроферми

Урожайність у розумній мікротеплиці значно вища порівняно з традиційними технологіями завдяки постійному контролю мікроклімату та адаптації умов до потреб конкретних культур. Завдяки автоматизованим системам підтримується оптимальний рівень температури, вологості й освітлення, що знижує ризик втрати врожаю через несприятливі погодні умови або людські помилки. Такі теплиці дозволяють вирощувати кілька циклів культур на рік, забезпечуючи стабільний урожай навіть у зимовий період.

Прибуток від розумної мікроферми формується за рахунок якості та конкурентоспроможності продукції. Органічна зелень, овочі, ягоди, вирощені в контрольованих умовах, мають підвищений попит на ринку і продаються за вищою ціною. Завдяки швидкому обороту культур прибуток зростає, особливо якщо продукція реалізується напряду споживачам або на фермерських ринках. Це зменшує залежність від посередників і підвищує маржинальність.

Рентабельність розумної мікротеплиці залежить від початкових інвестицій, вирощуваних культур і ринкових умов, але зазвичай є вищою, ніж у традиційних тепличних господарствах. Поєднання знижених операційних витрат і високої урожайності дозволяє окупити інвестиції за 2–3 роки. У подальшому рентабельність лише зростає завдяки оптимізації процесів і можливості вирощувати продукцію у міжсезоння, коли ціни максимальні.

Екологічний аспект розумної мікротеплиці полягає у мінімізації впливу на навколишнє середовище завдяки раціональному використанню ресурсів. Такі теплиці значно знижують споживання води за рахунок систем крапельного зрошення, які подають вологу безпосередньо до кореневої системи рослин, виключаючи надлишкові втрати. Енергоефективне освітлення, як-от LED-лампи, і системи опалення, що адаптуються до зовнішніх умов, зменшують споживання енергії, роблячи теплицю економічнішою та екологічно дружньою. Контрольоване середовище розумної мікротеплиці дозволяє скоротити використання хімічних засобів захисту рослин, адже ризик появи шкідників і хвороб мінімізується завдяки стабільним кліматичним умовам. Це забезпечує вирощування екологічно чистої продукції, без залишків пестицидів і гербіцидів. Така продукція є безпечнішою для споживачів та сприяє підтримці екологічного балансу.

Окрім того, автоматизація процесів у розумній мікротеплиці знижує обсяг викидів, пов'язаних із транспортом і логістикою, якщо вирощування організоване поблизу ринку збуту. У поєднанні з довговічними матеріалами конструкції та технологіями збереження тепла, розумні мікротеплиці є прикладом сталого підходу до сільського господарства.

5.2 Ніша розвитку стартапу «Розумна мікротеплиця»

Ніша для розвитку стартапів у сфері розумних мікротеплиць має великий потенціал завдяки глобальній потребі в ефективних і екологічних рішеннях для вирощування продовольства. Зростання попиту на органічну продукцію, особливо серед міського населення, створює можливості для розробки компактних і технологічно просунутих тепличних систем. У поєднанні зі збільшенням вартості землі та енергоресурсів розумні мікротеплиці стають економічно вигідним рішенням, що дозволяє вирощувати продукцію навіть у складних кліматичних умовах.

Стартапи можуть сфокусуватися на розробці автономних систем управління, що поєднують датчики, штучний інтелект і технології Інтернету речей (IoT). Це дозволяє створювати повністю інтегровані платформи, які автоматично аналізують стан рослин, регулюють параметри середовища та оптимізують використання ресурсів. Окрім цього, існує попит на мобільні мікротеплиці, які можна використовувати для особистих потреб або у невеликих комерційних проєктах, наприклад, для вирощування зелені.

Ще одним перспективним напрямом є розробка теплиць для вертикального землеробства, які дозволяють максимально використовувати обмежений простір. Це може стати актуальним у регіонах із високою щільністю населення або у містах, де доступ до традиційних фермерських полів обмежений. У цьому контексті стартапи можуть також створювати бізнес-моделі для спільного використання теплиць або надання послуг з їх встановлення й обслуговування.

Екологічність та енергоефективність розумних мікротеплиць дають можливість отримувати підтримку з боку державних програм або інвесторів, зацікавлених у зелених технологіях. Завдяки поєднанню технологічних інновацій і зростаючого попиту на стале сільське господарство ця ніша має всі умови для динамічного розвитку.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження на тему обґрунтування моделі мікроферми як елемента інфраструктури Інтернету речей було досягнуто поставлених цілей і завдань, що дозволяє зробити низку важливих висновків.

Аналіз можливостей Інтернету речей у сільському господарстві підтвердив перспективність його застосування в малих аграрних системах, зокрема на мікрофермах. Інтеграція технологій IoT дає змогу автоматизувати процеси моніторингу та управління основними параметрами навколишнього середовища, оптимізуючи таким чином використання ресурсів і підвищуючи продуктивність. Під час дослідження були визначені ключові вимоги до ефективної роботи моделі мікроферми, зокрема важливість моніторингу температури, вологості, рівня освітленості та поживних речовин. Швидке реагування на зміни умов довкілля є критично важливим для оптимального вирощування культур в умовах обмеженої площі, що властиво для мікроферм.

Запропонована модель включає комплекс датчиків, систем управління та мережевих пристроїв, об'єднаних за допомогою платформи IoT, що дозволяє здійснювати збір, обробку та аналіз даних у режимі реального часу. Це, своєю чергою, надає можливість оперативного управління мікрофермою та підвищення продуктивності. Оцінка ефективності застосування IoT-моделі для мікроферм продемонструвала її здатність знижувати витрати на водні, енергетичні та інші ресурси завдяки автоматизованому управлінню. Таке впровадження зменшує екологічний вплив за рахунок оптимального використання природних ресурсів. Аналіз показав економічну доцільність і перспективність впровадження мікроферм з використанням IoT, що є важливим для забезпечення сталого розвитку сільського господарства. Модель мікроферми на базі Інтернету речей має потенціал стати основою для компактних, ефективних і екологічно дружніх агросистем, що сприятиме продовольчій безпеці в умовах кліматичних змін та зростання населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анісімов, А. В., Брагін, А. В., та Воротніков, А. С. (2019). Інтернет речей у сільському господарстві: можливості, переваги та виклики. *Сільськогосподарські науки*, 32(4), 45-58.
2. Бойко, О. П., та Іванова, Л. М. (2020). Моделі мікроферм в умовах Інтернету речей: технологічні та економічні аспекти. *Аграрна економіка*, 13(2), 65-78.
3. Волошин, В. П., Сидоренко, І. В., та Петров, О. С. (2021). Використання IoT для оптимізації сільськогосподарських процесів на малих фермах. *Сучасні інформаційні технології*, 6(3), 112-125.
4. Данько, М. І., та Шевченко, Р. В. (2018). Економічна ефективність впровадження Інтернету речей у сільському господарстві України. *Економіка і прогнозування*, 29(4), 37-51.
5. Ковальчук, Т. С. (2019). Інноваційні технології для мікроферм: потенціал і перспективи. *Аграрна наука*, 14(1), 102-115.
6. Петров, О. В. (2022). Інтернет речей у сільському господарстві: тенденції та перспективи розвитку. *Інформаційні системи та технології*, 8(2), 88-96.
7. Smith, M., & Chen, H. (2020). IoT Applications in Micro-Farming: Technology Integration and Sustainable Development. *International Journal of Smart Agriculture*, 3(1), 22-34.
8. IoT in Agriculture: Market Opportunities, Challenges, and Future Perspectives (2021). *Journal of Internet of Things*, 12(3), 154-170.
9. Wilson, R., & Jackson, T. (2019). Precision Agriculture and IoT: Small-Scale Farming Optimization. *Agricultural Technology Today*, 11(2), 43-57.
10. Zang, Y., & Guo, L. (2020). IoT-based Microfarm Management System for Resource Optimization. *Journal of Agricultural Engineering*, 15(3), 98-110.

ДОДАТКИ

Програма управління апаратними засобами моделі мікроферми

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <FirebaseESP8266.h>
#include <DHT.h>

// Firebase конфігурація
#define FIREBASE_HOST "your-database.firebaseio.com" // URL вашої
Firebase Realtime Database
#define FIREBASE_AUTH "your-firebase-database-secret" // Ваш
секретний ключ Firebase
#define WIFI_SSID "CircuitLoop" // Ваше ім'я WiFi
#define WIFI_PASSWORD "circuitdigest101" // Пароль до WiFi

// Підключення датчика DHT
#define DHTPIN D3
DHT dht(DHTPIN, DHT11);

// Датчики і GPIO
const int moisturePin = A0; // Датчик вологості ґрунту
const int lightSensorPin = A1; // Датчик освітленості
const int motorPin = D0; // Реле для поливу
const int lightRelayPin = D1; // Реле для лампочки

float moisturePercentage; // Показник вологості ґрунту
float h; // Вологість повітря
float t; // Температура
int lightLevel; // Рівень освітленості
```

```
FirebaseData firebaseData;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);

  // Підключення до WiFi
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("Підключення до WiFi");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("\nWiFi підключено!");

  // Ініціалізація Firebase
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
  Firebase.reconnectWiFi(true);

  pinMode(motorPin, OUTPUT);
  pinMode(lightRelayPin, OUTPUT);
  digitalWrite(motorPin, LOW); // Початково мотор вимкнено
  digitalWrite(lightRelayPin, LOW); // Початково лампочка вимкнена
  dht.begin();
}

void loop() {
  // Зчитування даних із датчика DHT
  h = dht.readHumidity(); // Зчитати вологість повітря
  t = dht.readTemperature(); // Зчитати температуру
```

```
if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Помилка зчитування з датчика DHT!");
    return;
}

// Обчислення вологості ґрунту
moisturePercentage = (100.00 - ((analogRead(moisturePin) / 1023.00) *
100.00));
Serial.print("Вологість ґрунту: ");
Serial.print(moisturePercentage);
Serial.println("%");

// Зчитування рівня освітленості
lightLevel = analogRead(lightSensorPin);
Serial.print("Рівень освітленості: ");
Serial.println(lightLevel);

// Управління мотором на основі вологості ґрунту
if (moisturePercentage < 50) {
    digitalWrite(motorPin, HIGH); // Увімкнути мотор
} else if (moisturePercentage > 55) {
    digitalWrite(motorPin, LOW); // Вимкнути мотор
}

// Управління лампочкою на основі освітленості
if (lightLevel < 500) { // Якщо освітленість низька
    digitalWrite(lightRelayPin, HIGH); // Увімкнути лампочку
} else {
    digitalWrite(lightRelayPin, LOW); // Вимкнути лампочку
}
```

```
// Надсилання даних до Firebase
if (Firebase.pushFloat(firebaseData, "/SoilMoisture", moisturePercentage))
{ Serial.println("Дані вологості ґрунту надіслано.");
} else {
    Serial.print("Помилка: ");
    Serial.println(firebaseData.errorReason());
}

if (Firebase.pushFloat(firebaseData, "/Temperature", t)) {
    Serial.println("Дані температури надіслано.");
} else {
    Serial.print("Помилка: ");
    Serial.println(firebaseData.errorReason());
}

if (Firebase.pushFloat(firebaseData, "/Humidity", h)) {
    Serial.println("Дані вологості повітря надіслано.");
} else {
    Serial.print("Помилка: ");
    Serial.println(firebaseData.errorReason());
}

if (Firebase.pushInt(firebaseData, "/LightLevel", lightLevel)) {
    Serial.println("Дані освітленості надіслано.");
} else {
    Serial.print("Помилка: ");
    Serial.println(firebaseData.errorReason());
}

delay(10000); // Відправка даних кожні 10 секунд
}
```

Елементи програми відображення контрольованих параметрів моделі мікроферми

Файл firebase.js

```
import { initializeApp } from "firebase/app";
import { getDatabase, ref, onValue } from "firebase/database";

// Firebase конфігурація (параметри конфігурації наведені для зразка)
const firebaseConfig = {
  apiKey: "YOUR_API_KEY",
  authDomain: "YOUR_PROJECT_ID.firebaseio.com",
  databaseURL: "https://YOUR_PROJECT_ID.firebaseio.com",
  projectId: "YOUR_PROJECT_ID",
  storageBucket: "YOUR_PROJECT_ID.appspot.com",
  messagingSenderId: "YOUR_SENDER_ID",
  appId: "YOUR_APP_ID"
};

// Ініціалізація Firebase
const app = initializeApp(firebaseConfig);
const database = getDatabase(app);

export { database, ref, onValue };
```

Файл App.js

```

import React, { useEffect, useState } from "react";
import { database, ref, onValue } from "../firebase";
import "../App.css";

function App() {
  const [data, setData] = useState({
    SoilMoisture: null,
    Temperature: null,
    Humidity: null,
    LightLevel: null,
  });

  useEffect(() => {
    const dataRef = ref(database, ""); // Шлях до кореня бази даних
    onValue(dataRef, (snapshot) => {
      const firebaseData = snapshot.val();
      setData(firebaseData);
    });
  }, []);

  return (
    <div className="App">
      <header className="App-header">
        <h1>Система моніторингу навколишнього середовища</h1>
        <div className="data-container">
          <p>
            <strong>Вологість ґрунту:</strong>      {data.SoilMoisture      ||
            "Завантаження..."}%
          </p>
        </div>
      </header>
    </div>
  );
}

```

```

    <p>
      <strong>Температура:</strong>      {data.Temperature    ||
"Завантаження..." }°C
    </p>
    <p>
      <strong>Вологість    повітря:</strong>    {data.Humidity    ||
"Завантаження..." }%
    </p>
    <p>
      <strong>Освітленість:</strong>      {data.LightLevel  ||
"Завантаження..." } люкс
    </p>
  </div>
</header>
</div>
);
}

```

```
export default App;
```



```
.App {
  text-align: center;
  font-family: Arial, sans-serif;
  background-color: #f5f5f5;
  color: #333;
}

.App-header {
  padding: 20px;
  background-color: #282c34;
  color: white;
}

.data-container {
  margin: 20px auto;
  padding: 20px;
  width: 50%;
  background-color: white;
  border-radius: 10px;
  box-shadow: 0 4px 8px rgba(0, 0, 0, 0.1);
}

p {
  font-size: 18px;
  margin: 10px 0;
}

strong {
  color: #007BFF;
}
```