

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
(інститут)

Факультет інформаційних технологій
(факультет)
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

здобувача Яковенка Данила Едуардовича
(ПІБ)
академічної групи 123-21-2
(шифр)
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)

на тему «IoT-система зрошування і поливу зовнішньої живої декоративної стіни
закладу харчування»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	проф. Нікулін С.Л.			
спеціальної частини	проф. Нікулін С.Л.			
Рецензент				
Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			

Дніпро
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

Гнатушенко В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

" " _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

здобувача Яковенка Д.Е. академічної групи 123-21-2
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
(офіційна назва)

на тему «IoT-система зрошування і поливу зовнішньої живої декоративної стіни закладу харчування»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 05.05.2025 №336-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання і постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел показати актуальність завдання, сформулювати мету та задачі виконання кваліфікаційної роботи	10.02.2025
Технічні вимоги до об'єкту вивчення	Сформулювати найменування й призначення IoT-системи поливу зеленої стіни, висунути технічні вимоги до неї	15.03.2025
Розробка системи поливу зеленої стіни	Виконати технічне проектування апаратної частини IoT-системи поливу зеленої стіни	20.04.2025
Програмування IoT-системи поливу	Обґрунтувати технічні характеристики програми й розробити програму IoT-системи поливу зеленої стіни	07.05.2025
Розробка мережі закладу	Розрахувати й розподілити адреси вузлів комп'ютерної системи, розробити заходи з обмеження доступу до даних системи	31.05.2025

Завдання видано _____
(підпис керівника)

проф. Нікулін С.Л.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 25.02.2025

Дата подання до екзаменаційної комісії 16.06.2025

Прийнято до виконання _____

Яковенко Д.Е.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 75 с., 37 рис., 19 табл., 1 дод., 14 джерел.

ІОТ-МЕРЕЖА, СИСТЕМА ЗРОШЕННЯ, ДАВАЧІ, ARDUINO, ГРОМАДСЬКИЙ ЗАКЛАД, КОРПОРАТИВНА МЕРЕЖА, СИСТЕМА, БАЗА ДАНИХ, МОНІТОРИНГ.

Об'єкт вивчення – система зрошення об'єкту зеленої стіни в громадських закладах

Мета роботи – створення системи зрошення зеленої стіни та інтеграції в корпоративну мережу.

Здійснено розробку комп'ютерної системи з можливістю гнучкої зміни виду та набору виконуваних функцій шляхом перепрограмування. Система орієнтована на застосування в громадських закладах а також для моніторингу показників ґрунту.

Комп'ютерна система дозволяє здійснювати технічну і програмну модернізацію системи, а так само забезпечує виконання наступних функцій:

- контроль показників давачів системи поливу;
- створення режимів автоматичного та оперативного поливу зеленої стіни;
- розробка корпоративної мережі та інтеграція іот-системи поливу;
- зменшення витрат на контроль та догляд стану рослин.

Результати роботи рекомендовані до впровадження в якості ефективного рішення для автоматизації системи зрошення та моніторингу стану рослин. Завдяки інтеграції в корпоративну мережу, система сприятиме покращенню управління ресурсами, оптимізації витрат на догляд за зеленими насадженнями, а також забезпечить більш якісний контроль параметрів ґрунту.

ЗМІСТ

		Стор.
	Вступ	5
1	Стан питання і постановка завдання	7
	1.1 Актуальність задачі побудови систем зрошення.....	7
	1.2 Характеристика, структура, особливості громадського закладу.....	8
	1.2.1 Організаційна структура персоналу закладу.....	10
	1.2.2 Аналіз ринку та тенденції відвідуваності закладів громадського харчування.....	12
	1.3 Огляд існуючих рішень систем поливу та зрошення.....	13
	1.4 Обґрунтування вибраного напрямку вирішення задачі для об'єкта впровадження.....	16
	1.5 Розрахунок потужності насосів для системи поливу	20
	1.6 Мета і задачі і роботи	24
2	Розробка IoT – системи поливу зеленої стіни	25
	2.1 Призначення програми.....	25
	2.2 Опис та обґрунтування вибору складу технічних та програмних засобів.....	27
	2.2.1 Вимоги до структури і функціонування системи	27
	2.2.2 Опис призначення вхідних вихідних даних	33
	2.2.3 Опис і обґрунтування вибору складу технічних і програмних засобів.....	36
	2.3 Опис розробленої програми.....	47
3	Розробка мережі закладу	55
	3.1 Технічні вимоги до мережі закладу.....	55
	3.1.1 Найменування і призначення об'єкту професійної діяльності.....	55
	3.1.2 Вимоги до структури і функціонування системи.....	56
	3.1.3 Показники призначення.....	57
	3.2 Розробка апаратної частини.....	59
	3.2.1 Розробка структурної схеми мережі.....	59
	3.2.2 Вибір і обґрунтування комплексу технічних засобів.....	61
	3.3 Налаштування мережі.....	69
	Висновок.....	74

Перелік джерел
посилання.....

75

ВСТУП

Сучасні системи зрошення IoT для декоративних зовнішніх стін у закладах громадського харчування викликають зростаючий інтерес до автоматизації, але вони мають низку проблем: нерівномірне зрошення через зміну умов, необхідність адаптації до погодних змін, щоб уникнути надмірного зволоження або висихання, потреба в ефективному використанні води, регулярному технічному обслуговуванні, ризик вандалізму, а також інтеграція без шкоди для естетики.

Метою роботи є розробка системи поливу зовнішньої декоративної стіни. Для досягнення цієї мети передбачено огляд об'єкта впровадження, аналіз його структури та плану будівлі. Важливими етапами є пошук готових рішень, розробка власних алгоритмів, аналіз мережевих комплектуючих та їх об'єднання в єдину систему, налаштування та вибір способу передачі даних. Оцінка та застосування систем поливу дозволять визначити ефективність обраного підходу.

Актуальність створення ефективної IoT-системи поливу зовнішньої живої декоративної стіни для закладів харчування зумовлена зростанням популярності екологічних та естетично привабливих зелених просторів у міському середовищі. Такі конструкції не лише покращують мікроклімат та створюють комфортну атмосферу для відвідувачів, а й відіграють важливу роль у формуванні іміджу закладу як сучасного та відповідального до екологічних тенденцій. Однак забезпечення належного догляду за подібними рослинними композиціями є складним завданням, що потребує значних ресурсів та ретельного контролю за рівнем вологості й умовами утримання рослин.

Останнім часом технології IoT почали стрімко розвиватися, що безпосередньо вплинуло на доступність контролерів та комплектуючих, зробивши їх більш доступними для звичайних користувачів. Це значно спростило можливість впровадження автоматизованих систем у різних сферах, зокрема й у догляді за рослинністю. Запровадження IoT-рішення в закладі

харчування дозволяє значно зменшити витрати на обслуговування декоративної флори, водночас забезпечуючи оптимальні умови для підтримки її здоров'я та зростання.

Традиційні методи поливу часто не є ефективними, оскільки можуть спричиняти надмірне використання води, нерівномірне зволоження ґрунту або недостатнє живлення рослин. Вони також вимагають постійного контролю та значних витрат часу на обслуговування. Інтеграція IoT-технологій дозволяє автоматично аналізувати рівень вологості, враховувати погодні умови, прогнозувати потребу у воді та дистанційно керувати системою зрошення через мобільні додатки або веб-інтерфейси. Це сприяє не лише своєчасному й точному поливу, а й мінімізації втрат водних ресурсів, що є важливим чинником в умовах змін клімату та зростання вартості комунальних послуг.

У ході університетської практики було здобуто знання у сфері автоматизації, зокрема через роботу з контролерами Arduino. Це сприяло вивченню принципів функціонування датчиків та актуаторів, а також освоєнню програмування для їх керування. Крім того, було проведено аналіз можливостей впровадження автоматизованої системи поливу. В рамках дослідження розроблено прототип такої системи та здійснено оцінку її ефективності в лабораторних умовах, що забезпечило цінний практичний досвід, необхідний для подальшої професійної діяльності.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Актуальність задачі побудови систем зрошення

Часто в джерелах для визначення зеленої стіни використовують термін фітостіна та наводять такий опис. Фітостени – це автоматизовані, вертикально розташовані системи вирощування рослин на основі гідропоніки та крапельного поливання [1].

Постійне зростання міського населення завдає багато проблем. Щільна міська забудова залишає мало місця для зелених насаджень. Зменшуються площі приміських зелених насаджень, які є джерелами кисню, зонами збереження біорізноманіття рослин і тварин. Міський тепловий острів – це явище, за якого температура в центрі міста вища, ніж на околицях, зазвичай різниця в межах 5–10 °С. Однією з причин утворення міських островів тепла є переважання штучних поверхонь, які поглинають більше сонячної радіації, а тому більше нагріваються та повільніше охолоджуються. Для поліпшення екологічної ситуації в містах використовують вертикальне озеленення – перспективний напрямок у ландшафтній архітектурі, який активно розвивається. Ще однією проблемою міста є штучне утворення теплових потоків, яке виникає під час опалення промислових підприємств і/або під час руху автомобілів. Економічні та екологічні проблеми в містах породжують соціальні проблеми, оскільки зростає рівень хронічних захворювань, погіршується психологічний стан людей та знижується народжуваність. Тому сучасні міста вимагають використання інноваційних підходів у плануванні, які можуть відповідати новим потребам і умовам. До таких підходів належить вертикальне озеленення, яке поєднує архітектурно-конструкційні елементи з живими рослинами. У наш час наявний великий вибір різноманітних сучасних фітоконструкцій, які дозволяють створювати ефективні та економічні системи зовнішнього озеленення будівель [2].

За оцінками, близько 50% води для зрошення втрачається через випаровування або сток. Це відбувається тому, що більшість іригаційних систем використовують прості таймери. Незалежно від того, чи використовується система крапельного зрошення або спринклерна система, найбільш ефективний підхід до поливу – це використання води тільки при необхідності, використання точного необхідної кількості і забезпечення правильного поливу рослин. Технологія IoT забезпечує більш ефективний підхід до управління поливною водою [3].

1.2 Характеристика, структура, особливості громадського закладу

Об'єктом вивчення стала мережа пекарень-кав'ярень «Франс.уа». Франс.уа прагне бути місцем, де люди можуть відпочити, розслабитися, перекусити або зустрітися з друзями. Він розрахований на різну аудиторію, включаючи сім'ї, студентів, дорослих та туристів, пропонуючи затишну атмосферу з "українською душею та гостинністю. Як себе характеризує заклад. «Франс.уа – це завжди приємні кольори, лаконічний дизайн і вдало створена атмосфера затишку. Але наша атмосфера – це результат не лише візуального оформлення, а й теплих усмішок нашого дружнього колективу.

Наш персонал – це молоді та енергійні люди. Вони зустрічають гостей посмішками та гарним настроєм, надихаючи відвідувачів та заряджаючи їх бадьорістю на весь наступний день [4].»

Згідно представленого графіку на 2016 рік мережа мала понад 130 закладів на території Дніпровської області. Сучасна карта закладів наведена на рисунку 1.1.

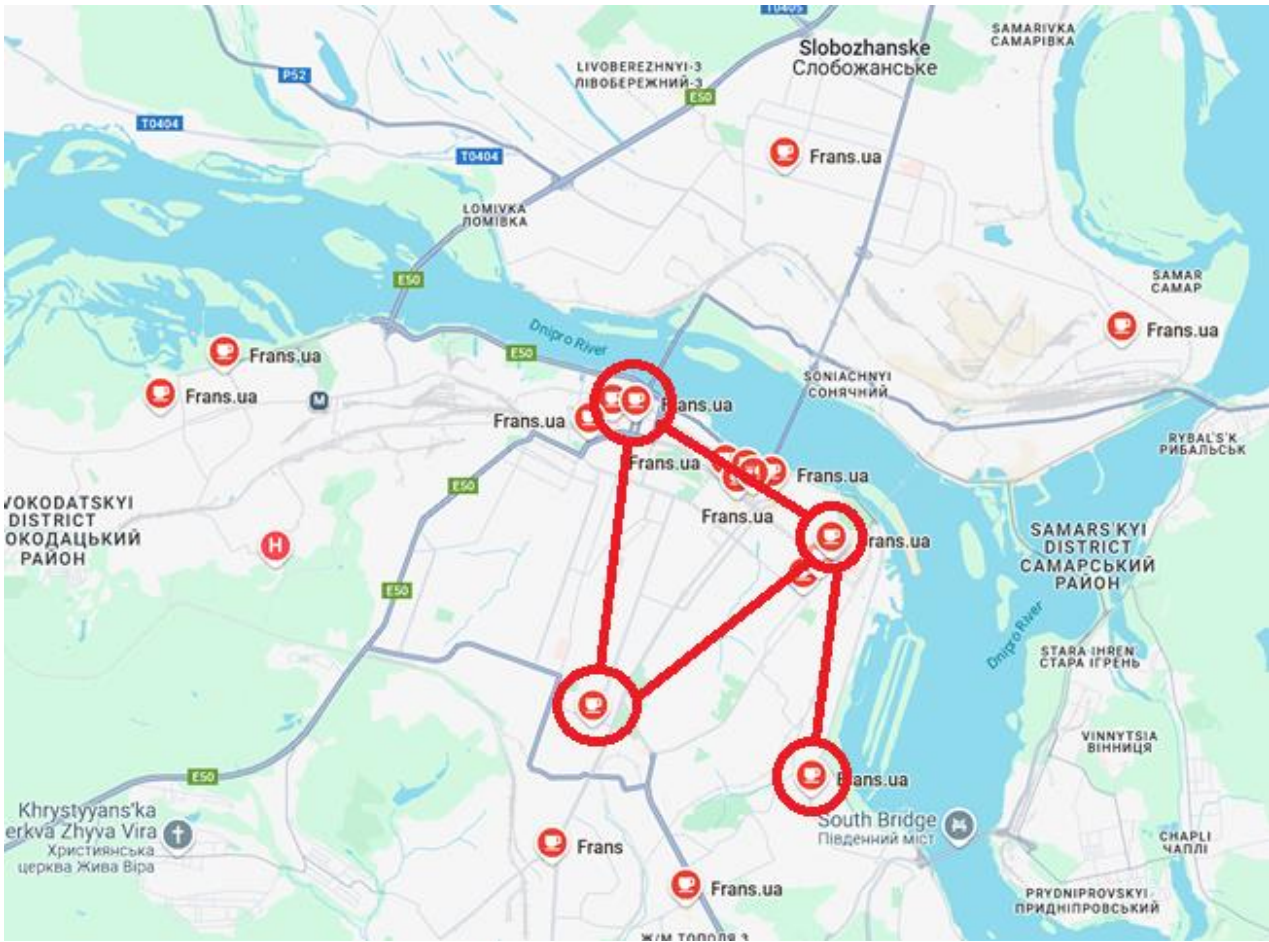


Рисунок 1.1 – Розташування закладів мережі «Франс.уа» в Дніпровській області (за даними Google Maps)

1.2.1 Організаційна структура персоналу закладу

Як видно з рисунка 1.2, склад персоналу для кожного філіалу розподіляється за ролями, обов'язки яких перелічено далі:

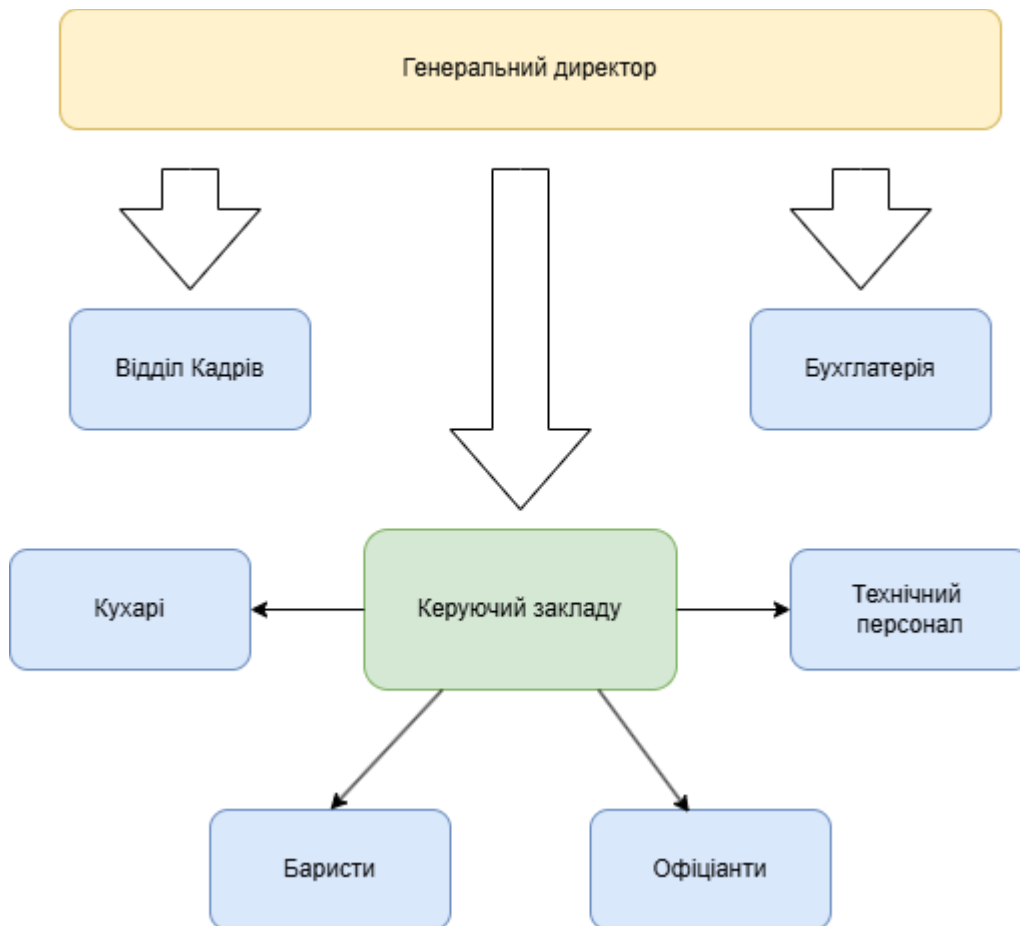


Рисунок 1.2 – Структура Персоналу закладу

Генеральний директор. Очолює всю організацію, відповідаючи за стратегічне планування та загальне управління.

Відділ кадрів. Відповідає за набір, навчання та розвиток персоналу, веде облік працівників, забезпечує дотримання трудового законодавства.

Бухгалтерія. Веде фінансовий облік, складає звітність, здійснює контроль за витратами та доходами.

Керуючий закладу. Відповідає за оперативне управління кав'ярнею, контролює якість обслуговування, вирішує конфліктні ситуації, забезпечує дотримання стандартів.

Кухарі. Готують випічку, десерти та інші страви згідно з меню, забезпечують високу якість та свіжість продукції.

Баристи. Готують кавові напої, обслуговують клієнтів за барною стійкою, забезпечують швидке та якісне обслуговування.

Офіціанти. Обслуговують клієнтів у залі, приймають замовлення, подають страви та напої, забезпечують ввічливе та уважне обслуговування.

Технічний персонал. Забезпечує технічне обслуговування обладнання, підтримує чистоту та порядок у приміщенні, здійснює дрібний ремонт та профілактичні роботи.

На рисунку 1.3 представлено схему планування приміщення об'єкту вивчення та впровадження IoT – системи, що відображає розташування основних зон та функціональних просторів.

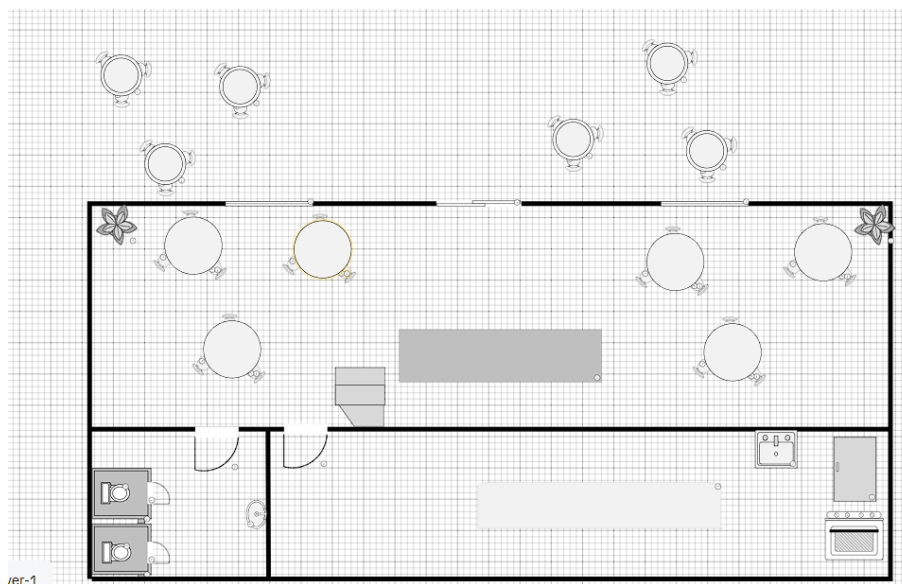


Рисунок 1.3 – План приміщення закладу впровадження IoT – системи

1.2.2 Аналіз ринку та тенденції відвідуваності закладів громадського харчування

Споживчий аналіз ринку на основі опитування понад 1000 респондентів свідчить про те, що найбільше відвідуваність зростає у барах. У 2023 році до закладів цього формату навідувалися на 15% частіше, ніж у 2022-му. Серед причин росту відвідуваності барів можна виділити: збільшення періоду роботи закладів шляхом більш раннього відкриття, вжиття операторами заохочувальних заходів: впровадження тематичних барних меню, проведення дегустацій, спеціальних подій.

Також активізація відвідуваності зафіксована у ресторанах – на 11%, кав'ярнях – на 9% та у кафе й фаст-фудах – на 7% і 5% відповідно. Рисунок 1.4 демонструє статистичні показники відвідуваності закладів громадського харчування, що підтверджує загальні тенденції ринку.

Зміна частоти відвідування закладів громадського харчування протягом 2022-2023 рр. у порівнянні з 2021 роком, у розрізі міст та типів закладів

	Київ	Львів	Дніпро	Одеса	Харків	Інші обласні центри	Інші н.п.
Ресторани	-14,0%	-14,9%	-16,6%	-16,4%	-16,1%	-16,1%	-17,0%
Кафе	-9,4%	-10,8%	-13,1%	-14,8%	-11,4%	-13,6%	-14,5%
Кав'ярні	-7,8%	-8,2%	-9,2%	-13,1%	-7,7%	-8,8%	-11,8%

Рисунок 1.4 – Статистичні дані відвідування закладів громадського харчування

Кав'ярні показали зростання відвідуваності на 9%, а кафе та фаст-фуди – на 7% і 5% відповідно. Також можна підкреслити загальну тенденцію до зростання відвідуваності у закладах громадського харчування[5]. Це означає, що люди частіше відвідують такі заклади, що створює сприятливі умови для розвитку бізнесу в цій сфері.

1.3 Огляд існуючих рішень систем поливу та зрошення

Система поливу TESLA для приміщень. Ця система дозволяє користувачам легко створювати графіки поливу, підтримувати здоров'я рослин і заощаджувати воду. Вона має дистанційний полив, планування, зручність та може обслуговувати до 10 горщиків. Система поливу Tesla має три режими для задоволення різних потреб ваших рослин: ручний, автоматичний та циклічний. Перевагою є те, що вона має Wi-Fi з'єднання, а отже, завжди на зв'язку [6].

Система застосовується в закритих приміщеннях що не відповідає цілям роботи.

Інтелектуальна система зрошення дозволяє моніторити стан ґрунту в режимі реального часу за допомогою бездротової сенсорної мережі Wzard LRPv. Сенсорні вузли передають дані на шлюз SmartSwarm 243, який надсилає їх на ПК або хмарні додатки. Це забезпечує можливість інтеграції даних з метеорологічними прогнозами, що дає змогу приймати розумні рішення щодо часу та обсягу поливу. Наприклад, якщо очікується дощ, система може призупинити полив і скоригувати витрату води після опадів.

Технологія бездротової мережі LoRa - це метод радіомодуляції, що використовується в мережах малого енергоспоживання (LPWAN). Ця технологія забезпечує зв'язок на великі відстані без значних витрат на телекомунікаційні послуги. Вона працює у безліцензійних частотних діапазонах (196, 433, 868 МГц у Європі, 915 МГц у Північній Америці), що дозволяє створювати приватні бездротові сенсорні мережі.

Wzard LRPv Node та SmartSwarm 243 Gateway забезпечують стабільний зв'язок на великих відстанях, що знижує витрати на експлуатацію та розгортання мережі. Це особливо важливо для моніторингу водних ресурсів, де традиційні бездротові рішення мають обмежений діапазон передачі даних. Принцип роботи представлено на рисунку 1.5.

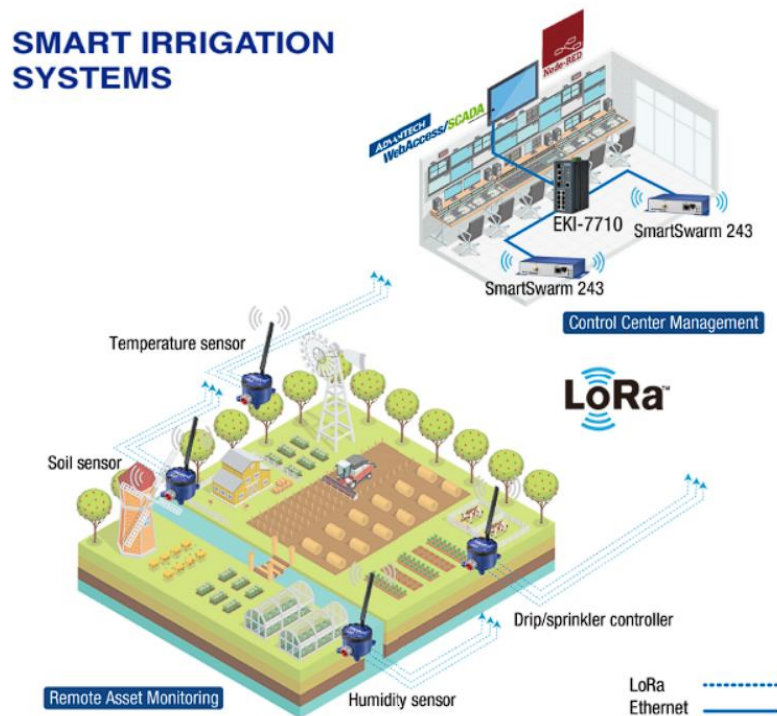


Рисунок 1.5 – Схема роботи інтелектуальної системи зрошення з використанням технології LoRa

Використання розумної іригаційної системи на основі Advantech Wzzard LRPv дозволяє значно зменшити витрати води, автоматизувати процеси зрошення та підвищити ефективність управління водними ресурсами. Технологія IoT у поєднанні з LoRa-зв'язком забезпечує можливість створення масштабованої, автономної та енергоефективної системи, яка мінімізує експлуатаційні витрати та підвищує продуктивність [2].

Перелік особливостей та переваг:

- захист від пилу та вологи. Корпуси сенсорів відповідають стандарту IP66, що захищає їх від пилу та сильних водяних струменів;
- гнучкість живлення. Вузли можуть працювати від батарей, постійного струму або сонячних панелей, що забезпечує їх автономність;
- енергоефективність. Сенсорні вузли мають режими сну, що дозволяє зменшити витрати енергії, активуючись лише для передачі даних;

– інтеграція із системами SCADA. Дані передаються через протокол MQTT, що дозволяє їх використання у серверних додатках для моніторингу та аналізу;

– система аварійних сповіщень. В разі перевищення критичних значень, система надсилає повідомлення, що дозволяє оперативно реагувати на зміну умов, наприклад, підняття рівня води при паводку;

Це не повноцінне рішення а лише приклад використання іот обладнання від proxis. Не можливо передбачити які виклики будуть переслідувати при реалізації системи. В ній не перечислені компоненти та їх характеристики. Також високовартісне обладнання не входить у бюджет громадського закладу, оскільки фінансові ресурси таких установ зазвичай обмежені.

Gardena пропонує автоматичні системи зрошення, які забезпечують ефективний та економний полив садів, газонів і грядок. Асортимент включає крапельне зрошення, підземні системи та мобільні рішення, що дозволяють оптимізувати використання води. Завдяки датчикам вологості, таймерам та смарт-контролерам, система адаптується до погодних умов і потреб рослин, зменшуючи витрати води та догляд за садом. Інноваційні рішення Gardena підтримують інтеграцію зі смартфонами, що забезпечує дистанційне управління та програмування поливу [7].

Запропоноване рішення від GARDENA не відповідає вимогам дослідження, оскільки воно орієнтоване на автоматизацію поливу садових і газонних територій, проте не містить спеціалізованого комплексу для розумного зрошення вертикальних зелених стін. Відсутність інтегрованої системи, що включає адаптовані сенсори вологості ґрунту для вертикальних конструкцій, оптимізовані розпилювачі та механізми контролю розподілу води у таких умовах, унеможлиблює застосування цього рішення без суттєвої модифікації.

1.4 Обґрунтування вибраного напрямку вирішення задачі для об'єкта впровадження

Впровадження автоматизації процесу поливу в систему вертикального озеленення є ключовим фактором для забезпечення ефективного та стабільного догляду за рослинами, особливо в умовах поверхневого поливу.

Спрощення обслуговування є однією з головних переваг автоматичного поливу. Велика площа зелених стін вимагає значних витрат часу та зусиль на ручний полив, що є непрактичним та неефективним. Автоматична система поливу звільняє від цієї рутинної роботи, дозволяючи зосередитися на інших аспектах догляду за рослинами. Крім того, автоматизація дозволяє адаптувати режим поливу до змінних погодних умов, що є особливо важливим для поверхневого поливу. Наприклад, в умовах дощу система може автоматично зменшити або припинити полив, щоб уникнути перезволоження ґрунту.

Підтримка декоративного вигляду є ще одним важливим аспектом автоматизації процесу поливу. Стабільне зволоження ґрунту є критично важливим для здоров'я та естетичного вигляду рослин. Нерівномірний полив може призвести до стресу рослин, що проявляється у вигляді в'янення, пожовтіння листя та інших ознак нездоров'я. Автоматична система поливу забезпечує рівномірний розподіл води, що сприяє здоровому росту та розвитку рослин, а також підтримує їх декоративний вигляд.

Використання IoT-технологій у системі автоматичного поливу дозволяє не лише автоматизувати процес, але й зробити його більш інтелектуальним та адаптивним. Наприклад, сенсори вологості ґрунту можуть передавати дані до контролера, який автоматично регулює частоту та тривалість поливу. Метеорологічні дані можуть використовуватися для прогнозування змін погодних умов та відповідної адаптації режиму поливу.

Використання датчиків для детального аналізу отриманих даних. До застосувань відповідних дій для покращення умов та створення сприятливого середовища. Далі наведено перелік основних сенсорів.

Сенсори вологості ґрунту відіграють вирішальну роль у запобіганні перезволоженню, яке може призвести до гниття коренів рослин. Навіть при поверхневому поливі, де вода розподіляється по поверхні ґрунту, існує ризик накопичення надмірної вологи в нижніх шарах. Точні вимірювання вологості ґрунту дозволяють адаптувати режим поливу, забезпечуючи оптимальний рівень зволоження для кожного виду рослин.

Сенсори освітленості є не менш важливими, оскільки вони дозволяють враховувати вплив інтенсивності світла на випаровування води. У міських умовах, де зелені стіни часто розташовані в місцях з різним рівнем освітлення, адаптація режиму поливу до цих змін є критично важливою. Наприклад, у сонячні дні випаровування води відбувається швидше, тому необхідно збільшити частоту поливу, щоб компенсувати втрату вологи.

Температурні сенсори допомагають враховувати вплив температури на випаровування та стан рослин. У міському середовищі, де температура може значно коливатися протягом дня, особливо влітку, контроль температури ґрунту та повітря є важливим для забезпечення оптимальних умов для росту рослин. Наприклад, при високих температурах необхідно збільшити частоту поливу, щоб запобігти перегріву кореневої системи.

Використання цих сенсорів у комплексі з IoT-технологіями дозволяє створити інтелектуальну систему поливу, яка автоматично адаптується до змінних умов навколишнього середовища. Це не тільки забезпечує оптимальне зволоження рослин, але й мінімізує витрати води та електроенергії, що є важливим аспектом екологічної відповідальності.

Для контролю якості та ефективного догляду за рослинами запропоновано впровадити систему віддаленого моніторингу. Ця технологія дозволяє не лише контролювати стан системи з будь-якої точки світу, але й швидко реагувати на будь-які зміни або проблеми.

Завдяки сенсорам та датчикам, система постійно збирає дані про стан ґрунту, температуру, освітленість та інші параметри. У разі виявлення будь-яких відхилень, таких як витік води, несправність насоса або критичний рівень

вологості, система автоматично надсилає сповіщення оператору. Це дозволяє швидко виявити та усунути проблему, запобігаючи пошкодженню рослин та системі поливу. Крім того, віддалене керування дозволяє коригувати режим поливу в залежності від змінних умов, таких як погодні умови або рівень освітлення. Що особливо важливо це зручність обслуговування зелених стін у важкодоступних місцях, таких як висотні будівлі або внутрішні двори. Оператор може перевіряти стан системи, коригувати налаштування та отримувати сповіщення без необхідності фізичної присутності на місці.

Система віддаленого моніторингу та керування дозволяє не лише автоматизувати процес, але й зробити його більш інтелектуальним та адаптивним.

При проектуванні системи поливу для вертикального озеленення, де пріоритетом є декоративна функція, а не отримання сільськогосподарського врожаю, вимоги до прецизійного контролю вологості ґрунту суттєво знижуються. З огляду на це, було прийнято рішення на користь системи поверхневого поливу, незважаючи на її відому тенденцію до збільшення витрат води, що оцінюється приблизно в 10% порівняно з підповерхневими методами згідно роботи [8], яка описує систему поливу томатів в приміщенні. З результатами вимірювань можна ознайомитись на Рисунку 1.6.

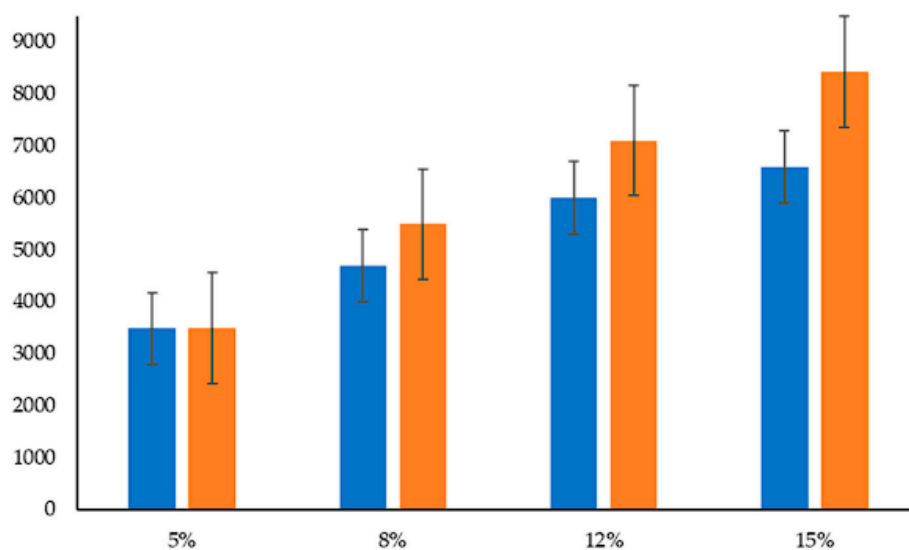


Рисунок 1.6 – Загальна кількість води використана в системі пророщення насіння в приміщенні

Вибір поверхневого поливу обумовлений його ключовою перевагою – забезпеченням оперативності та зручності при заміні рослинного матеріалу. На відміну від підповерхневих систем, які вимагають часткового або повного демонтажу для доступу до кореневої системи, поверхневий полив дозволяє здійснювати заміну рослин безпосередньо, мінімізуючи час та трудові витрати. Цей аспект є особливо важливим в умовах міського озеленення, де оперативність обслуговування має вирішальне значення.

Отже, компроміс у вигляді збільшення витрат води компенсується значним спрощенням процесу обслуговування та заміни рослин, що є критично важливим для підтримки естетичного вигляду вертикальної зеленої стіни.

Для візуалізації логіки роботи системи поливу вертикального озеленення та основних взаємозв'язків між її складовими наведено діаграму прецедентів на рисунку 1.7. Ця схема відображає ключові процеси, які забезпечують стабільність функціонування системи та оптимальне використання ресурсів.

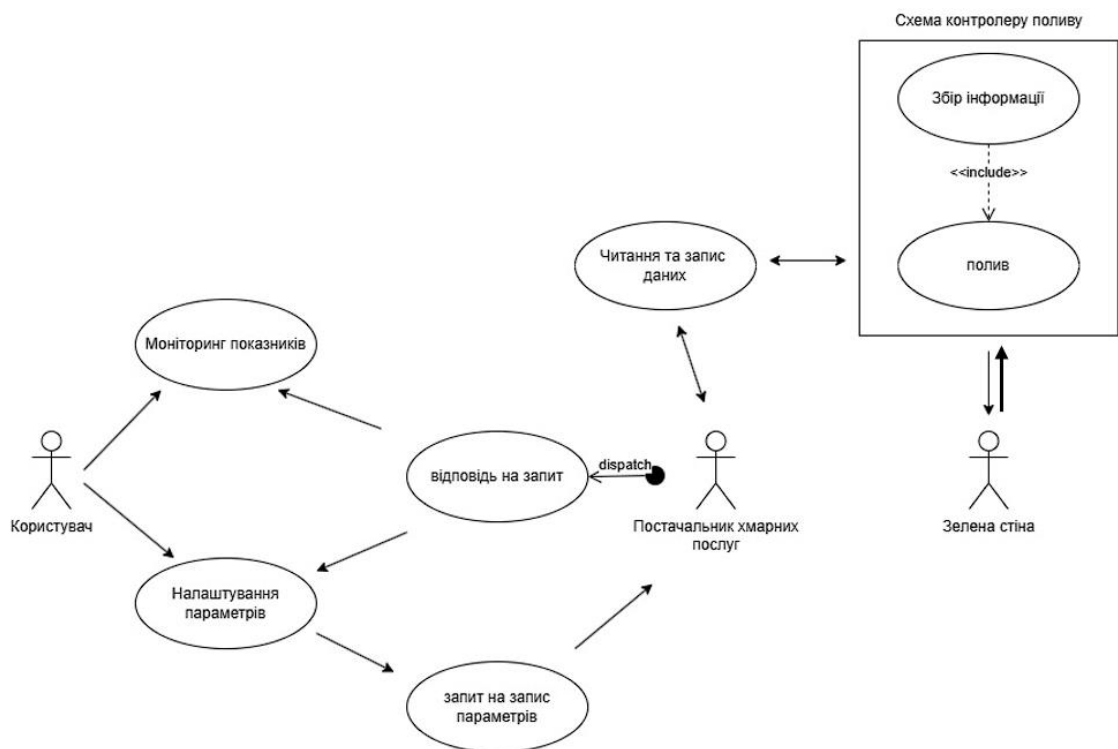


Рисунок 1.7 – Діаграма прецедентів системи поливу зеленої стіни

1.5 Розрахунок потужності насосів для системи поливу

Щоб забезпечити постійну наявність достатньої кількості води, ми змоделюємо розмір резервуару

Розрахуємо об'єм ємності (V_{soil}) для рослини

$$V_{soil} = \pi r^2 d_{w,pot} \quad (1.1)$$

де r та $d_{w,pot}$ – радіус та висоту ґрунту.

У роботі форма горщика є кубічної форми, розмір горщика дорівнює 200мм в ширину та 200мм у висоту. Тому розрахуємо об'єм куба

$$V_{soil} = 200^3 = 8000000 \text{ mm}^3 = 0.008 \text{ m}^3$$

Для визначення кількості води, необхідної для кожного горщика, волого утримуюча здатність ($k = 50\%$) розраховується із середнього значення торф'яного ґрунту (70%) та садового ґрунту (30%). показує кількість води в літрах, необхідну для ґрунту в горщику (W_m) на день

$$W_m = k * V_{soil} \quad (1.2)$$

Для обраного резервуару дорівнює $W_m = 0.004 \text{ м}^3 = 4 \text{ л}$.

Враховуючи, що j - це кількість горщиків, загальну кількість води, необхідну на день ($W_{m_{pot}}$)

$$W_{m_{pot}} = \sum_1^j W_{m_j} \quad (1.3)$$

Загальна кількість 9 горщиків розподілені в 3 ряди, для кожного ряду використовується окремий насос, з урахуванням цього фактору отримаємо наступні потреби до кількості води

$$W_{m_{pot}} = 3 * 4 = 12 \text{ л}.$$

Розрахунок потужності насосу для першого ряду:

Перейдемо до розрахунку витрат води Q для часу поливу $t = 10$ хвилин:

$$Q = \frac{W_{m_{pot}}}{t} = \frac{12}{10} = 1.2 \frac{\text{л}}{\text{хв}} \quad (1.4)$$

Тоді швидкість води (v) при розбризкуванні з зовнішньої сторони мікротрубки крапельного зрошення можна записати у вигляді:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d^2} \quad (1.5)$$

де d – діаметр труби поливу;

– Q – швидкість перекачування води насосом (л/годину).

Якщо діаметр (d) мікротрубки крапельного зрошення становить 0.004 м, v дорівнює 1,59 м/с. Тиски у двох точках системи позначено як P_1 (на вході насоса) та P_2 (на виході системи) відповідно. Оскільки атмосферний тиск у всіх точках однаковий, напір насоса (E_p) можна розрахувати за допомогою [9].

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 + E_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + h_2 + H_{lf} \quad (1.6)$$

Оскільки $P_1=P_2=P_{atm}$, обидва члени $\frac{P_1}{\gamma}$ та $\frac{P_2}{\gamma}$ можуть бути виключені з обох сторін рівняння. V_1 позначає швидкість води у резервуарі для збору дощової води. У резервуарі вода не рухається і залишається в статичному стані [10]. Тому початкова швидкість води $v_1=0$ м/с. Вищенаведене рівняння можна записати як

$$E_p = \frac{v^2}{2g} + (h_2 - h_1) + H_{lf} \quad (1.7)$$

де h_1 та h_2 - це висота резервуара для збору дощової води та висота між насосом і квітковим горщиком відповідно;

– H_{lf} – це відображення втрат напору, яке можна визначити за формулою наведеною нижче.

$$H_{lf} = \frac{L \times f}{d} \times \frac{v^2}{2g} \quad (1.8)$$

Тут L та d - це довжина та діаметр мікротрубки крапельного зрошення, і їхні значення становлять 2 м та 0.004 м відповідно. Константа f позначає коефіцієнт тертя труби і дорівнює 0.002. Для 1 ряду отримаємо значення

$$H_{lf}=0,193 \text{ м}$$

Оскільки $h_1=0.5$ м та $h_2=2$ м, для E_p отримаємо значення

$$E_p = 1.822 \text{ м}$$

Далі, потужність насоса (P_{pump}) можна розрахувати за формулою, де ефективність насоса $\eta_{pump}=0.7$

$$P_{pump} = \frac{\rho \times g \times Q \times E_p}{\eta_{pump}} \quad (1.9)$$

З наведеної формули вище отримаємо значення мінімальної потужності насосу

$$P_{pump} = 5.1 \text{ Вт}$$

Так як швидкість перекачування насосу Q та швидкість води v є незмінними, у всіх наступних розрахунках, вирішено опустити розрахунки та перейти до корисних результатів:

Розрахунок потужності насосу для 2 ряду:

Для довжини мікротрубки 2,5 м. Отримаємо наступні значення:

$$H_{lf}=0,161 \text{ м}$$

Оскільки $h_1=0.5$ м та $h_2=1.5$ м, для E_p отримаємо значення

$$E_p = 1.29 \text{ м}$$

Далі, потужність насоса (P_{pump}) можна розрахувати за формулою, де ефективність насоса $\eta_{\text{pump}}=0.7$

$$P_{\text{pump}} = \frac{p \times g \times Q \times E_p}{\eta_{\text{pump}}}$$

З наведеної формули вище отримаємо значення мінімальної потужності насосу

$$P_{\text{pump}} = 3.61 \text{ Вт}$$

Розрахунок потужності насосу для 3 ряду:

Для довжини мікротрубки 1.5 м. Отримаємо наступні значення:

$$H_{\text{f}}=0,097 \text{ м}$$

Оскільки $h_1=0.5$ м та $h_2=1$ м, для E_p отримаємо значення

$$E_p = 0.726 \text{ м}$$

Далі, потужність насоса (P_{pump}) можна розрахувати за формулою, де ефективність насоса $\eta_{\text{pump}}=0.7$

$$P_{\text{pump}} = \frac{p \times g \times Q \times E_p}{\eta_{\text{pump}}}$$

$$P_{\text{pump}} = 2.03 \text{ Вт}$$

1.6 Мета і задачі і роботи

Мета проєкту полягає в розробці та впровадженні вискоєфективної, повністю автоматизованої IoT-системи поливу для зовнішньої живої декоративної стіни закладу харчування. Ця система має не тільки забезпечити оптимальний рівень вологості для рослин, але й максимізувати ефективність використання водних ресурсів, мінімізувати витрати води та значно спростити процес обслуговування. Для досягнення цієї амбітної мети необхідно виконати ряд детально спланованих та взаємопов'язаних завдань.

Першим кроком є ретельний аналіз та комплексна оцінка об'єкта впровадження. Це включає в себе глибоке вивчення особливостей декоративної стіни, її точних розмірів, географічного розташування, різноманітності видів рослин та їхніх специфічних потреб у воді. Також необхідно детально проаналізувати архітектурний план будівлі для визначення оптимальних місць встановлення датчиків, контролерів та інших критично важливих компонентів системи. Далі потрібно розробити складний та адаптивний алгоритм поливу, який враховуватиме не лише поточний рівень вологості ґрунту, але й мінливі погодні умови, час доби та інші зовнішні фактори для автоматичного регулювання поливу. Важливо забезпечити можливість гнучкого налаштування параметрів поливу для різних видів рослин та мікр окліматичних умов.

Наступним етапом є ретельний вибір та безшовна інтеграція компонентів системи. Це передбачає підбір датчиків вологості ґрунту, температури, освітленості та інших необхідних сенсорів, вибір надійного контролера (наприклад, Arduino) для обробки даних та ефективного керування системою поливу, вибір високоякісних актуаторів (наприклад, електромагнітні клапани, насоси) для забезпечення точного поливу, а також визначення оптимального способу передачі даних та вибір відповідних засобів для цього. Після цього необхідно розробити та налаштувати інтуїтивно зрозуміле та функціональне програмне забезпечення, включаючи створення оптимізованої програми для контролера, моніторингу та керування системою, а також налаштування.

2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. РОЗРОБКА ІоТ – СИСТЕМИ ПОЛИВУ ЗЕЛЕНОЇ СТІНИ

2.1 Призначення ІоТ - системи

ІоТ - система поливу та зрошення має забезпечувати автоматичне увімкнення та вимкнення насоса на основі показників вологості ґрунту. В якості обчислювального блоку було використано контролер з достатньою кількістю аналогових і цифрових входів і виходів. Потрібно мати можливість обробляти дані через серійний порт для налагодження.

Зелена стіна, або фітостіна, є інноваційною системою для вертикального вирощування рослин, що інтегрує конструктивні елементи з автоматичним поливом. Опис компонентів зображено на рисунку 3.1. В її основі лежить панель для монтажу, яка є несучою конструкцією, що забезпечує міцність та геометрію всієї системи, дозволяючи легко кріпити до неї знімні горщики. Ці спеціальні ємності утримують рослини та їх кореневу систему, а їхня конструкція сприяє ефективному поливу за принципом "зверху вниз". Подачу води та поживного розчину до рослин забезпечує система поливу, що складається з трубок або шлангів, які ведуть від насоса вгору до розподільчого колектора, звідки рідина розбризкується на верхні рівні. Надлишкова вода, що стікає з рослин, збирається в лоток для збору води – дренажну систему, яка повертає її назад до бака для води (резервуара). Цей резервуар є центральним сховищем для води та поживних речовин, звідки насос забирає рідину для подачі в систему поливу.

Управління всім процесом поливу та циркуляції води здійснює контролер (блок керування), який автоматизує роботу насоса, вмикаючи та вимикаючи його за заданим розкладом або на основі даних, отриманих від датчиків. Ці датчики, зокрема датчики вологості ґрунту та рівня води в резервуарі, збирають важливу інформацію про стан системи та навколишнього середовища для оптимізації функціонування фітостіни.



Рисунок 2.1 – Опис компонентів фітостіни

Розміри фітостіни закладу 2000мм в ширину та 2400мм у висоту, глибина 600мм. Модель фітостіни продемонстровано на рисунку 2.2.

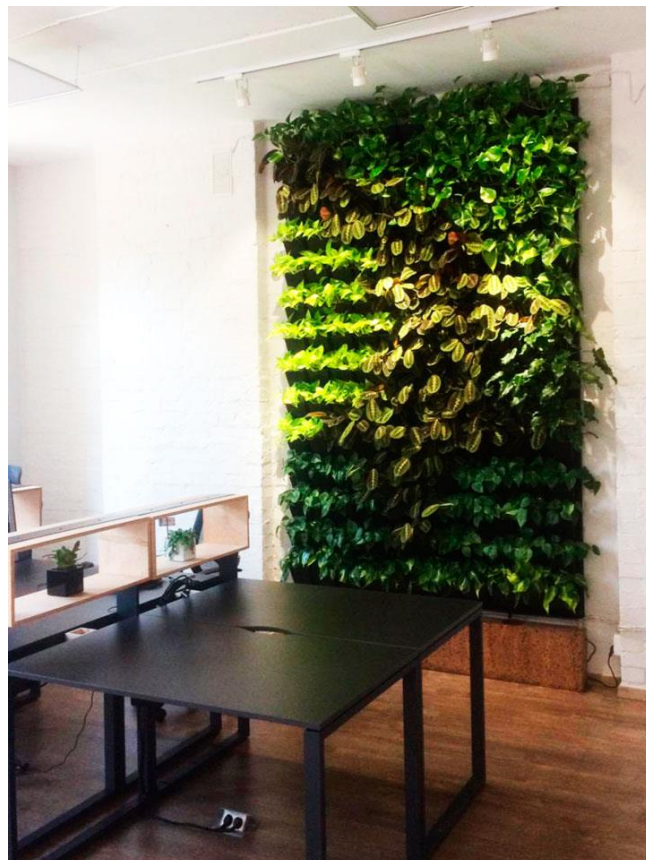


Рисунок 2.2 – Зелена стіна громадського закладу

Для освітлення такої конструкції обрано "розумні багатоколірні Wi-Fi лампи".

Передбачений модуль для передачі даних в інтернет.

Робота насоса повинна блокуватися у разі відсутності води у резервуарі.

Вимірювання вологості повинно бути безперервним або виконуватися із заданим інтервалом.

Система повинна підтримувати зберігання та передачу даних про стан датчиків і події роботи на віддалений сервер або локальний накопичувач.

2.2 Опис та обґрунтування вибору складу технічних і програмних засобів

2.2.1 Вимоги до структури і функціонування системи

Сенсорний модуль системи повинен забезпечувати зчитування даних з одного або кількох сенсорів вологості ґрунту, використовуючи аналоговий метод вимірювання рівня вологості. Для автоматизації процесу поливу пороги вологості задаються константами: нижній поріг (наприклад, 170 одиниць) визначає момент, коли слід увімкнути насос, тоді як верхній поріг (наприклад, 700 одиниць) сигналізує про достатню вологість ґрунту, що виключає потребу в додатковому зрошенні.

Механізм контролю рівня води повинен використовувати два датчики для ефективного моніторингу рівня рідини. Нижній датчик відповідає за фіксацію мінімального об'єму води, необхідного для безперебійної роботи, тоді як верхній датчик сигналізує про повне заповнення резервуара. Якщо рівень води опускається нижче допустимого значення, система має автоматично припинити роботу насоса, що дозволяє запобігти його пошкодженню та забезпечує стабільність функціонування всієї системи.

Насос повинен керуватися через цифровий вихід та має увімкнутись, якщо:

- волога в ґрунті нижча за мінімально допустимий рівень;
- існує достатній об'єм води у резервуарі.

Насос має вимкнутись, якщо:

- волога в ґрунті перевищила допустимий рівень;
- рівень води став недостатнім.

Усі ключові налаштування мають бути винесені в окремі змінні для простоти конфігурації.

Система індикації стану повинна включати світлодіодні індикатори для відображення рівня води. Один індикатор має сигналізувати про досягнення низького рівня води, що вказує на необхідність поповнення резервуара, тоді як інший — про наявність води на високому рівні, підтверджуючи повне заповнення системи. Це забезпечує оперативний контроль стану води та сприяє ефективному функціонуванню всієї системи.

Система повинна забезпечувати збереження даних про її стан, включаючи рівень вологості ґрунту, рівень води в резервуарі та стан насоса, у структурованому форматі. Це дозволить обробляти та аналізувати інформацію, забезпечуючи точний моніторинг параметрів та можливість подальшої оптимізації роботи автоматизованої системи. Передача даних у хмару здійснюється через модуль підключення до інтернету за допомогою стандартного HTTP-з'єднання або через спеціальний сервіс обміну даними (наприклад, Firebase).

Інтерфейс взаємодії — API або протокол HTTP.

Дані передаються у форматі JSON, включають: рівень вологості, стан насоса, стан рівня води, мітку часу.

Періодичність передачі даних може встановлюватися залежно від режиму роботи: після кожного циклу зчитування даних або за таймером (наприклад, раз на 10 хвилин).

Дані мають бути актуальними для прийняття рішень щодо увімкнення або вимкнення насоса в режимі реального часу.

- зчитувати дані про поточний стан системи;
- встановлювати нові дані у віддалене сховище через інтернет-з'єднання (наприклад, використовуючи хмарні сервіси або базу даних).

Передача даних має включати:

- поточні показники вологості;
- статус високого та низького рівня води;
- стан насоса (увімкнений/вимкнений).

Фізична модель інтелектуальної системи поливу для вертикального озеленення передбачає комплексну взаємодію п'яти основних компонентів, кожен з яких виконує свою ключову функцію у забезпеченні ефективного догляду за рослинами. Перелік елементів наведений далі:

– розподілений модуль збору даних вологості. Система використовує мережу сенсорів вологості ґрунту, стратегічно розташованих на різних висотах і секторах зеленої стіни. Датчики аналізують електричний опір субстрату, забезпечуючи тривимірну карту розподілу вологи. Такий підхід дозволяє враховувати природний гравітаційний стік води та відмінності в потребах різних ділянок вертикального саду. Мультизонні дані використовуються для визначення диференційованої потреби у поливі окремих секторів стіни, що оптимізує витрати води та запобігає як пересиханню верхніх секцій, так і перезволоженню нижніх.

– модуль моніторингу мікрокліматичних умов. Додатково до сенсорів вологості, система інтегрує датчики температури, освітленості та руху повітря, розміщені в різних зонах зеленої стіни. Ці дані дозволяють створити комплексний профіль мікрокліматичних умов, який враховується при визначенні режиму поливу. Наприклад, ділянки з підвищеною інсоляцією або посиленою циркуляцією повітря отримують інтенсивніше зрошення через прискорене випаровування.

– модуль контролю рівня води у резервуарі. У системі реалізовано багаторівневий контроль водних ресурсів. Використовуються щонайменше три датчики для прецизійного визначення наявності води у резервуарі: один контролює заповнення до високого рівня, другий — середній робочий рівень, третій — виявляє критичне спустошення. Додатково встановлено датчик витрати води для аналізу ефективності системи та виявлення можливих витоків. Завдяки

цьому система уникає вмикання насоса при недостатньому рівні води та оптимізує споживання ресурсів.

– зональний модуль керування поливом. На відміну від традиційних систем, виконавчий механізм реалізовано як мережу незалежно керованих насосів, що забезпечують диференційований полив різних секторів зеленої стіни. Їх активація чи деактивація відбувається відповідно до локальних потреб кожної зони, визначених на основі комплексного аналізу даних вологості та мікрокліматичних показників. Така архітектура дозволяє формувати оптимальний профіль зрошення з урахуванням вертикального розподілу вологи та особливостей різних видів рослин.

– центральний модуль аналітики і прийняття рішень. Серце системи – мікроконтролер із спеціалізованим програмним забезпеченням, що реалізує адаптивні алгоритми керування на основі машинного навчання. Модуль аналізує історичні та поточні дані, прогнозує потреби у зволоженні та формує диференційовані команди для виконавчих пристроїв. Система здатна ідентифікувати аномальні патерни вологості, що можуть вказувати на проблеми з дренажем або пошкодження субстрату.

Принцип роботи інтелектуальної системи поливу зеленої стіни зображено на Рисунку 2.3.

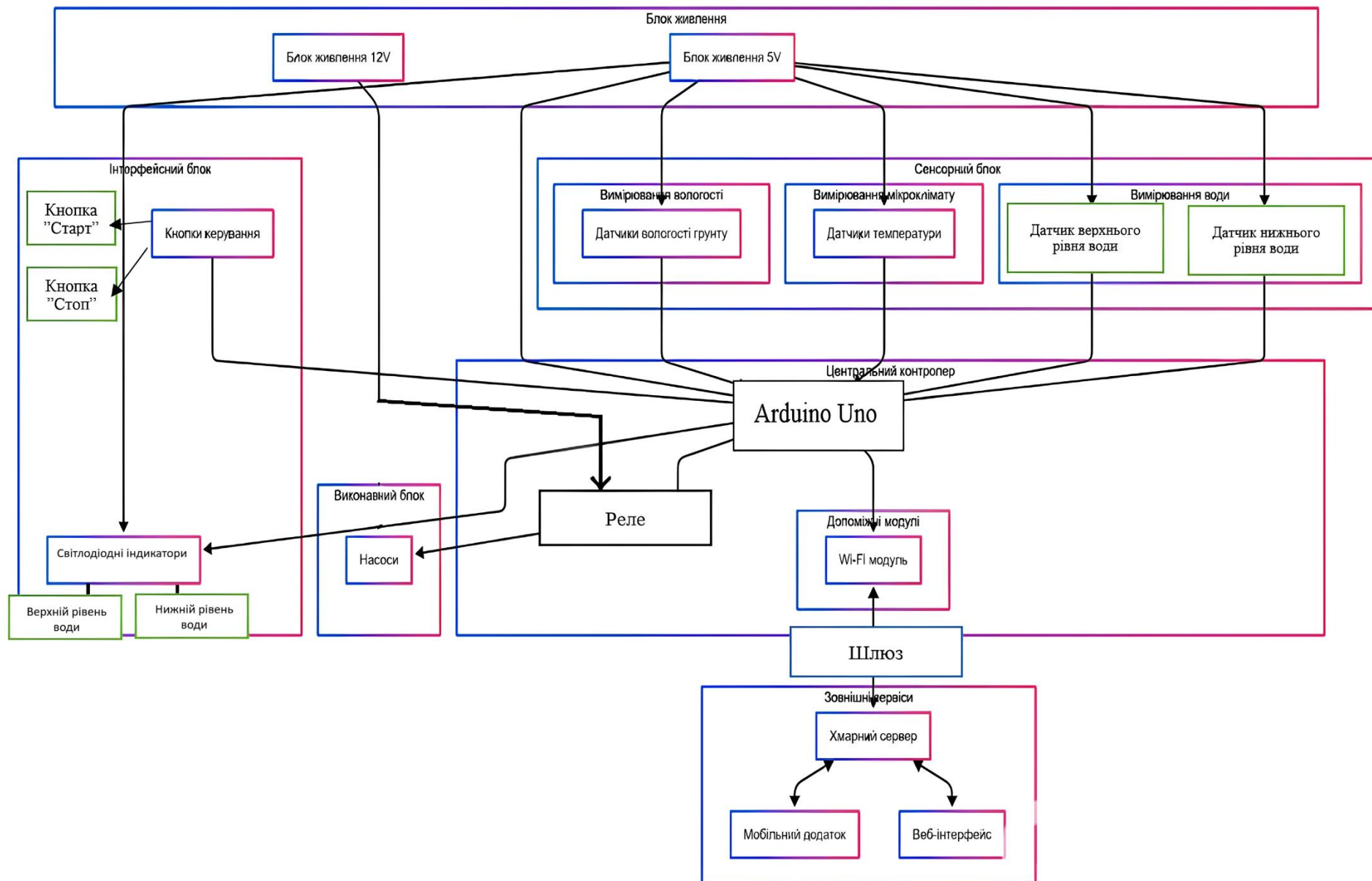


Рисунок 2.3 – Структурна схема системи поливу зеленої стіни

На стороні хмарного сервісу для забезпечення правильної роботи системи необхідно виконати кілька етапів налаштування. Перш за все створюється обліковий запис на обраній платформі (наприклад, Firebase, AWS IoT Core, Azure IoT Hub або іншій). Після реєстрації створюється новий проект або ресурс, де зберігатимуться дані, що надходять від пристроїв.

На платформі налаштовується база даних або інше середовище збереження інформації. Структура бази визначає, які саме параметри будуть зберігатися, наприклад: рівень вологості ґрунту, стан водяного резервуару, стан насосів, час останньої передачі даних. Для забезпечення захищеної комунікації створюються аутентифікаційні ключі або токени доступу. Кожен мікроконтролер отримує свій унікальний ключ, який додається у його конфігурацію.

2.2.2 Опис призначення вхідних вихідних даних

На рисунку 2.4 зображено схему підключень компонентів IoT - системи поливу.

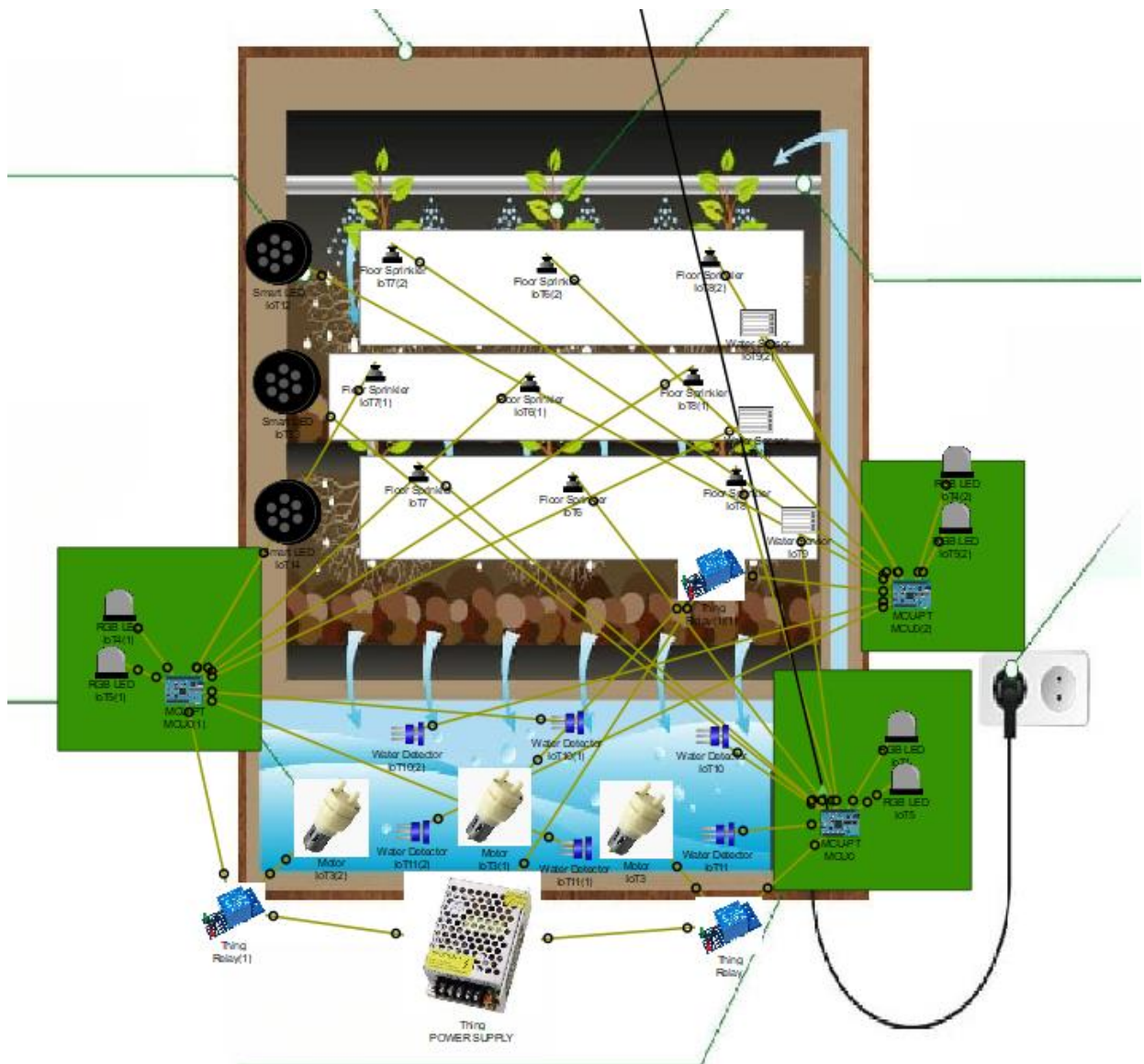


Рисунок 2.4 – Схема підключень датчиків та контролерів IoT - системи поливу

Зображена на схемі система являє собою розумну вертикальну стіну з автоматизованим управлінням поливом, освітленням на основі технологій Інтернету речей (IoT). Представлені схематичні діаграми ілюструють архітектуру та функціональну взаємодію ключових компонентів автономної вертикальної гідропонної системи, відомої як фітостіна. Кожен ярус обладнаний датчиками вологості ґрунту, які активують форсунки поливу лише за потреби, що дозволяє ефективно використовувати воду. Датчики рівня води

та витоку контролюють стан резервуара, а насоси керуються мікроконтролерами для точної подачі рідини. Всі елементи об'єднані в одну мережу та керуються мікроконтролерами, що дозволяє контролювати стан рослин з мобільного пристрою. Така система забезпечує автономність, економію ресурсів, масштабованість, раннє виявлення проблем. Призначення входів/виходів описано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Функціональне призначення входів/виходів мікроконтролера

Інтерфейс	Pin	IN/ OUT	Тип сигналу	Назва	Опис
GPIO	A0	IN	Analog	Soil Moisture Sensor1	Датчик визначення вологості ґрунту
GPIO	A1	IN	Analog	Soil Moisture Sensor2	Датчик визначення вологості ґрунту
GPIO	A2	IN	Analog	Soil Moisture Sensor3	Датчик визначення вологості ґрунту
GPIO	A3	IN	Analog	Ambient Light Sensor	Датчик визначення змін інтенсивності освітлення
GPIO	A4	IN	Analog	Temperature Sensor	Датчик вимірювання температури
GPIO	5V	OUT	Analog	Power	Порт живлення
GPIO	GND	IN	Analog	Ground	Заземлення
GPIO	D2	OUT	Digital	Relay	Включення реле насосу
GPIO	D3	IN	Digital	ReedSwitch1	Нижній датчик рівня води
GPIO	D4	IN	Digital	ReedSwitch2	Верхній датчик рівня води
GPIO	D5	OUT	Digital	LED1	Індикатор стану нижнього датчику рівня води
GPIO	D6	OUT	Digital	LED2	Індикатор стану верхнього датчику рівня води

Ця таблиця містить розпіновку входів і виходів плати Arduino, які використовуються для збору даних та керування пристроями у системі моніторингу навколишнього середовища. Аналогові входи A0–A4 призначені для підключення сенсорів, зокрема датчиків вологості ґрунту, освітленості та температури. Функція керування насосом через реле (D2), контролю рівня води за допомогою герконових датчиків (D3, D4) та сигналізації стану індикаторами (D5, D6).

До основних вхідних даних належать показники вологості ґрунту, температури, освітленості, руху повітря, рівня води в резервуарі, а також інформація від витратоміра, локальних кнопок керування і команд користувача, які надходять через інтерфейс. Кожен тип даних має свої особливості у форматі, частоті оновлення та призначенні, що забезпечує повноцінний контроль над станом зеленої стіни. Перелік вхідних даних описано в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Перелік вхідних даних

Назва вхідних даних	Призначення	Тип даних	Частота опитування	Формат
Сенсори вологості ґрунту	Визначення поточного стану вологості субстрату	Аналогові значення (0-1023)	Кожні 5 хвилин	Цілі числа (0-100%)
Датчики температури	Моніторинг теплових умов у різних зонах зеленої стіни	Цифрові значення (з плаваючою точкою)	Кожні 10 хвилин	Градуси Цельсія (0.1°C)
Датчики освітленості	Визначення інтенсивності освітлення різних ділянок зеленої стіни	Цифрові значення (з плаваючою точкою)	Кожні 10 хвилин	Люкси (0-65535 лк)
Датчики руху повітря	Моніторинг повітряних потоків, що впливають на випаровування	Аналогові значення (0-1023)	Кожні 10 хвилин	м/с (0.1 м/с)
Датчики рівня води	Контроль наявності води в резервуарі	Дискретні значення (0 або 1)	Кожні 2 хвилини	Булеві значення (true/false)
Витратомір	Вимірювання об'єму витраченої води	Імпульси, що перераховуються у об'ємні одиниці	Безперервно при активному поливі	Літри (0.01 л)
Команди від інтерфейсу	Отримання керуючих впливів від користувача	JSON-структуровані команди	За запитом	Набір параметрів та інструкцій
Кнопки керування	Отримання локальних команд керування	Дискретні значення (0 або 1)	Безперервно	Булеві значення (короткі/довгі натискання)

Обробка отриманих вхідних даних дає змогу формувати відповідні керуючі сигнали для забезпечення оптимального функціонування зеленої стіни. Ці вихідні дані спрямовані на управління насосами та клапанами, індикацію стану

системи, а також передачу інформації для моніторингу і архівації. Перелік вихідних даних описано в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Перелік вихідних даних

Назва вихідних даних	Призначення	Тип даних	Частота оновлення	Формат
Сигнали керування насосами	Активація/деактивація насосів для подачі води	Дискретні (0 або 1) / аналогові PWM	До 1 хвилини	Булеві значення або коефіцієнт PWM (0–100%)
Сигнали керування клапанами	Регулювання стану клапанів	Дискретні (0 або 1) / PWM	При зміні стану	Булеві значення або інтенсивність (0–255)
Дані для хмарного сервера	Віддалений моніторинг та керування	JSON-структуровані дані	Кожні 15 хвилин або при змінах	Об'єкти з параметрами та історичними даними
Дані для локального зберігання	Формування історії роботи системи	Записи з часовими мітками	Кожні 15 хвилин або при подіях	Файли CSV або JSON з хронологічними записами
Повідомлення про помилки та сповіщення	Інформування користувача про критичні події	Структуровані повідомлення	При виникненні нештатних ситуацій	Текстові повідомлення або кодовані сигнали тривоги

2.2.3 Опис і обґрунтування вибору складу технічних і програмних засобів

Проведений аналіз дозволив визначити компоненти, які мають доступність та забезпечують коректну взаємодію між складовими системи. Обрані пристрої виконують свої функції завдяки оптимальному поєднанню апаратних характеристик, енергозбереження та можливості масштабування, що є критично важливим для підтримки коректного функціонування всієї системи. Далі подається детальний опис кожного засобу, його функцій у системі та обґрунтування вибору.

Arduino UNO+WiFi R3 – це плата на якій інтегровано класичний контролер Arduino UNO та Wi-Fi модуль на ESP8266 з 8Mb flash пам'яті. Обидві частини можуть працювати як спільно так та абсолютно незалежно. Режим роботи обох контролерів задається перемикачем. Програмувати обидва контролери можна з середовища розробки Arduino IDE.

До його складу входить усе необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) та кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм достатньо просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.



Рисунок 2.5 – Панель плати контролера Arduino UNO R3

Характеристики наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики пристрою

Назва	Властивість
Arduino UNO	Контролер
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	6–9 В
Цифрові входи/виходи	14 (6 з них з підтримкою ШІМ)
Аналогові входи	6
Flash пам'ять	32 Кб
Частота	16 МГц
ESP8266	WiFi Модуль
Flash пам'ять	8 Мб
Підтримка Wi-Fi	802.11 b/g/n
Режими Wi-Fi	Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
Стеки	Вбудований стек TCP/IP
RF компоненти	TR-перемикач, balun, LNA, підсилювач потужності
Інтегровані блоки	PLL, регулятори, система керування живленням
Вихідна потужність (802.11b)	+20.5 дБм
Антенна підтримка	Рознесення антен (Antenna Diversity)
Струм витоку в вимкненому стані	До 10 мкА
Час пробудження	До 22 мс для надсилання пакету
Споживання у Standby (DTIM3)	До 1.0 мВт

Моніторинг порогу вологості ґрунту умов для корегування алгоритмів поливу здійснюється за допомогою ємнісного датчику вологості. Цей аналоговий ємнісний датчик вологості ґрунту вимірює рівень вологості ґрунту ємнісним зондуванням, а не резистивним зондуванням. Як і інші типи датчика вологості, він виготовлений з корозійно-стійкого матеріалу, що надає йому довгий термін служби.



Рисунок 2.6 – Ємнісний датчик вологості ґрунту

Цей модуль включає вбудований регулятор напруги, який дає йому діапазон робочої напруги 3,3 ~ 5,5 в

Особливості:

- підтримує 3-контактний інтерфейс;
- аналоговий вихід.

Визначення інтенсивності освітлення для оцінки рівня випаровування забезпечується цифровими датчиками освітленості BH1750 з I2C інтерфейсом, що забезпечують високу точність вимірювання (1-65535 лк), автоматичне регулювання чутливості та низьке енергоспоживання [11].

Модуль реле 5В 10А використовується для подачі напруги на насос дозатор 5-вольтовий 1-канальний модуль реле низького рівня (low level) потребує 5-20 мА для спрацювання, тобто може керуватися безпосередньо з виводів мікроконтролера Arduino або подібних. Вмикається логічним нулем, вимикається логічною одиницею. На модулі є два світлодіоди: червоний сигналізує про наявність напруги живлення, зелений — про спрацювання реле.

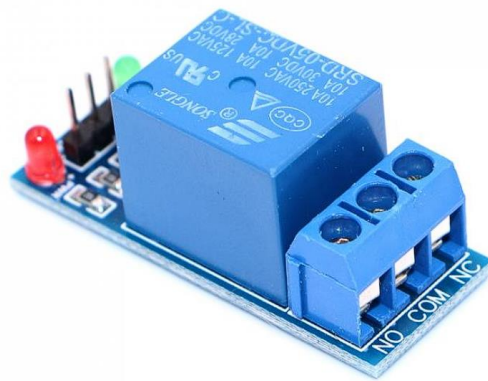


Рисунок 2.7 – Модуль реле

Контроль рівня води в резервуарі для запобігання роботі насосів насухо здійснюється за допомогою датчиків рівня води (поплашкових), які є надійними механічними датчиками з простою конструкцією, що не потребують складного обслуговування та забезпечують чіткі бінарні сигнали.

Це простий пристрій не має складного ланцюга. Встановлюється в ємність і при досягненні рідиною верхньої точки, поплавок піднімається і спрацьовує геркон.

Довжина - 52 мм.



Рисунок 2.8 – Герконовий датчик

Для перерозподілу води використовуються трубки призначені для систем туманоутворення, Діаметром 7мм та товщиною стінки 1,5мм. В заявлених виробником характеристиках гарантується стійкість до сонячного випромінювання та прогнозований термін експлуатації до 6 років.

Блок живлення 12V 25Вт 2А IP20 - негерметичний БЖ. Використовується для підключення світлодіодної LED-стрічки напругою 12В. Практично безшумний і пожежобезпечний. Розрахований на роботу в мережі 110-260 В, перетворює її на постійний струм силою 12 В. Потужність 25 Вт, максимальний струм на виході 2 А. Рівень захисту від вологи та пилу IP20 (негерметичний).



Рисунок 2.9 – Панель блоку живлення

Водяний мембранний міні-насос помпа з двигуном R385 (160057) працює при номінальній напрузі 6-12 В, має робочий струм 0.5-0.7 А (максимальний – до 2 А) та потужність 4-7 Вт. Висота підйому рідини досягає 3 м, а глибина всмоктування – 2 м. Максимальна температура води, яку він може перекачувати, становить 80°C. Габарити пристрою складають 90×40×35 мм, а діаметр трубопроводу – зовнішній 7-8 мм, внутрішній 5 мм. Насос має продуктивність 1.5-2 л/хв та ресурс роботи до 2500 годин.



Рисунок 2.10 – Насос мембранний помпа

Була розроблена структурована система, що включає різні функціональні блоки. Її компоненти взаємодіють між собою, забезпечуючи збирання даних, аналіз параметрів навколишнього середовища та прийняття рішень щодо активації механізмів зрошення. На наступному рисунку 2.11 представлена деталізована схема підключення основних модулів

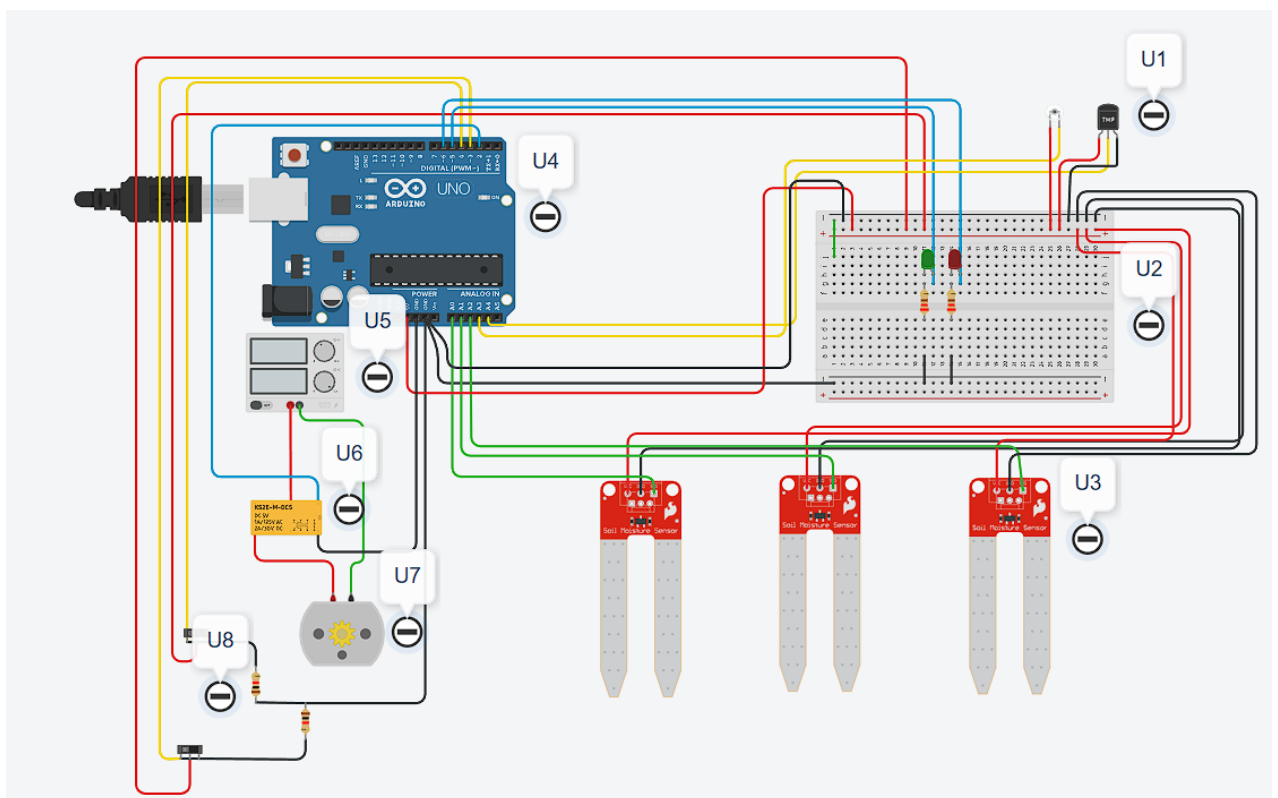


Рисунок 2.11 – Схема системи автоматичного поливу

Кожен структурний блок позначено буквою "U" та відповідним номером, перелік наведено далі:

- блок U1, сенсори для заміру параметрів навколишнього середовища. Цей блок містить датчики температури та освітленості, що дозволяють контролювати зміни довкілля та вплив зовнішніх факторів на процес зрошення;
- блок U2, індикація рівня води;
- блок U3, датчики вологості ґрунту. Сенсори визначають рівень вологості ґрунту на різних ділянках;
- блок U4, панель мікроконтролеру. Керуючий блок системи, приймає рішення щодо ввімкнення або вимкнення інших компонентів, таких як насос чи реле;
- блок U5, джерело живлення насосу;
- блок U6, реле керування насосом. Керує роботою насосу, вмикаючи його при необхідності та вимикаючи у разі досягнення потрібного рівня вологості або рівня води в резервуарі;
- блок U7, насос, основний виконавчий механізм системи, що забезпечує подачу води до ґрунту;
- блок U8, датчики рівня води, контролюють рівень рідини у резервуарі та допомагають системі визначити необхідність поповнення або припинення подачі води.

На рисунку 2.12 проілюстрована повна схема апаратних засобів застосованих для системи поливу зелена стіна.

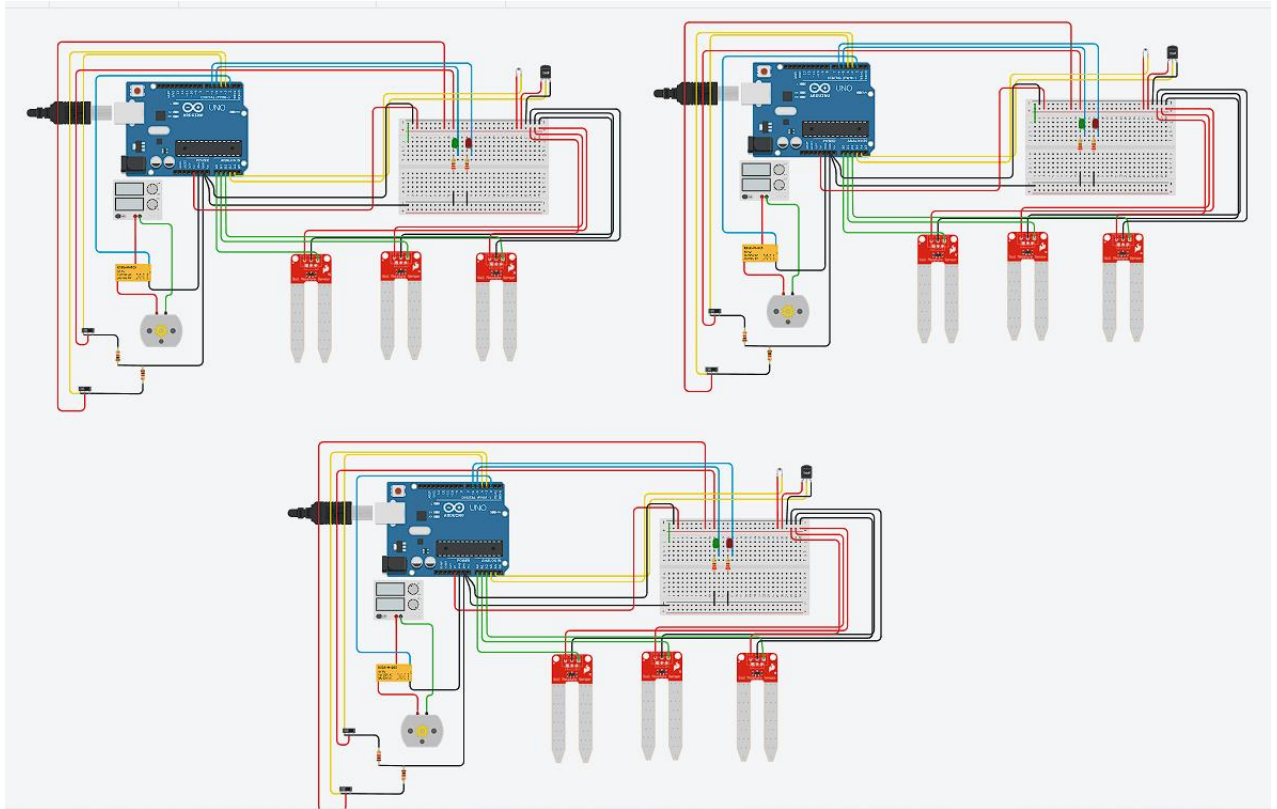


Рисунок 2.12 – Комплексна схема масштабованої системи поливу зеленої стіни

Масштабування зеленої стіни забезпечує низку переваг, що значно підвищують її ефективність, керованість та адаптивність. Завдяки модульному підходу можна легко додавати нові датчики вологості ґрунту, температури та освітлення, пристосовуючи систему до різних умов росту рослин. Автоматизація процесів дозволяє контролювати рівень вологості та води, запобігаючи надмірному чи недостатньому зрошенню, що сприяє оптимальному використанню ресурсів та мінімізує людське втручання. Крім того, регулювання подачі води та живлення насоса відповідно до актуальних параметрів довкілля робить систему більш енергоефективною, зменшуючи споживання електроенергії та води. Гнучкість у масштабуванні дозволяє застосовувати систему як для невеликих декоративних зелених стін, так і для великих вертикальних садів, змінюючи кількість сенсорів та насосів залежно від потреб, що розширює її функціональність та адаптаційні можливості.

Програмне забезпечення IoT-системи зрошування реалізоване з використанням мови програмування C++ для Arduino, що є оптимальним вибором для розробки вбудованих застосунків, які керують сенсорами, актуаторами та мікроконтролерами в реальному часі. Основні програмні модулі виконують збір, обробку, зберігання, аналіз даних та керування поливом у залежності від мікрокліматичних умов.

Firebase — це платформа для розробки мобільних та веб-застосунків, створена Google. Вона надає розробникам інструменти для створення, запуску та управління застосунками, включаючи хмарне зберігання даних, автентифікацію користувачів, аналітику, хостинг та багато іншого.

Головна сторінка сайту зображена на Рисунку 2.13

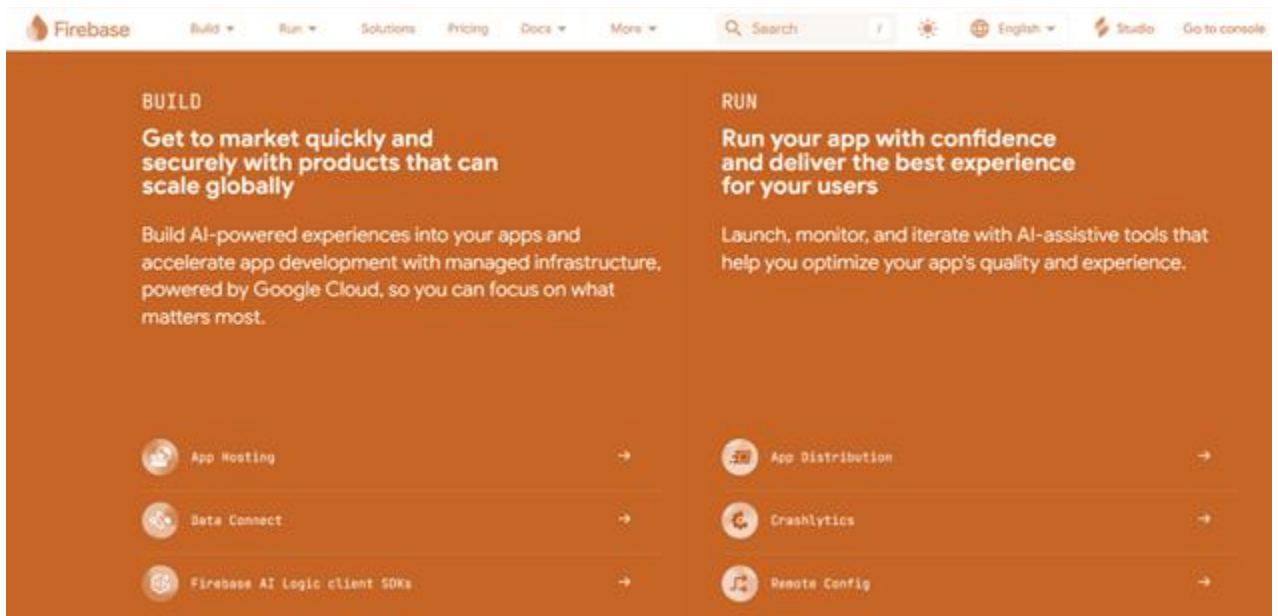


Рисунок 2.13 – Сайт Firebase (Головна сторінка)

Для забезпечення віддаленого моніторингу та зберігання даних застосовано інтеграцію з Firebase Realtime Database — хмарною базою даних від Google, яка дозволяє в реальному часі отримувати та зберігати дані, отримувати повідомлення про події, а також взаємодіяти з мобільним або веб-інтерфейсом користувача [12]. Програмне забезпечення системи автоматизованого поливу виконує низку взаємопов'язаних функцій, що забезпечують ефективне управління поливом зеленої стіни, моніторинг стану

середовища, адаптацію до змін умов та взаємодію з користувачем. Нижче наведено основні групи задач, що реалізуються в межах програмного модуля системи.

Система регулярно опитує мережу сенсорів вологості ґрунту, які розміщені в різних зонах вертикальної стіни. Паралельно відбувається зчитування показників з датчиків мікрокліматичних умов — температури, освітленості та руху повітря. Важливою складовою є контроль рівня води в резервуарі та вимірювання її витрати. Отримані дані проходять фільтрацію і валідацію для виявлення аномалій, що дозволяє вчасно реагувати на збої в роботі сенсорів або апаратної частини.

На основі отриманих висновків програмне забезпечення формує диференційовані команди для активації насосів та відкриття/закриття клапанів відповідно до потреб кожної зони. Застосовуються адаптивні алгоритми, які враховують нерівномірність зволоження поверхні та дозволяють максимально ефективно використовувати ресурси. Також реалізовано оптимізацію часу роботи насосів з метою зниження енергоспоживання. У разі виявлення критичних ситуацій — наприклад, зниження рівня води — спрацьовують захисні механізми, що запобігають роботі системи у аварійному режимі.

Всі дані про вимірювання та дії системи зберігаються у локальній пам'яті або в хмарному середовищі. Це дозволяє проводити подальший аналіз, виявляти закономірності та оптимізувати алгоритми поливу. Також ведеться журнал подій і реєстрація можливих збоїв, що дає змогу покращувати діагностику. На основі накопичених даних обчислюються статистичні показники.

Інформація про стан системи регулярно надсилається на хмарний сервер (наприклад, Firebase Realtime Database), що дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реального часу. Програма відображає актуальні показники на локальному дисплеї, а також формує повідомлення про критичні події для оперативного інформування користувача.

Структура даних збережена в базі даних проілюстрована на Рисунок

2.14

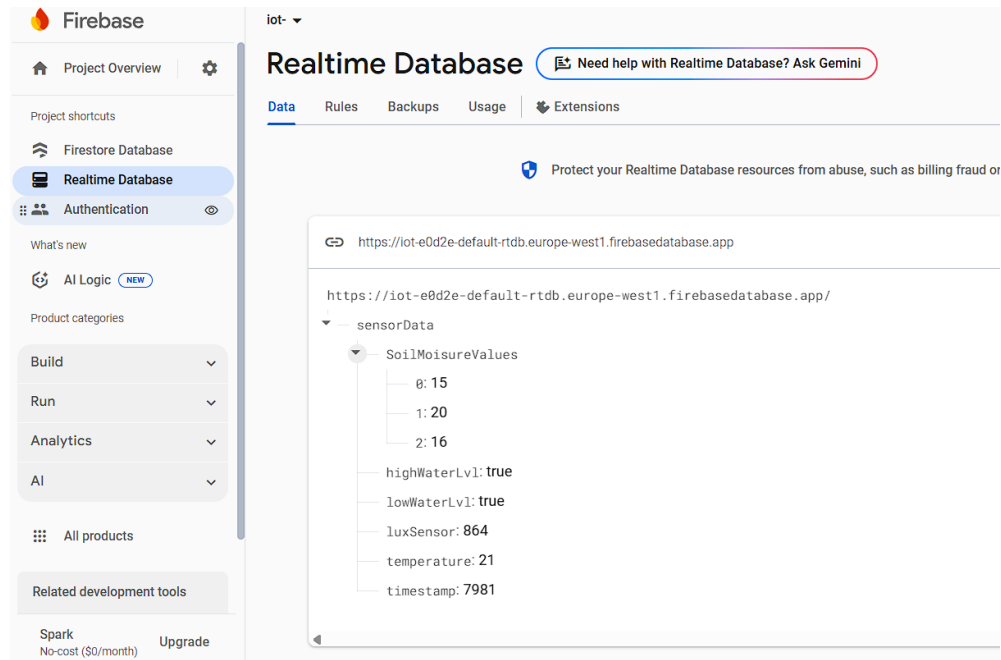


Рисунок 2.14 – Структура даних датчиків збережених в базі даних реального часу Firebase

Окрім поточної роботи, система здатна прогнозувати майбутні потреби в поливі, базуючись на аналізі попередніх тенденцій. Алгоритми постійно адаптуються до змін мікроклімату, що дозволяє враховувати сезонні коливання та розвиток рослин. Завдяки накопиченню досвіду система поступово вдосконалюється й самонавчається, оптимізуючи розподіл ресурсів без втручання людини.

2.3 Опис розробленої програми

Опис основного алгоритму основного циклу програми зображений на рисунку 2.15.

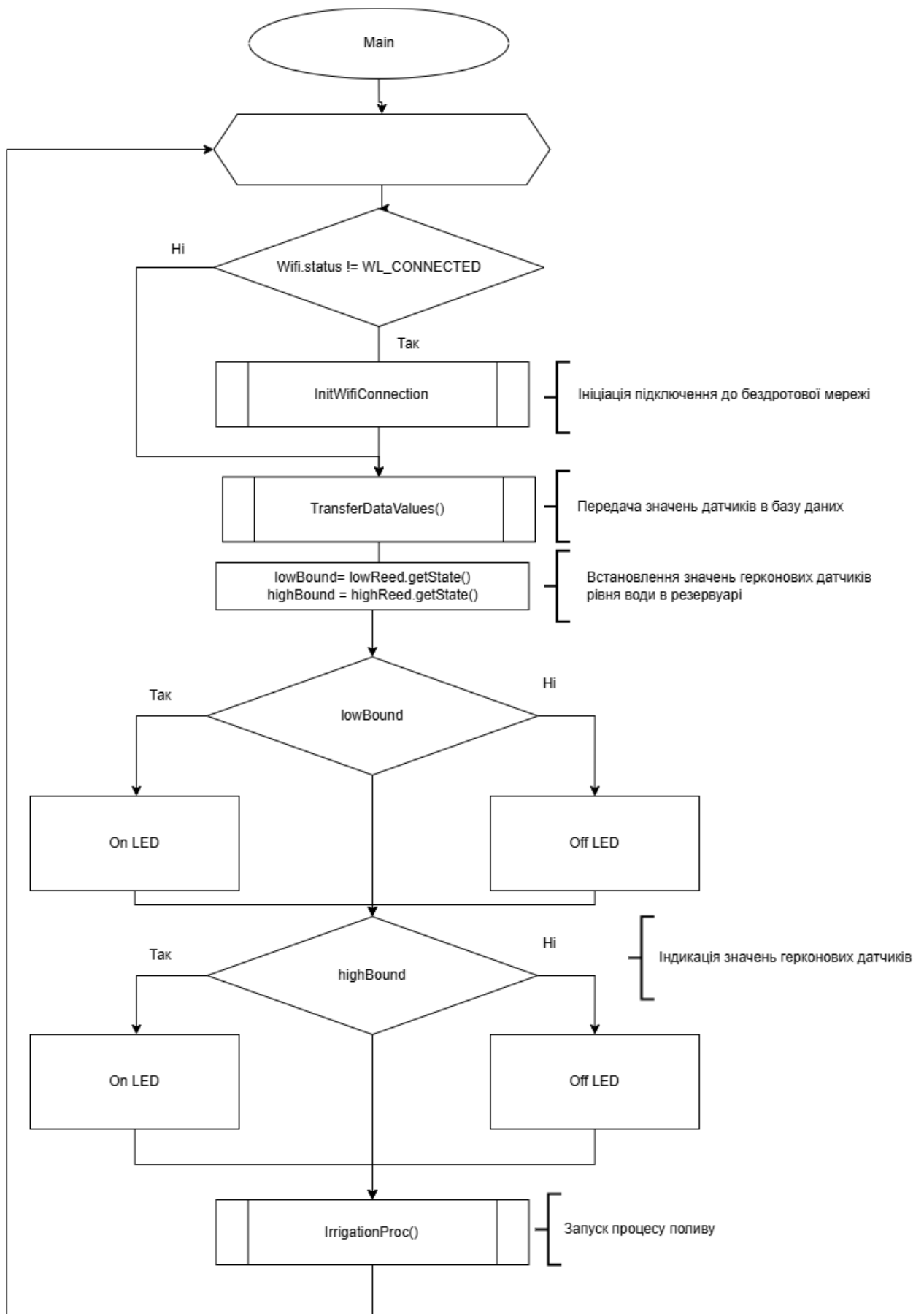


Рисунок 2.15 – Схема алгоритму основного циклу програми

Алгоритм роботи системи автоматичного поливу зеленої стіни починається з головного циклу, в якому перевіряється наявність з'єднання з мережею Wi-Fi, і у випадку його відсутності ініціюється підключення. Далі відбувається передача показників усіх датчиків до бази даних, після чого зчитуються сигнали з герконових датчиків рівня води: нижнього (lowBound) і верхнього (highBound). Відповідно до їх станів вмикаються або вимикаються світлодіоди: червоний сигналізує про низький рівень води, зелений — про достатній. Якщо вода присутня (тобто lowBound не активний), викликається процедура поливу, у якій перевіряються значення вологості ґрунту, температури й освітлення. Якщо рівень вологості нижчий за заданий поріг і умови температури та освітлення відповідають допустимим межах, вмикається насос через реле для здійснення поливу. Цей цикл повторюється постійно, забезпечуючи безперервний моніторинг і автоматичний контроль зрошення зеленої стіни.

Опис алгоритмів підключення до бездротової мережі, передачі значень датчиків у хмару та виміру даних датчиків зображено на рисунку 2.16.

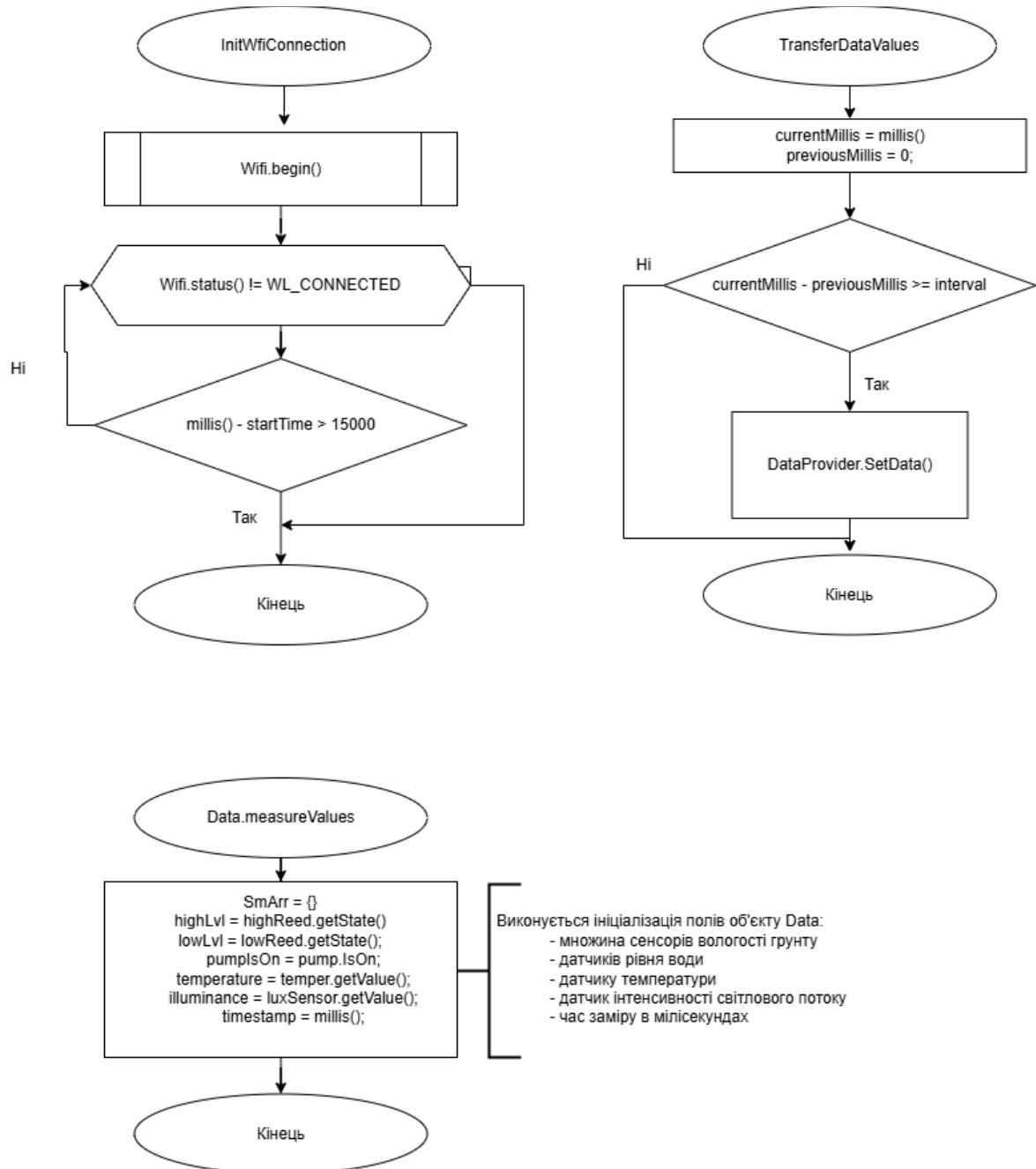


Рисунок 2.16 – Опис алгоритмів підключення до бездротової мережі, періодичного виклику функції передачі значень датчиків у базу даних та виміру даних датчиків

На основі другої діаграми робота окремих підпроцесів системи автоматичного поливу зеленої стіни виконується наступним чином. Функція ініціалізації бездротового з'єднання `InitWifiConnection` розпочинається викликом `Wifi.begin()`, після чого система очікує на встановлення з'єднання.

Якщо `Wifi.status()` не дорівнює `WL_CONNECTED`, перевіряється, чи минуло понад 15 секунд від моменту старту. Якщо цей час перевищено, підпроцес завершується як невдалий. У протилежному випадку цикл перевірки повторюється. Підпроцес передачі даних `TransferDataValues` починається з фіксації часу: `currentMillis = millis()` і `previousMillis = 0`, після чого здійснюється перевірка, чи пройшов визначений часовий інтервал між вимірюваннями. Якщо так, тоді викликається `DataProvider.SetData()`, і передача даних завершується. Підпроцес зчитування значень датчиків `Data.measureValues` створює об'єкт `'SmArr'`, у якому зберігаються показники датчиків вологості ґрунту, герконових датчиків (верхнього та нижнього), стан насоса, температура, рівень освітлення та мітка часу у мілісекундах. Цей об'єкт надалі використовується для збереження або передавання в базу даних забезпечуючи злагоджену роботу всієї кіберфізичної системи.

На рисунку 2.17 наведений опис основного алгоритму поливу зеленої стіни.

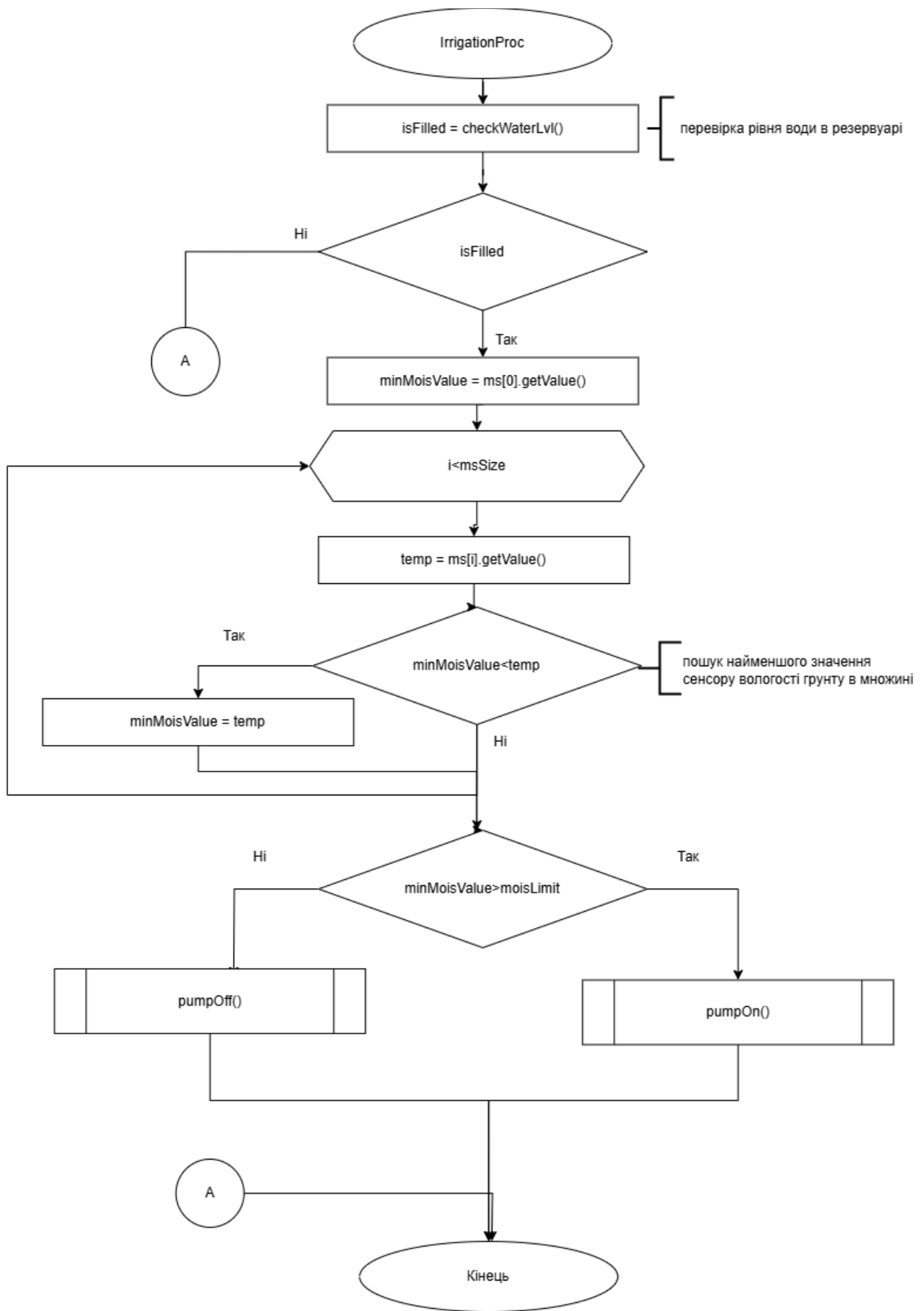


Рисунок 2.17 – Опис основного алгоритму поливу зеленої стіни

Процес поливу (IrrigationProc) починається з перевірки рівня води у резервуарі за допомогою функції `checkWaterLvl()`, результат якої (`isFilled`) визначає подальші дії: якщо `isFilled` є хибним, полив не відбувається, і цикл завершується; у протилежному випадку, система переходить до збору даних з усіх датчиків та ідентифікації найменшого значення вологості ґрунту серед набору датчиків (`ms[]`), де `minMoisValue` отримує значення з `ms[0].getValue()` і порівнюється з `temp` (`ms[i].getValue()`) для пошуку мінімуму. Далі, `minMoisValue` зіставляється з порогом `moisLimit`: якщо `minMoisValue` більше або дорівнює `moisLimit`, функція `pumpOff()` вимикає насос, тоді як при значенні `minMoisValue` меншому за `moisLimit`, функція `pumpOn()` активує насос, завершуючи виконання поточного циклу алгоритму.

На рисунку 2.18 наведений опис алгоритму передачі значень датчиків у базу даних Firebase.

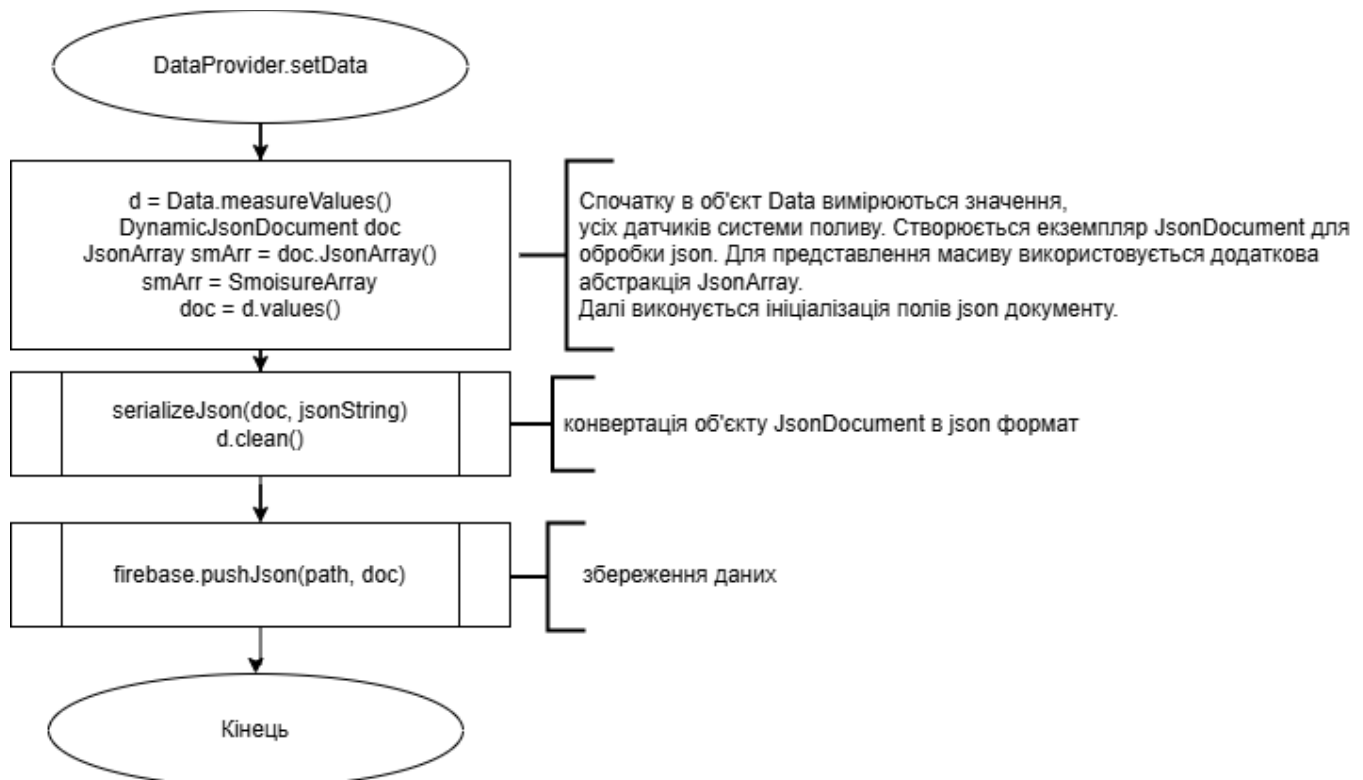


Рисунок 2.18 – Опис алгоритму передачі значень датчиків у базу даних Firebase

Описаний алгоритм `DataProvider.setData` деталізує процес передачі зібраних даних датчиків до бази даних `Firebase`, починаючи з вимірювання значень системою поливу за допомогою `Data.measureValues()` та їх ініціалізації в об'єкті `DynamicJsonDocument doc` з використанням `JsonArray` для представлення масиву сенсорних даних. Після цього, об'єкт `doc` конвертується у текстовий `JSON`-формат за допомогою `serializeJson()`, готуючи їх до відправлення, дані очищаються через `d.clean()`. Завершальним кроком є збереження цих даних у `Firebase`, де функція `firebase.pushJson(path, doc)` відправляє сформований `JSON`-документ за вказаним шляхом.

3 РОЗРОБКА МЕРЕЖІ ЗАКЛАДУ

3.1 Технічні вимоги до мережі закладу

3.1.1 Найменування і призначення об'єкту професійної діяльності

Об'єктом професійної діяльності є комп'ютерна мережа для філіалів організації, яка виконує ключову роль у забезпеченні цифрової взаємодії між структурними підрозділами розгалуженого закладу. Комп'ютерна мережа закладу громадського харчування, призначена для забезпечення ефективної передачі даних, організації внутрішньої комунікації та надання доступу до інтернет-ресурсів. Мережа має забезпечити стабільну роботу всіх підрозділів закладу, включаючи адміністрацію, відділ охорони, торговий відділ, а також надати доступ до мережі Інтернет для клієнтів. Додатковою метою є інтеграція системи поливу декоративної стіни закладу в загальну мережу для автоматизації її функціонування та моніторинг. У сучасних умовах функціонування установ, особливо тих, що мають географічно розподілену інфраструктуру, наявність стабільної та масштабованої комп'ютерної мережі є основою ефективного управління, взаємодії персоналу та доступу до корпоративних інформаційних ресурсів.

Призначення цієї мережі полягає у:

- інтеграції інформаційних потоків між філіалами та головним офісом;
- забезпеченні доступу до інтернету для співробітників і відвідувачів;
- захищеному обміні даними між підрозділами, включаючи адміністративні, охоронні та торгові відділи;
- підтримці внутрішніх сервісів, таких як система поливу, FTP-сервер, відеоспостереження тощо.

3.1.2 Вимоги до структури і функціонування Системи

В цій мережі для передачі даних використовуються маршрутизатори зі спільним виходом до мережі постачальника інтернет послуг. Для кожного філіалу потрібно налаштувати окрему корпоративну мережу. Приділити увагу детальному налаштуванню мережі першого філіалу.

Задачі які потрібно виконати:

- надати окрему статичну адресу для контролера системи поливу;
- надати окрему статичну адресу для корпоративного FTP-серверу;
- виконати аналіз доступних на ринку рішень;
- надати доступ до інтернету клієнтів закладів;
- створити окремі підмережі для окремих підрозділів закладу, а саме:
 - 1) відділ адміністрації;
 - 2) відділ охорони;
 - 3) торговий відділ.

Всі філіали повинні бути об'єднані у єдину корпоративну IP-мережу з використанням обраного адресного простору, що дозволяє централізовано здійснювати управління мережею, контролювати безпеку та оптимізувати маршрутизацію даних.

Для розмежування трафіку між структурними підрозділами кожного філіалу (адміністрація, охорона, торгівля, бухгалтерія, кадри) використовується технологія VLAN [13]. Це дозволяє:

- ізолювати трафік для підвищення безпеки;
- забезпечити пріоритезацію трафіку критичних служб;
- гнучко масштабувати мережу без фізичних змін у топології.

Для критичних систем, що потребують стабільного з'єднання (наприклад, контролери систем поливу, FTP-сервери), передбачене використання фіксованих статичних IP-адрес. Це спрощує адміністрування та інтеграцію з іншими службами.

Для кожної VLAN реалізується окремий DHCP-сервер або його сегмент, який видає адреси лише пристроям своєї підмережі. Це підвищує контроль над

мережею та унеможлиблює випадкове потрапляння пристроїв у «чужу» мережу.

В умовах нестабільного електропостачання або аварій (зокрема, через військові ризики в Україні), важливо передбачити альтернативні канали зв'язку – як через резервні маршрутизатори, так і мобільні точки доступу. Налаштування динамічної маршрутизації (EIGRP) дозволяє автоматично переключатись на резервний маршрут.

В умовах нестабільного електропостачання або аварій (зокрема, через військові ризики в Україні), важливо передбачити альтернативні канали зв'язку. Тому було запропоновано розглянути рішення з наявністю резервних каналів передачі даних.

Додатково потрібно звернути увагу на можливість розширення відділів. Інфраструктура мережі повинна бути готовою до розширення — додавання нових підрозділів, точок доступу, серверів тощо. Закладені ресурси з надлишком (наприклад, використання комутаторів з більшою кількістю портів) дозволяють уникати простою при розвитку мережі.

3.1.3 Показники призначення

Забезпечення ефективної роботи мережі філіалів ґрунтується на дотриманні низки ключових вимог, які визначають її структурну організацію, надійність, масштабованість, безпеку та керованість. Нижче наведено основні функціональні показники та призначення розробленої мережі, що безпосередньо впливають на її працездатність та здатність до розширення.

Фізичне підключення між маршрутизаторами реалізовано через Serial-інтерфейси, які забезпечують стабільну та безперебійну передачу даних, особливо важливу для міжфіліального трафіку.

Для забезпечення відмовостійкості мережі передбачено налаштування протоколу динамічної маршрутизації EIGRP, що дозволяє автоматично використовувати резервний маршрут у разі збоїв основного каналу.

Налаштувати адреси для підмереж філіалів:

Для мережі LAN 1.

З пулу IP-адрес 172.25.102.0/25:

- надати статичну IP-адресу для контролера 172.25.102.67/25;
- надати статичну IP-адресу для FTP-сервера 172.25.102.66/25;
- виконати розбиття мережі на окремі підмережі. Для поділу застосовано

технологію VLAN:

- для мережі торгового відділу виділити 32 адреси, адресний простір 172.25.102.0/27;
- для мережі відділу кадрів виділити 16 адрес, адресний простір 172.25.102.32/28;
- для мережі відділу бухгалтерії виділити 16 адрес, адресний простір 172.25.102.48/28.

Виконати налаштування dhcp серверів для зазначених пулів адрес:

- для мережі відділу охорони. 172.25.102.65 - 172.25.102.126;
- для мережі торгового відділу. 172.25.102.1 - 172.25.102.30;
- для мережі відділу бухгалтерії. 172.25.102.33 - 172.25.102.46;
- для мережі відділу кадрів. 172.25.102.49 - 172.25.102.62.

Для мережі LAN 4.

З пулу IP-адрес 172.25.101.0/24:

- надати ip адреси для кінцевих мережевих пристроїв для роздачі трафіку у wifi мережі.

Виконати налаштування dhcp серверів для зазначених пулів адрес:

- для гостьової мережі. 172.25.101.1 - 172.25.101.254.

Для мережі LAN 2.

З пулу IP-адрес 172.25.102.128/25:

- надати статичну адресу TFTP серверу 172.25.102.254;
- надати ip адреси для кінцевих мережевих пристроїв.

Виконати налаштування dhcp серверів для зазначених пулів адрес:

– для підмережі. 172.25.102.129 - 172.25.102.254.

Для мережі LAN 3.

З пулу IP-адрес 172.25.103.0/27:

– надати статичну адресу HTTP серверу 172.25.103.30;

– надати ip адреси для кінцевих мережевих пристроїв.

Виконати налаштування dhcp серверів для зазначених пулів адрес:

– для підмережі. 172.25.103.1 - 172.25.103.30.

Для мережі LAN 5.

З пулу IP-адрес 172.25.100.0/24:

– надати ip адреси для кінцевих мережевих пристроїв

– надати статичну адресу DNS серверу 172.25.10.254

Виконати налаштування dhcp серверів для зазначених пулів адрес:

– для підмережі філіалу. 172.25.100.1 - 172.25.100.254.

Конфігурація шляху за замовчуванням:

– задати шлях за замовчуванням до мережі постачальника інтернет послуг.

3.2 Розробка апаратної частини

3.2.1 Розробка схеми структурної обладнання

На рисунку 3.1 представлено структурну схему мережі закладу, яка демонструє її організацію та принципи сегментації. Вона поділена на кілька окремих сегментів, кожен з яких позначено різним кольором, що візуально відображає належність до певної локальної мережі (LAN). Для оптимізації управління мережею та підвищення рівня безпеки було здійснено розподіл підмережі на віртуальні локальні мережі (VLAN).

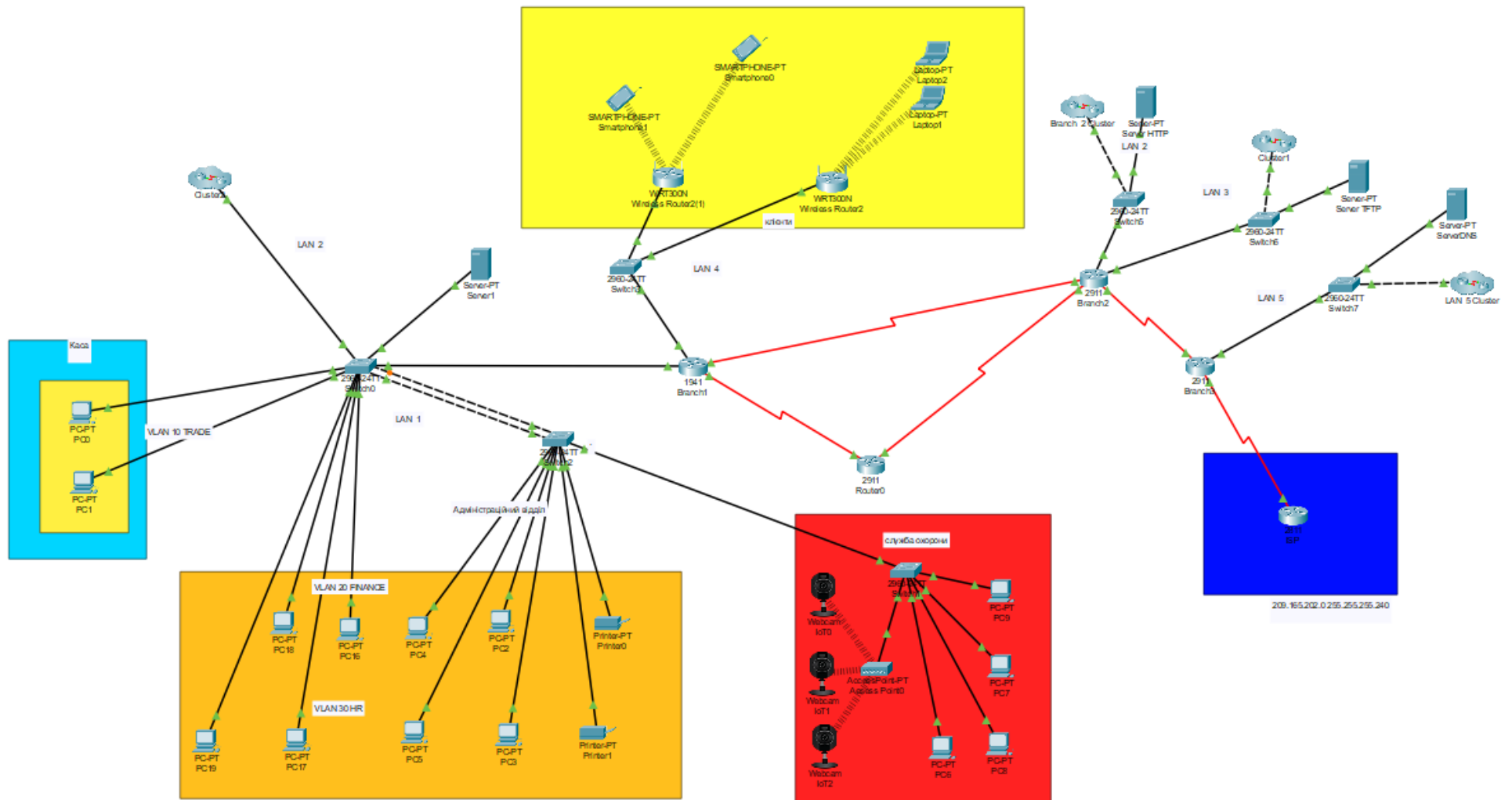


Рисунок 3.1 – Топологія комп'ютерної мережі закладів

3.2.2 Вибір та обґрунтування комплексу технічних засобів

Переглянемо основні компоненти, які застосовуються в мережі. На мережевому рівні для оптимальної передачі даних для кожного філіалу потрібен маршрутизатор та його функціональні можливості задовільняли умовам мережі. Окрім цього потрібно врахувати, щоб кожен мав достатню кількість портів для підключення до проміжних мережевих пристроїв. На каналному рівні використовуються комутатори, для з'єднання кінцевих пристроїв з маршрутизатором.

Маршрутизатори Cisco серії 1900 вирізняються високою продуктивністю, забезпечуючи ефективну обробку трафіку між філіалами та доступу до Інтернету, а їхня гнучка інтерфейсна структура з вбудованими гігабітними портами та слотами розширення EHWIC дозволяє адаптувати підключення до різноманітних вимог, включаючи Serial для WAN-з'єднань; розширені функції безпеки Cisco IOS, підтримка голосових та відео сервісів через DSP, технологія SRE для розгортання додаткових сервісів, а також відома надійність та зручні інструменти керування роблять їх ідеальним вибором для центрального офісу та великих філіалів, забезпечуючи стабільну та захищену роботу мережі з підтримкою динамічної маршрутизації EIGRP для резервування каналів.



Рисунок 3.2 – Панель маршрутизатора Cisco 1900 Series

Характеристики наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики пристрою

Властивість	Опис
Ідентифікатор продукту	Cisco1941/K9
Опис продукту	Cisco 1941 з 2 вбудованими GE, 2 слотами EHWIC, 1 слотом ISM, 256 МБ CF (за замовчуванням), 512 МБ DRAM (за замовчуванням), IP Base
Тип продукту	Маршрутизатор
Загальна кількість портів	2
USB	Так
Порт керування	Так
Загальна кількість слотів розширення	5
Тип слота розширення	HWIC
Мережева технологія	10/100/1000Base-T
Технологія Ethernet	Gigabit Ethernet
Функції безпеки	Cisco Security Manager, Cisco IOS Firewall, Cisco IOS Zone-Based Firewall, IOS IPS, IOS Content Filtering, Flexible Packet Matching (FPM)
Стандартна пам'ять	512 МБ
Максимальна пам'ять	2 ГБ
Технологія пам'яті	DRAM
Підтримувані карти пам'яті	CompactFlash (CF) Card
Вхідна напруга	110 В AC, 220 В AC
Вага	6.35 кг (14 фунтів)

Маршрутизатори Cisco серії 1900 є оптимальним рішенням для невеликих філій, поєднуючи в собі функції маршрутизації, комутації, безпеки та WAN-підключення, забезпечуючи достатню продуктивність для меншої кількості користувачів; їхня енергоефективність та компактний розмір роблять їх економічно вигідними та зручними у розміщенні, при цьому вони також підтримують Serial інтерфейси та протокол динамічної маршрутизації EIGRP, забезпечуючи надійний зв'язок.



Рисунок 3.3 – Панель маршрутизатора Cisco 2900 Series

Характеристики наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики пристрою

Властивість	Опис
Ідентифікатор продукту	CISCO2911/K9
Опис продукту	Cisco 2911 з 3 вбудованими GE, 4 слотами HWIC, 2 слотами DSP, 1 слотом ISM, 256 МБ CF (за замовчуванням), 512 МБ DRAM (за замовчуванням), IP Base
Тип продукту	Маршрутизатор
Загальна кількість портів	3
USB	Так
Порт керування	Так
Кількість RJ-45 широкосмугових портів	3
Загальна кількість слотів розширення	10
Тип слота розширення	HWIC, PVDM
Мережева технологія	10/100/1000Base-T
Технологія Ethernet	Gigabit Ethernet
Функції безпеки	Cisco Security Manager, Шифрування VPN, Cisco IOS Firewall, Cisco IOS Zone-Based Firewall, Cisco IOS IPS, Cisco IOS Content Filtering, AAA, DES, 3DES, AES
Стандартна пам'ять	512 МБ

Продовження Таблиці 3.2 – Характеристики пристрою

Властивість	Опис
Стандартна пам'ять	512 МБ
Максимальна пам'ять	2 ГБ
Технологія пам'яті	DRAM
Флеш-пам'ять	256 МБ
Підтримувані карти пам'яті	CompactFlash (CF) Card
Вхідна напруга	110 В AC, 220 В AC
Джерело живлення	Блок живлення
Резервний блок живлення	Так

Керовані комутатори Cisco Catalyst 2960-24-S надають широкі можливості керування мережею на каналному рівні, включаючи підтримку VLAN для сегментації трафіку, QoS для пріоритезації важливих даних, ACL для контролю доступу та Link Aggregation для збільшення пропускної здатності; їхня керованість через CLI та Web-інтерфейс спрощує адміністрування, а відома надійність Cisco гарантує стабільну роботу локальної мережі кожного філіалу [14].



ë

Рисунок 3.4 – Панель комутатора Cisco 2900 Series

Характеристики наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики пристрою

Властивість	Опис
Ідентифікатор продукту	WS-C2960-24-S
Опис продукту	24 порти Ethernet 10/100, програмне забезпечення LAN Lite
Тип продукту	Ethernet-комутатор
Загальна кількість мережевих портів	24
Кількість RJ-45 портів	24
Деталі портів/слотів розширення	24 x Fast Ethernet Network
Технологія Ethernet	Fast Ethernet
Мережева технологія	10/100Base-TX
Підтримуваний рівень	2
Методи керування	Графічний інтерфейс користувача (GUI), Telnet, SNMP, RMON, CiscoView, Device Manager, Cisco Network Assistant, Інтерфейс командного рядка Cisco IOS (CLI)
Вхідна напруга	110 В AC, 220 В AC
Джерело живлення	Блок живлення

Бездротові маршрутизатори TP-Link Archer C64 забезпечують якісний бездротовий доступ для клієнтів завдяки підтримці двох діапазонів Wi-Fi (2.4 ГГц та 5 ГГц) та стандарту AC1200, а наявність гостьової мережі дозволяє ізолювати клієнтський трафік від корпоративної мережі, підвищуючи безпеку;

технології Beamforming та MU-MIMO покращують покриття та ефективність роботи Wi-Fi при великій кількості підключених пристроїв, а просте налаштування робить їх зручними у використанні.



Рисунок 3.5 – Панель бездротового маршрутизатора TP-Link Archer C64

Характеристики наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики пристрою

Властивість	Опис
Wi-Fi стандарти	Wi-Fi 5 (802.11ac/n/a 5 ГГц, 802.11n/b/g 2.4 ГГц)
Швидкість Wi-Fi	AC1200 (5 ГГц – 867 Мбіт/с, 2.4 ГГц – 400 Мбіт/с)
Антени	4 фіксовані антени
Beamforming	Є
MU-MIMO	Є
Airtime Fairness	Є
Зона покриття	Приватний будинок
Wi-Fi ємність	Середня, дводіпазонний

Продовження Таблиці 3.4 – Характеристики пристрою

Властивість	Опис
Режими роботи	Маршрутизатор, Точка доступу
Гостьова мережа	1 × 2.4 ГГц, 1 × 5 ГГц
Шифрування	WPA, WPA2, WPA3, WPA/WPA2-Enterprise (802.1x)
Мережева безпека	SPI Firewall, контроль доступу, прив'язка IP/MAC
Процесор	1.2 ГГц
Порти Ethernet	4× LAN (Gigabit), 1× WAN (Gigabit)
Кнопки	WPS / Reset
Живлення	12 В / 1 А
WAN типи	Динамічна IP, Статична IP, PPPoE, PPTP, L2TP
QoS	Пріоритети для пристроїв
Протоколи	IPv4, IPv6
EasyMesh	Є, підтримка безшовної Mesh-мережі
IPTV / VLAN	IGMP Proxy, IGMP Snooping, Bridge, Tag VLAN
DHCP	Сервер, список клієнтів, резервування адрес
DDNS	TP-Link, NO-IP, DynDNS
Керування	Web-інтерфейс, мобільний додаток Tether
OTA оновлення	Є
Розміри	120 × 120 × 27.9 мм
Комплектація	Роутер, адаптер живлення, кабель RJ-45, інструкція
Температура/вологість	0–40 °С, 10–90% без конденсату
Wi-Fi потужність	<20 дБм (100 мВт)

Сервер Alfa Server #559 забезпечує високу продуктивність та надійність для зберігання та обміну файлами завдяки потужному процесору Intel Xeon, великому об'єму оперативної пам'яті DDR4 ECC та комбінації швидкого SSD і ємного HDD; інтегрований IPMI з KVM забезпечує зручне віддалене керування сервером, а надійна материнська плата Supermicro гарантує стабільну роботу в режимі 24/7.

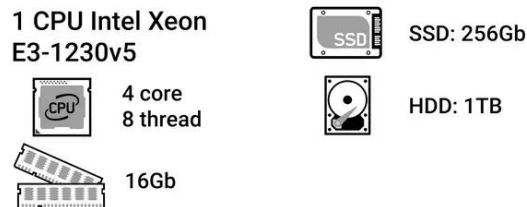


Рисунок 3.6 – Панель серверу **Alfa Server #559**

Характеристики наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Характеристики пристрою

Властивість	Опис
Процесор	Intel Xeon E3-1230v5
Базова частота	3,20 ГГц (максимальна до 3,60 ГГц)
Кількість ядер / потоків	4 ядра / 8 потоків
Кеш-пам'ять L3	8 ГБ
Оперативна пам'ять	16 ГБ DDR4 ECC Unbuffered
Материнська плата	Supermicro X11SSL (C232 chipset)
IPMI	Інтегрований IPMI 2.0 з підтримкою KVM
Мережевий порт	Виділений LAN-порт для управління
Графічний контролер	ASPEED AST1400
Система охолодження	Active 2U CPU Silent Heatsink
Тип охолодження	Повітряне
Матеріали радіатора	Алюміній із мідною основою, 3 теплові трубки
Вентилятор	80 мм, 1800 об/хв
Рівень шуму	26,5 дБ (тиха робота)
SSD	Kingston KC600 256GB 3D NAND TLC

Продовження Таблиці 3.5 – Характеристики пристрою

Властивість	Опис
Ресурс SSD	До 1 000 000 годин
HDD	1 ТБ, 7200rpm, кеш 64 МБ
Корпус	CSV 2U-Mini
Блок живлення	Pro Line 400W 80+ White

3.3 Налаштування мережі

Так як різні підрозділи об'єднанні до одного комутатора було вирішено розділити їх на окремі VLAN мережі.

Номери з 1 до 1005 є стандартними VLAN, а з 1006 до 4094 – розширеними VLAN. Наприклад, для створення VLAN з ідентифікатором 10. Тому для торгової зони обраний ідентифікатор 10, бухгалтерії – 20 та відділу кадрів – 30 відповідно.

Набір команд які були застосовані для налаштування VLAN мереж на комутаторах «Торгової зони» та «Відділу Адміністрації»

```

Enable
conf t
vlan "номер vlan"
name "Назва"
exit
interface range "діапазон адрес"
switchport mode access
switchport access vlan "номер vlan"

```

Результати налаштування зображено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати налаштування vlan мереж

VLAN Name	Status	Ports	VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Pol, Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3 Fa0/4, Fa0/5	1 default	active	Pol, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5 Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14, Gig0/
10 TRADE	active	Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14	10 TRADE	active	
20 FINANCE	active	Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/ Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/	20 FINANCE	active	Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/1 Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/2 Fa0/23, Fa0/24
30 HR	active	Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9 Fa0/10, Fa0/11	30 HR	active	Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9 Fa0/10, Fa0/11
64 VLAN64	active	Gig0/2	64 VLAN64	active	
1002 fddi-default	active		1002 fddi-default	active	
1003 token-ring-default	active		1003 token-ring-default	active	
1004 fddinet-default	active		1004 fddinet-default	active	
1005 trnet-default	active		1005 trnet-default	active	

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24 Gig0/2
10 TRADE	active	
20 FINANCE	active	
30 HR	active	
64 VLAN64	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4 Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
1002 fddi-default	active	
1003 token-ring-default	active	
1004 fddinet-default	active	
1005 trnet-default	active	

Для збільшення пропускну здатності між комутаторами торгової зони та відділу адміністрації було виконано агрегацією каналів (Link Aggregation) або створенням EtherChannel. Ця технологія дозволяє об'єднати пропуску здатність кількох фізичних з'єднань в одне логічне, а також забезпечує резервування у випадку виходу з ладу одного з кабелів. Для цього потрібно вказати діапазон портів які хочемо об'єднати створити логічний порт та вказати його ідентифікатор та на вузлах вказати режим в якому комутатори працюватимуть. Для цього є розроблений Cisco протокол PAgP (Cisco proprietary) та описані режими роботи:

- desirable. Активно намагається створити EtherChannel;
- auto. Пасивно чекає, поки інший комутатор ініціює створення EtherChannel.

Важливо зазначити що для коректної роботи на одному з кінців має бути налаштовано desirable.

Для передачі між портами комутаторів vlan трафіку потрібно налаштувати транкові (trunk) порти. Тому переходимо в конфігураційний режим комутатора та задаємо логічному інтерфейсу один режим транкової передачі. Тому варто виконати наступні команди (1).

```
interface port – channel 1
switchport mode trunk
```

Далі потрібно налаштувати інтерфейси маршрутизатора для роботи з VLAN. Маршрутизатор повинен мати спосіб взаємодіяти з кожною VLAN окремо. Для цього використовуються підінтерфейси (subinterfaces) на фізичному інтерфейсі, підключеному до комутатора. Кожен підінтерфейс логічно представляє окрему VLAN.

```
interface "назва інтерфейсу"
encapsulation dot1Q "номер vlan"
ip address "Адреса мережі" "маска підмережі"
```

Та налаштувати порт на комутаторі до якого підключений маршрутизатор як транковий.

Наступний крок налаштування шлюзів для підмереж VLAN та пулів адрес для DHCP сервера. Назви пулів для VLAN мереж:

- для vlan 10, назва пулу VLAN10;
- для vlan 20, назва пулу VLAN20;
- для vlan 30, назва пулу VLAN30.

Конфігурація VTP-сервера дозволяє централізовано керувати VLAN у мережі шляхом передачі інформації між комутаторами Cisco. Для ефективного налаштування VTP необхідно враховувати його режими роботи, включаючи Server, Client та Transparent, а також потенційні ризики неправильної конфігурації. Перелік кроків налаштування vtp:

– на одному або двох комутаторах (для резервування) встановлюється режим VTP Server. Ці пристрої відповідальні за створення, зміну та видалення VLAN, а також поширення відповідної інформації на інші комутатори.

– усі комутатори, що беруть участь в обміні даними про VLAN, повинні бути налаштовані у єдиному VTP-домені. Важливо враховувати чутливість назви домену до регістру.

– для підвищення безпеки можливо налаштувати пароль VTP. Всі комутатори в межах одного домену, що використовують пароль, повинні мати однаковий ключ доступу для коректного обміну даними.

– конфігурація режиму VTP на клієнтських комутаторах:

– VTP Client отримує інформацію про VLAN від VTP-сервера та застосовує її, але не має можливості самостійно змінювати або видаляти VLAN.

– VTP Transparent не бере активної участі у VTP-домені. Такі комутатори передають VTP-рекламні повідомлення, однак не синхронізують свою VLAN-конфігурацію з іншими пристроями.

– для успішного розповсюдження VTP-рекламних повідомлень комутатори повинні бути з'єднані через транкові порти. Необхідно перевірити, що на транкових портах дозволено передавання потрібних VLAN.

Список команд для заданої конфігурації серверу VTP:

```
Vtp mode server  
Vtp domain VLDOM  
Vtp password cisco
```

Список команд для заданої конфігурації клієнту VTP:

```
Vtp mode client  
Vtp domain VLDOM  
Vtp password cisco
```

Результати налаштування vtp серверу зображено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати налаштування vtp на пристроях

<pre>Switch#SHOW VTP STATUS VTP Version capable : 1 to 2 VTP version running : 1 VTP Domain Name : VLDOM VTP Pruning Mode : Disabled VTP Traps Generation : Disabled Device ID : 0001.9673.88D0 Configuration last modified by 0.0.0.0 at 3-1-93 00:52:54 Local updater ID is 0.0.0.0 (no valid interface found) Feature VLAN : ----- VTP Operating Mode : Server Maximum VLANs supported locally : 255 Number of existing VLANs : 8 Configuration Revision : 7 MD5 digest : 0x7C 0x62 0x2F 0xE9 0x86 0x4E 0xE1 0x35</pre>	<pre>Switch# SHOW VTP STATUS VTP Version capable : 1 to 2 VTP version running : 1 VTP Domain Name : VLDOM VTP Pruning Mode : Disabled VTP Traps Generation : Disabled Device ID : 0050.0F8C.A290 Configuration last modified by 0.0.0.0 at 3-1-93 00:52:54 Feature VLAN : ----- VTP Operating Mode : Client Maximum VLANs supported locally : 255 Number of existing VLANs : 8 Configuration Revision : 7 MD5 digest : 0x7C 0x62 0x2F 0xE9 0x86 0x4E 0xE1 0x35</pre>
<pre>VTP Version capable : 1 to 2 VTP version running : 1 VTP Domain Name : VLDOM VTP Pruning Mode : Disabled VTP Traps Generation : Disabled Device ID : 00D0.588D.4900 Configuration last modified by 0.0.0.0 at 3-1-93 01:11:23 Feature VLAN : ----- VTP Operating Mode : Client Maximum VLANs supported locally : 255 Number of existing VLANs : 9 Configuration Revision : 9 MD5 digest : 0x21 0xB8 0x6C 0x9C 0x49 0x7C 0x62 0x2F 0xE9 0x86 0x4E 0xE1 0x35</pre>	

Виключення з пулів dhcp статичних адрес для налаштування серверу та контролеру поливу

Щоб виключити певні IP-адреси з діапазону DHCP-пулу на комутаторі або маршрутизаторі Cisco, використовується команда `ip dhcp excluded-address` у режимі глобальної конфігурації. Це потрібно для зарезервування IP-адрес для статичного призначення серверам, принтерам або іншим мережевим пристроям.

ip dhcp excluded – address "адреса мережі"

Для підключення до мережі провайдера інтернет послуг на кінцевому маршрутизаторі було виконано налаштування маршруту за замовчуванням. Ip адрес постачальника інтернет послуг. Синтаксис команди конфігурації :

`ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.202.1`

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі було розроблено IoT-систему для зрошування та поливу зовнішньої живої декоративної стіни закладу харчування. Основною метою проекту стало створення автоматизованої системи поливу зелених стін та її інтеграція в корпоративну мережу.

Розроблена IoT-система призначена для використання в громадських закладах, а також для моніторингу показників ґрунту. Вона забезпечує контроль показників датчиків системи поливу, створення автоматичного та оперативного режимів поливу зеленої стіни. Система використовує технології IoT, включаючи датчики вологості ґрунту, освітленості та температури. Це допомагає запобігти надмірному поливу, врахувати зміни навколишнього середовища та оптимізувати споживання води й енергії.

Важливою перевагою системи є її функція віддаленого моніторингу, яка дозволяє контролювати стан системи та оперативно реагувати на зміни або проблеми, наприклад, витік води чи несправність насоса, що є особливо цінним для важкодоступних зелених стін. Апаратна частина системи базується на контролері Arduino, який виконує обчислювальні функції. Програмне забезпечення розроблене на мові C для Arduino. Для хмарного зберігання та передачі даних, використовується платформа Firebase.

Очікується, що впровадження цієї системи дозволить значно скоротити витрати на контроль та догляд за рослинами. Інтеграція системи в корпоративну мережу сприятиме покращенню управління ресурсами, оптимізації витрат на догляд за зеленими насадженнями, а також забезпечить більш якісний контроль параметрів ґрунту. Таким чином, розроблена IoT-система для поливу зелених стін є вдалим рішенням для автоматизованого догляду за рослинами в громадських закладах, сприяючи ефективності використання ресурсів, зменшенню людського втручання та підвищенню естетичної привабливості міських зелених насаджень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Kaduk, A., Panyuta, O., Olkhovych, O., Belava, V. Implementation of a phytowall in the urban environment: green transformation for sustainable city building. *Theory and Practice of Design*. 2025. №34, С. 499–507.
2. Фітостіна з автоматичним поливанням. URL: <https://fitoroom.com/ua/p427844272-fitostena-avtomaticheskim-polivom.html> (дата звернення: 19.04.2025).
3. Розумна іригаційна система. URL: <https://www.proxis.ua/uk/solution/umnaya-irrigac-sistema> (дата звернення: 19.04.2025).
4. Франс.уа. URL: <https://frans.ua/about/> (дата звернення: 19.04.2025).
5. Ринок кафе та ресторанів в Україні: зафіксовано зростання середнього чека на 18%. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/rinok-kafe-ta-restoraniv-v-ukrayini-zafiksovano-zrostannya-serednogo-cheka-na-18> (дата звернення: 19.04.2025).
6. TESLA Smart Indoor Irrigation System: Розумна система для поливу кімнатних рослин. URL: <https://www.teslasmart.com/ua/tesla-smart-indoor-irrigation-system> (дата звернення: 19.04.2025).
7. Gardena Automatic Irrigation. URL: <https://www.gardena.com/int/c/discover/products/watering/automatic-irrigation> (дата звернення 19.04.2025).
8. Mohammad Hussain Seyar, Tofael Ahamed. Development of an IoT-Based Precision Irrigation System for Tomato Production from Indoor Seedling Germination to Outdoor Field Production. *Applied Sciences*, 2023.13(9).
9. Islam S. Z., Kamarudin M. S. B., Abdullah M. N. B., Mohaffyza M., Sern L. C., Othman M. L., Uddin J. Sustainable Smart Irrigation System (SIS) using solar PV with rainwater harvesting technique for indoor plants [Електронний ресурс] // PLOS ONE. – 2025. – 21 березня. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316911> – (Дата звернення: 16.04.2025)

10. Bernoulli's Equation – Fluid Flow [Електронний ресурс] // Engineering Library. – Режим доступу: <https://engineeringlibrary.org/reference/bernoullis-equation-fluid-flow-doe-handbook> – (Дата звернення: 16.04.2025)
11. Інтернет-магазин “Ардуіно в Україні”. URL: <https://arduino.ua/> (дата звернення: 19.04.2025).
12. Firebase | Google Mobile and Web App Development Platform. URL: <https://firebase.google.com> (дата звернення: 19.04.2025).
13. VLAN: логіка, технологія і налаштування [Електронний ресурс] // e-server.com.ua. – Режим доступу: <https://e-server.com.ua/uk/poradi/shho-take-vlan-logika-tehnologija-i-nalashtuvannja-realizacija-vlan-v-pristrojah-cisco> – (Дата звернення: 16.04.2025)
14. Routers: Support and downloads – Cisco. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/routers/category.html> (дата звернення 19.04.2025).

ДОДАТОК А

Текст програми IoT-системи поливу зеленої стіни

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІОТ – СИСТЕМИ ПОЛИВУ ЗЕЛЕНОЇ СТІНИ**

ТЕКСТ ПРОГРАМИ

804.02070743.25022-01 12 01

ЛИСТІВ 6

АНОТАЦІЯ

Дана програма реалізує автоматизовану систему поливу для зеленої стіни. Система керується мікроконтролером та включає в себе датчики вологості ґрунту, датчики рівня води, температури та освітленості, а також насос для зрошення рослин.

Програма забезпечує безперервний моніторинг стану ґрунту, зчитуючи показники вологості та рівня води. У разі необхідності активується насос, який подає воду до рослин. Вбудовані механізми дозволяють контролювати рівень рідини в резервуарі, а також передавати дані на хмарний сервіс через Wi-Fi-з'єднання для подальшого аналізу.

Ця система допомагає підтримувати оптимальні умови для росту рослин, мінімізуючи витрати води та забезпечуючи автономну роботу. Програма написана мовою C++ для мікроконтролерів і може бути інтегрована в сучасні системи вертикального озеленення.

ЗМІСТ

1	Файл Main.cpp	4
---	---------------------	---

Main.cpp

```
// C++ code

//визначення пінів підключення
#define pumpPin 2
#define highBoundPin 4
#define lowBoundPin 3
#define lowLED 5
#define highLED 6
#define lightPin A3
#define temperPin A4

//задання значень лімітів вологості
const int highMois = 700;
const int lowMois = 200;

//інтервал передачі даних у базу даних
const int interval = 60000;

//час старту програми
unsigned long previousMillis = millis();

//значення для підключення до wifi мережі
const char* WIFI_SSID = "";
const char* WIFI_PASSWORD = "";

//значення для підключення до firebase сервісу
const char* FIREBASE_URL = "";
const char* FIREBASE_PATH = "";
const char* FIREBASE_TOKEN = "";

//клас насосу визначає пін підключення та встановлення станів насосу
class Pump{
public:
    int pin;
    bool isOn;

    Pump(int pin): pin(pin){
        pinMode(this->pin, OUTPUT);
    }

    void On(){
        digitalWrite(pin,1);
        isOn = true;
    }

    void Off(){
        digitalWrite(pin,0);
        isOn = false;
    }
};

//клас поплавкових датчиків визначає пін підключення та зчитує значення датчиків
class ReedSwitcher{
public:
    int pin;

    ReedSwitcher(int pin): pin(pin){
        pinMode(this->pin, INPUT_PULLUP);
    }
};
```

```

    bool state;
    public:
        bool getState(){
            state = digitalRead(pin);
            return state;
        }
};

//клас датчику температури визначає пін підключення та зчитує значення датчику
class Temperature{
    public:
        int pin;

        Temperature(int pin): pin(pin){
            pinMode(this->pin, INPUT_PULLUP);
        }

    float degrees;
    public:
        float getValue(){
            int temperatureValue = analogRead(pin);
            degrees = 0.488 * temperatureValue - 49.76;
            return degrees;
        }
};

//клас датчику інтенсивності світла визначає пін підключення та зчитує значення
датчику
class LuxSensor{
    public:
        int pin;

        LuxSensor(int pin): pin(pin){
            pinMode(this->pin, INPUT_PULLUP);
        }

    int luxValue;
    public:
        int getValue(){
            luxValue = analogRead(pin);
            return luxValue;
        }
};

//клас датчику вологості ґрунту визначає пін підключення та зчитує значення датчику
class MoistureSensor{
    public:
        int pin;
        int value;
        int highLvl;
        int lowLvl;
        MoistureSensor(){}
        MoistureSensor(int pin): pin(pin){
            pinMode(this->pin, INPUT_PULLUP);
        }

        int getValue(){
            value = analogRead(pin);
            return value;
        }
};

```

```

};

//клас системи поливу визначає комплекс датчиків для обробки значень середовища та
прийняття дій щодо поливу
class IrrigationSystem{
public:
    Pump pump = Pump(-1);
    MoistureSensor *ms;
    int msSize;
    ReedSwitcher lowReed = ReedSwitcher(-1);
    ReedSwitcher highReed = ReedSwitcher(-1);
bool checkWaterLvl(){
    int lowBound = lowReed.getState();
    int highBound = highReed.getState();

    bool isFilled = true;
    if(highBound<1&lowBound<1){
        isFilled = false;
    }
    return isFilled;
}
public:
bool irProc(){
    bool isFilled = checkWaterLvl();
    if(isFilled){
        int minMoisValue=ms[0].getValue();
        for(int i=0;i<msSize;i++){
            int temp = ms[i].getValue();
            Serial.print("Mois_");
            Serial.print(i);
            Serial.print(" = ");
            Serial.println(temp);

            if(minMoisValue>temp){
                minMoisValue = temp;
            }
        }
        Serial.println(minMoisValue);
        if(minMoisValue<lowMois){
            pump.On();

        } else pump.Off();
    }else{
        Serial.println("No water in barrel");
        pump.Off();
    }
}
}
};

//встановлення пінів для приладів та ініціалізація полів
bool isFilled = true;
MoistureSensor *ms;
ReedSwitcher lowReed = ReedSwitcher(lowBoundPin);
ReedSwitcher highReed = ReedSwitcher(highBoundPin);
Temperature temper = Temperature(temperPin);
LuxSensor luxSensor = LuxSensor(lightPin);
Pump pump = Pump(pumpPin);

```

```

IrrigationSystem irSys;
int msCount = 3;

// клас для виміру даних датчиків та тимчасово зберігання
class Data{
public:
    int *SmArr;
    bool highLvl;
    bool lowLvl;
    bool pumpIsOn;
    int temperature;
    int illuminance;
    int timestamp;

    measureValues()
    {
        SmArr = new int[msCount];
        for(int i=0;i<msCount;i++)
        {
            SmArr[i] = ms[i].getValue();
        }
        highLvl = highReed.getState();
        lowLvl = lowReed.getState();
        pumpIsOn = pump.IsOn;
        temperature = temper.getValue();
        illuminance = luxSensor.getValue();
        timestamp = millis();
    }

    clean()
    {
        if (SmArr != nullptr) {
            delete[] SmArr;
        }
    }
};

// клас передачі даних датчиків у базу даних
class DataProvider{
    JsonDocument doc;
    Data d;
    Firebase firebaseConf;
    String url;
    String path;
    String authToken;

    DataProvider(String url,String path, String authToken):
url(url),path(path),authToken(authToken){
        firebaseConf = Firebase(url, authToken);
        d = Data();
    }

public:
    Data getData(){
        if (String jsonData = Firebase.getJSON(path)) { // objectID - унікальний
ідентифікатор об'єкта
            DynamicJsonDocument doc(512);
            deserializeJson(doc, jsonData);

            JsonArray smArr = doc["SoilMoisureValues"].as<JsonArray>();

```

```

    for (size_t i = 0; i < smArr.size(); i++) {
        d.SmArr[i] = smArr[i];
    }
    d.highLvl = doc["highWaterLvl"];
    d.lowLvl = doc["lowWaterLvl"];
    d.pumpIsOn = doc["pumpIsOn"];
    d.timestamp = doc["timestamp"];

    Serial.print("Timestamp: ");
    Serial.println(d.timestamp);
    return d;
} else {
    Serial.print("Failed to get data: ");
    return Data();
}

void setData(){
    d.measureValues();
    DynamicJsonDocument doc(256);
    JSONArray smArr = doc.createNestedArray("SoilMoisureValues");
    for (int i = 0; i < 8; i++) {
        smArr.add(SmArr[i]);
    }
    doc["soilMoisureValues"] = d.SmArr;
    doc["highWaterLvl"] = d.highLvl;
    doc["lowWaterLvl"] = d.lowLvl;
    doc["pumpIsOn"] = d.pumpIsOn;
    doc["timestamp"] = d.timestamp;
    String jsonString;
    serializeJson(doc, jsonString);

    d.clean();
    firebase.pushJson(path,doc);
}

};

DataProvider dp = DataProvider(FIREBASE_URL, FIREBASE_PATH, FIREBASE_TOKEN);
// ініціалізація полів
void setup()
{
    ms = new MoisureSensor[msCount];
    ms[0] = MoisureSensor(A0);
    ms[1] = MoisureSensor(A1);
    ms[2] = MoisureSensor(A2);

    irSys.pump = pump;
    irSys.ms = ms;
    irSys.msSize = msCount;
    irSys.lowReed = lowReed;
    irSys.highReed = highReed;
    pinMode(ambLight, INPUT);
    pinMode(temperature, INPUT);
    Serial.begin(9600);
}

//функція періодичної передачі даних сенсорів
void transferDataValues()
{
    unsigned long currentMillis = millis(); // Отримуємо поточний час

    // Перевіряємо, чи пройшов заданий інтервал з моменту останнього виклику

```

```

if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
  // Якщо так, оновлюємо час останнього виклику
  previousMillis = currentMillis;

  // Викликаємо нашу періодичну функцію
  dp.setData();
}
}

//функція встановлення підключення до бездротової мережі
void InitWifiConnection()
{
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  int startTime = millis();

  Serial.print("Connecting to WiFi");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
    if(millis()-startTime>15000){
      Serial.println("Wifi connection not set!!!");
      break;
    }
  }
  Serial.println("Connected!");
}

//Основний цикл програми
void loop()
{
  if(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    InitWifiConnection();
  }

  int lowBound = lowReed.getState();
  int highBound = highReed.getState();

  if(lowBound)digitalWrite(lowLED,1);
  else digitalWrite(lowLED,0);

  if(highBound)digitalWrite(highLED,1);
  else digitalWrite(highLED,0);
  irSys.irProc();
}

```