

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

До захисту допущено
В.о. завідувача кафедри ІСТ
_____ **Олексій КОЛЕСНИКОВ**
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ” _____ 2021р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

освітньої програми «Програмні технології інтернет речей»

на тему: Система аналізу та контролю кліматичних показників розумної теплиці

Виконав: студент 4 курсу, групи ІР-41

(шифр групи)

Антон ГУСЕНКО

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Керівник к.т.н., доцент Олександр КУЧАНСЬКИЙ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант нормо контроль к.т.н., доцент Ростислав ЛІСНЕВСЬКИЙ

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач освіти _____

(підпис)

Київ – 2021 року

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Інформаційні системи та технології

Освітній рівень Бакалавр

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Освітня програма Програмні технології інтернет речей

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри,

д.т.н., доцент

Олексій КОЛЕСНИКОВ

_____ 2021 року
«__» _____

**ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

Здобувач освіти: Антон ГУСЕНКО

Група: IP-41

1. **Тема кваліфікаційна робота бакалавра:** «Система аналізу та контролю кліматичних показників розумної теплиці».

Затверджена протоколом засідання кафедри ІСТ №18/20 від 01.12.2021 року

2. **Строк подання студентом готової роботи** □ «26» червня 2021 р.

3. **Вихідні дані до роботи:** дослідження в сфері рішень з кліматичного-контролю розумних теплиць. Програмно-апаратні рішення для підтримки оптимальних кліматичних значень в теплиці. Значення кліматичних показників навколишнього середовища та теплиці, що надходять з датчиків, методи їх контролю та передачі даних з використанням систем IoT.

4. **Зміст роботи:** РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ У СФЕРІ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦЬ (аналіз аналогів, опис можливих варіантів покращення, постановка задачі); РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТ ІОТ-РІШЕННЯ ПО АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦІ ТА АЛГОРИТМ ЙОГО РОБОТИ (Розробка проекту IoT рішення та алгоритму його роботи); РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СПРОЕКТОВАНОГО ІОТ-РІШЕННЯ ПО АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦІ (архітектура проекту IoT

рішення, комунікаційні технології та системи, прилади для реалізації, програмне рішення).

5. **Перелік графічного матеріалу:** Зображення приладів, архітектури та додатків проаналізованих рішень; Модель IoT рішення для кліматичного контролю теплиці; алгоритм роботи системи; Архітектура системи; Зображення приладів, що використані у системі; Логічна та фізична моделі бази даних; Мережа вузлів розробленої системи; Зображення інтерфейсу користувачького додатку.

6. Календарний план виконання роботи:

Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання	Результат виконання
1. Вибір тематики кваліфікаційної роботи бакалавра	до 01.12.2020	виконано
2. Наказ про затвердження тем кваліфікаційної роботи бакалавра та призначення керівників	01.12.2020	виконано
3. Розробка плану кваліфікаційної роботи бакалавра і його погодження з керівником	25.12.2020	виконано
4. Написання I розділу кваліфікаційної роботи	20.01.2021	виконано
5. Написання II розділу кваліфікаційної роботи	19.02.2021	виконано
6. Написання III розділу кваліфікаційної роботи	05.03.2021	виконано
7. Підготовка висновків і пропозицій	05.04.2021	виконано
8. Попередній захист кваліфікаційної роботи	20.04.2021	виконано
9. Перевірка на плагіат	до 15.06.2021	виконано
10. Нормоконтроль	до 17.06.21	виконано
11. Рецензування кваліфікаційної роботи бакалавра і представлення роботи на кафедрі в друкованому вигляді	до 21.06.2021	виконано
11. Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	23.06.2021	

Дата видачі завдання « 01 » грудня 2020 р.

Керівник роботи: к.т.н., доц. Олександр КУЧАНСЬКИЙ _____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач освіти на освітньому рівні «бакалавр» 4-го курсу групи ІР-41

Антон ГУСЕНКО

(Власне Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

АНОТАЦІЯ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Освітня програма «Програмні технології інтернет речей»

Кваліфікаційна робота бакалавра Антона ГУСЕНКО

Тема роботи: «Система аналізу та контролю кліматичних показників розумної теплиці».

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка моделі рішення для автоматичного аналізу та контролю кліматичних показників розумної теплиці засобами IoT, проектування і програмна реалізація системи для аналізу значень кліматичних показників та підтримки їх оптимальних значень за допомогою автоматизованого управління процесами обігріву, охолодження, зволоження, осушування, вентиляції.

Об’єкт дослідження – система IoT рішень для аналізу та контролю кліматичних показників розумної теплиці.

Предмет дослідження – отримання та аналіз кліматичних значень навколишнього середовища та теплиці з датчиків, методи їх контролю та передачі даних з використанням систем IoT.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі змісту, вступу, основної частини, яка включає три розділи, висновків та списку використаних джерел. Всього _____ сторінок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: датчики, виконавчі механізми, бази даних, інтерфейс, веб-додаток, клімат-контроль, теплиця, температура, вологість, потокове програмування.

ABSTRACT

TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV

Faculty of Information Technologies

Department of Information Systems and Technologies

Educational Program "Software Technologies of the Internet of Things"

Qualification work of bachelor Anton HUSENKO.

Work topic: " "System of analysis and control of climatic indicators of a smart greenhouse".

The purpose of the bachelor's qualification work is to develop a solution model for automatic analysis and control of climate indicators of a smart greenhouse by means of IoT, design and software implementation of a system for analysis of climate values and maintenance of their optimal values by automated control of heating, cooling, humidification, drainage, ventilation.

The object of research is IoT solution system for analysis and control of climate indicators of a smart greenhouse.

The subject of research is obtaining and analysis of climatic values of the environment and greenhouses from sensors, methods of their control and data transmission using IoT systems.

The bachelor's qualification work consists of the content, introduction, main part, which includes four sections, conclusions and a list of sources used. Total _____ pages.

KEY WORDS: sensors, actuators, databases, interface, web application, climate control, greenhouse, temperature, humidity, streaming programming.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ У СФЕРІ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦЬ	13
1.1 «HortiMax – GO!» від компанії Ridder	13
1.2 «Avnet» від компанії Iotconnect	18
1.3 Рішення від компанії Proxis	20
1.4 Висновки до розділу	24
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТ ІОТ-РІШЕННЯ ПО АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦІ ТА АЛГОРИТМ ЙОГО РОБОТИ	26
2.1 Опис моделі ІоТ-рішення	26
2.2 Алгоритм роботи ІоТ-рішення	29
2.3 Висновки до розділу	30
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ СПРОЕКТОВАНОГО ІОТ-РІШЕННЯ ПО АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦІ	31
3.1 Архітектура ІоТ-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці	31
3.2 Апаратна частина ІоТ-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці	32
3.3 Протоколи, що використані у ІоТ-рішенні по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці	35
3.4 База даних для ІоТ-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці	38
3.4.1 Вибір засобу для створення бази даних	38
3.4.2 Концептуальна модель бази даних	39
3.4.3 Логічна модель бази даних	40
3.4.4 Фізична модель бази даних	44
3.4.5 Розгортання бази даних на сервері	46
3.5 Користувацький додаток ІоТ-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці	47
3.6 Висновки до розділу	56

ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ	63

ВСТУП

Internet of Things – популярний напрям, який став справжнім трендом у сфері інформаційних технологій. Даний напрям являє собою мережу для обміну даними між «Речами», тобто різними пристроями, кожен з яких містить у собі компоненти, що дозволяють їм взаємодіяти між собою та зовнішнім середовищем. Основною метою IoT є виключення впливу людини з певних процесів[1, ст.]. Такий підхід має на меті реорганізацію цих процесів для підвищення їх результативності, ефективності та, звісно, комфорту людини.

У наш час уже використовується у таких сферах, як:

- розумний дім;
- промисловість;
- енергетика;
- розумне місто;
- поставки.

Не стала виключенням і сфера сільського господарства[2, ст.].

Звісно, сільське господарство має різне значення у економіці кожної країни, але важко ігнорувати факт того, що воно є важливим поставником ресурсів для інших галузей економіки країни, а головне – засобом забезпечення населення провізією. Якщо країна має достатні статки, то вона може імпортувати значну частину необхідних продуктів харчування, оскільки вони представлені на світовому ринку, але ціни на них не є постійними, тому наявність власного виробництва є вкрай важливим для харчової безпеки країни. Зважаючи на це, важко переоцінити актуальність та важливість впровадження IoT технологій для підвищення ефективності даної сфери.

На жаль, існує ще ряд чинників, що обґрунтовують необхідність впровадження технологій Internet of Things та плодів технологічного прогресу у сферу сільського господарства.

Одним з таких чинників є демографічна проблема на планеті. Згідно з доповіддю Продовольчої та сільськогосподарської організації Організації Об'єднаних Націй [3, ст.] сучасні прогнози доволі невтішні. Цифри показують, що станом на 2050 рік населення планети зросте з 7,7 мільярдів чоловік до 9,7 мільярдів, тобто аж на 2 мільярди чоловік. У результаті такого приросту різко зросте попит на продовольчі товари. Також не варто забувати, що вже зараз люди доволі серйозно ставляться до свого раціону та надають перевагу свіжим фруктам та овочам. Таким чином з ростом попиту з'явиться потреба у зростанні виробництва. Для повного задоволення потреб населення необхідно, щоб ріст об'ємів виробництва сільськогосподарських товарів перевищував ріст населення. Для цього потрібно ефективно використовувати саме існуючі сільськогосподарські угіддя. Для підвищення продуктивності та покращення результативності необхідні нові технології, за допомогою яких можна було б більш ефективно використовувати земельні та водні ресурси, але не шкодити їм, оскільки вони є основою для виробництва продуктів харчування і мають свої межі використання.

Уже зараз водні та земельні ресурси є дуже виснаженими. Спостерігається засолення та забруднення водотоків та водойм, також на значних територіях усіх континентів існує проблема дегідратії цілих водних екосистем, що призводять до погіршення якості ґрунту та зменшення різноманітності біоорганізмів. Значна кількість раніше великих річок на даний момент зберегли лише 5% відсотків від свого об'єму водотоків. Такі проблеми стосуються не лише посушливих регіонів з бідними країнами. Так, наприклад, значно скоротились розміри великих озер та внутрішніх морів, майже половина водних ресурсів Європи та Північної Америки припинили своє існування.

За останні 50 років значно зросли площі територій, які обробляються. Це призвело до росту виробництва, але методи ведення господарства, які використовуються, призводять до виснаження та непридатності земель до

майбутнього використання. Також існуючі методи значно впливають і на клімат. На сьогоднішній день саме сільське господарство є одним з основних факторів утворення парникових газів. В свою чергу це підвищує ризик для самих фермерів, що через потепління та пов'язану з ним посушливість, кліматичні аномалії та зміну сезонності опадів виникнуть проблеми з врожаєм. Очевидно, що існуюча сільськогосподарська сфера потребує значних змін для стабільного постачання продуктів харчування в умовах можливої кризи.

Одним з життєздатних рішень є тепличне господарство, що стане гарантом продовольчої безпеки країни та зможе забезпечити продуктову стійкість. Уже зараз лівова частка сільськогосподарської продукції належить теплицям та тепличним комплексам[4, ст.]. Так, наприклад, український плодово овочевий ринок на 87% забезпечується продукцією тепличних господарств, але, попри такі цифри, уся площа скляних теплиць становить усього 280 Га. Лише невелика частина господарств мають великі тепличні комплекси, в основному теплиці представлені малими господарствами. Але, незалежно від розмірів теплиці, їх усіх поєднує одна проблема – застарілість технологій вирощування. Саме впровадження IoT технологій здатне прибрати цей бар'єр у розвитку та дати можливість вітчизняним виробникам конкурувати з іноземними.

Створення та розвиток тепличних комплексів є актуальним навіть для такої розвиненої та багатой країни, як Об'єднані Арабські Емірати. Як відомо, це дуже багата країна, яка може дозволити собі імпортувати близько 70% продуктів харчування, але для власної харчової безпеки було прийнято рішення про значні інвестиції у розвиток тепличного господарства у країні[5, ст.]. Країна має близько 1% придатних для вирощування земель, клімат є спекотним та посушливим, також існує проблема з нестачею води, а технології тепличного виробництва дозволять вирішити ці проблеми.

Мабуть, найкращим доказом ефективності поєднання автоматизації та IoT технологій з тепличним методом виробництва є сфера сільського господарства

Голландії. Саме завдяки свої високотехнологічним тепличним комплексам ця країна, яка не має майже всіх необхідних для традиційного господарства ресурсів, займає 2 місце у світі по експорту провізії. Поступається вона лише США, країні, що має площу в 270 разів більшу, ніж територія Голландії. Тепличні комплекси, площа яких іноді становить 70 Га, постійно підтримують необхідні мікрокліматичні показники та потребують на 90% менше води[6, ст.].

Очевидно, що тематика впровадження технологій IoT в тепличне господарство є дуже актуальною, особливо при можливості продовольчої кризи, але вона є досить широкою, тому темою моєї бакалаврської роботи було обрано розробку системи контролю одного з аспектів успішної роботи теплиці – кліматичних показників.

Незалежно від конструкції чи розмірів теплиці, в ній критично важливо підтримувати необхідні для росту та розвитку рослин кліматичні фактори. У більшості теплиць всі дії, що направлені на цю підтримку, виконуються людиною. Ці дії потрібно виконувати щодня, але інколи це може бути проблематично через різні фактори, наприклад, розташування теплиці, погодні умови тощо.

Так, наприклад, температурний режим відіграє величезну роль у здоровому рості та розвитку рослин. Відхилення можуть мати значний негативний вплив на майбутній урожай. Кожна рослина має декілька етапів розвитку і на кожному з цих етапів вона потребує різний температурний режим. В залежності від необхідного значення температури розраховується співвідношення інших кліматичних факторів, що необхідні для росту рослини, таких як: вологість, кількість вуглекислого газу тощо. Рослина також потребує різного значення температури вночі та у день. Інколи найпримхливіші рослини потребують змін кліматичних умов майже щогодини. Тільки при гарантії дотримання всіх необхідних показників результатом може стати нормальний ріст, розвиток та плодоносіння всіх вирощуваних у теплиці рослин.

Зрозуміло, що людина не може врахувати і оптимізувати всі необхідні фактори, тому очевидним вирішенням є впровадження IoT систем для автоматичного контролю теплиці. Використання системи клімат-контролю дозволить підвищити врожайність, а отже прибуток, а автоматизоване керування системою дозволить знизити використання електроенергії та витрати на її оплату.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ У СФЕРІ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦЬ

Для більш ефективного створення власної системи клімат-контролю варто розглянути існуючі рішення, проаналізувати їх архітектуру, компоненти та можливості додатків для моніторингу та контролю. Очевидно, що кожна компанія не викладає у відкритий доступ всю інформацію, щодо своєї продукції, але провести аналіз певних основних аспектів можна.

Для аналізу було відібрано такі існуючі рішення:

- «HortiMax – GO!» від компанії Ridder;
- «Avnet» від компанії Iotconnect;
- рішення від компанії Proxis.

1.1 «HortiMax – GO!» від компанії Ridder

«HortiMax – GO!» від компанії Ridder – це нове рішення орієнтоване на виробників-початківців, які потребують систему розумного керування теплицею, але не занадто дорого та комплексну. Дана система дозволяє користувачам самим обрати необхідні компоненти відповідно до потреб. Основною особливістю даного рішення є простий та зручний інтерфейс, що дозволяє переглядати та контролювати всі необхідні параметри[7, ст.].

Система отримує кліматичні показники з двох напрямів. Метеостанція «Meteo-Go!» (рис. 1.1) встановлюється ззовні теплиці та збирає дані, що необхідні для роботи теплиці. Вона оснащена датчиками, що вимірюють такі параметри:

- наявність дощу;
- швидкість та напрям вітру;
- температура;
- відносна вологості.

При використанні даної системи для однієї теплиці достатньо однієї такої метеостанції.

Для замірів показників усередині теплиці використовується блок датчиків «MTV-Go!» (рис 1.2). Кожний такий блок містить у собі датчик температури та вологості.



Рисунок 1.1. Метеостанція «Meteo-Go!»



Рисунок 1.2. Блок датчиків «MTV-Go!»

У ролі актуаторів, на які будуть надходити вказівки по контролю кліматичних показників можуть виступати як існуючі прилади, так і прилади від компанії Ridder.

Кожен блок датчиків та актуатор підключається до розумного комутатора (рис. 1.3) за допомогою дротів. Розумний комутатор – це високотехнологічний перемикач, що виконує необхідні дії з підключеним до нього обладнанням. Існують різні види розумних комутаторів в залежності від цілей та обладнання, що до них підключаються. Кожен такий вид оснащений специфічним програмним та

апаратним забезпеченням для виконання необхідних дій. Існують комутатори для роботи з таким обладнанням: вентиляція під дахом, бокові вентилятори, блок датчиків, метеостанція, обігрівачі, кондиціонери тощо. Для більшої зручності встановлення та надійності комутатори встановлюються у спеціально розроблені блоки керування (рис 1.4). Усі необхідні компоненти просто встановлюються у відповідну рейку та підключаються до контролера [8, ст. 60].



Рисунок 1.3. Розумний комутатор



Рисунок 1.4 Блок керування

Керування системою відбувається за допомогою контролера, що встановлюється у теплиці. Кожен такий контролер підтримує до 32 розумних комутаторів. Даний контролер являє собою планшет, на дисплей якого виводиться

вся зібрана з датчиків інформація. Ця інформація також передається у хмару та відображається у додатках для ПК та смартфонів. Інтерфейс додатків абсолютно ідентичний до інтерфейсу контролера і дозволяє виконувати ті ж самі дії, що і контролер у теплиці, але дистанційно. Інтерфейс додатку має такий вигляд (рис 1.5).



Рисунок 1.5. Інтерфейс додатку «HortiMax-Go!»

Інтерфейс містить наступні елементи:

1. Верхня панель де вказано, на якій вкладці знаходиться користувач.
2. Назва плитки. Це може бути плитка з показниками навколишнього середовища, окремих секцій теплиці тощо.
3. Дані у вигляді числового значення та графіку.
4. Перехід на ручне керування та повідомлення.
5. Бокова панель з нинішнім часом та часом світанку та заходу сонця.

Налаштування необхідних параметрів відбувається для кожної секції окремо або для усієї теплиці. Існує можливість налаштування необхідних значень температури та вологості для дня та ночі, відслідковування їх настання за допомогою GPS-координат та налаштування роботи актуаторів [9, ст.].

Загальна структура системи (рис. 1.6). Вона складається з певної кількості підсистем, що містять описані вище компоненти. Кількість підсистем залежить від потреб користувача. Контролери всіх підсистем підключаються до шлюзу, що передає дані з них у хмару, а з хмари - у додатки користувачів.

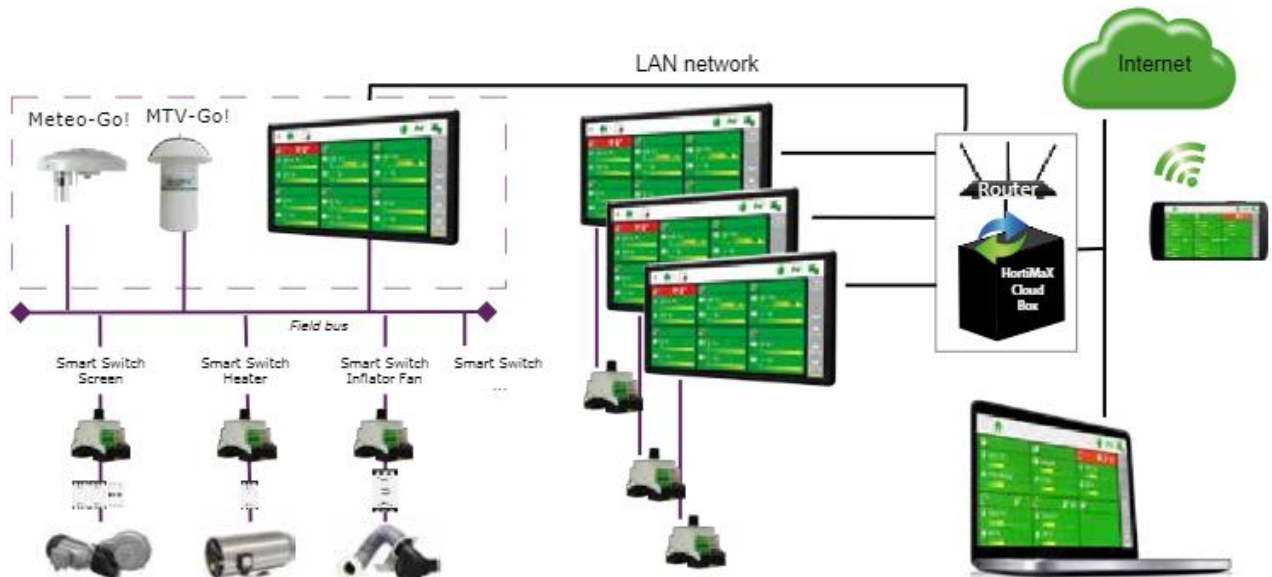


Рисунок 1.6. Загальна структура системи

Розуміючи будову системи та функціонал можна зробити певні висновки щодо її недоліків та переваг, які можна використати у створенні власного рішення.

Переваги:

- Модульність системи. Користувач обирає лише те, що потрібно йому.
- Можливість як віддаленого моніторингу та контролю через додаток, так і локального через високотехнологічний контролер при відсутності інтернету.
- Наявність датчиків ззовні теплиці. Це дозволяє впровадити рішення по контролю над кліматичними показниками, що базуються на природних показниках.

Недоліки:

- Додаток надає основну необхідну інформацію щодо кліматичних показників та дає можливість ними керувати, але, в загальному, функціонал додатку є доволі обмежений.

1.2 «Avnet» від компанії Iotconnect

Рішення «Avnet» від компанії Iotconnect було створено для допомоги у вирощуванні здорового врожаю з підтримкою необхідних кліматичних показників, витрачаючи на це оптимальну кількість води та електроенергії [10, ст.].

На сайті представлена схема, що зображує загальну структуру систему (рис 1.7). У ній можна виділити такі основні частини:

1. Модулі з датчиками та актуаторами. Кожна теплиця містить певний набір модулів, що містять вмонтовані або до яких підключені датчики, що виконують замір необхідних кліматичних показників. Також до модулів підключені актуатори, що виконують вплив на рівень цих кліматичних показників відповідно до встановлених параметрів. Ці модулі передають забрані дані та подають енергію на актуатори.
2. Шлюз. Модулі з датчиками та актуаторами за допомогою кабелів чи бездротового способу зв'язку підключаються до шлюзу, який передає дані з датчиків у хмару та команди по роботі актуаторів з хмари.
3. Хмара. Тут дані зберігаються та надаються додатку або модулям.
4. Користувацький додаток. У реальному часі надає інформацію про кліматичні показники у теплиці та стан врожаю, надає можливість дистанційного вмикання вентиляторів, обігрівачів тощо.

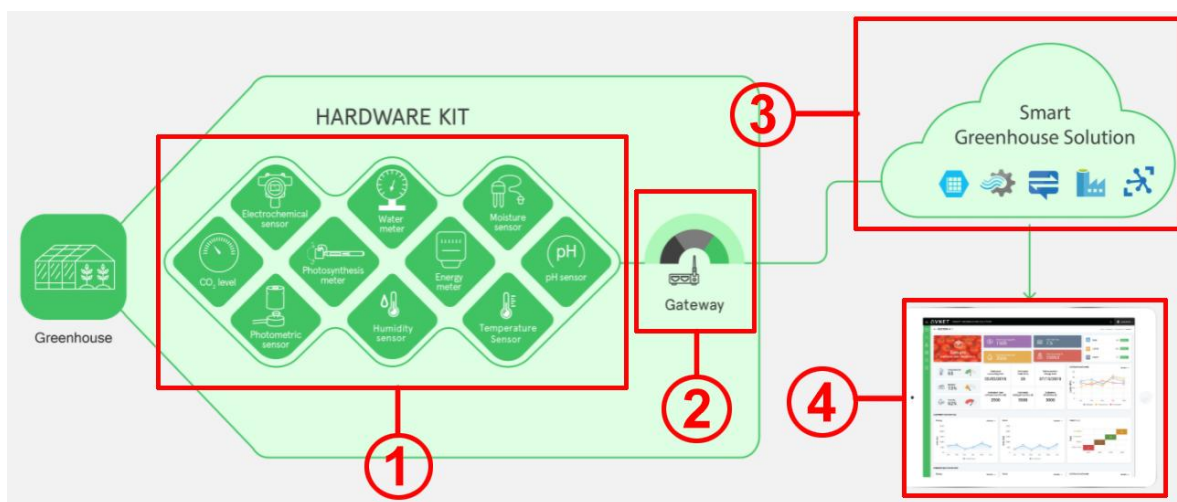


Рисунок 1.7. Загальна структура системи «AVnet»

На жаль, розробник не надає повну інформацію про використовувані компоненти системи, але надає доволі значну інформацію про функціональні можливості користувацького додатку.

На головній сторінці додатку (рис. 1.8) надається загальна інформація про контрольовані теплиці: їх кількість, види рослин, зібраний урожай, витрачена на ріст рослин енергія. Кожна теплиця представлена не просто плиткою на інтерфейсі, а відмічена на карті, що є дуже зручно.

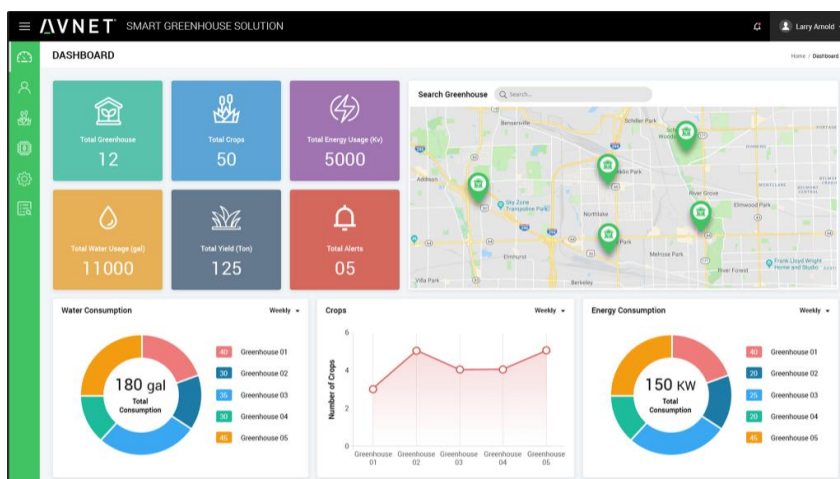


Рисунок 1.8. Головна сторінка

Для перегляду інформації, що стосується лише конкретної теплиці, та налаштування значення показників необхідно натиснути на обрану теплицю. У відповідному вікні (рис. 1.9) буде надана локальна інформація, а саме:

- значення температури та вологості у реальному часі та відповідні графіки;
- повідомлення щодо критичних перевищень показників;
- види рослин, що вирощуються у даній теплиці;
- використана кількість води та електроенергії;
- розташування посаджених рослин та дата їх посадки;
- наявні пристрої та їх налаштування.

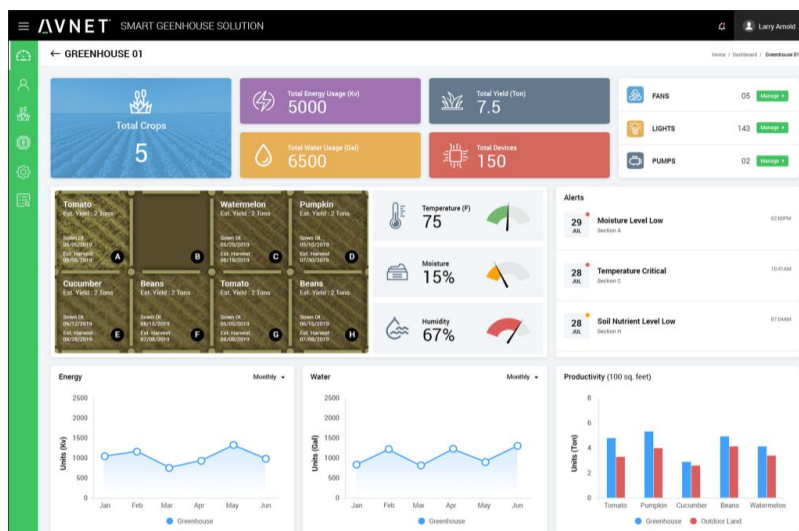


Рисунок 1.9. Сторінка з інформацією для обраної теплиці

Дане рішення не має явних недоліків, основною його перевагою є велика кількість інформації, що у повній мірі відображає стан мікрокліматичних показників, їх вплив на врожай та результат роботи системи.

1.3 Рішення від компанії Proxis

Дане рішення впроваджувалось для клієнта, теплиці якого були розділені на окремі ділянки, що здавались в оренду. Тому клієнт потребував системи з компонентами для контролю кліматичних показників, кожна з яких була б незалежна від інших і керувалась би різними орендараторами [11, ст.].

Системна діаграма створеного рішення (рис. 1.10).



Рисунок 1.10. Системна діаграма

Основою даного рішення стали модулі віддаленого вводу-виводу серії Advantech ADAM-6200, а саме: ADAM-6217, ADAM-6266. Для читання та збору даних з датчиків було використано модуль моделі ADAM-6217. Даний модуль оснащений аналоговими входами, що і дозволяє зчитувати дані з датчиків. Для керування приводами встановленого обладнання, а саме: вентиляторів, обігрівачів – було обрано модуль іншої моделі, ADAM-6266. Цей модуль оснащений 4-канальними релейними виходами та 4-канальними цифровими входами. Кожен з модулів також має вбудовані Ethernet комутатори, що дозволяють з'єднувати модулі один з одним у топологію «Гірляндний ланцюг» та відмовитись від використання додаткових приладів. Керування модулями виконується за допомогою команд протоколу Modbus TCP/IP.

Modbus TCP/IP – це відкритий протокол комунікації, який був розроблений для роботи у контролерах з програмованою логікою [12, ст.]. Modbus TCP/IP використовується для підключення пристроїв, що його підтримують, до мережі Інтернет. На прикладному рівні даний протокол використовує модифіковані кадри Modbus RTU, на фізичному та каналному – протокол Ethernet, на мережевому та транспортному - TCP/IP. Процес передачі кадра протоколу Modbus TCP/IP (рис. 1.11).

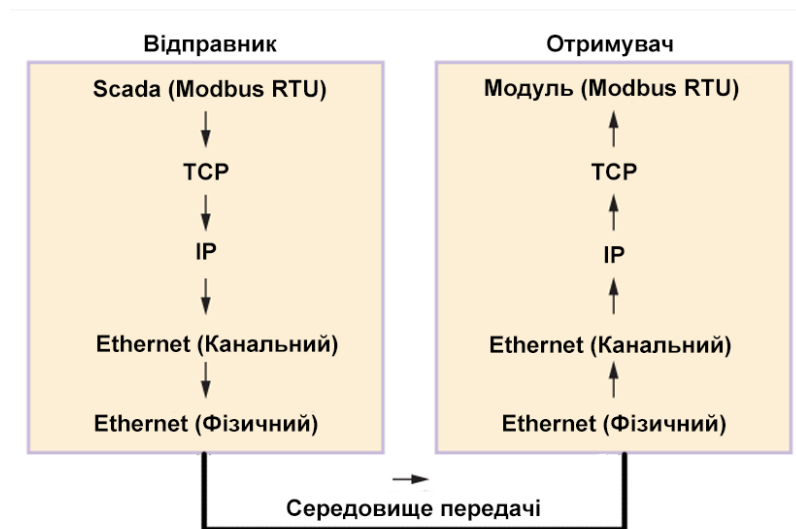


Рисунок 1.11. Процес передачі кадра протоколу Modbus TCP/IP

Даний протокол базується на архітектурі господар (master) – підлеглий (slave). У даному рішенні у якості господаря виступає клієнт, а у якості підлеглих – модулі. Загалом, архітектура даного протоколу має свої недоліки. Підлеглий не може сам надсилати повідомлення, він може лише відповідати на запити господаря, тобто клієнт з певною періодичністю повинен виконувати опитування модулів для отримання даних з них. Також існує проблема того, що підлеглий не має можливості виявити втрату зв'язку з господарем. Але, не зважаючи на існуючі недоліки, протокол Modbus TCP/IP є дуже поширеним серед подібних рішень.

Модулі віддаленого вводу-виводу серії ADAM-6200 можуть налаштовуватися відповідно до необхідного сценарію за допомогою підключення до персонального комп'ютера, але у даному рішенні їх використовується доволі велика кількість, тому налаштовувати кожен з модулів окремо є дуже незручно. Для цього у рішенні використовується програмне забезпечення WebAccess HMI / SCADA [13, ст.]. Воно дозволяє візуалізувати всі використовувані компоненти системи у вигляді близьких до реальних пристроїв об'ємних анімованих зображень. Користувач бачить перед собою схематичне зображення своєї системи з усіма компонентами та їх показниками. Користувач задає правила поведінки

системи, її режим роботи, а задачу по виконанню усіх алгоритмів роботи виконує WebAccess HMI / SCADA. Вона виконує опитування модулів з датчиками, контролює показники, що з них надходять, виконує запуск необхідних компонентів системи, що впливають на кліматичні показники (вентилятори, зволожувачі, обігрівачі тощо). Також дане програмне забезпечення контролює чи справні компоненти системи та виконує запис усіх подій у архів. Для більш зручного контролю за показниками користувач має властивість налаштувати окремий дашборд (рис. 1.12), що буде відображати значення необхідних кліматичних показників у реальному часі навіть на мобільному девайсі.

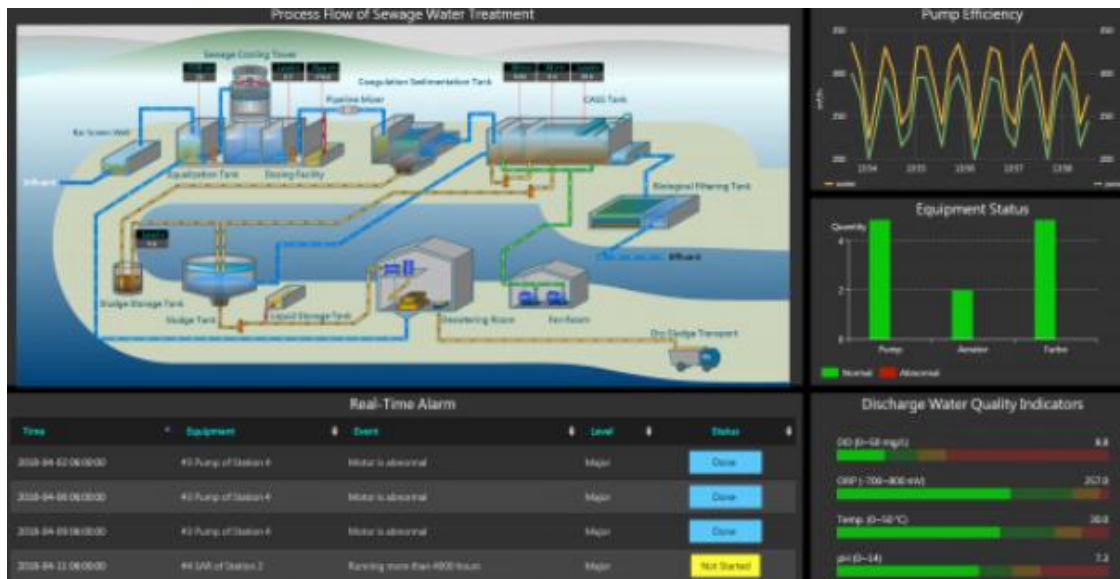


Рисунок 1.12. Інтерфейс WebAccess HMI / SCADA з дашбордом

Основними перевагами даного рішення є його адаптивність до потреб клієнта, висока інформативність та контроль над роботою компонентів системи з боку використовуваного програмного забезпечення WebAccess HMI / SCADA. Воно надає користувачу налаштувати інтерфейс відповідно до своїх потреб, що є дуже зручно. Проте дане програмне забезпечення потребує певного часу для розуміння принципів його роботи, що може викликати певні складнощі у користувача. Також до недоліків можна віднести нюанси пов'язані з архітектурою

протоколу Modbus TCP/IP, що використовується модулями віддаленого вводу-виводу серії ADAM-6200.

1.4 Висновки до розділу

У даному розділі було виконано опис та аналіз розглянутих рішень, що робить можливим такі висновки:

1. Розглянуті рішення мають дуже схожу структуру їх систем. Кожне рішення складається з певної кількості датчиків, що виконують замір та передачу значень відповідних кліматичних показників, та, так званих, актуаторів, тобто пристроїв, що виконують вплив на кліматичні показники для врегулювання їх значень. Дані пристрої підключаються до модулів вводу-виводу, що можуть мати як програмовану логіку, так і вже реалізовану під певну задачу будову та логіку. Усі модулі підключаються до шлюзу, що передає дані у хмару або локальний сервер. Візуалізація та керування відбувається за допомогою додатку. Базуються рішення на технологіях Ethernet, Wi-Fi, Modbus TCP/IP, MQTT тощо.
2. Функціонал додатків також є дуже схожим. Основною відмінністю є лише форма представлення інформації та її повнота. Користувач має можливість вказати значення кліматичних показників, а процес їх підтримки виконує система. Також додатки мають реалізовану систему оповіщень та ручного керування системою.
3. Одним з варіантів підвищення функціональності рішення є створення системи сценаріїв росту рослин. Це означає, що користувач зможе одразу ввести кліматичні показники, що потребує конкретна рослина на кожному етапі росту, тривалість кожного етапу. Дані сценарії будуть зберігатись у базі даних і користувач зможе використовувати їх повторно з можливим коректуванням значень. У випадку вирощування декількох видів рослин, користувач створить декілька сценаріїв, та

додасть їх у список діючих, а додаток самостійно проаналізує діапазон показників та обере оптимальні для усіх видів.

Базуючись на даних висновках можна поставити ряд задач, які повинні бути виконані на етапі реалізації рішення, а саме:

1. Виконати підбір можливих пристроїв, на основі яких може бути побудована система. Зазначити їх характеристики.
2. Обрати протоколи, на яких буде заснована робота системи, виконати їх опис.
3. Створити концептуальну схему будови мережі на прикладі середньостатистичної теплиці, на якій вказати розташування приладів. Виконати опис принципу їх взаємодії.
4. Створити базу даних для розгортання на сервері, яка буде містити дані з датчиків та необхідні для підтримування значення кліматичних показників.
5. Створити графічний інтерфейс для керування системою.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТ ІОТ-РІШЕННЯ ПО АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦІ ТА АЛГОРИТМ ЙОГО РОБОТИ

2.1 Опис моделі IoT-рішення

Загалом IoT-рішення мають доволі схожі між собою архітектури, але, все ж таки, кожне конкретне рішення має свої відмінності в залежності від задач, які рішення повинне виконувати, та можливостей користувача. Тому, для більш ефективної та структурованої реалізації рішення, потрібно виконати побудову моделі та виконати опис призначення кожного її рівня.

Модель майбутнього рішення (рис. 2.1).



Рисунок 2.1. Модель створеного рішення по моніторингу та контролю кліматичних показників теплиці.

Зображена модель складається з семи рівнів, кожен з яких має своє певне призначення у роботі рішення, а саме:

- Фізичний рівень. Основою даного рівня є широкий спектр датчиків та виконавчих механізмів, актуаторів. Фізичний рівень відповідає за два типи операцій: збір інформації з датчиків та виконання механічної роботи. У випадку рішення по моніторингу та контролю кліматичних показників теплиці, дані будуть надходити у вигляді аналогових та цифрових значень відповідних вимірюваних величин з таких датчиків як: датчик температури, датчик відносної вологості повітря, датчик швидкості та напрямку вітру, датчик наявності дощу. Основною задачею виконавчих механізмів, що представлені у вигляді: вентиляторів, зволожувачів повітря, обігрівачів, приводів для кватирок від дахом – вплив на відповідні кліматичні показники та підтримування їх значень у необхідних межах.
- Рівень периферійних розрахунків. Даний рівень представлений у вигляді модулів вводу-виводу даних, які підключаються до датчиків та виконавчих механізмів. Вони виконують мінімальні функції по перетворенню аналогової інформації у цифрову та навпаки. Основною функцією даного рівня є локальна ETL – отримання, перетворення та зберігання даних з датчиків та зовнішньої мережі. Даний рівень відповідає не лише за збір даних з датчиків, що підключені, а й за приведення її до придатного до використання виду завдяки фільтрації її від перешкод. Він виконує аналіз даних та базуючись на ньому приводить у дію закладену у ньому логіку.
- Рівень локальної мережі. Відповідає за об'єднання пристроїв у локальну мережу за допомогою певного типу зв'язку, передачу даних від пристроїв на шлюз та команди з віддаленої мережі на виконавчі пристрої. Передача даних є найбільш енергозатратним процесом для

периферійних пристроїв тому, що більшість з них з метою підвищення зручності не підключені до електромережі та дротовим засобам зв'язку, а отримують живлення від блоків. Тому з метою подовження роботи пристроїв необхідно використати протоколи, що призводять до низького використання електроенергії.

- Рівень шлюзу. Даний рівень представлений саме шлюзом, до якого підключаються модулі вводу-виводу даних за допомогою обраного типу зв'язку. Основною функцією даного рівня є відправка оброблених даних, що були отримані з периферійних пристроїв, на сервер та отримання даних по конфігурації роботи периферійних пристроїв, але у IoT- рішеннях даний рівень має додаткові функції. Однією з них є другий рівень ETL від периферійних пристроїв. Шлюз повинен зберігати інформацію про статус пристроїв та отримані дані. Це необхідно, щоб знизити навантаження на backend частину рішення. Також великим бонусом є наявність певної програмованої логіки для реакції на події без зв'язку з backend у випадку відсутності зв'язку.
- Рівень зовнішнього зв'язку. Даний рівень є свого роду межею між периферійною частиною, що закінчується шлюзом, та backend частиною рішення. Основною функцією рівня зовнішнього зв'язку є забезпечення обміну даними між периферією та backend'ом. Зазвичай шлюз підключено до backend за допомогою бездротового зв'язку, наприклад, 4G, але також використовується і дротове підключення за допомогою Ethernet.
- Рівень ETL (збору, обробки та зберігання даних). Даний рівень є третім та основним рівнем ETL. Перший – це рівень периферійних розрахунків, другий – рівень шлюзу. На даному рівні відбувається накопичення даних з усіх пристроїв та шлюзів і виконуються такі операції:

- збір інформації;
- приведення інформації до стандартного виду;
- збереження з метою подальшого використання;
- архівування та видалення;
- повідомлення про надходження нових даних.

В основному для цих цілей використовують бази даних.

- Рівень представлення. На даному рівні відбувається представлення даних користувачу. Інтерпретація інформації відбувається на основі характеру даних. Основними функціями даного рівня є:
 - звітування;
 - аналітика;
 - контроль.

Зазвичай це відбувається за допомогою користувацького додатку.

Маючи уяву про архітектуру IoT-рішення, функції рівнів, їх взаємодію та компоненти, що є їх основою, можна почати розробку.

2.2 Алгоритм роботи IoT-рішення

Для більш ефективної реалізації рішення був створений алгоритм його роботи. Даний алгоритм відображає логіку роботи системи в залежності від даних, що надходять у систему. Заздалегідь створений алгоритм значно полегшує етап програмування роботи системи.

IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників оперує великою кількістю вхідної інформації. Джерелами вхідних даних є датчики, що зчитують значення кліматичних показників, та користувачі, які вказують кліматичні вимоги рослин, на основі яких вираховуються оптимальні значення.

Алгоритм роботи IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці (рис. 2.2).

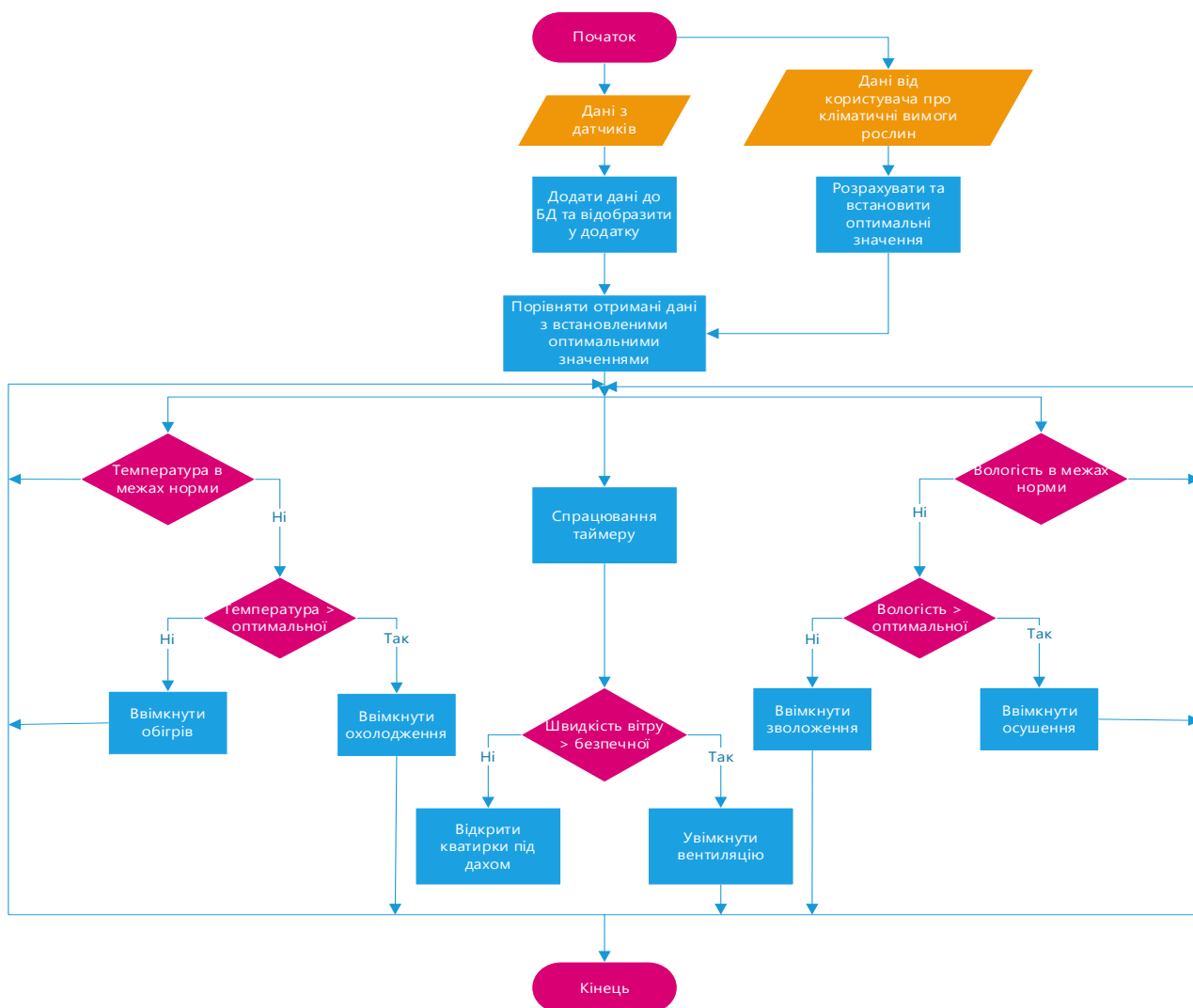


Рисунок 2.2. Алгоритм роботи IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці

2.3 Висновки до розділу

Результатом роботи над другим розділом є розроблена модель IoT-рішення. Створена модель для більш ефективної та структурованої реалізації рішення. У даному розділі було визначено та описано основні функції кожного рівня моделі та компоненти, що є їх основою.

Також було розроблено алгоритм роботи IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці.

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ СПРОЕКТОВАНОГО ІОТ-РІШЕННЯ ПО АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦІ

3.1 Архітектура ІоТ-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці

На основі моделі, що була спроектована у другому розділі, була створена архітектура ІоТ-рішення (рис. 3.1). Вона являє собою схематичне зображення фізичних компонентів системи та зв'язок між ними.

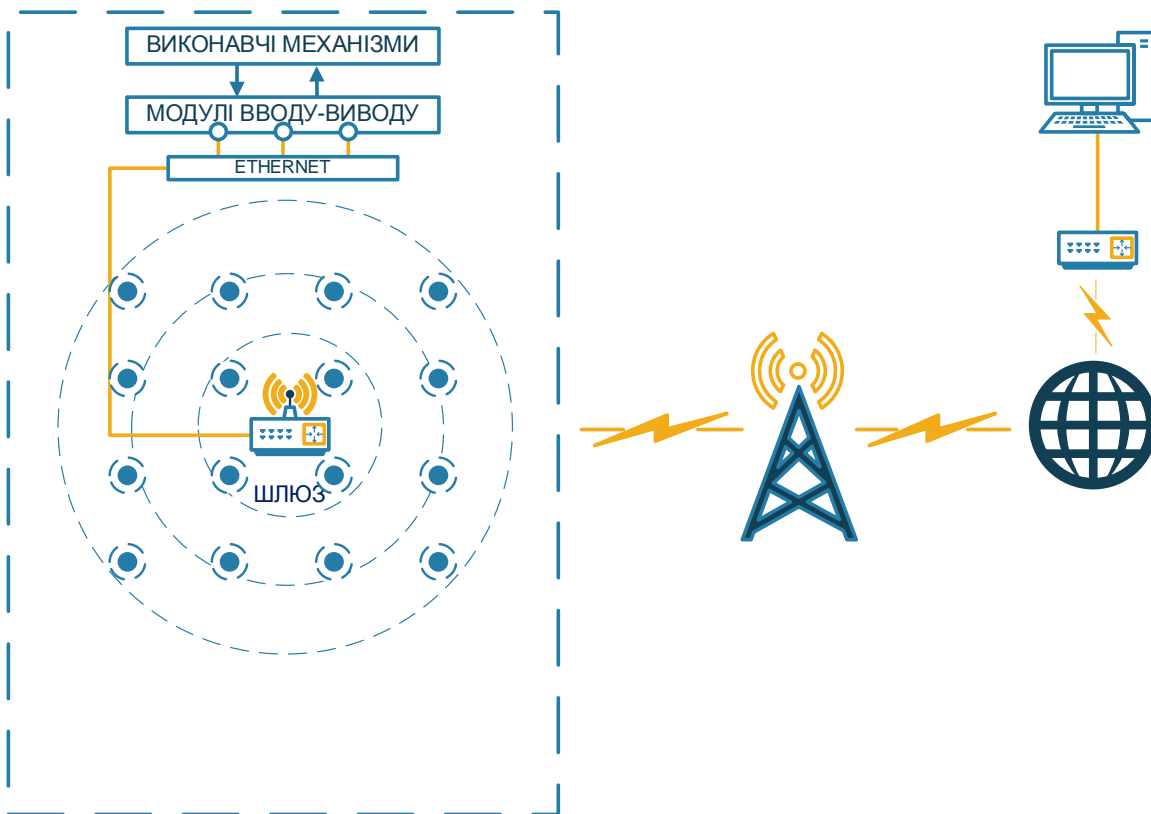


Рисунок 3.1. Архітектура ІоТ-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці

Блок виконавчих механізмів, наприклад: кондиціонери, обігрівачі, зволожувачі, осушувачі і т.д. – підключаються до відповідних модулів вводу-виводу за допомогою дротів. За необхідності модулі будуть подавати живлення на виконавчі механізми та приводити їх до дії.

Для підключення датчиків було обрано бездротовий зв'язок, а для підключення модулів вводу-виводу – дротовий.

Оскільки об'єктом впровадження рішення є теплиця, а вони зазвичай розташовані за містом, для зв'язку з зовнішньою мережею було обрано бездротову передачу даних.

Базуючись на таких вимогах було виконано підбір відповідного обладнання.

3.2 Апаратна частина IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці

Перш за все варто розглянути апаратну частину фізичного рівня. Збір даних про значення кліматичних показників відбувається за допомогою бездротового модуля віддаленого вводу-виводу WISE-4220-S231 (рис. 3.2). Даний модуль було обрано через можливість його практичного використання завдяки базі переддипломної практики.

Модуль WISE-4220 – це новий пристрій від компанії Advantech серії WISE-4220 [14, ст.]. Даний модуль поєднує в собі пристрої як фізичного рівня, так і рівня периферійних розрахунків. WISE-4220-S23 оснащений вбудованими датчиком температури та відносної вологості повітря для збору та реєстрації даних середовища. Датчики мають такі характеристики:

Датчик температури:

- межі вимірювання – 25 °C ~ 70 °C;
- роздільна здатність вимірювання – 0,1 °C;
- точність – ± 2 °C.

Датчик відносної вологості повітря:

- межі вимірювання – 10-90 %;
- роздільна здатність вимірювання – 0,1 %;
- точність – ± 4 %.

Підключається даний модуль до шлюзу за допомогою технології Wi-Fi. Це дає можливість уникнути використання зайвих дротів, що є дуже зручно для використання у теплиці. Для передачі даних, що були зібрані датчиками, використовується протокол MQTT.



Рисунок 3.2. Бездротовий модуль віддаленого вводу-виводу WISE-4220-S231

Також система потребує наявності датчиків сили та напрямку вітру, наявності дощу. Дані з датчиків будуть імітуватися тому, що реального обладнання, на жаль, немає.

З виконавчих пристроїв система потребує вентилятори, зволожувачі та обігрівачі. Також можуть бути використані бічні жалюзі та приводи для відкриття кватирок під дахом теплиці.

До пристроїв рівня периферійних розрахунків, окрім модуля WISE-4220-S231, належить також віддаленого вводу-виводу ADAM-6266 [15, ст.] (рис. 3.3). Даний модуль має 4-канальні релейні виходи для керування виконавчими пристроями та 4-канальні цифрові входи для отримання команд. Дана серія модулів оснащена вбудованими Ethernet комутаторами. Така будова дозволяє з'єднати модулі один з одним у топологію «Гірляндний ланцюг». Це дає можливість відмовитись від додаткових комутаторів. Для керування модулями використано протокол MQTT.



Рисунок 3.3. Модуль віддаленого вводу-виводу ADAM-6266

Описані модулі підключені до шлюзу, у ролі якого виступає маршрутизатор Teltonika RUT955 [16, ст.] (рис. 3.4). Даний пристрій належить до рівня шлюзу та надає периферійним пристроям доступ до мережі.

Маршрутизатор Teltonika RUT955 призначений для використання у мережах GSM, 3G, 4G. Також даний маршрутизатор має можливість і дротового

підключення за допомогою Ethernet. RUT955 оснащений 4 портами Ethernet: 1 порт WAN та 3 Lan.

У створеній системі підключення модулів WISE-4220-S231 відбувається за допомогою бездротового зв'язку, а модулів ADAM-6266 за допомогою Ethernet Lan-портів. Teltonika RUT955 виконує роль MQTT брокера.



Рисунок 3.4. Маршрутизатор Teltonika RUT955

3.3 Протоколи, що використані у IoT-рішенні по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці

Відповідно до моделі протоколів IoT (рис. 3.5) існує 3 основні функціональні рівні, які потребують вибору певного протоколу. Кожен з функціональних рівнів відповідає певному рівню моделі TCP/IP.

Функціональний рівень пристроїв відповідає рівню доступу до мережі, а також рівню локальної мережі архітектури створеного IoT-рішення. На даному рівні функціонують технології Ethernet та Wi-Fi, оскільки наявні два типи підключення периферійних пристроїв до шлюзу.

Ethernet - це технологія з'єднання провідних локальних мереж (LAN). Дана технологія дає можливість взаємодії пристроїв один з одним за допомогою протоколу, що є загальною мережевою мовою. Також, Ethernet - це протокол, що відповідає за керування процесами передачі даних по локальній мережі. Він демонструє, за яким принципом мережеві пристрої можуть передавати і формувати пакети даних так, щоб інші мережеві пристрої в тому ж сегменті мережі могли приймати, обробляти і розпізнавати їх [17, ст.].

Wi-Fi навпаки є технологією з'єднання пристроїв у бездротову локальну мережу. Дана технологія базується на основі стандартів IEEE 802.11 [18, ст.]. Стандарт IEEE 802.11 визначає протоколи, які забезпечують зв'язок між пристроями, що підтримують Wi-Fi. Кожен новий стандарт є модифікацією вже існуючого. Стандарти працюють на різних частотах, надають різну пропускну здатність та кількість каналів. Конкретно модуль WISE-4220-S231 підтримує WLAN стандарти IEEE 802.11b/g/n.

Функціональний рівень комунікації відповідає мережевому та транспортному рівням моделі TCP/IP. Дані рівні використовують стек протоколів TCP/IP.

TCP – це протокол транспортного рівня. До його функцій належить:

- керування сесією;
- гарантія надійної доставки;
- забезпечення доставки сегментів у правильному порядку;
- керування потоком передачі даних.

Для відстеження стану сеансу зв'язку протокол TCP фіксує, яку інформацію він відправив і яка інформація була підтверджена. Сеанс зв'язку з контролем стану починається з встановлення сеансу обміну даними і припиняється після його завершення [19, ст.].

IP - це протокол мережевого рівня. Він був розроблений, як протокол з низьким навантаженням, тобто він виконує лише ті дії, що необхідні для доставки

пакета. Даний протокол є ненадійним тому, що не гарантує доставку пакета, а перекладає це на протокол вищого рівня. Також він не залежить від середовища передачі. До його функцій належить:

- адресація кінцевих пристроїв;
- інкапсуляція;
- маршрутизація;
- деінкапсуляція.

На відміну від TCP протокол IP не керує передачею даних, а вказує структуру пакета і тип його обробки. Протокол IP інкапсулює сегмент транспортного рівня або інші дані шляхом додавання IP заголовку. IP заголовок використовується для доставки пакета на вузол призначення [20, ст.].

Функціональний рівень додатків відповідає рівню додатків моделі TCP/IP. У створеному рішенні на даному рівні використовується протокол MQTT.

MQTT – це відкритий протокол обміну даних, що є дуже популярним у IoT [21, ст.]. Основними особливостями даного протоколу є компактність повідомлень, робота на лінії передачі даних, що має проблеми з стабільністю роботи, легка інтеграція нових пристроїв. Працює даний протокол на прикладному рівні поверх TCP/IP. Передача повідомлень у цьому протоколі відбувається по принципу Видавець/підписник. Посередником між ними є MQTT брокер. Видавець публікує дані на брокер та вказує тему даного повідомлення, а підписники, що слідкують за даною темою, отримують ці дані.

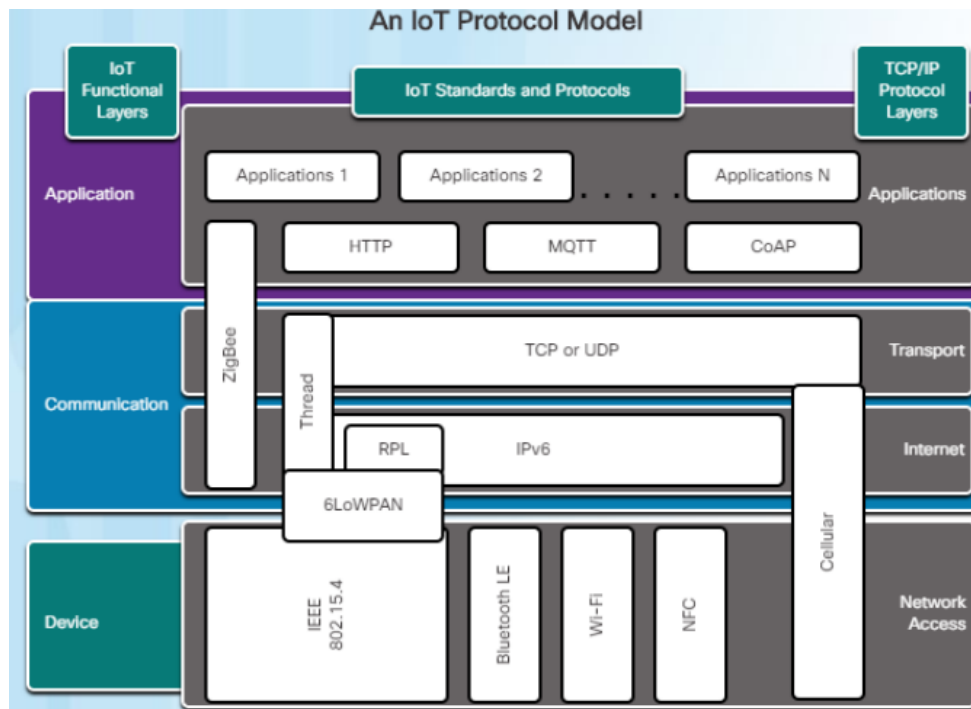


Рисунок 3.5. Модель протоколів IoT

3.4 База даних для IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці

База даних є важливою частиною реалізованого рішення. Виконання всіх поставлених перед системою задач потребує використання значної кількості даних. Для швидкої роботи системи всі ці дані повинні бути гарно структуровані та доступні у будь-який момент. Функції зберігання, редагування, виведення та видалення даних для подальшого використання їх для корегування роботи пристроїв бере на себе саме база даних.

3.4.1 Вибір засобу для створення бази даних

Для створення логічної та фізичної моделей майбутньої бази даних було використано Oracle SQL Developer Data Modeler [22, ст.]. Даний програмний засіб є умовно безкоштовним, що є значною перевагою. До його ключових особливостей належать:

- Створення діаграм взаємозв'язків сутностей (ERD), використовуючи або позначення Баркера або Бахмана, або часткову підтримку інформаційної інженерії.
- Розробники мають можливість генерувати різні бази даних або орієнтовані на конкретні платформи DDL-сценарії залежно від обраної фізичної моделі. Фізична модель підтримує конструкції даних у базах даних Oracle, IBM DB2 та Microsoft SQL Server.

3.4.2 Концептуальна модель бази даних

Першим етапом у створенні бази даних є проектування її концептуальної моделі. Дана модель є словесним описом компонентів майбутньої бази даних. На даному етапі база даних являла собою 12 таблиць, а саме:

- Датчики: дана таблиця міститиме інформацію про всі наявні в теплиці датчики з зазначенням відповідних типів датчиків, що прописані в таблиці “типи датчиків”.
- Типи датчиків: таблиця, що міститиме список можливих типів датчиків, вимірювану ними фізичну величину та одиниці її вимірювання.
- Виконавчі пристрої: таблиця буде зберігати інформацію про виконавчі пристрої (пристрої, за допомогою яких відбуватиметься регулювання клімату теплиці), що розташовані у теплиці та їх типи, що вказані в таблиці “Типи виконавчих пристроїв”.
- Типи виконавчих пристроїв: дана таблиця буде містити можливі типи приводів відповідно до дії, що вони виконують, або показника, на який впливають.
- Журнал подій: таблиця з усіма діями, що виконуються у теплиці.
- Список дій: заздалегідь створений список можливих дій, що виконують пристрої теплиці.

- Виміри: містить інформацію про датчик, його виміри та час/дату, коли вони були виконані.
- Сценарії: дана таблиця буде містити норми вирощування відповідних рослин, до яких належать: межі кліматичних показників для здорового розвитку рослини для кожного з чотирьох вегетаційних станів, їх тривалість. На основі даних з цієї таблиці будуть працювати датчики та приводи системи, в якій буде використовуватись розроблена база даних.
- Активні сценарії: дана таблиця буде містити інформацію про рослини та сценарії їх розвитку, що задіяні у теплиці на даний момент, дату їх посадки, від якої починається відлік роботи сценарію. На основі даних з цієї таблиці та таблиці сценаріїв буде виконуватись розрахунок значень кліматичних показників, які мають підтримуватись у теплиці.
- Ролі: дана таблиця містить ролі, які можуть мати працівники теплиці відповідно до обов'язків. Кожна роль надає різні права у керуванні додатком по контролю та моніторингу.
- Журнал входу/виходу користувачів: дана таблиця містить дані про час та дату входу та виходу користувачів у додаток, це направлено на забезпечення безпеки.
- Користувачі: дана таблиця містить дані про усіх користувачів додатку теплиці: їх імена, паролі, ролі.

3.4.3 Логічна модель бази даних

На другому етапі створена контекстна модель була перетворена у логічну модель (рис. 3.6). Дана модель складається з 12 сутностей, які мають такі атрибути:

- Сутність Measurements відповідає таблиці «Виміри» та має 5 атрибутів: Measure_ID – айди виміру у таблиці, Sensor_ID – зовнішній

ключ з сутності Sensors, який відвідає айді сенсора, Value – виміряне сенсором значення, Date – дата виміру, Time – час виміру.

- Сутність Sensors відповідає таблиці «Датчики» та має 3 атрибути: Sensor_ID – айді сенсору у таблиці, Sens_Model – модель сенсору, Type_ID – зовнішній ключ з сутності Sensors types, який відповідає айді типу сенсора.
- Сутність Sensors types відповідає таблиці «Типи датчиків» та має 4 атрибути: Type_ID – айді типу сенсора у таблиці, Type_name – назва типу сенсора, Measured_quantity – вимірювана сенсором даного типу фізична величина, Units – одиниці вимірювання фізичної величини.
- Сутність Actuators відповідає таблиці «Виконавчі пристрої» та має 3 атрибути: Actuator_ID – айді приводу у таблиці, Act_Model – модель виконавчого пристрою, Type_ID – айді типу виконавчого пристрою у таблиці.
- Сутність Actuators types відповідає таблиці «Типи приводів» та має 2 атрибути: Type_ID – айді типу привода у таблиці, Type_name – назва типу привода.
- Сутність Event log відповідає таблиці «Журнал подій» та має 4 атрибути: Event_ID – айді події у таблиці, Description_ID – зовнішній ключ з сутності Action list, який відповідає айді опису дії, Date – дата виконання дії, Time – час виконання дії.
- Сутність Action list відповідає таблиці «Список дій» та має 2 атрибути: Description_ID – айді опису дії у таблиці, Action_description – опис дії.
- Сутність Scenarios відповідає таблиці Сценарії та містить 22 атрибути: Scen_ID – айді сценарію у таблиці, Plant_name – назва рослини, Phase1_min_temp – мінімальне допустиме значення температури для рослини на етапі проростання, Phase1_max_temp – максимально допустиме значення температури для рослини на етапі проростання,

Phase1_min_hum – мінімальне допустиме значення вологості для рослини на етапі проростання, Phase1_max_hum – максимально допустиме значення вологості для рослини на етапі проростання, Phase1_duration – тривалість етапу проростання, Phase2_min_temp – мінімальне допустиме значення температури для рослини на етапі росту, Phase2_max_temp – максимально допустиме значення температури для рослини на етапі росту, Phase2_min_hum – мінімальне допустиме значення вологості для рослини на етапі росту, Phase2_max_hum – максимально допустиме значення вологості для рослини на етапі росту, Phase1_duration – тривалість етапу росту, Phase3_min_temp – мінімальне допустиме значення температури для рослини на етапі цвітіння, Phase3_max_temp – максимально допустиме значення температури для рослини на етапі цвітіння, Phase3_min_hum – мінімальне допустиме значення вологості для рослини на етапі цвітіння, Phase3_max_hum – максимально допустиме значення вологості для рослини на етапі цвітіння, Phase3_duration – тривалість етапу цвітіння, Phase4_min_temp – мінімальне допустиме значення температури для рослини на етапі плодоносіння, Phase4_max_temp – максимально допустиме значення температури для рослини на етапі плодоносіння, Phase4_min_hum – мінімальне допустиме значення вологості для рослини на етапі плодоносіння, Phase4_max_hum – максимально допустиме значення вологості для рослини на етапі плодоносіння, Phase1_duration – тривалість етапу плодоносіння.

- Сутність Active_Scenarios відповідає таблиці Активні сценарії та містить 4 атрибути: ActScen_ID – айди активного сценарію в таблиці, Scen_ID – зовнішній ключ з сутності Scenarios, який відповідає айди сценарію, Landing_date – дата посадки рослини, Curr_state – нинішній етап розвитку рослини.

- Сутність Users відповідає таблиці Користувачі та містить 5 атрибутів: User_ID – айді користувача, First_name – ім'я користувача, Last_name – прізвище користувача, Role_ID - зовнішній ключ з сутності Roles, який відповідає айді ролі, Password – пароль користувача.
- Сутність Roles відповідає таблиці Ролі та містить 2 сутності: Role_ID – айді ролі, Role_name – назва ролі.
- Сутність Log_in_registry відповідає таблиці Журнал входу/виходу користувачів та містить 4 атрибути: Log_ID – айді запису, User_ID – зовнішній ключ з сутності Users, який відповідає айді користувача, Log_IN_DateTime – дата/час входу у додаток, Log_Out_DateTime – дата/час виходу з додатку.

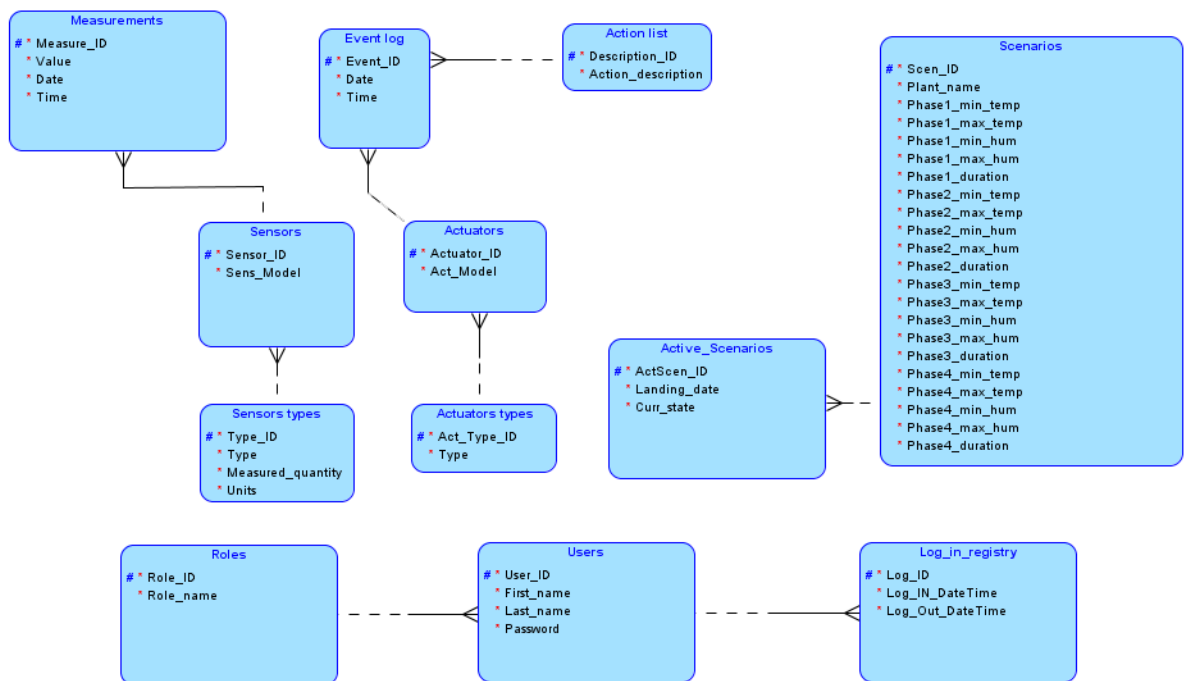


Рис. 3.6. Логічна модель бази даних

3.4.4 Фізична модель бази даних

Останнім етапом у моделюванні є створення фізичної моделі. Oracle SQL Developer Data Modeler дає можливість згенерувати фізичну модель з логічної за

допомогою кнопки «Engineer to Relational Model». На даному етапі сутності стають таблицями, а кожний атрибут має визначений тип даних та обмеження по розміру. Готова фізична модель (рис. 3.7).

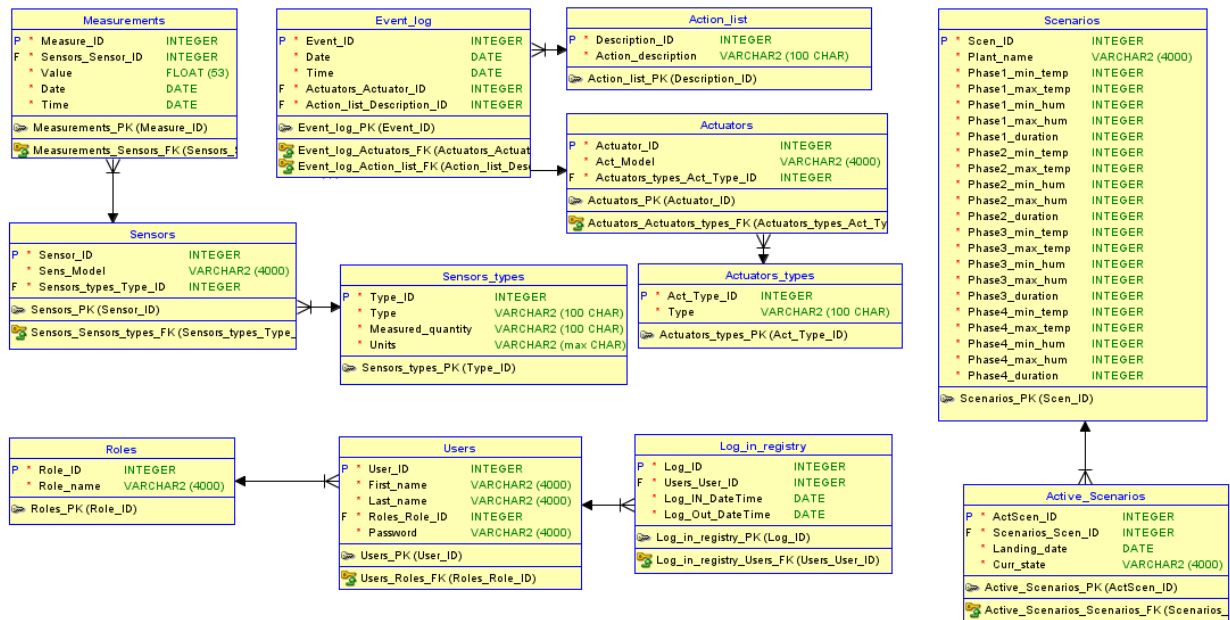


Рисунок 3.7. Фізична модель бази даних

Створені таблиці, їх атрибути та типи даних представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Таблиці, атрибути та їх типи даних

Назва таблиці	Стовбець	Тип даних
1	2	3
Measurement	Measure_ID(Primary key)	Integer
	Sensor_ID(Foreign key)	Integer
	Value	Binary float
	Date	Date
	Time	Date
Sensors	Sensor_ID(Primary key)	Integer

Продовження табл. 3.1

	Sens_Model	Varchar
	Type_ID(Foreign key)	Integer
Sensors_types	Type_ID(Primary key)	Integer
	Type_Name	Varchar
	Measured_quantity	Varchar
	Units	Varchar
Actuators	Actuator_ID(Primary key)	Integer
	Act_Model	Varchar
	Type_ID(Foreign key)	Integer
Actuators_types	Type_ID(Primary key)	Integer
	Type_name	Varchar
Event_log	Event_ID(Primary key)	Integer
	Actuator_ID(Foreign key)	Integer
	Description_ID(Foreign key)	Integer
	Date	Date
	Time	Date
Action_list	Description_ID(Primary key)	Integer
	Action_description	Varchar
Roles	Role_ID(Primary key)	Integer

	Role_name	Varchar
Users	User_ID(Primary key)	Integer
	First_name	Varchar
	Last_name	Varchar
	Role_ID (Foreign key)	Integer

Продовження табл. 3.1

	Password	Varchar
Log_in_registry	Log_ID(Primary key)	Integer
	User_ID(Foreign key)	Integer
	Log_IN_DateTime	Date
	Log_Out_DateTime	Date
Scenarios	Scen_ID(Primary key)	Integer
	Plant_name	Varchar
	Phase1-4_min_temp	Integer
	Phase1-4_max_temp	Integer
	Phase1-4_min_hum	Integer
	Phase1-4_max_hum	Integer
	Phase1-4_duration	Integer
Active_Scenarios	ActScen_ID(Primary key)	Integer
	Scen_ID(Foreign key)	Integer

	Landing_date	Date
	Curr_state	Varchar

3.4.5 Розгортання бази даних на сервері

Результатом завершення етапу проектування є готова фізична модель. Для подальшого застосування створеної моделі бази даних необхідно було її розгорнути на сервері. У Oracle SQL Developer Data Modeler на вкладці фізичної моделі присутня кнопка «Generate DDL». Після натискання на цю кнопку та вибору необхідних параметрів було згенеровано скрипт, який використовується для створення таблиць.

Для розгортання бази даних було обрано Microsoft SQL Server 2019 Express Edition [23, ст.]. SQL Server 2019 Express є безкоштовною версією SQL Server, яка ідеально підходить для розробки додатків для використання на настільних комп'ютерах, веб-серверах і інших невеликих серверах. Дана версія повністю задовольняє потреби даного рішення.

Згенерований скрипт було завантажено у SQL Server 2019 Express. Після успішного запуску скрипта розгортається розроблена база даних, у якій зберігаються усі вхідні дані системи. Діаграма бази даних (рис. 3.8).

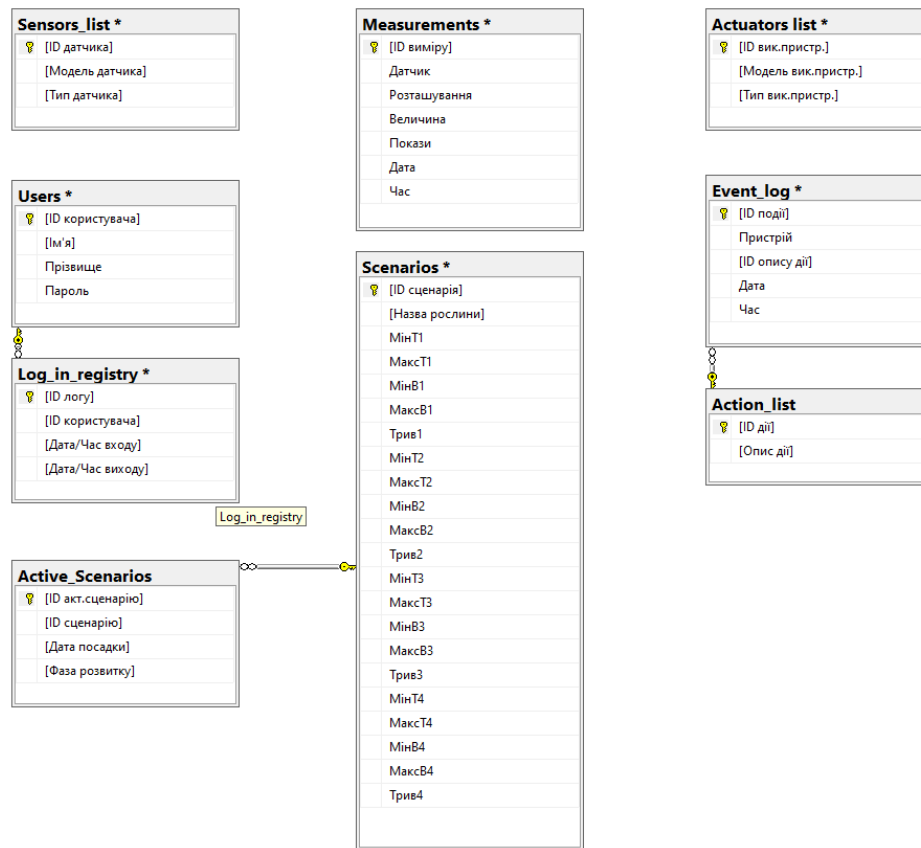


Рисунок. 3.8. Діаграма бази даних

3.5 Користувацький додаток IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці

Для створення системи було використано програмне забезпечення під назвою NodeRED.

NodeRED – це середовище потокового програмування, що було розроблене компанією IBM. Основною ціллю створення NodeRED є поєднання пристроїв, інтерфейсів програмування додатків та онлайн сервісів у інтернет речей. NodeRED заснована на парадигмі потокового програмування [24, ст.].

Потокове програмування – це спосіб програмування роботи додатку у вигляді вузлів. Кожен вузол має певний конкретний набір дій з даними, що в нього надходять. Після виконання цих дій вузол передає дані далі по мережі. Такий принцип створення є дуже зручним для людей, що далекі від програмування,

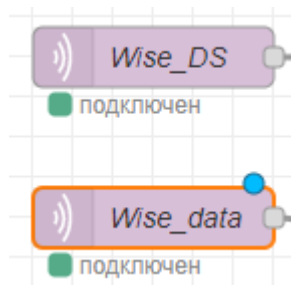


Рисунок 3.10. Вузол «MQTT in»

Даний вузол виконує підключення до MQTT-брокера та підписується на вказану у налаштуваннях тему. Налаштування вузла «Wise_data», що відповідає за отримання даних з датчика:

- Сервер : 91.90.22.**:1883 – IP-адреса MQTT-брокера та номер порту MQTT.
- Тема: Advantech/00D0C9FF**37/data – назва теми, на яку виконується підписка.
- Формат вихідних даних: об'єкт JSON.

Відповідно до алгоритму, отримані дані повинні бути записані у базу даних та відображені у користувацькому додатку.

Для виконання запису даних у БД використано встановлений вузол «MSSQL» [27, ст.] (рис. 3.11), який дозволяє встановити віддалене підключення з розгорнутим сервером Microsoft SQL. Для цього у Microsoft Management Studio був створений користувач з логіном і паролем, що дозволяє виконувати захищене віддалене підключення (рис. 3.12).

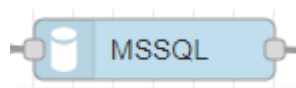


Рисунок 3.11. Вузол «MSSQL»

Запис даних відбувається через виконання SQL-запиту, який прописаний у вузлі «Function»:

d = new Date,

Рисунок 3.13. Вузол «Chart»

Вузол «Chart» дозволяє зобразити отриману інформацію у вигляді графіка, стовпчикової та кругової діаграм [28, ст.]. У створеному IoT-рішенні використано саме лінійні графіки. Сторінка з даними містить чотири графіка: значення температури та вологості ззовні та всередині теплиці. Дані вузли можна конфігурувати залежно від потреб користувача. Є можливість конфігурувати значення осей, колір графіку тощо.

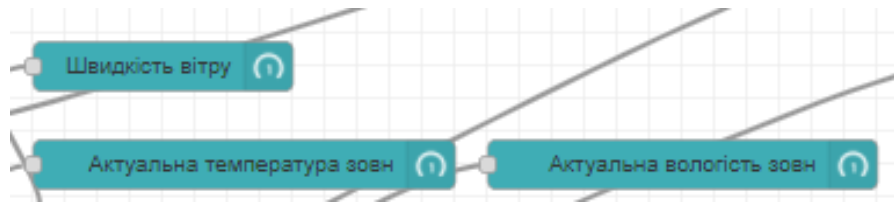


Рисунок 3.14. Вузол «Artless-gauge»

Вузол «Artless-gauge» надає можливість додати на користувацький інтерфейс віджет лінійного типу [29, ст.]. Даний віджет може бути у вигляді горизонтальної або радіальної лінії, на якій відображається значення, що отримане на вхід вузла. Даний вузол дає можливість встановити межі відображення, а також розбити межі на секції. Кожному віджету можна налаштувати відповідний колір відображення. Так, наприклад, мною для значення швидкості вітру був налаштований зелений колір, для температури – оранжевий, а для вологості – блакитний.

У результаті створена сторінка кліматичних показників (рис. 3.15) містить:

- Секцію з даними про виміри виконані відповідними датчиками, які підтягуються з бази даних.
- Секцію з встановленими оптимальними значеннями вимірюваних величин та полем для встановлення безпечного значення швидкості вітру.
- Актуальні значення швидкості та напрямку вітру з відповідного датчику, який розташовується ззовні теплиці.

- Актуальні значення температури та відносної вологості повітря зовнішнього середовища.
- Графіки температури та відносної вологості повітря зовнішнього середовища.
- Актуальні значення температури та відносної вологості повітря всередині теплиці.
- Графіки температури та відносної вологості повітря всередині теплиці.

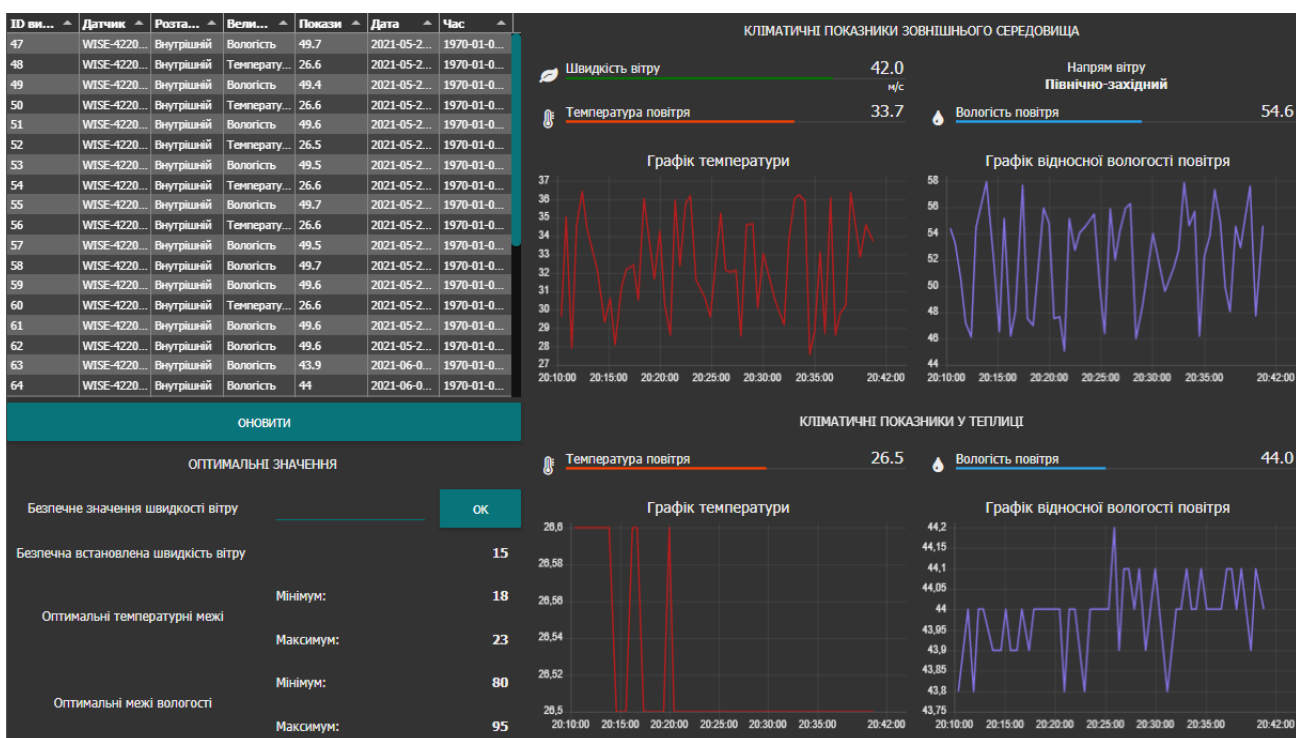


Рисунок 3.15. Сторінка кліматичних показників

Другою сторінкою додатку є «Сторінка для роботи з рослинами». Створена мережа вузлів для даної сторінки зображена на (рис. 3.16).

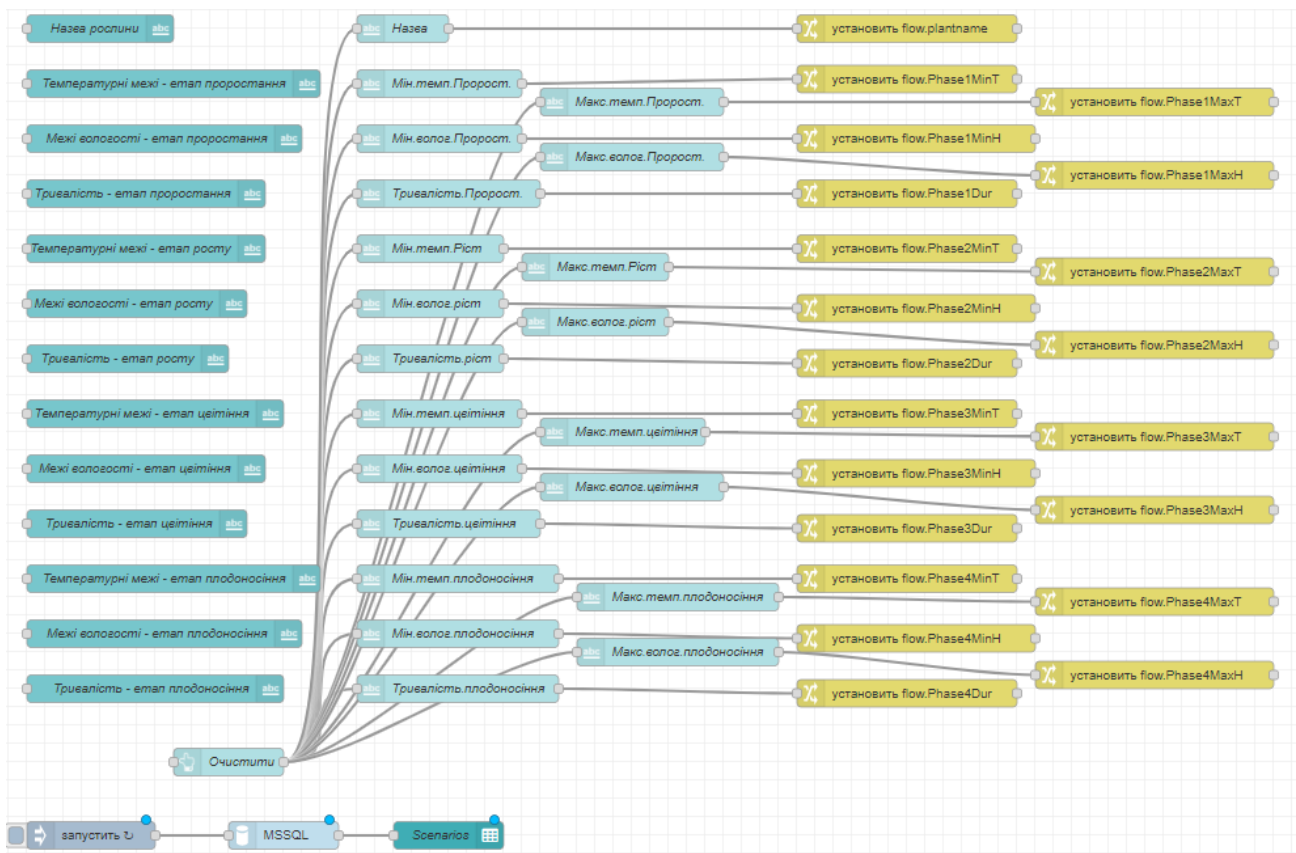


Рисунок 3.16. Мережа вузлів сторінки для роботи з рослинами

Для отримання даних від користувача, що необхідні для коректної роботи системи, було використано вузол «Text input» [30, ст.] (рис. 3.17). Даний вузол передає введений користувачем текст далі по мережі у придатному для використання виді.

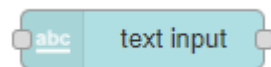


Рисунок 3.17. Вузол «Text input»

За допомогою необхідної кількості вузлів «Text input» та «Text» було створено форму (рис. 3.18), в яку користувач вводить дані по вимогам рослин щодо значень кліматичних показників на всіх етапах розвитку. Ці дані також додаються до бази даних у відповідну таблицю та формують сценарій вирощування, які користувач зможе використовувати повторно.

Назва рослини	Назва	
Температурні межі - етап проростання	<u>Мін.темп.</u>	<u>Макс.темп.</u>
Межі вологості - етап проростання	<u>Мін.волог.</u>	<u>Макс.волог.</u>
Тривалість - етап проростання	<u>Тривалість</u>	
Температурні межі - етап росту	<u>Мін.темп.</u>	<u>Макс.темп.</u>
Межі вологості - етап росту	<u>Мін.волог.</u>	<u>Макс.волог.</u>
Тривалість - етап росту	<u>Тривалість</u>	
Температурні межі - етап цвітіння	<u>Мін.темп.</u>	<u>Макс.темп.</u>
Межі вологості - етап цвітіння	<u>Мін.волог.</u>	<u>Макс.волог.</u>
Тривалість - етап цвітіння	<u>Тривалість</u>	
Температурні межі - етап плодоношення	<u>Мін.темп.</u>	<u>Макс.темп.</u>
Межі вологості - етап плодоношення	<u>Мін.волог.</u>	<u>Макс.волог.</u>
Тривалість - етап плодоношення	<u>Тривалість</u>	
ОЧИСТИТИ		ДОДАТИ

Рисунок 3.18. Форма для створення сценаріїв

Додаються введені дані до бази даних по натисканню кнопки «Додати», яка надсилає на виконання SQL-запит, що містить отримані дані (додаток А).

Також було реалізовано логіку роботи системи. У даний момент для прикладу на виконання запущено сценарій по вирощуванню моркви. У даному сценарію на етапі проростання має такі вимоги до кліматичних показників:

- мінімальна температура – 20 °С;
- максимальна температура – 25 °С;
- мінімальна відносна вологість повітря – 60 %;
- максимальна відносна вологість повітря – 80 %.

Саме такі дані представлені і у користувацькому додатку (рис. 3.19).

Морква	20	25	60	80
--------	----	----	----	----

Рисунок 3.19. Вимоги до кліматичних показників сценарію по вирощуванню моркви

На сторінці по контролю кліматичних показників вказано (рис. 3.20), що актуальними значеннями для вимірюваних величин є:

- Температура – 26,8 °C
- відносна вологість повітря – 45,2 %

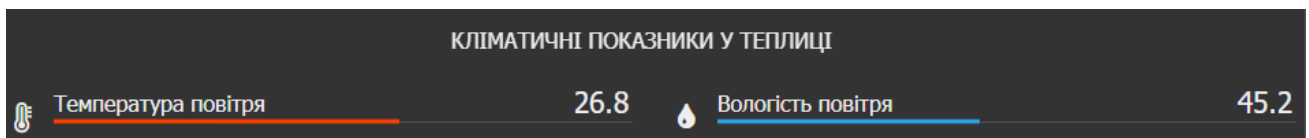


Рисунок 3.20. Актуальні значення температури та вологості на сторінці по контролю кліматичних показників

На основі отриманих даних та закладеній у роботу системи логіки результатом стало увімкнення на панелі керування пристроями зволожувача для нормалізації показника відносної вологості повітря, оскільки актуальне значення значно нижче за потрібне. Також було увімкнено кондиціонер тому, що актуальне значення температури перевищує оптимальні межі. Панель приладів зображена на рисунку 3.21.

Також була реалізована логіка роботи системи провітрювання теплиці. У даний момент швидкість вітру становить 12 м/с (рис. 3.21), а це значно менше, ніж встановлені безпечні 25м/с. Тому для провітрювання було відкрито кватирки під дахом теплиці.

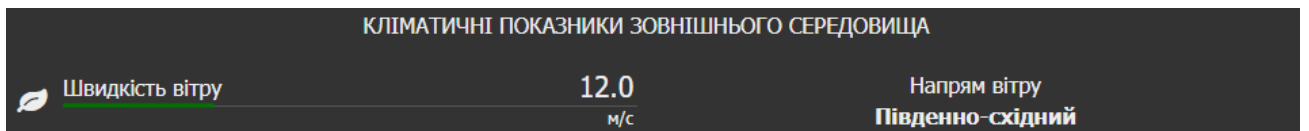


Рисунок 3.21. Актуальні значення швидкості та напрямку вітру на сторінці по контролю кліматичних показників

Робота відповідних приладів відображена на панелі приладів (рис. 3.22).

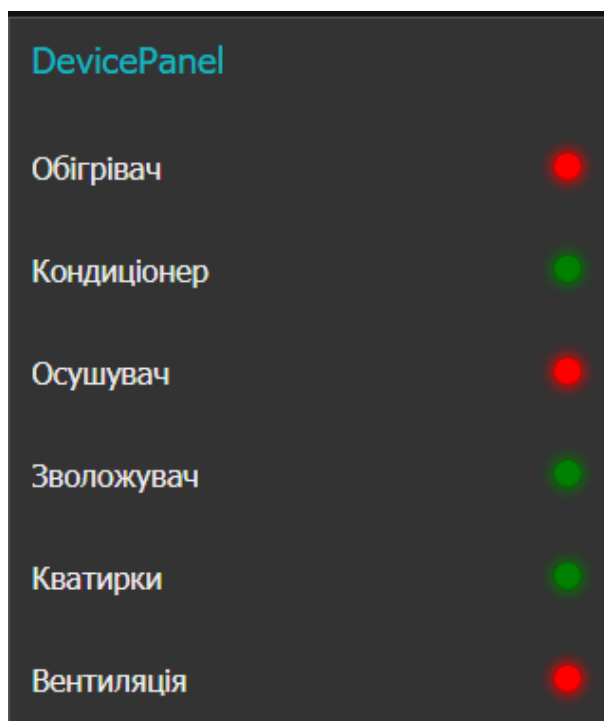


Рисунок 3.22. Панель керування пристроями

3.6 Висновки до розділу

Під час роботи над третім розділом було:

- Підібрано апаратне забезпечення для всіх необхідних рівнів розробленої у другому розділі моделі відповідно до задач, які повинна виконувати система.
- Підібрано та описано протоколи та технології, які використовуються у роботі системі.
- Обрано засіб для проектування моделей бази даних, створено концептуальну, логічну та фізичну моделі, згенеровано скрипт, завантажено його у MSSQL Server та розгорнуто базу даних з можливістю віддаленого підключення до неї.
- Створено користувацький додаток по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці, у якому повністю реалізовано алгоритм роботи, який був створений у другому розділі.

ВИСНОВКИ

У результаті роботи над бакалаврською роботою, темою якої є створення системи аналізу та контролю кліматичних показників було:

- Проведено дослідження щодо актуальності обраної теми та обґрунтування її актуальності. Отримано додаткові знання щодо актуальності та ефективності впровадження IoT рішень у аграрний сектор.
- Проведено дослідження ринку у даній сфері та обрано уже існуючі рішення для аналізу з метою більш ефективного створення власної системи контролю кліматичних показників. Було проаналізовано архітектуру даних рішень та функціональні можливості додатків. У результаті було вказано можливі варіанти покращення та поставлено задачу для реалізації. Завдяки проведеному пошуку та аналізу предметної області було поглиблено теоретичні знання з розробки IoT-рішень та покращено розуміння даного процесу, що пришвидшує виконання теоретичних етапів розробки.
- Розроблено модель IoT-рішення з метою більш ефективної та структурованої реалізації рішення. Було теоретично визначено та описано призначення кожного рівня моделі, їх основні функції та компоненти, які є складовою частиною.
- Розроблено та реалізовано алгоритм роботи IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці, у якому схематично відображена логіка роботи системи в залежності від даних, що надходять у систему.
- Проведено дослідження ринку IoT-пристроїв та підібрано апаратне забезпечення для реалізації системи. Підібрані пристрої виконують всі необхідні функції відповідно до рівнів розробленої моделі, у яких застосовуються, та відповідають всім сучасним вимогам.

- Підібрано та описано протоколи та технології, які використовуються у роботі системі.
- Обрано засіб для проектування моделей бази даних, створено концептуальну, логічну та фізичну моделі, згенеровано скрипт, завантажено його у MSSQL Server та розгорнуто базу даних з можливістю віддаленого підключення до неї.
- Створено користувацький додаток по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці, у якому повністю реалізовано алгоритм роботи, який був створений у другому розділі. Функціональні можливості реалізованого додатку дозволяють виконувати всі необхідні операції по підтримці оптимальних значень вимірюваних величин для здорового розвитку рослин, а це відповідає всім поставленим вимогам тому можна вважати завдання повністю виконаним.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. What is the IoT? Everything you need to know about the Internet of Things right now: веб-сайт. URL: <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/> (дата звернення: 23.04.2021).
2. What Is the Internet of Things (IoT)?: веб-сайт. URL: <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/> (дата звернення: 23.04.2021).
3. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW): веб-сайт. URL: <http://www.fao.org/3/i1688e/i1688e.pdf> (дата звернення: 23.04.2021).
4. Internet of Things Empowered Smart Greenhouse Farming: веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/profile/Rakiba_Rayhana/publication/340326857_Internet_of_Things_Empowered_Smart_Greenhouse/links/5fb89801299bf104cf664086/Internet-of-Things-Empowered-Smart-Greenhouse.pdf (дата звернення: 24.04.2021).
5. Теплиці будуть відігравати важливу роль в сільському господарстві ОАЕ: веб-сайт. URL: <https://businessemirates.ae/news/uae-property-news/teplitsy-budut-igrat-vazhnuyu-rol-v-selskom-khozyaystve-oa/> (дата звернення: 25.04.2021).
6. Як невелика країна нагодує весь світ: Голландія переписала правила ведення сільського господарства: веб-сайт. URL: <https://agrovesti.net/lib/tech/precise-farming-tech/kak-nebolshaya-strana-nakormit-ves-mir-gollandiya-perepisala-pravil-vedeniya-selskogo-khozyajstva.html> (дата звернення: 26.04.2021).
7. Ridder HortiMaX-Go! Simple, efficient and affordable control of climate and irrigation: веб-сайт. URL: <https://ridder.com/ridder-hortimax-go/> (дата звернення: 02.05.2021).

8. Контролер HortiMaX-Go! Розумний контролер для тепличного господарства: веб-сайт. URL: <https://docplayer.ru/46373679-Kontroller-hortimax-go-umnyu-kontroller-dlya-teplichnogo-hozyaystva.html> (дата звернення: 02.05.2021).
9. HortiMaX-Go! Швидкий старт - інструкція по установці SV MAN030: веб-сайт. URL: <http://docplayer.ru/73231718-Hortimax-go-bystryu-start-instrukciya-po-ustanovke-sv-man030.html> (дата звернення: 02.05.2021).
10. Avnet's Smart Greenhouse Monitoring Solution: веб-сайт. URL: <https://www.iotconnect.io/smart-greenhouse-solution.html> (дата звернення: 05.05.2021).
11. Віддалений моніторинг і контроль теплиць: веб-сайт. URL: <https://www.proxis.ua/ru/solution/monitiring-i-kontrol-teplic/> (дата звернення: 06.05.2021).
12. Протоколи та мережі Modbus та Modbus TCP: веб-сайт. URL: <https://www.cta.ru/cms/f/435973.pdf> (дата звернення: 07.05.2021).
13. Платформа Webaccess/SCADA: веб-сайт. URL: <https://www.proxis.ua/ru/product/advantech-webaccess-scada-software/> (дата звернення: 08.05.2021).
14. Бездротовий сенсорний вузол WLAN на базі технології IoT: WISE-4220: веб-сайт. URL: https://www.advantech.ru/products/229f9f5b-d073-4cc2-ac54-d90147e04c12/wise-4220/mod_c4851078-f819-4e6d-b597-4ba15b7e1266 (дата звернення: 09.05.2021).
15. ADAM-6266: веб-сайт. URL: https://www.proxis.ua/files/documents/ADAM-6266_DS20140613101627.pdf (дата звернення: 10.05.2021).
16. 4G/LTE-маршрутизатор Teltonika RUT955: веб-сайт. URL: <https://www.proxis.ua/ru/product/teltonika-RUT955/> (дата звернення: 11.05.2021).

17. Ethernet: веб-сайт. URL: <https://www.speedcheck.org/ru/wiki/ethernet/> (дата звернення: 11.05.2021).
18. Що таке Wi-Fi?: веб-сайт. URL: https://www.cisco.com/c/ru_ru/products/wireless/what-is-wifi.html (дата звернення: 12.05.2021).
19. Протокол TCP - призначення і функціонал: веб-сайт. URL: <http://ciscotips.ru/tcp> (дата звернення: 13.05.2021).
20. Internet Protocol: веб-сайт. URL: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net_mgmt/prime/network/3-8/reference/guide/ip.html (дата звернення: 14.05.2021).
21. Що таке MQTT і для чого він потрібен в IoT? Опис протоколу MQTT: веб-сайт. URL: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt/> (дата звернення: 15.05.2021).
22. Data Modeling with Oracle SQL Developer: веб-сайт. URL: <https://www.oracle.com/database/technologies/appdev/datamodeler.html> (дата звернення: 16.05.2021).
23. Microsoft SQL Server 2019 Express Edition: веб-сайт. URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/sql-server-downloads> (дата звернення: 17.05.2021).
24. Знайомство з Node-RED і потоковим програмуванням: веб-сайт. URL: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/519600/> (дата звернення: 17.05.2021).
25. node-red-dashboard: веб-сайт. URL: <https://flows.nodered.org/node/node-red-dashboard> (дата звернення: 18.05.2021).
26. Connect to an MQTT Broker: веб-сайт. URL: <https://cookbook.nodered.org/mqtt/connect-to-broker> (дата звернення: 19.05.2021).

27. node-red-contrib-mssql: веб-сайт. URL:
<https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-mssql> (дата звернення:
20.05.2021).
28. Using the Node-Red Chart Node: веб-сайт. URL:
<https://stevesnoderedguide.com/using-the-node-red-chart-node> (дата
звернення: 21.05.2021).
29. node-red-contrib-ui-artless-gauge: веб-сайт. URL:
<https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-ui-artless-gauge> (дата
звернення: 22.05.2021).
30. How to work with text input: веб-сайт. URL:
<https://discourse.nodered.org/t/how-to-work-with-text-input/14282> (дата
звернення: 23.05.2021).

ДОДАТКИ

Додаток А – SQL запит для створення сценарію росту рослини
(обов'язковий)

PlantName = flow.get("plantname")

Phase1MinT = flow.get("Phase1MinT")

Phase1MaxT = flow.get("Phase1MaxT")

Phase1MinH = flow.get("Phase1MinH")

Phase1MaxH = flow.get("Phase1MaxH")

Phase1Dur = flow.get("Phase1Dur")

Phase2MinT = flow.get("Phase2MinT")

Phase2MaxT = flow.get("Phase2MaxT")

Phase2MinH = flow.get("Phase2MinH")

Phase2MaxH = flow.get("Phase2MaxH")

Phase2Dur = flow.get("Phase2Dur")

Phase3MinT = flow.get("Phase3MinT")

Phase3MaxT = flow.get("Phase3MaxT")

Phase3MinH = flow.get("Phase3MinH")

Phase3MaxH = flow.get("Phase3MaxH")

Phase3Dur = flow.get("Phase3Dur")

Phase4MinT = flow.get("Phase4MinT")

Phase4MaxT = flow.get("Phase4MaxT")

Phase4MinH = flow.get("Phase4MinH")

Phase4MaxH = flow.get("Phase4MaxH")

Phase4Dur = flow.get("Phase4Dur")

pld = "INSERT INTO [IOTDATA].[dbo].[Scenarios] "

*pld = pld + "(Plant_name, Phase1_min_temp, Phase1_max_temp,
Phase1_min_hum, Phase1_max_hum, Phase1_duration, "*

```
pld = pld + "Phase2_min_temp, Phase2_max_temp, Phase2_min_hum, Phase2_max_hum, Phase2_duration, "
```

```
pld = pld + "Phase3_min_temp, Phase3_max_temp, Phase3_min_hum, Phase3_max_hum, Phase3_duration, "
```

```
pld = pld + "Phase4_min_temp, Phase4_max_temp, Phase4_min_hum, Phase4_max_hum, Phase4_duration) "
```

```
pld = pld + "VALUES ('" + PlantName + "', " + Phase1MinT + ", " + Phase1MaxT + ", " + Phase1MinH + ", " + Phase1MaxH + ", " + Phase1Dur + ", "
```

```
pld = pld + Phase2MinT + ", " + Phase2MaxT + ", " + Phase2MinH + ", " + Phase2MaxH + ", " + Phase2Dur + ", "
```

```
pld = pld + Phase3MinT + ", " + Phase3MaxT + ", " + Phase3MinH + ", " + Phase3MaxH + ", " + Phase3Dur + ", "
```

```
pld = pld + Phase4MinT + ", " + Phase4MaxT + ", " + Phase4MinH + ", " + Phase4MaxH + ", " + Phase4Dur + ")"
```

```
msg.payload = pld
```

```
return msg;
```

Додаток Б – Презентація для захисту
(довідковий)

СИСТЕМА АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОЗУМНОЇ ТЕПЛИЦІ.

Виконав: Гусенко Антон Павлович

Керівник: Кучанський Олександр Юрійович

Рисунок Б.1. Слайд 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ОБРАНОЇ ТЕМИ

Internet of Things – популярний напрям, який став справжнім трендом у сфері інформаційних технологій. Даний напрям являє собою мережу для обміну даними між «Речами», тобто різними пристроями, кожен з яких містить у собі компоненти, що дозволяють їм взаємодіяти між собою та зовнішнім середовищем.

Сільське господарство має різне значення у економіці кожної країни, але важко ігнорувати факт того, що воно є важливим поставником ресурсів для інших галузей економіки країни, а головне – засобом забезпечення населення провізією. Якщо країна має достатні статки, то вона може імпортувати значну частину необхідних продуктів харчування, оскільки вони представлені на світовому ринку, але ціни на них не є постійними, тому наявність власного виробництва є вкрай важливим для харчової безпеки країни. Зважаючи на це, важко переоцінити актуальність та важливість впровадження IoT технологій для підвищення ефективності даної сфери.

Одним з життєздатних рішень є тепличне господарство, що стане гарантом продовольчої безпеки країни та зможе забезпечити продуктову стійкість. Уже зараз левова частка сільськогосподарської продукції належить теплицям та тепличним комплексам.

Очевидно, що тематика впровадження технологій IoT в тепличне господарство є дуже актуальною, особливо при можливості продовольчої кризи, але вона є досить широкою, тому темою моєї бакалаврської роботи було обрано розробку системи контролю одного з аспектів успішної роботи теплиці – кліматичних показників.

Рисунок Б.2. Слайд 2

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

Для більш ефективного створення власної системи клімат-контролю було розглянуто існуючі рішення, проаналізувано їх архітектуру, компоненти та можливості додатків для моніторингу та контролю. Очевидно, що кожна компанія не викладає у відкритий доступ всю інформацію, щодо своєї продукції, але провести аналіз певних основних аспектів вдалось.

Для аналізу було відібрано такі існуючі рішення:

- «HortiMax – GO!» від компанії [Ridder](#),
- «Avnet» від компанії [lotconnect](#),
- Рішення від компанії [Proxis](#).

Рисунок Б.3. Слайд 3

HORTIMAX – GO!» ВІД КОМПАНІЇ RIDDER

«HortiMax – GO!» від компанії [Ridder](#) – це нове рішення орієнтоване на виробників-початківців, які потребують систему розумного керування теплицею, але не занадто дорогою та комплексною. Дана система дозволяє користувачам самим обрати необхідні компоненти відповідно до потреб. Основною особливістю даного рішення є простий та зручний інтерфейс, що дозволяє переглядати та контролювати всі необхідні параметри.

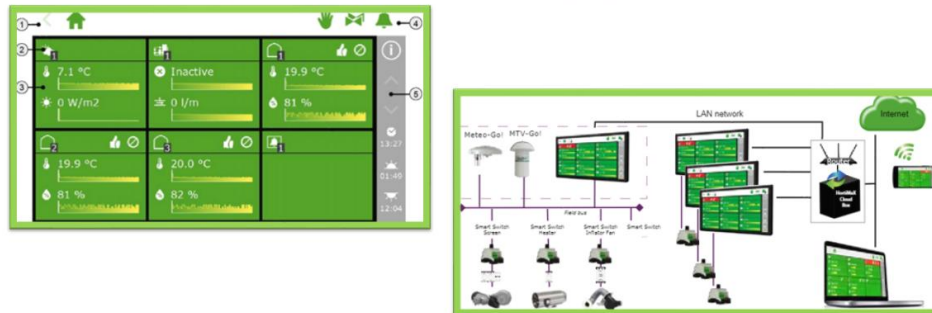


Рисунок Б.4. Слайд 4

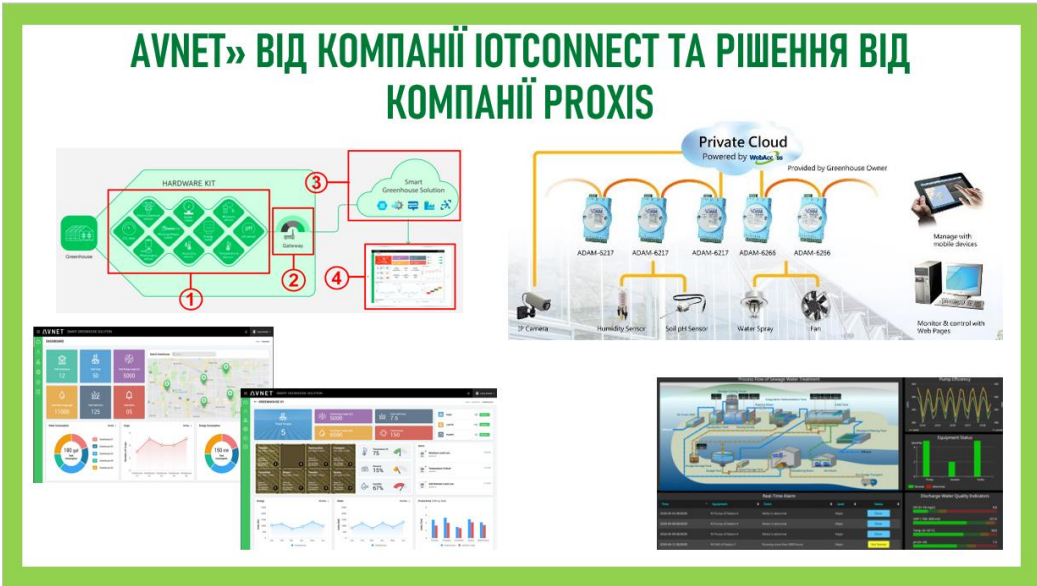
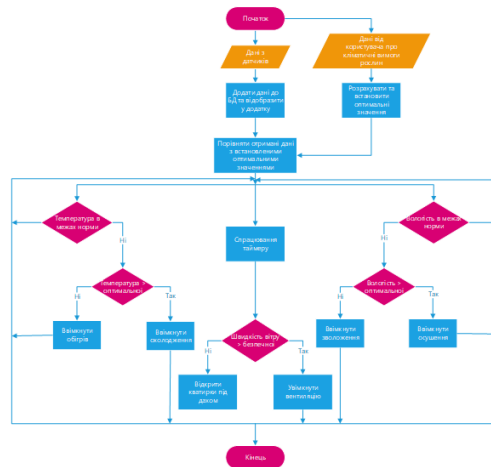


Рисунок Б.5. Слайд 5



Рисунок Б.6. Слайд 6

АЛГОРИТМ РОБОТИ ІОТ-РІШЕННЯ

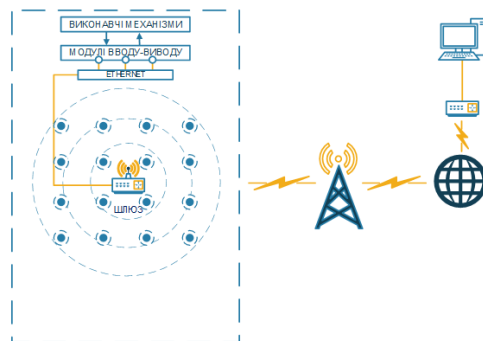


Для більш ефективної реалізації рішення був створений алгоритм його роботи. Даний алгоритм відображає логіку роботи системи в залежності від даних, що надходять у систему. Заздалегідь створений алгоритм значно полегшує етап програмування роботи системи.

IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників оперує великою кількістю вхідної інформації. Джерелами вхідних даних є датчики, що зчитують значення кліматичних показників, та користувачі, які вказують кліматичні вимоги рослин, на основі яких вираховуються оптимальні значення.

Рисунок Б.7. Слайд 7

АРХІТЕКТУРА ІОТ-РІШЕННЯ



Блок виконавчих механізмів, наприклад: кондиціонери, обігрівачі, зволожувачі, осушувачі і т.д. - підключаються до відповідних модулів вводу-виводу за допомогою дротів. За необхідності модулі будуть подавати живлення на виконавчі механізми та приводити їх до дії.

Для підключення датчиків було обрано бездротовий зв'язок, а для підключення модулів вводу-виводу - дротовий.

Оскільки об'єктом впровадження рішення є теплиця, а вони зазвичай розташовані за містом, для зв'язку з зовнішньою мережею було обрано бездротову передачу даних.

Рисунок Б.8. Слайд 8

АПАРАТНА ЧАСТИНА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦІ



МОДУЛЬ WISE-4220



ADAM-6266



TELTONIKA RUT955

Рисунок Б.9. Слайд 9

ПРОТОКОЛИ, ЩО ВИКОРИСТАНИ У СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛИЦІ

МОДЕЛЬ ПРОТОКОЛІВ ІОТ

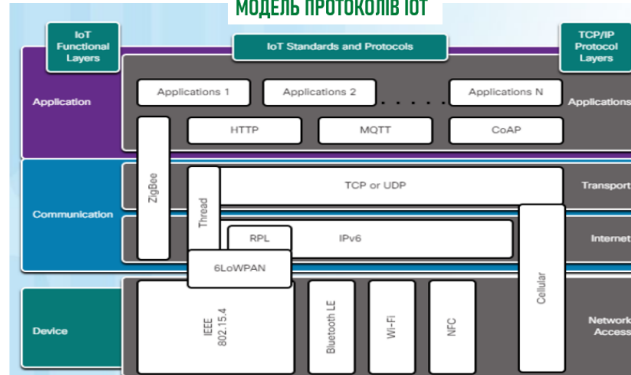


Рисунок Б.10. Слайд 10

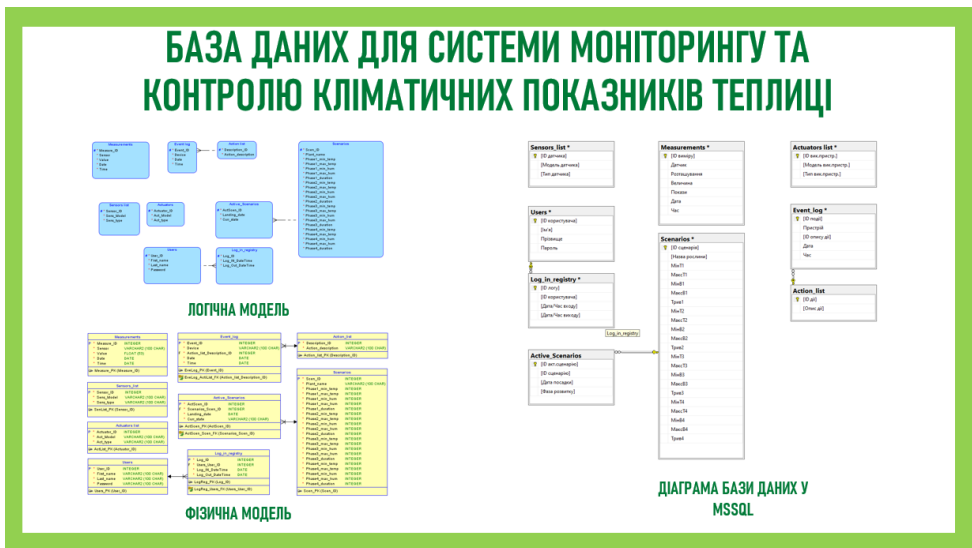
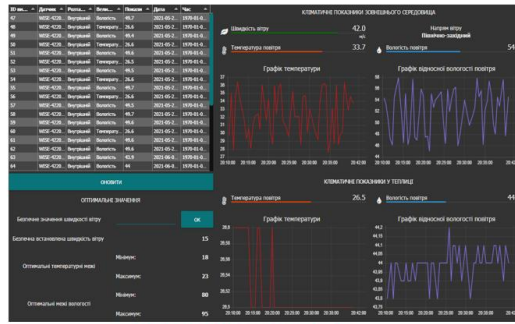


Рисунок Б.11. Слайд 11



Рисунок Б.12. Слайд 12

КОРИСТУВАЦЬКИЙ ДОДАТОК



СТОРІНКА КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Назва рослини	Назва	Мін. темп.	Макс. темп.
Температурні межі - етап проростання	Мін. темп.	Макс. темп.	
Межі вологості - етап проростання	Мін. волог.	Макс. волог.	
Тривалість - етап проростання	Тривалість		
Температурні межі - етап росту	Мін. темп.	Макс. темп.	
Межі вологості - етап росту	Мін. волог.	Макс. волог.	
Тривалість - етап росту	Тривалість		
Температурні межі - етап цвітіння	Мін. темп.	Макс. темп.	
Межі вологості - етап цвітіння	Мін. волог.	Макс. волог.	
Тривалість - етап цвітіння	Тривалість		
Температурні межі - етап плодоношення	Мін. темп.	Макс. темп.	
Межі вологості - етап плодоношення	Мін. волог.	Макс. волог.	
Тривалість - етап плодоношення	Тривалість		

ФОРМА ДЛЯ СТВОРЕННЯ СЦЕНАРІЇВ

Рисунок Б.13. Слайд 13

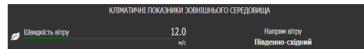
ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ КОРИСТУВАЦЬКОГО ДОДАТКУ

Для прикладу на виконання запущено сценарій по вирощуванню моркви. У даному сценарію на етапі проростання має такі виноги до кліматичних показників:

- мінімальна температура - 20 °C;
- максимальна температура - 25 °C;
- мінімальна відносна вологість повітря - 60 %;
- максимальна відносна вологість повітря - 80 %.

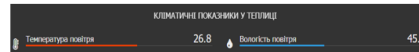
На основі отриманих даних та завданням у роботу системи логіки результатом стало ввімкнення на панелі керування пристроєм зволожувача для нормалізації показника відносної вологості повітря, оскільки актуальне значення значно нижче за потрібне. Також було увімкнено кондиціонер тому, що актуальне значення температури перевищує оптимальні межі.

Також була реалізована логіка роботи системи провітрювання теплиці. У даний момент швидкість вітру становить 12 м/с, а це значно менше, ніж встановлені безпечні 25м/с. Тому для провітрювання було відкрито квартири під дахом теплиці.



На сторінці по контролю кліматичних показників вказано (рис. 3.20), що актуальними значеннями для вимірюваних величин є:

- Температура - 26,8 °C
- відносна вологість повітря - 45,2 %



Робота відповідних приладів відображена на панелі приладів

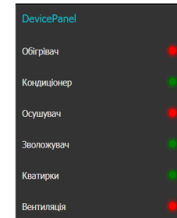


Рисунок Б.14. Слайд 14

Висновки

У результаті роботи над бакалаврською роботою, темою якої є створення системи аналізу та контролю кліматичних показників було:

- Проведено дослідження щодо актуальності обраної теми та обґрунтування її актуальності. Отримано додаткові знання щодо актуальності та ефективності впровадження IoT рішень у аграрний сектор.
- Проведено дослідження ринку у даній сфері та обрано уже існуючі рішення для аналізу з метою більш ефективного створення власної системи контролю кліматичних показників. Було проаналізовано архітектуру даних рішень та функціональні можливості додатків. У результаті було вказано можливі варіанти покращення та поставлено задачі для реалізації. Завдяки проведеному пошуку та аналізу предметної області було поглиблено теоретичні знання з розробки IoT-рішень та покращено розуміння даного процесу, що пришвидшує виконання теоретичних етапів розробки.
- Розроблено модель IoT-рішення з метою більш ефективної та структурованої реалізації рішення. Було теоретично визначено та описано призначення кожного рівня моделі, їх основні функції та компоненти, які є складовою частиною.
- Розроблено та реалізовано алгоритм роботи IoT-рішення по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці, у якому схематично відображена логіка роботи системи в залежності від даних, що надходять у систему.
- Проведено дослідження ринку IoT-пристроїв та підбрано апаратне забезпечення для реалізації системи. Підібрані пристрої виконують всі необхідні функції відповідно до рівнів розробленої моделі, у яких застосовуються, та відповідають всім сучасним вимогам.
- Підбрано та описано протоколи та технології, які використовуються у роботі системи.
- Обрано засіб для проектування моделей бази даних, створено концептуальну, логічну та фізичну моделі, згенеровано скрипт, завантажено його у MSSQL Server та розгорнуто базу даних з можливістю віддаленого підключення до неї.
- Створено користувацький додаток по аналізу та контролю кліматичних показників теплиці, у якому повністю реалізовано алгоритм роботи, який був створений у другому розділі. Функціональні можливості реалізованого додатку дозволяють виконувати всі необхідні операції по підтримці оптимальних значень вимірюваних величин для здорового розвитку рослин, а це відповідає всім поставленим вимогам тому можна вважати завдання повністю виконаним.

Рисунок Б.15. Слайд 15