

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Юрій КИРИЧУК
«__» _____ 2024 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою
«Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»
зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»
на тему: «Автоматизована система дистанційного моніторингу стану
навколишнього середовища»**

Виконав:
студент II курсу, групи ПК-21мп
Лесковець Богдан Васильович _____

Науковий керівник:
Доцент, кандидат технічних наук
Богдан Галина Анатоліївна _____

Консультант з розробки стартап-проектів:
Завідувач кафедри економічної кібернетики,
Доктор економічних наук, професор
Бояринова Катерина Олександрівна _____

Рецензент:
Доцент, кандидат технічних наук, доцент
Божко Костянтин Михайлович _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Лесковцю Богдану Васильовичу**

1. Тема дисертації «Автоматизована система дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища» науковий керівник дисертації доцент, кандидат технічних наук кафедри АСНК Богдан Галина Анатоліївна, затверджені наказом по університету від «08» 11 2023 р. № 5188-с

2. Термін подання студентом дисертації

3. Об'єкт дослідження: процес контролю стану навколишнього середовища

4. Вихідні дані: предмет дослідження – програмно-апаратні методи та засоби створення систем віддаленого моніторингу та збору даних.

5. Перелік завдань, які потрібно зробити: розглянути існуючі вимоги до параметрів систем контролю параметрів навколишнього середовища; проаналізувати існуючі аналоги; розробити структурну схему автоматизованої системи; здійснити підбір елементної бази; розробити алгоритми обробки та передачі даних; розробити макет системи.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 5 плакатів

7. Орієнтовний перелік публікацій:

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проектів	Завідувач кафедри економічної кібернетики, Доктор економічних наук, професор Бояринова Катерина Олександрівна		

9. _____ Дата _____ видачі _____ завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Формулювання завдання магістерської дисертації	15.09.2023	Виконано
2	Аналітичний огляд існуючих систем	25.09.2023	Виконано
3	Розроблення структурної схеми системи	10.10.2023	Виконано
4	Вибір елементної бази	20.10.2023	Виконано
5	Розробка алгоритмів обробки та передачі даних	10.11.2023	Виконано
6	Розробка макету автоматизованої системи	20.11.2023	Виконано
7	Розробка стартап-проекту	03.12.2023	Виконано
8	Формулювання висновків та оформлення пояснювальної записки та презентації	25.12.2023	Виконано

Студент

Богдан ЛЕСКОВЕЦЬ

Науковий керівник

Галина БОГДАН

РЕФЕРАТ

Актуальність теми.

Індустріалізація з 1960х років призвела до стрімкого росту урбанізації населення. За оцінкою світового банку на основі даних Відділу народонаселення [1] ООН - 55% (4.3 мільярди людей) населення планети проживає в урбанізованій місцевості. Тенденція є позитивною, та відсоток буде зростати й надалі. Це призводить до підвищення антропогенного впливу на навколишнє середовище. Будівництво нових промислових підприємств, збільшення кількості транспорту, використання викопних паливних ресурсів. 80% світової енергії виробляється з викопних паливних ресурсів [2]. Ці фактори спричиняють підвищенню концентрації шкідливих речовин в складі в атмосфері, зміну глобальної температури.

Масове використання систем віддаленого моніторингу показників атмосфери є ефективним способом для виявлення джерел змін довкілля. Об'єми зібраної інформації дозволяють виконувати аналіз та прогнозування трендів змін як в глобальних, так і локальних масштабах урбанізованих територій, для впровадження засобів протидії джерелам шкідливих викидів.

Розробки в даній сфері дозволяють збирати великі об'єми даних на широких площах з великою щільністю для використання як в глобальних дослідженнях, так і для впровадження законодавчих норм викидів на території міст, попередження громадян про перевищення допустимих показників забруднення в глобальних масштабах для забезпечення їх максимального комфорту проживання.

Встановлення систем на підприємствах для контролю мікроклімату та забруднення дозволить знизити негативний вплив на здоров'я та працездатність робітників, надійності устаткування, тощо. Зібрані дані аналізу протягом певного періоду дозволять проаналізувати проблеми на виробництві, для прийняття рішень по їх усуненню.

Існуючі засоби моніторингу в Україні не забезпечують достатньої щільності моніторингу, та доступності отриманих даних для подальшого аналізу, а системи для підприємств є дороговартісними та складними в монтажі. Тому розробка системи віддаленого моніторингу докілья є актуальним завданням яке визначило напрям дослідження.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи дистанційного моніторингу для спостереження параметрів навколишнього середовища з метою покращення екологічного стану, та зниження негативного впливу шкідливих речовин на населення, що проживає на урбанізованих територіях.

Для досягнення поставленої мети роботи потрібно вирішити ряд завдань:

- провести огляд наукової літератури по темі наукового дослідження, розглянути існуючі розробки в сфері дистанційного моніторингу;
- розробити структурну схему інформаційно-вимірювальної системи для контролю показників навколишнього середовища;
- спроектувати структурну схему апаратного блоку системи моніторингу та здійснити розробку його принципової електричної схеми;
- спроектувати структурну схему алгоритму роботи програмної частини апаратного блоку системи та серверної частини системи;
- провести проектування бази даних для збереження результатів моніторингу;
- розробити програмне забезпечення для апаратної та серверної частини системи;

Об'єкт дослідження – процес контролю стану навколишнього середовища.

Предмет дослідження – програмно-апаратні методи та засоби створення систем віддаленого моніторингу та збору даних.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач проведено аналіз інформації про існуючі розробки в сфері віддаленого моніторингу, ознайомлення з теоретичним матеріалом, проведення порівняльного аналізу компонентів системи, програмування, налагодження та практичне тестування розробленої системи.

Наукова новизна отриманих результатів. Результатом розробки є системне рішення для моніторингу, збереження, аналізу та розповсюдження зібраних даних. Новизна створеної система полягає в можливості інтеграції сторонніх сервісів, як апаратних – для збору даних, так і програмних – для аналізу та розповсюдження збережених даних.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в тому що отриману систему можна інтегрувати з уже існуючими системами моніторингу, додавати готові апаратні рішення для збільшення джерел зібраної інформації, так і інтегрувати зібрані дані в системи аналізу для подальшої обробки та прийняття мір по скороченню викидів в навколишнє середовище, покращуючи життя людей. Система веде комунікацію по розповсюдженому веб протоколу Https REST API, що спрощує реалізації інтеграцій. Це все може слугувати ефективним інструментом уряду та профільних організацій для покращення показників екологічного стану навколишнього середовища.

Публікації. За використанням отриманих в кваліфікаційній роботі магістра було опублікована робота конференції «АВТОМАТИЗОВАНА ДИСТАНЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА» у збірнику матеріалів ХІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні».

Структура роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічних матеріалів. Пояснювальна записка містить вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

Обсяг роботи: пояснювальна записка – 115 аркушів формату А4, графічна частина – 5 аркушів формату А1.

Ключові слова

Мікроклімат, Arduino UNO, мікропроцесорна система, контроль навколишнього середовища, IoT, база даних, сервер

ABSTRACT

Relevance of the topic.

Air pollution contributes to the development of various diseases, including cardiovascular and oncological diseases. Studies show that the population of low- and middle-income countries is particularly affected by air pollution. According to the WHO European Bureau, air pollution is the main cause some of the cases of respiratory diseases among children can also be factors of chronic obstructive diseases of the respiratory organs and cases of bronchial asthma.

The use of systems for remote monitoring of atmospheric indicators is an effective method of identifying sources of changes in the environment. The collected information makes it possible to analyze and forecast trends at the global and local levels, in particular in urbanized areas. This opens up the opportunity to implement measures to combat emission sources, reducing their negative impact on the environment, thus reducing the negative impact on the population.

The purpose and tasks of the research.

The purpose of the work is to develop an automated system for remote monitoring of the environment.

In order to achieve the set goal of the work, it is necessary to solve a number of tasks:

- conduct an analytical review of the available scientific literature in the field of research
- analyze the existing solutions to the problem and analyze their advantages and disadvantages
- develop a hardware monitoring unit
- develop software
- conduct testing of the developed system

The object of research – is the process of monitoring the state of the environment.

The subject of the research – is software and hardware methods and means of creating remote monitoring and data collection systems.

Research methods. To solve the tasks, an analysis of information on existing developments in the field of remote environmental monitoring was carried out. Theoretical material was also studied, a comparative analysis of available remote monitoring methods and tools was carried out.

Scientific novelty of the obtained results. The result of the development is a system of remote monitoring of the environment. The novelty of the developed system lies in the development of a system for collecting monitoring data available for use and integration with existing monitoring systems.

The practical significance of the obtained work results is that the data collected by the system make it possible to carry out an analysis of the state of the environment, and based on the analysis to implement methods of combating pollution in order to reduce the negative impact on the population.

Publications. The work of the conference "AUTOMATED REMOTE ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM" was published in the collection of proceedings of the XIX All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Efficiency and Automation of Engineering Solutions in Instrumentation" using the analyzes and results obtained in the master's qualification work.

Structure of work. The master's thesis consists of an explanatory note and graphic materials. The explanatory note contains an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of used sources. Scope of work: explanatory note - 115 sheets of A4 format, 42 illustrations, 28 sources were processed.

Keywords. Microclimate, Arduino UNO, microprocessor system, environmental control, IoT, database, server.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ABSTRACT	8
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	13
ВСТУП	14
РОЗДІЛ І. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	15
1.1. Аналіз проблеми забруднення навколишнього середовища	15
1.2 Загальна характеристика систем віддаленого моніторингу навколишнього середовища	18
1.2.1 Принципи створення систем моніторингу в режимі реального часу	20
1.3. Огляд і аналіз існуючих методів та засобів в галузі віддаленого контролю стану навколишнього середовища.....	21
ВИСНОВКИ ДО І РОЗДІЛУ	31
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНИХ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	32
2.1 Обґрунтування архітектурних рішень в реалізації задач віддаленого моніторингу	32
2.2 Структурна схема апаратного блоку станції віддаленого моніторингу	34
2.3 Реалізація апаратного блоку станції віддаленого моніторингу	35
2.3.1 Опис модуля ArduinoUNO	36
2.3.2 Опис модуля ESP 8266	38
2.3.3 Датчик температури та вологості повітря DHT11	42

2.3.4	Опис модуля датчиків якості повітря HDC1080 і CCS811	44
2.3.5	Модуль датчика якості повітря MQ-135	45
2.3.6	Модуль GP2Y1010AU0F давача пилу	46
	ВИСНОВКИ ДО II РОЗДІЛУ	49
	РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	50
3.1	Вибір засобів реалізації програмного коду апаратної частини комплексу	50
3.1.1	Обґрунтування вибору комбінації модулів ESP та Arduino	50
3.1.2	Вибір мови програмування та середовища розробки	52
3.1.3	Вибір бази даних	55
3.1.4	Обґрунтування вибору реалізації хмарного середовища системи віддаленого моніторингу	56
3.2	Програмне забезпечення системи віддаленого моніторингу	57
3.3	Програмне забезпечення апаратного блоку системи віддаленого моніторингу	57
3.4	Програмне забезпечення веб серверу системи віддаленого моніторингу	60
3.4.1	База даних веб серверу системи віддаленого моніторингу	63
	ВИСНОВОК ДО III РОЗДІЛУ	65
	РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»	66
4.1	Опис ідеї проекту	66
4.2.	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	79

4.3. Розробка ринкової стратегії проекту.....	93
4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	96
4.5. Організація реалізації стартап-проекту	102
ВИСНОВКИ ДО IV РОЗДІЛУ	106
ВИСНОВКИ.....	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	110
ДОДАТКИ.....	114

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

IoT (Internet of Things) – інтернет речей

ПЗ – програмне забезпечення

UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

ШИМ – широтно-імпульсна модуляція

ПК – персональний компютер

АЦП – аналого цифровий перетворювач

JSON – JavaScript Object Notation

JWT – JSON Web Token

API – application programming interface

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol

ВСТУП

Забруднення повітря призводить до розвитку багатьох видів захворювань, серед яких переважають серцево-судинні та онкологічні. За проведеними дослідженнями найбільше від забрудненого повітря страждає населення країн із середнім та низьким рівнем доходу. За даними Європейського Бюро ВООЗ забруднення атмосферного повітря є головною причиною близько 10% всіх випадків респіраторних захворювань серед дітей, 3-7% нових випадків хронічних обструктивних захворювань органів дихання, 3-15% нових випадків бронхіальної астми.

Дана робота присвячена розробці автоматизованої системи дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища, тому що застосування систем віддаленого моніторингу атмосферних показників є ефективним методом виявлення джерел змін у довкіллі. Зібрана інформація дозволяє аналізувати та прогнозувати тренди як на глобальному, так і на місцевому рівні на урбанізованих територіях. Це дозволяє запроваджувати заходи проти джерел викидів, зменшуючи їх негативний вплив на довкілля.

РОЗДІЛ І. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Аналіз проблеми забруднення навколишнього середовища

Атмосферне повітря є одним з найкритичніших чинників для життя людини, без його існування неможливе повноцінне існування людини. Його якість може критично впливати на якість життя, знижувати продуктивність, негативно впливати на імунітет, та навіть бути чинником появи хронічних та смертельних захворювань. За оцінками, у всьому світі забруднення навколишнього повітря є причиною приблизно 16% смертей від раку легенів, 25% смертей від хронічної обструктивної хвороби легень (ХОЗЛ), приблизно 17% ішемічної хвороби серця та інсульту та приблизно 26% смертей від респіраторних інфекцій [3].

Глобальний ріст урбанізації призвів до того що приблизно половина населення проживає в великих урбанізованих районах. Висока густина населення призводить до перенасичення викидів в атмосферу які можуть значно перевищувати допустимі санітарно-гігієнічні показники. Модерні тренди розвитку виробництва часто вдаються до застосування небезпечних технологій, які спричиняють різкому росту концентрації токсичних викидів в атмосферу. Їх висока концентрація в урбанізованій забудові спричиняє появі регіонів з надвисокою концентрацією викидів.

Домінуюча частка вироблення енергії у всіх її поняттях: теплогенерація, електроенергія, автомобільне паливо, іде саме з викопних ресурсів, спалюючи які, ми збільшуємо концентрацію CO, CO₂, NO₂, O₃ та інших шкідливих сполук в складі атмосфери (рис. 1.1) [4]. Людство не може відмовитись від споживання викопних копалин, їх вжиток з кожним роком тільки зростає. Кожен рік графіки споживання (рис. 1.2, 1.3) невпинно росуть.

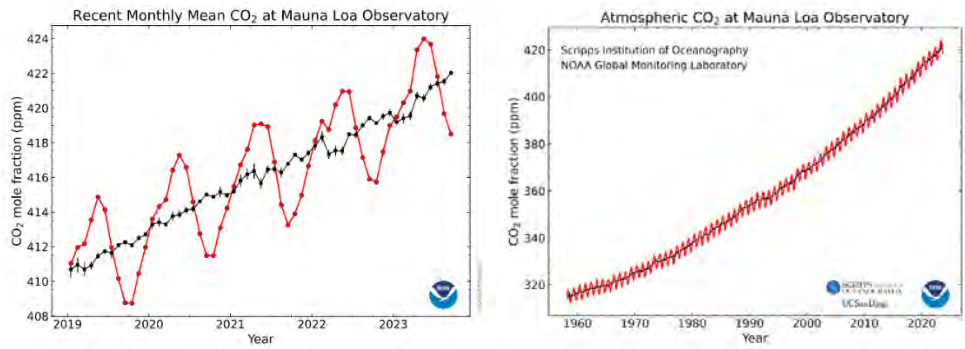


Рис. 1.1. Графіки концентрації рівня CO₂ в атмосферному повітрі на обсерваторії Мауна Лоа

За попередніми оцінками, глобальні викиди CO₂ з викопного палива зростуть на 2,1 % між 2017 і 2018 роками та досягнуть $10,0 \pm 0,5$ GtC у наступних роках, розподілених між вугіллям (40 %), нафтою (34 %), природним газом (20 %), цемент (4 %) та інші (1,3 %). Порівняно з попереднім роком викиди від вугілля зросли на 1,4 %, а викиди від нафти, природного газу та цементу зросли на 1,2 %, 5,4 % та 2,1 % відповідно (Рис 2). [5]

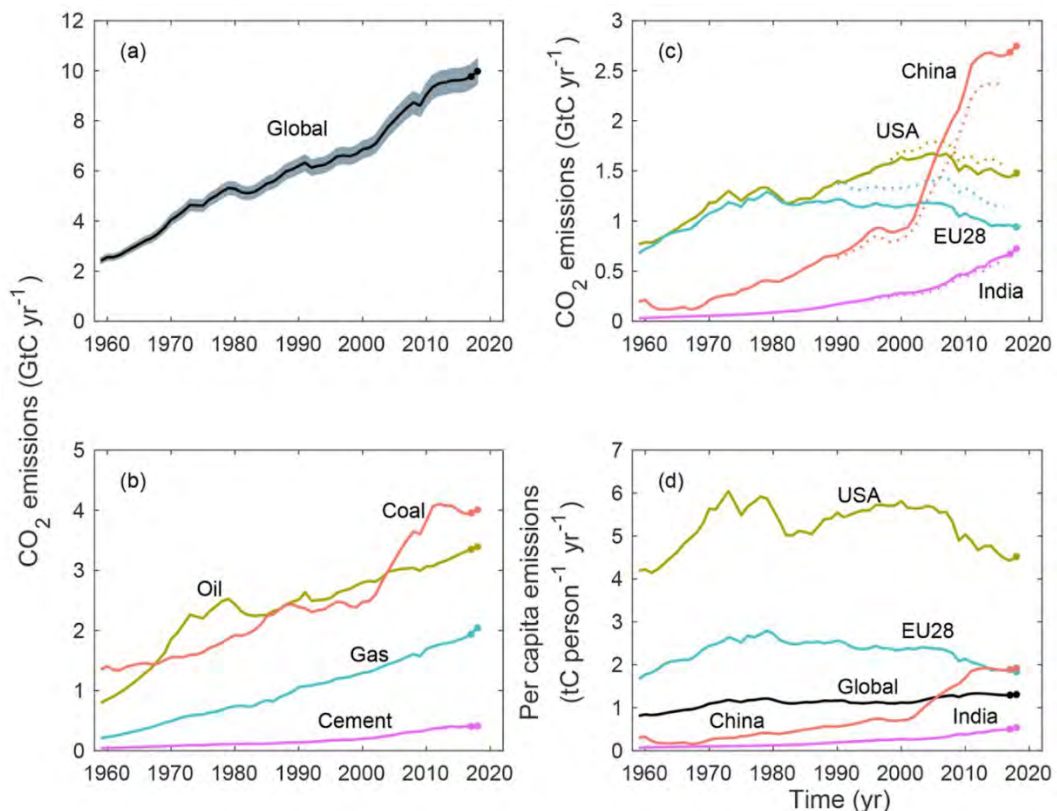
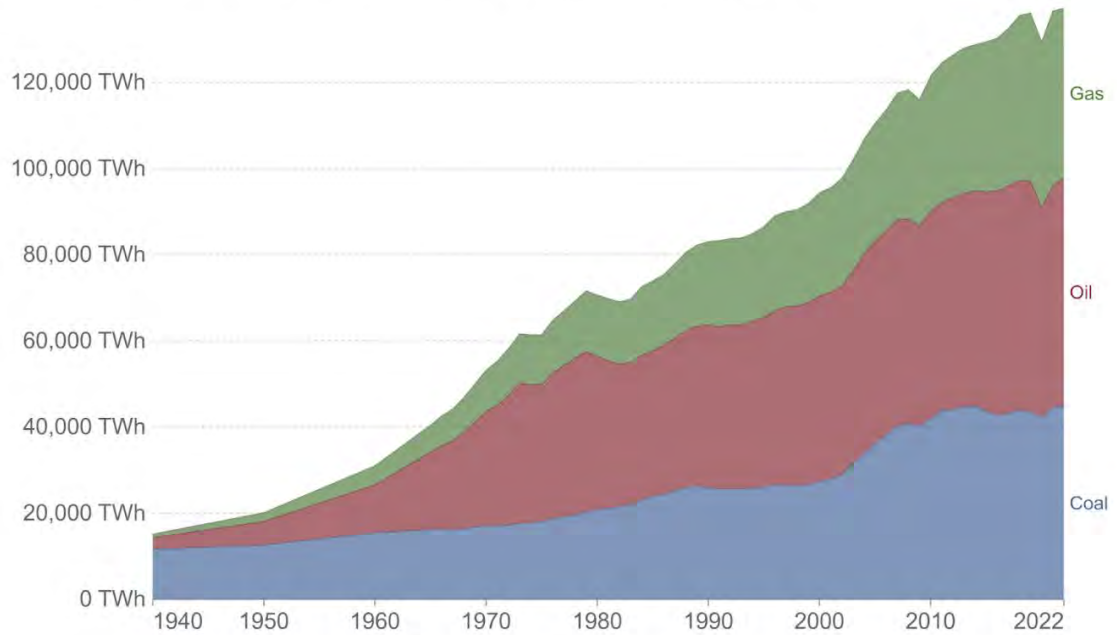


Рис. 1.2. Графіки рівнів викидів CO₂ викликаних споживанням викопних палив [5]

Global fossil fuel consumption

Global primary energy consumption by fossil fuel source, measured in terawatt-hours (TWh).

Our World
in Data



Data source: Energy Institute Statistical Review of World Energy (2023); Vaclav Smil (2017)
OurWorldInData.org/fossil-fuels | CC BY

Рис. 1.3. Графік споживання енергії від викопних паливних ресурсів [6]

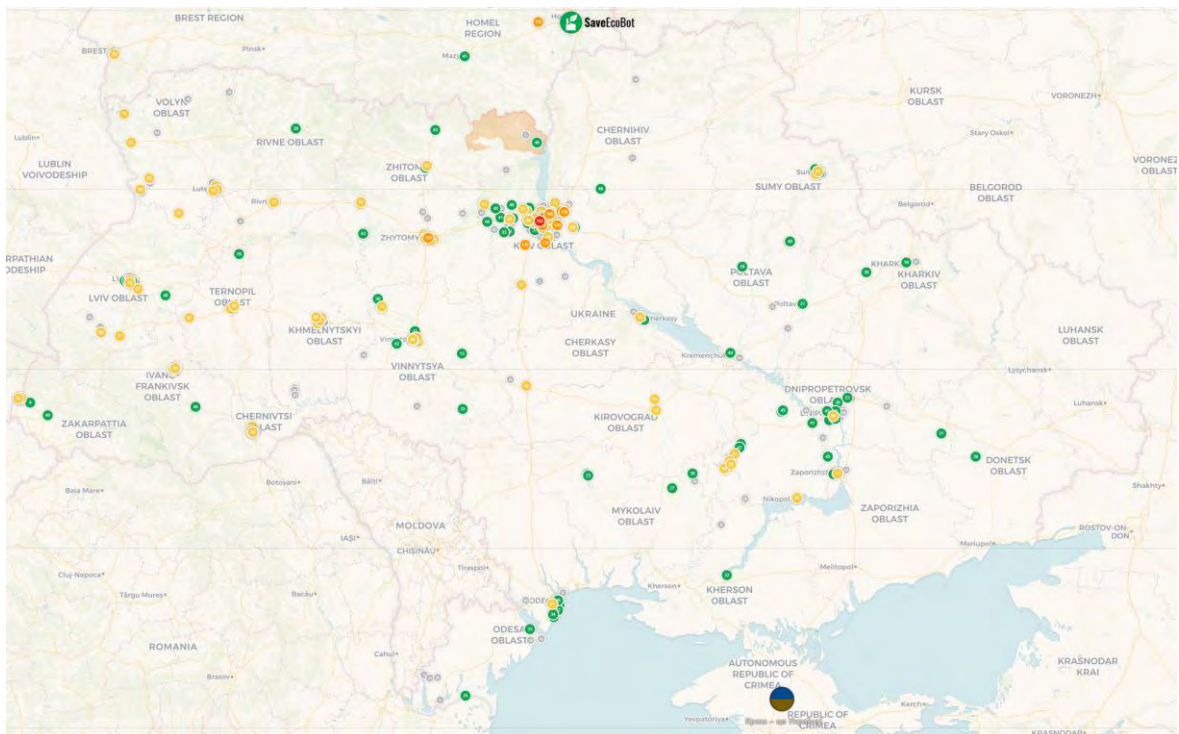


Рис. 1.4. Мапа станцій моніторингу концентрації CO₂ від ресурсу savecobot [7]

Ситуація погіршується складністю моніторингу. За даними saveecobot.com [7] (рис. 1.4) кількість станцій моніторингу дуже низька, це дозволяє проводити аналіз тільки на глобальному рівні, не даючи можливості досконально вивчати джерела викидів для їх усунення. Ситуація в невеликих містах ще гірша, переважна більшість взагалі не має станцій моніторингу та проводити якісний аналіз якості атмосферного повітря в них не можливо. Доступні тільки дані з супутників, точність яких не дозволяє проводити аналіз джерел забруднення.

Визначивши концентрацію рівня забруднення повітря з великою щільністю, можна проводити аналіз тренду розповсюдження шкідливих домішок, та їх джерел. По результатам досліджень приймати рішення для мінімізації кількості викидів, або повному усуненню їх джерел.

1.2 Загальна характеристика систем віддаленого моніторингу навколишнього середовища

Системи дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища є важливим та актуальним інструментом для збору та подальшого аналізу даних про стан навколишнього середовища. Основною метою таких систем є забезпечення ефективного контролю за різноманітними аспектами навколишнього середовища які можуть мати вплив на життя людей та стан природних ресурсів [8].

Системи обладнані широким спектром датчиків: термометри, гігрометри, датчики концентрації CO₂, NO₂ та інших газів, рівня ґрунтових вод, тощо. Дані зібрані з датчиків передаються по комунікаційними протоколами (Wi-Fi, GSM, та інші) на веб сервер для подальшого зберігання, аналізу та передачі кінцевим користувачам. На веб сервері вхідні дані з датчиків обробляються та зберігаються до бази даних. Додатково можна застосувати різноманітні алгоритми та моделі машинного навчання для виявлення трендів та патернів забруднень.

Зібрані дані для кінцевого користувача доступні в зручній для сприйняття формі. Аналіз даних проводиться по графікам, таблицям, діаграмам, картам, тощо. Доступна фільтрація за часовими проміжками, номерам станцій спостереження, геолокації станцій, тощо.

При виявленні аномалій, або перевищенні певних порогових значень по різним показникам, системи можуть надсилати повідомлення та сповіщення для кінцевих користувачів, що значно покращує швидкість реагування на загрози та їх усунення.

Зібрані дані можуть бути використані для контролю забрудненості повітря задля покращення умов життя та праці. Довгостроковий аналіз даних допоможе в прогнозуванні кліматичних змін, допомогти в розумінні впливів які ведуть до цього та розробці стратегій протидії шкідливим впливам. Моніторинг температури, вологості та інших показників мікроклімату допоможе покращити ефективність використання енергії в системах опалення, кондиціонування та вентиляції.

Системи дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища допоможуть вирішити ряд важливих задач та проблем, які пов'язані з контролем та оцінкою стану антропогенних та природних систем:

- моніторинг показників якості повітря (забруднювачі, рівень CO₂, тверді частки) для захисту здоров'я людей та виявлення джерел забруднення;

- допомога в забезпеченні комфортних умов для проживання та праці, оптимізація систем опалення та кондиціонування;

- визначення рівня забруднення води та контроль за екосистемами водоєм для збереження водних ресурсів;

- оцінка рівня шуму та освітленості в певних областях для забезпечення комфорту та зменшення негативного впливу;

- виявлення забруднень та управління використанням ґрунтів для сільського господарства та промисловості;

- вивчення та передбачення змін клімату для розробки стратегій зменшення негативного антропогенного впливу;
- раннє виявлення екологічних криз, таких як пожежі, затоплення чи інші стихійні лиха;
- оптимізація використання енергії в промисловості та будинках на основі аналізу енергетичних параметрів;
- залучення громадськості до виявлення та вирішення проблем екології;

1.2.1 Принципи створення систем моніторингу в режимі реального часу

Однією з ключових принципів розробки екологічної системи моніторингу атмосферного повітря є необхідність обробки даних в режимі реального часу. Це означає, що інформація повинна негайно піддаватися обробці в момент її отримання, і рішення, що приймається на її основі, повинно впливати на процес збору цих даних [9].

Створення систем моніторингу в режимі реального часу ґрунтується на принципі ефективного керування станом атмосферного повітря, враховуючи аналіз потоку подій. Цей процес керування ґрунтується на фіксації та обробці подій, які постійно аналізуються на основі даних про поточний стан забрудненості атмосферного повітря.

Важливим етапом є розгляд універсальної схеми інформаційно-вимірювальної системи для контролю стану атмосферного повітря (рис. 1.5). При визначенні структури системи моніторингу атмосферного повітря найбільш універсальним підходом є його поділ на блоки: "Спостереження", "Оцінювання фактичного стану", "Прогнозування стану", "Оцінювання прогнозованого стану".

Окрім проведення спостережень і вимірювань рівнів викидів шкідливих речовин, система моніторингу якості повітря включає в себе процеси

оцінювання і прогнозування стану атмосфери. Для цього використовується інтелектуальна система контролю та спостереження за довкіллям, яка забезпечує збір даних, їх обробку, моделювання, прогнозування та оцінювання з метою прийняття управлінських рішень щодо збереження довкілля та раціонального використання природних ресурсів [10].

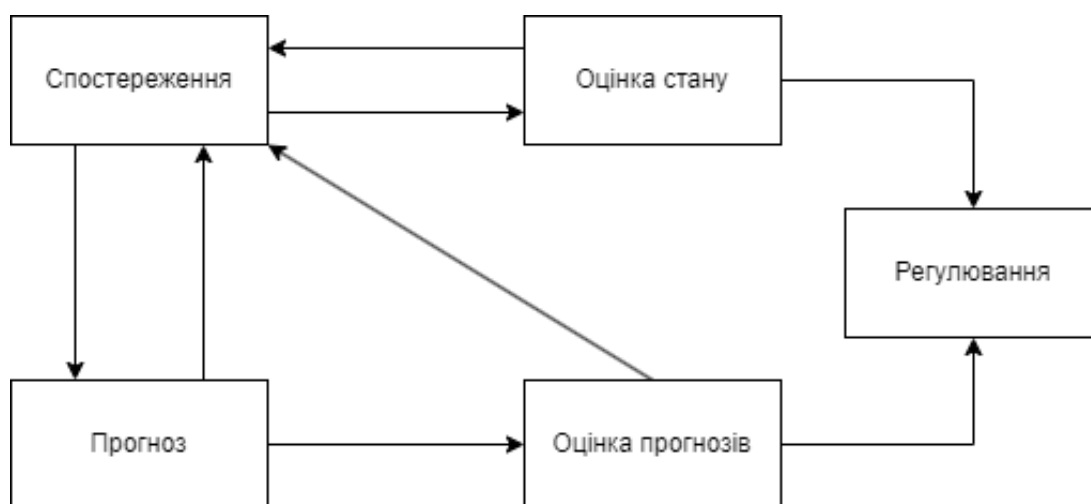


Рис. 1.5. Схема інформаційно-виміральної системи для контролю стану атмосферного повітря

Таким чином, система віддаленого моніторингу та контролю якості повітря не лише фіксує факти, але й проводить глибокий аналіз, екологічне обґрунтування перспектив, виконує експерименти та вдосконалює процес екологічного моніторингу навколишнього середовища. Такий підхід допомагає активно взаємодіяти з екологічними викликами та ефективно впливати на покращення якості повітря та збереження природних ресурсів.

1.3. Огляд і аналіз існуючих методів та засобів в галузі віддаленого контролю стану навколишнього середовища

У статті [11] автори пропонують спосіб моніторингу якості атмосферного повітря, використовуючи результати інтелектуального аналізу

супутникових знімків Землі для визначення вмісту оксиду азоту NO₂ та часток PM_{2.5}.

У ході дослідження використовувалися дані розрахунку Індексу Забруднення Атмосфери (ІЗА) та його компонентів за період з 1992 по 2013 рік, які були надані Центральною геофізичною обсерваторією для 53 населених пунктів України. Базовим програмним забезпеченням для обробки отриманих даних було обране програмне забезпечення ArcGIS (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Схема методики обробки даних ArcGIS [11]

На основі математичної моделі та використанні даних отриманих з супутникових знімків розраховано потенційні значення ІЗА для всієї території України.

Автори провели порівняння даних супутникових знімків та їх подальшого аналізу з даними зібраними на наземних станціях по всій території України протягом 21-го року. Внаслідок проведеного порівняльного аналізу встановлено взаємозв'язок між обробкою супутникових знімків і наземними спостереженнями щодо вимірювання концентрації оксиду азоту NO₂ у повітрі.

Недоліком представленого авторами статті методу є складність отримання супутникових знімків для їх обробки в режимі реального часу. Проте хороша точність на можливість застосування методу на великих площах є його перевагою.

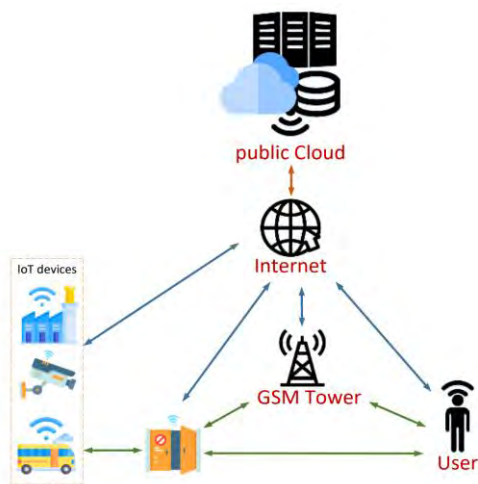


Рис. 1.7. Структурна схема системи Internet Of Things [12]

Авторами статті [12] представлена розробка системи моніторингу на основі Internet Of Things (IoT) (рис. 1.7) на базі платформи Raspberry pi 3, Wi-Fi модулю та датчиків MQ7 та MQ135 (рис. 1.8) MQ7 – датчик монооксиду карбону, MQ135 – датчик газів NH₃, CO₂ та інших, для збору інформації. На представлена структурна схема



Рис. 1.8. Детектори газів

Представлена розробка дозволяє вести спостереження концентрації газів NH₃, CO₂, CO в повітрі (рис. 1.9). Автори пропонують використати платформу Raspberry Pi 3 в якості основи для розгортання серверної частини станції. Зібрані з датчиків дані передавати в мікропроцесор на базі NUCLEO F401RE для подальшої трансформації в зрозумілі значення та передавати через модуль Wi-Fi на Raspberry Pi 3 для подальшої обробки та зберігання отриманих показників (рис 9).

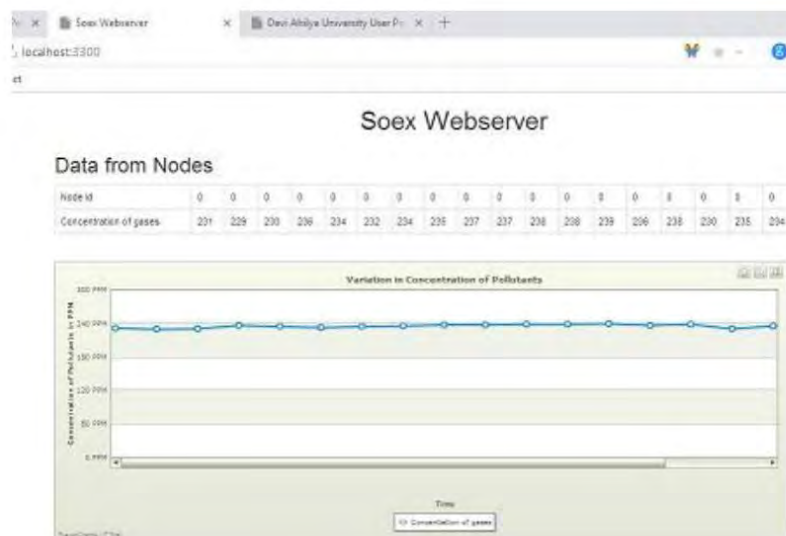


Рис 1.9. Приклад даних зібраних системою [12]

Система є модульною та дозволяє мати сукупність мобільних станцій з датчиками різного типу для збереження більшої сукупності різнотипних даних з різних місць одночасно.

У роботі [13] представлена інтелектуальна та багатофункціональна платформа моніторингу на базі IoT (рис. 1.10) для відслідковування рівня забруднення повітря з метою поліпшення якості атмосферного повітря розроблено комплексну мережеву комунікаційну інфраструктуру, використовуючи технологію NB-IoT, а також хмарну систему прийняття рішень, інформаційну систему відстеження та онлайн-систему управління. Структурна схема платформи показана на рис. 1.11.

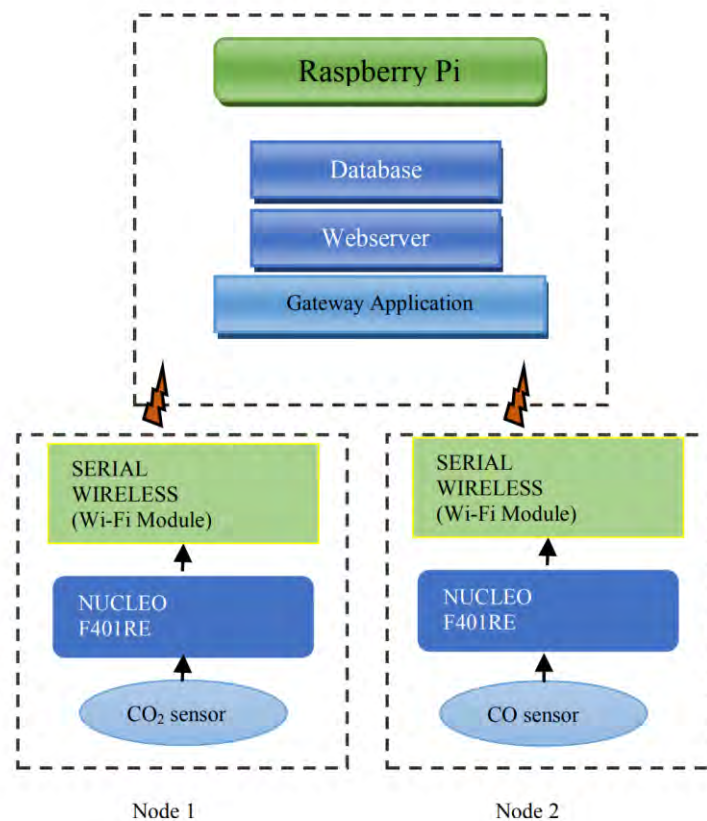


Рис. 1.10. Структурна схема станції моніторингу якості АП на базі Raspberry Pi 3 [12]

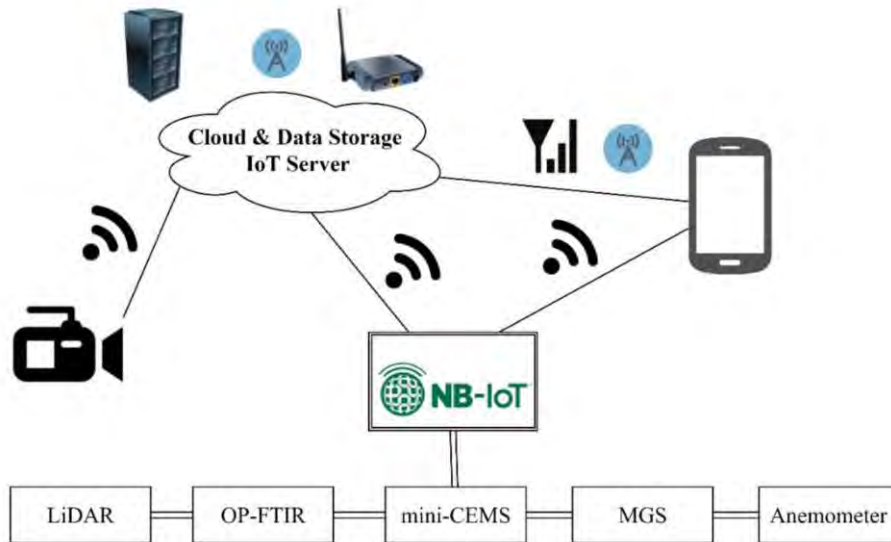


Рис. 1.11. Структурна схема платформи моніторингу на базі Raspberry Pi 3 [13]

Однак недоліками такої системи є використання технології NB-IoT для передачі даних на ліцензованих частотах, що підвищує вартість експлуатації системи та робить її залежною від цінової політики операторів мобільного зв'язку, які контролюють ці частоти.

У дослідженні, викладеному у статті [14], розглядається процес створення інформаційної системи для моніторингу забруднення повітря в місті на основі технології IoT.

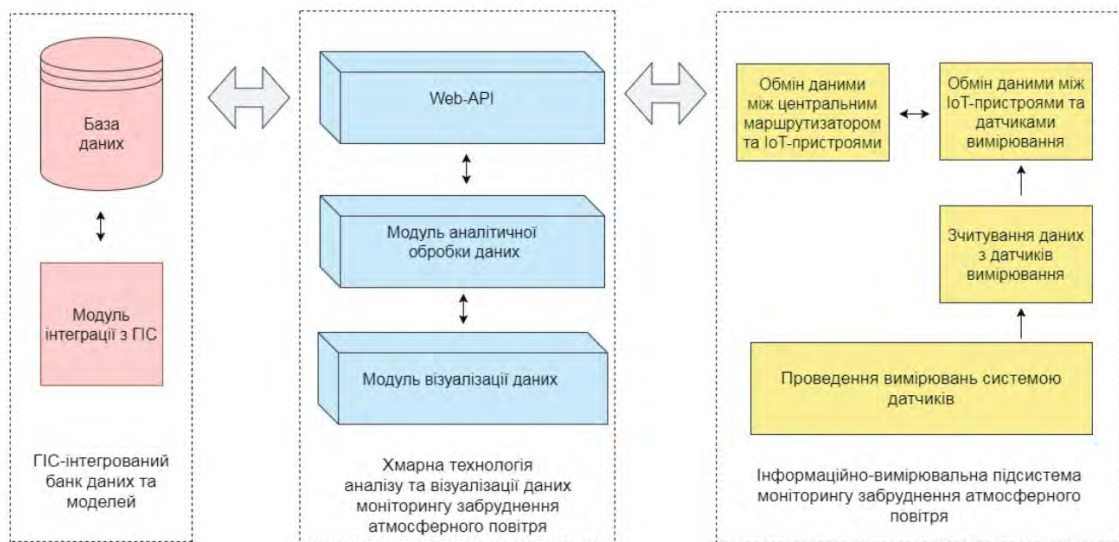


Рис. 1.12. Структурна схема станції моніторингу з використанням технології WiFi HaLow [14]

Авторами дослідження було обґрунтовано вибір програмно-технічних засобів для реалізації функцій збору, передачі, зберігання, обробки та візуального представлення інформації про стан атмосферного повітря. Проведено порівняльний аналіз характеристик основних мережевих технологій можливих до використання в системі. Обґрунтовано вибір технології Wi-Fi HaLow в якості інтерфейсу для передачі даних до веб серверу.

Запропонована структура системи показана на рисунку (рис. 1.12) розглядає застосування технології Wi-Fi HaLow для зменшення споживання електроенергії у процесі роботи системи. Однак авторами дослідження не було представлено конкретної практичної реалізації прототипу цієї системи.

Авторами статті [15] представлено систему для моніторингу якості повітря "Smart-Air" на основі архітектури IoT. Ця система включає в себе сукупність станцій з мікроконтролером, сенсорами для виявлення забруднюючих речовин у повітрі та модему LTE для передачі даних на віддалений сервер (рис. 1.13). Система дозволяє отримувати дані в реальному часі про концентрацію CO₂, вимірювати показники вологості, температури в приміщенні та робити побудову графіків залежності показників від часу (рис. 1. 13).

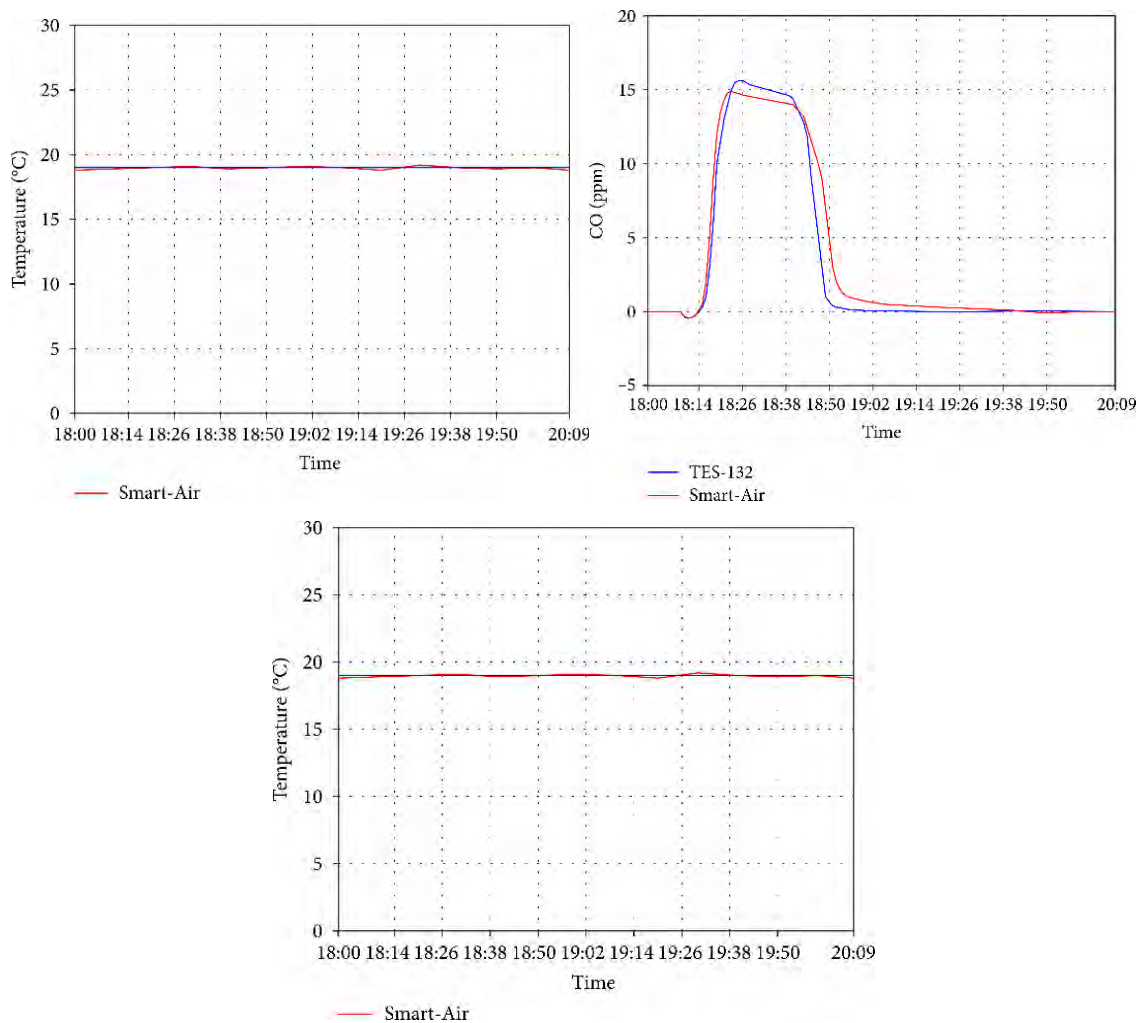


Рис. 1.13. Графіки показників датчиків станції моніторингу Smart Air [15]

Веб сервер написано на PHP, для зберігання отриманих даних вибрано базу даних MySQL. Для аналізу результатів моніторингу використовуються технології хмарних обчислень на основі Elastic Compute Cloud. Система має додаток через який кінцеві користувачі і відповідний персонал може дізнаватись інформацію про якість повітря в приміщенні, та отримувати сповіщення в разі критичних показників.

Автори повідомляють, що система може також керувати вентиляційним обладнанням будівлі з метою покращення якості повітря при збільшенні концентрації шкідливих речовин вище норми. Однак особливістю цієї системи є її використання в середовищі закритих приміщень, що суттєво обмежує область застосування для завдань моніторингу якості повітря.

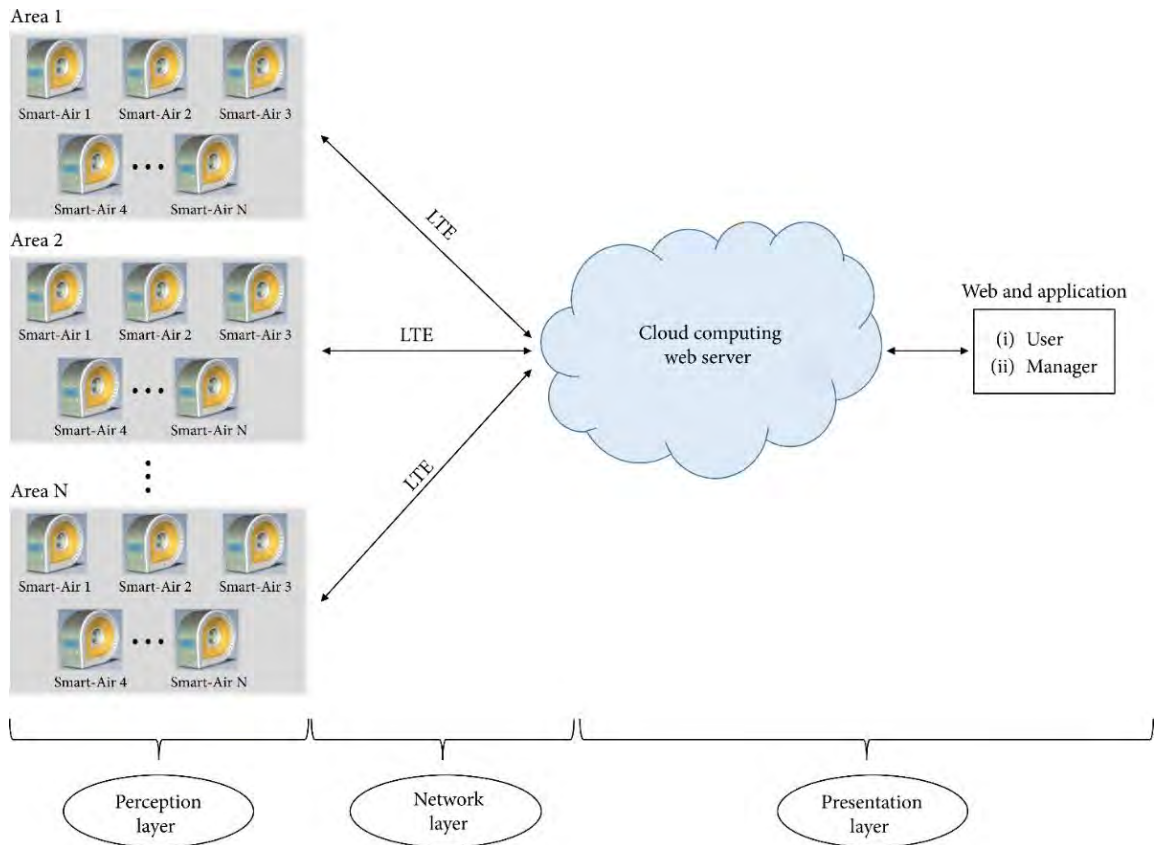


Рис. 1.14. Структурна схема системи моніторингу Smart Air [15]

У роботах [16, 17] представлені системи моніторингу забруднення повітря, що були створені за допомогою платформи Arduino (див. рис. 1.14). Ці системи спроектовані для надання реального часу моніторингу якості повітря і здатні реєструвати отримані дані на віддаленому сервері. Також система [12] включає в себе мобільний IOS додаток в якому можна проводити моніторинг даних в реальному часі (рис. 1.15).

Недоліками вказаних систем можна вважати обмежену кількість доступних каналів для підключення датчиків та використання стороннього сервісу IoT ThingSpeak за допомогою якого відбувається комунікація платформи та мобільного додатку. Також система не має в своїй структурі бази даних для зберігання великих масивів даних, що може бути корисним для

проведення довгострокових спостережень та майбутнього аналізу даних отриманих протягом тривалого терміну часу спостережень.

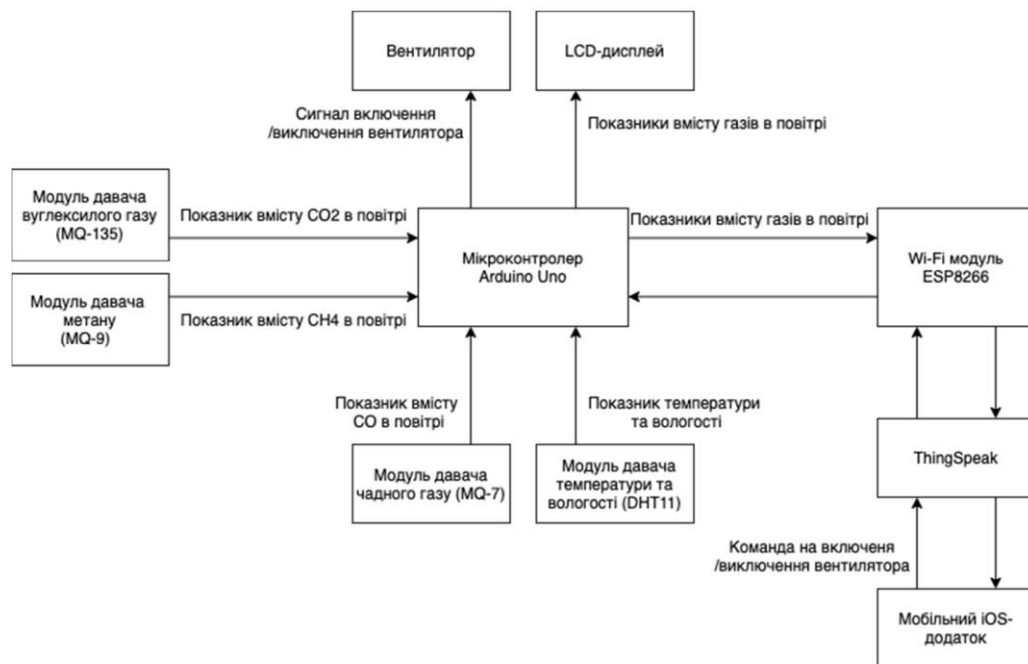


Рис. 1.15. Функціональна схема системи виявлення та очищення приміщення від шкідливих газів [17]

ВИСНОВКИ ДО I РОЗДІЛУ

У першому розділі кваліфікаційної роботи було проведено аналітичний аналіз наукової літератури по темі дослідження. Було розглянуто сучасні розробки у сфері контролю за якістю атмосферного повітря, і визначені їхні переваги та недоліки. Розглянуті методи, спрямовані на підвищення ефективності процесу моніторингу стану навколишнього середовища, зокрема температури, вологості та газового складу атмосферного повітря.

В результаті аналізу літературних джерел у галузі дослідження виявлено, що традиційні міські системи контролю якості атмосферного повітря потребують впровадження нових, сучасних методів та засобів для оперативного збору, обробки, передачі та застосування результатів спостережень у завданнях моніторингу та зменшення рівня забруднення повітря та інших показників навколишнього середовища.

Існуючі методи мають низьку здатність для підключення додаткових джерел спостереження, та не мають відкритих API для надання результатів моніторингу стороннім користувачам, що може бути корисним для проведення незалежних наукових досліджень, побудови моделей для передбачення показників моніторингу та рекомендацій по покращенню для підвищення рівня життя на урбанізованих територіях, моніторингу глобальних екологічних змін, та інших сценаріїв застосування зібраних даних.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНИХ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

2.1 Обґрунтування архітектурних рішень в реалізації задач віддаленого моніторингу

Для реалізації мети кваліфікаційної роботи було розроблено схему структурно функціональну схему інформаційно-вимірювальної системи для віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища, яку зображено на рисунку 2.1 нижче.



Рис. 2.1. Структурна схема системи віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища

В представленій реалізації системи віддаленого моніторингу апаратна частина представляє собою реалізацію на основі платформи Arduino Uno з мікроконтролером ATmega328, який здійснює задачу поєднання всіх компонентів системи в єдине. До платформи Arduino під'єднується потрібна кількість датчиків для здійснення моніторингу, для прототипу системи використано датчик DHT11, який дозволяє збирати дані про температуру та вологість повітря на місця встановлення системи, дані отримані з датчиків обробляються та через порти TX-RX відправляються на Wi-Fi модуль ESP 8266 для передачі на веб сервер з метою подальшої обробки, зберігання, перегляду та аналізу.

Веб-сервер призначений для збереження результатів проведених вимірювань, подальшої обробки та аналізу отриманих даних. Побудовано його на основі мови програмування NodeJS з використанням фреймворку NestJS. Для зберігання отриманих даних використано базу даних PostgreSQL. Комунікація з веб-сервером відбувається через (Hyper Text Transfer Protocol) http REST API (рис. 2.2) як для клієнтської частини системи так і для апаратної.

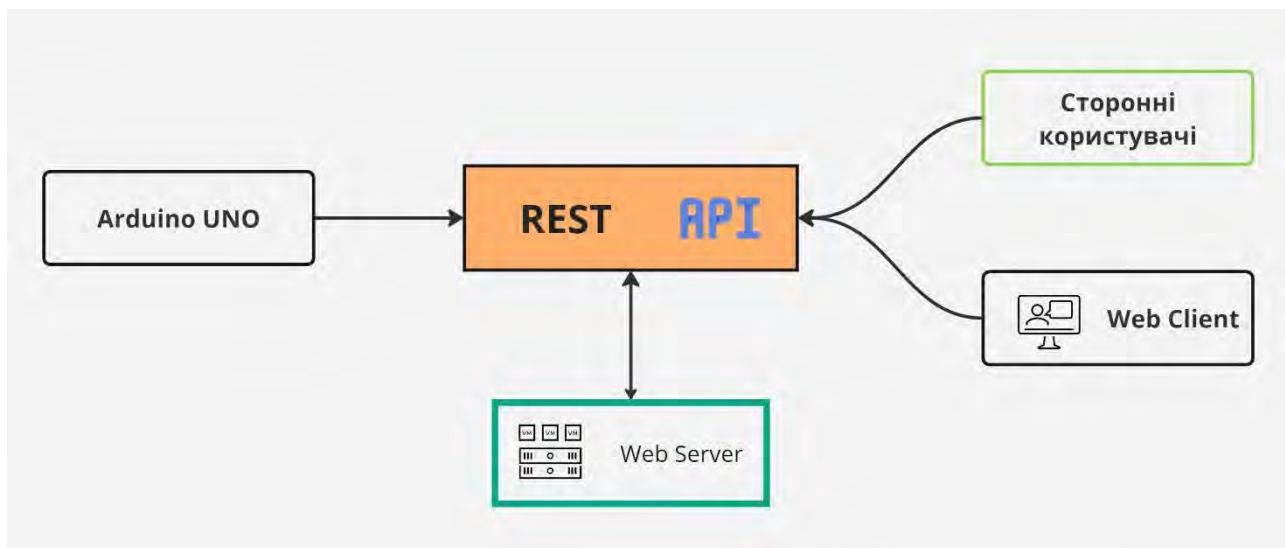


Рис. 2.2. Структурна схема комунікації компонентів системи

2.2 Структурна схема апаратного блоку станції віддаленого моніторингу

Проаналізувавши завдання кваліфікаційної роботи, та провівши огляд та аналіз аналогів запропонованих на ринку, було розроблено структурну схему апаратного блоку системи віддаленого моніторингу навколишнього середовища, показану на рис. 2.3.

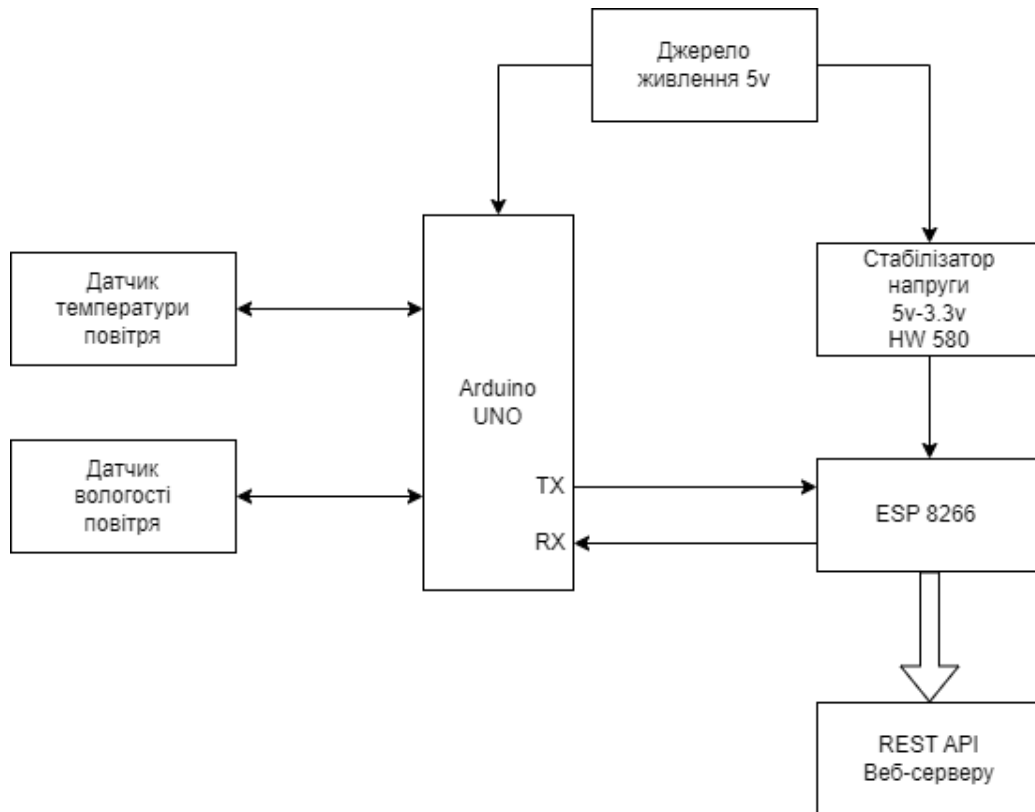


Рис. 2.3. Структурна схема апаратного блоку станції віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища

Основні компоненти апаратного блоку станції моніторингу:

- мікроконтролер Arduino Uno
- модуль Wi-Fi зв'язку ESP 8266
- датчики моніторингу параметрів

Принцип роботи апаратного блоку станції моніторингу полягає в наступному: мікроконтролер ArduinoUno на базі мікро чіпу ATmega328 в даному проекті відповідає за збір показників датчиків, шляхом комунікації з їх доступними цифровими та аналоговими портами (датчики можна змінювати, комбінувати, додавати будь які доступні), отримавши інформацію про показники, за допомогою TX-RX виходів, використовуючи протокол Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART) комунікує з Wi-Fi модулем на базі мікро чіпу ESP 8266 створює інтернет з'єднання з доступною сконфігурованою мережею Wi-Fi, та передає зібрані й оброблені дані на програмну частину комплексу – NodeJS веб-сервер.

Модуль на базі мікро чіпу ESP 8266 забезпечує Wi-Fi з'єднання системи з віддаленим сервером.

Датчики додані до системи відповідають за зняття показників навколишнього середовища:

- температури повітря
- вологості повітря
- рівня концентрації газів в атмосферному повітрі

2.3 Реалізація апаратного блоку станції віддаленого моніторингу

Розроблена в ході роботи над кваліфікаційною роботою система віддаленого моніторингу включає в себе апаратну частину, яка знаходиться безпосередньо біля об'єкту, щодо якого здійснюється моніторинг. Апаратний блок включає в себе мікроконтролер Arduino Uno, Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01, блок живлення та набір датчиків з яких знімаються показники. Зовнішній вид макету апаратної частини показаний на рис. 2.4.

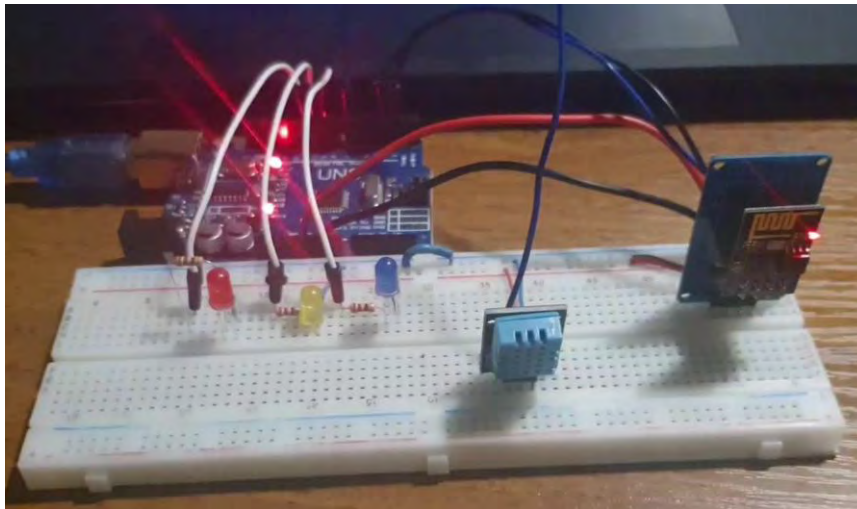


Рис. 2.4. Зовнішній вигляд макету апаратної частини системи віддаленого моніторингу

2.3.1 Опис модуля ArduinoUNO

Модуль Arduino Uno, заснований на мікроконтролері ATmega328P (рис. 2.5), виступає в ролі ключового апаратного елемента у системі віддаленого моніторингу навколишнього середовища. Завдяки своїм високотехнологічним можливостям, він забезпечує точний та ефективний збір та аналіз даних, та може бути використаний в ролі основного мікроконтролеру апаратної частини станції моніторингу.



Рис. 2.5. Зовнішній вид плати модуля Arduino Uno

Arduino Uno є невід'ємною частиною розвитку прототипів комп'ютеризованих систем, здатною швидко та ефективно втілювати ідеї в життя. Завдяки своєму компактному розміру, цей пристрій забезпечує гнучкість у розташуванні та використанні, а його функціональні можливості роблять його ідеальним для реалізації різноманітних завдань у межах систем віддаленого моніторингу та управління.

Платформа Arduino Uno заснована на мікроконтролері ATmega328P (див. рис. 2.6). Оснащена шістьма аналоговими входами та чотирнадцятьма цифровими входами/виходами, з яких шість можуть використовуватися як виходи широтно-імпульсної модуляції (ШИМ). Крім того, вона включає кварцовий генератор із частотою шістнадцять мегагерц, роз'єми USB та ICSP, а також кнопку перезавантаження.

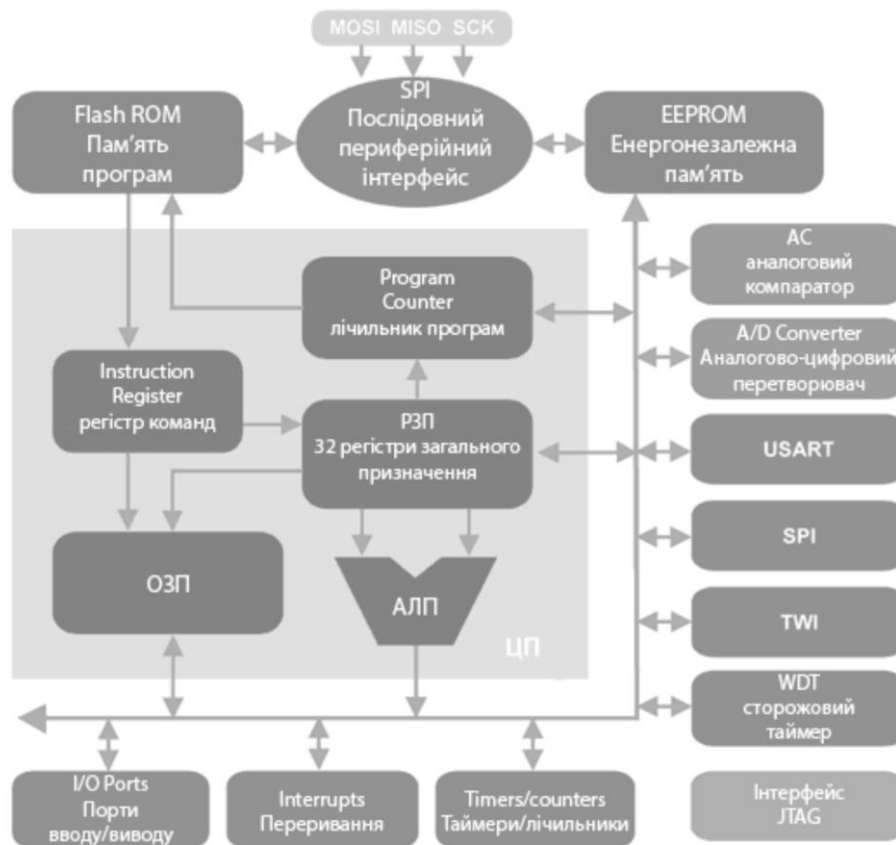


Рис. 2.6. Схема функціональна мікроконтролеру ATmega328P

Дуже важливою особливістю плати Arduino Uno є наявність можливості ведення комунікації через протокол передачі даних UART. На платі порти з виходами для позначені

Плата Arduino Uno може бути живлена або від зовнішнього блока живлення, або через USB-роз'єм від системного блока персонального компютера (ПК). Вибір методу живлення залежить від конкретних вимог та характеристик проекту, в якому планується використання цієї плати. Такий гнучкий підхід дозволяє оптимально враховувати особливості кожного проекту та забезпечує ефективну інтеграцію платформи у різноманітні варіанти застосування. Поточна реалізація системи потребує в якості джерела живлення сторонній блок живлення, проте це легко замінюється за потреби на живлення від USB порту мікроконтролеру.

2.3.2 Опис модуля ESP 8266

ESP8266 пропонує повне та автономне рішення для Wi-Fi, яке дозволяє будь-якій програмі розміщувати логіку роботи прямо на процесорі ESP8266, або передавати всі функції мережі Wi-Fi для іншого мікроконтролера. Коли ESP8266 використовується як єдиний процесор програми в пристрої, він може завантажуватися безпосередньо з зовнішньої флеш-пам'яті. Також він обладнаний вбудованим кешем для підвищення продуктивності системи в програмах із мінімізацією вимог до пам'яті.

ESP8266 може служити адаптером Wi-Fi, що дозволяє додати бездротовий доступ до Інтернету до будь-якого мікроконтролера, як зроблено в реалізації проекту, де мережеві функції передаються в керуванні Arduino Uno. Це здійснюється шляхом простого підключення через інтерфейс UART або мост АНВ.

Вбудовані можливості обробки та зберігання ESP8266 дозволяють інтегрувати його з датчиками та іншими пристроями через GPIO з

мінімальною попередньою розробкою та мінімальним навантаженням під час роботи. Завдяки високому рівню вбудованої інтеграції, включаючи балун антенного перемикача та перетворювачі керування живленням, система вимагає мінімальної зовнішньої схеми. Все рішення, включаючи інтерфейсний модуль, розроблено таким чином, щоб займати мінімальну площу друкованої плати.

Складні функції системного рівня включають швидке перемикання контексту сну/пробудження для енергоефективного VoIP, адаптивне радіозміщення для забезпечення низького енергоспоживання, розширену обробку сигналу та функції скасування імпульсів і співіснування радіостанцій для роботи зі стільниковими мережами, Bluetooth, DDR, LVDS та зменшення перешкод для LCD. [18]



Рис. 2.7. Зовнішній вигляд модуля ESP8266 ESP-01

Модуль Wi-Fi ESP8266 ESP-01 (рис. 2.7) є найбільш розповсюдженою версією серед модулів Wi-Fi з серії ESP. Призначений для застосування у різноманітних пристроях, таких як розумні розетки, мережі Mesh, IP-камери, бездротові сенсори, портативна електроніка і інше. Основні відмінності між платами серії ESP включають кількість входів/виходів, об'єм вбудованої FLASH-пам'яті та тип коннекторів.

Модуль здійснює з'єднання з мікроконтролерними пристроями через шину UART. На платі Wi-Fi модуля розташовані вісім виводів (рис. 2.8, 2.9):

1. VCC живлення від напруги від 2,5 до 3,6 В;
2. GND з'єднання землі;
3. TXD передача даних (UART);
4. RXD отримання даних (UART);
5. CH_PD переводить модуль в енергозберігаючий режим;
6. GPIO0 визначає режим програмування пристрою;
7. GPIO2 порт введення та виведення;
8. RST апаратне скидання.

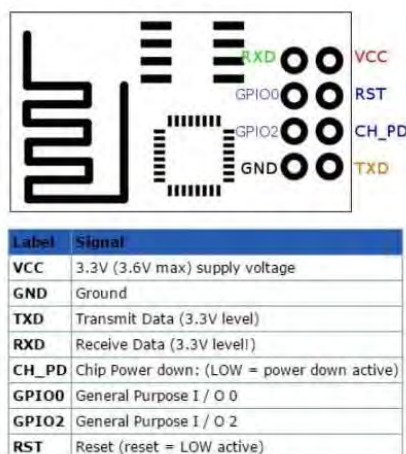


Рис. 2.8. Умовна схема розміщення виводів модуля ESP8266 ESP-01 [18]

ESP8266 призначений для використання в мобільних пристроях, носимій електроніці та пристроях Інтернету речей з метою досягнення найнижчого рівня енергоспоживання за допомогою поєднання декількох власних технік. Енергозберігаюча архітектура працює в трьох режимах: активному, режимі сну та режимі глибокого сну.

З використанням передових методів управління живленням і логікою для вимкнення функцій та перемикання між сплячим та активним режимами, ESP8266 споживає менше 12 мкА у режимі сну та менше 1,0 мВт (DTIM=3)

або менше 0,5 мВт (DTIM=10), щоб залишатися підключеним до точки доступу.

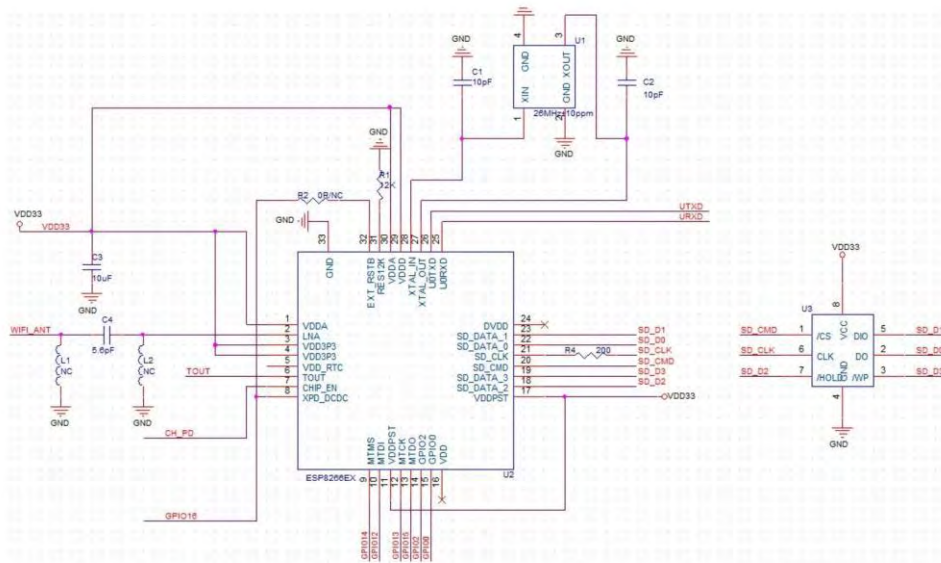


Рис. 2.9. Електрична схема модуля ESP8266 ESP-01 [18]

У режимі сну активними залишаються лише відкалібрований годинник реального часу та сторожовий таймер, які можна запрограмувати для виведення ESP8266 з будь-якого необхідного інтервалу.

ESP8266 може бути налаштований на виходження з режиму сну при виявленні певних умов. Ця функція мінімального часу пробудження може використовуватися SOC мобільних пристроїв, дозволяючи їм залишатися в режимі очікування з низьким енергоспоживанням, поки не буде потрібне підключення Wi-Fi.

З метою задоволення потреб в електроенергії мобільних та переносних пристроїв, ESP8266 може бути запрограмований для зменшення вихідної потужності PA відповідно до різних профілів застосування, шляхом оптимізації в межах діапазону споживання електроенергії [18].

Низька вартість чіпу, його простота інтеграції в систему та низьке споживання електроенергії стали головними причинами через які було прийнято рішення використати його в системі.

Оскільки модуль потребує живлення відмінного від інших компонентів в 3.6 В, то в зв'язку з цим було прийнято рішення використати стабілізатор напруги HW 580, це спростить розробку, звільнивши від потреби розробки додаткового компоненту, стабілізує живлення модулю ESP8266, та спростить відтворення схеми для сторонніх користувачів які виявлять бажання долучитись до системи, зібравши власний апаратний модуль для збору даних про навколишнє середовище.

2.3.3 Датчик температури та вологості повітря DHT11

Датчик DHT11 (рис. 2.10) представляє собою цифровий пристрій для вимірювання температури та вологості, який забезпечує можливість калібрування цифрового сигналу на своєму виході. Він складається з емісійного датчика вологості та термістора, а також датчик обладнано аналого цифровим перетворювачем (АЦП) для перетворення аналогових значень вологості та температури до цифрових показників, з якими зручніше працювати мікроконтролеру.

Технічні характеристики:

- Вимірювання вологості: 5 - 95% RH \pm 5% (макс.)
- Вимірювання температури: -20 ~ +60 °C \pm 2% (макс.)
- Напруга живлення: 3,5-5,5 В
- Частота опитування не більше 1 Гц
- Розміри: 15,5 x 12 x 5,5 мм

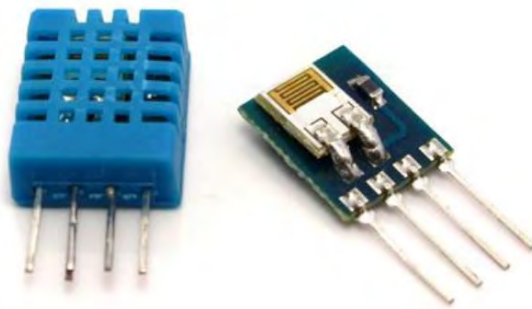


Рис. 2.10. Зовнішній вигляд датчика DHT11

Виводи датчика (рис 2.11):

- VCC – живлення 3,5-5,5В
- DATA – цифровий порт передачі даних
- GND – земля

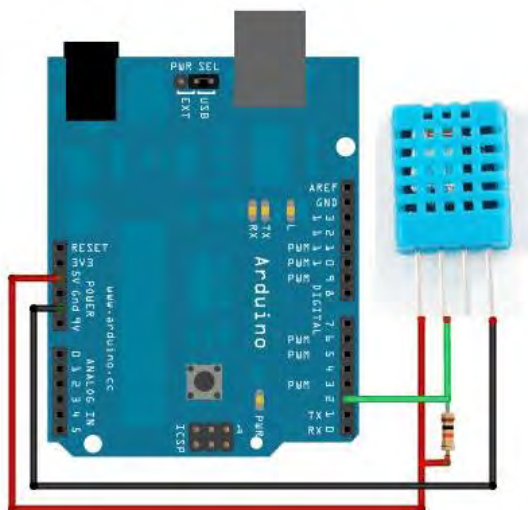


Рис. 2.11. Типове підключення виводів датчика DHT11

З огляду на простоту інтеграції та роботи з датчиком DHT11, допустимі діапазони та похибки вимірювання, його дешевизну та доступність, було

прийнято рішення використати його в апаратній частині системи дистанційного моніторингу, розробленої в ході роботи над кваліфікаційною роботою.

2.3.4 Опис модуля датчиків якості повітря HDC1080 і CCS811

Модуль об'єднує два датчики, розташовані на одній платі (див. рис. 2.12). Результати вимірювань обох датчиків можуть бути отримані окремо за допомогою I2C інтерфейсу. CCS811 - це компактний цифровий газовий датчик для вимірювання концентрації вуглекислого газу (CO₂) та оксиду вуглецю (CO). HDC1080 - це високоточний, компактний і ефективний цифровий датчик вологості та температури.

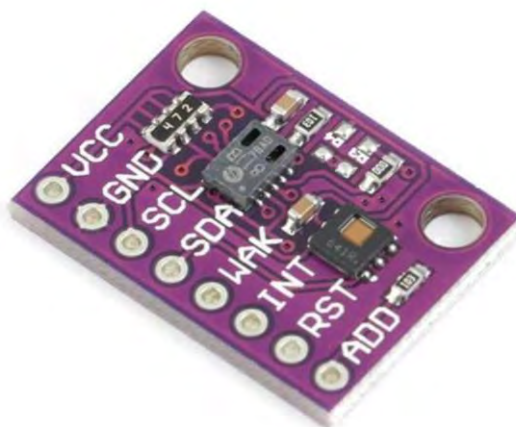


Рис. 2.12. Зовнішній вигляд модулю датчиків HDC1080, CCS811

Датчик оксиду металу (МОКС) використовується для вимірювання концентрації летючих органічних речовин (eTVOCs) і вмісту CO₂.

Усередині модуля вбудований мікроконтролер, який, враховуючи дані про рівень вологості і температури від датчика HDC1080, виконує корекцію результатів вимірювань вмісту газу, які отримані від датчика CCS811. Схема електричної принципової модуля датчиків якості повітря HDC1080 і CCS811 представлена на рис. 2.13.

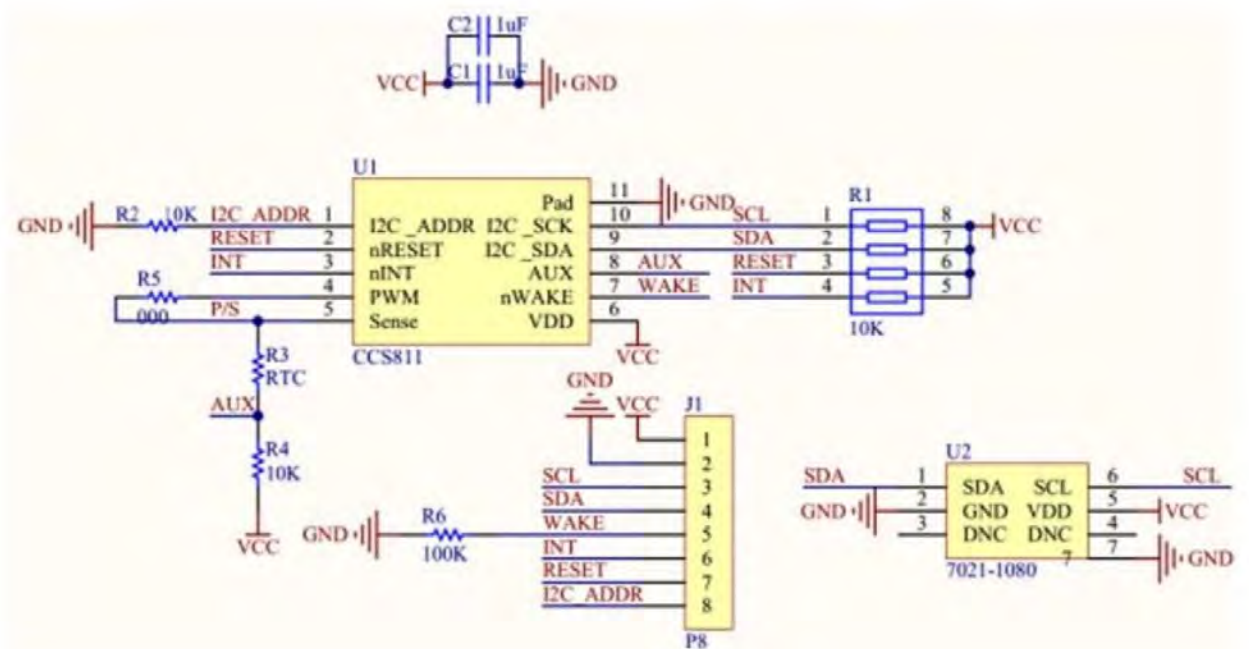


Рис. 2.13. Електрична схема модуля датчиків HDC1080, CCS811

2.3.5 Модуль датчика якості повітря MQ-135

Модуль датчика якості повітря MQ-135 використовується в цій системі для визначення рівня концентрації шкідливих газів в повітрі, таких як CO₂, NO_x, NH₃, дим, пари бензину, алкоголь і т. д. (див. рис. 2.14). Цей модуль розроблено на основі датчика MQ135. На платі модуля розміщений компаратор, призначений для порівняння рівня концентрації шкідливих речовин з пороговим значенням, яке може бути налаштоване за допомогою потенціометра.



Рис. 2.14. Зовнішній вигляд модулю датчика MQ-135

Характеристики [19]:

- Напряга живлення датчика становить 5 В;
- Вихідна напруга сигналу становить від 0-5 В;
- Міра концентрації газів в повітрі.

Електрична принципова схема модуля датчика якості повітря MQ-135 показана на рис. 2.15.

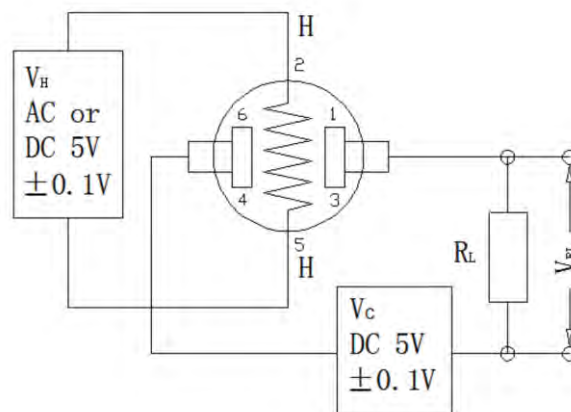


Рис. 2.15. Схема електрична принципова модуля датчика MQ-135 [19]

2.3.6 Модуль GP2Y1010AU0F давача пилу

Модуль GP2Y1010AU0F від компанії Sharp, призначений для визначення якості повітря, спроектований для виявлення дрібних частинок з розміром більше 0,8 мікрметра, таких як сигаретний дим та дрібнодисперсні частинки PM2.5. Характеризується низьким рівнем споживання енергії, який можна знизити, вимкнувши підсвічування пристрою зчитувача (рис. 2.16). На виході датчика формується аналоговий сигнал з напругою, що пропорційна концентрації пилу в повітрі. Залежність напруги від значення показників концентрації пилу показана на рисунку 2.17. Широкий діапазон вхідної напруги живлення забезпечується вбудованим стабілізатором [20].

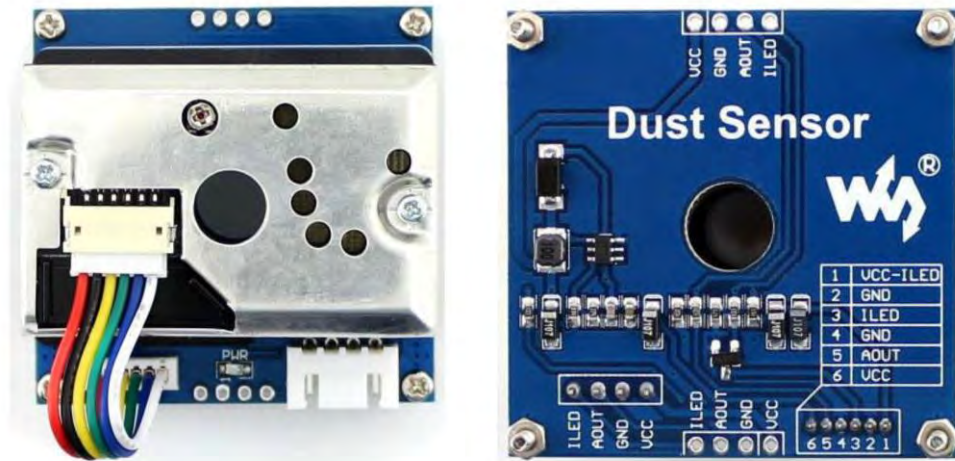


Рис. 2.16. Зовнішній вигляд модуля датчику пилу GP2Y1010AU0F

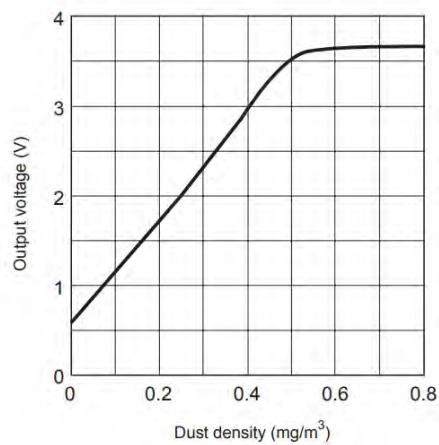


Рис. 2.17. Графік залежності щільності пилу від вихідної температури датчика GP2Y1010AU0F [20]

Датчик застосовується в системах моніторингу забруднення, кондиціонування та очищення повітря.

Технічні характеристики датчика пилу GP2Y1010AU0F [20]:

- Діапазон вимірювання: 500 мікрограм/м³
- Чутливість: 500 мВ / (100 мікрограм/м³)
- Максимальне споживання струму: 0,02 А
- Напруга живлення: 2500 мВ - 5500 мВ
- Температура роботи: від: -10 °С до +65 °С

Електрична принципова схема модуля датчика пилу GP2Y1010AU0F показана на рисунку 2.18.

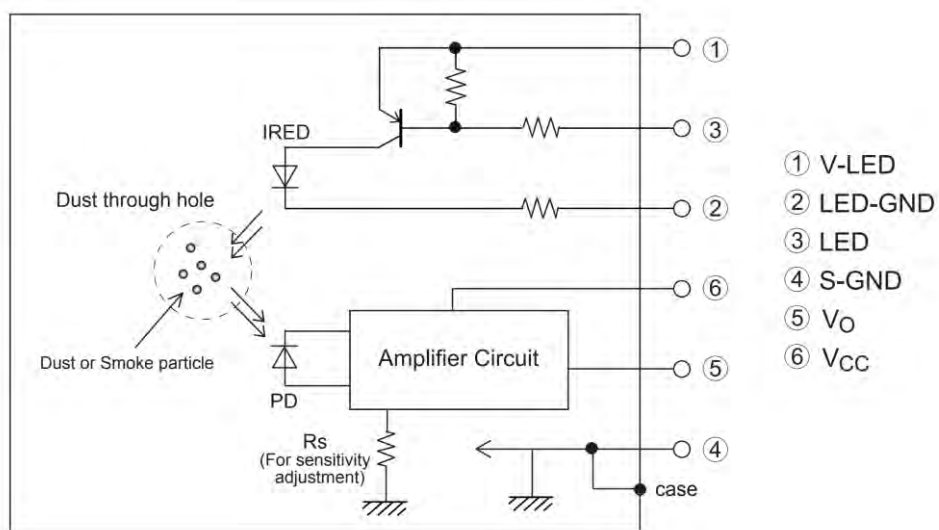


Рис. 2.18. Електрична принципова схема модуля GP2Y1010AU0F [20]

ВИСНОВКИ ДО II РОЗДІЛУ

У другому розділі кваліфікаційної роботи було проведено підбір та обґрунтування архітектурних рішень в апаратній частині системи віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища.

Проведено підбір та обґрунтування компонентної бази апаратного блоку, його компонування, та взаємодію компонентів між собою. Розроблено структурну схему апаратного блоку системи моніторингу.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1 Вибір засобів реалізації програмного коду апаратної частини комплексу

3.1.1 Обґрунтування вибору комбінації модулів ESP та Arduino

Існує багато реалізацій модулів реалізованих з використанням мікрочіпу ESP8266, що надають можливість вести комунікацію через інтернет, використовуючи Wi-Fi з'єднання. Приклади реалізацій модулів показані на рисунку 3.1.

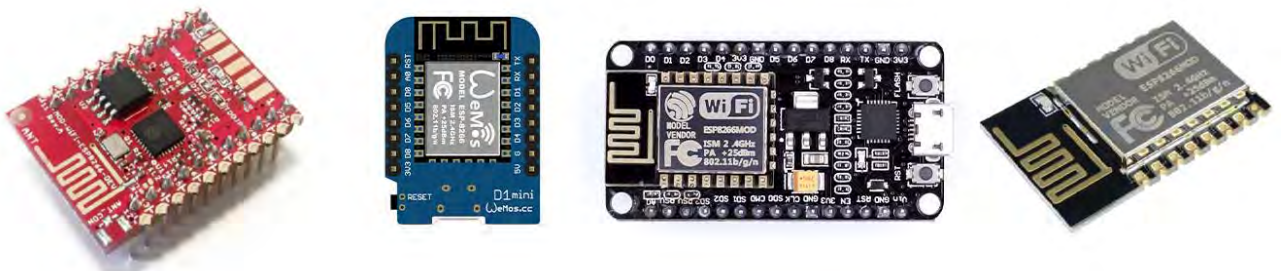


Рис. 3.1. Зовнішній вигляд Wi Fi модулів на основі чіпу ESP 8266

Всі вони мають свій набір доступних функціональностей. Відрізняються вони периферією, розміщеною на платі модулю, наявністю АЦП та кількістю доступних пінів для під'єднання додаткових модулів. Деякі модулі можуть навіть мати вбудоване реле, драйвери керування двигунами та інше. Всі вони відрізняються ціною, чим більше додаткових функціональностей – тим більша ціна модулю. Саме ґрунтуючись на цьому для побудови прототипу системи, було обрано найдешевший з доступних модулів ESP8266 ESP-01 показаний на

рис. 22. Його можливості та функціональності цілком перекривають потреби прототипу системи.

Оскільки обраний модуль має обмежену кількість пінів, а аналогові виходи відсутні взагалі, через відсутність АЦП, було прийнято рішення використати його в поєднанні з платформою Arduino.

Враховуючи популярність, доступну ціну модулів Arduino, та велику кількість готових рішень, які мають відкритий не ліцензований програмний код, широкий вибір модулів за допомогою яких можна вести спостереження було прийняте рішення використати як основним мікропроцесором апаратного блоку саме його. Також великим плюсом є наявність АЦП в цих платформах, що дозволяє підключати датчики з аналоговим виходом.

Платформи Arduino мають цифрові виходи пінів TX RX, за допомогою яких можна вести комунікацію з ESP8266 використовуючи AT команди, приклади яких можна побачити в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Приклади базових AT команд

№ п/п	Команда	Опис команди
1	AT	Перевірити запуск AT
2	AT+RST	Перезапустити модуль
3	AT+GSLP	Увійти в режим сну
4	AT+RESTORE	Скинути налаштування модулю
5	AT+SYSGPIOREAD	Перевірка вхідного рівня GPIO

Враховуючи вище описані фактори, та простоту програмної комунікації модулів було обрано саме таку конфігурацію.

3.1.2 Вибір мови програмування та середовища розробки

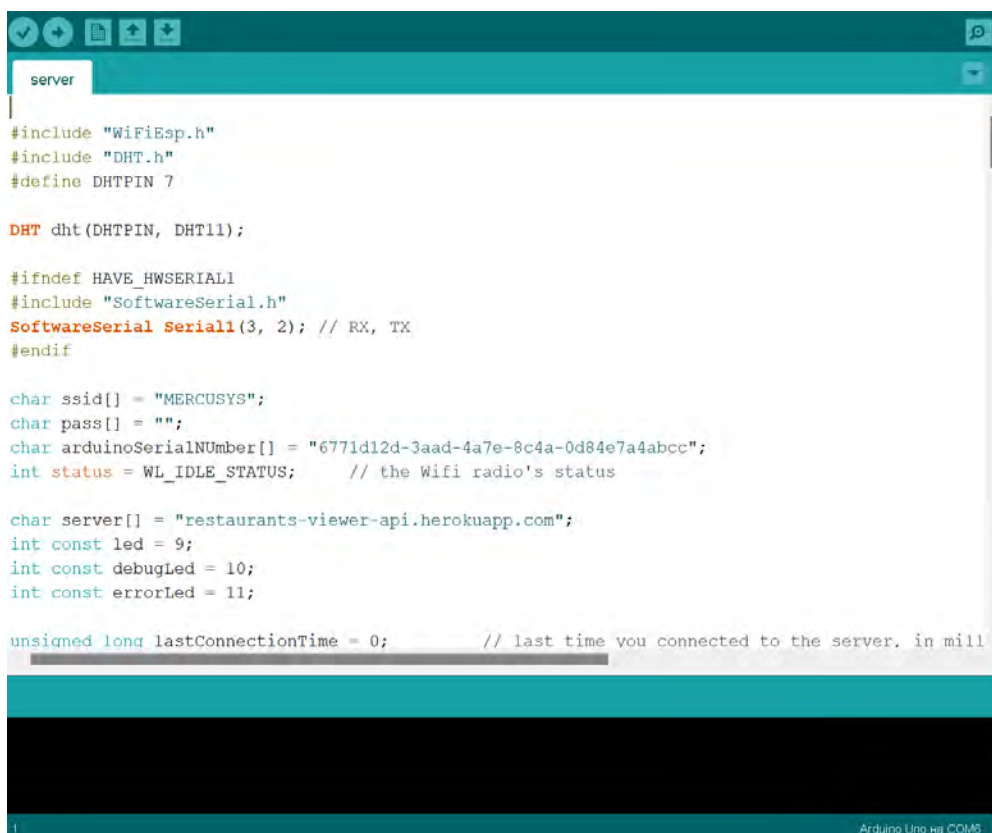
Для написання програмного коду апаратного модулю було використано стандартну для модулів Arduino мову програмування, яка базується на C/C++. Оскільки більшість бібліотек для модулів що можуть бути використані в пропонованій системі базуються саме на ній, це суттєво спростить процес розробки, адже використання готових бібліотек в разі спрощує написання програмного коду. Також більшість прикладів коду для використання модулів, знаходиться в вільному доступі, що також спрощує процес розробки, та робить його швидшим і дешевшим. Компіляція коду написаного на обраній мові є також дуже простим процесом, адже Arduino надає безкоштовні стабільні та перевірені інструменти для цього.

Для ведення розробки програмного коду для платформи Arduino існує багато інструментів. З найпопулярніших можна виділити такі: Arduino IDE, Visual Studio, CLion. Більшість представлених середовищ розповсюджуються на платній основі та надають надто багато функціональності, яка для розробки прототипу є надлишковою. Зважаючи на це було вибрано стандартне для Arduino середовище розробки Arduino IDE, яке на безкоштовній основі розповсюджується виробником платформи, та має весь потрібний для проекту функціонал. Також великим плюсом являється вбудований компілятор коду, та інструменти для прошивки мікроконтролера. Робоче поле середовища показано на рисунку 3.2.

Для розробки серверної частини платформи на яку надходять для зберігання та обробки зібрані системою дані було обрано мову програмування NodeJS, з використанням фреймвоку NestJS.

NodeJS — це середовище виконання JavaScript, яке дозволяє використовувати цю мову на серверному боці веб-додатків. Використання Node.js має ряд переваг, які важливі для ефективної розробки та експлуатації веб-серверів. NodeJS працює за принципом однопоточності та подій, що забезпечує високу швидкодію в обробці багатьох одночасних підключень. Це

особливо важливо для систем, де потрібно обслуговувати багато запитів, таких як сервер для моніторингу.



```
server

#include "WiFiEsp.h"
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 7

DHT dht(DHTPIN, DHT11);

#ifndef HAVE_HWSERIAL1
#include "SoftwareSerial.h"
SoftwareSerial Serial1(3, 2); // RX, TX
#endif

char ssid[] = "MERCUSYS";
char pass[] = "";
char arduinoSerialNumber[] = "6771d12d-3aad-4a7e-8c4a-0d84e7a4abcc";
int status = WL_IDLE_STATUS; // the Wifi radio's status

char server[] = "restaurants-viewer-api.herokuapp.com";
int const led = 9;
int const debugLed = 10;
int const errorLed = 11;

unsigned long lastConnectionTime = 0; // last time you connected to the server, in mill
```

Рис. 3.2 Робоче поле середовища розробки Arduino IDE

Node.js використовує V8 - відмінний рушій JavaScript, розроблений Google. Він забезпечує високу швидкість виконання коду, що важливо для оптимізації продуктивності.

Використання JavaScript як мови ядра на фронтенді та бекенді (за допомогою Node.js) дозволяє розробникам працювати в одній мові, що полегшує розробку та підтримку.

Використання Node.js обґрунтоване для створення швидкодіючих, масштабованих та ефективних веб-додатків з великою кількістю одночасних з'єднань. Зручний синтаксис JavaScript, асинхронність та велика спільнота роблять Node.js відмінним вибором для серверної розробки.

В розробці системи віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища, вибір середовища розробки є ключовим аспектом, що впливає на продуктивність та якість коду. Обране середовище IntelliJ IDEA пропонує кілька переваг, що роблять його відмінним вибором/

IntelliJ IDEA забезпечує розширену підтримку TypeScript, що є важливим аспектом у розробці веб-інтерфейсу для системи моніторингу. Вона полегшує написання сучасного та безпомилкового коду на стороні клієнта.

IntelliJ IDEA включає в себе вбудовану підтримку для роботи з Node.js, що дозволяє оптимально використовувати переваги цього середовища у розробці серверної частини системи. Середовище пропонує розширені засоби аналізу коду та відлагодження, що полегшує виявлення та виправлення помилок, а також прискорює розробку.

Зручний інтерфейс для керування залежностями Node.js та TypeScript робить розробку зручною та ефективною. IntelliJ IDEA добре інтегрована з системами контролю версій, зокрема з Git, що дозволяє легко ведення роботи над проектом у команді.

Робоче поле середовища показано на рисунку 3.3.

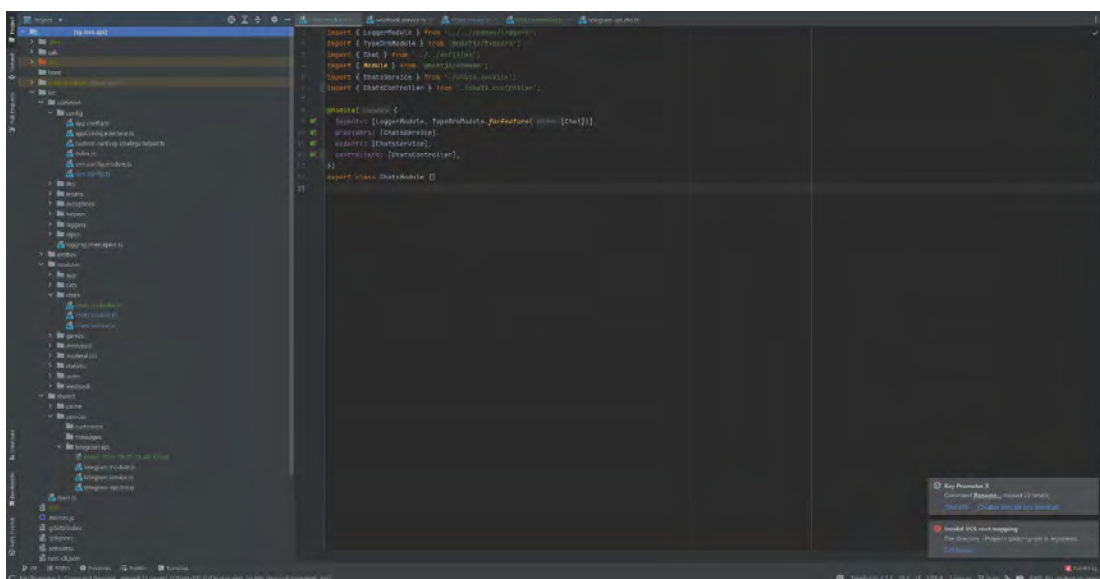


Рис. 3.3. Робоче поле середовища розробки IntelliJ IDEA

Використання IntelliJ IDEA в нашому проєкті є обґрунтованим через його широкий функціонал, особливо в контексті розробки на TypeScript та Node.js. Це середовище забезпечує ефективні засоби розробки, що покращують продуктивність, стабільність та зручність ведення кодової бази.

3.1.3 Вибір бази даних

У контексті розроблюваного проєкту, використання бази даних є ключовим аспектом, який визначає надійність та швидкодію системи віддаленого моніторингу. Обрання PostgreSQL для цієї ролі є обґрунтованим з кількох причин.

PostgreSQL є відкритим програмним забезпеченням, що дозволяє вільно використовувати, змінювати та поширювати його без обмежень. Це робить його економічно вигідним для проєктів з обмеженими бюджетами.

Підтримує широкий спектр типів даних, включаючи географічні дані, JavaScript Object Notation (JSON) та інші. Він також дозволяє користувачам створювати власні функції та типи даних, що забезпечує гнучкість у використанні.

Володіє високою рівнем транзакційної безпеки, що робить його популярним в галузях, де важлива консистентність та надійність даних, наприклад, в фінансових та банківських системах.

Може ефективно масштабуватися та оптимізуватися для обробки великої кількості одночасних підключень та запитів. Його архітектура дозволяє розподілену роботу та горизонтальне масштабування.

PostgreSQL вибирається не лише через свої технічні переваги, але і через свою відкритість та безкоштовність, що важливо для розробки прототипу системи. Однак вибір бази даних повинен враховувати конкретні потреби та завдання проєкту. Обрання його використання є перевагою для розроблюваного проєкту завдяки своїй гнучкості, ефективності, надійності та відкритості.

3.1.4 Обґрунтування вибору реалізації хмарного середовища системи віддаленого моніторингу

В умовах швидкого розвитку та зростання ринку систем віддаленого моніторингу, виникає питання щодо обрання оптимального підходу до розробки програмного забезпечення для розроблюваного проекту. На відміну від готових рішень, які пропонуються на ринку, було прийнято рішення спроектувати та розробити власне програмне забезпечення.

Готові рішення, такі як ThingSpeak, надають базовий функціонал, проте кастомізація обмежена. Створюючи власний продукт, ми маємо повний контроль над функціоналом, що дозволяє точно адаптувати систему під конкретні потреби користувачів.

Розробка власного рішення надає повний контроль над інфраструктурою та не залежить від сторонніх платформ. Це забезпечить гнучкість в управлінні та розвитку системи.

Розробка власного рішення відкриває можливість впровадження нових функцій та модулів, що не передбачені готовими рішеннями. Являється можливість легко внести зміни, щоб врахувати ринкові вимоги та вдосконалити продукт у майбутньому.

Оскільки дані про моніторинг можуть бути чутливими, створення власної системи дозволяє нам визначати власні стандарти безпеки та ефективно захищати інформацію користувачів.

Порівнюючи із готовими рішеннями, розробка власного хмарного середовища надає можливість глибшого інтегрування з існуючими системами, швидше реагування на зміни у вимогах ринку та вищий рівень контролю за розвитком продукту.

Обравши розробку власного рішення, ми прагнемо створити продукт, який не лише задовольнить потреби наших користувачів сьогодні, але й буде готовим до еволюції відповідно до їхніх майбутніх потреб.

3.2 Програмне забезпечення системи віддаленого моніторингу

В розроблюваній системі віддаленого моніторингу програмне забезпечення складається з двох компонентів. Перший компонент програмного забезпечення відповідає за управління мікроконтролером ATmega328P, що є основою для модуля Arduino Uno. Цей компонент реалізований мовою програмування C++ та розроблений в середовищі Arduino IDE, основним функціоналом є комунікація з датчиками та WiFi модулем ESP8266. Другий компонент програмного забезпечення є реалізацією хмарного середовища на якому проводиться обробка, зберігання даних та функціоналу який дозволяє передавати зібрані дані в інші системи, обробка користувачів системи, їх модулів моніторингу, авторизації та інші функціональності.

3.3 Програмне забезпечення апаратного блоку системи віддаленого моніторингу

Для успішного функціонування апаратного блоку системи віддаленого моніторингу було проведено розробку програмного коду для модулю Arduino Uno. Блок схема розробленого програмного забезпечення показана на рисунку 3.4.

Алгоритм роботи розробленого ПЗ можна розділити на чотири основні етапи:

- Ініціалізація бібліотек, налаштувань модулю. Ініціалізація роботи UART
- Під'єднання до мережі Wi-Fi
- Зчитування показань з датчиків моніторингової системи
- Відправка отриманих значень на веб сервер

Для комунікації модулю Arduino Uno з модулем ESP8266 ESP01 по протоколу UART було використано бібліотеку WiFiEsp.h. Бібліотека дозволяє

провести ініціалізацію модуля ESP8266 ESP01, налаштувати з'єднання з мережею Wi-Fi та надсилати http запити на веб сервер.

Для обробки показань датчика DHT-11 використано бібліотеку DHT.h. Функціонал обраної бібліотеки дозволяє провести ініціалізацію датчика та зчитувати його показники з максимально доступною для модуля DHT-11 частотою – 1 Гц.

Приклад коду описаного функціоналу:

```
#include "WiFiEsp.h"
```

```
    #– надається за запитом до авторів
```

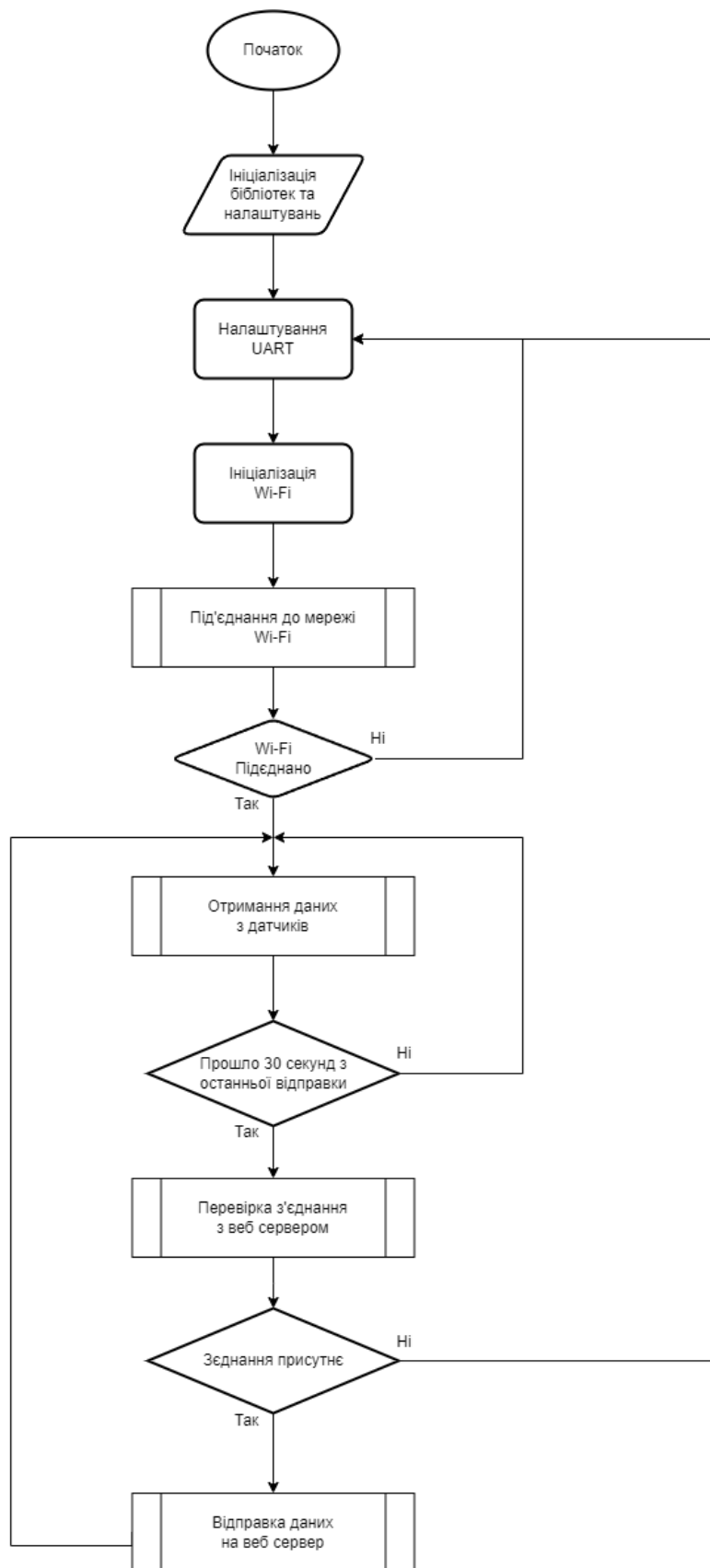


Рис. 3.4 Блок схема алгоритму роботи програмного забезпечення модулю Arduino Uno

3.4 Програмне забезпечення веб серверу системи віддаленого моніторингу

Для того щоб проводити обробку та зберігання зібраних системою даних було прийняте рішення розробити власне рішення що дозволить вирішити поставлену задачу.

Підчас аналізу проблеми та пошуку рішень було вирішено розробити веб сервер на мові програмування NodeJS з використанням TypeScript, та фреймворку NestJS, для зберігання зібраних даних використати базу даних PostgreSQL.

NestJS додаток буде складатись з п'ятьох модулів, які дозволять покрити базовий функціонал прототипу. Діаграма модулів додатку показана на рисунку 3.5 нижче.

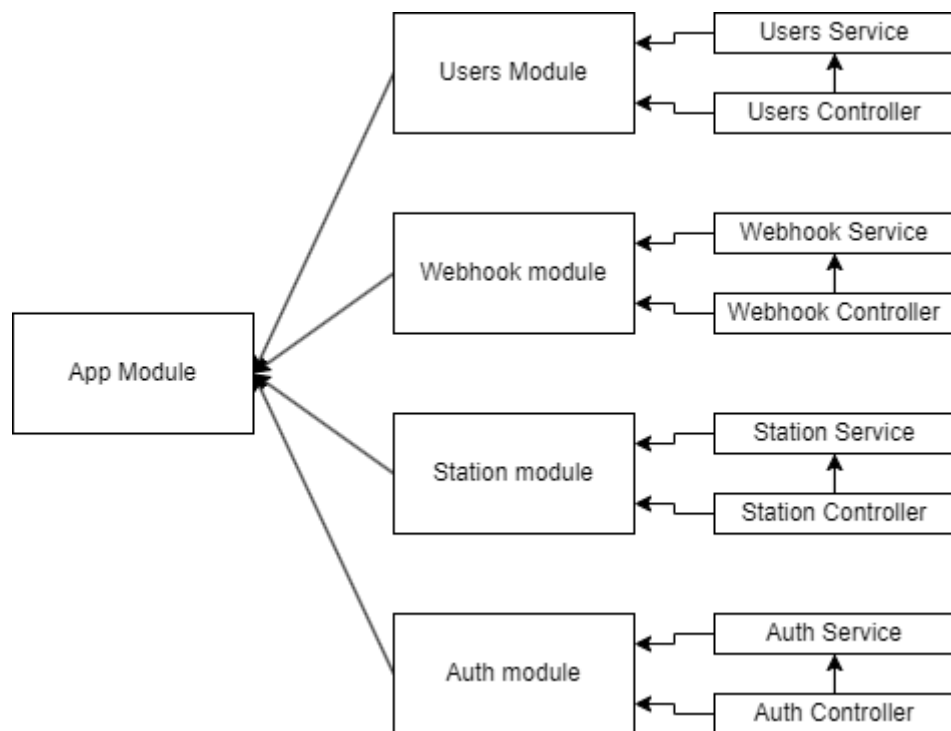


Рис 3.5 Діаграма модулів веб серверу системи моніторингу

Users module містить в собі функціональність для роботи з користувачами системи. Дозволяє вести облік користувачів системи,

переглядати інформацію по користувачам, зберігати та оперувати даними про користувачів: ім'я, фамілія, логін, пароль та інші дані про користувачів. Для реалізації REST API вихідних точок для роботи з користувачами реалізовано Users Controller в якому міститься весь перелік вхідних точок, наприклад оновлення інформації по користувачу, отримання даних про користувача, отримання всіх користувачів системи та інші. Users Service слугує для опису додаткової бізнес логіки процесів по користувачам.

Для реалізації функціоналу отримання даних з станцій моніторингу реалізовано модуль Webhook Module. Він містить в собі функціонал що дозволяє обробляти вхідні запити від станцій моніторинг, та зберігати до бази даних зібрані показники. Вхідні точки описані в Webhook Controller, а додаткова бізнес логіка з обробкою та збереженням даних в Webhook Service.

Щоб мати можливість оперувати великою кількістю станцій користувачів було розроблено Station Module. Модуль містить в собі функціональність яка дозволяє користувачам переглядати список своїх станцій, їх статус, переглядати зібрані ними дані, редагувати інформацію про свої станції, додавати нові блоки моніторингу. Вхідні точки по роботі з станціями знаходяться в Station Controller, а бізнес логіка в Station Service.

Для того щоб додаток та дані користувачів були в безпеці, було розроблено модуль Auth Module. Він містить в собі функціональність яка дозволяє проводити процес авторизації користувачів системи, валідувати доступи до даних які запрошують користувачі. Модуль містить в собі логіку авторизації користувача по логіну та паролю, реєстрацію нових користувачів, та функціонал що дозволяє впровадити авторизацію всіх вхідних точок додатку. Тобто тільки авторизований користувач може отримувати дані тільки по своїм станціям, оперувати своїм акаунтом та доданими станціями моніторингу. Авторизації запитів організована по технології JSON Web Token (JWT). Авторизований користувач отримує пару токенів, один для авторизації, який дійсний 10 хвилин, та один для поновлення сесії, який дійсний 90 днів та

є одноразовим. Використавши токен для поновлення сесії користувач отримує нову пару токенів з якими може продовжувати взаємодію з веб сервером. Приклад JWT токену:

```
eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJzdWIiOiIxMjM0NTY3ODkwIiwibmFtZSI6IkpvaG4gRG9lIiwiaWF0IjoxNTE2MzkwMjIuSflKxwRJSMeKkF2QT4fwpMeJf36POk6yJV_adQssw5c
```

Корисне навантаження представленого токену:

```
{  
  "sub": "1234567890",  
  "name": "John Doe",  
  "iat": 1516239022  
}
```

Попередньо перераховані модулі є залежностями модулю App Module, який є головним модулем додатку. Приклад структури коду модулів показаний на прикладі модулю авторизації на зображенні 3.6 нижче.

Рис 3.6 Структура коду модулів веб серверу– надається за запитом до авторів

Додаток містить в собі набір вхідних точок (API) через які за допомогою мережевого протоколу http можна вести комунікацію з додатком. Кожна з них може виконувати описані документацією задачі.

Приклад контролеру модулю авторизації в якому описуються вхідні точки для авторизації показаний на зображенні 3.7 нижче.

Рис 3.7 Вигляд коду контролеру модулю авторизації веб-серверу – надається за запитом до авторів

3.4.1 База даних веб серверу системи віддаленого моніторингу

В попередніх розділах було проведено аналіз та обґрунтовано вибір бази даних PostgreSQL для зберігання зібраних моніторинговими станціями даних. Для ведення подальшої розробки веб-серверу було прийнято рішення розробити структуру бази даних. Основними компонентами розробленої структури мають стати користувачі, їхні станції моніторингу, та таблиці в яких будуть зберігатись зібрані станціями дані. Ґрунтуючись на цих тезах було розроблено структуру бази даних додатку представлену на зображенні 3.8 нижче.



Рис 3.8 Структурна схема бази даних веб серверу станції моніторингу

База даних прототипу системи буде містити в собі 5 таблиць:

- users – для зберігання даних про користувачів
- countries – список доступних країн
- cities – список доступних міст
- monitoring_stations – дані про станції моніторингу користувачів
- monitoring_data – таблиця з даними що надходять від станцій моніторингу

Для забезпечення безпечності доступу до користувачів, паролі будуть зберігатись у вигляді односторонньо хешованих даних. Приклад коду з використанням пакету `bcrypt`, що дозволяє перетворити паролі в односторонні хеш коди показаний нижче:

```
import * as bcrypt from 'bcrypt';
const slat = await bcrypt.genSalt(this.saltOrRounds);
return await bcrypt.hash(password, slat);
```

Значення параметрів температури та вологості зберігаються в таблиці `monitoring_data` в полях `temperature` та `humidity` відповідно. За наявності датчиків що збиратимуть інші дані їх можна зберігати в полі `other_data`. Це поле має тип даних `jsonb`, що дозволяє зберігати JSON об'єкти з можливістю подальшого пошуку, фільтрації та інших операцій.

Для взаємодії з базою даних зі сторони веб серверу було прийнято рішення використати бібліотеку `TypeOrm`. Це рішення значно спрощує взаємодію, додає додаткову безпеку даних, та робить подальше розширення додатку простішим та швидшим.

Описані вище таблиці бази даних мають своє представлення в додатку та мають вид показаний на зображенні 3.9 нижче.

Рис 3.9. Зовнішній вигляд моделей таблиць баз даних з використанням бібліотеки `TypeOrm`— надається за запитом до авторів

ВИСНОВОК ДО ІІІ РОЗДІЛУ

У третьому розділі кваліфікаційної роботи був здійснений вибір програмних методів та засобів для реалізації проектованої системи віддаленого моніторингу.

Розроблено алгоритм роботи основних програмних функцій і методів апаратного блоку моніторингу, створено програмне забезпечення для мікроконтролера.

Обрано оптимальний підхід до розробки хмарного веб серверу для збору та обробки результатів. Розроблено структуру бази даних для збереження зібраних показників. Спроектовано та реалізовано веб сервер з вихідними точками для клієнтської частини сервісу, та збору інформації з станцій моніторингу. Розроблений веб-сервер легко піддається розгортанню в хмарних середовищах, є легко масштабованим, та піддається простому подальшому розширенню функціоналу.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

4.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах кваліфікаційної роботи важливість методів та засобів дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища, було розроблено систему яка дозволяє проводити дистанційний моніторинг, та проводити аналіз показників атмосферного повітря урбанізованих територій. Зважаючи на це було прийняте рішення розробки стартап проекту на основі проведених аналізів, та розробленого продукту.

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап-проекту, який допоможе людям, урядовим, та не урядовим організаціям проводити віддалений контроль показників навколишнього середовища, та провадити зміни для запобігання негативних змін в навколишньому середовищі, які можуть негативно впливати на населення.

Для подальшого розуміння вимог до реалізації проекту, цілей, завдань та орієнтовних термінів до виконання, було створено інформаційну карту, яка представлена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Назва блоку	Характеристика
Загальна характеристика стартап-проекту	
Назва стартап-проекту	Автоматизована система дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища
Проблематика яку вирішує стартап проект	Забезпечення моніторингу та контролю за різними параметрами навколишнього середовища для зменшення впливу на природу та екосистему. Виявлення та передача даних про рівень забруднення повітря, води чи інших факторів, що можуть впливати на здоров'я людей. Моніторинг показників ґрунту, які можуть вказувати на його якість для сільськогосподарського використання та ефективного використання ресурсів. Відстеження та аналіз змін у

	кліматичних умовах для розробки стратегій та заходів щодо адаптації до змін клімату.
Головні цілі та завдання стартап-проекту	<p>Ціль 1: Розробити та впровадити ефективну систему моніторингу, яка забезпечить надійний та точний збір даних про параметри навколишнього середовища.</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Розробити інтегровану систему, яка включає в себе датчики для вимірювання параметрів повітря, води, ґрунту тощо. – Впровадити передові технології для забезпечення точності та стабільності збору даних. – Забезпечити можливість дистанційного моніторингу та управління системою. <p>Ціль 2: Покращити якість життя мешканців та забезпечити їхню безпеку шляхом вчасного виявлення та реагування на потенційно небезпечні умови.</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Розробити систему тривоги та сповіщень для оперативного реагування на виникнення небезпек. – Забезпечити доступ мешканців до інформації про стан навколишнього середовища в режимі реального часу. – Співпрацювати з місцевими органами влади для впровадження заходів з покращення середовища. <p>Ціль 3: Зменшити негативний вплив на природу та підтримувати сталість екосистем через аналіз та контроль параметрів довкілля.</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Розробити аналітичні інструменти для виявлення тенденцій у змінах довкілля та їх вплив на екосистеми. – Використовувати отримані дані для розробки та реалізації стратегій збереження природи. – Співпрацювати з організаціями з екологічною спрямованістю для впровадження програм збереження. <p>Ціль 4: Забезпечити доступ до накопиченої інформації для владних структур, громад та інших зацікавлених сторін для прийняття обґрунтованих рішень у сфері екології та безпеки.</p> <p>Завдання:</p> <p>Розробити платформу, яка надає інтерфейс для аналізу та візуалізації зібраних даних.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Забезпечити можливість зручного обміну інформацією між владними органами, дослідницькими установами та громадами. – Забезпечити високий рівень захисту і конфіденційності даних. <p>Ціль 5: Створити систему, яка може бути легко масштабованою та адаптованою для різних галузей та регіонів.</p> <p>Завдання:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> – Розробити гнучку архітектуру, яка легко адаптується до різних типів датчиків та обладнання. – Забезпечити можливість інтеграції з існуючими системами моніторингу та управління. – Розробити модульну систему, яка може бути розширена в майбутньому.
Головні цільові групи, на які спрямований стартап-проект	<p>1: Громадськість та мешканці місцевості</p> <ul style="list-style-type: none"> – Забезпечити мешканців доступом до інформації щодо якості довкілля, дозволяючи їм приймати обґрунтовані рішення про своє здоров'я та життя. – Надавати систему тривоги та сповіщень для оперативного інформування громади про потенційні небезпеки. <p>2: Органи місцевого самоврядування та екологічні організації</p> <ul style="list-style-type: none"> – Забезпечити дані для прийняття рішень щодо управління середовищем та здоров'ям громади. – Сприяти розробці та впровадженню стратегій з екологічної усталеності. <p>3: Підприємства та сільське господарство</p> <ul style="list-style-type: none"> – Надавати дані для оптимізації виробничих процесів та ефективного використання ресурсів. – Сприяти розробці та впровадженню екологічно сталих практик. <p>4: Дослідницькі установи та активісти у сфері екології</p> <ul style="list-style-type: none"> – Забезпечити доступ до даних для наукових досліджень та аналізу стану довкілля. – Сприяти розвитку нових методів моніторингу та аналізу. <p>5: Промислові підприємства та підприємства з виробництва енергії</p> <ul style="list-style-type: none"> – Надавати дані для виявлення ефективних стратегій зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. – Сприяти впровадженню інновацій для зменшення викидів та використання альтернативних джерел енергії.
Автори та команда стартап-проекту	
Автори стартап-проекту	Лесковець Богдан Васильович
Команда стартап-проекту	Лесковець Богдан Васильович – автор проекту, розробник системи
Опис продукту стартап-проекту	
Назва та коротка характеристика мінімального	<p>Назва MVP: GreenWatch</p> <p>Характеристика MVP: MVP стартапу є базовою версією системи дистанційного моніторингу, що включає в себе:</p>

життєздатного продукту (MVP)	<ul style="list-style-type: none"> – Декілька ключових датчиків для вимірювання параметрів навколишнього середовища, таких як якість повітря, рівень води, ґрунту тощо. – Механізми збору та передачі даних на веб-сервер для подальшої обробки. – Простий інтерфейс веб-додатка для користувачів, де можна переглядати базову інформацію та налаштовувати сповіщення. <p>Мета MVP: Основна мета MVP полягає в тому, щоб продемонструвати базовий функціонал системи та забезпечити можливість збору та візуалізації ключових даних. Це дозволить залучити перших користувачів та отримати поверхневий фідбек щодо корисності та потреб у поліпшенні.</p>
Сфера застосування та функціональне призначення продукту:	<p>Сфера застосування: Продукт орієнтований на сектори, де важлива моніторингова інформація щодо навколишнього середовища. Це може бути міське середовище, промислові райони, аграрні угіддя, екосистеми, персональне використання громадянами, урядові та не урядові організації та інші місця, де контроль за довкіллям важливий.</p> <p>Функціональне призначення: Продукт виконує наступні функції:</p> <ul style="list-style-type: none"> збір та передача даних: забезпечення неперервного моніторингу параметрів навколишнього середовища через використання датчиків. – аналіз та обробка: проведення аналізу зібраних даних для ідентифікації тенденцій та виявлення потенційних проблем. – сповіщення та тривоги: виведення сповіщень та тривог при виявленні аномалій або небезпечних умов. – візуалізація: представлення інформації у зручній для користувача формі через веб-інтерфейс.
Опис унікальних властивостей продукту стартапу	<p>Інтегрована система дистанційного моніторингу: Унікальність полягає в тому, що продукт не лише забезпечує вимірювання окремих параметрів, але і надає інтегровану систему, яка об'єднує різні аспекти моніторингу навколишнього середовища.</p> <p>Система реагування на небезпеку: Продукт включає в себе механізми тривог та автоматизованого реагування, дозволяючи оперативно реагувати на небезпечні ситуації та вчасно сповіщати відповідні служби.</p> <p>Розширені можливості аналізу даних: Забезпечує високий рівень аналізу та обробки даних, що дозволяє користувачам отримувати не тільки базову інформацію, але й глибокі знання про стан навколишнього середовища.</p> <p>Масштабованість та гнучкість: Система розроблена таким чином, щоб можливо було легко додавати нові датчики, розширювати функціональність та адаптувати її до різних галузей та потреб користувачів.</p> <p>Інтуїтивний веб-інтерфейс:</p>

	Забезпечує зручний та інтуїтивний інтерфейс для користувачів будь-якого рівня експертизи, щоб легко взаємодіяти з системою та отримувати потрібну інформацію.
Стадія розробки продукту стартап-проекту	<p>Продукт знаходиться на стадії активної розробки. Основні критерії цієї стадії включають:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Прототипування: Вже створений та перевірений прототип базового обладнання та програмного забезпечення. - Тестування: Проводяться внутрішні та обмежені зовнішні тести для перевірки працездатності та ефективності. - Вдосконалення: Здійснюється постійне вдосконалення функціоналу, оптимізація алгоритмів та врахування фідбеку від тестування. - Планові виправлення: Визначаються та вирішуються будь-які виявлені проблеми або несправності. - Підготовка до випуску: Планується етап випуску першої публічної версії після виконання всіх необхідних вдосконалень та тестів.
Технічні характеристики	<p>Загальний огляд технічних характеристик продукту:</p> <p>Обладнання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Використання мікроконтролерів та спеціалізованих датчиків для збору даних. - Модуль Wi-Fi для передачі зібраних даних на веб-сервер. <p>Апаратне забезпечення:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Вбудована система енергозбереження для продовження терміну служби батарей. - Резервне живлення або можливість підключення до джерел енергії. <p>Програмне забезпечення:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Розроблене власне програмне забезпечення для обробки та візуалізації даних. - Алгоритми аналізу для виявлення аномалій та небезпечних умов. - Можливість оновлення програмного забезпечення віддалено. <p>Захист та конфіденційність:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Використання шифрування для захисту передачі та зберігання даних. - Система аутентифікації та авторизації для забезпечення доступу лише авторизованим користувачам. <p>Масштабованість:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Архітектура системи, що легко масштабується для додавання нових датчиків та функціональностей. <p>Інтеграція:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Можливість інтеграції з існуючими системами моніторингу та управління.

<p>Супровід продукту</p>	<p>Технічна підтримка:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Надання технічної підтримки для користувачів та вирішення можливих проблем. - Можливість звертатися до онлайн-ресурсів, чатів або телефонної підтримки. <p>Оновлення та розширення:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Регулярні оновлення програмного забезпечення для вдосконалення функціоналу та забезпечення безпеки. - Можливість додавання нових функцій та інтеграції з іншими системами. <p>Навчання та ресурси:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Надання навчальних матеріалів, які допомагають користувачам в освоєнні та використанні продукту. - Вебінари, онлайн-курси або документація для користувачів. <p>Співпраця та зворотній зв'язок:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Забезпечення можливості користувачам ділитися своїми враженнями та пропозиціями. - Активна участь у спільноті та врахування побажань користувачів у вдосконаленні продукту. <p>Гарантія якості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Здійснення ретельного тестування перед випуском оновлень або нових функцій. - Виявлення та виправлення будь-яких помилок або вразливостей.
<p>Необхідні ресурси</p>	<p>Людські ресурси:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Команда розробників для подальшого вдосконалення та підтримки продукту. • Фахівці з обслуговування клієнтів та технічної підтримки. <p>Фінансові ресурси:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Фінансування для проведення досліджень та розробки нових функцій. • Забезпечення ресурсів для маркетингу та реклами продукту. <p>Технічні ресурси:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Доступ до обладнання для випробувань та вдосконалення технічних характеристик. • Інфраструктура для забезпечення надійного функціонування веб-сервера та збереження даних. <p>Партнерські відносини:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Встановлення партнерських зв'язків з органами влади, екологічними організаціями та іншими зацікавленими сторонами. • Можливість співпраці з іншими компаніями для розширення функціоналу чи ринкових можливостей.

<p>Потреба інвестиціях</p>	<p>в</p> <p>Залучення фінансування для стартапу може здійснюватися за допомогою різних джерел. Нижче розглянуті можливі варіанти для перших кроків та подальші стратегії:</p> <p>На перших кроках (до випуску MVP): Власні фінансові ресурси основних учасників команди. Забезпечення власного капіталу для розробки та випуску MVP. Участь у грантах та конкурсах, спрямованих на розвиток інноваційних технологій та довкілля.</p> <p>Після випуску MVP (для розвитку та масштабування): Залучення фінансування від ангельських інвесторів, які зацікавлені в розвитку новаторських технологій. Звертання до венчурних фондів, що спеціалізуються на інвестуванні в стартапи. Проведення краудфандингових кампаній для залучення коштів від громадськості. Розгляд можливості отримання кредитів або позик від банків або фінансових установ. Пошук стратегічних партнерів, які можуть надавати фінансову підтримку в обмін на спільний успіх. Укладання угод із стандартними або індивідуальними умовами для інвесторів.</p>
<p>Інтелектуальна власність</p>	<p>Усі власницькі права на дизайн пристрою та його модулі, включаючи зображення, ілюстрації, фотографії, схеми, а також на відео- та аудіоматеріали, включаючи літературний та технічний опис, належать авторам стартапу "GreenWatch".</p>
<p>Результати стартап-проекту</p>	
	<p>Стартап "GreenWatch" планує завершити основні етапи за 16 місяців:</p> <ul style="list-style-type: none"> - MVP: 5 місяців. - Тестування та Оптимізація: 2 місяці. - Запуск та Поширення: 2 місяці. - Розширення Функціоналу: 4 місяці. - Масштабування та Оптимізація Інфраструктури: 3 місяці. - Технічна Підтримка та Оновлення: 2 місяці.
<p>Термін реалізації стартап-проекту</p>	<p>Стартап "GreenWatch" планує завершити основні етапи за 16 місяців:</p> <ul style="list-style-type: none"> - MVP: 4 місяці. - Тестування та Оптимізація: 3 місяці. - Запуск та Поширення: 2 місяці. - Розширення Функціоналу: 4 місяці. - Масштабування та Оптимізація Інфраструктури: 3 місяці. - Технічна Підтримка та Оновлення: 2 місяці.
<p>Плановані кількісні показники стартап-проекту</p>	<p>Плановані кількісні показники:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Кількість користувачів на початку: 500 осіб. - Місячний зріст користувачів: 15%.

	<ul style="list-style-type: none"> - Місячний обсяг даних, зібраних датчиками: 1.5 ТБ. - Кількість проданих пристроїв на рік: 1,000.
Плановані якісні показники стартап-проекту	<p>Плановані якісні показники:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Рівень задоволеності користувачів: 90% позитивних відгуків. - Час реакції на технічні запитання: менше 24 годин. - Надійність системи моніторингу: uptime 99.9%. - Ступінь покриття екологічних подій: 75%.
Загальні очікувані результати	<p>Створення Життєздатного Продукту:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Реалізація ефективного та надійного продукту "GreenWatch" з високим функціоналом. <p>Захоплення Ринку:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Отримання частки ринку в області систем дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища не менше 15%. <p>Позиціонування як Екологічного Лідера:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Визнання "GreenWatch" як лідера в індустрії та позиціонування як екологічно відповідального бренду. <p>Залучення Інвестицій:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Залучення додаткових інвестицій для масштабування та розширення діяльності стартапу. <p>Сталі Партнерські Відносини:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Встановлення довгострокових партнерських відносин з екологічними організаціями, урядовими структурами та іншими зацікавленими сторонами. <p>Зростання Прибутковості:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Досягнення стабільної прибутковості та покращення фінансових показників. <p>Ефективна Технічна Підтримка:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Забезпечення високоякісної технічної підтримки для користувачів та оперативне вирішення їхніх питань. <p>Впровадження Інновацій:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Активна участь у розробці нових технологій та їхнє впровадження в продукт.

"GreenWatch" - це стартап, який пропонує ефективний засіб дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища. Зорієнтований на екологічних та промислових користувачів, проект спрямований на розробку та впровадження надійного продукту з високою точністю вимірювань. Запланований термін реалізації - 16 місяців. "GreenWatch" прагне стати лідером у галузі, залучити інвестиції та встановити стандарти в дистанційному екологічному моніторингу.

Для розвитку більш обґрунтованих ідей та прийняття більш обдуманих рішень у процесі конструювання модулю, взято рішення використовувати метод "морфологічної карти". Відповідна карта надана у таблиці 4.2 нижче.

Таблиця 4.2

Морфологічна карта проекту

Параметри	Проміжні рішення				
	1-ше	2-ше	3-ше	4-ше	5-ше
Кількість датчиків	1 датчик	2 датчики	3 і більше	Інше	Інше
Тип датчиків	Температурний (DHT21)	Температурний та вологості (DHT21)	Температурний та вологості, освітленості, забруднення	Інші датчики	Інші датчики
Розташування модулю контролю	В дворах будинків	В будинках	На підприємствах	В густонаселених місцях	Інше
Механізм фіксації модулю	На зовнішніх поверхнях	Вмонтований в системи кондиціонування	На спеціальних кріпленнях	На дахах будинків	Інше
Тип з'єднання з сервером	Провідний	Бездротовий Wi-Fi	Бездротовий GSM	Інші бездротові типи з'єднання	Інше

Згідно з морфологічною картою проекту " GreenWatch ", найкращі варіанти для розробки модулю можна сформулювати так:

1. **Кількість датчиків:** 3 датчики - вимірювання вологості, температури та рівня забруднення.
2. **Тип датчиків:** Використання різних типів датчиків для підвищення точності вимірювань та ширшого спектру моніторингу.
3. **Механізм фіксації модулю:** Розташування модулю на спеціальних кріпленнях, що забезпечить оптимальний контакт з оточуючим середовищем.

4. **Тип з'єднання:** Бездротовий зв'язок через GSM мережу для забезпечення надійного з'єднання з сервером навіть в густонаселених місцях або на великих підприємствах.

Отже, оптимальним рішенням є використання трьох датчиків для комплексного моніторингу, розташування модулю на спеціальних кріпленнях для ефективного контакту з оточуючим середовищем та бездротовий зв'язок через GSM для забезпечення стійкого з'єднання з сервером.

Для більш детального розгортання концепції стартап-проєкту, ми визначились із створенням таблиці, що конкретизує сфери застосування та переваги використання модулю для кінцевого користувача.

Таблиця 4.3

Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автоматизована система дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища	Моніторинг екологічних показників у виробничих приміщеннях для забезпечення безпечності та оптимізації умов праці.	Підвищення безпеки праці та оптимізація виробничих умов, сприяючи зменшенню ризиків та покращенню ефективності.
	Контроль якості повітря та забруднення великих міських територій для покращення якості життя мешканців.	Забезпечення жителів міста чистим повітрям та ефективним контролем за рівнем забруднення, що сприяє здоров'ю та комфортному життю.
	Моніторинг кліматичних умов для підвищення ефективності сільськогосподарських процесів.	Підвищення врожайності та оптимізація сільськогосподарських процесів за рахунок точного моніторингу кліматичних умов.
	Контроль за умовами на будівельних об'єктах для забезпечення оптимальних параметрів роботи та безпеки.	Забезпечення безпеки та оптимальних умов на будівельних майданчиках, сприяючи ефективному завершенню проєктів.
	Моніторинг екологічних параметрів навколишнього середовища на промислових, енергетичних чи транспортних об'єктах для запобігання негативним наслідкам.	Забезпечення оперативного виявлення та управління екологічними ризиками, що підвищує загальний рівень безпеки об'єктів інфраструктури.

Згідно з таблицею 4.2, "GreenWatch" представляє інноваційний стартап, спрямований на розробку модулю для системи дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища. Цей модуль призначений для ефективного контролю та управління різноманітними параметрами, включаючи температуру, вологість та рівень забруднення. Вбудований в існуючу апаратну інфраструктуру, він дозволяє здійснювати раннє виявлення змін у навколишньому середовищі та забезпечує віддалене моніторинг та управління через Інтернет. Інтеграція модулю з веб-сервером дозволяє ефективно обробляти та аналізувати зібрані дані для подальшого використання. "GreenWatch" пропонує комплексний підхід до розв'язання завдань екологічного моніторингу, забезпечуючи зручний та інтуїтивно зрозумілий інструмент для контролю за навколишнім середовищем та оптимізації умов життя та роботи.

На ринку існує ряд компаній, які пропонують системи моніторингу навколишнього середовища. Ось деякі з них:

- Airly – це польська компанія, яка розробила систему моніторингу забруднення повітря. Система Airly використовує мережу датчиків, встановлених у різних точках міста, для збору даних про рівень забруднень повітря. Дані збираються в реальному часі та доступні для перегляду в веб-інтерфейсі.
- Sensemakers – це американська компанія, яка розробила систему моніторингу якості повітря. Система Sensemakers використовує штучний інтелект для аналізу даних, зібраних датчиками. Це дозволяє виявляти приховані тенденції та закономірності в даних.
- Envirolution – це українська компанія, яка розробила систему моніторингу стану довкілля. Система Envirolution використовує різні типи датчиків для збору даних про стан повітря, води та ґрунту. Дані використовуються для оцінки впливу людської діяльності на довкілля.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї
проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій Проект	Конкурент1 Airly	Конкурент2 Sensemakers	Конкурент3 Envirolution			
1	Швидкий зворотній зв'язок	Наявний	Наявний	Наявний	Наявний	-	+	-
2	Функціональність	Середня	Висока	Середня	Висока	+	-	-
3	Жорсткість конструкції	Висока	Висока	Висока	Висока	-	+	-
4	Вага	Низька	Низька	Середня	Висока	-	-	+
5	Швидке навчання	Наявне	Наявне	Наявне	Наявне	-	+	-
6	Ціна	Низька	Висока	Висока	Середня	-	-	+
7	Функціональність	Розширена	Розширена	Розширена	Розширена	-	+	-
8	Точність	Висока	Висока	Висока	Середня	-	+	-
9	Надійність	Висока	Висока	Висока	Висока	-	+	-
10	Легкість використання	Висока	Висока	Висока	Середня	-	+	-
11	Інтеграція з іншими системами	Висока	Висока	Висока	Середня	-	+	-
12	Підтримка	Висока	Висока	Висока	Середня	-	+	-

Шляхом аналізу наведеної вище таблиці, що визначає сильні, слабкі та нейтральні аспекти проекту "GreenWatch" у порівнянні з конкурентами (Airly, Sensemakers, Envirolution), можна сформулювати такі висновки:

Швидкий зворотній зв'язок: усі представлені компанії мають швидкий зворотній зв'язок, що показує стандартний рівень обслуговування розроблюваної системи.

1. Розроблювана система має схожий набір функціональностей, але зважаючи на те що поки ведеться активна розробка, деякі системи конкурентів мають кращі показники.
2. Всі представлені системи мають хорошу жорсткість конструкції, як і у всіх конкурентів на ринку з високим рівнем продукту.
3. Розроблювана система має низьку вагу на перевагу конкурентам, що дозволяє розширювати горизонти використання, та простоту монтажу системи.
4. Прототип стартапу "GreenWatch" на противагу конкурентам має дуже низьку ціну апаратного блоку, що може стати конкурентною перевагою на ринку
5. Інші параметри, такі як: швидке навчання, функціональність, точність, надійність, легкість використання, інтеграція з іншими системами, підтримка дуже схожі з конкурентами, та явно не програють у конкуренції, що є плюсом для розроблюваного проекту, особливо беручи до уваги деякі переваги вказані вище

Беручи до уваги вище перелічені фактори, можна стверджувати, що "GreenWatch" є конкурентоспроможним проектом на ринку автоматизованих систем віддаленого контролю та моніторингу параметрів навколишнього середовища

Щоб здійснити оцінку реалізації проекту, проведемо технологічний аналіз розробленої концепції.

Таблиця 4.5.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Сумісність з іншими системами віддаленого моніторингу	Використання технології HTTP REST API для інтеграцій з іншими системами	Наявні	Відкритий доступ

2	Передача зібраних даних бездротовим способом	Використання модулю ESP8266 для передачі зібраних даних на веб сервер	Наявні	Доступні
3	Аналіз зібраних даних для прогнозування змін	Використання нейромереж для навчання на зібраних даних з подальшим прогнозуванням показників навколишнього середовища	Наявні	Відкритий доступ
4	Система віддаленого вимірювання та аналізу показників навколишнього середовища мікроклімату	Інтеграція з різноманітними датчиками за допомогою використання платформи Arduino Uno	Наявні	Доступні
5	Оптимізація обчислень	Використання власноруч розробленого програмного забезпечення без потреби в інших додаткових програмах.	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: можлива для реалізації				

Враховуючи надану вище таблицю, можна зробити висновок, що реалізація проекту "GreenWatch" є технологічно здійсненою. Всі необхідні технології, використані для створення системи моніторингу навколишнього середовища, такі як ArduinoUno для збору та обробки даних, та ESP8266 для бездротового зв'язку, є доступними та легкодоступними. Обрана технологічна концепція передбачає використання власноруч розробленого програмного забезпечення без необхідності у використанні додаткових програм. Мікроконтролери та модулі зв'язку, які використовуються, є доступними для закупівлі за конкурентоспроможними цінами, забезпечуючи ефективність та доступність проекту.

4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Давайте оцінимо потенційні можливості введення нашого проекту на ринок і визначимо можливі загрози, які можуть виникнути під час його впровадження. Мета цього аналізу полягає в досягненні успішного

впровадження проекту на український ринок з можливістю майбутнього розширення на міжнародному рівні. Почнемо з детального вивчення попиту на нашу продукцію, оцінюючи його обсяг, динаміку розвитку та загальну наявність.

Першим етапом буде проведення аналізу попиту на дану продукцію, охоплюючи питання щодо наявності попиту, обсягу та динаміки ринку (див. Таблицю 4.6).

Таблиця 4.6. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од/3	6
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	860 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стабільний ріст
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Висока конкуренція, необхідність дозволів для встановлення станцій моніторингу
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Необхідна сертифікація відповідно до стандартів безпеки та ефективності, дозволи на встановлення
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	8,6 %

Враховуючи середню норму рентабельності в галузі, що становить 8,6%, можна визначити, що ринок моніторингу показників в навколишньому середовищі має значний потенціал, особливо в контексті Європейського регіону. Сучасний підхід до контролю умов оточуючого середовища стає надзвичайно актуальним в умовах постійного зростання екологічних питань та потреби в ефективному моніторингу та збереженні здоров'я населення.

Однією з основних переваг є те, що багато постачальників систем контролю мікроклімату в Європі є великими корпораціями та виробниками, що відкриває можливості для вітчизняних стартапів у цій галузі. Запуск власного проекту з моніторингу навколишнього середовища, спрямованого на покращення умов для населення та збереження навколишнього середовища,

стає актуальним в першу чергу для країн Європи. Подальша експансія на ці ринки може стати важливим етапом розвитку проекту.

Для докладного вивчення ринку та оцінки можливостей впровадження стартап-проекту, необхідно провести аналіз потенційних сегментів клієнтів, їх характеристик і сформулювати приблизний перелік вимог до нашого продукту, як вказано в Таблиці 4.7.

Таблиця 4.7.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Автоматизований віддалений моніторинг навколишнього середовища	Урядові та не урядові організації. Приватні особи	Різниця в потребах масштабування, та розгалуженості системи моніторингових станцій	Зручність використання, інтуїтивний інтерфейс, дешевизна товару
Контроль шкідливих викидів в навколишнє середовище	Урядові та не урядові організації. Фабрики та виробництва	Різниця в меті збору та аналізу даних, та їх аналізі	Точність вимірювання, можливість вести аналіз та давати передбачення змін

Обидва сегменти ринку вказують на певний рівень попиту на продукт. Використання автоматизованого віддаленого моніторингу навколишнього середовища знаходить застосування у різних сферах, включаючи галузі, пов'язані з урядовими та приватними секторами. Контроль шкідливих викидів спрямований на індустріальні сфери та організації, що також вказує на потенційний попит. Зазначені вимоги споживачів підкреслюють важливість точності вимірювань, зручності використання та доступної вартості продукту.

Додатково розглянемо, чому наш продукт може бути корисним для виробництв:

1. **Досягнення екологічної відповідальності:** Можливість точного та неперервного контролю за рівнем шкідливих викидів сприяє

досягненню екологічних стандартів та відповідального підходу до виробництва.

2. **Підвищення ефективності виробництва:** Система моніторингу дозволяє вчасно виявляти та усувати проблеми, пов'язані із забрудненням, що може сприяти підвищенню ефективності виробництва та зменшенню витрат.
3. **Дотримання нормативів та стандартів:** Автоматизований контроль шкідливих викидів сприяє дотриманню екологічних норм та регуляцій у виробничих процесах.

Таким чином, наш продукт може бути важливим інструментом для підприємств в сфері виробництва, допомагаючи їм забезпечити екологічну чистоту та ефективність у виробничих процесах.

При впровадженні аналогічної технології, яка має схожий принцип дії до запропонованого проекту, ідентифікується низка потенційних викликів, відображених у таблиці 4.8 нижче. Ці фактори можуть впливати на можливості успішної реалізації та утримання конкурентоспроможності проекту на ринку.

Таблиця 4.8.

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Неможливість інтеграції з існуючими системами клієнта	Обмежена сумісність з існуючими системами клієнта	Розробка оновлень API для поліпшення інтеграції
2	Висока вартість обслуговування	Значення вартості обслуговування може бути неприйнятним для клієнтів	Пошук шляхів оптимізації витрат, надання пакетів обслуговування
3	Низька точність прогнозів	Система надає недостатньо точні прогнози для клієнтів	Проведення досліджень і розробка алгоритмів для підвищення точності
4	Низька точність датчиків	Датчики, використовувані в системі, мають недостатню точність для специфічних клієнтів	Заміна або покращення датчиків для забезпечення вищої точності

З урахуванням аналізу факторів та можливих загроз для стартап-проекту, можна зробити наступні висновки:

Стартап "GreenWatch" відображає перспективний напрямок в області моніторингу навколишнього середовища. Наявність попиту визначається потребою у високоточних системах контролю за параметрами середовища для різних сегментів, таких як урядові та неурядові організації, промислові підприємства та приватні особи.

Важливим аспектом є актуальність теми екології та контролю навколишнього середовища, що робить проект конкурентоспроможним на ринку. Зокрема, спрямування на ринок Європи враховує зростаючий інтерес до рішень, спрямованих на поліпшення екологічних показників. Розглянувши фактори та можливі загрози для стартап-проекту "GreenWatch", важливо звернутися до конкретних аспектів, які можуть вплинути на його успішність:

1. **Низька точність датчиків:** Потенційна загроза полягає в обмеженій точності збору даних, що може вплинути на якість та достовірність інформації. Щоб уникнути цього, важливо постійно вдосконалювати та вдосконалювати технологію датчиків.
2. **Висока вартість обслуговування:** Загроза виникає, коли вартість утримання системи вища, ніж очікувані користі. Компанія повинна дбати про ефективність управління витратами та розглядати можливості зменшення витрат на обслуговування.
3. **Неможливість інтеграції з існуючими системами клієнта:** Ця загроза може унеможливити вдале впровадження, якщо система не може легко інтегруватися з існуючими інфраструктурами клієнтів. Компанія повинна активно працювати над розробкою сумісності та інтеграцій.

4. **Висока вартість продукту:** Ця загроза може виникнути, якщо вартість продукту перевищує можливості цільового ринку. Компанія повинна уважно аналізувати фактори вартості та забезпечити конкурентоспроможні ціни.

Розуміння цих загроз та вжиття відповідних заходів дозволить стартапу ефективно протистояти викликам та забезпечити стійкість на ринку.

У зв'язку з можливими факторами та загрозами, компанія повинна активно реагувати на виклики, розробляючи гнучкі технології, ефективні алгоритми прогнозу та підтримуючи доступність та інтеграцію з існуючими системами. Такий підхід сприятиме успішному впровадженню та утриманню конкурентоспроможності проекту на ринку моніторингу навколишнього середовища.

Зокрема, наявність різноманітних можливостей також враховується у контексті реалізації нашого проекту. Ці можливості можуть включати розширення функціоналу продукту, потенційні вигоди для клієнтів, можливості для впровадження новітніх технологій та інші переваги, які можуть позитивно впливати на успіх проекту. Аналіз цих можливостей стане важливим етапом при визначенні стратегії та плану дій для ефективного впровадження стартапу на ринку.

Зробимо таблицю що показує ряд можливостей реалізації цього проекту (табл. 4.9).

Таблиця 4.9.

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Розширення функціоналу	Підвищення функціональних можливостей продукту для забезпечення більш широкого спектру використання	Активний розвиток та дослідження нових можливостей у відповідь на попит

2	Вигоди для клієнтів	Забезпечення додаткових переваг для користувачів, що може підвищити конкурентоспроможність продукту	Посилення маркетингових зусиль для підкреслення вигод та привабливості
3	Впровадження новітніх технологій	Використання передових технологій для покращення продукту та забезпечення конкурентних переваг	Неперервне моніторинг технологічних тенденцій та активне їх впровадження
4	Ринковий розвиток	Розширення географії збуту, входження на нові ринки та залучення нових клієнтів	Розробка маркетингових стратегій для введення продукту на нові ринки
5	Ефективність вартості	Зменшення витрат та підвищення продуктивності для оптимізації вартості продукту	Впровадження ефективних виробничих процесів та оптимізація цін на продукцію

На основі аналізу факторів загроз та можливостей для реалізації проекту "GreenWatch" можна зробити наступні висновки. Існує можливість активно розвивати продукт, додавати нові функції та покращувати його. Компанія може взяти це як стратегічну можливість для привертання нових користувачів. Забезпечення додаткових переваг для користувачів є ключовим фактором в конкурентоспроможності.

Ефективна маркетингова стратегія та постійне вдосконалення можуть допомогти в цьому напрямку. Використання передових технологій може значно покращити продукт і забезпечити йому конкурентні переваги. Компанія повинна залишатися в курсі останніх тенденцій та активно впроваджувати їх у свою діяльність. Розширення географії збуту та введення продукту на нові ринки може виявитися стратегічно важливим.

Ефективне маркетингове планування та взаємодія з новими клієнтами можуть сприяти успіху. Оптимізація витрат та підвищення продуктивності є ключовими аспектами управління вартістю. Впровадження ефективних виробничих процесів та цінова політика можуть позитивно позначитися на конкурентоспроможності продукту.

Для отримання більш докладного розуміння конкурентного оточення та його впливу на функціонування нашого стартапу "GreenWatch", був проведений ретельний аналіз особливостей конкурентного середовища. Результати даного аналізу наведено у таблиці 4.10 нижче, враховуючи параметри та цілі нашого проекту.

Таблиця 4.10.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№ п/п	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	Тип конкуренції: олігополія	Невелика кількість компаній-постачальників, що домінують через посередників на українському ринку віддаленого моніторингу навколишнього середовища	Концентрація на розробці унікальних рішень та співпраця з ключовими гравцями ринку.
2	Рівень конкурентної боротьби: національний	Присутність бар'єрів для нових учасників ринку.	Налагодження національної маркетингової стратегії та робота над підвищенням пізнаваності національною аудиторією.
3	Галузева ознака: внутрішньогалузева	Конкуренція між компаніями, що працюють у галузі віддаленого моніторингу навколишнього середовища	Активна участь у галузевих заходах, партнерство та співпраця з іншими гравцями.
4	Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Змагання з іншими компаніями, які пропонують аналогічні рішення для віддаленого моніторингу навколишнього середовища	Розвиток інноваційних функцій, які виділятимуть продукт серед аналогів.
5	Характер конкурентних переваг: нецінова	Зосередженість на якості, функціоналі та простоті реалізації конструкції.	Підвищення якості продукції, впровадження нових технологій та унікальних функціональних можливостей.

6	Інтенсивність конкуренції: марочна	Присутність багатьох відомих компаній у галузі віддаленого моніторингу навколишнього середовища	Використання маркетингових стратегій для вирізнення від інших компаній, акцент на унікальності та перевагах власного продукту.
---	------------------------------------	---	--

Аналіз конкурентного середовища вказує на те, що ринок віддаленого моніторингу навколишнього середовища є досить конкурентним і визначається кількома ключовими особливостями. Тип конкуренції у сфері олігополії свідчить про домінування невеликої кількості компаній-постачальників через посередників на українському ринку. Присутність бар'єрів для нових учасників та внутрішньогалузева конкуренція вказують на необхідність стратегічного планування та партнерства в галузі.

Конкуренція за видами товарів обумовлює необхідність активного розвитку інновацій та унікальних функціональних можливостей продукту для вирізнення серед аналогів. Наголос на нецінових конкурентних перевагах, таких як якість, функціоналі та простота реалізації, дозволяє створити сприятливий образ продукції.

Інтенсивність конкуренції, яка є марочною, вимагає від компанії активного застосування маркетингових стратегій для вирізнення від інших учасників ринку. У цілому, стратегічне реагування на особливості конкурентного середовища передбачає розвиток унікальних функцій, партнерства та акцент на нецінових конкурентних перевагах для забезпечення конкурентоспроможності на ринку віддаленого моніторингу.

Після проведення огляду конкуренції, ми виконаємо більш глибокий аналіз конкурентних умов у галузі відповідно до моделі Портера. Результати цього аналізу представлені в таблиці 4.11.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
Складові аналізу	Airly, Sensemakers	Envirolution	Виробники електронних компонентів, серверів та баз даних	Урядові та неурядові організації, приватні особи, виробництва	Датчики для дистанційного контролю погодних умов, супутники
Висновки	Низька інтенсивність конкуренції обумовлена наявністю аналогічної продукції на ринку, яка відрізняється масштабами та за функціональністю	Існують можливості для виходу на ринок через відсутність доступу збірки модулю моніторингу клієнтами у потенційних конкурентів	Постачальники не диктують особливих умов, але присутній певний рівень залежності від них, зокрема від виробників електронних компонентів. Інші можна замінити власними розробками	Основними клієнтами є організації зацікавлені в екологічних показниках довкілля, приватні особи для моніторингу умов проживання, виробництва для дотримання законів та контролю викидів	Наявні товари замітники можуть давати надавати схожі послуги, але наприклад дані з супутників не дають такої точності як розроблена система, а застосування в приміщеннях взагалі не можливе

На ринку віддаленого моніторингу навколишнього середовища присутні Airly і Sensemakers. Однак низька інтенсивність конкуренції виникає з різниці в масштабах та функціональності, що створює можливості для виводу на ринок з унікальними характеристиками. Envirolution може стати потенційним конкурентом, але в нього обмежена функціональність відсутністю доступу до збірки модулю моніторингу клієнтами.

Постачальники, такі як виробники електронних компонентів, серверів та баз даних, не накладають особливих умов. Проте, існує певний рівень залежності від них. Основні клієнти включають урядові та неурядові організації, приватні особи та виробництва. Застосування може бути широким, від екологічного моніторингу до дотримання законів та контролю викидів.

Існують деякі товари замітники, такі як датчики для дистанційного контролю погодних умов та супутники. Однак розроблювана система вирізняється точністю та можливістю використання в приміщеннях, що робить її унікальною.

Отже, загальна конкурентоспроможність стартапу "GreenWatch" визначається його унікальними характеристиками, здатністю конкурувати в різних сегментах ринку та виходом на нові ринки завдяки відсутності обмежень у збірці модулів.

Після аналізу потрібно узагальнити та включити в повний перелік всі фактори, які впливають на конкурентоспроможність проекту на поточному ринку контролю мікроклімату (таблиця 4.12).

Таблиця 4.12.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Точність і надійність вимірювань	Висока точність та надійність вимірювань є критично важливою для забезпечення коректності та вірогідності отриманих даних, що визначає конкурентну перевагу.
2	Інтегрованість з існуючими системами	Можливість легко інтегрувати систему вже існуючими мережами та системами дозволяє забезпечити ширший функціонал та зручність використання, що є ключовим конкурентним фактором.
3	Доступність	Апаратна частина системи має надзвичайно низьку ціну, а за бажання клієнт може використати свою, або зібрати по наданим інструкціям з доступних компонентів свою,

		вносячи плату тільки за програмне забезпечення, зберігання зібраних даних та аналітику зібраних даних
4	Регулярні оновлення функціоналу	Постійне оновлення та розширення можливостей системи забезпечує високий рівень адаптованості та актуальності, що є важливим фактором конкурентоспроможності.
5	Масштабованість системи	Можливість легко розширювати систему відповідно до потреб користувача дозволяє задовольнити потреби як невеликих, так і великих клієнтів, що робить проект конкурентоспроможним на ринку.

Після аналізу факторів конкурентоспроможності проведемо порівняльний аналіз слабких та сильних сторін (табл. 4.13).

Таблиця 4.13.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Envirolution»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Envirolution						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Точність і надійність вимірювань	15				+			
2	Інтегрованість з існуючими системами	16					+		
3	Доступність	20							+
4	Регулярні оновлення функціоналу	15				+			
5	Масштабованість системи	16					+		

Із проведеного порівняльного аналізу видно, що стартап " GreenWatch " Має деякі значні конкурентні переваги, в деяких не поступається конкурентам. Його висока доступність, надійність, технічна підтримка та зручність інтеграції з іншими системами роблять його привабливим для користувачів. Рейтинг конкурентів підтверджує хорошу позицію стартапу" GreenWatch " на ринку віддаленого моніторингу навколишнього середовища порівняно із суперниками.

Ці фактори сприятимуть успішній реалізації проекту та забезпечать його конкурентоспроможність в індустрії моніторингу навколишнього середовища. Сформуємо узагальнений аналіз слабких і сильних сторін, а також загроз і можливостей у вигляді загального SWOT-аналізу (табл. 4.14).

Висновок проведеного аналізу свідчить про значну перевагу стартапу "GreenWatch" і робить його перспективним для успішного впровадження на ринку віддаленого моніторингу довкілля. Незважаючи на виявлені слабкі сторони та потенційні загрози, їх можна ефективно вирішити за допомогою відповідних стратегій і заходів.

Таблиця 4.14.

SWOT-аналіз для проекту "GreenWatch"

<p>Сильні сторони: 1. Висока надійність Надзвичайно низька ціна Низьке споживання електроенергії Зручність інтеграції з іншими системами Наявність аналітики даних</p>	<p>Слабкі сторони: Висока конкуренція Слабкі можливості масового виробництва Залежність від поставок компонентів Можливість недовіри покупців до нових продуктів.</p>
<p>Можливості: Підвищення точності аналітики за рахунок збору більшої кількості даних та навчання нейромереж на них Підвищення точності збору інформації шляхом заміни датчиків на точніші Запуск серійного виробництва станцій</p>	<p>Загрози: Зменшення попиту на інструменти екологічного моніторингу Можлива недостатня точність вимірювання для специфічних клієнтів Тиск з боку розвинених конкурентів наявних на ринку</p>

Проект має значущі сильні сторони, такі як висока надійність, низька ціна та енергоспоживання, зручність інтеграції та наявність аналітики даних. Однак існують виклики у вигляді високої конкуренції, обмежених можливостей масового виробництва та залежності від поставок компонентів. Можливості для розвитку полягають в підвищенні точності та запуску серійного виробництва. Загрози включають зменшення попиту та можливу

недовіру покупців, але вирішенням може бути посилення точності та конкурентоспроможності продукту.

Хоча існують конкурентні виклики та певні труднощі, належний підхід та урахування виявлених факторів надають можливість успішно уникнути або подолати ці обмеження. Зазначений SWOT-аналіз підкреслює перспективність та конкурентоспроможність "GreenWatch" у обраному сегменті ринку.

На основі проведеного SWOT-аналізу сформуємо стратегію альтернативного впровадження стартап-проекту.

Ця таблиця відображає альтернативні стратегії для покращення ринкового впровадження проекту " GreenWatch ". Кожна альтернатива має свої переваги, можливості та терміни для реалізації.

На підставі проведеного SWOT-аналізу розроблено стратегію альтернативного впровадження для стартап-проекту " GreenWatch ". Різні альтернативи ринкового впровадження були враховані в таблиці 4.15, кожна з яких націлена на покращення конкурентоспроможності та успішне впровадження продукту на ринку віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища.

Таблиця 4.15.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту "GreenWatch"

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Вдосконалення точності прогнозування	Ресурси доступні та використовуються для підвищення ефективності модулю	10-15 місяців
2	Розширення функціоналу та можливостей системи	Забезпечить конкурентні переваги та високий рівень використання продукту	4-6 місяців
3	Інтенсивна рекламна кампанія та розвиток партнерських відносин	Сприятиме підвищенню та популярності продукту та пізнаванності серед потенціальних споживачів	3 місяці

З урахуванням розглянутих альтернатив важливо визначити оптимальний напрямок розвитку, враховуючи поточний стан ринку та переваги стартапу "GreenWatch" Такий підхід дозволить максимізувати конкурентоспроможність та забезпечити успішне впровадження на ринку.

4.3. Розробка ринкової стратегії проекту

Для ефективного розроблення ринкової стратегії перш за все необхідно визначити стратегію охоплення ринку, а саме детально описати основні цільові групи потенційних споживачів (таблиця 4.16).

Таблиця 4.16.

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Приватні особи	Зацікавлені в підвищенні особистого комфорту, шляхом моніторингу та покращення показників мікроклімату в власних оселях	Середній попит обумовлюється високою ціною існуючих на ринку систем	Висока	Вхід у сегмент є не складним, адже технічні умови не високі, здебільшого дизайно/функціонально орієнтованих клієнтів
2	Урядові екологічні організації	Зацікавлені в інноваційних підходах задля забезпечення здоров'я та працездатності населення в секторах за які вони	Середній попит обумовлюється інертністю подібних організацій в деяких країнах	Середня	Високий поріг входу зумовлений корупцією у сфері, та високими вимогами до сертифікацій

		несуть відповідальність			
3	Підприємств а та виробництва	Споживачі відкриті до інновацій та технологічних рішень, оскільки вони відповідають за рівень своїх викидів, та мають сплачувати штрафи в разі перевищень лімітів викидів в навколишнє середовище	Високий попит, адже від функціонування систем моніторингу забруднень залежить подальша робота підприємства, або виробництва	Висока	Висока конкуренція на ринку ускладнює вихід в сегмент, високі вимоги до точності та надійності систем, зумовлені високою відповідальністю клієнтів
Обрано цільові групи: підприємства з високими рівнями викидів, приватні будинки, офіси, уряди					

Аналіз таблиці 4.16 вказує на широкий спектр цільових груп для стартапу "GreenWatch", таких як приватні особи, урядові екологічні організації та підприємства. Потенційний попит виявляється в різних сегментах, але конкуренція в сегментах підприємств та виробництва є високою.

Обрані цільові групи - підприємства з високими рівнями викидів, приватні будинки, офіси та уряди - вказують на потенційно широкий ринок для впровадження "GreenWatch". Однак для успішного виходу на цей ринок буде важливо враховувати конкретні особливості та вимоги кожного сегменту, також враховуючи інтенсивність конкуренції та доступність входу в кожний з них.

Для кращого розуміння яким чином працювати з обраними цільовими групами необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (табл.4.17).

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Чи є проект «першопроходьцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Буде і шукати нових споживачів і частково забирати існуючих конкурентів	Взято деякі основні концепції схожих товарів на ринку. Основою проекту є розробка альтернативних та інноваційних рішень	Стратегія зайняття конкурентної ніші

Обрана стратегія конкурентної поведінки спрямована на активний пошук нових клієнтів та часткове відібрання наявних у конкурентів, при цьому компанія не буде слідувати загальноприйнятим характеристикам конкурентів. Основною метою є створення альтернативних та інноваційних рішень, що дозволить зайняти конкурентну нішу на ринку віддаленого моніторингу навколишнього середовища.

На основі аналізу вибраного сегменту ринку, а також враховуючи обрану стратегію розвитку та конкурентну поведінку, необхідно розробити стратегію позиціонування, яка буде відображена у таблиці 4.19.

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Наявність надійного та точного моніторингу довкілля зі зручним інтерфейсом та аналітикою	Стратегія лідерства по витратах	Низька ціна, простота в використанні, зручність інтеграції з існуючими системами, зручна аналітика та прогнозування	Екологічність. Ціна. Передбаченість

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що стратегія розвитку стартап-проекту "GreenWatch" орієнтована на лідерство по витратах. Продукт має ключові конкурентоспроможні позиції, такі як низька ціна, простота в використанні, зручність інтеграції з існуючими системами, а також ефективна аналітика та прогнозування.

Основні вимоги цільової аудиторії, яка включає в себе приватні особи, урядові екологічні організації та підприємства, включають наявність надійного та точного моніторингу довкілля зі зручним інтерфейсом та аналітикою.

Ключові асоціації для формування комплексної позиції власного проекту включають екологічність, низьку ціну та передбаченість у використанні продукту. Це дозволяє "GreenWatch" виокремитися на ринку моніторингу мікроклімату та привертати увагу різних категорій клієнтів.

4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Для розроблення ефективної та високоякісної маркетингової програми необхідно сформулювати концепцію товару, яка відповідає потребам кінцевого споживача та принесе йому певну користь. З цією метою були

узагальнені результати аналізу конкурентоспроможності товару, які представлені у вигляді таблиці 4.20 нижче.

Таблиця 4.20.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Віддалений моніторинг параметрів навколишнього середовища	Забезпечення безперебійного віддаленого моніторингу, з можливістю доступу до зібраних даних з будь якого місця	Існуючі ключові переваги відсутні. Є потреба в покращенні зручності користування інструментами доступу до даних
2	Прогнозування змін показників моніторингу	Точне прогнозування змін показників на основі зібраного масиву даних	Більшість конкурентів не мають такої функціональності
3	Інтеграція з існуючими системами моніторингу	Можливість швидкої інтеграції з існуючими сетерами моніторингу та аналітики на стороні клієнта	Відсутність зручних інтерфейсів інтеграції у більшості конкурентів робить товар привабливим на ринку

Висновок з таблиці вказує на ключові аспекти, які можуть визначити конкурентоспроможність товару на ринку моніторингу навколишнього середовища. Перш за все, існує велика потреба у віддаленому моніторингу параметрів навколишнього середовища, і товар пропонує безперебійний віддалений моніторинг з можливістю зручного доступу до зібраних даних з будь-якого місця.

Важливою вигодою є також точне прогнозування змін параметрів моніторингу, що робить товар привабливим для тих, хто цінує передбаченість та можливість попередження можливих проблем. Крім того, можливість швидкої інтеграції з існуючими системами моніторингу є ключовою перевагою, особливо в контексті відсутності зручних інтерфейсів у більшості конкурентів. У цілому, реалізація цих функціональних переваг може стати основою для створення конкурентоспроможної позиції на ринку.

Проведемо аналіз ключових характеристик та властивостей нашого проекту, використовуючи трьохрівневу модель товару. Результати цього аналізу представлені в таблиці 4.21 нижче.

Здійснюючи аналіз трьохрівневої моделі товару, можна визначити, що наш проект "GreenWatch" пропонує автоматизовану систему віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища. У реальному виконанні це визначається високою точністю вимірювань, ефективною ціновою політикою, легкістю інтеграції з системами клієнта, постійними оновленнями та зручним програмним забезпеченням.

Якість продукту визначається його високою точністю та зручністю в користуванні програмним забезпеченням. Упаковка включає в себе апаратний модуль моніторингу, який міститься в коробці разом із інструкцією та документацією API інтерфейсів системи, а бренд "GreenWatch" наділений певною маркою.

Таблиця 4.21.

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Автоматизована система віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1.Точність вимірювання показників.	Нм	Тх
	2.Ефективна цінова політика.	М	Е
	3.Легкість інтеграції з системами клієнта.	Нм	Вр
	4.Постійні оновлення.	М	Тх
	5.Зручне в користуванні програмне забезпечення	Нм	Е
	Якість: висока точність, зручне і надійне програмне забезпечення		
Пакування: апаратний модуль моніторингу в корпусі знаходиться в коробці з інструкцією з користування та документацією API інтерфейсів системи			
Марка: GreenWatch			
III. Товар із підкріпленням	Після запуску товару, система супроводжується постійною технічною підтримкою. Проводиться демонстрація основного функціоналу та переваг над іншими системами		

Для підтримки товару передбачено систему технічної підтримки та демонстрацію основного функціоналу з перевагами в порівнянні з конкурентами.

Після ретельного розгляду властивостей та характеристик товару важливо визначити рамки ціноутворення, які слід враховувати при встановленні ціни на майбутній товар. Ці межі формуються на основі аналізу цін на аналогічні товари від конкурентів та урахування рівня доходів потенційних споживачів продукту. Отримані рамки представлені у таблиці 4.22.

Отримані межі встановлення ціни на "GreenWatch" враховують аналіз ринку товарів-замінників та дохід цільової групи споживачів. Рекомендовані верхня та нижня межі встановлення ціни на рівні становлять від 4000 до 7000 гривень. Ці ціни враховують специфіку ринку та доступність для цільової аудиторії.

Таблиця 4.22.

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Від 3000 до 15000 грн	Від 5000 до 25000 грн	Від 35000 грн	Від 4000 до 7000 грн

Після оцінки вартості автоматизованої системи віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища "GreenWatch", важливо розробити стратегію збуту продукту. Подану систему збуту можна знайти у таблиці 4.23 нижче.

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Масові закупки систем підприємствами та організаціями	Технічна підтримка, налаштування, навчання користувачів, особистий технічний супровід	Ринок України, ЄС, Америки	Прямі продажі з веб сайту, та за допомогою спеціалістів з продаж та маркетингу
2	Одиночні покупки товару приватними персонами	Технічна підтримка, сервісне обслуговування	Ринок України, ЄС	Прямі продажі через власний веб сайт. Збут через додаткові канали

1. Для масових закупівель систем підприємствами та організаціями, рекомендується здійснювати прямі продажі з веб-сайту та через спеціалістів з продаж та маркетингу. Також, важливо забезпечити технічну підтримку, налаштування та навчання користувачів, а також особистий технічний супровід.
2. Для одиночних покупок товару приватними особами, оптимальною стратегією буде прямий збут через власний веб-сайт, а також використання додаткових каналів збуту. Важливо забезпечити технічну підтримку та сервісне обслуговування. Ринки України та ЄС можуть бути ключовими областями збуту.

Останнім кроком буде розроблення комунікаційної концепції для маркетингу, яка базується на аналізі проекту. Отриману концепцію буде представлено у вигляді таблиці 4.24 нижче.

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Пошук продукту, що задовольняє за цінovими характеристиками, зручністю контролю та можливістю дистанційного перегляду показників	Соціальні мережі, веб сайти	Веб система управління та моніторингу	Пояснення переваг та ефективності в моніторингу показників особистого простору	Підкреслення технологічності, зручності в користуванні, дизайну
2	Пошук товару що дозволить провести оптимізацію в великих масштабах, та заощадити кошти	Спеціалізовані веб сайти, конференції, виставки, конференції, особисті контакти	Система обробки та аналізу зібраних показників.	Пояснення переваг та ефективності в моніторингу у великих масштабах	Підкреслення точності, ефективності, простоти та надійності системи

Після аналізу таблиці 4.24 можна зробити висновок, що цільові клієнти виявилися активними користувачами соціальних мереж та веб-сайтів. Для ефективної комунікації рекламного повідомлення рекомендується використовувати ці канали, підкреслюючи ключові позиції продукту: технологічність, зручність в користуванні та дизайн. Рекламне звернення повинно фокусуватися на поясненні переваг та ефективності системи в моніторингу особистого простору, зокрема зазначати можливість дистанційного перегляду показників та легкість управління. У випадку другої цільової групи, акцент рекламного повідомлення слід робити на можливості оптимізації та економії коштів у великих масштабах, використовуючи спеціалізовані веб-сайти, конференції та особисті контакти для комунікації.

4.5. Організація реалізації стартап-проекту

Для успішної реалізації перспективного стартап-проекту вельми важливо насамперед створити ефективний командний склад. Після аналізу завдань та визначення обов'язків для виконання було визначено оптимальну кількість учасників та розподілено ключові функції між ними. Отримані результати представлено в таблиці 4.25.

Таблиця 4.25.

Команда стартап-проекту

Учасник команди	Посада	Завдання, що необхідно виконати
Архітектор програмного забезпечення	Архітектор. Розробник програмного забезпечення	Розробити прототип програмного забезпечення системи та забезпечити його функціональність
Керівник проекту	Продукт менеджер	Координація команди. Постановка задач, моніторинг їх виконання
Експерт з маркетингу	Маркетолог	Розробка маркетингових стратегій продукту. Впровадження маркетингових стратегій
Експерт з продаж	Сейлс менеджер	Розробка стратегій продаж продукту. Пошук каналів збуду. Налагодження партнерських відносин з потенційними клієнтами. Прямі продажі
Інженер	Інженер електроніки	Розробка апаратного модулю моніторингу системи. Підготовка документації до виробництва

Після формування команди ключовою є розробка графіку для систематичного контролю завдань та приблизного визначення термінів їх виконання. Розроблений графік представлений у таблиці 4.26 нижче.

Таблиця 4.26.

Календарний план реалізації проекту

№ п/п	Зміст етапу													Собівартість реалізації	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Аналіз ринку та визначення вимог														300\$

Для привертання інвесторів рекомендується використовувати можливості виставок з інформаційних технологій, де можна ефективно продемонструвати проект потенційним інвесторам та покупцям. Також розглядається можливість використання платформи для запуску нових стартапів, які можуть стати ефективним засобом для залучення фінансування. Отже, виробництво та впровадження автоматизованої системи віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища є ретельно розпланованими, що дозволяє забезпечити успішну реалізацію проекту в обраному ціновому діапазоні та залучити необхідні інвестиції.

Після сформування календарного плану необхідно скласти таблицю витрат на компоненти та обладнання, необхідні для виготовлення модулю. Розрахунки за цією ініціативою наведено у таблиці 4.27.

Таблиця 4.27.

Витрати на виробництво

№ п/п	Витрати	Тип	Терміни постачання/виконання	Вартість, \$
1	Wi-Fi Модуль ESP 8266 01	—	2-3 дні	2.97
2	Платформа Arduino Uno	—	2-3 дні	5.4
3	Модуль датчика температури та вологості DHT11	—	2-3 дні	0.8
4	Макетні плати	—	4-5 днів	0.65
5	Паяльна станція	—	5-10 днів	83.6
6	Розхідні матеріали	—	5-10 днів	23.6
Сума				117.02

Підсумовуючи, можна сказати що ціна виготовлення одного апаратного модулю буде приблизно 13\$, а з врахуванням можливості закупки матеріалів

в великих кількостях, перевикористання закупленого обладнання, та налагодження серійного виробництва, можна ще більше скоротити ціну.

ВИСНОВКИ ДО IV РОЗДІЛУ

У четвертому розділі було докладно розглянуто всі аспекти розробки та реалізації нашого стартап-проекту "GreenWatch". Актуальність проекту обумовлена ростом потреб у віддаленому моніторингу параметрів навколишнього середовища. З поглибленням індустріалізації та збільшення урбанізації, питання контролю показників шкідливих викидів в навколишнє середовище стає критичним. Система пропонує ефективний інструмент для моніторингу та впровадження стратегій протидії шкідливим викидам від підприємств, та урбанізованих територій.

Розпочато з SWOT-аналізу, визначивши сильні та слабкі сторони, можливості та загрози для "GreenWatch". Спираючись на цей аналіз, ми розробили стратегію розвитку та визначили цільові групи споживачів, що включають підприємства, приватні особи, урядові екологічні організації, тощо.

Застосувавши принципи SWOT-аналізу та стратегічного управління, ми визначили конкурентоспроможні позиції, розробили маркетингову стратегію та визначили цінову політику. Окрему увагу ми приділили розробці комунікаційної стратегії, підкреслюючи переваги нашого продукту через різноманітні канали зв'язку.

Значимий аспект – визначення фінансових параметрів проекту, включаючи вартість виробництва, визначення цінового коридору та потребу в інвестиціях. Також детально розглянуто можливі джерела фінансування, включаючи участь на IT-виставках та платформах для залучення інвестицій.

Важливим етапом було формування ефективної команди та визначення завдань для її учасників. Також розроблено графік для моніторингу завдань та визначення термінів їх виконання.

Надавши повноцінний огляд розробки та реалізації проекту "GreenWatch", ми впевнені в його успішності та відповідності потребам ринку.

Система пропонує інноваційний і ефективний підхід до вирішення проблем віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища, забезпечуючи стабільність роботи обладнання, оптимізацію його роботи, високої енергоефективності, екологічності підприємств, впровадження екологічних ініціатив від урядових кампаній.

Згідно з календарним планом та оцінкою витрат, вартість реалізації проекту є прийнятною та допускається визначеним ціновим діапазоном. Спираючись на стратегію залучення інвестицій через IT-виставки та краудфандингові платформи, ми будемо стимулювати інтерес інвесторів до переваг нашого проекту.

Завершуючи цей розділ, впевнено можна стверджувати, що "GreenWatch". стане значущим гравцем у сфері віддаленого моніторингу, забезпечуючи надійне та інноваційне рішення для роботи підприємств, та розвитку екологічних ініціатив. Команда визначила та впроваджує стратегії, які позначають наш продукт серед конкурентів та забезпечать успішний вихід на ринок.

ВИСНОВКИ

В завершенні роботи над кваліфікаційною роботою магістра можна підсумувати наступне: проведено аналіз ринку, потреби та проблеми, які вирішено шляхом розробки системи віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища. Результати досліджень та отримані дані надають змогу зробити висновки, які сприятимуть подальшому розвитку даної галузі.

Під час виконання дослідження було ретельно вивчено та проаналізовано сучасні тенденції в області віддаленого моніторингу екологічних показників навколишнього середовища. Методи та засоби дослідження були обрані з урахуванням актуальних вимог та визначень, що стосуються предметної області.

В процесі розробки проекту була обрана систематична та інноваційна стратегія, яка враховує сучасні вимоги та потреби галузі. Застосування ІоТ технологій віддаленого моніторингу показало свою ефективність у вирішенні конкретних завдань та проблем, що виникали під час роботи над проектом.

Зазначено, що введення в експлуатацію громадами подібних систем може мати істотний вплив на екологічний стан регіону, адже в роази спрощує пошук джерел забруднення. Основні висновки та рекомендації, які виникли під час виконання роботи, становлять важливий внесок у розвиток екології.

Слід відзначити, що весь процес дослідження та розробки був виконаний у відповідності з науковим методом та методологією, що дозволяє говорити про достовірність та об'єктивність отриманих результатів.

Дана робота відкриває широкі можливості для подальших наукових досліджень у напрямку моніторингу навколишнього середовища. Здобуті знання та висновки можуть бути використані у подальших наукових дослідженнях, а також у практичних аспектах екології та віддаленого моніторингу.

Результати даної кваліфікаційної роботи свідчать про високий рівень потреби подібних систем. Представлена робота є важливим внеском у вивчення навколишнього середовища та може стати тригером покращень екологічного стану сучасних міст.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Urbanization. The world population is moving to cities. Why is urbanization happening and what are the consequences? Hannah Ritchie and Max Roser. November 2019. <https://ourworldindata.org/urbanization>
2. Environmental and Energy Study Institute (EESI). Fossil Fuels. July 22, 2021. <https://www.eesi.org/topics/fossil-fuels/description>
3. World Health Organization. Ambient air pollution. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/indicator-groups/indicator-group-details/GHO/ambient-air-pollution>
4. Global Monitoring Laboratory. Carbon Cycle Greenhouse Gases. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. Monthly Average Mauna Loa CO₂. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>
5. Earth System Science Data. Global Carbon Budget 2019. 04 Dec 2019. <https://essd.copernicus.org/articles/11/1783/2019/essd-11-1783-2019.html>
6. Our World In Data. Global fossil fuel consumption. <https://ourworldindata.org/grapher/global-fossil-fuel-consumption>
7. SaveEcoBot. <https://www.saveecobot.com/maps#8>
8. Живага В. В., Малахова М. О., Шевченко Д. О. Система моніторингу якості повітря на базі IoT. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Вип. 49. 2021. С. 49-57.
9. Бахарєв В. С., Маренич А. В. Аналітичний огляд результатів наукових досліджень з проблем моніторингу довкілля в Україні. Екологічна безпека, № 2. 2016. С. 35-42.
10. Chaudhry V. Arduair: Air Quality Monitoring. International Journal of Environmental Engineering and Management. 2013. P. 639-646.

11. Путренко В. В., Назаренко С. Ю. Визначення якості повітря на основі інтелектуального аналізу даних дистанційного зондування. Математичне моделювання в економіці. №3-4. 2016. С. 176-187.
12. Parmar G., Lakhani S., Chattopadhyay M. An IoT based low cost air pollution monitoring system. International Conference on Recent Innovations in Signal processing and Embedded Systems (RISE). 2017. P. 524-528.
13. Zhao Y. L., Tang J., Huang H. P., Wang Z., Chen T. L., Chiang C. W., Chiang P. C. Development of IoT Technologies for Air Pollution Prevention and Improvement. Aerosol and Air Quality Research. 2020. P. 2874-2888.
14. Мокін В. Б., Собко Б. Ю., Дратований М. В., Крижановський С. М., Горячев Г. В. Створення інформаційної системи моніторингу забруднення атмосферного повітря міста на основі технології Інтернет речей. Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 3. 2017. С. 49-58.
15. JunHo J., ByungWan J., JungHoon K., SungJun K., WoonYong H. Development of an IoT-Based Indoor Air Quality Monitoring Platform. Journal of Sensors. Vol. 2020. P. 1-14.
16. Okokpuije K., Noma-Osaghae E., Modupe O., John S., Oluwatosin O. A smart air pollution monitoring system. International Journal of Civil Engineering and Technology. Vol. 9. 2018. P. 799–809.
17. Іванюк О. О., Влах-Вигриновська Г. І., Близнюк А. М., Сапіга І. В. Система виявлення та очищення приміщення від шкідливих газів на базі технології інтернету речей. Автоматика, вимірювання та керування. Т. 2, № 1 (2). 2020. С. 40-48.
18. ESPRESSIF SMART CONNECTIVITY PLATFORM: ESP8266 Espressif Systems Oct 12, 2013 p. 5-8.
https://nurdspace.nl/images/e/e0/ESP8266_Specifications_English.pdf
19. MQ135 Datasheet - Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. 2015-03-10. P.4-7
20. GP2Y1010AU0F Datasheet - Sharp Corporation Dec. 1. 2006. p.2-6.

21. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерноінтегровані технології та системи неруйнівного контролю і діагностики» спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Р. М. Галаган; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,12 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с. Гриф надано Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 3 від 11.03.2019 р.)
22. Цапенко В.К. Основи ультразвукового неруйнівного контролю / В.К. Цапенко, Ю.В. Куц. – Київ: НТУУ «КПІ», 2009. – 431 с.
23. Богдан Г.А., Глущенко М.О. Загальні тенденції побудови автоматизованих систем моніторингу якості повітря на промислових підприємствах Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2023. – Том. 34 (73), №4. – С. 12-17. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.4/03>
24. Богдан Г.А., Глущенко М.О. Оптичний датчик чадного газу. Х Міжнародна науково-технічна конференція «ДАТЧИКИ, ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ – 2023», присвячена пам'яті професора Шарапова В.М., 12 - 14 вересня 2023 року, м. Черкаси, Україна : збірник праць. – Черкаси, 2023. – С. 52–53
25. Богдан Г.А., Глущенко М.О. Система попередження пожеж. ХХІІ Міжнародна науково-технічна конференція "Приладобудування: стан і перспективи", 16-17 травня 2023р., м. Київ, Україна : збірник тез доповідей. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – С. 234–236.
26. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [Текст] : навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.
27. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра за

спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 37,37 МБайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 228 с. – Назва з екрана.

28. Лесковець Б.В. Автоматизована система дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища / Б.В. Лесковець, Г.А. Богдан // XIX Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», 20-21 грудня 2023 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – С. 359-361.

29. Петрик, В.Ф. Використання серійних мобільних пристроїв при проектуванні портативних дефектоскопів / Петрик В.Ф., Протасов А.Г., Серый К.Н., Повшенко А.А. // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2019. - Том 30 (69), Ч. 2, № 6. - С.12-16. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/03>

ДОДАТКИ

Додаток А

Список наукових праць Лесковця Богдана Васильовича

№	Найменування праць	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Прізвища співавторів праць
1	Автоматизована система дистанційного моніторингу стану навколишнього середовища	XIX Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень в приладобудуванні» 2023р.	3	Богдан Г.А.