

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

**Факультет інформаційних технологій**

УДК 004.4:502.172-022.257

«ПОГОДЖЕНО»

Декан факультету  
інформаційних технологій

Болбот І.М., д.п.н., професор

«ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри комп'ютерних наук

Голуб Б.Л., к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ 2024 р.

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему Програмне забезпечення системи екологічного моніторингу  
довкілля за екстремальних умов

Спеціальність 121 - Інженерія програмного забезпечення

(код і назва)

Освітня програма Програмне забезпечення інформаційних систем

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

\_\_\_\_\_ (науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Густер О.М.

(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Бородкін Г.О.

(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Бражук В.І.

(ПІБ студента)

**КИЇВ - 2024**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Інформаційних технологій

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри комп'ютерних наук

к.т.н., доцент Голуб Б.Л.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
" " 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Бражук Владислав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 121 - Інженерія програмного забезпечення

(код і назва)

Освітня програма Програмне забезпечення інформаційних систем

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Програмне забезпечення системи екологічного моніторингу довкілля за екстремальних умов

затверджена наказом ректора НУБіП України від " " 20 р. №

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи отримання звітів шляхом аналізу та інтерпретації даних, що стосуються різних аспектів природного середовища про якість повітря та води, стан ґрунту, погодні умови та біорізноманіття

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Системний аналіз предметної області
- Моделювання системи
- Розробка системи
- Результати дослідження

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання " " 20 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Бородкін Г.О.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Бражук В.І.

(прізвище та ініціали студента)

## ЗМІСТ

<b>1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Постановка завдання.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4 Функціональні та нефункціональні вимоги .....</b>	<b>22</b>
<b>3.5 Визначення найбільш впливових факторів на показник AQI методами Decision Tree та Gradient Busting .....</b>	<b>59</b>

## ВСТУП

В останні роки моніторинг навколишнього середовища став критично важливим компонентом захисту природних екосистем і людського населення. Зміна клімату, стихійні лиха та промислова діяльність сприяють дедалі більш непередбачуваним умовам навколишнього середовища, деякі з яких становлять значні ризики для життя, власності та навколишнього середовища. Моніторинг таких умов вимагає надійних, адаптованих систем, здатних працювати в екстремальних умовах, таких як сувора погода, високі або низькі температури або у віддалених, важкодоступних районах. Потреба в точних даних у реальному часі з цих систем має першочергове значення для забезпечення своєчасної відповіді на потенційні загрози. Розробка спеціалізованого програмного забезпечення **актуальна** для систем моніторингу навколишнього середовища, розробленого для надійного функціонування в екстремальних умовах, є важливою для підвищення стійкості екосистем і спільнот. Ця робота зосереджена на розробці та впровадженні такого програмного забезпечення, спрямованого на вирішення унікальних проблем, що виникають у екстремальних умовах.

**Предметом** дослідження є проектування та розробка програмних рішень, які забезпечують моніторинг навколишнього середовища в екстремальних умовах, зосереджуючись на таких сферах, як збір даних у реальному часі, обробка та звітність.

**Об'єктом** дослідження є системи моніторингу навколишнього середовища, які розгортаються в суворих та екстремальних умовах, де стандартні рішення моніторингу можуть не працювати або бути неефективними. Це включає в себе системи, розроблені для роботи в умовах суворої погоди, віддалених місцях або інших складних робочих середовищах.

Основною **метою** цього дослідження є розробка програмного забезпечення, яке може ефективно підтримувати системи моніторингу навколишнього середовища в екстремальних умовах. Програмне забезпечення спрямоване на забезпечення надійного збору даних, аналізу та підтримки прийняття рішень, незважаючи на виклики суворих факторів навколишнього середовища. Кінцевою метою є сприяння розвитку більш стійких систем моніторингу, які можуть допомогти в управлінні та пом'якшенні ризиків, пов'язаних із екстремальними умовами навколишнього середовища.

Для досягнення окресленої мети висувуються такі **завдання**:

1. проведення системного аналізу предметної області екологічного моніторингу, зосередивши увагу на вимогах і проблемах моніторингу в екстремальних умовах;
2. розробка концептуальної моделі програмної системи, деталізуючи її архітектуру, функціональні можливості та робочі процеси;
3. впровадження системи програмного забезпечення, інтегруючи датчики та комунікаційні технології, придатних для екстремальних умов;

4. тестування та оцінка розробленого програмного забезпечення в змодельованих або реальних екстремальних умовах, щоб підтвердити його продуктивність і надійність;
5. аналіз результатів досліджень і порівняння їх з існуючими рішеннями, щоб виділити переваги та потенційні покращення.

**Методологія** дослідження для цієї роботи використовує багатогранний підхід, починаючи з комплексного системного аналізу домену екологічного моніторингу. Цей крок передбачає визначення конкретних проблем, пов'язаних з роботою систем моніторингу в екстремальних умовах, таких як суворий клімат, стихійні лиха або віддалені місця. Глибоко розуміючи ці труднощі, ми можемо закласти основу для ефективного проектування програмного забезпечення[5].

Після аналізу виконується моделювання системи з використанням принципів об'єктно-орієнтованого проектування для структурування функціональності системи моніторингу довкілля. Ця модель служить схемою для наступного етапу розробки, гарантуючи, що компоненти системи та взаємодії чітко визначені та узгоджені з цілями проекту.

Наступним кроком є розробка програмного забезпечення, де використовуються сучасні методи розробки програмного забезпечення, щоб втілити розроблену модель у життя. Впровадження зосереджено на забезпеченні надійності програмного забезпечення, масштабованості та надійної продуктивності, особливо в несприятливих умовах, у яких воно призначене для роботи. Особлива увага приділяється відмовостійкості та обробці даних у реальному часі, оскільки це критичні фактори для моніторингу в екстремальних середовищах.

**Наукова новизна** даної дипломної роботи полягає в розробці інноваційного програмного рішення, спеціально адаптованого до завдань екологічного моніторингу в екстремальних умовах. Хоча існує велика

кількість систем моніторингу, лише деякі з них розроблені з стійкістю, необхідною для ефективної роботи в суворих умовах. Це дослідження представляє нові методології для забезпечення відмовостійкості програмного забезпечення, точності даних у реальному часі та масштабованості системи в середовищах, що характеризуються ненадійними мережами зв'язку, екстремальними температурами чи небезпечними умовами. Крім того, інтеграція передових технологій, таких як датчики Інтернету речей (IoT) і периферійні обчислення, є значним кроком вперед у сфері моніторингу навколишнього середовища в екстремальних умовах.

**Апробація результатів дослідження:** результати цього дослідження будуть перевірені за допомогою серії емпіричних симуляцій і, де це можливо, реалізацій у реальному світі в середовищах, які імітують екстремальні умови. Ці тести оцінять здатність програмного забезпечення для надійного збору даних, обробки та безвідмовної роботи системи. Також буде проведено порівняльне тестування з існуючими рішеннями моніторингу навколишнього середовища, щоб підтвердити переваги розробленої системи. Зворотній зв'язок дослідників та інженерів із навколишнього середовища буде враховано для вдосконалення системи та забезпечення її застосовності до різноманітних сценаріїв реального світу.

Ця робота **структурована** таким чином:

- у розділі “Системний аналіз предметної області” представлено детальний аналіз сфери моніторингу навколишнього середовища з особливим акцентом на виклики, пов'язані з екстремальними екологічними умовами. Він досліджує поточний стан техніки, прогалини в існуючих рішеннях і потребу в спеціалізованому програмному забезпеченні;
- у розділі “Моделювання системи” розроблено концептуальну модель програмної системи. Детально розглянуто архітектуру

системи, основні функціональні можливості та взаємодію між компонентами. Процес моделювання наголошує на надійності, масштабованості та обробці даних у режимі реального часу в екстремальних умовах;

- у розділі “Розробка системи” описано практичне впровадження програмного забезпечення моніторингу довкілля. Він описує інструменти, технології та методології, які використовуються для створення системи. Особлива увага приділяється механізмам відмовостійкості та забезпеченню надійності системи в складних робочих середовищах;
- останній розділ “Результати дослідження” містить оцінку системи на основі тестування, проведеного в симульованих або реальних екстремальних умовах. Результати порівнюються з існуючими системами моніторингу, а основні висновки обговорюються. Крім того, пропонуються рекомендації щодо майбутніх покращень і потенційних застосувань.

Магістерська робота містить 80 сторінок, в тому числі 17 рисунків, 1 таблицю, 2 додатки. Вона посилається на 31 джерело, включаючи наукові статті, книги та електронні ресурси.

# 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Опис предметної області

Екологічний моніторинг відіграє вирішальну роль в оцінці та пом'якшенні впливу природної та антропогенної діяльності на екосистеми, здоров'я людей та інфраструктуру. Зростання частоти та інтенсивності екстремальних умов навколишнього середовища, таких як урагани, лісові пожежі, повені та промислові аварії, підкреслили потребу в системах, здатних постійно контролювати параметри навколишнього середовища в режимі реального часу. Ці системи надають цінні дані для прогнозування небезпек, інформування осіб, які приймають рішення, і підтримки своєчасного реагування для мінімізації збитків[1].

Традиційно моніторинг навколишнього середовища базується на мережах датчиків, які вимірюють такі змінні, як температура, вологість, якість повітря та води, а також рівень радіації. Хоча ці системи довели ефективність у стабільному середовищі, їх продуктивність має тенденцію до погіршення в екстремальних умовах. Такі фактори, як ненадійне джерело живлення, сувора погода та важкодоступні місця, створюють проблеми, з якими багато існуючих систем не здатні впоратися.

В екстремальних умовах системи моніторингу стикаються з кількома суттєвими обмеженнями. Надійність живлення є головною проблемою, оскільки суворі умови часто призводять до відключень або обмежень у джерелах живлення. Це вимагає розробки енергоефективних систем, здатних

функціонувати на обмеженій потужності або інтегрувати рішення з відновлюваної енергії. Іншою проблемою є зв'язок, особливо у віддалених або схильних до катастроф районах, де комунікаційні мережі можуть бути порушені. Системи моніторингу в цьому контексті повинні використовувати стійкі протоколи зв'язку, такі як супутникові або мережеві мережі, щоб забезпечити безперервну передачу даних[1].

Крім того, фізична довговічність апаратного забезпечення має вирішальне значення. Датчики та інші компоненти системи повинні бути здатні витримувати екстремальні температури, корозійне середовище та фізичні удари без шкоди для їхньої функціональності. Стандартні комерційні готові компоненти часто не відповідають цим вимогам, що вимагає використання міцного обладнання або обладнання, виготовленого на замовлення. Точність даних у екстремальних умовах також викликає занепокоєння, оскільки коливання умов можуть створювати шум або призводити до збою датчика, що призводить до неправильних вимірювань або прогалин у даних. Щоб вирішити цю проблему, системи моніторингу повинні включати розширені алгоритми для фільтрації та перевірки даних, щоб гарантувати, що зібрана інформація залишається надійною та дієвою.

З розвитком технологій використання пристроїв Інтернету речей (IoT), периферійних обчислень і машинного навчання відкрило нові можливості для подолання деяких із цих проблем. Пристрої IoT забезпечують більш гнучкі та масштабовані сенсорні мережі, тоді як периферійні обчислення дозволяють обробляти дані ближче до джерела, зменшуючи затримку та забезпечуючи швидке прийняття рішень. Крім того, моделі машинного навчання можна використовувати для прогнозування відмови обладнання, оптимізації споживання енергії та підвищення точності прогнозів навколишнього середовища за невизначених умов.

Незважаючи на прогрес, у програмному забезпеченні, спеціально розробленому для цих систем, залишаються прогалини, особливо при

розгортанні в екстремальних умовах. Програмне забезпечення має бути надійним, здатним витримувати переривчасте підключення, втрату даних і несприятливі фактори навколишнього середовища. Він також повинен адаптуватися до різних сценаріїв, від довгострокового моніторингу віддалених екосистем до ситуацій реагування на надзвичайні ситуації, коли дані в реальному часі є критичними.

Цей аналіз показує, що хоча технології моніторингу навколишнього середовища досягли значного прогресу, все ще існує потреба в спеціалізованих рішеннях, які вирішують унікальні виклики екстремальних умов. Розробка такого програмного забезпечення, яке об'єднує стійкість, адаптивність і обробку в реальному часі, являє собою ключову можливість для розвитку галузі та підвищення нашої здатності контролювати екологічні загрози та ефективно реагувати на них.

Моніторинг навколишнього середовища в екстремальних умовах представляє низку складних проблем, для вирішення яких існуючі системи часто недостатньо оснащені. Екстремальні умови, такі як райони, схильні до суворих погодних явищ, віддалені та важкодоступні регіони або місця зі значною промисловою небезпекою, вимагають надійних і стійких рішень для моніторингу. Поєднання суворих умов експлуатації та потреби в зборі даних у реальному часі робить цю область критично важливою, але складною для технологічних рішень[2].

Основна проблема полягає в обмеженнях традиційних систем моніторингу при розгортанні в таких середовищах. Багато звичайних систем розроблено для стабільних, передбачуваних умов, де джерело живлення надійне, комунікаційні мережі надійні, а датчики можуть працювати, не стикаючись із фізичними екстремальними умовами. Однак у таких суворих умовах, як сильний вітер, рясні опади, екстремальні температури або сейсмічна активність, ці системи часто виходять з ладу через апаратні поломки, втрату з'єднання або пошкодження даних.

Однією з головних проблем є відсутність енергетичної інфраструктури у віддалених або постраждалих від стихійних лих районах. Багато систем моніторингу покладаються на постійні джерела живлення, але в екстремальних умовах доступ до живлення може бути ненадійним або відсутнім. Тому системи повинні включати енергоефективні конструкції та бути здатними працювати на відновлюваних джерелах, таких як сонячна або вітрова енергія, забезпечуючи при цьому збір і передачу даних навіть у сценаріях з низьким енергоспоживанням.

Іншим важливим питанням є надійність і точність даних. Екстремальні умови навколишнього середовища можуть вплинути на роботу датчиків, спричинивши спотворення даних, збої в роботі або навіть повну відмову вузлів датчиків. Наприклад, екстремальні температури можуть вплинути на чутливість вимірювальних пристроїв, а корозійні умови, такі як середовище з морською водою, можуть спричинити тривалу деградацію датчика. Без достовірних даних здатність цих систем надавати своєчасну та практичну інформацію буде порушена. Таким чином, забезпечення цілісності даних за допомогою вдосконалених механізмів перевірки помилок і резервування є значною проблемою, яку необхідно вирішити.

Порушення зв'язку також становлять значну проблему в екстремальних умовах. Стандартні комунікаційні мережі можуть стати нестабільними або повністю зруйнуватися під час стихійних лих або в ізольованих регіонах. Системи моніторингу повинні мати можливість перемикатися між різними протоколами зв'язку (наприклад, від Wi-Fi до супутника) або впроваджувати сітчасті мережі, які дозволяють децентралізований зв'язок, коли центральна інфраструктура скомпрометована. Нездатність забезпечити безперервну передачу даних може призвести до відсутності обізнаності про ситуацію в критичні моменти, що призведе до затримки відповідей або неадекватного втручання.

Інше питання стосується фізичної довговічності обладнання для моніторингу. Екстремальні умови, такі як сильний вітер, повінь або корозійні речовини, можуть спричинити механічне пошкодження датчиків і пристроїв зв'язку. Стандартні компоненти можуть бути недостатньо надійними для тривалого розгортання в таких середовищах, що потребує використання спеціально розробленого, міцного обладнання, яке може витримати тривалий вплив елементів без погіршення продуктивності.

Нарешті, існує проблема обробки та відповіді в реальному часі. У багатьох сценаріях екстремальних умов важливо, щоб системи моніторингу не лише збирали дані, але й обробляли та аналізували їх у режимі реального часу, щоб надати негайну інформацію. У таких ситуаціях, як стихійні лиха чи промислові аварії, своєчасне прийняття рішень може врятувати життя та мінімізувати шкоду навколишньому середовищу. Традиційні системи часто стикаються з проблемами затримки або залежать від централізованих серверів, які можуть стати недоступними в екстремальних умовах, що підкреслює потребу в розподілених або периферійних обчислювальних можливостях, які наближають обробку до джерела даних.

Таким чином, проблема моніторингу навколишнього середовища в екстремальних умовах характеризується проблемами, пов'язаними з ненадійними джерелами живлення, довговічністю та точністю датчиків, збоями зв'язку та необхідністю обробки даних у реальному часі. Вирішення цих проблем потребує розробки спеціалізованого програмного забезпечення, яке є стійким і адаптованим, здатним інтегруватися з розширеним апаратним забезпеченням і мережевими рішеннями, зберігаючи при цьому надійну роботу в умовах екстремального середовища[2].

Детальніший опис класів та атрибутів предметної області подано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

## Опис атрибутів класів предметної області

<b>Клас</b>	<b>Атрибут</b>	<b>Опис</b>
Збір даних	Повітря	Представляє вимірювання якості повітря, таких як рівні CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> та забруднювачів.
	Температура	Вимірює температуру навколишнього середовища в градусах Цельсія або Фаренгейта.
	Вологість	Фіксує рівень вологи в повітрі, зазвичай вимірюється у відсотках.
	Тиск	Збирає дані про атмосферний тиск, корисні для прогнозування погодних умов.
	Радіація	Моніторить рівень радіації, включаючи як природні, так і промислові джерела.
	Місцезнаходження	Вказує географічні координати (широта, довгота), де були зібрані дані.
Обробка даних	Аналіз	Автоматичний аналіз зібраної інформації для виявлення тенденцій або аномалій.
	Моделювання	Використання моделей для прогнозування майбутніх подій на основі історичних даних.

Візуалізація	Графіки	Відображення даних у вигляді графіків для спрощення аналізу та інтерпретації інформації.
--------------	---------	--

Таблиця "Опис атрибутів класів" охоплює ключові класи, що стосуються різних етапів функціонування системи моніторингу навколишнього середовища в екстремальних умовах. Вона поділяється на кілька класів, кожен з яких представляє певний аспект системи, та атрибути, що відображають специфічні характеристики або параметри цих класів.

Клас "Збір даних" описує атрибути, які стосуються процесу збору інформації з навколишнього середовища. Атрибути включають параметри, що вимірюються, такі як повітря, температура, вологість, тиск, радіація тощо. Цей клас є основою для моніторингу різних екологічних показників.

Клас "Обробка даних" фокусується на процесах, пов'язаних з обробкою зібраної інформації. Агрегація, фільтрація та аналіз даних дозволяють оптимізувати та покращити якість інформації, а також використовувати її для прогнозування та моделювання майбутніх подій.

Клас "Візуалізація" відображає способи представлення зібраних і оброблених даних. Графіки, карти та звіти допомагають інтерпретувати інформацію та виявляти ключові тенденції для прийняття оперативних рішень.

## 1.2 Огляд існуючих рішень

Розглянемо існуючі рішення предметної області.

Envirosuite виділяється як провідна програмна платформа для аналізу навколишнього середовища, розроблена, щоб допомогти організаціям ефективно керувати своїм впливом на навколишнє середовище. Пропонуючи моніторинг даних у реальному часі, прогнозну аналітику та комплексні інструменти звітності, Envirosuite обслуговує низку галузей, таких як

гірничодобувна промисловість, аеропорти, очищення стічних вод і будівництво. Ця функція дає змогу зацікавленим сторонам приймати обґрунтовані рішення щодо управління навколишнім середовищем[10].

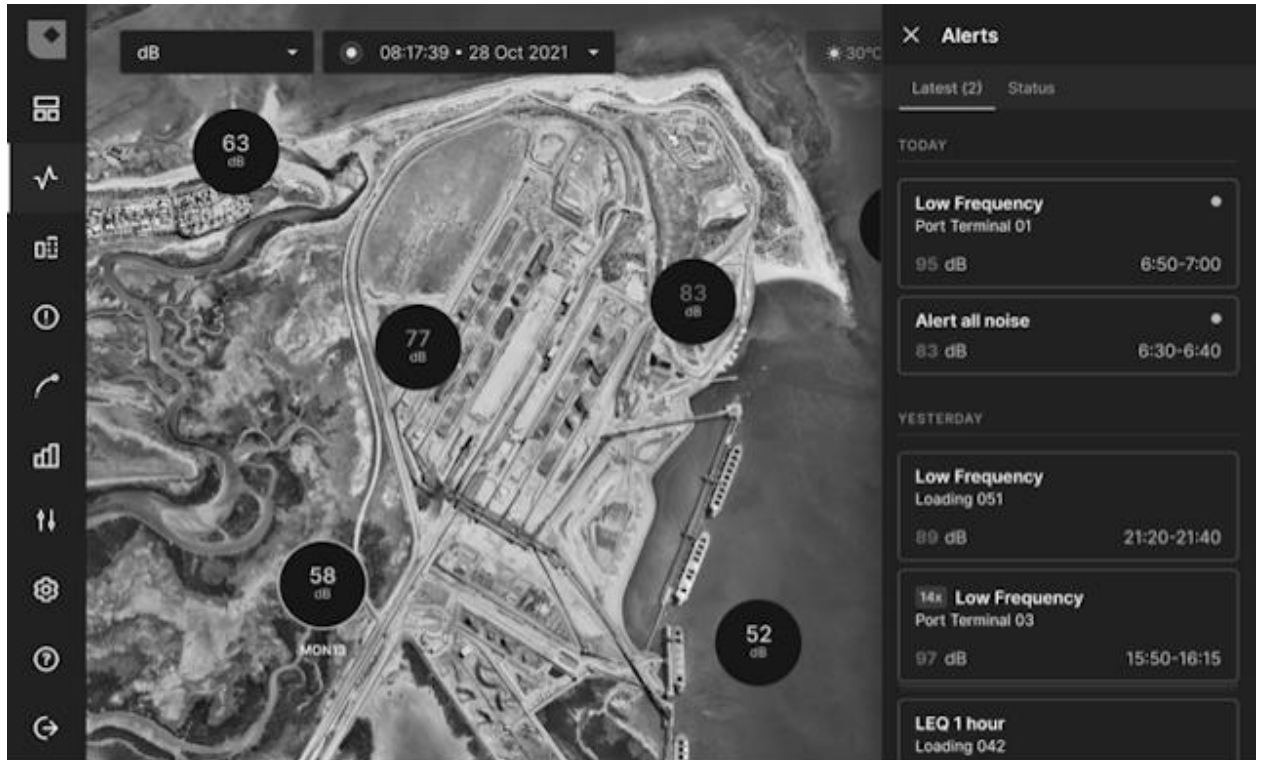


Рис. 1 Програмне забезпечення «Envirosuite»

Однією з видатних особливостей платформи є її можливість моніторингу в реальному часі. EnviroSuite плавно інтегрує дані з різних датчиків і пристроїв моніторингу, надаючи миттєве уявлення про умови навколишнього середовища, включаючи якість повітря, рівень шуму, якість води та дані про погоду. Ця функція дозволяє організаціям швидко реагувати на екологічні проблеми, щойно вони виникають.

Окрім моніторингу в реальному часі, EnviroSuite використовує передові методи моделювання для прогнозової аналітики. Це дозволяє організаціям прогнозувати потенційний вплив на навколишнє середовище, аналізуючи поточні та історичні дані. Таке передбачення допомагає організаціям завчасно виявляти потенційні проблеми з навколишнім

середовищем, дозволяючи їм впроваджувати профілактичні заходи для зменшення ризиків.

Візуалізація даних є ще одним важливим аспектом Envirosuite. Платформа надає інтуїтивно зрозумілі інформаційні панелі та інструменти візуалізації, що спрощує інтерпретацію складних наборів даних. Користувачі можуть налаштувати свої перегляди, щоб зосередитися на конкретних показниках навколишнього середовища та контролювати продуктивність з часом.

Envirosuite також відіграє вирішальну роль в управлінні відповідністю. Програмне забезпечення допомагає організаціям дотримуватися нормативних вимог, пропонуючи інструменти автоматизованого звітування та панелі контролю відповідності. Це гарантує, що користувачі залишаються в курсі екологічних норм і можуть продемонструвати їх відповідність зацікавленим сторонам.

Крім того, платформа покращує залучення зацікавлених сторін, спрощуючи спілкування за допомогою доступних екологічних даних і звітів. Така прозорість зміцнює довіру та сприяє співпраці між організаціями та їхніми спільнотами, зацікавленими сторонами та регуляторними органами[10].

Універсальність Envirosuite дозволяє застосовувати його в різних секторах. Наприклад, у гірничодобувній галузі та секторі ресурсів це допомагає компаніям контролювати пил, шум і якість води, забезпечуючи таким чином дотримання екологічних норм і мінімізуючи вплив на навколишні громади. У роботі аеропорту це допомагає в управлінні шумовим забрудненням і якістю повітря, збалансовуючи ефективність роботи та відносини з громадою.

Програмне забезпечення також підтримує зусилля з очищення стічних вод шляхом моніторингу якості стоків і забезпечення відповідності

екологічним стандартам, таким чином допомагаючи муніципалітетам і промисловості більш ефективно управляти стічними водами. Крім того, будівельні компанії отримують переваги від Envirosuite, відстежуючи вплив на навколишнє середовище, наприклад шум і викиди пилу, протягом життєвого циклу проекту, забезпечуючи відповідність нормативним вимогам і мінімізуючи порушення навколишньої території.

Переваги використання Envirosuite значні. Організації отримують розширені можливості прийняття рішень завдяки доступу до даних у режимі реального часу та прогнозної інформації, що дозволяє їм зменшити вплив на навколишнє середовище. Автоматизовані процеси звітності та моніторингу підвищують ефективність роботи, зменшуючи адміністративне навантаження на персонал. Проактивний моніторинг і прогнозна аналітика дозволяють організаціям виявляти й вирішувати потенційні екологічні проблеми до їх загострення, тим самим зменшуючи ризики[10].

Нарешті, наголос на прозорості екологічної діяльності сприяє довірі та співпраці із зацікавленими сторонами, підвищуючи репутацію організації.

Таким чином, Envirosuite служить життєво важливим ресурсом для організацій, які займаються ефективним управлінням навколишнім середовищем. Завдяки використанню даних у режимі реального часу, прогнозної аналітики та надійних функцій звітності, він дає змогу користувачам пом'якшувати екологічні ризики, забезпечувати відповідність і розвивати позитивні стосунки із зацікавленими сторонами. У різних галузях промисловості, зокрема в гірничодобувній промисловості, авіації, управлінні стічними водами та будівництві, Envirosuite виявляється незамінним союзником у просуванні сталої діяльності та відповідального ставлення до довкілля.

Розглянемо інший варіант.

Системи польового моніторингу NOVOnet забезпечують вдосконалене рішення для моніторингу навколишнього середовища, що дозволяє збирати та аналізувати дані в реальному часі. Ці системи особливо добре підходять для зовнішнього застосування, що робить їх ідеальними для досліджень, збереження та управління ресурсами. Віддаючи пріоритет точності та надійності, NOVOnet дозволяє організаціям ефективно контролювати умови навколишнього середовища та приймати обґрунтовані рішення на основі емпіричних даних.

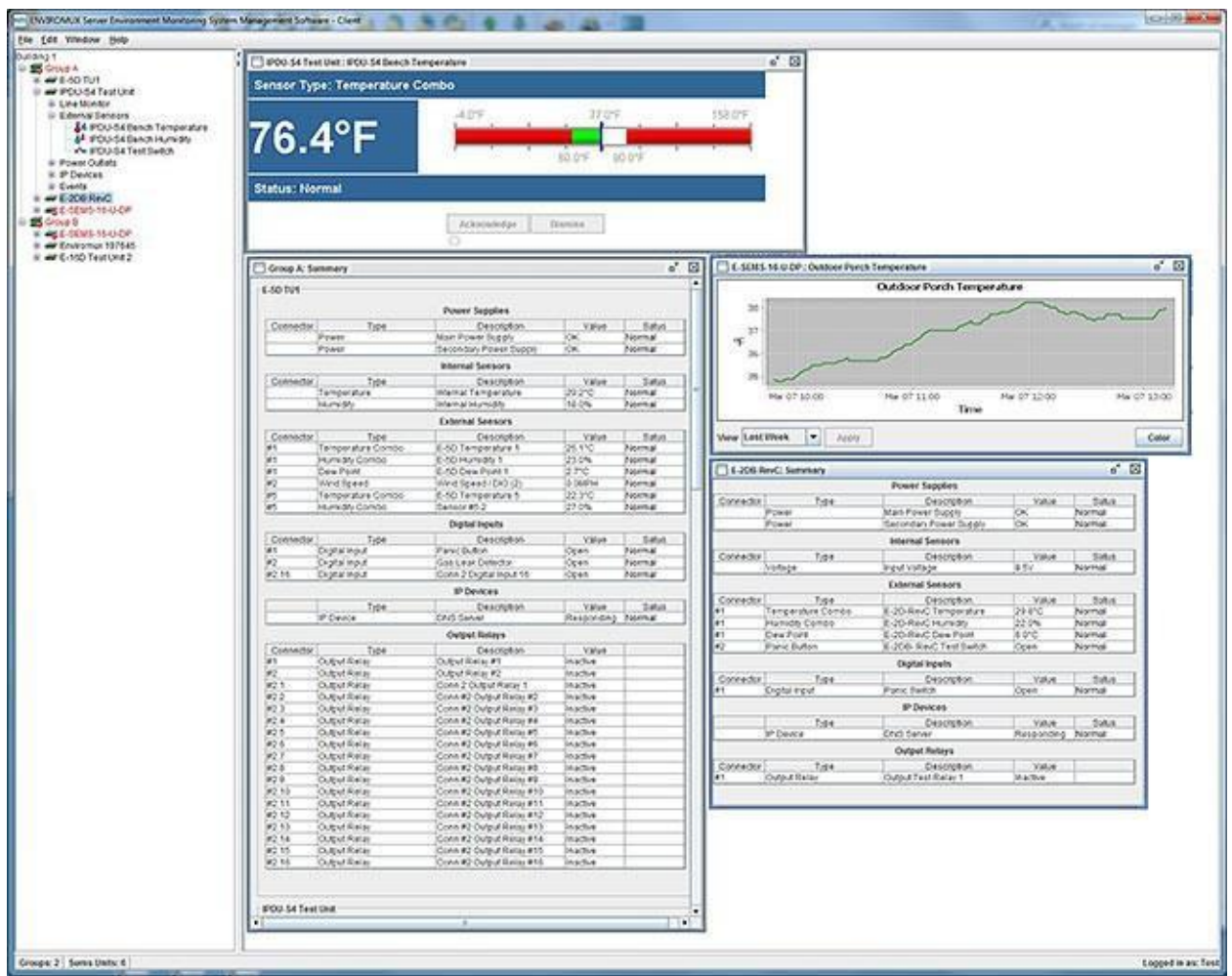


Рис. 2 Програмне забезпечення «NOVOnet»

Однією з видатних особливостей систем NOVOnet є їх здатність до бездротової передачі даних. Ця технологія полегшує віддалений моніторинг, усуває потребу в великій проводці та спрощує розгортання датчиків у складних місцях. Платформа підтримує широкий спектр датчиків, що дозволяє

користувачам відстежувати різні параметри навколишнього середовища, включаючи температуру, вологість, вологість ґрунту та рівень освітлення. Ця універсальність дозволяє налаштовувати налаштування моніторингу відповідно до конкретних потреб проекту[11].

Користувачі отримують переваги від доступу до даних у режимі реального часу через платформу НОВОnet, яка забезпечує миттєве розуміння для аналізу та реагування на зміни умов навколишнього середовища. Ця функція є безцінною для дослідників та організацій, яким потрібна своєчасна інформація для ефективного прийняття рішень. Веб-інтерфейс НОВОnet пропонує інтуїтивно зрозумілу інформаційну панель, що дозволяє як новачкам, так і досвідченим користувачам легко візуалізувати та інтерпретувати зібрані дані. Крім того, системи розроблені для тривалого розгортання з енергоефективними функціями, які подовжують термін служби батареї та зменшують потреби в обслуговуванні.

Системи польового моніторингу НОВОnet знаходять застосування в різних секторах. У дослідженні навколишнього середовища вони допомагають вченим у зборі даних про екологічні зміни, вплив клімату та біорізноманіття, що має вирішальне значення для розуміння динаміки навколишнього середовища та підтримки зусиль щодо збереження. У сільському господарстві фермери та агрономи використовують системи НОВОnet для моніторингу здоров'я ґрунту, погодних умов і продуктивності врожаю, що дозволяє їм оптимізувати методи поливу та управління ресурсами для підвищення врожайності. Системи також мають важливе значення для управління водними ресурсами, дозволяючи контролювати якість і рівень води в річках, озерах і водосховищах. Ця можливість має вирішальне значення для відстеження забруднення та дотримання нормативних вимог. Крім того, НОВОnet може контролювати фактори навколишнього середовища, що впливають на інфраструктуру, наприклад мости та дороги, допомагаючи організаціям

передбачити потреби в обслуговуванні та подовжити термін служби активів[11].

Прийняття систем польового моніторингу НОВОnet пропонує численні переваги. Користувачі насолоджуються підвищеною точністю даних завдяки високоякісним датчикам, які забезпечують надійний збір даних, що є життєво важливим для ефективного управління навколишнім середовищем. Доступ до даних у реальному часі покращує процес прийняття рішень, дозволяючи організаціям швидко реагувати на зміни та виклики навколишнього середовища. Бездротова конструкція систем НОВОnet знижує витрати на встановлення та роботу, пов'язану з традиційними дротовими рішеннями, а подовжений термін служби батареї мінімізує поточні витрати на технічне обслуговування. Крім того, системи НОВОnet можна легко масштабувати для проектів різного розміру, починаючи від невеликих дослідницьких ініціатив і закінчуючи широкими мережами моніторингу навколишнього середовища.

Підсумовуючи, системи польового моніторингу НОВОnet є потужним ресурсом для організацій, які прагнуть розширити свої можливості моніторингу навколишнього середовища. Пропонуючи бездротову передачу даних, широкий спектр опцій датчиків, доступ до даних у режимі реального часу та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, НОВОnet дає користувачам змогу ефективно збирати й аналізувати важливі екологічні дані. Незалежно від того, чи йдеться про дослідження, сільське господарство, управління водними ресурсами чи моніторинг інфраструктури, НОВОnet є безцінним інструментом для сприяння сталим практикам і обґрунтованому прийняттю рішень щодо вирішення екологічних проблем.

### 1.3 Постановка завдання

Основною проблемою є сама суворість навколишнього середовища. Екстремальні температури, надзвичайно високі чи низькі, можуть поставити під загрозу функціональність електронних компонентів, спричинивши неточності або збої обладнання. Висока вологість і сильні опади можуть пошкодити чутливе обладнання, що призведе до втрати або пошкодження даних. Крім того, сильний вітер і пил можуть перешкоджати роботі пристроїв моніторингу, знижуючи їх точність і термін служби.

Система екологічного моніторингу, розроблена для екстремальних умов, повинна виконувати такі основні функції:

- збір даних: система повинна ефективно збирати дані про навколишнє середовище з різноманітних датчиків, які вимірюють такі параметри, як температура, вологість, якість повітря та води тощо. Ці датчики мають бути надійними та здатними надійно працювати в суворих умовах;
- передача даних: зібрані дані повинні надійно передаватись із віддалених місць на центральний сервер. Це вимагає використання стійких протоколів зв'язку, які можуть впоратися з проблемами, пов'язаними з екстремальними середовищами, такими як обмежене підключення та суворі погодні умови;
- обробка даних: коли дані передаються на центральний сервер, система повинна обробляти їх у режимі реального часу. Це включає в себе очищення даних, виконання необхідних обчислень і аналіз тенденцій для отримання корисної інформації;
- зберігання даних: система повинна безпечно та ефективно зберігати оброблені дані. Рішення для зберігання має

забезпечувати цілісність даних і бути масштабованим для обробки великих обсягів даних з часом[12];

- візуалізація даних: система повинна забезпечувати інтуїтивно зрозумілий і зручний інтерфейс для візуалізації даних. Це включає інформаційні панелі та звіти, які дозволяють користувачам легко інтерпретувати дані та приймати зважені рішення.

Програмне забезпечення має долати виклики жорсткості навколишнього середовища, доступності, надійності даних, електропостачання та обслуговування. Вирішуючи ці проблеми, програмне забезпечення може забезпечити точний, надійний і ефективний збір і аналіз даних, підтримуючи обґрунтоване прийняття рішень, розробку політики, інформованість громадськості та боротьбу зі стихійними лихами, зрештою сприяючи захисту та збереженню нашого природного середовища.

## **1.4 Функціональні та нефункціональні вимоги**

Функціональні та нефункціональні вимоги є важливими аспектами розробки програмного забезпечення, які визначають, що повинна робити система і як вона повинна виконувати ці функції[14]. Ось розбивка обох типів вимог для нашої програми:

### **Функціональні вимоги**

1. автентифікація та авторизація користувачів: система повинна дозволяти користувачам реєструватися, входити в систему та керувати своїми обліковими записами. Різні ролі користувачів повинні мати певні права доступу до певних функцій;
2. керування даними: користувачі повинні мати можливість створювати, читати, оновлювати та видаляти (CRUD) записи в

базі даних. Це включає в себе керування різними типами даних, що стосуються програми, наприклад, профілями користувачів, транзакціями та звітами;

3. функціональні можливості пошуку та фільтрації: програма повинна дозволяти користувачам шукати певні записи та застосовувати фільтри для перегляду даних на основі різних критеріїв;
4. звітність: користувачі повинні мати можливість створювати звіти на основі даних у системі. Це включає настроювані шаблони звітів і можливість експорту звітів у різні формати (наприклад, PDF, Excel);
5. сповіщення та оповіщення: система повинна надсилати сповіщення користувачам щодо важливих подій, таких як оновлення облікового запису, зміни даних або нагадування про заплановані завдання;
6. інтеграція із зовнішніми системами: програма повинна мати можливість спілкуватися із зовнішніми системами або API для обміну даними, покращуючи її функціональність і взаємодію з користувачем;
7. інтерфейс користувача: програма має мати зручний інтерфейс, який забезпечує легку навігацію та доступ до функцій. Це включає адаптивний дизайн для різних пристроїв.

### **Нефункціональні вимоги**

1. продуктивність: система повинна бути здатна обробляти певну кількість одночасних користувачів (наприклад, 100+ одночасних користувачів) без значного зниження продуктивності. Час відповіді на дії користувача має бути менше двох секунд;

2. масштабованість: Програма повинна бути розроблена для горизонтального або вертикального масштабування, щоб відповідати зростаючим навантаженням користувачів і обсягам даних, не вимагаючи серйозних змін архітектури;
3. безпека: система повинна впроваджувати надійні заходи безпеки, включаючи шифрування даних, безпечне зберігання паролів і захист від поширених уразливостей (наприклад, впровадження SQL, міжсайтовий сценарій);
4. надійність: програма має бути надійною, з часом безвідмовної роботи принаймні 99,5%. Він повинен мати механізми резервного копіювання та відновлення даних, щоб запобігти втраті даних у разі збоїв;
5. зручність використання: інтерфейс користувача має бути інтуїтивно зрозумілим і простим у навігації, з акцентом на покращенні взаємодії з користувачем. Має бути доступна вичерпна документація та довідкові ресурси;
6. ремонтпридатність: система має бути спрощена в обслуговуванні, дозволяючи розробникам оновлювати, вдосконалювати або виправляти систему без тривалого простою або переробки;
7. сумісність: програма має бути сумісною з різними операційними системами та веб-браузерами, щоб забезпечити доступність для всіх користувачів;
8. відповідність: система має відповідати відповідним галузевим стандартам і нормам, таким як GDPR щодо захисту даних, забезпечуючи належну обробку даних користувачів.

Таким чином, функціональні та нефункціональні вимоги є критично важливими для керування процесом розробки та забезпечення того, що програма відповідає потребам користувачів, працюючи ефективно та

безпечно. Ці вимоги служать основою для тестування, перевірки та загального успіху програми.

## **2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ**

### **2.1 Загальні відомості про UML та інтелектуальний аналіз даних**

Опис UML (Unified Modeling Language) пропонує візуальну структуру для ілюстрації компонентів, зв'язків і процесів програмної системи. У контексті системи моніторингу навколишнього середовища, розробленої для екстремальних умов, можна використовувати різні діаграми UML, включаючи діаграми варіантів використання, діаграми класів, діаграми послідовності та діаграми діяльності. Кожна діаграма служить певній меті, детально описуючи архітектуру та функціональність системи[5].

Діаграма варіантів використання відображає взаємодію між користувачами та системою, зосереджуючись на функціональності системи з точки зору користувача. Ключові учасники цього сценарію включають польового оператора, який відповідає за моніторинг і збір даних про навколишнє середовище; аналітик даних, який аналізує дані та створює звіти; системний адміністратор, який керує налаштуваннями та правами користувачів; і регуляторний орган, який розглядає звіти про відповідність і екологічні дані. Відповідні випадки використання цієї системи охоплюють збір даних про навколишнє середовище, аналіз цих даних, створення звітів, налаштування параметрів системи, моніторинг сповіщень і забезпечення відповідності нормативним вимогам.

Діаграма класів надає статичний огляд системи, описуючи її класи, атрибути, методи та зв'язки між ними. Важливі класи включають датчик, який має такі атрибути, як ідентифікатор датчика, тип, розташування та статус, а також такі методи, як `readData()`, `calibrate()` і `getStatus()`. Клас `DataCollection` містить такі атрибути, як `collectionID`, `timestamp` і `dataValues`, із такими методами, як `startCollection()`, `stopCollection()` і `retrieveData()`. Інші класи включають `User` з такими атрибутами, як ID користувача, ім'я, роль і пароль, а також методи керування профілями користувачів; `Звіт`, який включає атрибути `reportID`, `reportType`, `generatedDate` та вміст разом із методами створення звіту; і `Alert`, що характеризується такими атрибутами, як `alertID`, повідомлення, серйозність і мітка часу, з методами для запуску та вирішення сповіщень.

Діаграма послідовності ілюструє потік повідомлень, якими обмінюються об'єкти для виконання конкретного варіанту використання, наприклад збору даних про навколишнє середовище. У цьому сценарії оператор поля ініціює процес збору даних, спонукаючи об'єкт `DataCollection` наказати датчику розпочати читання даних. Датчик збирає дані та надсилає їх назад до об'єкта `DataCollection`, який потім зберігає інформацію та оновлює свій статус. Згодом аналітик даних запитує останні дані для аналізу, а об'єкт `DataCollection` отримує та пересилає ці дані.

Діаграма діяльності описує робочий процес для створення звіту про відповідність, деталізуючи потік контролю між діями. Процес починається з отримання даних із `DataCollection` з подальшим аналізом на відповідність. Після перевірки критеріїв відповідності створюється звіт, який переглядається перед тим, як надсилається до регуляторного органу.

На завершення ці діаграми UML разом надають детальне представлення архітектури та функціональності системи екологічного моніторингу. Вони покращують розуміння між зацікавленими сторонами, розробниками та користувачами, забезпечуючи чітке визначення системних

вимог і взаємодії. Використовуючи ці діаграми, можна оптимізувати процес проектування та впровадження, сприяючи покращенню зв'язку та співпраці під час розробки.

Інтелектуальний аналіз даних — це потужний аналітичний процес, який використовується для виявлення закономірностей, кореляцій і тенденцій у великих наборах даних. Ця дисципліна поєднує методи статистики, машинного навчання та систем баз даних для отримання цінної інформації, яка може бути використана для прийняття рішень та прогнозного аналізу в різних сферах, включаючи бізнес, охорону здоров'я, фінанси та екологію[6].

За своєю суттю інтелектуальний аналіз даних включає кілька ключових етапів: збір даних, попередню обробку даних, дослідження даних, моделювання та інтерпретацію. Спочатку дані збираються з різних джерел, які можуть включати бази даних, сховища даних і зовнішні потоки даних. Зібрані дані часто потребують очищення та перетворення, щоб усунути шум і невідповідності, забезпечуючи високоякісні вхідні дані для аналізу.

Далі йде пошуковий аналіз даних, де використовуються різні методи для візуалізації розподілу даних і виявлення потенційних закономірностей або аномалій. На цьому етапі часто використовуються статистичні інструменти для підсумовування даних і розуміння їх структури.

Далі йде моделювання, де алгоритми інтелектуального аналізу даних застосовуються для створення моделей, які можуть передбачати результати або класифікувати дані. Методи, які зазвичай використовуються на цьому етапі, включають класифікацію (присвоєння категорій даним), кластеризацію (групування подібних точок даних), регресію (прогнозування числових значень) і вивчення правил асоціації (виявлення зв'язків між змінними).

Останнім кроком є інтерпретація результатів і перетворення їх у практичні ідеї. Це може включати створення звітів, візуалізацій або

інформаційних панелей, які узагальнюють результати та допомагають зацікавленим сторонам приймати обґрунтовані рішення.

Інтелектуальний аналіз даних пропонує численні переваги, зокрема розширену сегментацію клієнтів, виявлення шахрайства, управління ризиками та операційну ефективність. У бізнесі він може покращити маркетингові стратегії, визначаючи вподобання та поведінку клієнтів, тоді як у сфері охорони здоров'я він може допомогти у прогнозуванні спалахів захворювань або результатів для пацієнтів.

Оскільки обсяги даних продовжують зростати в геометричній прогресії, інтелектуальний аналіз даних відіграє вирішальну роль у перетворенні необроблених даних на значущу інформацію, допомагаючи організаціям використовувати потужність своїх даних для стимулювання стратегічних ініціатив та інновацій.

## **2.2 Об'єктне та функціональне моделювання**

**2.2.1 Діаграма прецедентів.** Діаграма варіантів використання візуально представляє, як користувачі, відомі як актори, взаємодіють із системою, підкреслюючи її функціональні можливості з точки зору користувачів. Будучи невід'ємною частиною Уніфікованої мови моделювання (UML), цей тип діаграми відіграє вирішальну роль у системному аналізі та проектуванні, особливо на ранніх етапах розробки. Він ефективно відображає функціональні вимоги системи в простий і зрозумілий спосіб[8].

Основні компоненти діаграми варіантів використання включають акторів, варіанти використання та зв'язки. Актори представляють різних користувачів або інші системи, які взаємодіють з основною системою. Це можуть бути основні користувачі, які безпосередньо взаємодіють із системою, або вторинні користувачі з більш непрямими зв'язками. У

контексті системи моніторингу навколишнього середовища типові учасники можуть складатися з польового оператора, аналітика даних, системного адміністратора та регуляторного органу.

Варіанти використання — це конкретні функції або послуги, які система пропонує учасникам. Кожен варіант використання відповідає чіткій меті, яку учасник прагне досягти через свою взаємодію з системою. Наприклад, у контексті моніторингу навколишнього середовища відповідні сценарії використання можуть охоплювати такі дії, як збір даних про навколишнє середовище, аналіз цих даних, створення звітів, налаштування системних параметрів, сповіщення про моніторинг і забезпечення відповідності нормам.

Відносини, зображені на діаграмах варіантів використання, ілюструють, як актори підключаються до варіантів використання. Ці зв'язки можуть бути представлені простими лініями, які вказують на пряму взаємодію або складніші зв'язки, такі як «включати» або «розширювати», які демонструють, як певні варіанти використання можуть залучати або покращувати інші. Наприклад, процес створення звітів може поширюватися на аналіз використання даних.

Діаграми варіантів використання мають кілька переваг. Вони забезпечують ясність, представляючи високорівневий огляд можливостей системи, дозволяючи зацікавленим сторонам зрозуміти її призначені функції, не вдаючись до технічного жаргону. Крім того, ці діаграми покращують спілкування між зацікавленими сторонами, розробниками та бізнес-аналітиками, пропонуючи загальну візуальну мову для відображення системних вимог.

Таким чином, діаграми варіантів використання є неоціненними протягом життєвого циклу розробки програмного забезпечення. Вони пропонують структурований метод для розуміння та документування вимог

до системи, сприяючи ефективній співпраці між членами команди та гарантуючи, що кінцевий продукт відповідає потребам користувачів.

Спроектowana діаграма прецедентів представлена на рис.3.

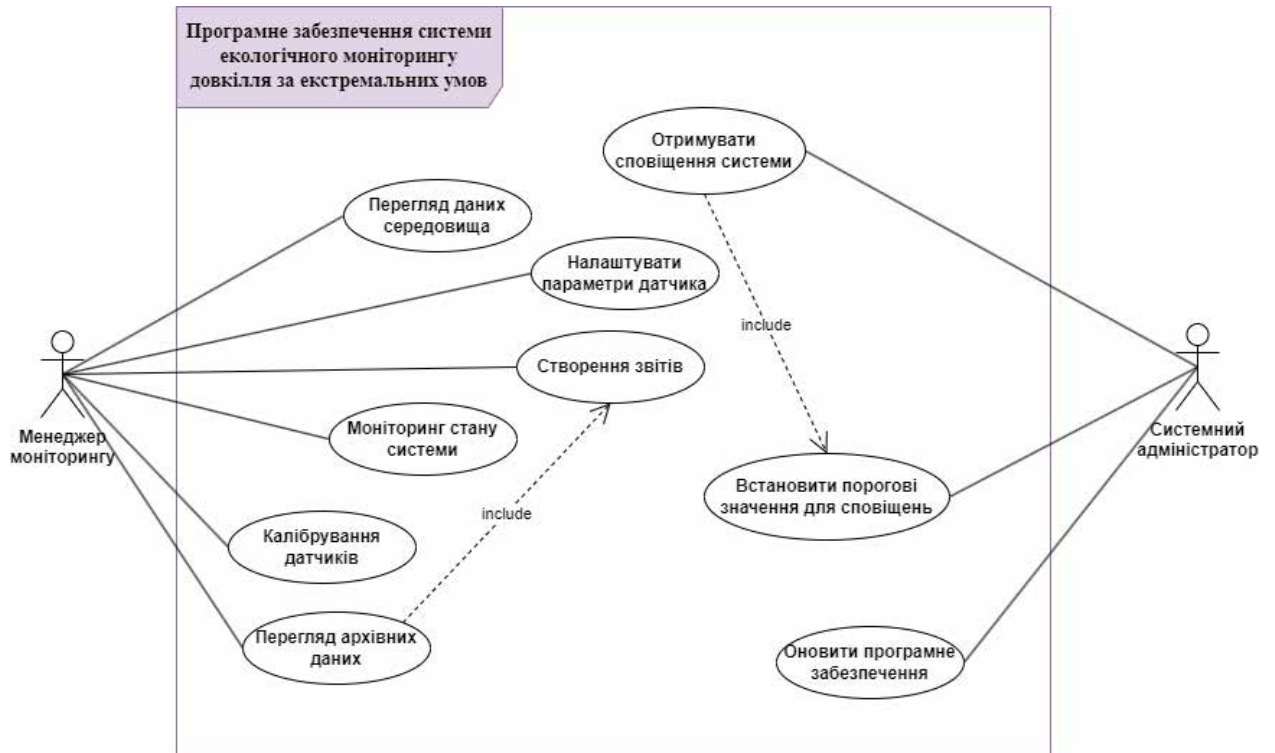


Рис. 3 Діаграма прецедентів

Створена діаграма прецедентів містить акторів:

- “Менеджер моніторингу”;
- “Системний адміністратор”.

Актор «Менеджер моніторингу» включає такі прецеденти:

- перегляд даних середовища;
- налаштування параметрів датчика;
- створення звітів;
- моніторинг стану системи;
- калібрування датчиків;
- перегляд архівних даних.

Актор «Системний адміністратор» включає такі прецеденти:

- отримувати сповіщення системи;
- встановити порогові значення для сповіщень;
- оновити програмне забезпечення.

Прецеденти певним чином залежать одне від одного.

Розглянемо детальніше вищеописані прецеденти.

**Назва випадку використання: "Перегляд даних середовища"**

Основною метою цього прецеденту є надання користувачам можливості отримувати доступ до екологічних даних, зібраних системою моніторингу. Це дає можливість користувачам, таким як оператори, аналітики та регулятори, ефективно аналізувати і оцінювати стан навколишнього середовища.

**Актори:**

- менеджер моніторингу: користувач, який відповідає за моніторинг та збір екологічних даних на місцях;
- системний адміністратор: особа, яка аналізує зібрані дані та готує звіти для оцінки стану екології.

**Передумови:** Користувач повинен бути зареєстрованим і авторизованим у системі. Користувач повинен мати доступ до розділу з екологічними даними.

**Оптимістичний сценарій:**

1. користувач входить у розділ "Екологічні дані" в системі;
2. користувач вибирає параметри для перегляду даних, такі як тип даних, дата та місце збору;
3. система отримує запит і проводить фільтрацію даних за заданими критеріями;
4. дані відображаються у формі графіків, таблиць або карт;

5. користувач може зберегти або експортувати дані для подальшого аналізу;
6. система надає підтвердження успішного перегляду даних.

**Прагматичний сценарій:**

1. користувач вводить некоректні параметри для фільтрації, такі як недійсні дати або неправильні типи даних;
2. система виявляє помилки у введених даних;
3. користувач отримує повідомлення з описом помилок;
4. користувач вносить корективи у запит;
5. якщо користувач ігнорує повідомлення про помилки, система пропонує альтернативні параметри або повертає на головну сторінку з екологічними даними;
6. після виправлення помилок система повторно обробляє запит та відображає дані.

**Назва випадку використання: "Встановити нові порогові значення"**

Основною метою цього прецеденту є надання користувачам можливості налаштувати нові порогові значення для моніторингу екологічних показників. Це дозволяє оптимізувати систему моніторингу, щоб забезпечити своєчасне виявлення відхилень і покращити реакцію на екологічні зміни.

**Актори:**

- системний адміністратор: користувач, відповідальний за налаштування системи і управління її параметрами.

**Передумови:** Користувач повинен бути зареєстрованим і авторизованим у системі. Користувач повинен мати права доступу для зміни порогових значень.

**Оптимістичний сценарій:**

1. користувач переходить у розділ "Порогові значення" у системі;
2. користувач обирає показник, для якого необхідно встановити нові порогові значення;

3. відкривається форма для введення нових значень, де користувач вводить верхнє та нижнє порогові значення;
4. система перевіряє введені дані на коректність, включаючи діапазон значень та допустимість символів;
5. після успішної перевірки система зберігає нові порогові значення в базі даних;
6. користувач отримує підтвердження про успішне оновлення порогових значень.

#### **Прагматичний сценарій:**

1. користувач вводить недопустимі значення, такі як негативні числа або некоректні символи;
2. система виявляє помилки у введених даних;
3. користувач отримує повідомлення, яке вказує на помилки у введенні;
4. користувач вносить корективи у форму;
5. якщо користувач не реагує на повідомлення про помилки, система скасовує зміни і може повернути користувача на основну сторінку налаштувань;
6. після виправлення помилок система повторно перевіряє дані і, у разі успіху, зберігає нові порогові значення.

**2.2.2 Діаграма послідовності.** Діаграма послідовності — це форма діаграми взаємодії в уніфікованій мові моделювання (UML), яка зображує, як об'єкти спілкуються в конкретних сценаріях використання. Він пропонує динамічне представлення системи, ілюструючи послідовність повідомлень, якими обмінюються різні сутності — чи то актори, чи об'єкти — протягом певного часу. Цей тип діаграм особливо цінний для розуміння потоку

керування та даних між системними компонентами, що робить його важливим ресурсом для аналізу та проектування систем[13].

Основні елементи діаграми послідовності включають акторів, які представляють зовнішні сутності, які взаємодіють із системою. Це можуть бути користувачі, інші системи або компоненти, які ініціюють або отримують повідомлення. Об'єкти — це екземпляри класів, які беруть участь у взаємодії, включаючи компоненти, служби або будь-які інші системні сутності, які обмінюються повідомленнями. Кожен актор і об'єкт має лінію життя, зображену пунктирною вертикальною лінією, що вказує на його присутність під час взаємодії.

Ці діаграми знаходять застосування в різноманітних контекстах, таких як демонстрація взаємодії користувача з системою, включаючи вхід або обробку транзакцій, і демонстрація системних процесів, які підкреслюють взаємодію між компонентами під час обробки даних або запитів на обслуговування. Вони також візуалізують співпрацю між кількома об'єктами, які працюють над спільною метою, як-от обробка замовлень клієнтів або створення аналітичних звітів.

Діаграма послідовностей, зображена на рис. 4, містить такі об'єкти:

- менеджер;
- системний адміністратор;
- калібрування датчиків;
- перегляд даних середовища.

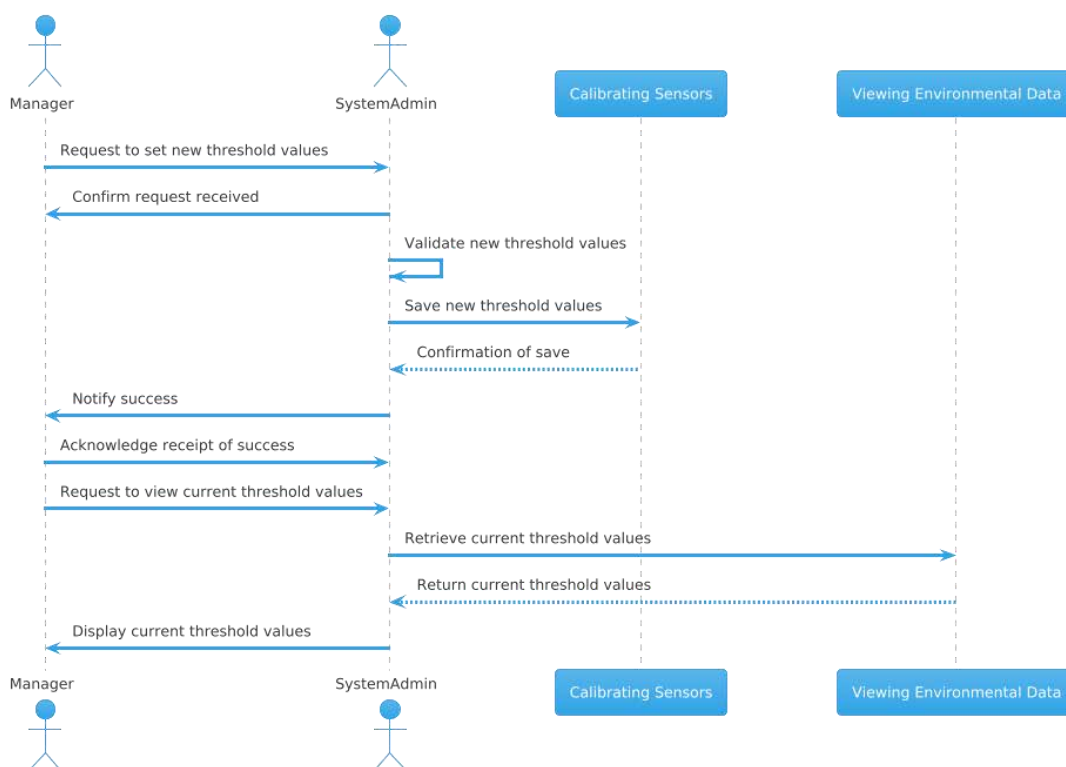


Рис. 4 Діаграма послідовності

Менеджер просить системного адміністратора встановити нові порогові значення. Системний адміністратор підтверджує отримання цього запиту. Системний адміністратор перевіряє нові порогові значення.

Якщо значення **дійсні**: Системний адміністратор зберігає їх у базі даних і отримує підтвердження. Потім системний адміністратор повідомляє менеджера про успішне оновлення. Менеджер підтверджує отримання цього повідомлення про успіх.

Якщо значення **недійсні**: Системний адміністратор інформує менеджера про помилку та надає подробиці. Керівник просить роз'яснити помилки. Системний адміністратор надає необхідні роз'яснення. Крім того, після процесу менеджер може запросити перегляд поточних порогових значень. Системний адміністратор отримує їх із бази даних і відображає їх менеджеру.

**2.2.3 Діаграма активності.** Діаграма активності служить поведінковою діаграмою в межах уніфікованої мови моделювання (UML),

що зображує потік дій і дій у системі. Він ефективно ілюструє послідовність і умови, необхідні для координації різноманітних дій, що робить його важливим інструментом для моделювання складних робочих процесів. Пропонуючи чітке візуальне представлення динамічних аспектів системи, діаграми діяльності допомагають окреслити покрокові процеси, необхідні для досягнення конкретних цілей[14].

Центральне місце в діаграмі активності займають кілька ключових компонентів. Діяльність представляє основні завдання або одиниці роботи, що виконуються в системі, причому кожна діяльність означає певну дію, яка сприяє загальному процесу. Потік між цими діями показано стрілками, які вказують на переходи та визначають порядок виконання дій. Діаграма починається з початкового вузла, який позначає початок робочого циклу, і завершується останнім вузлом, що означає його завершення, таким чином уточнюючи межі діяльності.

Переваги використання діаграм активності численні. Вони забезпечують ясність, розбиваючи складні процеси на керовані завдання, полегшуючи зацікавленим сторонам розуміння робочих процесів. Крім того, ці діаграми дозволяють візуалізувати паралельні дії, ілюструючи, як різні процеси можуть відбуватися одночасно, що особливо корисно для розуміння багатопотокового або паралельного виконання в системах. Представляючи чітке візуальне представлення діяльності та їх взаємозв'язки, діаграми діяльності значно покращують спілкування між членами команди, зацікавленими сторонами та розробниками. Крім того, вони допомагають у перевірці бізнес-процесів, забезпечуючи включення всіх необхідних дій і узгодження потоку керування з очікуваними результатами.

Розроблена діаграма активності представлена на рис.5.

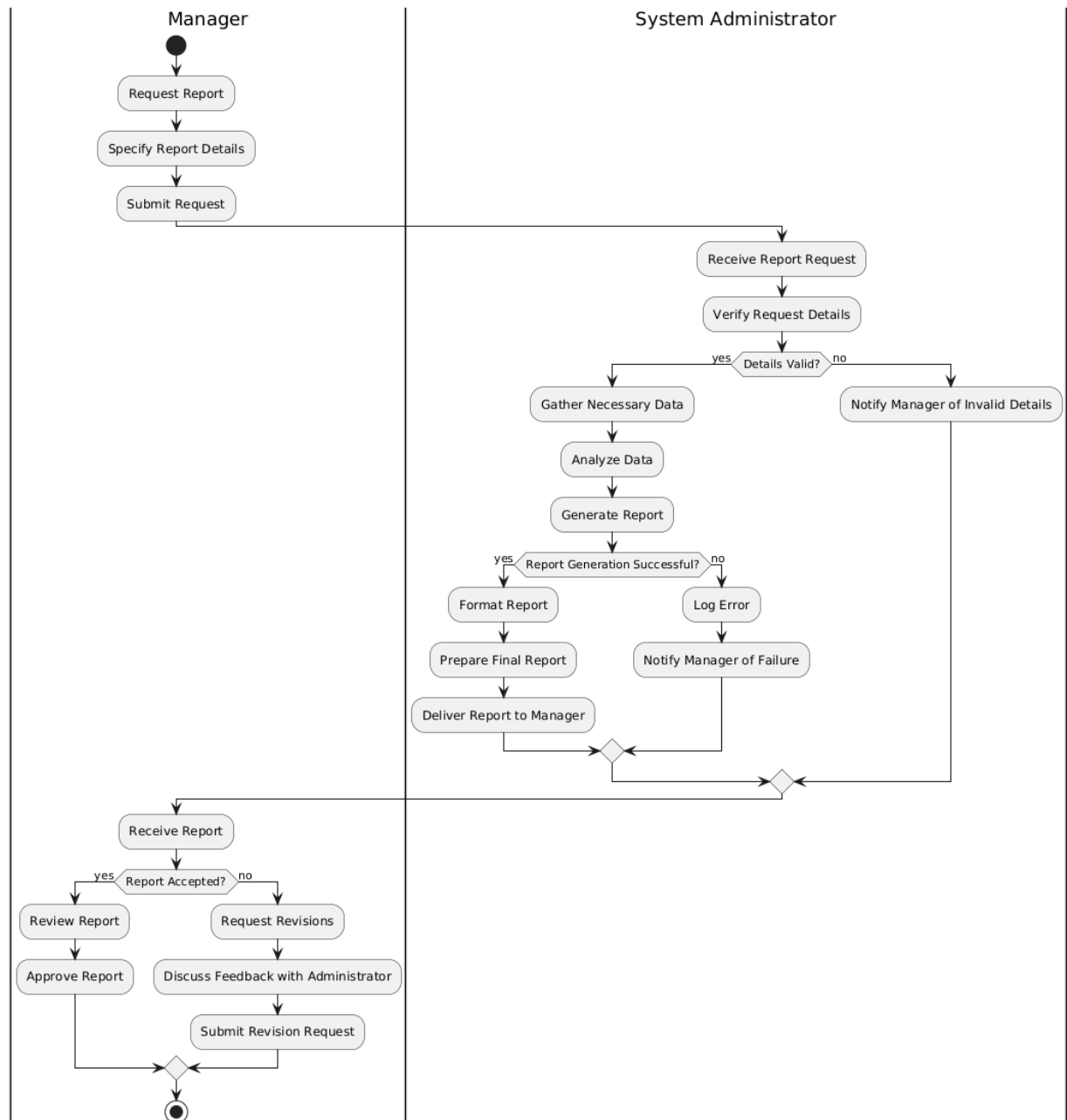


Рис. 5 Діаграма активності

Менеджер починає процес із запиту та вказівки деталей звіту перед подачею запиту. Системний адміністратор отримує запит і перевіряє його деталі. Якщо дані дійсні, адміністратор збирає дані, аналізує їх і створює звіт. Процес перевіряє, чи успішно було створено звіт; якщо так, він форматує та доставляє остаточний звіт менеджеру. Якщо є помилка, вона реєструє проблему та сповіщає менеджера. Потім менеджер отримує звіт і приймає або вимагає перегляду на основі їх перегляду. Якщо потрібні зміни,

відгук обговорюється з системним адміністратором перед подачею запиту на перегляд.

## 2.3 Огляд інструментів для реалізації завдань Data Mining

Інтелектуальний аналіз даних передбачає виявлення закономірностей і витяг значущої інформації з великих наборів даних. Цей процес ґрунтується на різноманітних техніках, алгоритмах та інструментах, які покращують аналіз даних. У цьому огляді ми досліджуємо кілька широко використовуваних інструментів інтелектуального аналізу даних, зосереджуючись на їхніх функціях, сильних сторонах і потенційних застосуваннях.

RapidMiner виділяється як надійна наукова платформа даних, яка пропонує інтегроване середовище для різних завдань, включаючи підготовку даних, машинне навчання, глибоке навчання, аналіз тексту та прогнозу аналітику. Його дизайн розрахований на користувачів від початківців до досвідчених спеціалістів із обробки даних. Відомі функції включають зручний інтерфейс перетягування для створення робочого процесу, повну бібліотеку алгоритмів машинного навчання, підтримку різноманітних форматів даних і вбудовані інструменти візуалізації даних. RapidMiner можна ефективно використовувати в таких сферах, як сегментація клієнтів, виявлення шахрайства та прогнозне обслуговування[17].

Weka — ще один відомий інструмент, розроблений Університетом Вайкато. Цей пакет програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом надає низку алгоритмів машинного навчання разом із інструментами для попередньої обробки даних, класифікації, регресії, кластеризації та візуалізації. Weka особливо цінується за зручний графічний інтерфейс, велику колекцію алгоритмів і сумісність з різними форматами даних,

включаючи CSV і ARFF. Крім того, оскільки він базується на Java, він забезпечує бездоганну інтеграцію з іншими програмами Java. Weka зазвичай використовується в освітніх цілях, а також для створення прототипів і експериментування з різними підходами до машинного навчання.

KNIME (Konstanz Information Miner) — це платформа аналітики даних із відкритим вихідним кодом, яка чудово підходить для візуалізації та аналізу даних. Він має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для побудови робочих процесів даних, інтегруючи численні компоненти для машинного навчання та аналізу даних. Сильні сторони KNIME полягають у великій колекції вузлів для обробки даних, сумісності з різними джерелами даних і технологіями великих даних, а також здатності виконувати сценарії Python, R і Java у робочих процесах. Цей інструмент особливо ефективний для програм попередньої обробки даних, прогнозного моделювання та аналізу тексту.

Orange — це інструмент із відкритим кодом, який полегшує візуалізацію та аналіз даних за допомогою візуального інтерфейсу програмування. Він містить віджети, розроблені для візуалізації даних, попередньої обробки та машинного навчання, що дозволяє користувачам створювати інтерактивні візуалізації для дослідження даних. Завдяки простій структурі робочого процесу та підтримці багатьох форматів даних, включаючи інтеграцію Python для розширеного аналізу, Orange добре підходить для дослідницького аналізу даних, візуального аналізу даних у дослідженнях і освіті, а також для створення прототипів моделей машинного навчання[18].

Для тих, хто має справу з додатками для великих даних, Apache Mahout пропонує масштабовану бібліотеку машинного навчання, головним чином зосереджену на реалізації алгоритмів машинного навчання для великих наборів даних в екосистемі Apache Hadoop. Він підтримує

розподілену обробку, що робить його здатним обробляти значні обсяги даних. Mahout надає алгоритми для кластеризації, класифікації та спільної фільтрації, бездоганно інтегруючись із Hadoop і Spark. Його програми включають створення систем рекомендацій, кластеризацію великих наборів даних для сегментації клієнтів і масштабовані рішення машинного навчання для підприємств.

SAS Enterprise Miner — це комплексний інструмент інтелектуального аналізу даних, який надає розширені аналітичні можливості, включаючи прогнозне моделювання, дослідження даних і оцінку моделі. Широко поширений у різних галузях, таких як фінанси, охорона здоров'я та маркетинг, він може похвалитися надійними функціями підготовки та перетворення даних. Велика бібліотека передових аналітичних методів і автоматизований вибір моделі покращують його використання. SAS Enterprise Miner особливо корисний для управління ризиками, виявлення шахрайства, управління взаємовідносинами з клієнтами та аналізу здоров'я, зосередженого на прогнозуванні результатів пацієнтів.

## **2.4 Структура джерела інформації для інтелектуального аналізу**

Організація джерел інформації для інтелектуального аналізу відіграє життєво важливу роль для успішного збору, упорядкування та інтерпретації даних. Ця структура складається з кількох важливих елементів, кожен з яких робить внесок у загальний аналітичний процес.

Спочатку важливо визначити джерело. Це передбачає класифікацію джерела як первинного, яке відноситься до вихідних даних, або вторинного, яке стосується аналізу або інтерпретації первинної інформації. Не менш важливою є оцінка достовірності джерела; надійні наукові журнали, урядові

звіти та авторитетні організації зазвичай надають більш достовірну інформацію, ніж особисті блоги чи неперевірені веб-сайти.

Методи збору даних також є ключовими для аналізу. Кількісні дані включають вимірювану числову інформацію, яку часто збирають за допомогою опитувань або експериментів, тоді як якісні дані містять нечислові дані про концепції, думки чи досвід, як правило, отримані з інтерв'ю чи фокус-груп. Підхід змішаних методів може бути корисним, оскільки він поєднує в собі як кількісні, так і якісні дані для більш всебічного аналізу[18].

Коли дані зібрані, їх систематизація стає важливою. Це може включати класифікацію інформації за відповідними темами, темами або змінними, що допомагає в аналізі. Використання таких інструментів, як бази даних або електронні таблиці, є ефективним для ефективного керування даними.

Коли справа доходить до аналізу даних, використовуються різні методи. Описовий аналіз надає зведення даних, розкриваючи основні характеристики, такі як середні або медіанні значення. Інференційний аналіз допомагає робити висновки та робити прогнози на основі вибіркового даних, тоді як аналіз контенту зосереджується на якісних даних, виявляючи закономірності та теми.

Інтерпретація результатів є критичним кроком у аналітичному процесі. Контекстуальний аналіз пов'язує результати з ширшими історичними, соціальними чи культурними факторами, тоді як порівняльний аналіз підтверджує результати, порівнюючи їх з існуючою

літературою. Також важливо обговорити наслідки результатів і запропонувати практичні рекомендації на основі отриманих ідей.

Ефективне представлення результатів покращує розуміння та спілкування. Використання візуальних представлень, таких як діаграми, графіки та інфографіка, може чітко проілюструвати ключові результати. Об'єднання даних у структуровані письмові звіти, які охоплюють вступ, методологію, результати та висновки, забезпечує послідовну презентацію. Залучення зацікавлених сторін, включаючи політиків і дослідників, має вирішальне значення для того, щоб зробити інформацію доступною та дієвою.

Пошук відгуків і внесення змін на основі експертних оцінок сприяє достовірності та точності аналізу. Потрібне постійне вдосконалення, що дозволяє вносити коригування на основі нових даних або обставин, що змінюються, щоб забезпечити релевантність висновків.

Дотримуючись цього організованого підходу до пошуку інформації для інтелектуального аналізу, дані можна систематично збирати, організовувати, аналізувати та представляти. Зрештою, цей процес підтримує обґрунтоване прийняття рішень і покращує ефективну передачу ідей.

В ході роботи було створено сховище даних, що дозволить проводити аналіз в різних розрізах. Структура сховища даних представлена на рисунку 6.

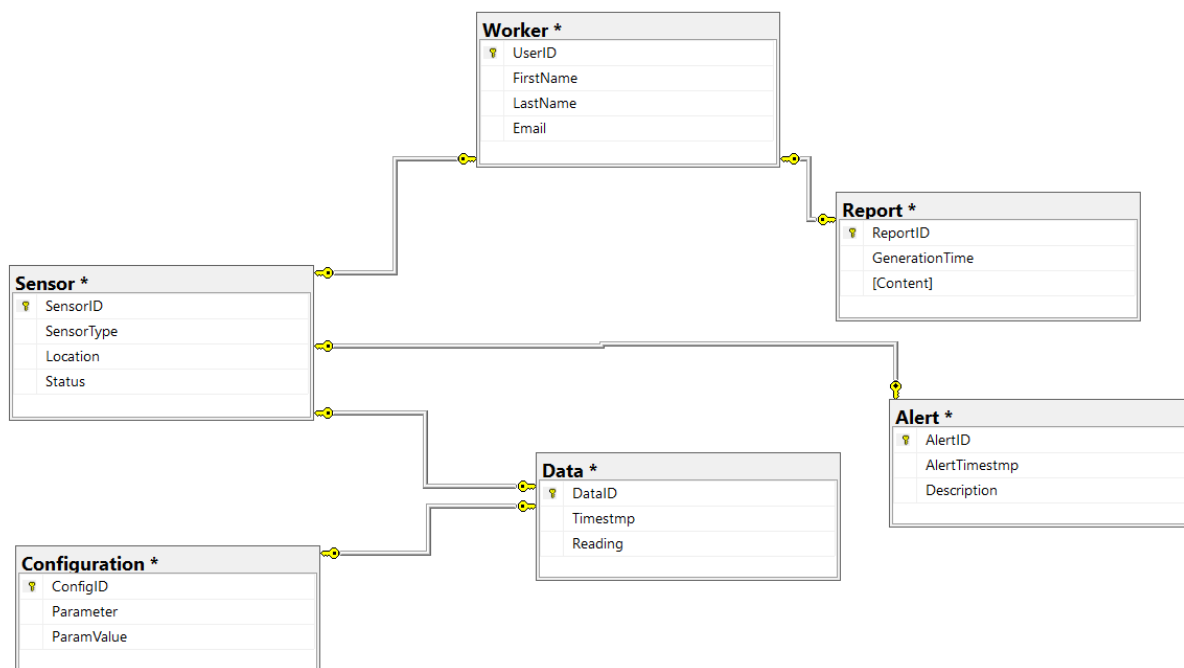


Рис. 6 Сховище даних

Вимір датчиків представляє інформацію про датчики. Кожен датчик має унікальний ідентифікатор (SensorID), тип (SensorType), розташування (Location) і статус (Status).

Вимір Worker містить відомості про працівників. Кожен працівник ідентифікується унікальним UserID і має такі атрибути, як ім'я (FirstName), прізвище (LastName) та адреса електронної пошти (Email).

Вимір звітів зберігає інформацію про звіти. Кожен звіт ідентифікується унікальним ReportID і містить час створення (GenerationTime) і вміст (Content).

Вимір даних представляє показання даних. Кожен запис даних ідентифікується унікальним ідентифікатором даних і містить мітку часу (Timestamp), яка вказує, коли дані були записані, разом із фактичними даними читання (Reading).

Вимір конфігурації містить деталі конфігурації. Кожна конфігурація ідентифікується унікальним ConfigID і включає параметри (Parameter) та їхні відповідні значення (ParamValue).

Вимір сповіщень зберігає інформацію про сповіщення. Кожне сповіщення ідентифікується унікальним AlertID і містить мітку часу, коли сповіщення виникло (AlertTimestmp) і опис сповіщення (Опис).

Запити, по створенню таблиць-вимірів та таблиць-фактів написано на SQL та представлено у додатку А.

Результаты		Сообщения		
	SensorID	SensorType	Location	Status
1	1	Термометр	Голосіївський ліс	On
2	2	Барометр	Голосіївський ліс	On
3	3	Гігрометр	Голосіївський ліс	On
4	4	Датчик освітлення	Голосіївський ліс	Off
5	5	Термометр	Парк ВДНХ	On
6	6	Барометр	Парк ВДНХ	Off
7	7	Датчик освітлення	Парк ВДНХ	On

Рис. 7 Збережені дані у виміру Sensor

Результаты		Сообщения	
	AlertID	AlertTimestmp	Description
1	1	2023-01-12 14:06:00.000	Підвищення температури
2	2	2023-01-12 15:23:00.000	Сильний вітер
3	3	2023-01-12 17:14:00.000	Зменшення температури
4	4	2023-01-12 19:16:00.000	Зменшення температури
5	5	2023-01-12 23:44:00.000	Сильний вітер

Рис. 8 Збережені дані у виміру Alert

## 2.5 OLAP-технології

OLAP, або онлайн-аналітична обробка, — це основний набір технологій, які застосовуються для створення програмного забезпечення для систем моніторингу навколишнього середовища, особливо у складних умовах, таких як віддалені арктичні зони, пустелі, глибоководні середовища та райони, що постраждали від стихійних лих.

За своєю суттю OLAP полегшує багатовимірний аналіз, дозволяючи користувачам досліджувати та аналізувати дані в багатьох вимірах. На відміну від традиційних реляційних баз даних, орієнтованих на обробку транзакцій,

системи OLAP забезпечують гнучкий і динамічний підхід до аналізу даних[19].

Центральним для OLAP є поняття кубів даних. Ці куби впорядковують дані в кількох вимірах, таких як час, географія та параметри середовища. Кожна комірка в кубі представляє точку даних, що дає змогу виконувати комплексний аналіз у різних вимірах одночасно.

Розміри визначають характеристики, за якими аналізуються дані. У моніторингу навколишнього середовища параметри можуть включати час (наприклад, щогодини, щодня), географію (наприклад, конкретні місця) та атрибути контрольованих параметрів (наприклад, температура, якість повітря).

Міри представляють числові дані, що аналізуються. У контексті моніторингу навколишнього середовища це може включати показання датчиків, супутникові дані або будь-яку кількісну інформацію, пов'язану з умовами моніторингу.

Технології OLAP пропонують гнучкість завдяки таким операціям, як деталізація та згортання. Користувачі можуть переміщатися між різними рівнями деталізації, занурюючись у детальні дані або переглядаючи узагальнену інформацію за потреби.

Нарізка передбачає отримання поперечного перерізу куба даних для перегляду певних підмножин, тоді як нарізка дозволяє користувачам вибирати та переглядати частину куба на основі конкретних критеріїв. Ці операції забезпечують динамічний та інтерактивний спосіб дослідження даних.

OLAP часто інтегрується зі сховищами даних, де дані з різних джерел консоліднуються та організовуються для ефективного аналізу. Це централізоване сховище забезпечує швидкий доступ до історичних даних і

даних у реальному часі для комплексного моніторингу навколишнього середовища.

У контексті моніторингу навколишнього середовища технології OLAP дозволяють здійснювати комплексний аналіз, враховуючи одночасно різні параметри. Це має вирішальне значення для розуміння складних моделей і взаємозв'язків в умовах моніторингу.

Здатність детально вивчати історичні дані та аналізувати тенденції з часом є ключовою перевагою OLAP. Це полегшує ідентифікацію довгострокових екологічних тенденцій і аномалій.

OLAP підтримує просторовий аналіз шляхом включення географічних розмірів. Це особливо актуально в екологічному моніторингу, де просторові відносини відіграють значну роль.

Зі зміною умов середовища технології OLAP забезпечують динамічну адаптивність. Користувачі можуть легко налаштувати розміри, показники та критерії для аналізу відповідно до мінливих вимог моніторингу.

Таким чином, технології OLAP відіграють ключову роль у розробці програмного забезпечення для систем моніторингу навколишнього середовища в екстремальних умовах. Пропонуючи можливості багатовимірного аналізу, OLAP покращує розуміння складних даних про навколишнє середовище, підтримує аналіз тенденцій і надає цінний інструмент для осіб, які приймають рішення, щоб орієнтуватися в екстремальних умовах навколишнього середовища.

## **3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ**

### **3.1 Логічна модель даних**

Erwin — це комплексний інструмент моделювання та керування даними, призначений для полегшення візуалізації, проектування та керування складними середовищами даних. Erwin, який широко використовується в корпоративних налаштуваннях, пропонує функції, які спрощують процес моделювання даних, гарантуючи, що організації можуть ефективно керувати своїми активами даних і підтримувати цілісність даних[20].

#### **Ключові характеристики**

Erwin підтримує різні методології моделювання даних, включаючи концептуальні, логічні та фізичні моделі даних. Користувачі можуть створювати детальні діаграми, які ілюструють зв'язки між різними об'єктами даних, полегшуючи розуміння та проектування баз даних.

Інструмент містить можливості для керування даними, що дозволяє організаціям визначати та запроваджувати стандарти даних, політику та вимоги відповідності. Ця функція допомагає забезпечити якість і узгодженість даних у всій організації.

Erwin сприяє командній роботі, дозволяючи кільком користувачам одночасно працювати над моделями даних. Ця функціональність особливо корисна для великих проектів, де необхідний внесок від різних зацікавлених сторін.

Платформа пропонує інтеграцію з численними системами керування базами даних (СУБД), інструментами ETL та програмами бізнес-аналітики. Це забезпечує безперебійний потік даних і розширює можливості керування даними на різних платформах.

Erwin включає функції аналізу впливу, які допомагають користувачам оцінити, як зміни в структурах даних можуть вплинути на інші частини системи. Ця можливість має вирішальне значення для підтримки цілісності даних і забезпечення того, щоб модифікації не створювали помилок або невідповідностей.

Користувачі можуть створювати вичерпну документацію для своїх моделей даних, що спрощує передачу архітектури даних і вибору дизайну зацікавленим сторонам. Ця документація також може служити довідником для майбутньої розробки та обслуговування.

Erwin широко використовується в різних галузях, включаючи фінанси, охорону здоров'я, роздрібну торгівлю та телекомунікації. Організації використовують його можливості для:

- спрощення процесу проектування та впровадження реляційних баз даних;
- підтримка розробки сховищ даних шляхом надання надійних інструментів моделювання;
- вдосконалення ініціатив бізнес-аналітики за допомогою ефективної організації та управління даними;
- допомога організаціям у виконанні нормативних вимог шляхом забезпечення управління та якості даних.

Erwin виділяється як потужний інструмент для моделювання та керування даними, пропонуючи функції, які допомагають організаціям ефективно керувати їхніми середовищами даних. Його можливості в моделюванні, управлінні, співпраці та інтеграції роблять його важливим активом для компаній, які прагнуть оптимізувати свої стратегії обробки даних і забезпечити надійність і точність своїх даних.

Логічна модель системи представлена на рис. 9.

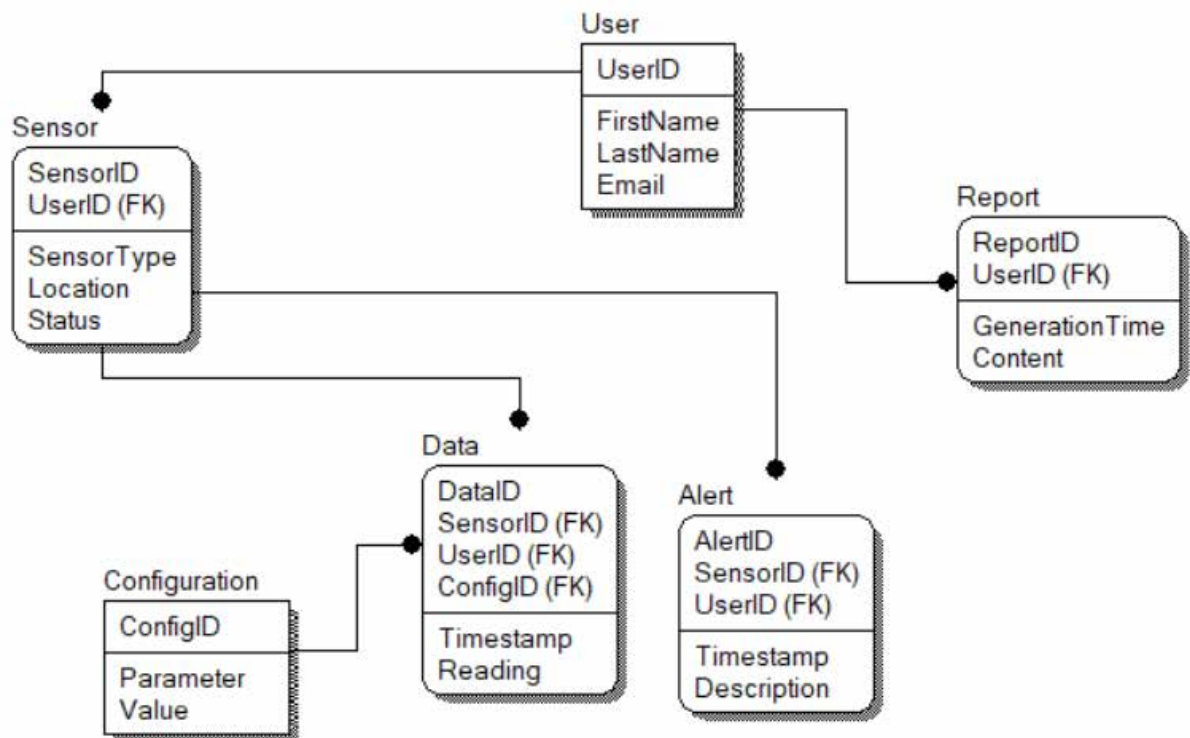


Рис. 9 ER-діаграма

Логічна модель складається з таких сутностей:

- “User”;
- “Sensor”;
- “Report”;
- “Data”;
- “Configuration”;
- “Alert”.

Сутність “User” має такі атрибути:

- UserID;
- FirstName;
- LastName;
- Email.

Сутність “Sensor” має такі атрибути:

- SensorID;
- UserID;
- SensorType;
- Location;
- Status.

Сутність “Report” має такі атрибути:

- ReportID;
- UserID;
- GenerationTime;
- Content.

Сутність “Data” має такі атрибути:

- DataID;
- SensorID;
- UserID;
- ConfigID;
- Timestamp;
- Reading.

Сутність “Configuration” має такі атрибути:

- ConfigID;
- Parameter;
- Value.

Сутність “Alert” має такі атрибути:

- AlertID;

- SensorID;
- UserID;
- Timestamp;
- Description.

Сутність «User» пов’язана з сутностями «Data», «Sensor», «Data» та «Alert». Також сутність «Sensor» зв’язана з сутностями «Data» та «Alert». І сутність «Configuration» зв’язана з сутністю «Data».

### **3.2 Вибір системи управління базою даних та її реалізація**

Система керування базами даних (СУБД) — це важливе програмне забезпечення, яке підтримує створення, керування та маніпулювання базами даних. Діючи як посередник, він дозволяє користувачам ефективно зберігати, отримувати та впорядковувати дані, що робить його життєво важливим для обробки великих наборів даних у різних галузях.

Ядром СУБД є механізм бази даних, який відповідає за зберігання, отримання та оновлення інформації. Це забезпечує цілісність і безпеку даних під час цих операцій. Схема бази даних служить схемою, що окреслює структуру бази даних, включаючи таблиці, поля, зв’язки та обмеження, ефективно організовуючи дані[21].

Іншим важливим компонентом є процесор запитів, який інтерпретує та виконує запити до бази даних. Він перетворює високорівневі запити, зазвичай написані на SQL, у низькорівневі інструкції, зрозумілі системі бази даних. Управління транзакціями також має життєво важливе значення, оскільки воно гарантує успішне завершення всіх транзакцій, зберігаючи узгодженість даних. Це включає такі функції, як відкат і фіксація, які допомагають ефективно керувати змінами. Крім того, управління безпекою інтегровано в СУБД, реалізуючи заходи для захисту даних від несанкціонованого доступу та злому. Це включає автентифікацію

користувача, контроль доступу та шифрування. Механізми резервного копіювання та відновлення додатково захищають дані, надаючи стратегії запобігання втраті через збої або збої.

СУБД бувають різних типів, кожна з яких розроблена для певних моделей даних і випадків використання. Ієрархічні СУБД організовують дані в деревоподібну структуру, придатну для додатків із чіткими батьківсько-начірними зв'язками. Навпаки, мережеві СУБД забезпечують більшу гнучкість з декількома з'єднаннями «батьківсько-начірні», враховуючи складні зв'язки даних. Найбільш поширений тип, реляційна СУБД (RDBMS), зберігає дані в таблицях і підтримує надійне надсилання запитів через SQL, що робить його улюбленим вибором у багатьох програмах. Об'єктно-орієнтовані СУБД поєднують можливості бази даних з об'єктно-орієнтованим програмуванням, дозволяючи зберігати складні типи даних. СУБД NoSQL розроблені для неструктурованих або напівструктурованих даних, забезпечуючи гнучкість і масштабованість, необхідні для обробки великих наборів даних, які часто використовуються у великих даних і веб-додатках реального часу.

Переваги використання СУБД значні. Вони забезпечують дотримання обмежень щодо цілісності даних, забезпечуючи точність і послідовність даних. Надійні функції безпеки захищають конфіденційну інформацію від несанкціонованого доступу, а можливість багатокористувацького доступу полегшує одночасне маніпулювання даними, сприяючи співпраці. Крім того, СУБД є масштабованими, здатними задовольняти зростаючі потреби в даних у міру розвитку організацій. Завдяки потужним можливостям створення запитів вони також забезпечують швидкий і ефективний пошук даних.

Підсумовуючи, системи керування базами даних відіграють вирішальну роль у структурованому управлінні та організації даних. Вони пропонують основні інструменти та функції, які покращують цілісність даних, безпеку та доступність. Оскільки значення даних продовжує зростати в різних секторах, значення СУБД в управлінні та аналізі цієї інформації стає все більш життєво важливим.

Рішення обрати MS SQL Server як систему керування базами даних (СУБД) для нашого проекту ґрунтується на кількох переконливих факторах, які відповідають нашим організаційним потребам і технічним вимогам.

По-перше, MS SQL Server забезпечує надійну продуктивність і масштабованість, що робить його ідеальним вибором для керування великими обсягами даних. Його розширені можливості індексування та запитів забезпечують ефективний пошук даних, що має вирішальне значення для програм, яким потрібен швидкий доступ до інформації. Оскільки наш проект передбачає зростання, здатність MS SQL Server масштабувати як вертикально, так і горизонтально робить його зручним для майбутнього розширення.

По-друге, функції безпеки, які надає MS SQL Server, є значною перевагою. Завдяки вбудованому шифруванню даних, розширеній автентифікації користувачів і контролю доступу на основі ролей, він ефективно захищає конфіденційні дані від несанкціонованого доступу та злому. Це узгоджується з нашим зобов'язанням щодо захисту даних і дотримання нормативних стандартів.

Крім того, MS SQL Server підтримує широкий спектр типів і структур даних, що дозволяє нам легко керувати як структурованими, так і неструктурованими даними. Ця універсальність є важливою, оскільки наш проект вимагає інтеграції різних форматів даних і джерел.

Іншим важливим фактором нашого рішення є всебічна підтримка та спільнота навколо MS SQL Server. Завдяки обширній документації, навчальним посібникам і великій спільноті користувачів ми можемо легко отримати доступ до ресурсів і допомоги, коли це необхідно. Ця мережа підтримки є безцінною для пошуку та оптимізації роботи нашої бази даних.

Крім того, можливості інтеграції MS SQL Server з іншими інструментами та технологіями Microsoft, такими як Azure, Power BI та Visual Studio, забезпечують цілісну екосистему для розробки та аналітики. Ця інтеграція дозволяє оптимізувати робочі процеси та покращити візуалізацію

даних, що спрощує зацікавленим сторонам отримувати висновки з наших даних.

Економічна ефективність MS SQL Server, особливо в його версіях Express і Standard, забезпечує гнучкість для різних масштабів проектів і бюджетів. Це дозволяє нам вибрати версію, яка відповідає нашим потребам, не несучи зайвих витрат.

Підсумовуючи, рішення вибрати MS SQL Server як нашу СУБД ґрунтується на його продуктивності, безпеці, універсальності, широких ресурсах підтримки, можливостях інтеграції та економічній ефективності. Ці фактори роблять його надійним вибором, який полегшить наші потреби в управлінні даними та аналітиці.

### **3.3 Архітектура програмного забезпечення**

Розробка програмного забезпечення для системи екологічного моніторингу, призначеної для ефективної роботи в екстремальних умовах, вимагає ретельного розгляду архітектури. Архітектура мікросервісів є найбільш підходящим варіантом завдяки своїм властивим характеристикам, які відповідають унікальним викликам, які створюють віддалені арктичні зони, пустелі, глибоководні середовища та райони, що постраждали від стихійних лих.

Архітектура мікросервісів забезпечує модульність і незалежність у системі. Розбиваючи систему на невеликі незалежні служби, кожна з яких відповідає за певну функціональність, ця архітектура забезпечує адаптивність до мінливих умов середовища. Кожну службу можна розробляти, розгортати та оновлювати незалежно, забезпечуючи гнучкість у відповідь на зміну вимог.

Масштабованість є вирішальним аспектом, особливо в екстремальних умовах, коли система моніторингу може стикатися з різними рівнями даних і подій. Мікросервіси забезпечують масштабованість, дозволяючи окремим службам масштабуватися на основі попиту. Це забезпечує оптимальну

продуктивність навіть у складних умовах, коли системі необхідно ефективно справлятися з змінними навантаженнями.

Ізоляція несправностей має першочергове значення в середовищах, де системні збої можуть бути більш частими. Архітектура мікросервісів гарантує, що збій в одній службі не поширюється каскадно на всю систему. Це підвищує загальну надійність системи екологічного моніторингу, сприяючи її ефективності в екстремальних умовах.

Гнучкість використання різних технологій для кожної служби на основі її вимог є ще однією перевагою архітектури мікросервісів. Це особливо корисно під час інтеграції різних датчиків і пристроїв у екстремальних умовах із різними технологічними характеристиками. Це дозволяє бездоганно інтегрувати та використовувати різноманітні технології в системі моніторингу.

Автономна функціональність кожного мікросервісу має вирішальне значення у віддалених і складних середовищах. У ситуаціях, коли регулярне втручання людини може бути обмеженим, незалежність мікросервісів забезпечує безперервну роботу. Кожен сервіс працює незалежно, що сприяє автономності та надійності системи.

Заслуговує на увагу адаптивність архітектури мікросервісів до мінливих умов. Модульний і слабо пов'язаний характер мікросервісів дозволяє легко інтегрувати нові функції або датчики, не впливаючи на всю систему. Це дозволяє системі екологічного моніторингу розвиватися разом із технологічним прогресом або зміною вимог з часом.

В екстремальних умовах, таких як різкі коливання температури, обмежена доступність і жорстке середовище, архітектура мікросервісів виявляється стійкою. Його можливості ізоляції несправностей, масштабованість і адаптованість сприяють довговічності системи моніторингу. Архітектура гарантує, що система може впоратися з фізичними стресовими факторами та викликами навколишнього середовища, зберігаючи загальну цілісність.

Підсумовуючи, архітектура мікросервісів виділяється як оптимальний вибір для розробки програмного забезпечення для системи екологічного моніторингу в екстремальних умовах. Його модульність, масштабованість, ізоляція несправностей і характеристики адаптації роблять його добре придатним для вирішення унікальних проблем, пов'язаних із віддаленими та складними середовищами, забезпечуючи стійке та ефективне рішення для моніторингу.

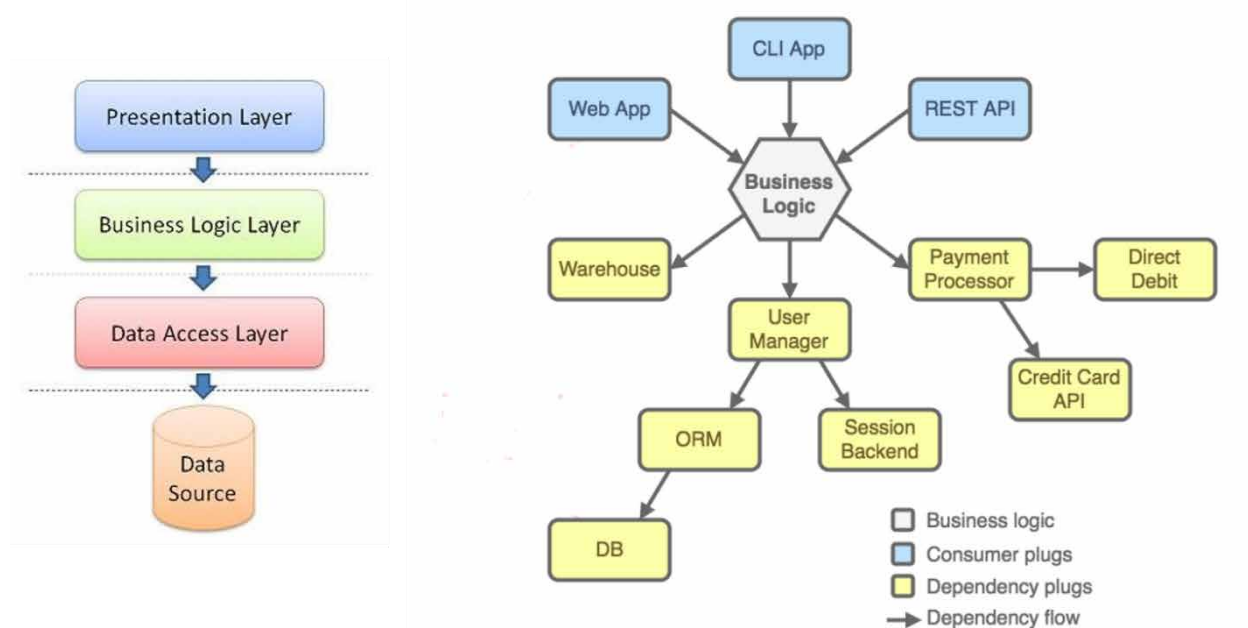


Рис. 10 Архітектура мікросервісів

### 3.4 Система аналізу показників довкілля

Збір даних починається з інтеграції датчиків, стратегічно розміщених у зоні моніторингу. Ці датчики постійно збирають дані про навколишнє середовище, які потім передаються до центральної бази даних або на сервер за допомогою надійних протоколів зв'язку, придатних для віддалених і екстремальних середовищ.

Обробка даних включає очищення необроблених даних для видалення помилок або аномалій, які можуть спотворити результати аналізу. Після

очищення дані нормалізуються, щоб полегшити точний порівняльний аналіз для різних датчиків і періодів часу.

```
1 public class DistrictData
2     {
3         public string DistrictName { get; set; }
4         public double AverageTemperature { get; set; }
5         public double AverageHumidity { get; set; }
6     }
```

Рис. 11 Код класу DistrictData

Етап аналізу передбачає встановлення порогових значень на основі нормативних стандартів, наукових досліджень або місцевих екологічних умов. Ці порогові значення визначають прийнятні діапазони для кожного екологічного показника. Дані в реальному часі порівнюються з цими пороговими значеннями, щоб визначити, чи знаходяться показники в межах норми чи перевищують прийнятні діапазони.

Коли показник перевищує попередньо встановлені порогові значення, система генерує попередження або сповіщення для відповідних зацікавлених сторін. Ці сповіщення спонукають до подальшого розслідування або негайних дій для усунення потенційних екологічних ризиків. Довгострокові тенденції даних також аналізуються для виявлення закономірностей або поступових змін, які можуть вказувати на нові екологічні проблеми або тенденції.

Для підтримки прийняття рішень результати аналізу візуалізуються на інформаційних панелях, графіках і картах. Вичерпні звіти підсумовують основні висновки, тенденції та відхилення від екологічних норм, надаючи зацікавленим сторонам корисну інформацію для екологічного менеджменту та розробки політики.

Встановлення екологічних норм передбачає посилення на нормативні стандарти, наукові дослідження та місцеві екологічні умови. Ці норми визначають допустимі межі для кожного параметра навколишнього

середовища з урахуванням таких факторів, як клімат, географія та промислова діяльність.

Моніторинг у реальному часі та порівняльний аналіз із історичними даними дозволяють негайно виявити відхилення. Статистичні методи, такі як обчислення середнього значення, медіани та стандартного відхилення, допомагають кількісно визначити відхилення та оцінити їх значущість.

```

1 private static List<DistrictData> ParseAndProcessData(string jsonResponse)
2     {
3         List<DistrictData> districtData = new List<DistrictData>();
4         JObject data = JObject.Parse(jsonResponse);
5         foreach (var region in data["regions"])
6         {
7             string districtName = region["name"].ToString();
8             JArray measurements = (JArray)region["measurements"];
9             double totalTemperature = 0;
10            double totalHumidity = 0;
11            int count = 0;
12            foreach (var measurement in measurements)
13            {
14                double temperature = (double)measurement["temperature"];
15                double humidity = (double)measurement["humidity"];
16
17                totalTemperature += temperature;
18                totalHumidity += humidity;
19                count++;
20            }
21            if (count > 0)
22            {
23                double avgTemperature = totalTemperature / count;
24                double avgHumidity = totalHumidity / count;
25
26                districtData.Add(new DistrictData
27                {
28                    DistrictName = districtName,
29                    AverageTemperature = Math.Round(avgTemperature, 2),
30                    AverageHumidity = Math.Round(avgHumidity, 2)
31                });
32            }
33        }
34        return districtData;
35    }

```

Рис. 12 Код аналізу даних довкілля

Автоматичні сповіщення визначають пріоритетність відхилень на основі серйозності та потенційного впливу на якість навколишнього середовища чи здоров'я населення. Протоколи реагування диктують такі дії, як ініціювання коригувальних заходів, проведення подальших розслідувань або повідомлення регуляторних органів.

Безперервний моніторинг, аналіз і зворотній зв'язок дозволяють використовувати адаптивні практики управління. Цей ітеративний процес

підтримує коригування норм, порогових значень або стратегій реагування на основі змін умов навколишнього середовища або нових наукових ідей.

Таким чином, аналіз показників навколишнього середовища передбачає системний підхід до оцінки цілісності даних, виявлення відхилень від встановлених норм і сприяння прийняттю обґрунтованих рішень щодо захисту навколишнього середовища та сталого розвитку.

### **3.5 Визначення найбільш впливових факторів на показник AQI методами Decision Tree та Gradient Busting**

У розробці програмного забезпечення, призначеного для моніторингу навколишнього середовища в екстремальних умовах, розуміння ключових факторів, що впливають на індекс якості повітря (AQI), є важливим. Це передбачає використання вдосконалених методів аналізу даних, таких як Дерево рішень і Підвищення градієнта, щоб визначити та визначити пріоритети факторів, які суттєво впливають на показники AQI.

Підготовка даних починається з вибору відповідних параметрів навколишнього середовища та метеорологічних змінних, які, як відомо, впливають на AQI, таких як рівні твердих частинок, концентрація озону, температура, вологість і швидкість вітру. Очищення набору даних забезпечує цілісність даних шляхом обробки відсутніх значень, викидів і невідповідностей.

Побудова дерева рішень передбачає створення ієрархічної структури, де вузли розбиваються на основі значень ознак, щоб максимізувати прибуток інформації або мінімізувати показники домішок, такі як індекс Джіні або ентропія. Методи обрізки дерев застосовуються для оптимізації моделі, запобігання переобладнанню та покращення її здатності до узагальнення.

Інтерпретація дерева рішень передбачає оцінку важливості кожної функції для прогнозування рівнів AQI. Функції, які з'являються вище в ієрархії дерева або часто використовуються для поділу вузлів, вважаються

більш впливовими. Візуалізація структури дерева рішень допомагає зрозуміти, як різні фактори взаємодіють, щоб впливати на AQI.

Використовуючи підхід до навчання в ансамблі, посилення градієнта послідовно створює кілька дерев рішень, кожне з яких виправляє помилки, допущені його попередниками. Цей метод зосереджується на випадках, коли прогнози були неточними, удосконалюючи передбачувані можливості моделі протягом ітерацій.

Навчання моделі починається з поділу набору даних на набори для навчання та перевірки. Модель підсилення градієнта навчається на навчальному наборі та перевіряється на перевірконому наборі, щоб переконатися, що вона добре узагальнює невидимі дані. Гіперпараметри, такі як швидкість навчання, глибина дерева та кількість оцінювачів, налаштовуються за допомогою перехресної перевірки для підвищення продуктивності моделі[23].

Аналіз важливості функції в посиленні градієнта передбачає обчислення таких показників, як значення SHAP (додаткові пояснення SHapley), щоб кількісно визначити вплив кожної функції на прогнози AQI. Статті, отримані в результаті цих аналізів, підкреслюють, які фактори справляють найбільший вплив за різних умов навколишнього середовища, надаючи зацікавленим сторонам корисну інформацію.

Застосовуючи методи «дерева рішень» і «підсилення градієнта» для аналізу екологічних даних, програмне забезпечення ефективно визначає критичні фактори, що впливають на AQI. Ця аналітична здатність не тільки покращує розуміння динаміки якості повітря, але й підтримує профілактичні заходи та прийняття рішень для пом'якшення екологічних ризиків в екстремальних умовах. Зацікавлені сторони можуть використовувати цю інформацію для реалізації цільових заходів і політики, спрямованих на покращення якості повітря та ефективний захист здоров'я населення.

### 3.6 Вибір інструментарію для створення програмного забезпечення

Вибір інструментів розробки програм для нашого проекту обумовлений потребою в ефективності, масштабованості та зручності обслуговування. Вибрані інструменти — C#, ASP.NET, MS SQL Server, ERwin, Visual Studio 2022 і Entity Framework (EntityManager ORM) — відіграють вирішальну роль у створенні надійного та ефективного середовища розробки.

C# є основною мовою програмування, обраною для цього проекту, завдяки її універсальності, чіткій типізації та підтримці принципів об'єктно-орієнтованого програмування. Він добре підходить для розробки масштабованих програм і пропонує багаті функції, які підвищують продуктивність розробника. C# також легко інтегрується з іншими технологіями Microsoft, що вигідно для нашого стеку технологій.

ASP.NET обрано як основу для створення веб-додатків, оскільки вона забезпечує комплексну платформу для розробки динамічних і високопродуктивних веб-сайтів. Її надійні функції, такі як вбудований захист, керування сеансами та масштабованість, роблять його чудовим вибором для наших потреб у веб-розробці. Крім того, ASP.NET Core дозволяє розробляти між платформами, дозволяючи нам розгортати нашу програму на різних операційних системах, якщо це необхідно.

MS SQL Server служить нашою обраною системою керування базами даних. Її надійність, продуктивність і масштабованість роблять його ідеальним для обробки великих наборів даних, очікуваних у нашій програмі. MS SQL Server надає потужні можливості запиту даних і добре інтегрується з C# і ASP.NET, сприяючи плавній роботі з даними та керуванні ними. Крім того, його потужні функції безпеки гарантують захист конфіденційної інформації.

ERwin використовується для моделювання та проектування баз даних. Він надає візуальний інтерфейс для створення схем бази даних і керування

ними, що допомагає зрозуміти зв'язки між різними об'єктами даних. ERwin покращує співпрацю між членами команди, дозволяючи чітко документувати та представляти структуру бази даних, що зрештою спрощує процес проектування.

Visual Studio 2022 вибрано як інтегроване середовище розробки (IDE) для цього проекту. Він пропонує широкий набір інструментів для програмування, налагодження та тестування програм, що підвищує продуктивність розробника. Його інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, а також такі функції, як IntelliSense та інтегрований контроль версій, дозволяють розробникам ефективно писати та підтримувати код. Підтримка IDE різних мов програмування та фреймворків ще більше зміцнює її роль як центрального центру нашої діяльності з розробки.

Інструментом об'єктно-реляційного відображення (ORM) обрано Entity Framework (EntityManager ORM). Він спрощує доступ до даних, дозволяючи розробникам працювати з базами даних за допомогою об'єктів C# замість традиційних запитів SQL. Цей рівень абстракції підвищує продуктивність за рахунок зменшення кількості шаблонного коду та покращення зручності обслуговування. Entity Framework також підтримує LINQ (Language Integrated Query), що дозволяє розробникам писати більш зрозумілі та лаконічні запити до бази даних.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1 Вимоги до апаратного та програмного забезпечення

Під час розробки та розгортання нашої програми визначення необхідних специфікацій апаратного та програмного забезпечення має вирішальне значення для забезпечення безперебійної та ефективної роботи, яка відповідає очікуванням продуктивності. Міцна основа в обох сферах дозволяє програмі працювати оптимально.

Що стосується вимог до обладнання, специфікації сервера включають багатоядерний процесор, наприклад Intel Xeon або еквівалент AMD, з мінімальною тактовою частотою 2,5 ГГц. Цей рівень обчислювальної потужності необхідний для одночасної роботи як програми, так і бази даних. Рекомендується принаймні 16 ГБ оперативної пам'яті для керування декількома одночасними запитами та підтримки ефективної роботи бази даних; для великих додатків або більшого навантаження на користувачів 32 ГБ або більше було б вигідно. Що стосується зберігання, перевага віддається твердотільним накопичувачам (SSD) з мінімальною ємністю 500 ГБ, оскільки вони значно підвищують швидкість отримання даних і загальну продуктивність програми. Крім того, мережева інтерфейсна плата Gigabit Ethernet (NIC) необхідна для високої швидкості передачі даних, особливо для програм, які потребують доступу до даних у режимі реального часу.

На стороні клієнта технічні характеристики вимагають двоядерного процесора, такого як Intel i3 або його еквівалент AMD, щоб забезпечити плавну роботу додатків. Принаймні 4 ГБ оперативної пам'яті забезпечать роботу в Інтернеті та використання додатків без затримок. Клієнти також повинні мати принаймні 256 ГБ жорсткого або твердотільного накопичувача

для встановлення програми та даних користувача. Для чіткої видимості інтерфейсу програми необхідний монітор з роздільною здатністю не менше 1920x1080 пікселів.

З точки зору вимог до програмного забезпечення, сервер повинен працювати під керуванням Windows Server 2019 або пізнішої версії, щоб розмістити як додаток, так і базу даних, забезпечуючи сумісність із ASP.NET і MS SQL Server. Клієнтські комп'ютери мають працювати на Windows 10 або новішій, щоб гарантувати безперебійну роботу програми.

Інструменти розробки, вибрані для цього проекту, включають Visual Studio 2022, яка служить інтегрованим середовищем розробки (IDE) для кодування, налагодження та тестування програми. Entity Framework функціонуватиме як структура об'єктно-реляційного відображення (ORM), щоб спростити доступ до даних у програмі. Крім того, ERwin використовуватиметься для моделювання та проектування баз даних, допомагаючи у створенні чіткої схеми, яка визначає структуру даних.

Для керування базами даних необхідний MS SQL Server версії 2019 або пізнішої версії, що забезпечує основні функції для керування даними, запитів і безпеки. Забезпечення належного ліцензування та встановлення є критичним. Додаток буде розміщено на веб-сервері IIS (Internet Information Services), який має бути правильно налаштований для обробки запитів і ефективного обслуговування програми.

Додаткові вимоги до програмного забезпечення включають .NET Framework версії 5.0 або пізнішої, яка є важливою для запуску програм ASP.NET, а також забезпечення встановлення всіх необхідних бібліотек і залежностей. Нарешті, користувачі повинні використовувати останні версії популярних веб-браузерів, таких як Google Chrome, Mozilla Firefox або Microsoft Edge, для оптимальної роботи на стороні клієнта.

Дотримуючись цих специфікацій апаратного та програмного забезпечення, програма матиме високу продуктивність, надійність і задоволення користувачів. Ця чітко визначена основа сприятиме ефективній

розробці, тестуванню та розгортанню, що зрештою сприятиме загальному успіху програми.

Для відображення вимог системи також було створено діаграму розгортання (Рис. 13).

Діаграма розгортання служить візуальним інструментом, який описує, як різні артефакти фізично розподіляються між вузлами в системі. Ця діаграма є безцінною для ілюстрації архітектури програмних додатків, детально описуючи, як різні компоненти взаємодіють у загальній інфраструктурі. Розуміння середовища розгортання програми має вирішальне значення, оскільки це дозволяє ідентифікувати різні елементи та забезпечує їх бездоганну інтеграцію.

Як правило, діаграма розгортання містить кілька основних компонентів. Вузли представляють фізичні або віртуальні машини, пристрої та середовища, де знаходяться компоненти програми, такі як сервери, клієнтські машини та мережеві пристрої. Артефакти стосуються програмних додатків і компонентів, розгорнутих на цих вузлах, які можуть включати веб-додатки, бази даних і проміжне програмне забезпечення. Відносини, зображені лініями або стрілками, ілюструють шляхи зв'язку та залежності між вузлами, підкреслюючи, як різні компоненти взаємодіють, і демонструючи потік даних і залежності служб. Крім того, діаграма окреслює різні модулі програмного забезпечення, бібліотеки або служби, які складають додаток, демонструючи їх розподіл між вузлами.

Неможливо переоцінити значення діаграми розгортання для програми. Він уточнює архітектуру, пропонуючи чітке візуальне представлення, яке допомагає розробникам, архітекторам і зацікавленим сторонам зрозуміти структуру програми та розташування її компонентів. Крім того, він покращує спілкування між членами команди та клієнтами, забезпечуючи точку відліку для обговорень, пов'язаних із стратегією розгортання та середовищем.

Планування процесу розгортання також виграє від схеми, оскільки вона дозволяє ідентифікувати всі необхідні компоненти та їх конфігурації, гарантуючи, що нічого не буде пропущено. Відображаючи взаємодію між компонентами, діаграма виявляє залежності та потенційні точки збою, що є вирішальним для ефективного усунення несправностей і обслуговування.

Крім того, діаграма розгортання підтримує аналіз продуктивності та міркування щодо масштабованості, керуючи рішеннями щодо оптимізації ресурсів і масштабування в міру збільшення попиту користувачів. Він діє як документація для середовища розгортання, цінна для використання в майбутньому, залучення нових членів команди або проведення аудитів. Крім того, ілюструючи взаємодію компонентів і потік даних, діаграма може ідентифікувати потенційні ризики безпеки, виділяючи області, де захисні заходи є важливими.

На діаграмі, зображеній на рисунку 13, представлена структура розгортання даної системи на двох окремих серверах.

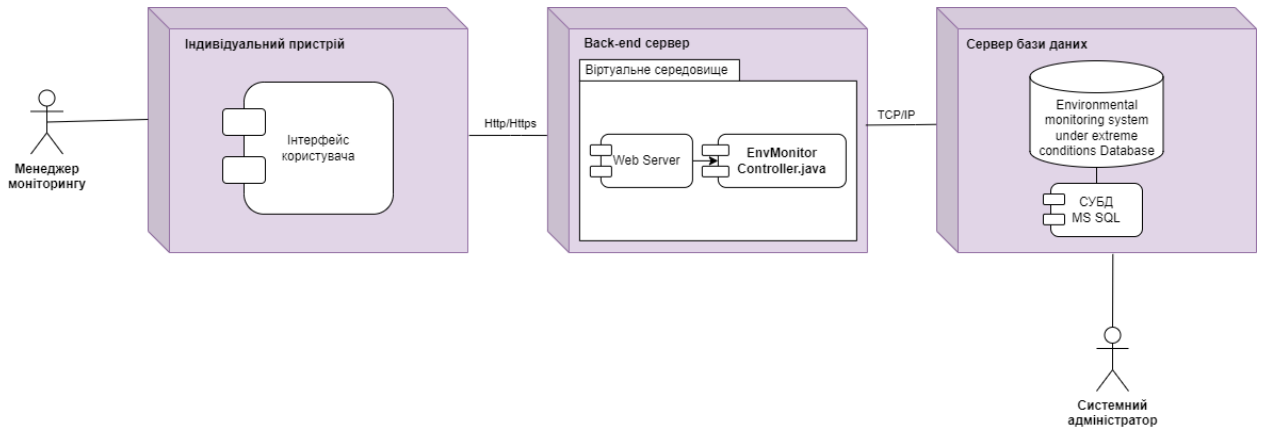


Рис. 13 Діаграма розгортання

## 4.2 Тестування системи

Запустивши систему, бачимо головну сторінку програмного забезпечення (рис. 14).

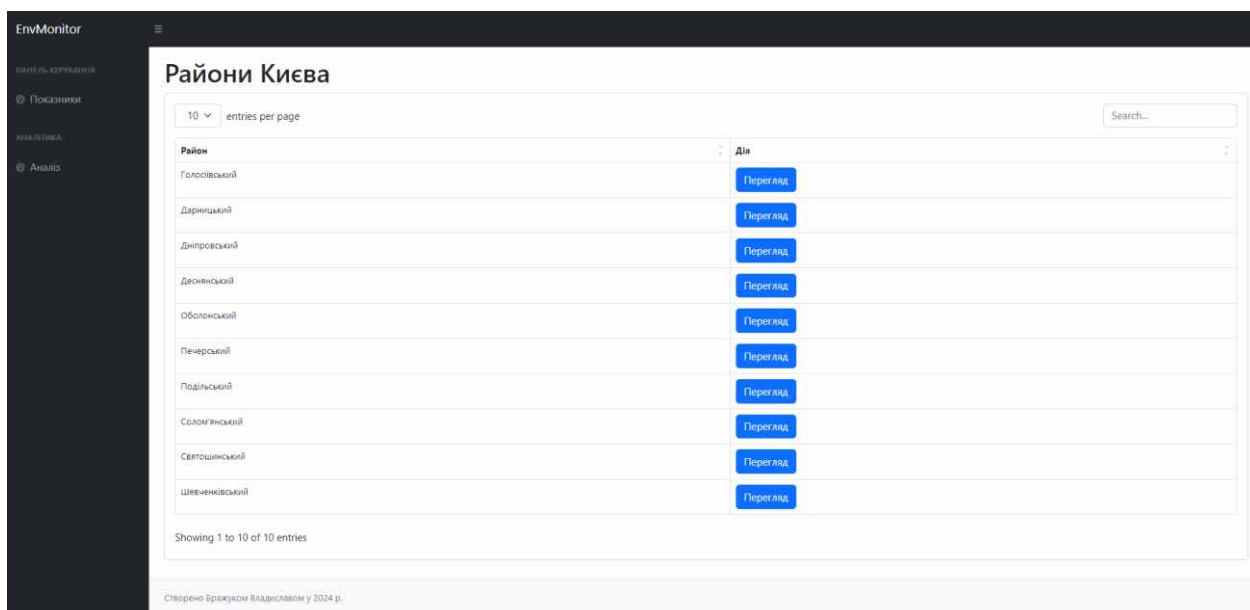


Рис. 14 Головна сторінка

На цій сторінці перед нами маємо список всіх районів Києва і кнопка з можливістю подивитися їх показники з датчиків(Рис. 15)

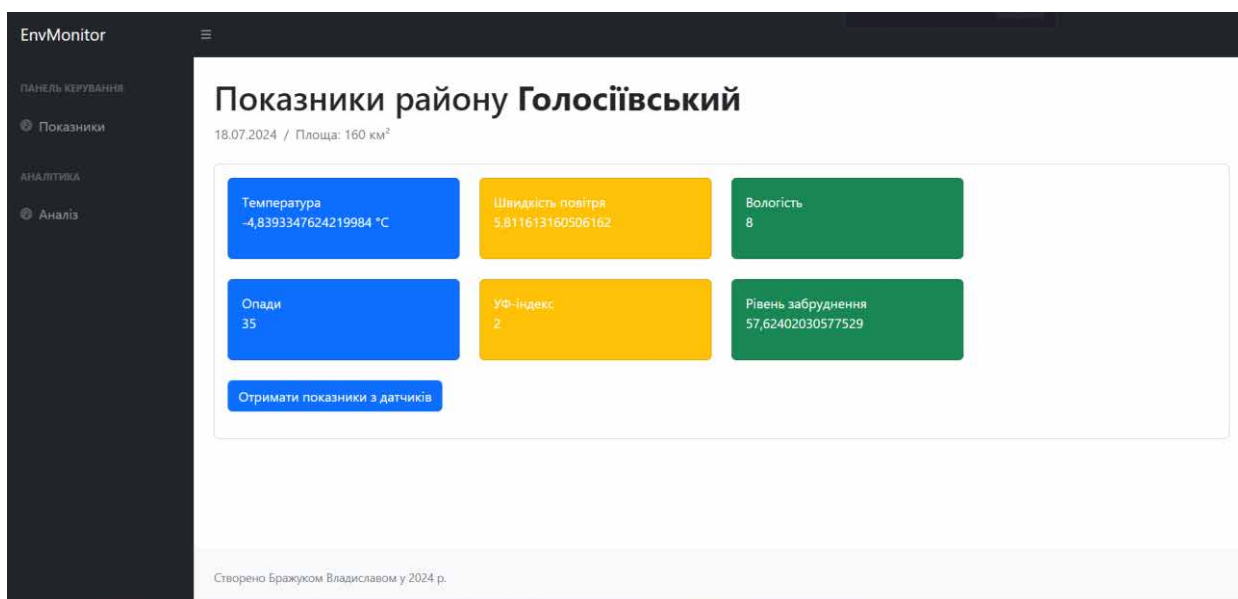


Рис. 15 Показники обраного району

На сторінці показників у нас розставлена по блоках вся інформація з датчиків у вибраному районі: температура, швидкість повітря, вологість, опади, УФ-індекс, рівень забруднення.

Якщо ми захочемо негайно зібрати інформацію з району, то нам потрібно натиснути на кнопку "Отримати показники з датчиків".

**Оберіть проміжок дат**

Початкова дата

17.07.2024

Кінцева дата

18.07.2024

[Обрати](#)

<b>Температура</b> Мінімальне значення: -19,414438916200105 Максимальне значення: 36,6 Середнє значення: 1,554533063816939	<b>Швидкість повітря</b> Мінімальне значення: 0 Максимальне значення: 19,692911590003913 Середнє значення: 9,087777751794535	<b>Вологість</b> Мінімальне значення: 0 Максимальне значення: 99 Середнє значення: 47,60181818181818
<b>Опади</b> Мінімальне значення: 0 Максимальне значення: 49 Середнє значення: 22,29090909090909	<b>УФ-індекс</b> Мінімальне значення: 0 Максимальне значення: 10 Середнє значення: 4,136363636363637	<b>Рівень забруднення</b> Мінімальне значення: 0 Максимальне значення: 98,1373373872332 Середнє значення: 44,29309949599516

Рис. 16 Сторінка “Аналіз”

На сторінці аналізу у нас представлені серед значення за всіма параметрами навколишнього середовища та можливість вибрати проміжок дат, щоб зібрати потрібну нам інформацію.

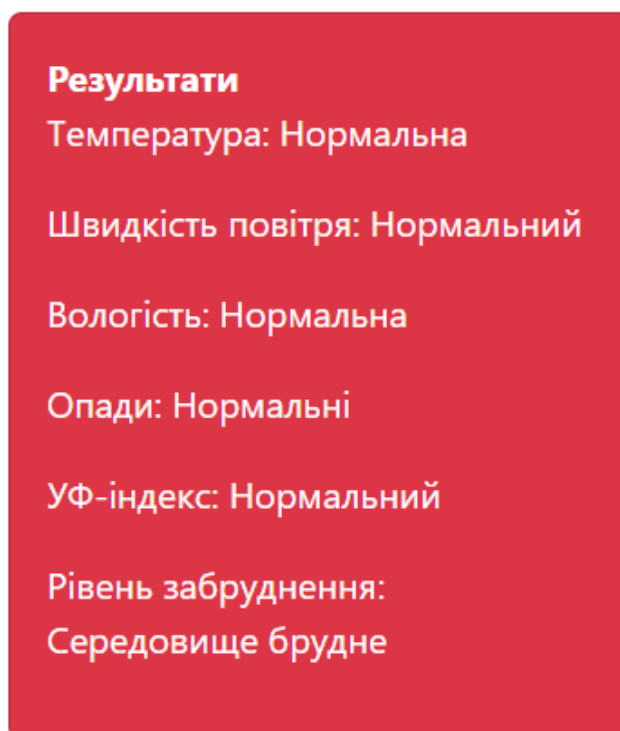


Рис. 17 Результати аналізу

Після цього у нас формується результат аналізу де представлені всі дані щодо обраного нами проміжку дат.

### 4.3 Аналіз отриманих результатів

Процес розробки призвів до створення надійної та зручної програми, призначеної для задоволення потреб цільової аудиторії. Завдяки ретельному плануванню та виконанню ми успішно впровадили ключові функції, які покращують функціональність програми. Ці функції включають ефективне керування даними, оптимізовану взаємодію з користувачами та широкі можливості звітування, які разом сприяють покращенню операційної ефективності та процесів прийняття рішень.

Одним із головних досягнень цієї розробки є здатність програми полегшити зберігання, пошук і маніпулювання даними. Використовуючи добре структуровану базу даних із використанням MS SQL Server, ми забезпечили користувачам доступ до великих обсягів даних і ефективно керування ними. Інтеграція Entity Framework ще більше спрощує взаємодію з базою даних, забезпечуючи швидкі та інтуїтивно зрозумілі операції з даними.

Інтерфейс користувача було розроблено з акцентом на зручність використання, гарантуючи, що люди можуть легко орієнтуватися в програмі. Ця доступність особливо важлива в сучасному швидкоплинному середовищі, де ефективність і задоволення користувачів є найважливішими. Програма тепер підтримує кілька ролей користувачів, забезпечуючи співпрацю між членами команди, зберігаючи безпеку та цілісність даних.

Крім того, програма приносить значну цінність суспільству, задовольняючи конкретні потреби в різних галузях. Для організацій він надає централізовану платформу для управління даними, знижуючи ймовірність помилок і підвищуючи точність інформації. Це веде до кращого розподілу ресурсів, підвищення продуктивності та, зрештою, більш обґрунтованого прийняття рішень.

Крім організаційних переваг, програма сприяє досягненню ширших суспільних цілей, таких як покращення надання послуг і доступності. Автоматизуючи рутинні завдання та надаючи статистичні дані в реальному часі, програма дозволяє організаціям зосередитися на стратегічних ініціативах вищого рівня, які стимулюють інновації та зростання. Ця зміна не тільки підвищує ефективність, але й підвищує якість послуг, що надаються клієнтам і зацікавленим сторонам.

Крім того, програма розроблена з урахуванням масштабованості, що дозволяє їй адаптуватися до мінливих потреб користувачів і зростаючих вимог до даних. Ця гнучкість гарантує, що в міру того, як організації ростуть і змінюються, програма може продовжувати їх ефективно обслуговувати, не вимагаючи значних ремонтів або додаткових інвестицій.

Підсумовуючи, розробка цієї програми призвела до значного прогресу в управлінні даними та ефективності роботи. Її можливості дають організаціям змогу приймати кращі рішення, покращувати надання послуг і, зрештою, робити позитивний внесок у суспільство. Дивлячись у майбутнє, ми впевнені, що ця програма продовжуватиме розвиватися та надаватиме постійну цінність своїм користувачам і спільнотам, які вони обслуговують.

## ВИСНОВКИ

На закінчення, у цій магістерській роботі було успішно розроблено комплексне програмне рішення для системи моніторингу навколишнього середовища, адаптоване до екстремальних умов. Процес дослідження та розробки охоплював різні етапи, включаючи збір вимог, проектування системи, впровадження та ретельне тестування, гарантуючи, що кінцевий продукт відповідає як функціональним, так і нефункціональним вимогам.

Робота розпочалася з вивчення предметної області та формулювання проблеми дослідження. Існуючі рішення були переглянуті, щоб виявити прогалини та можливості для вдосконалення програмного забезпечення системи моніторингу навколишнього середовища, що заклало основу для наступних етапів.

Було створено логічну модель даних для представлення інформаційних вимог і зв'язків у програмному забезпеченні системи моніторингу навколишнього середовища. Ця модель послужила основою для проектування програмної системи. Крім того, була розроблена фізична модель даних, щоб забезпечити ефективне зберігання та пошук даних через вибрану систему керування базою даних.

Розроблене програмне забезпечення забезпечує потужні можливості для збору та аналізу даних у режимі реального часу, що дозволяє здійснювати моніторинг параметрів навколишнього середовища в суворих умовах. Ця система розроблена для ефективної роботи в складних умовах, таких як екстремальні температури, висока вологість та інші несприятливі погодні умови, які можуть вплинути на цілісність даних і продуктивність датчика. Використовуючи передові технології та методології, ми забезпечили відмовостійкість і надійність системи, що робить її придатною для розгортання в різноманітних критичних програмах,

включаючи боротьбу зі стихійними лихами, кліматичні дослідження та дистанційну екологічну оцінку.

Результати цієї розробки підкреслюють важливість адаптивних програмних рішень у вирішенні сучасних екологічних проблем. Інтеграція зручних інтерфейсів і інструментів візуалізації даних покращує доступність, дозволяючи зацікавленим сторонам легко інтерпретувати складні дані. Крім того, модульна архітектура системи забезпечує масштабованість і адаптивність, враховуючи майбутні досягнення в сенсорних технологіях і аналізі даних.

Потенційна інтеграція алгоритмів машинного навчання може розширити можливості прогнозування, дозволяючи системі точніше прогнозувати зміни навколишнього середовища. Крім того, розширення функціональних можливостей системи для включення додаткових параметрів навколишнього середовища та інтеграція з іншими системами моніторингу може забезпечити більш повне уявлення про екологічну динаміку.

Таким чином, ця робота зробила значний внесок у сферу моніторингу навколишнього середовища, продемонструвавши, як програмні рішення можуть вирішувати проблеми, пов'язані з екстремальними умовами. Успішне впровадження системи не тільки виконує цілі дослідження, але й забезпечує цінний ресурс для постійного моніторингу навколишнього середовища та ініціатив управління. Оскільки світова спільнота продовжує боротися з проблемами навколишнього середовища, ця робота є свідченням потенціалу технологій у створенні сталого майбутнього.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жан Ю. та Лю С. (2021). Технології та системи екологічного моніторингу. Нью-Йорк: Springer. ISBN: 978-3-030-66456-2.
2. К'ярамонті, Д., Бені, К. (2018). Стала енергія з відходів. Кембридж: Woodhead Publishing. ISBN: 978-0-08-101933-8.
3. Всесвітня організація охорони здоров'я. (2018). Рекомендації ВООЗ щодо якості повітря в приміщеннях: спалювання палива в домашніх умовах. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548888>.
4. Програма ООН з навколишнього середовища. (2019). Глобальна екологічна перспектива – GEO-6: Здорова планета, здорові люди. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6>.
5. Розенфельд, П. (2020). Зміна клімату та екстремальна погода. Кембридж: Cambridge University Press. ISBN: 978-1-108-46032-8.
6. Агентство охорони навколишнього середовища. (2021). Програма екологічного моніторингу та оцінки. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.epa.gov/eme>.
7. Сухарєв, А. (2017). Моделювання екологічних систем. Берлін: De Gruyter. ISBN: 978-3-11-049865-2.
8. Якобсон, М. З. (2019). Забруднення повітря та глобальне потепління: історія, наука та рішення. Кембридж: Cambridge University Press. ISBN: 978-1-108-49008-8.
9. Геологічна служба США. (2020). Моніторинг змін у навколишньому середовищі. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/monitoring-changes-environment>

10. Кальво, Р. А., Мендес, Д. (2019). Екстремальні погодні умови та стихійні лиха: вплив на продовольчу безпеку. Лондон: Routledge. ISBN: 978-0-367-09225-3.
11. Міжнародна організація стандартизації. (2018). ISO 14001:2015 – Системи управління навколишнім середовищем. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>
12. Лю, Дж. та Ву, Ю. (2021). Розумні датчики для моніторингу навколишнього середовища. Нью-Йорк: Wiley. ISBN: 978-1-119-37024-6.
13. Чжан, Х., і Чен, Г. (2019). Дистанційне зондування для сталого управління земельними та водними ресурсами. Чам: Спрингер. ISBN: 978-3-319-96367-4.
14. Європейське агентство з навколишнього середовища. (2020). European Environment — State and Outlook 2020. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.eea.europa.eu/soer-2020>.
15. Jolliffe, I. T. (2018). Аналіз головних компонентів. Нью-Йорк: Springer. ISBN: 978-1-4939-7702-1.
16. «Основи індексу якості повітря (AQI).» Агентство охорони навколишнього середовища. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/aqi-fact-sheet\\_0.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/aqi-fact-sheet_0.pdf)
17. "Дерево рішень для аналізу даних навколишнього середовища". Геологічна служба США. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pubs.usgs.gov/tm/04/a09/tm4a9.pdf>
18. «Посилення градієнта: підручник». Олексій Натекін і Алоїс Полл. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1603.02754.pdf>
19. «Нові методи моніторингу навколишнього середовища». Міжнародний журнал досліджень навколишнього середовища та охорони здоров'я.

- [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.mdpi.com/1660-4601/14/8/912>
- 20.«Протоколи передачі даних у реальному часі для віддаленого моніторингу». Транзакції IEEE з промислової інформатики. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7793370>
- 21.«Методики візуалізації даних для аналізу навколишнього середовища». Журнал екологічного менеджменту. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719310232>
- 22.«Адаптивне управління в екологічному моніторингу». Екологічні програми. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/eap.1037>
- 23.«Відновлювані джерела енергії для систем віддаленого моніторингу». Відновлювальна енергія. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014812100510X>
- 24.«Проблеми моніторингу навколишнього середовища в екстремальних умовах». Екологічні науки та технології. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b03197>
- 25.«Інтеграція датчиків та апаратного забезпечення в системи моніторингу навколишнього середовища». Датчики. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/12/4032>
- 26.«Статистичні методи аналізу екологічних даних». Інтернет-бібліотека Wiley. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118950774>
- 27."Етичні міркування в аналітиці екологічних даних". Екологічні цінності. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.whpress.co.uk/EV/EV4009.html>

- 28.«Методики геопросторового аналізу для моніторингу навколишнього середовища». Дистанційне зондування. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/journal/remotesensing>
- 29.«Аналітика великих даних у науці про довкілля». Springer Link. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-43898-3>
- 30.What is Data Mining? Key Concepts, How Does it Work? - [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.upgrad.com/blog/what-is-datamining-key-concepts-how-does-it-work/>
- 31.Data mining tools for better data analysis - [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ionos.co.uk/digitalguide/online-marketing/webanalytics/a-comparison-of-data-mining-tools/>