

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

"Допущений до захисту"

Завідувач кафедри ІУСТ



к.т.н, доц. Михелєв І.Л.

"22" червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти "бакалавр"

на тему: «Системний аналіз та проєктування геоінформаційної системи
для картографування і моніторингу замінованих територій»

Виконав: студент групи 4148ст3



Гордійчук Д.М.

(підпис)

Керівник роботи:

Ст. викладач

(посада, науковий ступінь вчене звання)



Баковська І.В.

(підпис)

м. Миколаїв – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій
Спеціальність 124 "Системний аналіз"
Освітня програма "Системний аналіз"

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Гарант освітньої програми


к.т.н, доц. Гайдаєнко О. В.
"25" березня 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти "бакалавр"

Студенту Гордійчуку Дмитру Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Системний аналіз та проєктування геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій

Керівник роботи викладач Баковська І.В.

Затверджені наказом ректора № 270-уч від "31" березня 2026 року.

2. Термін подання роботи: 22 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) ДСТУ щодо обробки інформації, літературні джерела, технічна документація на існуючі аналоги систем,

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) Аналіз предметної області та постановка задачі. Проєктування геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій. Розробка геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій. Охорона праці

5. Перелік презентаційних матеріалів Актуальність, концепція системи, Загальна схема роботи, Порівняльний аналіз систем, Діаграма Use Case аналітика підприємства, Схема роботи підприємства після впровадження нової інформаційної системи, ER-діаграми інформаційної бази даних, Розгортання системи, Екранні форми розробки, Висновки

6. Консультанти розділів роботи

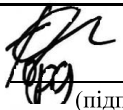
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Баковська І.В.	02.02.2026	23.02.2026
2	Баковська І.В.	23.02.2026	20.03.2026
3	Баковська І.В.	20.03.2026	24.04.2026
4	Баковська І.В.	24.04.2026	01.06.2026

7. Дата видачі завдання 02 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної галузі	02.02.2026	
2	Постановка задачі	16.02.2026	
3	Розробка концепції	23.02.2026	
4	Розробка проекту ІС	23.03.2026	
5	Реалізація проекту	27.04.2026	
6	Розробка питань з охорони праці	01.06.2026	
7	Розробка графічних матеріалів	05.06.2026	
8	Подання роботи на перевірку на плагіат	08.06.2026	
9	Подання роботи рецензенту	15.06.2026	
10	Подання роботи на захист	22.06.2026	

Студент


(підпис)

Гордійчук Д.М.
(ПІБ)

Керівник роботи


(підпис)

Баковська І.В.
(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

У бакалаврській роботі виконано системний аналіз та проєктування геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності управління процесами гуманітарного розмінування, забезпечення безпеки населення та оперативного відновлення постраждалих територій.

У роботі проведено аналіз предметної області, визначено основні інформаційні потоки та проблеми існуючих підходів до ведення обліку вибухонебезпечних об'єктів. Розглянуто наявні GIS-рішення, їх переваги та недоліки, обґрунтовано доцільність створення універсальної системи з можливістю централізованого зберігання даних, підтримкою мобільного збору інформації та offline-режиму.

Запропоновано концепцію геоінформаційної системи, визначено функціональні вимоги та розроблено математичне забезпечення для виконання просторового аналізу, побудови зон ризику, оцінювання небезпечності територій і пріоритезації ділянок для обстеження. Спроектовано архітектуру системи на основі клієнт-серверного підходу та розроблено структуру бази даних із використанням PostgreSQL/PostGIS для зберігання геопросторових даних. Побудовано UML-моделі взаємодії користувачів із системою, зокрема Use Case та діаграму послідовності, що відображають основні сценарії функціонування системи.

Результати роботи можуть бути використані як основа для створення програмного прототипу геоінформаційної системи, здатної забезпечити автоматизований облік замінованих територій, підвищення точності картографування та підтримку прийняття рішень у процесі планування робіт з розмінування.

Робота складається з 83 сторінок машинописного тексту, 11 рисунків, 9 таблиць, 10 літературних джерел та 3 додатків.

Ключові слова: геоінформаційна система, GIS, заміновані території, гуманітарне розмінування, PostGIS, просторові дані, картографування, моніторинг, оцінка ризиків, UML, база даних, системний аналіз.

ABSTRACT

This bachelor's thesis presents a system analysis and design of a geographic information system (GIS) for mapping and monitoring mined territories. The relevance of the research is determined by the need to improve the efficiency of humanitarian demining management processes, ensure public safety, and support the rapid recovery of affected areas.

The study analyzes the subject area, identifies key information flows, and highlights the main issues of existing approaches to recording explosive hazards. Current GIS solutions are reviewed, including their advantages and limitations, and the necessity of developing a universal system with centralized data storage, mobile data collection, and offline functionality is justified.

A concept of the proposed GIS is developed, functional requirements are defined, and mathematical support is designed for spatial analysis, risk zone generation, hazard level assessment, and prioritization of areas for inspection. The system architecture is designed based on a client-server approach, and the database structure is developed using PostgreSQL/PostGIS for storing geospatial data. UML interaction models are created, including Use Case and Sequence diagrams, which represent the main scenarios of system operation.

The results of the thesis can be used as a foundation for developing a software prototype of a GIS system capable of providing automated monitoring of mined territories, improving mapping accuracy, and supporting decision-making in demining planning processes.

The work consists of 83 pages of typewritten text, 11 figures, 9 tables, 10 literary sources, and 3 appendices.

Keywords: geographic information system, GIS, mined territories, humanitarian demining, PostGIS, spatial data, mapping, monitoring, risk assessment, UML, database, system analysis.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ABSTRACT	5
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	11
1.1 Аналіз предметної області	11
1.2 Аналіз існуючих рішень, їх переваги та недоліки	12
1.2.1 Універсальні геоінформаційні системи	13
1.2.2 Спеціалізовані платформи гуманітарного розмінування IMSMA	13
1.2.3 Мобільні додатки для збору польових даних	14
1.2.4 Системи дистанційного моніторингу	14
1.2.5 Табличні та локальні рішення	15
1.3 Концепція геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій	16
1.4 Математичне забезпечення розробки	22
1.5 Постановка задачі	26
Висновки до розділу 1	28
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	30
2.1 Загально системні рішення	30
2.2 Проєктування архітектури геоінформаційної системи	32
2.3 Розроблення структури бази даних	35
2.3.1 Концептуальна модель даних	35
2.3.2 Логічна структура бази даних	36
2.3.3 Фізична модель БД	41
2.4 Опис діаграми послідовності	47
Висновки до розділу 2	50

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	52
3.1 Вимоги до програмного забезпечення розробки	52
3.2 Вимоги до апаратного забезпечення розробки	55
3.3 Діаграма розгортання системи	57
Висновки до розділу 3	60
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	62
4.1 Загальні положення	62
4.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	62
4.3 Вимоги до організації робочого місця розробника	63
4.4 Вимоги до мікроклімату та освітлення.....	63
4.5 Електробезпека.....	64
4.6 Пожежна безпека	64
4.7 Режим праці та відпочинку	64
4.8 Особливості безпеки при використанні GIS-систем у польових умовах	65
Висновки до розділу 4	65
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖРЕЛ	69
ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ	71
ДОДАТОК Б. ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА	76
ДОДАТОК В – ЕКРАННІ ФОРМИ РОЗРОБКИ	82

ВСТУП

Сучасні виклики, пов'язані з безпекою населення та відновленням територій України, зумовлюють необхідність впровадження ефективних технологічних рішень у сфері гуманітарного розмінування. Внаслідок бойових дій значна частина територій країни залишається потенційно небезпечною через наявність мін, нерозірваних боєприпасів та інших вибухонебезпечних предметів. Забруднення територій такими об'єктами становить пряму загрозу життю людей, ускладнює використання земельних ресурсів, перешкоджає відновленню інфраструктури та розвитку економіки.

Ефективна організація робіт із моніторингу та очищення замінованих територій потребує оперативного збору достовірної інформації про небезпечні зони, їх статус, рівень ризику та результати виконаних обстежень. На практиці ця інформація часто фіксується у вигляді розрізнених звітів, таблиць або паперової документації, що ускладнює її актуалізацію, аналіз та централізоване управління. Відсутність єдиного інформаційного середовища з можливістю геоприв'язки даних значно знижує ефективність планування робіт, збільшує ризик дублювання завдань та може призводити до втрати важливої інформації.

Одним із найбільш ефективних підходів до вирішення зазначеної проблеми є використання геоінформаційних систем (GIS), які забезпечують зберігання, обробку, аналіз та візуалізацію просторових даних. GIS-технології дозволяють формувати цифрові карти небезпечних зон, визначати пріоритетність ділянок розмінування, аналізувати ризики та підтримувати прийняття управлінських рішень. Крім того, інтеграція GIS із мобільними технологіями, GPS-навігацією та даними дистанційного зондування Землі забезпечує можливість оперативного оновлення інформації та підвищення ефективності роботи саперних підрозділів.

У зв'язку з цим розроблення геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій є актуальним завданням, яке має важливе практичне значення для забезпечення безпеки

населення та прискорення відновлення постраждалих регіонів. Реалізація такого рішення дозволить створити єдину базу геопросторових даних, забезпечити систематизацію інформації про вибухонебезпечні об'єкти та оптимізувати процеси планування і контролю робіт із розмінування.

Метою даної роботи є системний аналіз та проєктування геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій, яка забезпечить збір, збереження, обробку та візуалізацію просторових даних, а також автоматизоване формування звітності й оцінку ризиків.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. провести аналіз предметної області та визначити особливості процесу моніторингу замінованих територій;
2. дослідити існуючі програмні рішення та визначити їх переваги і недоліки;
3. сформуванати концепцію та функціональні вимоги до системи;
4. розробити математичне забезпечення для просторового аналізу та оцінювання ризиків;
5. спроектувати архітектуру системи та структуру бази даних;
6. розробити моделі взаємодії користувачів із системою (Use Case, діаграми послідовності);
7. визначити основні алгоритми функціонування системи та засоби захисту даних.

Об'єктом дослідження є процеси збору, обробки та аналізу геопросторової інформації у задачах моніторингу замінованих територій.

Предметом дослідження є методи та засоби системного аналізу й проєктування геоінформаційних систем для обліку та контролю територій, забруднених вибухонебезпечними предметами.

Практична цінність роботи полягає у створенні проєкту універсальної GIS-системи, яка може бути використана для централізованого ведення обліку замінованих територій, оцінки ризиків, підтримки планування робіт та

підвищення ефективності взаємодії між саперними підрозділами, координаторами та відповідальними органами.

Структура роботи складається зі вступу, основних розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі наведено аналіз предметної області та існуючих рішень, у другому — розглянуто проєктування архітектури системи та структури бази даних, у третьому — описано реалізацію основних модулів системи та результати тестування.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Аналіз предметної області

Проблема забруднення територій вибухонебезпечними предметами є однією з найактуальніших загроз для безпеки населення та розвитку інфраструктури України. Унаслідок бойових дій значні площі земель можуть містити міни, нерозірвані боєприпаси НВП, залишки вибухових пристроїв та інші небезпечні об'єкти. Це суттєво обмежує можливість використання територій у сільському господарстві, будівництві, логістиці та інших сферах, а також створює постійний ризик для цивільного населення і працівників служб розмінування.

Процес гуманітарного розмінування є складною багатокомпонентною діяльністю, яка включає виявлення, ідентифікацію, маркування, ізоляцію та знешкодження вибухонебезпечних об'єктів. Для ефективного виконання цих завдань необхідне постійне ведення обліку територій, оцінка ризиків, формування маршрутів саперних груп, фіксація результатів обстеження та актуалізація даних щодо рівня безпеки.

У сучасних умовах ключову роль у підвищенні ефективності робіт із розмінування відіграють інформаційні технології, зокрема геоінформаційні системи (GIS). GIS дозволяють збирати, зберігати, обробляти, аналізувати та відображати просторові дані, що є критично важливим для моніторингу замінованих територій. Використання цифрових карт та просторових баз даних дає можливість централізовано вести облік небезпечних зон, оперативно оновлювати інформацію, інтегрувати дані з різних джерел та забезпечувати доступ до актуальної інформації для відповідальних служб.

Основними об'єктами предметної області є території з потенційною небезпекою, ділянки обстеження, координати місць виявлення вибухонебезпечних предметів, маршрути саперних підрозділів, результати обстежень та звіти про виконані роботи. Важливими характеристиками є тип загрози міна, НВП, залишки боєприпасів, рівень ризику, дата виявлення,

статус ділянки необстежена, обстежується, частково очищена, очищена, а також інформація про виконавців робіт.

Особливістю цієї предметної області є необхідність забезпечення точності географічних даних, надійності зберігання інформації та оперативного доступу до неї. Водночас інформація про заміновані території має підвищений рівень критичності, тому важливими вимогами є захист даних, контроль доступу та ведення журналів змін. Також необхідно враховувати, що роботи з розмінування часто проводяться в умовах обмеженого зв'язку, тому GIS повинна підтримувати автономний режим та синхронізацію даних після відновлення доступу до мережі.

У межах аналізу предметної області визначено, що геоінформаційна система моніторингу замінованих територій повинна забезпечувати можливість введення та редагування просторових даних, формування тематичних карт, побудову аналітичних звітів, інтеграцію з GPS-навігацією та можливість імпорту даних із зовнішніх джерел таких як аерофотозйомки або даних БПЛА. Крім того, важливим є забезпечення підтримки різних категорій користувачів: операторів введення даних, саперних підрозділів, аналітиків, координаторів робіт та керівництва.

Таким чином, предметна область дослідження характеризується високим рівнем складності та потребує системного підходу до аналізу, формалізації вимог і проєктування GIS-рішення. Розроблення геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій є актуальним завданням, що сприятиме підвищенню ефективності управління процесами гуманітарного розмінування, зменшенню ризиків для населення та прискоренню відновлення безпечного використання територій.

1.2 Аналіз існуючих рішень, їх переваги та недоліки

У сфері картографування та моніторингу замінованих територій застосовуються різні інформаційні рішення, що базуються на геоінформаційних технологіях, системах управління базами даних та інструментах дистанційного зондування Землі. Існуючі підходи можна

умовно поділити на декілька груп: універсальні GIS-платформи, спеціалізовані рішення для гуманітарного розмінування, мобільні додатки для збору польових даних та системи супутникового і дронного моніторингу.

1.2.1 Універсальні геоінформаційні системи

Одним із найбільш поширених рішень у галузі просторового аналізу є GIS-платформи загального призначення, такі як ArcGIS та QGIS. Вони забезпечують широкий набір функцій для створення електронних карт, управління геоданими, аналізу просторових об'єктів та візуалізації результатів.

Перевагами є потужні інструменти просторового аналізу та обробки даних; підтримка великої кількості форматів геоданих; можливість створення тематичних карт та інтеграції з GPS; розширюваність через плагіни та модулі; високий рівень точності та деталізації картографічних даних.

Недоліками є складність освоєння для користувачів без GIS-підготовки; у випадку ArcGIS — висока вартість ліцензійного програмного забезпечення; потреба в налаштуванні під специфіку задач розмінування; відсутність спеціалізованих модулів для ведення протоколів розмінування та статусів територій без додаткової розробки.

Таким чином, універсальні GIS є ефективними для аналітичної роботи, проте потребують адаптації для практичного застосування в роботі саперних підрозділів.

1.2.2 Спеціалізовані платформи гуманітарного розмінування IMSMA

Одним із найвідоміших спеціалізованих програмних продуктів є IMSMA - Information Management System for Mine Action — система, яка використовується міжнародними організаціями для управління даними щодо мінної небезпеки та гуманітарного розмінування.

Перевагами є орієнтація саме на задачі мінної діяльності та обліку вибухонебезпечних предметів; підтримка стандартів збору даних і

формування звітів; можливість централізованого управління інформацією та статистикою; використання структурованої бази даних із чіткою класифікацією подій та об'єктів.

Недоліками є обмежена гнучкість щодо адаптації під локальні потреби організацій; складність інтеграції з іншими системами без додаткових модулів; потреба у спеціальній підготовці користувачів; можливі складнощі в підтримці оперативного оновлення інформації в польових умовах.

Загалом IMSMA є ефективним рішенням на рівні державного чи міжнародного управління, проте не завжди зручним для оперативної роботи невеликих саперних груп.

1.2.3 Мобільні додатки для збору польових даних

Для фіксації даних безпосередньо на місці обстеження широко використовуються мобільні рішення, що дозволяють швидко записувати координати, фотографії, опис об'єктів та інші параметри. Прикладами таких систем є ArcGIS Survey123, ArcGIS Collector, а також відкриті інструменти типу KoboToolbox або OpenDataKit.

Переваги в зручності введення даних безпосередньо в полі, можливість додавання мультимедійних матеріалів фото, відео, підтримка GPS та автоматичного визначення координат, робота в автономному режимі з подальшою синхронізацією.

Недоліки це обмежені аналітичні можливості порівняно з повноцінними GIS, залежність від мобільних пристроїв та їх захищеності, можливість втрати даних у разі технічних збоїв, потреба у стабільному механізмі синхронізації та захисту інформації.

Такі рішення є ефективними для збору первинної інформації, однак для комплексного моніторингу та управління замінованими територіями їх функціональності часто недостатньо.

1.2.4 Системи дистанційного моніторингу

Для попередньої оцінки небезпеки територій використовуються технології супутникового моніторингу та аерозйомки з безпілотних літальних апаратів. Отримані зображення дозволяють аналізувати стан місцевості, виявляти зміни ландшафту та потенційні небезпечні ділянки.

Переваги полягають в можливості швидкого обстеження великих територій, підвищення безпеки персоналу за рахунок дистанційного збору даних, висока деталізація при використанні сучасних БПЛА, можливість створення 3D-моделей місцевості.

Недоліки це висока вартість обладнання та обробки даних, складність автоматичного виявлення вибухонебезпечних предметів лише за зображеннями, потреба в спеціальних програмних засобах та фахівцях з фотограмметрії, залежність від погодних умов та доступності території для польотів.

Такі системи є важливим доповненням до GIS, проте не можуть повністю замінити наземні методи обстеження та підтвердження наявності загроз.

1.2.5 Табличні та локальні рішення

На практиці в багатьох організаціях досі використовуються прості методи ведення обліку у вигляді електронних таблиць або локальних баз даних, які не мають просторової візуалізації.

Переваги в простоті використання та доступності, мінімальні витрати на впровадження, можливість швидкого формування списків та статистичних звітів.

Недоліки в відсутності картографічного відображення інформації, високої ймовірності помилок при введенні координат, складності інтеграції та спільного доступу, обмежені можливості аналізу та контролю актуальності даних.

Такі підходи не забезпечують необхідного рівня ефективності для управління замінованими територіями, особливо при масштабних роботах.

Аналіз існуючих рішень показує, що на сьогодні наявні інструменти частково задовольняють потреби у сфері моніторингу замінованих територій, однак жодне з них не є універсальним. Універсальні GIS мають потужний функціонал, але потребують адаптації. Спеціалізовані системи на кшталт IMSMA є ефективними, проте складними у використанні та впровадженні. Мобільні додатки зручні для збору польових даних, але обмежені в аналітиці. Дистанційний моніторинг є перспективним напрямом, але має високу вартість і не гарантує точного визначення загроз.

Таким чином, актуальним є проектування геоінформаційної системи, яка поєднуватиме зручний збір польових даних, інтеграцію з картографічними сервісами, аналітичні можливості та захищене зберігання інформації з урахуванням специфіки процесів гуманітарного розмінування.

1.3 Концепція геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій

З огляду на актуальність проблеми забруднення територій вибухонебезпечними предметами та недоліки існуючих програмних рішень, виникає потреба у створенні універсальної геоінформаційної системи, яка забезпечуватиме комплексний моніторинг, облік, аналіз та підтримку прийняття рішень у сфері гуманітарного розмінування. Така система має бути орієнтована як на державні структури, так і на організації та підрозділи, що безпосередньо здійснюють обстеження і очищення територій.

Концепція запропонованої системи полягає у формуванні єдиного інформаційного середовища, яке об'єднує просторові дані (карти, координати, межі ділянок), атрибутивну інформацію (тип загрози, рівень ризику, статус території) та результати виконаних робіт (протоколи, звіти, фотофіксація). Основною метою є забезпечення актуальної, достовірної та доступної інформації щодо замінованих територій з можливістю її оперативного оновлення.

Запропонована геоінформаційна система повинна функціонувати як багаторівнева платформа з підтримкою різних типів користувачів.

Передбачається наявність веб-інтерфейсу для адміністрування та аналітичної роботи, а також мобільного інтерфейсу для збору інформації безпосередньо у польових умовах. Таким чином, система забезпечуватиме як централізоване управління даними, так і децентралізоване наповнення інформаційної бази через саперні групи та відповідальні підрозділи.

Основою системи має стати просторово орієнтована база даних, що забезпечує зберігання географічних об'єктів у вигляді точок, ліній і полігонів. Це дозволить фіксувати місця виявлення вибухонебезпечних предметів, маршрути обстеження, межі потенційно небезпечних зон та очищених ділянок. Важливим елементом концепції є можливість ведення історії змін, що дозволяє відстежувати динаміку робіт із розмінування та забезпечувати контроль актуальності даних.

Для підвищення універсальності система повинна підтримувати інтеграцію з різними джерелами даних: GPS-навігацією, супутниковими знімками, аерофотозйомкою з БПЛА, відкритими картографічними сервісами та державними геоінформаційними ресурсами. Це дасть змогу здійснювати порівняння отриманих даних, уточнювати межі територій, аналізувати зміни ландшафту та планувати обстеження на основі попередніх оцінок.

Однією з ключових функцій системи повинна стати підтримка аналітичних механізмів, зокрема оцінка ризиків територій, автоматизоване формування звітів, статистичний аналіз результатів робіт та прогнозування потреб у ресурсах. Застосування методів системного аналізу дозволить формалізувати критерії оцінювання небезпечності ділянок та розробити модель прийняття рішень щодо пріоритетності обстеження територій.

Оскільки інформація про заміновані території має критичне значення, концепція системи повинна передбачати впровадження механізмів інформаційної безпеки. До таких механізмів належать автентифікація користувачів, рольовий доступ до функцій і даних, шифрування каналів передачі інформації, а також ведення журналу дій користувачів. Це

забезпечить контроль доступу до даних та унеможливить їх несанкціоноване використання або зміну.

Для ефективного використання в реальних умовах система повинна підтримувати роботу в автономному режимі. Це особливо важливо для саперних груп, які можуть працювати на територіях із нестабільним інтернет-з'єднанням. У такому випадку дані повинні зберігатися локально на мобільному пристрої та синхронізуватися з центральною базою після відновлення доступу до мережі.

Таким чином, концепція універсальної геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій передбачає створення комплексного програмного рішення, що поєднує можливості збору, зберігання, обробки та аналізу просторових даних, підтримку різних категорій користувачів, інтеграцію з сучасними джерелами геоданих і засоби інформаційної безпеки. Реалізація такої системи сприятиме підвищенню ефективності процесів гуманітарного розмінування, зменшенню ризиків для населення та прискоренню відновлення безпечного використання територій.

Нижче подано опис алгоритму концепції GIS-системи моніторингу замінованих територій із прив'язкою до реальних засобів розробки, а також графічне представлення у вигляді блок-схеми (можна вставляти у звіт).

Запропонована система функціонує як комплексне програмне рішення, що включає мобільний модуль збору даних, серверну частину з API, просторову базу даних, аналітичний модуль та веб-інтерфейс для моніторингу.

Основна ідея алгоритму полягає у циклічній обробці даних:

збір → перевірка → збереження → аналіз → візуалізація → формування рішень і звітів → оновлення даних.

1) Етап збору даних у польових умовах

На першому етапі саперна група виконує обстеження території та фіксує дані про об'єкти.

Джерела даних GPS-координати з мобільного пристрою; фотофіксація місцевості; введення опису об'єкта тип загрози, небезпека, стан; дані з БПЛА ортофотоплани; зовнішні карти OpenStreetMap.

Фактичні засоби розробки це мобільний застосунок: Flutter / Android Studio. Збір координат GPS API, карта Leaflet / Mapbox, офлайн збереження SQLite.

2) Попередня валідація даних

Перед відправкою даних виконується перевірка коректності координат, повноти заповнення форми, відповідності типу об'єкта класифікатору, дублювання об'єктів приблизний збіг координат.

Фактичні засоби валідація форм Flutter Form Validation, логіка перевірки Dart / JavaScript

3) Передача даних на сервер

Якщо є інтернет-з'єднання — дані передаються через API.

Якщо інтернет відсутній — дані накопичуються локально і відправляються пізніше.

Фактичні засоби протокол HTTPS, обмін даними JSON, API - REST API, синхронізація Background Sync

4) Обробка даних сервером та збереження в базі

Сервер приймає дані, виконує перевірку та записує їх у просторову БД.

Функції серверу автентифікація користувачів JWT; запис у БД; формування статусів територій; ведення історії змін; журнал дій.

Фактичні засоби сервер Python Django / FastAPI або Node.js, авторизація через JWT, база даних PostgreSQL + PostGIS, логування: ELK / стандартне логування Django.

5) Просторовий аналіз та оцінка ризиків

Після внесення інформації система виконує автоматичний аналіз, а саме визначення меж небезпечної зони буферизація навколо точки. Оцінка рівня ризику низький/середній/високий. Формування пріоритетів обстеження. Аналіз щільності небезпечних точок.

Фактичні засоби просторові запити PostGIS, аналіз: Python GeoPandas, NumPy, побудова зон ST_Buffer, ST_Intersects.

6) Візуалізація даних у веб-інтерфейсі

Дані відображаються на карті, а саме небезпечні точки, полігони зон, маршрути груп, статус ділянок обстежено/очищено/ризиковано.

Користувачі можуть фільтрувати дані, переглядати історію, редагувати статус території, додавати коментарі.

Фактичні засоби frontend React / Angular, карти Leaflet.js, UI Bootstrap / Material UI

7) Формування звітів та рекомендацій

На основі даних GIS система формує звіт про стан територій, кількість об'єктів за типами, список критичних зон, карту очищених ділянок, рекомендації щодо пріоритетності робіт.

Фактичні засоби звіти PDF ReportLab або Excel OpenPyXL, статистика через Python Pandas, діаграми будуються Matplotlib / Chart.js

8) Прийняття рішень та оновлення карти

На завершальному етапі відповідальні особи ухвалюють рішення про планування виїздів, визначають маршрути, формують завдання для груп.

Після виконання робіт статуси оновлюються, і цикл повторюється.

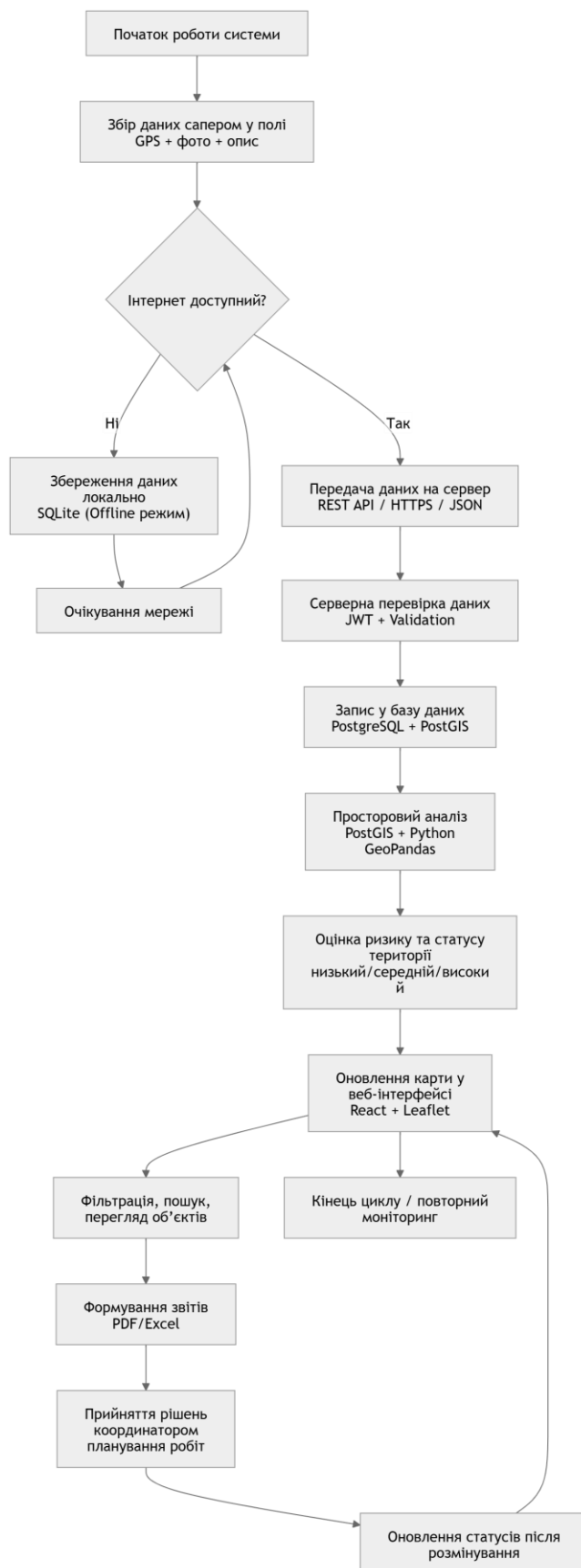


Рисунок 1.1 – Алгоритм роботи концепції GIS-системи моніторингу замінованих ділянок

Алгоритм побудовано за принципом циклічної системи моніторингу. Основна особливість — підтримка offline-режиму, що є критичним для польових умов. Центральним елементом виступає база даних PostgreSQL + PostGIS, яка дозволяє виконувати просторові запити, аналізувати території та формувати зони ризику. Веб-інтерфейс забезпечує відображення даних на карті, а аналітичний модуль — автоматичну оцінку небезпеки та формування звітів.

1.4 Математичне забезпечення розробки

Математичне забезпечення геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій є сукупністю методів, моделей і алгоритмів, які забезпечують обробку просторових даних, виконання аналітичних операцій, оцінювання рівня ризику територій та підтримку прийняття рішень щодо пріоритетності виконання робіт з обстеження та розмінування. Відповідно до концепції системи, описаної в підпункті 1.3, основою математичного апарату є методи геометричного моделювання, просторового аналізу, теорії множин та елементи багатокритеріального оцінювання.

Для представлення інформації про заміновані території використовується векторна модель геоданих. Об'єкти предметної області подаються у вигляді геометричних примітивів точка — місце виявлення вибухонебезпечного предмета. Лінія — маршрут руху саперної групи або лінійний об'єкт дорога, межа. Полігон — територія з певним статусом (підозрювана зона, зона обстеження, очищена зона).

Таким чином, множину геооб'єктів системи можна описати як:

$$G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\},$$

де кожен об'єкт g_i має геометрію $geom(g_i)$ та набір атрибутів $attr(g_i)$.

У системі використовується географічна система координат наприклад, WGS-84, що дозволяє забезпечити сумісність з GPS-пристроями та зовнішніми картографічними сервісами.

Основні функції GIS-системи базуються на математичних операціях над просторовими об'єктами. Для аналізу замінованих територій застосовуються такі операції перевірка перетину об'єктів наприклад, чи потрапляє об'єкт у небезпечну зону, визначення відстані між об'єктами, буферизація побудова зони безпеки навколо точки, об'єднання полігонів формування єдиної небезпечної області, пошук об'єктів у межах заданої області.

Функція відстані між двома точками $p_1(x_1, y_1)$ та $p_2(x_2, y_2)$ визначається як:

$$d(p_1, p_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}.$$

Для визначення зони потенційної безпеки навколо точки виявлення вибухонебезпечного предмета застосовується операція буферизації

$$Buffer(p, r),$$

де p – координати точки, r – радіус небезпечної зони, визначається типом загрози.

Система використовує формалізовану модель станів ділянки. Для кожної території визначається статус:

$$S \in \{S_1, S_2, S_3, S_4\},$$

де:

S_1 – необстежена територія

S_2 – територія у процесі обстеження

S_3 – частково очищена територія

S_4 – очищена територія.

Перехід між статусами є дискретним і може бути представлений як граф переходів або скінченний автомат, де кожна дія саперної групи змінює стан ділянки.

Одним із ключових елементів системи є визначення рівня ризику замінованої території. Для цього використовується багатокритеріальна модель оцінювання. Рівень ризику залежить від сукупності факторів: кількість виявлених об'єктів, тип вибухонебезпечних предметів, відстань до населених пунктів або об'єктів інфраструктури, площа потенційно небезпечної зони, доступність території.

Узагальнену оцінку ризику можна подати у вигляді зваженої суми:

$$R = \sum_{i=1}^m w_i \cdot f_i,$$

де:

R – інтегральний показник ризику

f_i – значення i -го критерію

w_i – ваговий коефіцієнт критерію

m – кількість критеріїв

Для практичного використання значення ризику нормалізується до діапазону $[0;1]$ або $[0;100]$ та переводиться у категорії низький ризик, середній ризик, високий ризик.

На основі показника ризику система формує пріоритети для планування робіт. Пріоритет ділянки визначається як функція від ризику та соціальної значущості території:

$$P = \alpha R + \beta I,$$

де:

P – показник пріоритетності

R – ризик території

I – коефіцієнт інфраструктурної важливості, дороги, лікарні, об'єкти критичної інфраструктури.

α, β – коефіцієнт впливу

Використання такої моделі дозволяє автоматизувати вибір ділянок, які потребують першочергового обстеження.

Для визначення концентрації небезпечних об'єктів застосовуються методи групування точок на карті. Найпростішим підходом є кластеризація за відстанню, коли точки, що знаходяться ближче за певний поріг d_{min} , об'єднуються у кластер:

$$Cluster = \{p_i \mid d(p_i, p_j) < d_{min}\}.$$

Цей підхід дозволяє виділяти найбільш забруднені ділянки та будувати полігони підвищеного ризику.

Для планування роботи саперних груп система може використовувати елементи теорії графів. Територія розглядається як граф:

$$G = (V, E),$$

де:

V – множина вершин контрольні точки, об'єкти, дороги

E – множина ребер можливі маршрути переміщення.

Оптимальний маршрут визначається шляхом мінімізації функції вартості:

$$C = \sum_{k=1}^n c_k,$$

де c_k – вага ребра, а саме його довжина, складність проходження, рівень небезпеки.

Для пошуку найкоротшого або найбезпечнішого маршруту можуть застосовуватися алгоритми Дейкстри або A^*

Математичне забезпечення розробки геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій базується на методах просторової геометрії, теорії множин, багатокритеріального оцінювання ризиків та елементах теорії графів. Застосування цих математичних моделей і алгоритмів забезпечує можливість автоматизованого аналізу геоданих, визначення небезпечних зон, оцінки ризиків і формування управлінських

рішень щодо пріоритетності та планування робіт із гуманітарного розмінування.

1.5 Постановка задачі

Унаслідок бойових дій значні території України залишаються потенційно небезпечними через наявність мін, нерозірваних боєприпасів та інших вибухонебезпечних предметів. Це створює загрозу життю та здоров'ю населення, ускладнює використання земельних ресурсів, перешкоджає відновленню інфраструктури та розвитку господарської діяльності. Для ефективної організації робіт із гуманітарного розмінування необхідне оперативне отримання достовірної інформації про стан територій, результати обстежень, місця виявлення вибухонебезпечних об'єктів та поточний рівень ризику.

На практиці існує проблема фрагментарного ведення даних (у вигляді таблиць, паперових звітів або різних несумісних електронних систем), що ускладнює централізований облік, аналіз та контроль змін. Крім того, відсутність єдиного інформаційного простору з можливістю геоприв'язки даних знижує ефективність планування робіт, створює ризик дублювання завдань або втрати важливої інформації. Тому актуальним є завдання створення геоінформаційної системи, яка забезпечуватиме комплексний моніторинг замінованих територій та підтримку прийняття рішень у сфері розмінування.

Метою даної роботи є проведення системного аналізу та проєктування геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій, яка забезпечуватиме збір, збереження, обробку, аналіз та візуалізацію просторових даних, а також формування звітної документації та рекомендацій щодо пріоритетності обстеження територій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

1. Проаналізувати предметну область гуманітарного розмінування та визначити основні інформаційні потоки.

2. Дослідити існуючі GIS-рішення та визначити їх переваги і недоліки.
3. Сформувати концепцію універсальної геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій.
4. Визначити функціональні та нефункціональні вимоги до системи.
5. Розробити модель користувачів і сценарії використання Use Case.
6. Визначити математичні методи, необхідні для просторового аналізу, оцінювання ризиків та формування пріоритетів.
7. Спроекувати архітектуру системи клієнт-серверну модель, модулі, взаємодію компонентів.
8. Розробити структуру бази даних із підтримкою просторових даних PostGIS-модель.
9. Визначити алгоритми введення, обробки та синхронізації даних, зокрема в умовах offline-режиму.
10. Передбачити засоби забезпечення інформаційної безпеки рольовий доступ, журналювання, шифрування.
11. Реалізувати прототип програмної системи або окремих ключових модулів веб-інтерфейс, база даних, API.
12. Виконати тестування функціональності системи та оцінити її ефективність.

Об'єктом дослідження є процеси збору, обробки та аналізу геопросторових даних у задачах моніторингу замінованих територій.

Предметом дослідження є методи, моделі та програмні засоби проєктування геоінформаційних систем для обліку та контролю стану територій, забруднених вибухонебезпечними предметами.

Очікуваним результатом виконання роботи є розроблена концепція та проєкт геоінформаційної системи, що забезпечує ведення бази даних небезпечних зон, візуалізацію інформації на карті, аналіз ризиків та підтримку планування робіт із гуманітарного розмінування. Реалізація запропонованого рішення дозволить підвищити ефективність координації

саперних підрозділів, забезпечити актуальність інформації та зменшити ризики для цивільного населення і персоналу, який виконує роботи з розмінування.

Висновки до розділу 1

У першому розділі виконано системний аналіз предметної області, пов'язаної з моніторингом та картографуванням замінованих територій, що є надзвичайно актуальною проблемою в умовах сучасних викликів безпеці та відновленню інфраструктури України. Встановлено, що ефективне виконання робіт із гуманітарного розмінування потребує оперативного отримання достовірних геопросторових даних, їх централізованого збереження та можливості швидкого аналізу для прийняття управлінських рішень.

У ході аналізу існуючих програмних рішень визначено, що універсальні GIS-платформи мають потужний функціонал просторового аналізу, проте потребують адаптації до специфіки розмінування, тоді як спеціалізовані системи є більш орієнтованими на цю сферу, але часто мають обмежену гнучкість, складність впровадження та недостатню зручність у польових умовах. Також встановлено, що застосування окремих інструментів (мобільних додатків, супутникового моніторингу, табличних рішень) не забезпечує комплексного підходу до управління даними та контролю стану територій.

На основі проведеного аналізу сформовано концепцію універсальної геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій, яка передбачає створення єдиного інформаційного середовища з підтримкою веб-інтерфейсу, мобільного збору даних, offline-режиму, синхронізації інформації та інтеграції з зовнішніми джерелами даних (GPS, БПЛА, супутникові знімки). Визначено ключові функціональні можливості системи, зокрема ведення просторової бази даних, оновлення статусів територій, формування зон ризику, побудову маршрутів та генерацію звітної документації.

У підрозділі математичного забезпечення обґрунтовано використання методів просторової геометрії, операцій GIS-аналізу, багатокритеріального оцінювання ризиків і елементів теорії графів для планування маршрутів та пріоритезації ділянок розмінування. Запропоновані математичні моделі дозволяють реалізувати автоматизоване визначення небезпечних зон та підтримку прийняття рішень щодо організації робіт.

У результаті сформульовано постановку задачі, визначено мету, об'єкт, предмет дослідження та основні завдання роботи. Таким чином, проведений у першому розділі системний аналіз створив теоретичну та методичну основу для подальшого проєктування архітектури геоінформаційної системи, розроблення структури бази даних, алгоритмів функціонування та реалізації програмного прототипу в наступних розділах.

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

2.1 Загально системні рішення

Use Case діаграма опис

Актори системи

Сапер оператор польових робіт – вводить дані про небезпечні об'єкти та результати обстеження.

Координатор розмінування – аналізує карту, планує роботи, формує завдання.

Аналітик – виконує оцінку ризиків, формує статистику та звіти.

Адміністратор системи – керує користувачами, доступом і довідниками.

Керівництво / Представник організації – переглядає звіти та загальну ситуацію.

Основні Use Case варіант для схеми

Для Сапера

Авторизація в системі

Додавання небезпечного об'єкта на карту

Завантаження фото/доказів

Вказання типу загрози та рівня небезпеки

Оновлення статусу ділянки (обстежено/очищено)

Робота в offline-режимі

Синхронізація даних з сервером

Для Координатора

Перегляд карти замінованих територій

Формування маршруту для саперної групи

Постановка завдань саперам

Призначення пріоритетів ділянок

Перегляд історії змін

Для Аналітика

Аналіз ризиків територій

Формування статистики

Генерація аналітичних звітів (PDF/Excel)

Побудова зон ризику (буферів)

Для Адміністратора

Управління користувачами та ролями

Налаштування довідників (типи мін, категорії загроз)

Контроль доступу

Перегляд журналу дій користувачів

Для Керівництва

Перегляд узагальнених звітів

Перегляд карти у режимі читання



Рисунок 2.1 – Діаграма варіантів використання

Use Case діаграма відображає взаємодію користувачів із геоінформаційною системою моніторингу замінованих територій.

Основними користувачами системи є сапери, координатори робіт, аналітики, адміністратори та керівництво. Сапер забезпечує введення первинної інформації про небезпечні об'єкти, фотофіксацію та оновлення статусів ділянок. Координатор відповідає за планування робіт, маршрутизацію та постановку завдань. Аналітик здійснює оцінку ризиків та формування звітної документації. Адміністратор забезпечує підтримку користувачів, контроль доступу та ведення довідників. Керівництво має доступ до перегляду карти та узагальнених звітів для прийняття управлінських рішень.

2.2 Проєктування архітектури геоінформаційної системи

Проєктування архітектури геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій є ключовим етапом розробки, оскільки саме архітектура визначає структуру програмного продукту, взаємодію його компонентів, способи зберігання та обробки даних, рівень безпеки, масштабованість і можливість подальшого розвитку системи. Враховуючи вимоги до системи, сформовані на основі аналізу предметної області, доцільним є використання клієнт-серверної багаторівневої архітектури.

Запропонована архітектура передбачає розподіл системи на три основні рівні: рівень представлення (клієнтський рівень), рівень бізнес-логіки (серверний рівень) та рівень даних (база даних). Такий підхід забезпечує модульність системи, спрощує супровід та дозволяє ефективно інтегрувати додаткові функції.

Клієнтський рівень системи включає веб-інтерфейс та мобільний застосунок. Основне призначення цього рівня — забезпечити взаємодію користувача з системою, відображення карти, введення та редагування даних, перегляд звітів і результатів аналізу.

Веб-інтерфейс орієнтований на координаторів, аналітиків та керівництво. Він забезпечує доступ до інтерактивної карти, фільтрацію об'єктів, формування маршрутів, аналіз ризиків, перегляд статистики та генерацію звітів.

Мобільний застосунок призначений для саперних підрозділів, які працюють у польових умовах. Він має забезпечувати можливість фіксації координат, введення інформації про об'єкти, додавання фотофіксації, оновлення статусу території та синхронізацію даних з сервером.

Для забезпечення роботи у місцях із нестабільним зв'язком мобільний модуль повинен підтримувати offline-режим. У цьому випадку інформація тимчасово зберігається локально на пристрої та синхронізується з центральною базою даних після відновлення інтернет-з'єднання.

Серверний рівень виконує функції обробки запитів від клієнтів, перевірки прав доступу, управління даними та реалізації бізнес-логіки системи. Він є центральним елементом архітектури, оскільки забезпечує узгодженість даних і стабільну роботу всієї системи.

Основними функціями серверної частини є приймання та обробка даних, що надходять від мобільних і веб-клієнтів. Перевірка достовірності даних валідація координат, обов'язкових полів тощо. Реалізація механізмів автентифікації та авторизації користувачів. Формування API для доступу до даних. Забезпечення роботи аналітичного модуля оцінка ризику, визначення зон. Ведення журналу дій користувачів для контролю змін.

Для реалізації взаємодії між клієнтами і сервером використовується REST API, який забезпечує передачу даних у форматі JSON через захищений протокол HTTPS.

Рівень даних представлений просторово орієнтованою базою даних. Враховуючи необхідність зберігання координат, полігонів територій, маршрутів та інших геопросторових об'єктів, оптимальним вибором є використання СУБД PostgreSQL із розширенням PostGIS.

PostGIS дозволяє зберігати геометричні дані та виконувати просторові операції, такі як: визначення перетину об'єктів; обчислення відстаней; побудова буферних зон; пошук об'єктів у межах заданого полігону; об'єднання та агрегація географічних даних.

У базі даних зберігаються відомості про користувачів системи, ролі доступу, довідники типів загроз, інформація про об'єкти, статуси ділянок, результати обстежень, маршрути та журнали змін.

Для забезпечення функцій оцінювання ризику територій, визначення пріоритетів та формування звітів в архітектурі системи передбачено аналітичний модуль. Його робота може реалізовуватися як окрема серверна підсистема або як частина backend-компонента.

Аналітичний модуль виконує: обчислення інтегрального показника ризику; побудову зон ризику на основі просторових даних; аналіз щільності небезпечних об'єктів; формування статистичних даних; генерацію звітів для керівництва та контролюючих органів.

З огляду на критичність інформації, архітектура системи повинна передбачати засоби захисту даних. У системі реалізовується рольова модель доступу (RBAC), яка визначає права користувачів залежно від їх ролі (сапер, координатор, аналітик, адміністратор).

Ключовими заходами безпеки є автентифікація користувачів логін/пароль, токени доступу. Авторизація на основі ролей. Шифрування передавання даних HTTPS. Журналювання дій користувачів audit log. Резервне копіювання бази даних.

Для підвищення функціональності GIS система повинна підтримувати інтеграцію з зовнішніми сервісами. До таких джерел належать GPS-навігаційні модулі, карти OpenStreetMap, супутникові знімки, дані аерозйомки з БПЛА, імпорт геоданих у форматах GeoJSON, SHP, KML.

Це дозволить доповнювати систему актуальними даними, підвищувати точність картографування та забезпечувати комплексний аналіз територій.

Узагальнено архітектуру системи можна представити як набір взаємопов'язаних компонентів веб-клієнт моніторинг, аналіз, управління, мобільний клієнт збір даних у полі, offline-режим. Сервер додатків API, логіка, безпека. База даних PostgreSQL/PostGIS. Аналітичний модуль оцінки ризиків і звітності. Модуль інтеграції з зовнішніми джерелами.

Таким чином, запропонована архітектура геоінформаційної системи є універсальною, масштабованою та здатною забезпечити ефективний моніторинг замінованих територій. Використання багаторівневого підходу дозволяє забезпечити надійність зберігання даних, підтримку роботи у польових умовах, високий рівень інформаційної безпеки та можливість подальшого розширення функціоналу системи.

2.3 Розроблення структури бази даних

Розроблення структури бази даних є одним із ключових етапів проєктування геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій, оскільки саме база даних забезпечує централізоване зберігання інформації, її цілісність, швидкий доступ до геопросторових об'єктів та можливість виконання аналітичних запитів. Враховуючи специфіку предметної області, структура бази даних повинна підтримувати збереження як атрибутивної інформації (опис об'єктів, статуси, дати, виконавці), так і просторових даних (координати, полігони зон, маршрути). Для реалізації цих вимог доцільним є використання СУБД PostgreSQL з розширенням PostGIS, що дозволяє працювати з геометричними об'єктами та виконувати просторові операції.

База даних геоінформаційної системи повинна забезпечувати: зберігання інформації про вибухонебезпечні об'єкти та їх географічне розташування; зберігання даних про територіальні ділянки та їх статус (необстежено, обстежується, очищено тощо); можливість ведення історії змін та журналу дій користувачів; підтримку ролей користувачів та контроль доступу до даних; можливість інтеграції з мобільними клієнтами та зовнішніми джерелами геоданих; підтримку просторових запитів для аналізу ризиків, побудови буферних зон та пошуку об'єктів.

2.3.1 Концептуальна модель даних

Основними сутностями предметної області, які повинні бути відображені в базі даних, є користувачі системи сапери, координатори, аналітики, адміністратори. Ролі користувачів рольова модель доступу.

1. Таблиця users

Таблиця містить інформацію про користувачів системи.

Основні поля:

user_id – унікальний ідентифікатор користувача;

full_name – ПІБ;

email – електронна пошта;

password_hash – хеш пароля;

role_id – роль користувача;

created_at – дата реєстрації;

status – активний/заблокований.

2. Таблиця roles, містить перелік ролей користувачів (сапер, координатор, аналітик, адміністратор).

Основні поля:

role_id – унікальний ідентифікатор ролі;

role_name – назва ролі;

description – опис прав доступу.

3. Таблиця threat_types, довідкова таблиця, яка містить класифікацію вибухонебезпечних предметів.

Основні поля:

threat_id – ідентифікатор загрози;

threat_name – назва (міна, НВП, снаряд тощо);

danger_level – базовий рівень небезпеки.

4. Таблиця risk_levels, містить категорії ризику для територій.

Основні поля:

risk_id – ідентифікатор ризику;

risk_name – низький/середній/високий;

risk_value – числове значення ризику.

5. Таблиця danger_objects, центральна таблиця системи, що зберігає інформацію про всі виявлені об'єкти.

Основні поля:

object_id – ідентифікатор об'єкта;
threat_id – тип загрози;
user_id – хто зафіксував;
description – опис;
found_date – дата виявлення;
status – активний/знешкоджений/видалений;
geom – координати (тип POINT у PostGIS).

6. Таблиця areas, містить інформацію про території, які обстежуються або позначені як небезпечні.

Основні поля:

area_id – ідентифікатор ділянки;
area_name – назва або код ділянки;
status – необстежено/обстежується/частково очищено/очищено;
risk_id – рівень ризику;
last_update – дата останнього оновлення;
geom – геометрія полігона (тип POLYGON або MULTIPOLYGON).

7. Таблиця surveys, фіксує результати проведення обстежень.

Основні поля:

survey_id – ідентифікатор обстеження;
area_id – ділянка, що обстежувалась;
user_id – виконавець;
survey_date – дата обстеження;
result – результат (об'єкти знайдено/не знайдено);
comment – примітки.

8. Таблиця routes, зберігає маршрути пересування підрозділів.

Основні поля:

route_id – ідентифікатор маршруту;
created_by – користувач, що створив маршрут;
area_id – територія маршруту;
created_at – дата створення;

geom – геометрія маршруту (LINESTRING).

9. Таблиця photos, зберігає інформацію про фото та мультимедійні файли.

Основні поля:

photo_id – ідентифікатор фото;

object_id – об'єкт, до якого належить фото;

file_path – шлях до файлу;

upload_date – дата завантаження.

10. Таблиця reports, таблиця містить дані про сформовані звіти.

Основні поля:

report_id – ідентифікатор звіту;

created_by – автор;

report_type – тип звіту;

created_at – дата створення;

file_path – шлях до документа.

11. Таблиця audit_log, призначена для фіксації дій користувачів і забезпечення контролю.

Основні поля:

log_id – ідентифікатор запису;

user_id – користувач;

action – тип дії (додавання/редагування/видалення);

table_name – таблиця, де виконано дію;

record_id – ідентифікатор запису;

action_date – дата і час дії.

Забезпечення цілісності даних

Для забезпечення надійності та узгодженості даних у базі застосовуються механізми первинних ключів PRIMARY KEY; зовнішніх ключів FOREIGN KEY; обмежень цілісності CHECK; індексації, зокрема просторових індексів GiST для поля geom.

ЛОГІЧНА ДІАГРАМА БАЗИ ДАНИХ Геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій

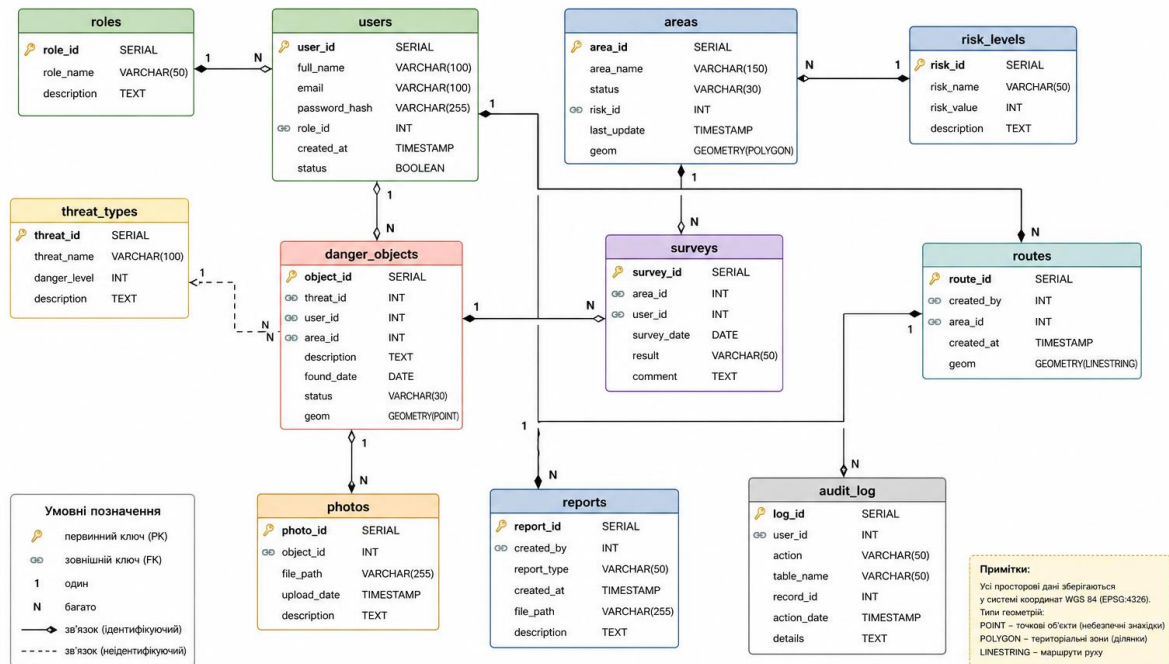


Рисунок 2.3 – Логічна модель БД

Просторові індекси дозволяють значно пришвидшити виконання операцій пошуку об'єктів у межах заданих зон або визначення найближчих точок.

Підтримка просторових операцій

Використання PostGIS дозволяє реалізувати важливі функції GIS-системи через SQL-запити.

Пошук об'єктів у межах ділянки

ST_Within(point, polygon)

Визначення відстані між об'єктами

ST_Distance(geom1, geom2)

Побудова буферної зони

ST_Buffer(point, r)

Перевірка перетину зон

ST_Intersects(area1, area2)

Ці операції забезпечують функціонування аналітичного модуля системи.

2.3.3 Фізична модель БД

Фізична модель бази даних геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій, рисунок 2.4, визначає реальну структуру таблиць, типи даних, ключі, обмеження цілісності, зв'язки між таблицями та способи збереження просторової інформації. Для реалізації фізичної моделі обрано СУБД PostgreSQL із розширенням PostGIS, що дозволяє ефективно працювати з географічними даними POINT, LINESTRING, POLYGON та виконувати просторові операції.

У фізичній моделі реалізовано набір взаємопов'язаних таблиць, які забезпечують збереження інформації про користувачів, територіальні ділянки, вибухонебезпечні об'єкти, маршрути, обстеження, фотодокази, звіти та журнал змін.

1. Таблиця roles

Таблиця roles є довідником ролей користувачів системи.

Поля:

role_id – тип SERIAL, первинний ключ (PK);

role_name – тип VARCHAR(50), обов'язкове поле (NOT NULL);

description – тип TEXT.

Таблиця використовується для реалізації рольового доступу до системи.

2. Таблиця users

Таблиця users містить інформацію про користувачів системи.

Поля:

user_id – тип SERIAL, PK;

role_id – тип INTEGER, зовнішній ключ (FK) на roles(role_id);

full_name – тип VARCHAR(100), NOT NULL;

email – тип VARCHAR(100), унікальне поле (UNIQUE), NOT NULL;

password_hash – тип VARCHAR(255), NOT NULL;

phone – тип VARCHAR(20) (необов'язкове поле);

created_at – тип TIMESTAMP, значення за замовчуванням now();

status – тип BOOLEAN, значення за замовчуванням true.

Таким чином, кожен користувач належить до певної ролі, що визначає рівень доступу до функцій системи.

3. Таблиця threat_types

Таблиця threat_types використовується як довідник типів вибухонебезпечних предметів.

Поля:

threat_id – тип SERIAL, PK;

threat_name – тип VARCHAR(100), NOT NULL;

description – тип TEXT;

danger_level – тип INTEGER, NOT NULL, з обмеженням CHECK (danger_level BETWEEN 1 AND 5).

Ця таблиця дозволяє стандартизувати класифікацію небезпечних об'єктів.

4. Таблиця risk_levels

Таблиця risk_levels містить перелік рівнів ризику територій.

Поля:

risk_id – тип SERIAL, PK;

risk_name – тип VARCHAR(50), NOT NULL;

risk_value – тип INTEGER, NOT NULL;

color_code – тип VARCHAR(7), використовується для відображення на карті (наприклад, #ff0000).

Таблиця використовується для категоризації зон небезпеки.

5. Таблиця areas

Таблиця areas зберігає інформацію про територіальні ділянки, які потребують моніторингу або розмінування.

Поля:

area_id – тип SERIAL, PK;

area_name – тип VARCHAR(100), NOT NULL;

status – тип VARCHAR(20), NOT NULL, значення за замовчуванням 'unexplored';

risk_id – тип INTEGER, FK на risk_levels(risk_id);

last_update – тип TIMESTAMP, NOT NULL, значення за замовчуванням now();

geom – тип geometry(POLYGON, 4326), NOT NULL.

Поле geom використовується для збереження полігонів у системі координат WGS-84 (EPSG:4326).

6. Таблиця danger_objects

Таблиця danger_objects є центральною у системі, оскільки зберігає інформацію про виявлені вибухонебезпечні предмети.

Поля:

object_id – тип SERIAL, PK;

threat_id – тип INTEGER, FK на threat_types(threat_id), NOT NULL;

area_id – тип INTEGER, FK на areas(area_id), NOT NULL;

user_id – тип INTEGER, FK на users(user_id), NOT NULL;

description – тип TEXT;

found_date – тип TIMESTAMP, NOT NULL;

status – тип VARCHAR(20), NOT NULL, значення за замовчуванням 'active';

geom – тип geometry(POINT, 4326), NOT NULL.

Кожен об'єкт має координати та прив'язаний до конкретної ділянки, типу загрози та користувача, який його зафіксував.

7. Таблиця surveys

Таблиця surveys містить результати обстеження ділянок.

Поля:

survey_id – тип SERIAL, PK;

area_id – тип INTEGER, FK на areas(area_id), NOT NULL;

user_id – тип INTEGER, FK на users(user_id), NOT NULL;

survey_date – тип TIMESTAMP, NOT NULL;

result – тип VARCHAR(50), NOT NULL;

comment – тип TEXT.

Ця таблиця дозволяє фіксувати історію виконаних обстежень і результати роботи саперів.

8. Таблиця routes

Таблиця routes призначена для зберігання маршрутів руху саперних груп.

Поля:

route_id – тип SERIAL, PK;

area_id – тип INTEGER, FK на areas(area_id), NOT NULL;

created_by – тип INTEGER, FK на users(user_id), NOT NULL;

created_at – тип TIMESTAMP, NOT NULL, значення за замовчуванням now();

name – тип VARCHAR(100) (необов'язкове поле);

geom – тип geometry(LINESTRING, 4326), NOT NULL.

Це дозволяє планувати пересування груп у межах небезпечних зон.

9. Таблиця photos

Таблиця photos використовується для фотофіксації небезпечних знахідок.

Поля:

photo_id – тип SERIAL, PK;

object_id – тип INTEGER, FK на danger_objects(object_id), NOT NULL;

file_path – тип VARCHAR(255), NOT NULL;

upload_date – тип TIMESTAMP, NOT NULL, значення за замовчуванням now();

description – тип TEXT.

Кожне фото прив'язується до конкретного вибухонебезпечного об'єкта.

10. Таблиця reports

Таблиця reports зберігає інформацію про сформовані звіти.

Поля:

report_id – тип SERIAL, PK;

created_by – тип INTEGER, FK на users(user_id), NOT NULL;

report_type – тип VARCHAR(50), NOT NULL;

created_at – тип TIMESTAMP, NOT NULL, значення за замовчуванням now();

file_path – тип VARCHAR(255), NOT NULL;

parameters – тип JSONB (збереження параметрів генерації звіту).

Завдяки полю parameters система може зберігати критерії формування звіту (період, область, рівень ризику тощо).

11. Таблиця audit_log

Таблиця audit_log призначена для фіксації змін та дій користувачів, що забезпечує контроль і підвищує рівень безпеки.

Поля:

log_id – тип BIGSERIAL, PK;

user_id – тип INTEGER, FK на users(user_id), NOT NULL;

action – тип VARCHAR(20), NOT NULL;

table_name – тип VARCHAR(50), NOT NULL;

record_id – тип INTEGER, NOT NULL;

action_date – тип TIMESTAMP, NOT NULL, значення за замовчуванням now();

details – тип JSONB.

Поле details дозволяє зберігати розширену інформацію про зміну наприклад, старі та нові значення.

Додаткові елементи фізичної моделі

Просторові індекси

Для таблиць `areas`, `danger_objects` і `routes` доцільно створити просторові індекси GiST, що значно підвищує швидкість виконання запитів пошук об'єктів у межах полігону, визначення найближчих точок, перевірка перетину зон, побудова аналітичних вибірок.

У фізичній моделі застосовуються PRIMARY KEY для ідентифікації записів, FOREIGN KEY для реалізації зв'язків між таблицями, NOT NULL для критично важливих атрибутів, UNIQUE наприклад, для email, CHECK для контролю допустимих значень.

Для підвищення цілісності даних можуть використовуватись доменні типи або ENUM, наприклад: статус території `unexplored`, `in_progress`, `partially_cleared`, `cleared`); статус об'єкта (`active`, `neutralized`, `removed`).

Фізична модель бази даних геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій реалізована у PostgreSQL/PostGIS та включає таблиці користувачів, ролей, територіальних ділянок, вибухонебезпечних об'єктів, маршрутів, обстежень, фотодоказів, звітів і журналу змін. Використання просторових типів даних POINT, LINESTRING, POLYGON у системі координат WGS-84 забезпечує можливість точного картографування об'єктів і виконання просторового аналізу. Запропонована фізична модель є масштабованою та забезпечує цілісність, безпеку і ефективність обробки геопросторових даних.

ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ БАЗИ ДАНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

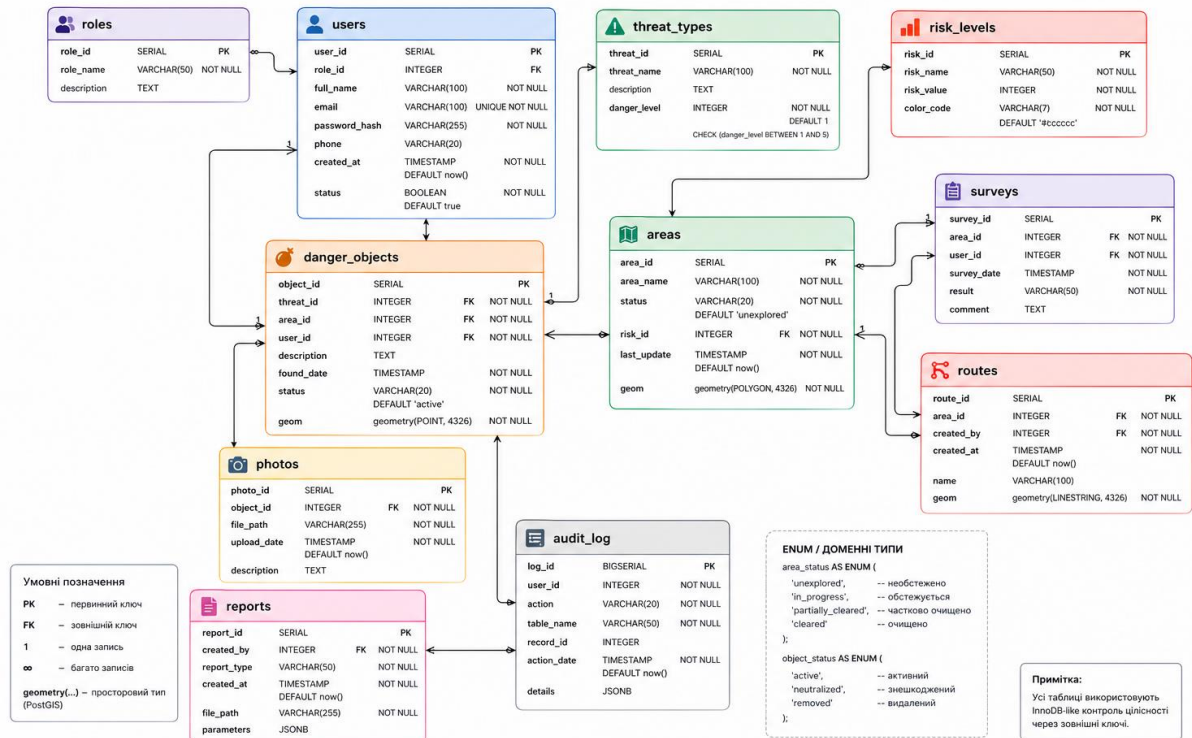


Рисунок 2.4 – Фізична модель БД

Розроблена структура бази даних геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій включає набір основних таблиць для зберігання інформації про користувачів, вибухонебезпечні об'єкти, територіальні ділянки, маршрути, результати обстежень, мультимедійні матеріали та журнал дій. Використання PostgreSQL з розширенням PostGIS забезпечує можливість зберігання геопросторових даних, виконання просторового аналізу та формування зон ризику. Запропонована модель є масштабованою та може бути розширена додатковими сутностями у разі подальшого розвитку системи.

2.4 Опис діаграми послідовності

Діаграма послідовності, рисунок 2.5, відображає порядок взаємодії між основними компонентами геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій у часі. Вона демонструє, як користувач (наприклад, сапер) здійснює введення даних про вибухонебезпечний об'єкт, як ці дані передаються до серверної частини системи, перевіряються та зберігаються у

базі даних, а також як результати відображаються у веб-інтерфейсі координатора чи аналітика.

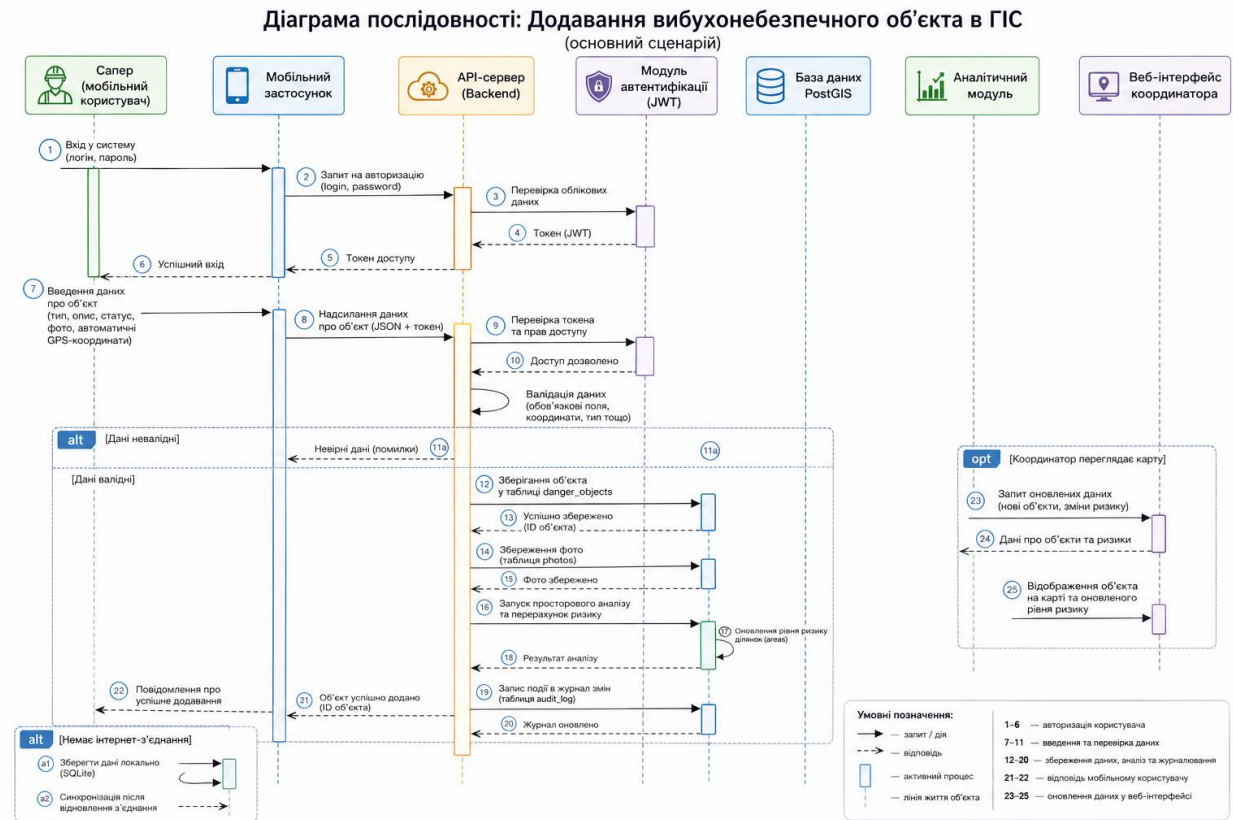


Рисунок 2.5 – Діаграма послідовності

У діаграмі послідовності беруть участь такі компоненти:

Сапер мобільний користувач – вводить дані про знайдений об'єкт;

Мобільний застосунок – забезпечує введення даних, GPS-фіксацію та синхронізацію;

API-сервер Backend – приймає запити, перевіряє дані та керує бізнес-логікою;

Модуль автентифікації JWT – підтверджує права доступу користувача;

База даних PostGIS – зберігає просторові та атрибутивні дані;

Аналітичний модуль – розраховує ризик та визначає небезпечну зону;

Веб-інтерфейс координатора – отримує актуальні дані та відображає їх на карті.

Діаграма послідовності описує типовий сценарій: додавання вибухонебезпечного об'єкта та оновлення карти ризиків.

1. Авторизація користувача

Спочатку сапер запускає мобільний застосунок та виконує вхід у систему. Застосунок надсилає запит на сервер для перевірки логіна та пароля. Сервер створює токен доступу (JWT), який використовується для подальших операцій.

2. Введення інформації про небезпечний об'єкт

Сапер додає новий запис про об'єкт: вказує тип загрози, опис, статус, додає фотофіксацію. Мобільний застосунок автоматично отримує GPS-координати об'єкта.

3. Надсилання даних на сервер

Після підтвердження введених даних мобільний застосунок формує JSON-запит і надсилає його до API-сервера через HTTPS.

4. Перевірка прав доступу

Сервер перевіряє JWT-токен, визначає роль користувача та дозволяє або забороняє виконання операції. Якщо доступ дозволений, сервер переходить до обробки даних.

5. Валідація отриманих даних

На сервері виконується перевірка чи заповнені обов'язкові поля, чи координати належать допустимій області, чи коректний тип загрози, чи не дублюється запис у межах допустимого радіуса.

6. Запис даних у базу PostGIS

Після успішної перевірки сервер створює новий запис у таблиці `danger_objects` та записує географічні координати у поле типу `POINT`. Фотофіксація додається у таблицю `photos`, де зберігається посилання на файл.

7. Просторовий аналіз і перерахунок ризику

Після додавання нового об'єкта аналітичний модуль запускає просторовий аналіз. Використовуючи функції PostGIS наприклад, `ST_Buffer`, `ST_Intersects`, система визначає потенційно небезпечну зону та оновлює рівень ризику відповідної територіальної ділянки в таблиці `areas`.

8. Запис події в журнал змін

Після успішного виконання операції сервер додає запис у таблицю `audit_log`, де фіксуються дії користувача, час, таблиця та ідентифікатор запису.

9. Повернення результату мобільному застосунку

Сервер повертає відповідь про успішне збереження даних. Мобільний застосунок повідомляє сапера про успішну реєстрацію об'єкта.

10. Оновлення даних у веб-інтерфейсі

Координатор або аналітик у веб-інтерфейсі виконує оновлення карти або отримує нові дані автоматично. Веб-клієнт надсилає запит до API-сервера, отримує оновлену інформацію та відображає новий об'єкт і змінений статус ризику на карті.

У випадку відсутності інтернет-з'єднання мобільний застосунок не надсилає дані на сервер, а зберігає їх локально SQLite. Після відновлення мережі користувач виконує синхронізацію, і система повторює основний сценарій передачі та обробки даних.

Діаграма послідовності демонструє повний цикл взаємодії між мобільним клієнтом, серверною частиною, базою даних PostGIS та аналітичним модулем. Вона підтверджує, що система забезпечує централізоване збереження геопросторових даних, автоматичну оцінку ризиків і оперативне оновлення карти, що є необхідним для ефективної організації робіт із моніторингу та розмінування територій.

Висновки до розділу 2

У другому розділі виконано проєктування основних складових геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій. На основі сформованих у попередньому розділі вимог визначено архітектурні принципи побудови системи та обґрунтовано доцільність використання клієнт-серверної багаторівневої архітектури, яка забезпечує розподіл функцій між клієнтською частиною, серверною логікою та рівнем даних.

У межах проектування архітектури системи визначено ключові модулі: веб-інтерфейс для координаторів та аналітиків, мобільний застосунок для саперних груп, серверний модуль обробки запитів і реалізації бізнес-логіки, аналітичний модуль просторового аналізу та оцінки ризиків, а також модуль забезпечення інформаційної безпеки. Встановлено, що підтримка offline-режиму та синхронізації даних є критично важливою умовою для функціонування системи в польових умовах.

Також у розділі розроблено структуру бази даних, яка забезпечує збереження як атрибутивної, так і геопросторової інформації. Обґрунтовано використання СУБД PostgreSQL з розширенням PostGIS, що дозволяє реалізувати зберігання просторових об'єктів (точок, ліній, полігонів), виконання геоаналітичних операцій, побудову зон ризику та оптимізацію запитів завдяки просторовим індексам. Визначено основні таблиці бази даних та їх взаємозв'язки, зокрема таблиці користувачів і ролей, територіальних ділянок, вибухонебезпечних об'єктів, маршрутів, результатів обстежень, фотофіксації, звітів та журналу змін.

Крім того, сформовано концептуальну, логічну та фізичну моделі бази даних, що дозволило забезпечити цілісність даних, визначити типи полів, первинні та зовнішні ключі, а також обмеження та механізми контролю доступу. Запропонована структура є масштабованою і може бути розширена додатковими сутностями відповідно до потреб майбутнього розвитку системи.

Таким чином, у другому розділі сформовано проектну основу для подальшої реалізації геоінформаційної системи: визначено архітектуру, основні програмні модулі, структуру бази даних та принципи зберігання геопросторових даних. Отримані результати створюють передумови для розроблення програмного прототипу системи, реалізації API, інтерфейсів користувача та впровадження аналітичних функцій у наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

3.1 Вимоги до програмного забезпечення розробки

Для реалізації геоінформаційної системи картографування і моніторингу замінованих територій необхідно визначити програмне забезпечення, яке забезпечить розробку, тестування та впровадження системи відповідно до поставлених вимог. Оскільки система передбачає використання клієнт-серверної архітектури, роботу з геопросторовими даними, інтеграцію картографічних сервісів, а також підтримку мобільного клієнта, програмне забезпечення має забезпечувати можливість комплексної розробки frontend, backend та бази даних.

Для створення серверної частини, клієнтського інтерфейсу та мобільного застосунку необхідне використання сучасних інтегрованих середовищ розробки (IDE), які підтримують відповідні мови програмування та інструменти.

До рекомендованих засобів розробки належать:

Visual Studio Code – універсальне середовище розробки для програмування на JavaScript, Python, TypeScript;

PyCharm – IDE для розробки серверної частини на Python;

Android Studio або Flutter SDK – середовище для розробки мобільного застосунку;

IntelliJ IDEA – можливе використання для backend та frontend проєктів.

Ці середовища повинні підтримувати систему керування версіями Git, роботу з віддаленими репозиторіями та інтеграцію з інструментами тестування.

Серверна частина системи забезпечує реалізацію бізнес-логіки, взаємодію з базою даних, автентифікацію користувачів та доступ до функцій просторового аналізу. Для її реалізації доцільним є використання одного з сучасних фреймворків.

Основні програмні засоби мова програмування: Python 3.10+ або Node.js JavaScript/TypeScript. Серверний фреймворк: Django / Django REST Framework або FastAPI. Реалізація API: REST API з підтримкою JSON. Бібліотеки для роботи з геоданими: GeoDjango, Shapely, GeoPandas. Бібліотеки для авторизації: JWT JSON Web Token.

Також необхідне використання програмних засобів для тестування API (Postman або Swagger UI).

Клієнтська частина системи включає веб-інтерфейс для координаторів та аналітиків, який повинен забезпечувати роботу з картою, фільтрацію даних, перегляд об'єктів та формування звітів.

Для розробки веб-інтерфейсу рекомендовано мова програмування: JavaScript / TypeScript. Фреймворк: React.js або Angular. Бібліотека для картографії: Leaflet.js або Mapbox GL JS. Інструменти UI: Bootstrap, Material UI або Tailwind CSS.

Веб-клієнт повинен підтримувати інтеграцію з REST API та забезпечувати авторизацію користувачів.

Мобільний застосунок використовується саперами для збору даних у польових умовах, тому він повинен підтримувати роботу з GPS, фотофіксацію, офлайн-режим і синхронізацію даних.

Для розробки мобільного клієнта рекомендовано середовище Flutter SDK або Android Studio. Мова програмування: Dart Flutter або Kotlin Android. База даних для offline-режиму SQLite. Бібліотеки для геолокації: Geolocator API. Модулі синхронізації HTTP-клієнти з підтримкою відкладених запитів.

Flutter є доцільним вибором, оскільки дозволяє розробляти застосунок як для Android, так і для iOS, що підвищує універсальність рішення.

Для збереження просторових даних і забезпечення виконання геоаналітичних операцій необхідно використовувати СУБД, яка підтримує географічні типи даних.

Основні вимоги до СУБД PostgreSQL 14+, розширення PostGIS, інструмент адміністрування pgAdmin 4, підтримка SQL-запитів і просторових функцій ST_Buffer, ST_Within, ST_Distance.

Для інтеграції бази даних із сервером необхідні драйвери підключення psycopg2 для Python або pg для Node.js.

Для організації командної роботи та забезпечення контролю змін у проєкті необхідно використовувати систему керування версіями.

Рекомендовані засоби Git – система контролю версій. GitHub / GitLab – платформа для зберігання репозиторію. Підтримка CI/CD за потреби для автоматизованого тестування та розгортання.

Для перевірки працездатності системи необхідно застосовувати програмні засоби тестування.

До таких засобів належать Postman – тестування REST API, Swagger/OpenAPI – документування та тестування API, PyTest / UnitTest – модульне тестування серверної частини, Jest – тестування веб-клієнта, Flutter Test – тестування мобільного застосунку.

Для забезпечення можливості швидкого розгортання системи на сервері рекомендовано використовувати засоби контейнеризації.

Основні засоби Docker – контейнеризація компонентів backend, database, frontend. Docker Compose – керування багатоконтейнерним середовищем. Nginx – веб-сервер і reverse proxy.

Контейнеризація забезпечує переносимість системи та спрощує налаштування середовища для тестування й експлуатації.

Для розроблення геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій необхідне використання комплексу програмних засобів, які забезпечують створення веб- та мобільного інтерфейсу, серверної частини та геопросторової бази даних. Використання PostgreSQL/PostGIS, сучасних фреймворків для backend і frontend, а також застосування Docker та Git дозволяє забезпечити масштабованість, надійність і ефективність розробки системи відповідно до сучасних вимог.

3.2 Вимоги до апаратного забезпечення розробки

Для забезпечення ефективної розробки, тестування та подальшого впровадження геоінформаційної системи картографування і моніторингу замінованих територій необхідно визначити вимоги до апаратного забезпечення. Оскільки система передбачає роботу з геопросторовими даними, обробку картографічної інформації, використання бази даних PostGIS, серверної частини та клієнтських застосунків (веб і мобільного), апаратне забезпечення має забезпечувати достатню продуктивність для виконання всіх етапів розробки.

Апаратне забезпечення, необхідне для реалізації проєкту, умовно поділяється на три категорії: робоча станція розробника, сервер для тестування системи та мобільні пристрої для тестування польового застосунку.

Робоча станція розробника використовується для програмування, моделювання бази даних, тестування API, роботи з GIS-інструментами та запуску контейнеризованого середовища (Docker). У процесі розробки можуть одночасно використовуватись IDE, сервер локального тестування, PostgreSQL/PostGIS, інструменти аналізу геоданих та браузері для тестування веб-інтерфейсу.

Мінімальні рекомендовані характеристики робочої станції процесор CPU 4-ядерний Intel Core i5 / AMD Ryzen 5 або еквівалент. Оперативна пам'ять RAM не менше 8 ГБ, накопичувач SSD від 256 ГБ, відеоадаптер інтегрований або дискретний з підтримкою OpenGL для GIS-візуалізації. Мережевий інтерфейс Ethernet або Wi-Fi з доступом до Інтернету. Операційна система Windows 10/11, Linux або macOS.

Оптимальні характеристики для комфортної розробки та тестування процесор Intel Core i7 / AMD Ryzen 7. RAM 16 ГБ або більше. SSD: 512 ГБ і більше. Відеокарта дискретна за потреби обробки 3D-карт або даних БПЛА.

Використання SSD-диску є обов'язковим, оскільки значно пришвидшує роботу бази даних, компіляцію проєкту та запуск контейнерів Docker.

Для тестування серверної частини GIS та бази даних необхідний сервер або віртуальна машина, на якій буде розгорнуто backend, PostGIS та веб-інтерфейс. Сервер забезпечує перевірку працездатності системи в умовах, наближених до реальної експлуатації, а також тестування навантаження та одночасного доступу користувачів.

Мінімальні характеристики тестового серверу CPU 4 ядра, RAM 8 ГБ, накопичувач SSD від 100 ГБ, мережеве підключення стабільний доступ до мережі бажано Ethernet. Операційна система Linux Ubuntu Server 20.04+ або Debian.

Рекомендовані характеристики для повноцінного тестування CPU 6–8 ядер, RAM 16 ГБ, SSD 250 ГБ і більше. Резервне сховище для створення резервних копій бази даних.

У разі використання Docker-контейнерів сервер має підтримувати віртуалізацію та контейнеризацію.

Оскільки система передбачає використання мобільного застосунку для саперів у польових умовах, необхідно забезпечити тестування роботи програми на реальних мобільних пристроях. Особливу увагу слід приділяти точності GPS, роботі з камерою, offline-збереженню даних та синхронізації.

Мінімальні вимоги до мобільного пристрою операційна система Android 9.0+ або iOS 13+. RAM 3 ГБ, пам'ять пристрою 32 ГБ, GPS-модуль обов'язкова підтримка високоточного визначення координат, камера 8 Мп і вище. Підтримка мобільного інтернету 4G/5G або Wi-Fi.

Рекомендовано тестувати систему на кількох пристроях різних моделей для перевірки сумісності, продуктивності та роботи з геолокацією.

Для ефективної розробки та тестування системи необхідне надійне мережеве середовище. Зокрема, повинна бути можливість тестування роботи

системи в умовах нестабільного зв'язку, оскільки мобільний застосунок може працювати в offline-режимі.

Основними вимогами є доступ до Інтернету зі швидкістю не менше 20 Мбіт/с. Можливість підключення через локальну мережу для тестування API. Наявність маршрутизатора або комутатора для організації тестового середовища.

Для виконання окремих завдань під час розробки та тестування системи може використовуватись додаткове обладнання GPS-приймачі для перевірки точності геоданих, принтер або МФУ для друку звітів, карт і протоколів. Зовнішній накопичувач для резервного копіювання даних. Дрон або симулятор даних БПЛА опційно, для тестування інтеграції аерофотозйомки).

Для розробки геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій необхідне апаратне забезпечення, яке здатне підтримувати роботу сучасних середовищ програмування, геоінформаційних інструментів, бази даних PostgreSQL/PostGIS та контейнеризованих сервісів. Рекомендовані характеристики робочої станції розробника та тестового серверу забезпечують достатню продуктивність для обробки геопросторових даних, виконання аналітичних операцій та тестування системи в умовах, наближених до реального використання.

3.3 Діаграма розгортання системи

Діаграма розгортання Deployment Diagram, відображає фізичне розміщення компонентів геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій на апаратних та програмних платформах, а також взаємодію між ними через мережу. Вона демонструє, на яких пристроях або серверах розгортаються основні модулі системи, які технології використовуються та які канали зв'язку забезпечують обмін даними.

У проєктованій геоінформаційній системі можна виділити кілька ключових вузлів node, на яких розміщуються програмні компоненти.

1. Мобільний пристрій сапера Mobile Device

Цей вузол використовується саперами у польових умовах для збору інформації. На мобільному пристрої встановлено мобільний застосунок, який забезпечує фіксацію координат, введення опису об'єкта, фотофіксацію та оновлення статусу території.

Розгортаються компоненти мобільний застосунок Flutter/Android, локальна база даних SQLite для offline-режиму, модуль GPS-навігації, модуль камери та фотофіксації.

Особливість в підтримці автономної роботи без доступу до Інтернету.

2. Робоча станція координатора/аналітика Client PC

Цей вузол використовується координаторами та аналітиками для перегляду карти, аналізу територій, планування маршрутів і формування звітів.

Розгортаються компоненти веб-браузер Chrome, Firefox, Edge. Доступ до веб-інтерфейсу системи React/Angular). Функції робота з інтерактивною картою, фільтрація даних, формування завдань саперам.

3. Веб-сервер (Web Server)

На веб-сервері розгортається фронтенд системи, який надає користувачам веб-інтерфейс для роботи через браузер.

Розгортаються компоненти Nginx/Apache web server, frontend застосунок React/Angular. Модуль передачі запитів до API-сервера (reverse проху).

4. Сервер застосунків (Application Server / API Server)

Цей вузол є основним компонентом системи, що забезпечує реалізацію бізнес-логіки, обробку запитів, автентифікацію, авторизацію та взаємодію з базою даних.

Розгортаються компоненти backend Python Django/FastAPI або Node.js. REST API. Модуль JWT-автентифікації. Модуль валідації даних. Аналітичний модуль обчислення ризику. Модуль генерації звітів.

Сервер застосунків взаємодіє як із веб-клієнтом, так і з мобільним застосунком.

5. Сервер бази даних Database Server

На сервері бази даних розміщується центральне сховище системи. Він зберігає геопросторову та атрибутивну інформацію, забезпечує просторові запити та аналітику.

Розгортаються компоненти PostgreSQL, PostGIS, просторові індекси GiST, механізми резервного копіювання Backup.

6. Файлове сховище File Storage

Окремий вузол або сервіс для зберігання мультимедійних даних фотофіксації, звітів, документів.

Розгортаються компоненти файловий сервер або хмарне сховище S3-сумісне, каталог для фото, каталог для PDF/Excel-звітів.

Для передачі інформації між компонентами використовуються такі канали зв'язку HTTPS-з'єднання між клієнтами та сервером захищений обмін даними. REST API для взаємодії мобільного застосунку та веб-інтерфейсу із сервером. SQL-з'єднання між сервером застосунків і сервером бази даних. FTP/SFTP або API-з'єднання між сервером застосунків і файловим сховищем.

Сценарій 1. Додавання вибухонебезпечного об'єкта. Сапер через мобільний застосунок вводить дані про об'єкт. Дані надсилаються через HTTPS до API-сервера. API-сервер перевіряє доступ та зберігає дані у PostGIS. Фотофіксація зберігається у файловому сховищі. Веб-клієнт координатора отримує оновлені дані та відображає об'єкт на карті.

Сценарій 2. Аналіз ризику та формування звіту. Аналітик через веб-інтерфейс надсилає запит на формування звіту. API-сервер виконує просторовий аналіз через PostGIS. Аналітичний модуль обчислює ризик та формує статистику. Генерується PDF/Excel-звіт і зберігається у файловому сховищі. Користувач отримує доступ до звіту через веб-інтерфейс.

Діаграма розгортання геоінформаційної системи
моніторингу замінованих територій

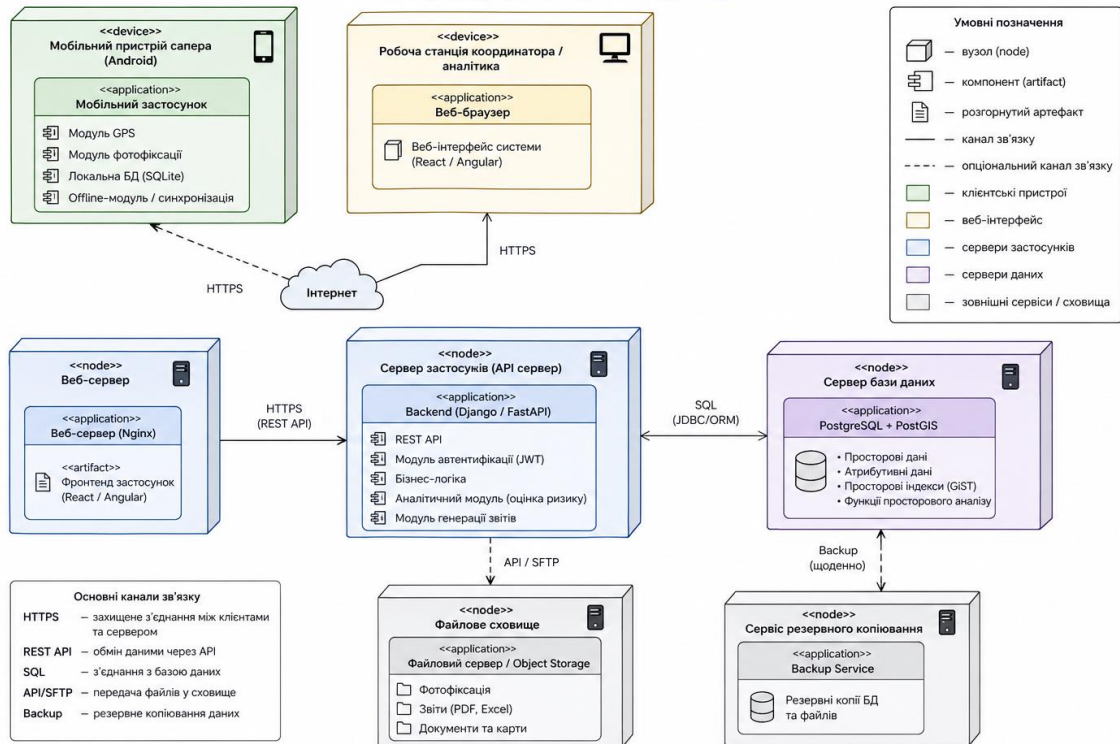


Рисунок 3.1 – Діаграма розгортання системи

Діаграма розгортання геоінформаційної системи демонструє розподілену структуру, у якій мобільні пристрої саперів та робочі станції координаторів взаємодіють із серверною частиною через захищене HTTPS-з'єднання. Основними серверними вузлами є веб-сервер, сервер застосунків та сервер бази даних PostgreSQL/PostGIS, які забезпечують зберігання, обробку та аналіз геопросторової інформації. Наявність файлового сховища забезпечує ефективне збереження фотофіксації та звітної документації. Запропонована модель розгортання є масштабованою, надійною та відповідає вимогам безпеки й функціональності системи.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі визначено основні вимоги до програмного та апаратного забезпечення, необхідного для розроблення й впровадження геоінформаційної системи картографування і моніторингу замінованих територій. Обґрунтовано вибір сучасних програмних засобів, які забезпечують реалізацію клієнт-серверної архітектури, роботу з

геопросторовими даними, підтримку мобільного застосунку та інтеграцію з картографічними сервісами.

У підрозділі 3.1 розглянуто програмні інструменти, необхідні для розробки системи. Визначено, що доцільним є використання PostgreSQL з розширенням PostGIS як основного сховища геоданих, серверного фреймворку для реалізації REST API, а також сучасних технологій веб-розробки для створення інтерфейсу користувача. Додатково визначено необхідність використання засобів тестування, системи контролю версій та контейнеризації для забезпечення стабільності та масштабованості проєкту.

У підрозділі 3.2 сформовано вимоги до апаратного забезпечення, яке забезпечує ефективну розробку та тестування системи. Встановлено мінімальні та рекомендовані характеристики робочої станції розробника, серверного обладнання та мобільних пристроїв, необхідних для перевірки функціонування мобільного модуля в польових умовах. Обґрунтовано необхідність використання SSD-накопичувачів, достатнього обсягу оперативної пам'яті та стабільного мережевого підключення для роботи з геоінформаційними даними.

Також у розділі розглянуто принципи розгортання системи та визначено основні вузли її функціонування: мобільний клієнт, веб-клієнт, сервер застосунків, сервер бази даних та файлове сховище. Описано канали взаємодії між компонентами через захищені протоколи передачі даних, що забезпечує необхідний рівень інформаційної безпеки.

Таким чином, у третьому розділі сформовано комплекс вимог до технічного та програмного середовища, що створює практичну основу для реалізації прототипу геоінформаційної системи та забезпечує можливість її подальшого впровадження й експлуатації в реальних умовах.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні положення

Охорона праці є важливою складовою під час виконання будь-яких робіт, пов'язаних із проєктуванням та розробленням інформаційних систем. Особливістю даної бакалаврської роботи є те, що предмет дослідження стосується моніторингу замінованих територій, що має підвищений рівень ризику для персоналу, який безпосередньо виконує роботи в польових умовах. Разом із тим, процес створення геоінформаційної системи здійснюється переважно у комп'ютерному середовищі, тому основними небезпечними та шкідливими факторами є вплив електромагнітного випромінювання, перевтома, ризику для зору та опорно-рухового апарату, а також можливі психоемоційні навантаження.

Метою цього розділу є аналіз умов праці під час розробки геоінформаційної системи, визначення потенційно небезпечних факторів та розроблення заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці відповідно до чинного законодавства України.

4.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Під час виконання робіт з розроблення та тестування програмного забезпечення працівник (розробник або аналітик) тривалий час перебуває за персональним комп'ютером. Основні небезпечні та шкідливі фактори, що можуть виникати, наведено нижче:

Фізичні фактори: підвищений рівень шуму від системного блоку, вентиляторів та іншої техніки; електромагнітне випромінювання від монітора та обладнання; можливі перепади напруги.

Ергономічні фактори: незручне робоче місце, неправильна посадка, тривале статичне навантаження на хребет, м'язи ший та рук.

Психофізіологічні фактори: високий рівень розумового навантаження, необхідність тривалої концентрації уваги, робота з великими обсягами інформації, стрес у процесі розробки.

Фактори зорового навантаження: тривале перебування перед екраном монітора, що може призводити до зниження гостроти зору, сухості очей та втоми.

Також слід враховувати ризики, пов'язані з експлуатацією електрообладнання, зокрема ймовірність ураження електричним струмом у разі порушення правил техніки безпеки або несправності обладнання.

4.3 Вимоги до організації робочого місця розробника

Для забезпечення безпечних та комфортних умов праці робоче місце програміста повинно відповідати санітарно-гігієнічним та ергономічним вимогам. Організація робочого місця передбачає правильне розташування комп'ютера, меблів та освітлення.

Робочий стіл повинен мати достатню площу для розміщення монітора, клавіатури, миші та документації. Стілець має бути регульованим по висоті та куту нахилу спинки, забезпечувати підтримку поперекового відділу хребта.

Монітор слід розміщувати на відстані 50–70 см від очей користувача, верхній край екрана має знаходитися на рівні очей або трохи нижче. Клавіатура повинна розміщуватись на відстані 10–30 см від краю столу для зручного розташування рук.

Для запобігання перенапруженню зору освітлення повинно бути рівномірним, без відблисків на екрані. Рекомендовано використовувати природне освітлення, а також додаткове штучне освітлення у вигляді настільної лампи.

4.4 Вимоги до мікроклімату та освітлення

Мікроклімат робочого приміщення повинен забезпечувати комфортні умови праці та відповідати санітарним нормам. Основними параметрами є температура, вологість та швидкість руху повітря.

Рекомендовані параметри мікроклімату температура повітря 20–24 °С. Відносна вологість 40–60%. Швидкість руху повітря не більше 0,1–0,2 м/с.

Приміщення повинно регулярно провітрюватися, а у разі потреби використовувати кондиціонери або системи вентиляції.

Освітлення робочого місця має відповідати нормам та забезпечувати відсутність різких контрастів. Рівень освітленості робочої поверхні повинен становити не менше 300–500 лк.

4.5 Електробезпека

Електробезпека є важливим аспектом охорони праці при роботі з комп'ютерною технікою. Основними причинами ураження електричним струмом можуть бути пошкоджені кабелі, несправні розетки, відсутність заземлення та неправильна експлуатація обладнання.

Для запобігання нещасним випадкам необхідно використовувати справне електрообладнання, забезпечити заземлення комп'ютерної техніки, застосовувати мережеві фільтри та стабілізатори напруги, не торкатися електроприладів мокрими руками, проводити періодичну перевірку стану проводки та розеток.

4.6 Пожежна безпека

У приміщеннях, де використовується комп'ютерна техніка, існує ризик виникнення пожежі внаслідок короткого замикання, перегріву обладнання або неправильного використання електроприладів.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно дотримуватися правил експлуатації електрообладнання, не перевантажувати електромережу, не залишати ввімкнену техніку без нагляду, забезпечити наявність справного вогнегасника вуглекислотного або порошкового, дотримуватися плану евакуації та правил поведінки у разі пожежі.

4.7 Режим праці та відпочинку

Під час роботи за комп'ютером необхідно дотримуватися режиму праці та відпочинку для запобігання перевтомі. Тривала робота без перерв може призвести до зниження працездатності, розвитку захворювань опорно-рухового апарату та погіршення зору.

Рекомендовано робити перерву 10–15 хвилин після кожної години роботи, виконувати вправи для очей, робити розминку для рук, шиї та спини, чергувати види діяльності (робота з текстом, програмування, аналіз даних).

4.8 Особливості безпеки при використанні GIS-систем у польових умовах

Оскільки розроблювана система призначена для роботи із замінованими територіями, слід враховувати, що мобільний застосунок буде використовуватись саперами у небезпечних умовах. У зв'язку з цим необхідно забезпечити максимальну простоту інтерфейсу, щоб зменшити час взаємодії з пристроєм. Можливість швидкого внесення даних без тривалого перебування на місцевості, підтримку offline-режиму, щоб уникнути залежності від зв'язку. Захист даних у разі втрати або пошкодження пристрою, автоматичне збереження введеної інформації.

Також необхідно наголосити, що використання інформаційної системи не замінює дотримання правил безпеки під час розмінування. Саперні підрозділи повинні діяти відповідно до інструкцій та регламентів, використовувати засоби індивідуального захисту та виконувати роботи лише після попереднього обстеження території.

Висновки до розділу 4

У розділі охорони праці проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що виникають під час розробки геоінформаційної системи моніторингу замінованих територій. Встановлено, що основними ризиками є перевтома, зорове перенапруження, статичне навантаження на опорно-руховий апарат, а також небезпека ураження електричним струмом і виникнення пожежі.

Запропоновано основні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці, зокрема організацію ергономічного робочого місця, дотримання норм освітлення і мікроклімату, виконання правил електро- та пожежної безпеки, а також дотримання режиму праці та відпочинку. Додатково враховано

специфіку використання GIS-системи в польових умовах, що потребує мінімізації часу роботи з мобільним пристроєм та забезпечення надійності збереження даних.

Таким чином, дотримання запропонованих заходів охорони праці забезпечує безпечні умови розробки та експлуатації геоінформаційної системи, а також сприяє збереженню здоров'я користувачів і підвищенню ефективності їхньої роботи.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської роботи на тему «Системний аналіз та проектування геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій» було розглянуто актуальну проблему забезпечення безпеки населення та ефективної організації робіт з гуманітарного розмінування. Встановлено, що значні площі територій потребують постійного контролю, оперативного оновлення інформації та впровадження сучасних цифрових рішень для ведення обліку вибухонебезпечних об'єктів і небезпечних зон.

У межах роботи виконано аналіз предметної області, визначено основні інформаційні потоки, проблеми та особливості процесів моніторингу замінованих територій. Проведено аналіз існуючих геоінформаційних рішень, який показав, що наявні системи мають обмеження щодо універсальності, інтеграції з мобільними засобами збору даних, підтримки offline-режиму та автоматизованого формування аналітичної звітності. Це підтвердило необхідність розроблення комплексної GIS-системи, орієнтованої на специфіку гуманітарного розмінування.

На основі проведеного дослідження сформовано концепцію геоінформаційної системи, яка забезпечує централізоване збереження геопросторових даних, підтримку мобільного введення інформації саперними підрозділами, формування зон ризику та аналітичних звітів. Для реалізації концепції було визначено ключові функціональні модулі системи та описано основні сценарії її використання.

У роботі виконано проектування архітектури системи, обґрунтовано доцільність використання клієнт-серверного підходу з розподілом функцій між веб-інтерфейсом, мобільним застосунком, сервером бізнес-логіки та базою даних. Визначено програмні технології, які забезпечують реалізацію системи, зокрема використання PostgreSQL/PostGIS для роботи з просторовими даними та застосування REST API для взаємодії між компонентами.

Розроблено структуру бази даних та сформовано концептуальну, логічну й фізичну моделі, які дозволяють зберігати інформацію про заміновані ділянки, вибухонебезпечні об'єкти, маршрути, обстеження, фотофіксацію, звіти та журнал змін. Запропонована модель забезпечує цілісність даних, масштабованість та можливість подальшого розвитку системи.

У межах дослідження також визначено математичне забезпечення, необхідне для функціонування GIS, зокрема методи просторового аналізу, оцінювання ризиків, побудови буферних зон та визначення пріоритетності ділянок для розмінування. Розроблено UML-діаграми, які відображають взаємодію користувачів із системою та логіку її функціонування, зокрема Use Case, діаграму послідовності та діаграму розгортання.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці, визначено основні небезпечні фактори під час роботи за комп'ютером та запропоновано заходи щодо забезпечення безпечних умов праці. Враховано специфіку експлуатації системи в польових умовах, що потребує підтримки offline-режиму та мінімізації часу взаємодії сапера з мобільним пристроєм у небезпечній зоні.

Таким чином, у результаті виконання бакалаврської роботи досягнуто поставленої мети — проведено системний аналіз та здійснено проєктування геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій. Запропоноване рішення може бути використане як основа для створення програмного прототипу та подальшого впровадження в діяльність організацій, що здійснюють моніторинг і гуманітарне розмінування. Реалізація такої системи сприятиме підвищенню ефективності координації робіт, зменшенню ризиків для населення та прискоренню процесу відновлення безпечного використання територій України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖРЕЛ

1. Claramunt, C., Tout, K., Saliba, A., & Zaki, C. (2024). Bridging human expertise with machine learning and GIS for mine type prediction and classification. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(7), 259. <https://doi.org/10.3390/ijgi13070259>
2. European Commission. (2021). Guidelines on open data and public sector information reuse. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/en/publications>
3. Killeen, J., Jaupi, L., & Barrett, B. (2022). Impact assessment of humanitarian demining using object-based peri-urban land cover classification and morphological building detection from VHR WorldView imagery. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27, 100766. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100766>
4. Open Geospatial Consortium. (2021). OGC API standards for geospatial data services. Open Geospatial Consortium. <https://www.ogc.org/standards/>
5. QGIS Development Team. (2024). QGIS geographic information system: User guide and documentation. QGIS Association. <https://www.qgis.org/en/docs/>
6. PostgreSQL Global Development Group. (2024). PostgreSQL documentation (Version 16). <https://www.postgresql.org/docs/>
7. PostGIS Project Steering Committee. (2024). PostGIS documentation: Spatial and geographic objects for PostgreSQL. <https://postgis.net/documentation/>
8. United Nations Mine Action Service. (2023). IMAS: International mine action standards (latest edition). United Nations. <https://www.mineactionstandards.org/>
9. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2022). Humanitarian data exchange (HDX) documentation and standards. United Nations. <https://data.humdata.org/>

10. World Bank. (2020). Geospatial analysis for disaster risk management and recovery planning. World Bank Publications.
<https://documents.worldbank.org/>

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ

1. Загальні відомості

Найменування системи «Геоінформаційна система моніторингу замінованих територій» далі – ГІС.

Підстава для розробки тема КБР актуальність якої полягає в необхідності підвищення ефективності управління процесами гуманітарного розмінування та створення єдиного інформаційного середовища для обліку замінованих територій, вибухонебезпечних предметів і результатів обстежень.

Замовник кафедра ІУСТ.

Розробник здобувач бакалаврської роботи спеціальності «Системний аналіз».

Терміни виконання відповідно до календарного плану бакалаврської роботи, 20.06.2026

2. Мета та призначення системи

Мета розробки створення універсальної геоінформаційної системи, яка забезпечить централізоване картографування, моніторинг і аналіз замінованих територій, підтримку прийняття рішень щодо пріоритетності розмінування та формування звітної документації.

Призначення системи система призначена для використання координаторами, аналітиками, саперними групами та адміністраторами для ведення обліку небезпечних територій, виявлених вибухонебезпечних предметів, маршрутів, результатів обстежень та оперативного оновлення інформації на цифровій карті.

3. Характеристика об'єкта автоматизації

Об'єктом автоматизації є процеси моніторингу замінованих територій, що включають фіксацію координат небезпечних об'єктів, облік та класифікацію вибухонебезпечних предметів, визначення зон ризику, планування маршрутів саперних підрозділів, ведення історії обстежень і очищення територій, формування звітів для відповідальних органів.

4. Вимоги до функціоналу системи

4.1 Основні функції системи

Геоінформаційна система повинна забезпечувати виконання таких функцій відображення інтерактивної карти територій, нанесення на карту об'єктів точки, маршрути, полігони, створення та редагування ділянок територій, введення інформації про вибухонебезпечні об'єкти міни, боєприпаси тощо. Фіксація результатів обстежень ділянок, присвоєння статусу територіям необстежено, обстежується, очищено. Визначення рівня ризику територій, формування маршрутів для саперних груп, імпорт та експорт даних у форматах GeoJSON/KML/CSV, генерація звітів у PDF/Excel форматі, ведення журналу дій користувачів, збереження фотофіксації та документів.

4.2 Функції мобільного застосунку

Мобільний застосунок повинен забезпечувати визначення GPS-координат об'єкта. Внесення інформації про знайдений вибухонебезпечний предмет. Додавання фотофіксації. Оновлення статусу ділянки, роботу в offline-режимі, синхронізацію даних із сервером після відновлення зв'язку.

4.3 Функції веб-інтерфейсу

Веб-інтерфейс повинен забезпечувати перегляд карти у реальному часі, фільтрацію об'єктів за типом, статусом, датою. Аналіз ризику територій, контроль виконання робіт, формування маршрутів, створення та друк звітів, адміністрування користувачів.

5. Вимоги до інформаційного забезпечення

5.1 Вхідна інформація

Вхідними даними є координати територій та об'єктів. Типи вибухонебезпечних предметів, результати обстежень, фотоматеріали, статуси ділянок, дані про маршрути, дані про користувачів.

5.2 Вихідна інформація

Вихідними даними є карта замінованих територій, таблиці з обліком небезпечних об'єктів, сформовані зони ризику, маршрути обстеження, звіти та аналітичні довідки, журнал змін і дій користувачів.

6. Вимоги до математичного забезпечення

Система повинна використовувати методи просторового аналізу, зокрема обчислення відстаней між об'єктами, побудову буферних зон навколо небезпечних точок, визначення перетину зон, класифікацію територій за рівнем ризику, багатокритеріальну оцінку пріоритетності ділянок, побудову маршрутів на основі графових алгоритмів (за необхідності).

7. Вимоги до програмного забезпечення

Для реалізації системи передбачається використання таких технологій Backend - Python Django/FastAPI або Node.js. Frontend: React.js / Angular. Mobile Flutter або Android Kotlin. Database PostgreSQL + PostGIS. Web Server Nginx/Apache. API: REST API JSON. Version Control Git GitHub/GitLab. Containerization: Docker, Docker Compose

8. Вимоги до технічного забезпечення

Мінімальні характеристики серверу CPU 4 ядра, RAM 8 ГБ, SSD 100 ГБ, мережеве підключення стабільний інтернет, ОС Linux Ubuntu Server.

Мінімальні характеристики робочої станції CPU Intel Core i5 або аналог. RAM 8 ГБ, SSD 256 ГБ.

Мінімальні характеристики мобільного пристрою Android 9.0+. RAM 3 ГБ. GPS. Камера 8 Мп+.

9. Вимоги до надійності та безпеки

Система повинна забезпечувати авторизацію та автентифікацію користувачів, рольову модель доступу RBAC, шифрування передачі даних через HTTPS, резервне копіювання бази даних, ведення журналу змін audit log. Захист від несанкціонованого доступу, можливість блокування користувачів адміністратором.

10. Вимоги до інтерфейсу користувача

Інтерфейс повинен бути зрозумілим і зручним, адаптивним підтримка різних екранів, орієнтованим на швидкий доступ до карти, забезпечувати пошук і фільтрацію об'єктів, підтримувати українську мову за потреби – англійську.

11. Вимоги до інтеграції

Система повинна підтримувати інтеграцію з картографічними сервісами OpenStreetMap. GPS-модулями мобільних пристроїв. Імпорт даних у форматах GeoJSON, KML, SHP. Можливістю підключення даних БПЛА або супутникових знімків опційно.

12. Вимоги до тестування

Система повинна пройти модульне тестування серверної частини, тестування API-запитів, тестування роботи бази даних та просторових операцій, тестування веб-інтерфейсу, тестування мобільного застосунку в online та offline режимах, перевірку правильності синхронізації даних.

13. Етапи розробки

Розробка системи здійснюється у кілька етапів: аналіз предметної області та формування вимог. Проєктування архітектури системи. Розробка концептуальної, логічної та фізичної моделі бази даних. Реалізація серверної частини API. Реалізація веб-інтерфейсу. Реалізація мобільного застосунку. Тестування системи та виправлення помилок. Підготовка документації користувача. Впровадження прототипу та підготовка демонстрації.

14. Очікувані результати

У результаті виконання технічного завдання має бути створено програмний прототип геоінформаційної системи, який забезпечує ведення централізованої бази геоданих. Відображення небезпечних зон на карті. Фіксацію вибухонебезпечних об'єктів із GPS-координатами. Формування зон ризику та аналітичних звітів. Підтримку роботи саперних груп через мобільний застосунок.

15. Документація, що має бути розроблена

Під час реалізації системи повинна бути підготовлена документація технічне завдання, опис архітектури системи, ER-діаграми бази даних, UML-діаграми Use Case, Sequence, Deployment, інструкція користувача, звіт з тестування.

16. Умови експлуатації

Система повинна функціонувати у мережевому режимі через Інтернет або локальну мережу, із підтримкою offline режиму для мобільних пристроїв, у режимі багатокористувацького доступу.

17. Порядок приймання системи

Приймання системи здійснюється шляхом перевірки відповідності реалізованого функціоналу вимогам ТЗ. Тестування основних сценаріїв роботи. Демонстрації роботи системи з реальними або тестовими даними. Перевірки коректності формування звітів та відображення інформації на карті.

Висновок. Дане технічне завдання визначає основні вимоги до розроблення геоінформаційної системи для картографування і моніторингу замінованих територій. Реалізація системи дозволить автоматизувати процеси обліку небезпечних зон, підвищити ефективність управління гуманітарним розмінуванням та забезпечити підтримку прийняття рішень на основі актуальних геопросторових даних.

ДОДАТОК Б. ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

1. Загальні положення

Дана інструкція користувача призначена для ознайомлення з правилами роботи в геоінформаційній системі (ГІС) картографування і моніторингу замінованих територій. Інструкція описує порядок авторизації користувачів, основні функції системи, принципи роботи з картою, додавання об'єктів, формування маршрутів, ведення обстежень та створення звітів.

ГІС призначена для використання саперами та польовими групами через мобільний застосунок. Координаторами та аналітиками через веб-інтерфейс. Адміністраторами для управління користувачами та системою).

2. Вимоги для роботи із системою

Для роботи із системою необхідно.

2.1 Для веб-версії персональний комп'ютер або ноутбук, браузер Google Chrome, Mozilla Firefox або Microsoft Edge, доступ до мережі Інтернет.

2.2 Для мобільної версії смартфон або планшет з ОС Android 9.0+ або iOS 13+. Доступ до GPS, камера для фотофіксації, доступ до Інтернету для синхронізації даних.

3. Вхід у систему

3.1 Авторизація користувача

Відкрийте веб-сайт системи у браузері або запустіть мобільний застосунок.

На екрані з'явиться форма входу.

Введіть логін (email) та пароль.

Натисніть кнопку «Увійти».

У разі правильного введення даних користувач буде перенаправлений до головного меню.

3.2 Відновлення доступу

Якщо користувач забув пароль, необхідно звернутися до адміністратора системи для скидання пароля або створення нового облікового запису.

4. Головне меню системи

Після входу користувач бачить головну сторінку, яка містить такі основні розділи:

Карта – перегляд та робота з об'єктами на карті;

Ділянки – список територій, їх статуси та рівні ризику;

Об'єкти – список виявлених вибухонебезпечних предметів;

Маршрути – планування та перегляд маршрутів;

Обстеження – результати виконаних перевірок територій;

Звіти – формування та перегляд звітів;

Адміністрування (для адміністратора) – управління користувачами та довідниками.

Доступ до функцій залежить від ролі користувача (сапер, координатор, аналітик, адміністратор).

5. Робота з картою

5.1 Перегляд карти

У розділі «Карта» відображається інтерактивна карта із нанесеними об'єктами небезпечні точки вибухонебезпечні предмети, полігони замінованих ділянок, маршрути саперних груп.

Користувач може збільшувати/зменшувати масштаб, переміщувати карту, переглядати об'єкти при натисканні.

5.2 Фільтрація об'єктів

Для зручності доступні фільтри за типом об'єкта міна, НВП, боєприпас тощо. За статусом активний, знешкоджений. За датою додавання, за рівнем ризику території. Після вибору фільтрів натисніть «Застосувати», і карта оновиться.

6. Додавання вибухонебезпечного об'єкта (сапер)

6.1 Додавання через мобільний застосунок

Відкрийте розділ «Додати об'єкт».

Натисніть кнопку «Отримати координати» (координати визначаються автоматично через GPS).

Виберіть тип загрози зі списку.

Додайте короткий опис об'єкта.

За необхідності додайте фото (натисніть «Зробити фото»).

Натисніть кнопку «Зберегти».

Після цього об'єкт буде збережено в системі або у локальній пам'яті, якщо немає інтернет-з'єднання.

6.2 Offline-режим

Якщо інтернет відсутній система зберігає дані локально, при відновленні зв'язку користувач натискає кнопку «Синхронізувати».

7. Робота з ділянками території

7.1 Створення ділянки (координатор/аналітик)

Перейдіть у розділ «Ділянки».

Натисніть «Створити ділянку».

Вкажіть назву ділянки.

На карті виділіть межі ділянки (побудуйте полігон).

Встановіть статус (необстежена, обстежується, очищена).

Вкажіть початковий рівень ризику.

Натисніть «Зберегти».

7.2 Оновлення статусу ділянки

Оберіть ділянку зі списку.

Натисніть «Редагувати».

Змініть статус або ризик.

Натисніть «Зберегти зміни».

8. Обстеження території

8.1 Додавання результатів обстеження

Перейдіть у розділ «Обстеження».

Натисніть «Додати обстеження».

Виберіть ділянку території.

Вкажіть дату обстеження.

Внесіть результат (знайдено/не знайдено/частково очищено).

Додайте примітку.

Натисніть «Зберегти».

Після цього система оновлює інформацію про ділянку та її статус.

9. Формування маршрутів

9.1 Створення маршруту

Перейдіть у розділ «Маршрути».

Натисніть «Створити маршрут».

Вкажіть назву маршруту.

Оберіть ділянку території.

На карті задайте маршрут (лінія або послідовність точок).

Натисніть «Зберегти маршрут».

Маршрут буде доступний саперам у мобільному застосунку.

10. Формування звітів

10.1 Створення звіту

Перейдіть у розділ «Звіти».

Натисніть «Створити звіт».

Оберіть тип звіту звіт по ділянках, звіт по вибухонебезпечних об'єктах, звіт по обстеженнях, аналітичний звіт по ризиках.

Вкажіть параметри (період, ділянка, тип об'єктів).

Натисніть «Сформувати».

Після формування звіт можна переглянути у системі, завантажити у форматі PDF або Excel.

11. Адміністрування системи (для адміністратора)

11.1 Управління користувачами

Адміністратор може створювати нових користувачів, призначати ролі, блокувати або видаляти користувачів, скидати паролі.

Для цього необхідно Перейти у розділ «Адміністрування».

Обрати пункт «Користувачі».

Виконати необхідну дію (додати/редагувати/видалити).

11.2 Управління довідниками

Адміністратор може редагувати:

типи загроз;

рівні ризику;

статуси ділянок.

12. Журнал дій (Audit Log)

Система автоматично фіксує всі важливі операції додавання або редагування об'єктів. Зміну статусів територій. Формування звітів. Синхронізацію даних.

Журнал доступний адміністраторам і координаторам у розділі «Журнал змін».

13. Завершення роботи

Для завершення роботи необхідно Натиснути на кнопку «Вийти» у верхньому меню.

Після виходу користувач повертається на сторінку авторизації.

14. Типові помилки та рекомендації

Проблема	Причина	Рішення
Не вдається увійти в систему	неправильний пароль або логін	перевірити введені дані або звернутися до адміністратора
Не визначаються координати	GPS вимкнений або слабкий сигнал	увімкнути GPS, вийти на відкриту місцевість
Дані не синхронізуються	відсутній Інтернет	перевірити мережу та повторити синхронізацію
Карта не завантажується	проблема з браузером або мережею	оновити сторінку або перевірити підключення

15. Заходи безпеки під час використання системи не передавати пароль стороннім особам, використовувати складні паролі, виходити з системи після завершення роботи, не вводити дані в небезпечній зоні без дотримання

правил розмінування, у разі втрати мобільного пристрою негайно повідомити адміністратора.

Висновок. Дана інструкція користувача описує основні принципи роботи в геоінформаційній системі моніторингу замінованих територій. Дотримання викладених правил забезпечує правильне використання функціоналу системи, оперативне внесення даних, актуальність інформації на карті та підвищення ефективності планування робіт із гуманітарного розмінування.

ДОДАТОК В – ЕКРАННІ ФОРМИ РОЗРОБКИ

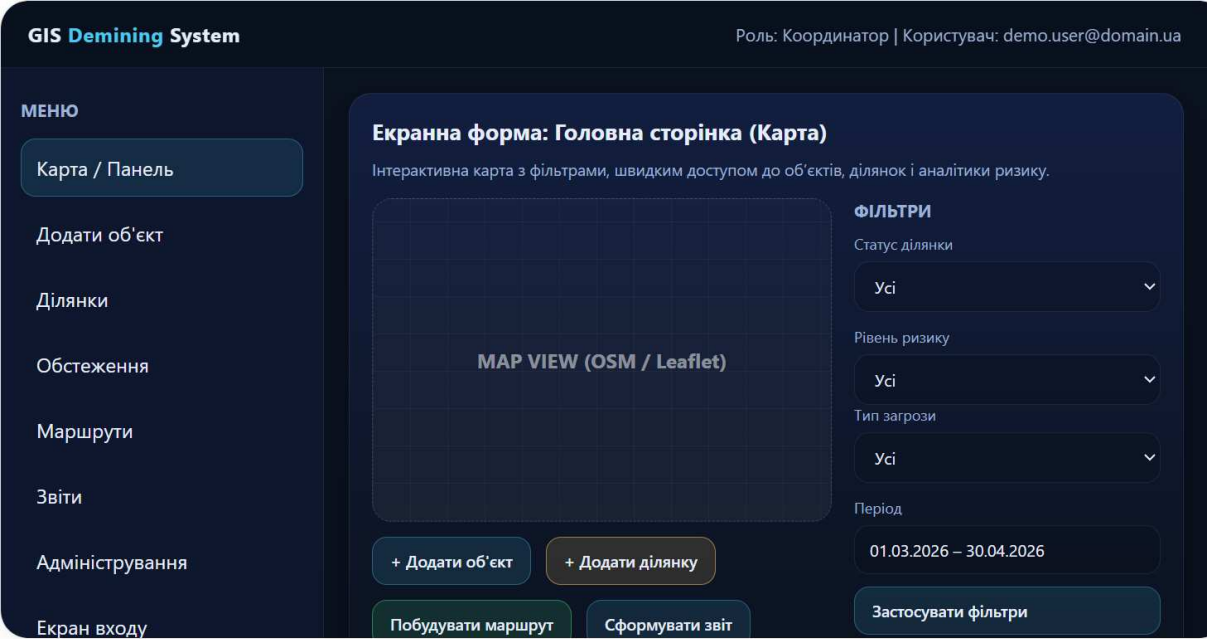


Рисунок В.1. - Головна сторінка

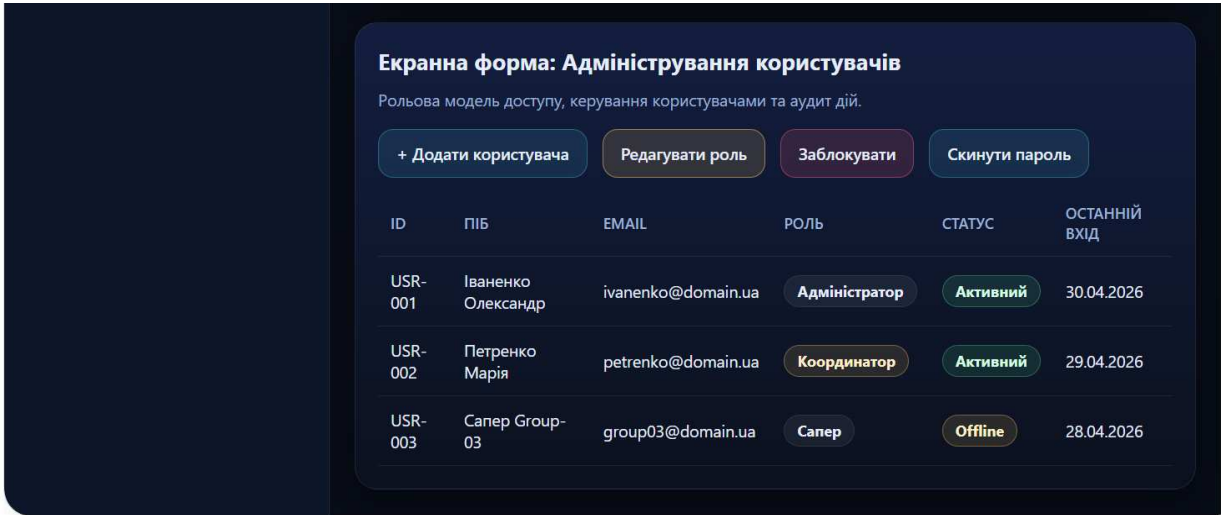


Рисунок В.2 - Адміністрування користувача

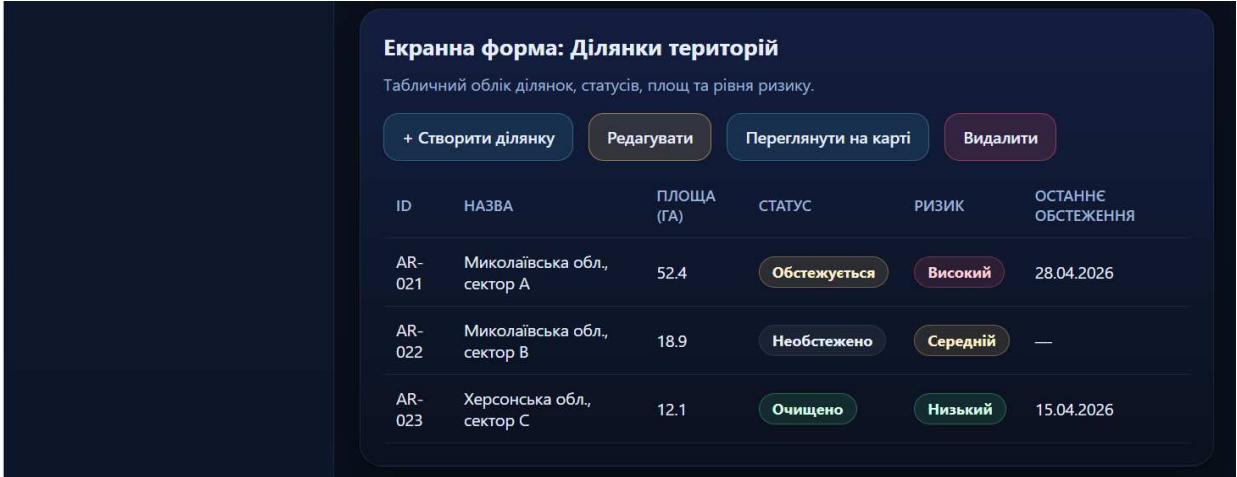


Рисунок В. 3 - Ділянка території

Екранна форма: Додавання результатів обстеження

Форма фіксації виконаних обстежень та оновлення статусу ділянки.

Ділянка	Дата обстеження	Саперна група
AR-021 (Сектор А)	30.04.2026	Group-03
Результат	Кількість виявлених об'єктів	Оновлений статус ділянки
Частково очищено	3	Обстежується
Примітки	Додаткові файли	
Виявлено 2 боєприпаси та 1 міну. Ділянка потребує повторного огляду.	Выберите файл Файл...ран	

Зберегти обстеження **Скасувати**

Рисунок В. 4 - Додавання результату обстеження

Екранна форма: Формування звітів

Автоматизоване створення звітів по ділянках, об'єктах та ризиках.

Тип звіту	Період	Ділянка
Аналітичний звіт по ризиках	01.04.2026 – 30.04.2026	Усі

Сформувати **Завантажити PDF** **Завантажити Excel**

Попередній перегляд звіту

REPORT PREVIEW

Рисунок В. 5 – Формування звітів