

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра інтелектуальних інформаційних систем

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри інтелектуальних
інформаційних систем, д-р техн. наук, проф.
_____ Ю. П. Кондратенко
«____» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ МАПИ
ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ НА ОСНОВІ
ДАНИХ З БЕЗПЛОТНИХ АПАРАТІВ

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

122 – КРБ – 402.22010229

Виконав студент 4-го курсу, групи 402
_____ *В. Є. Чупина*
«____» _____ 2024 р.

Керівник: ст. викладач
_____ *К. О. Обухова*
«____» _____ 2024 р.

Миколаїв – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра інтелектуальних інформаційних систем

Рівень вищої освіти **бакалавр**
Спеціальність **122 «Комп'ютерні науки»**
(шифр і назва)
Галузь знань **12 «Інформаційні технології»**
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інтелектуальних
інформаційних систем, д-р техн. наук, проф.
_____ Ю. П. Кондратенко
«_____» _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
на виконання кваліфікаційної роботи

Видано студенту групи 402 факультету комп'ютерних наук Чупині Валерію Євгеновичу.

1. Тема кваліфікаційної роботи «Створення інтерактивної мапи вибухонебезпечних предметів на основі даних з безпілотних апаратів».

Керівник роботи Обухова Катерина Олександрівна, ст. викладач.

Затв. наказом Ректора ЧНУ ім. Петра Могили від «28» грудня 2023 р. № 271

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи студентом «17» червня 2024 р.

3. Вхідні (початкові) дані до роботи: необхідність створення системного рішення щодо картографування територій, забруднених вибухонебезпечними речовинами.

Очікуваний результат: інтерактивна мапа вибухонебезпечних предметів, яка формується на основі даних з безпілотних літальних апаратів.

4. Перелік питань, що підлягають розробці (зміст пояснювальної записки):

– аналіз сучасних методів збору та обробки інформації за допомогою безпілотних літальних апаратів з метою виявлення вибухонебезпечних предметів;

– огляд існуючих аналогів інтерактивних мав вибухонебезпечних предметів;

– оцінювання інформаційних технологій в сфері геоінформаційних систем;
– проектування та розробка системи для адміністрування та користування інтерактивною мапою;

– тестування розробленої інтерактивної мапи.

5. Перелік графічного матеріалу: 60 рисунків, 3 таблиці та презентація.

6. Завдання до спеціальної частини: «Питання охорони праці при поводженні з вибухонебезпечними речовинами»

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис
Спеціальна частина з охорони праці	Алексеева А. О., доцент кафедри екології	

Керівник роботи ст. викладач Обухова К. О.

(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Завдання прийнято до виконання Чупина В. Є.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Дата видачі завдання « 14 » січня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН виконання кваліфікаційної роботи

Тема: Створення інтерактивної мапи вибухонебезпечних предметів на основі даних з безпілотних апаратів

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1	Подання заяви на затвердження теми та керівників КРБ	10.11.2023	15.11.2023	Виконано
2	Отримання завдання на виконання КРБ	10.01.2024	15.01.2024	Виконано
3	Складання календарного плану роботи на весь період виконання КРБ	16.01.2024	30.01.2024	Виконано
4	Отримання завдання на переддипломну практику	15.04.2024	29.04.2024	Виконано
5	Проходження переддипломної практики, збір та аналіз матеріалів до КРБ	29.04.2024	11.05.2024	Виконано
6	Розробка звіту з переддипломної практики	12.05.2024	15.05.2024	Виконано
7	Виконання КРБ: аналіз сучасних методів збору інформації щодо вибухонебезпечних речовин, огляд існуючих інтерактивних мап, розробка ПЗ	13.05.2024	22.06.2024	Виконано
8	Перший попередній захист КРБ на засіданні комісії кафедри	27.05.2024	27.05.2024	Виконано
9	Доробка та остаточне оформлення КРБ	28.05.2024	09.06.2024	Виконано
10	Другий попередній захист КРБ на засіданні комісії кафедри	10.06.2024	10.06.2024	Виконано
11	Подання КРБ рецензенту	13.06.2024	13.06.2024	Виконано
11	Подання КРБ, її електронної копії та інших документів (відгуку, рецензії) до захисту	17.06.2024	21.06.2024	
12	Захист БКР перед екзаменаційною комісією (ЕК)	24.06.2024	28.06.2024	

Розробив студент Чупина В. Є.
(прізвище, ім'я, по батькові студента) _____ (підпис)

Керівник роботи ст. викладач Обухова К.О.
(посада, прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)

« 29 » січня 2024 р.

АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної роботи студента групи 402 ЧНУ ім. Петра Могили

Чупини Валерія Євгеновича

Тема: «Створення інтерактивної мапи вибухонебезпечних предметів на основі даних з безпілотних апаратів»

Актуальність роботи полягає в створенні інтерактивної мапи вибухонебезпечних предметів для полегшення роботи саперних підрозділів ДСНС, ЗСУ та інших дотичних організацій. Подібні мапи вимагають постійного оновлення та адміністрування, щоб всі дані залишались актуальними.

Об'єктом роботи є процеси картографування вибухонебезпечних предметів з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Предметом роботи є методи отримання даних з БПЛА, оптимізація бази даних вибухонебезпечних предметів, створення інтерактивної мапи.

Метою роботи є створення інтерактивної мапи на основі даних отриманих з БПЛА та реалізація механізму адміністрування та користування мапою.

У результаті написання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено інтерактивну мапу, яка дозволяє спростити процес позначення замінованих територій, а також виконувати планування шляхів доступу та виявлення особливо небезпечних об'єктів, прихованих від погляду спостерігача.

Робота складається з пояснювальної записки, спеціальної частини з охорони праці. Пояснювальна записка складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. У вступі визначено актуальність теми, сформульовано мету, об'єкт, предмет та завдання дослідження. У першому розділі проведено детальний аналіз предметної сфери та виконана постановка задачі. У другому розділі описано вибір оптимальних моделі, методи та інформаційні технології для вирішення поставленої задачі. У третьому розділі виконано моделювання та проектування геоінформаційної системи. У четвертому розділі описано розгортку вебверсії інтерактивної мапи та проведено її тестування. У висновках наведено аналіз проведеної роботи та отриманих результатів.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з 70 сторінки (без додатків), містить 60 рисунків, 3 таблиці, 26 джерел посилання та 2 додатки.

Ключові слова: БПЛА, ГІС, вибухонебезпечні предмети, інтерактивна карта, файлова база геоданих.

ABSTRACT

**qualification work of a student from group 402 of Petro Mohyla Black Sea
National University**

Chupyna Valerii

**Topic: "Creation of an Interactive Map of Explosive Objects Based on Data from
Unmanned Aerial Vehicles"**

The relevance of the study lies in the creation of an interactive map of explosive ordnance to facilitate the work of the demining units of the SES, the Armed Forces of Ukraine, and other related organizations. Such maps require constant updating and administration to ensure that all data remains relevant.

The object of the work is the processes of mapping explosive objects using UAVs.

The subject of the work is the methods of obtaining data from UAVs, optimizing the database of explosive objects, and creating an interactive map of explosive objects.

The purpose of the research is to create an interactive map based on data obtained from UAVs and to implement a mechanism for its administration and use.

The result of the bachelor's thesis is the developed interactive map that simplifies the process of marking mined areas, planning access routes, and identifying particularly dangerous objects hidden from the observer's view.

The work consists of an explanatory note, a special part on labor protection. The explanatory note consists of an introduction, four chapters and conclusions. The introduction defines the relevance of the topic, formulates the goal, object, subject, and tasks of the research. The first chapter provides a detailed analysis of the subject area, based on which the problem was formulated. The second section describes the selection of optimal models, methods and information technologies for solving the given problem. The third section is devoted to the modeling and design of the geoinformation system. The fourth chapter describes the development of the web version of the interactive map and its testing. The conclusions provide an analysis of the work carried out and the results obtained.

The bachelor's thesis consists of 70 pages (without appendices), contains 60 figures, 3 tables, 26 reference sources and 2 appendices.

Keywords: UAV, GIS, explosive objects, interactive map, file geodatabase.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ, ВИЗНАЧЕННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	6
1.1 Проблематика картографування потенційно замінованих ділянок	6
1.2 Огляд та аналіз наявних аналогів та публікацій.....	7
1.3 Вимоги до програмної реалізації інтерактивної мапи	14
Висновки до 1-го розділу	15
2 МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ.....	16
2.1 Методика збору інформації з використанням безпілотних літальних апаратів.....	16
2.2 Технології обробки та сортування вхідних даних	20
2.3 Інформаційні технології для створення інтерактивної мапи	23
Висновки до 2-го розділу	31
3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	32
3.1 Опис вхідних даних та структури об'єктів на мапі	32
3.2 Налаштування структури FGDB	35
3.3 Оптимізація даних в FGDB.....	39
3.4 Налаштування символіки відображення шарів	42
3.5 Система додавання нових позначок на мапу	45
Висновки до 3-го розділу	47
4 РОЗГОРТКА ВЕБВЕРСІЇ КАРТИ ТА ЇЇ ТЕСТУВАННЯ.....	48
4.1 Налаштування мапи в середовищі ArcGis Online	48
4.2 Створення та налаштування форми для додавання інформації з мобільного застосунку ArcGIS Field Maps	53
4.3 Розгортка мапи в мобільному застосунку та її тестування	56

Висновки до 4-го розділу	64
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	67
ДОДАТОК А Видимість ВВП на фотографіях зроблених на різній висоті	70
ДОДАТОК Б Матеріали апробації роботи	73

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АРС УЧХ	– аварійно-рятувальна служба Українського Червоного Хреста
БПАК	– безпілотні апаратні комплекси
БПЛА	– безпілотні літальні апарати
ВНП	– вибухонебезпечні предмети
ГІС	– геоінформаційна система
ГУ ДСНС	– головне управління державної служби з надзвичайних ситуацій
ЗСУ	– збройні сили України
КРБ	– кваліфікаційна робота бакалавра
ЛЕП	– лінія електропередачі
НАР	– некерована авіаційна ракета
РЕБ	– радіоелектронна боротьба
FGDB	– File Geodatabase
GIS	– Geographic Information System
GPS	– Global Positioning System
KML	– Keyhole Markup Language

ВСТУП

Використання інтерактивних мап є новітнім підходом із використання інформаційних технологій у відповідь на сучасні виклики для суспільства, які поставив міжнародний збройний конфлікт на території України. Інтерактивні мапи, що являють собою візуальну інформаційну систему, в результаті запиту до бази даних дозволяють знаходити вибухонебезпечні предмети (ВНП), залишені на українській території внаслідок бойових дій.

З початку 2023 року безпілотні літальні апарати (БПЛА) постійно використовуються для розмінування, насамперед на деокупованих територіях Харківської, Миколаївської та Херсонської областей. БПЛА корисні для виконання різноманітних завдань гуманітарного розмінування.

У разі гуманітарного розмінування використання БПЛА спрямоване на виявлення та покращення визначення місцезнаходження мінних ліній та інших вибухонебезпечних предметів на великих територіях. Застосування рухомих пристроїв може забезпечити швидкий, точний та економічно ефективний засіб зйомки регіону з низьким рівнем ризику для операторів. Отримані дані дозволяють створити актуальні карти досліджених територій, необхідні для планування розмінування.

Інтерактивні мапи також спрощують процес позначення замінованих територій і корисні для таких завдань, як планування шляхів доступу та виявлення особливо небезпечних об'єктів, прихованих від погляду спостерігача.

Об'єкт роботи – процес картографування вибухонебезпечних предметів з використанням БПЛА.

Предмет роботи – методи отримання даних з БПЛА, оптимізація бази даних ВНП, створення інтерактивної мапи.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є створення інтерактивної мапи на основі даних, отриманих з БПЛА, та реалізація механізму адміністрування та користування мапою.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні **завдання**:

- проаналізувати сучасні методи збору та обробки інформації за допомогою безпілотних літальних апаратів з метою виявлення вибухонебезпечних предметів;
- проаналізувати існуючі аналоги інтерактивних мап вибухонебезпечних предметів;
- дослідити та оцінити інформаційні технології в сфері геоінформаційних систем;
- спроектувати та розробити систему для адміністрування та користування інтерактивною мапою;
- протестувати розроблену інтерактивну мапу.

Практичне значення – створення інтерактивної мапи на основі даних, отриманих з БПЛА, для полегшення роботи саперних підрозділів ГУ ДСНС України, інженерних підрозділів ЗСУ та інших організацій, дотичних до процесу розмінування.

Робота пройшла апробацію під час Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Інформаційні технології та інженерія» (Миколаїв, 31 січня – 02 лютого 2024 р.). За результатами конференції опубліковані тези доповідей [25].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ, ВИЗНАЧЕННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Розмінування територій є надзвичайно важливою задачею для забезпечення безпеки та відновлення постраждалих регіонів. У сучасних умовах, коли вибухонебезпечні предмети продовжують становити загрозу для життя людей та перешкоджати економічному розвитку, ефективні методи виявлення та знешкодження мін набувають особливої актуальності. Одним з інноваційних підходів є використання БПЛА, які дозволяють швидко та безпечно здійснювати обстеження великих територій.

У січні 2023 р. ДСНС України представила інтерактивну мапу замінованих районів [20], але зазначена мапа потребує постійного оновлення.

1.1 Проблематика картографування потенційно замінованих ділянок

За даними ГУ ДСНС України, станом на початок 2024 року потенційно забрудненими ВВП залишається близько 156 тис. км². Це на 18 тис. км² менше, ніж було на початку 2023 року [1]. Якщо припустимо, що темпи розмінування залишатимуться стабільними, то для повного розмінування 156 тис. км² знадобиться приблизно 9 років. Проте інші дослідження [24] показують, що на повне розмінування може піти до 70 років. Така велика різниця в прогнозах впливає з неможливості отримання достовірної інформації щодо стану земель на територіях не підконтрольних Україні [22].

У широкому розумінні розмінування включає дослідження, картографування та маркування мінних полів, а також фактичне розмінування землі. Існує два основних видів розмінування: військове та гуманітарне. Військове розмінування – це процес знешкодження небезпечних об'єктів лише на стратегічно важливих шляхах для безпечного просування військових формувань. Гуманітарне розмінування спрямоване на повне очищення землі та водойм на задану глибину для їх подальшого безпечного використання людьми у повсякденному житті.

1.2 Огляд та аналіз наявних аналогів та публікацій

1.2.1 Аналіз методик сканування територій із використанням БПЛА

Проблематика замінованих територій є актуальною в Україні, і за прогнозами експертів залишатиметься такою десятиліттями. Тож за останні роки було проведено багато досліджень на суміжні тематики. Розглянемо деякі з них.

Стаття про аналіз ефективності методів пошуку ВНП із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Автори статті провели аналіз методів пошуку ВНП та визначили ефективність застосування кожного з них у відповідних умовах [26].

В табл. 1.1 приведено результати дослідження статті, в яких зазначені така перевага візуального методу (рис. 1.1), як швидке охоплення великої території, що є надважливим враховуючи об'єм замінованих територій, і фактор того, що через погодні умови ВНП стають прикритими землею через певний час. Серед недоліків автори статті вказали необхідність високоякісної камери, проте важливо зазначити, що якість зображень, що отримуються з сучасних БПЛА навіть не професійного рівня є більш ніж достатньою. Ще одним недоліком було зазначено, що фото має бути зроблене в ясну погоду, і тільки днем. Важливо зазначити, що через надмірну контрастність робота в хмарну погоду може дати навіть кращий результат. Вночі ж не будуть використовуватись жодні з зазначених методів.



Рисунок 1.1 – Ідентифікація ВНП візуальним методом

Тепловізійний пошук дозволяє легко знаходити металеві об'єкти що можуть зливатися з місцевістю за своїм кольором чи текстурою. Проте цей метод є більш дорогим і обмеженим по часу. На рис. 1.2 зображено приклад ідентифікації, який було надано в статті [23].

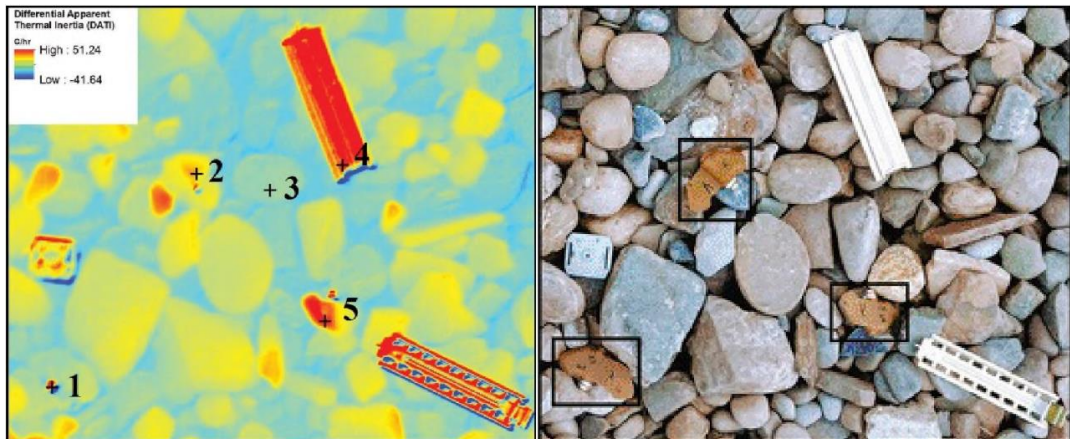


Рисунок 1.2 – Приклад ідентифікації ВВП тепловізійним методом

Окремим методом ідентифікації являється БПЛА оснащени мультиспектральними камерами. На рис. 1.3 можна побачити дві міни ТМ-62. Але контрастність замала для ефективного використання цього методу.

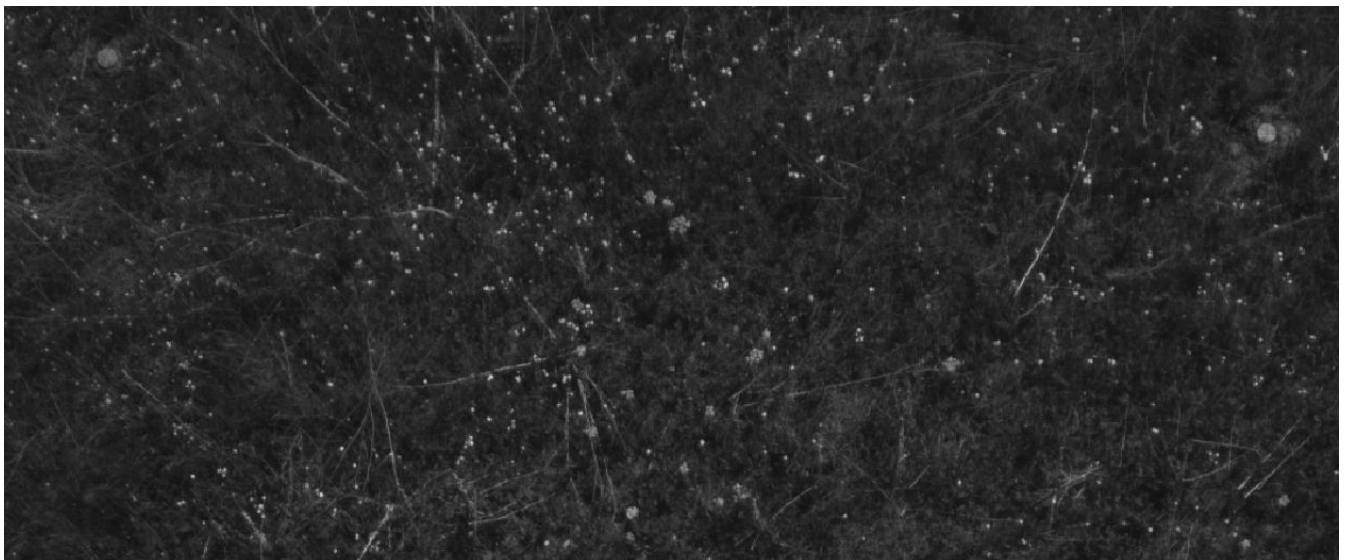


Рисунок 1.3 – Приклад ідентифікації ВВП за допомогою мультиспектральної камери

Прикладом методу із використанням магнітометру є фрагмент з презентації компанії UMag Solutions [16] що проводила демонстрацію свого комерційного рішення в Миколаївській області в червні 2023 року. Серед недоліків варто зазначити надвисоку залежність до радіо магнітних перешкод та низьку швидкість сканування.



Рисунок 1.4 – Приклад ідентифікації георадаром у поєднанні з магнітометром

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця методів пошуку ВВП із використанням БПЛА

Метод	Переваги	Недоліки
Візуальний пошук	Охоплення великої площі Дешевий в використанні, так як не потребує нічого крім БПЛА.	Можна визначати ВВП тільки на поверхні, які нічим не накриті. Фото має бути зроблене в ясний день.

Закінчення таблиці 1.1

Тепловізійний пошук	Охопленні великої площі. Виявлення неконтрастних у видимому діапазоні ВНП.	Пошук є ефективним тільки ввечері або зранку, у час коли сильно змінюється температура.
Пошук з використанням георадару	Можна виявляти неметалеві ВНП.	Пошук проводиться безпосередньо неподалік БПЛА. Тип ґрунту впливає на глибину пошуку. Складний і високовартісний у реалізації. Складність обробки отриманих даних.
Пошук з використанням магнітометру	Легкий пошук феромагнітних ВНП навіть під землею. Пошук можна проводити на різній місцевості. Простий і недорогий у реалізації.	БПЛА має летіти на невеликій висоті. Неможливо виявляти неметалеві ВНП. Пошук проводиться безпосередньо неподалік БПЛА. Складність обробки отриманих даних.
Використання мультиспектральної камери	Можливість виявлення об'єктів з різними спектральними характеристиками	Низька контрастність об'єктів. Висока вартість обладнання

Для методу збору інформації було обрано використання візуального методу, що є виправданим у випадках, коли необхідно швидко обстежити великі території з мінімальними витратами на обладнання та коли є можливість проведення робіт при добрих погодних умовах та вдень.

1.2.2 Огляд існуючих інтерактивних мап ВВП

Розглянемо декілька мап ВВП:

- інтерактивна мапа територій, які потенційно можуть бути забруднені вибухонебезпечними предметами (ГУ ДСНС) [20] – рис. 1.5;
- інтерактивна карта виконання заходів гуманітарного розмінування (Міністерство Оборони України) [21] – рис. 1.6;
- інтерактивна карта ВВП (Аварійно-Рятувальна Служба Українського Червоного Хреста) [19] – рис. 1.7.

Перші дві мапи є прикладом публічного інформування населення про небезпечні ділянки. Карта АРС УЧХ – представляє собою інтерактивну карту, де зазначені всі предмети що були знайдені візуальним методом. До кожної мітки на карті додані відповідні зображення об'єкту (рис. 1.3).

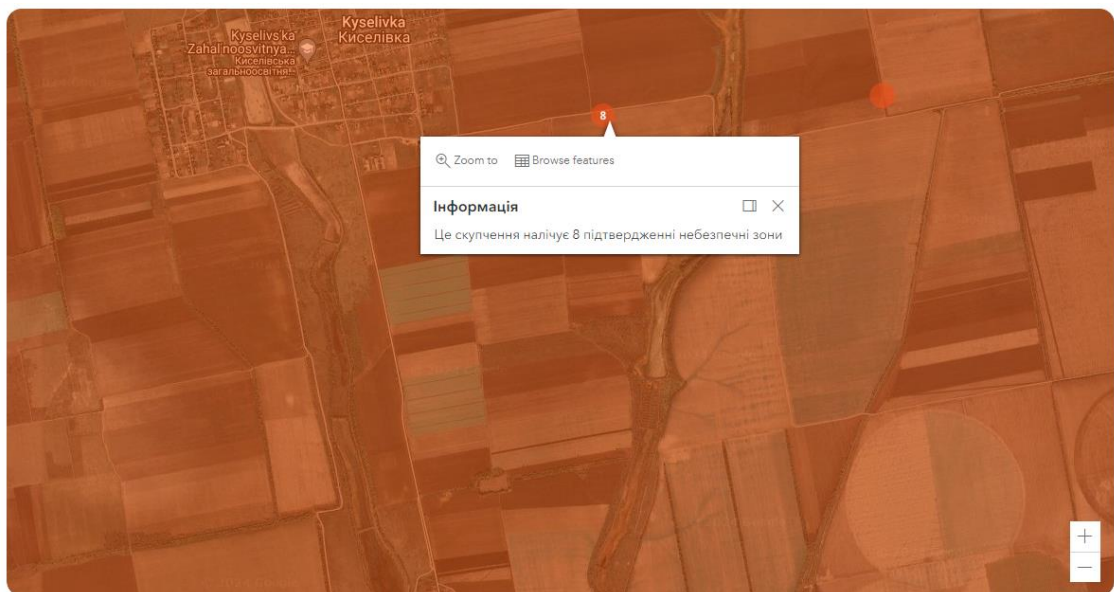


Рисунок 1.5 – Фрагмент мапи ВВП від ГУ ДСНС на південь від с. Киселівка Миколаївської області



Рисунок 1.6 – Фрагмент мапи ВВП від Міністерства Оборони України на південь від с. Киселівка Миколаївської області



Рисунок 1.7 – Фрагмент мапи ВВП від АРС УЧХ на південь від с. Киселівка Миколаївської області

В табл. 1.2 надані основні характеристики кожної з зазначених мап.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика інтерактивних мап ВНП

	Карта ГУ ДСНС України	Карта Міноборони України	Карта АРС УЧХ
Публічність мапи	Так	Так	Надається за запитом
Захват територій	Вся Україна	Вся Україна	Миколаївська та Херсонська області
Деталізація	Низька – відмічена невелика кількість ділянок в радіусі яких підтверджено розташування ВНП.	Середня – позначено багато ділянок підтверджуючих забруднення території. Також велика кількість відміток про потенційне забруднення.	Висока – позначений кожен об'єкт на полі окремо. До кожного об'єкту також прикріплено фотографія з БпЛА
Мета створення	Інформування населення про загрозу	Інформування про роботу сертифікованих операторів гуманітарного розмінування	Допомога в роботі саперним підрозділам інших організацій та установ
Налічує позначок	2428	2698	3368
Користування мапою	Вебсторінка	Вебсторінка	Застосунок Google Earth або інші застосунки, що підтримують роботу з файлами .kml .kmz

Для перегляду та редагування мапи АРС УЧХ використовується програмне забезпечення Google Earth [7]. Серед недоліків мапи АРС УЧХ варто зазначити складну методику сортування об'єктів, неможливість використовувати без завантаження стороннього програмного забезпечення, погану оптимізацію міток та відсутність стандартизованих назв для ВНП.

1.3 Вимоги до програмної реалізації інтерактивної мапи

Розглянувши переваги та недоліки альтернативних методів та рішень в попередньому пункті, переходимо до формування вимог до створюваної мапи.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є створення інтерактивної мапи на основі даних отриманих з БПЛА та реалізація механізму адміністрування та користування нею

Розроблена інтерактивна мапа повинна відповідати наступним функціональним вимогам:

- 1) виведення інформації про ВНП, їх опис, фото та іншу інформацію;
- 2) функціонал додавання об'єктів до мапи з мобільного застосунку та з ПК застосунку;
- 3) функціональність в умовах обмеженого інтернет з'єднання.

Основні технічні вимоги до розробленої системи:

- 1) мова програмування: Python;
- 2) інтерфейс користувача: графічний;
- 3) платформа: ESRI ArcGIS;
- 4) вихідні дані: звіт про стан інтернет-конференцій (стабільність, швидкість завантаження тощо) та про фізичний стан комп'ютера (ЦП, пам'ять тощо).

Етапи реалізації для досягнення поставленої мети в роботі:

- 1) вибір методики сканування місцевості із використанням БПЛА;
- 2) розроблення алгоритму додавання ВНП на мапу;
- 3) реалізація зберігання фотографії всіх ВНП на хмарному сховищі;
- 4) розроблення системи сортування ВНП за декількома критеріями;

- 5) стандартизування назви і категорії ВВП;
- 6) реалізація геоінформаційної системи для виконання поставленого завдання;
- 7) тестування розробленої системи.

Основні вимоги до користувачів розробленої системи адміністрування та користування інтерактивною мапою:

- 1) наявність мобільного пристрою з операційними системами Android або iOS;
- 2) наявність аккаунту ESRI та застосунку «ArcGIS Field Maps»;
- 3) ознайомлення з правилами розповсюдження інформації з мапи.

Розроблені вимоги до інтерактивної мапи дозволять обрати оптимальне за функціональними вимогами програмне забезпечення необхідне для створення такої мапи. Треба зауважити, що готовий варіант має бути доступним для перегляду з мобільних застосунків або вебсторінок.

Висновки до 1-го розділу

У першому розділі було проаналізовано предметну область та існуючі рішення картографування ВВП. В результаті аналізу публічних мап імовірно замінованих ділянок були визначені основні вимоги до інтерактивної мапи.

Були проаналізовані публікації що проводили оцінку ефективності методів пошуку ВВП із використанням БПЛА. Із висновків вивчених публікацій було підтверджено ефективність візуального методу обстеження.

Результатом проведеної роботи у розділі було доведено актуальність роботи, та створені чіткі вимоги до її програмної реалізації. За основу роботи будуть взяті дані з мапи ВВП від АРС УЧХ, у розробці якої було прийнято участь особисто.

2 МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Система створення інтерактивної мапи складається з таких етапів як збір інформації, її обробка та імплементація до геоінформаційних систем. Основною методикою збору інформації було обрано візуальний метод пошуку із використанням БПЛА. Переваги цього методу були розглянуті в першому розділі.

2.1 Методика збору інформації з використанням безпілотних літальних апаратів

Для збору інформації використовувалися БПЛА наступних моделей:

- DJI Mavic Air;
- DJI Mavic 3;
- DJI Mavic 3 Pro;
- DJI Mavic 3E;
- DJI Mavic 3M;
- Autel Robotics EVO Max 4T;
- Autel Robotics EVO lite;
- Autel Robotics EVO II Pro V2.

Основними моделями є DJI Mavic 3 та DJI Mavic 3 Pro. Більшість характеристик та технічних специфікацій цих моделей співпадають. Подальша технічна інформація буде стосуватись саме цих моделей, якщо не буде вказано протилежне. Обрані моделі показують оптимальний баланс ціни придбання, ціни обслуговування та наявних можливостей задля виконання ручного сканування.

На рис. 2.1 показано статистика зібрана з 100 польотів БПЛА DJI Mavic 3 в середовищі AirData [6]. Середня тривалість польоту триває близько 30 хвилин. При роботі двох БПЛА в одному секторі відліт до 1500 м від точки зльоту є безпечним і не приводить до суттєвих втрат якості зв'язку. За даними виробника даний БПЛА може відлітати на 15 км і повертатись назад, проте важливо зазначити що це відбувається із збільшенням висоти польоту та відсутності інших чинників що

впливають на якість зв'язку. Обрані БПЛА зберігають свою ефективність при поривах вітру до 20 м/с, так як це є його максимальною швидкістю польоту.

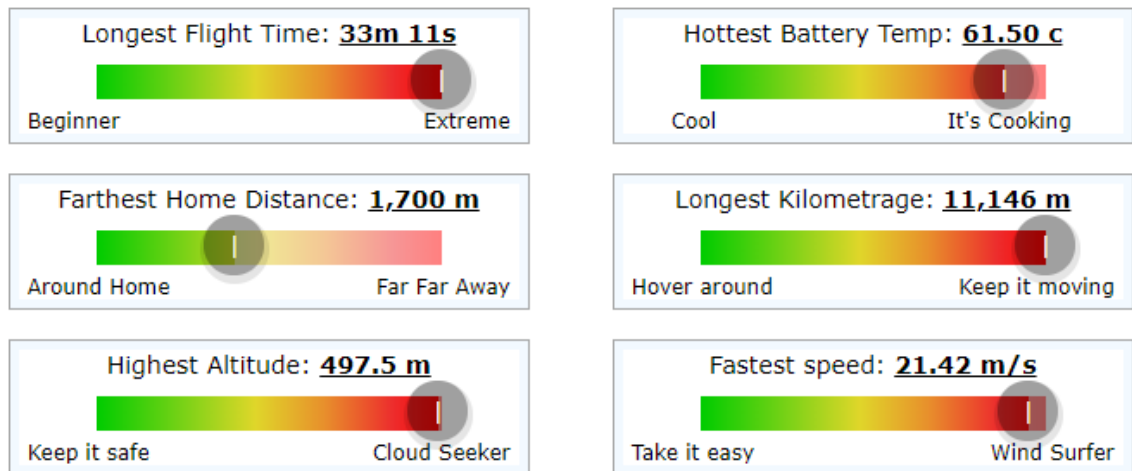


Рисунок 2.1 – Зібрана статистика польотів БПЛА DJI Mavic 3

Сканування ускладняються активною роботою систем радіоелектронної боротьби (РЕБ) в секторах роботи. У разі ввімкнення додаткових потужностей РЕБ оператор може втратити зв'язок з БПЛА, або БПЛА може отримати хибні GPS координати. У разі втрати зв'язку з оператором БПЛА автоматично активує режим повернення на точку зльоту. Проте, при хибних даних розташування дрона він перерахує вектор повернення додому та почне летіти в іншому напрямку. Це явище називають «спуфінгом».

Задля уникнення впливу РЕБ було визначено робочі ешелони. Сканування поля відбувається на висоті від 4 до 15 м над точкою зльоту. Повернення на точку зльоту відбувається на висоті 20 м. Між різними БПЛА має бути різниця від 5 м і більше. На рис. 2.2 зображено момент, коли два оператори одночасно помітили об'єкт і підлетіли до нього. За рахунок різних ешелонів було уникнуто зіткнення БПЛА.



Рисунок 2.2 – Два БПЛА на різних ешелонах одночасно знайшли ВВП

Діапазон висот 4–15 м було обрано оптимальним через ідеальний баланс чіткості відображення ВВП, повз яких пролітає дрон та ширину ділянки яку захватує БПЛА за один прохід. В додатку А наведено детальні інформацію щодо різниці пошуку ВВП на різних висотах. На рис. 2.3 зображено методику виконання прольотів на ділянці поля. Прольоти виконуються з перекриттям одне одного від 30 % зменшуючи вплив людського фактору.



Рисунок 2.3 – Методика ручного сканування

Крім роботи РЕБ на якість зв'язку пульта оператора з БПЛА впливають також і такі фактори як ландшафт місцевості, кількість рослинності навколо оператора, наявність ліній електропередач (ЛЕП) поруч з місцем роботи та «забруднення» каналів Wi-Fi, на яких працюють БПАК. Обрані БПЛА для зв'язку із пультом оператора використовують Wi-Fi з робочою частотою 2.4 або Wi-Fi 5.8 [15]:

- 2.4 ГГц: ≤ 33 дБм (FCC); ≤ 20 дБм (CE/SRRC/MIC);
- 5.8 ГГц: ≤ 33 дБм (FCC), ≤ 30 дБм (SRRC), ≤ 14 дБм (CE).

Для завантаження супутникових мап місцевості використовуються розширення мобільних даних через точку доступу Wi-Fi. Bluetooth пристрої, такі як безпроводні навушники, теж використовують частоти 2.4 ГГц [17]. Ці та інші фактори суттєво впливають на якість зв'язку з БПЛА. Для оптимальної роботи двох та більше БПЛА в одному секторі не бажано використовувати інші пристрої що працюють на цих та суміжних частотах. Детальну інформацію щодо «забруднення» мережі можна побачити як в спеціалізованих аналізаторах мережі, так і в системі управління БПЛА. На рис. 2.4 зображено забруднення каналу 2.4 ГГц в DJI Fly – застосунку що використовується для управління БПЛА 3-го покоління DJI Mavic.

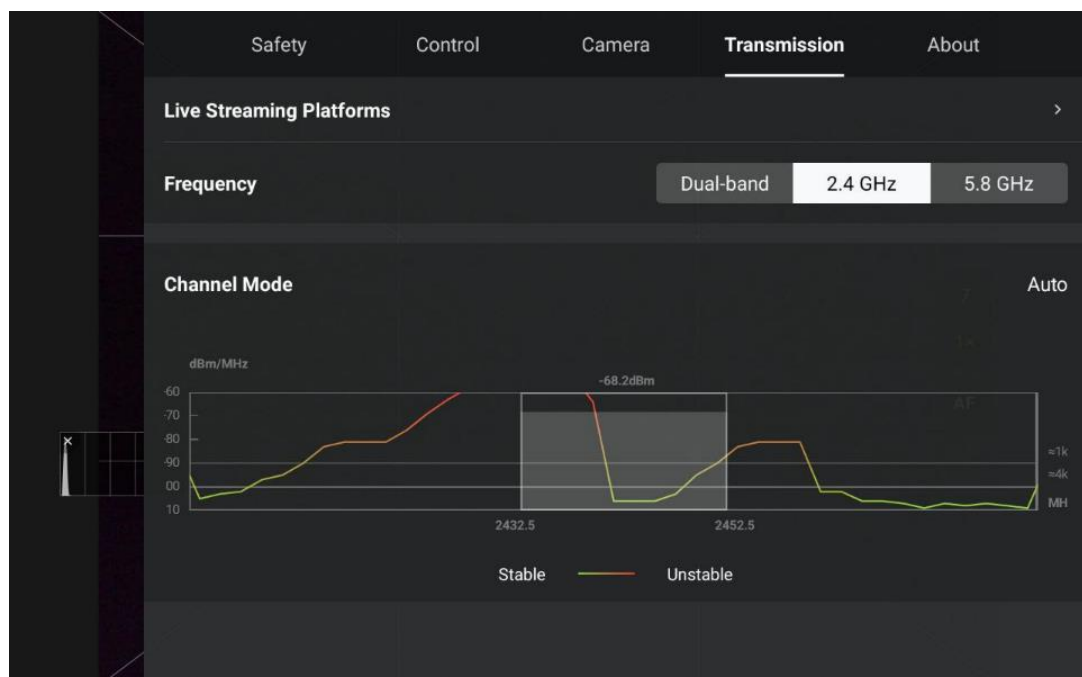


Рисунок 2.4 – Інформація по стану мережі в DJI Fly

Задля запобігання втрати або пошкодження дрону було визначено наступні правила польоту:

- оператор завжди має знати вектор знаходження БПЛА від позиції зльоту;
- оператор негайно має зупинити виконання пошукових робіт та повернутись до місця зльоту, якщо БПЛА приєднано менш ніж до десяти супутників;
- оператору заборонено підніматися більше ніж на 20 м над точкою зльоту та відлітати більш ніж на 1500 м від неї;
- при роботі декількох БПЛА в одному секторі оператори повинні мати різні ешелони та повідомляти при наближенні до секторів один одного;
- при досягненні 15 % заряду батареї негайно почати повернення до точки зльоту.

Всі фахівці залучені до роботи з БПЛА були ознайомлені з даними правилами. За більш ніж рік роботи не було втрачено жодного БПЛА.

2.2 Технології обробки та сортування вхідних даних

За завданням інтерактивна мапа має мати фотографію кожного об'єкта що на ній присутній. Також необхідно знати точну позицію кожного знайденого об'єкта. Найбільш простим та ефективним методом виконання цих завдань є фотографування ВВП з БПЛА під кутом 90 градусів вниз. БПЛА додає до метаданих зроблених фото свою поточну позицію у вигляді GPS координат. Ця позиція має незначну для наших цілей похибку за умови якісного з'єднання з супутниками. У разі неточного позиціонування себе в просторі, БПЛА закріпить за фотографією хибні координати. Через це фотографування відбувається виключно при точному позиціонуванні та виключно з камерою направленою вниз. Це дозволяє уникнути помилок при створенні мапи.

У випадку сильного вітру під час роботи, деякі фото можуть бути отримані не чіткими. Цей фактор контролюється значенням витримки камери. Якщо воно 1/400 секунди або менше, фото буде достатньо чітким. У випадку якщо

використовується більша витримка, оператором змінюються налаштування камери на серійну зйомку. Потім буде обрана найбільш чітка фотографія з серії. На рис. 2.5 зображена діаграма, що містить алгоритм фіксації ВВП на фото.

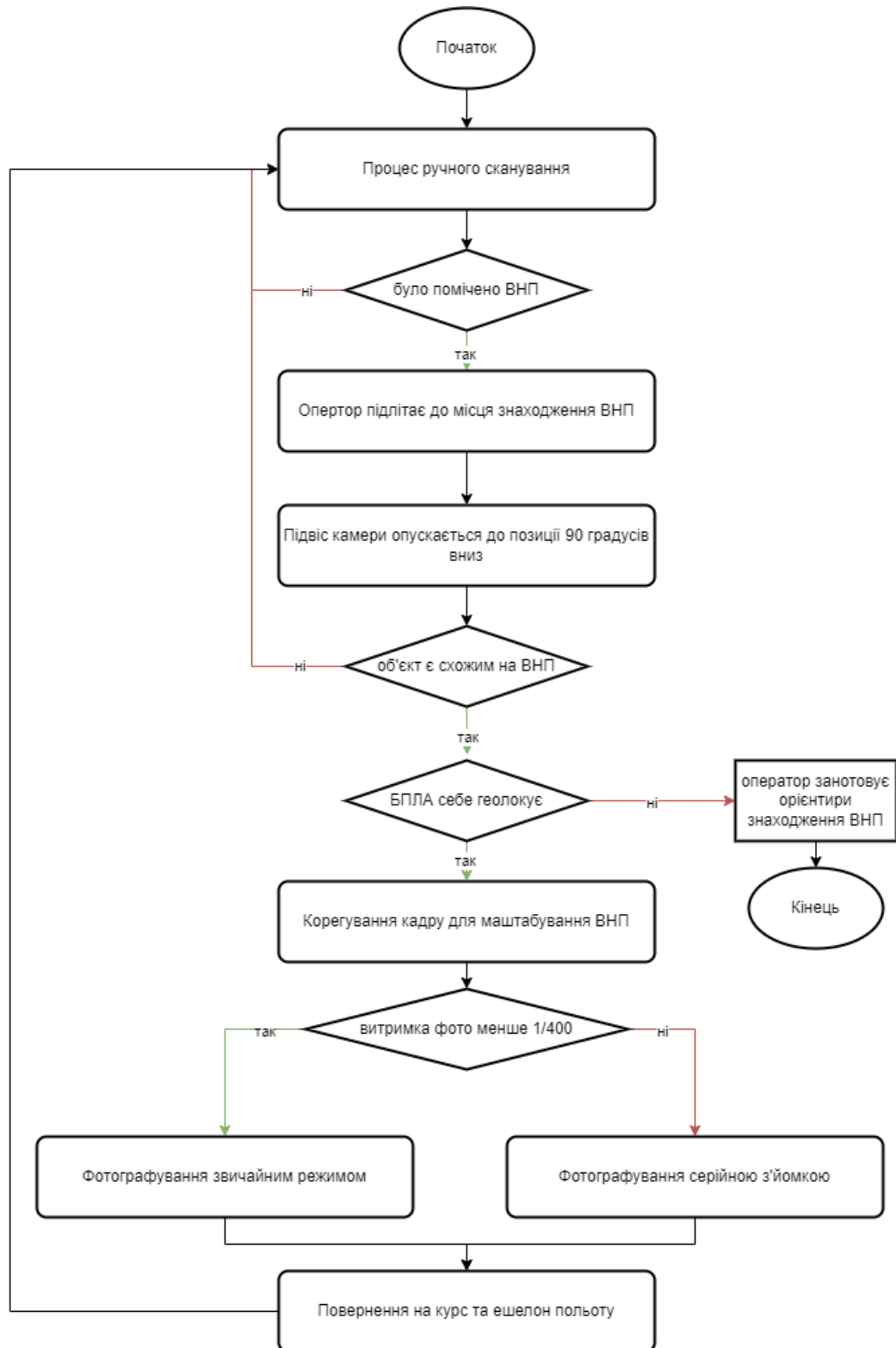


Рисунок 2.5 – Алгоритм фіксації ВВП

Після завершення обстеження ділянки, адміністратор мапи отримує фотографії що були зроблені всіма БПЛА протягом дня. З масиву фотографій видаляються зайві фото що фіксують один і той самий об'єкт. Також відбувається другий етап перевірки та ідентифікації ВНП.

На деяких ВНП може бути зазначено маркування за допомогою якого можна більш конкретно ідентифікувати об'єкт. На рис. 2.6 зображено частину ракети з написом «9М27К3». Після подальшого дослідження було виявлено що це бойова частина ракети РЗСВ «Ураган», що містить міни типу «ПФМ-1», які є більш відомі суспільству як «пелюстки». Інформацію було негайно передано ДСНС, так як цей об'єкт знаходився на відстані 300 м від населеного пункту.



Рисунок 2.6 – Бойова частина ракети «9М27К3»

Після процесу сортування та відбору фотографії з зображенням ВНП додають до хмарного сховища Google Drive. Завдяки використанню хмарних технологій майбутня мапа залишить невеликий розмір файлу, і фотографії з високою роздільною здатністю будуть завантажуватись тільки за запитом користувача мапи.

2.3 Інформаційні технології для створення інтерактивної мапи

2.3.1 File Geodatabase – як формат зберігання даних ГІС

Поточна версія мапи створена в форматі KML, що має ряд своїх недоліків. Обраною для реалізації проєкту є формат збереження даних File GDB. В табл. 2.1 наведено порівняльну характеристику вказаних форматів.

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця методів збереження даних

Характеристика	File Geodatabase (GDB)	KML/KMZ
Призначення	Всеосяжне зберігання та аналіз даних	Візуалізація та обмін географічними даними
Структура даних	На основі папок, двійкові файли	На основі XML (KML) та стиснутий формат (KMZ)
Типи даних, що підтримуються	Векторні (точки, лінії, полігони), растрові, таблиці	Векторні (точки, лінії, полігони), прості атрибути
Ємність	Терабайти даних, великі набори даних	Обмежено структурою XML, менш придатний для великих наборів даних
Продуктивність	Висока продуктивність для складних запитів та аналізу	Підходить для легкої візуалізації, менш ефективний для великих даних
Редагування та аналіз	Розширене редагування, підтримка топології, доменів, підтипів, керування версіями	Основні можливості редагування, обмежені функції аналізу
Сумісність	Рідний для ArcGIS, сумісний з багатьма ГІС додатками	Широко підтримується різними ГІС додатками та веб-сервісами
Стиснення	Дані зберігаються у стислому двійковому форматі	KMZ є стислою версією KML

Закінчення таблиці 2.1

Багатокористувацький доступ	Підтримує багатокористувацьке редагування з керуванням версій та реплікацією	Зазвичай однокористувацький, призначений для обміну даними, а не для спільного редагування
Підтримка метаданих	Широкі можливості метаданих	Базова підтримка метаданих
Випадки використання	Складні ГІС проекти, що вимагають надійного управління даними та аналізу	Обмін картами та даними через веб або прості візуалізації
Сумісність програмного забезпечення	Переважно ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro, ArcGIS Enterprise	Google Earth, ArcGIS, QGIS, веб-браузери
Інтеграція даних	Висока, з підтримкою доменів, підтипів та відносин	Основна, залежить від схеми XML
Зручність використання	Вимагає ГІС програмного забезпечення для повної функціональності	Легко переглядати та ділитися через Google Earth та інші програми перегляду
Візуалізація	Розширена символіка та картографічні інструменти	Проста візуалізація, стилізована за допомогою тегів KML
Просторові відносини	Підтримує розширені просторові відносини та геообробку	Обмежено основними просторовими відносинами
Резервне копіювання та відновлення	Підтримує повне резервне копіювання та відновлення	Резервне копіювання шляхом збереження файлів KML/KMZ

File Geodatabase (FGDB) – це універсальний і потужний формат для зберігання, управління та аналізу просторових даних в ArcGIS. Файлова база геоданих зберігається у вигляді папки в файловій системі, яка містить різні файли для управління та зберігання просторових даних. Функціональні класи зберігають просторові дані (точки, лінії, полігони) разом з атрибутними даними. Таблиці зберігають непросторові атрибутні дані. Растрові набори даних зберігають растрові дані, такі як супутникові знімки або цифрові моделі рельєфу. Мозаїки зберігають колекції растрових наборів даних. Інструменти зберігають моделі геообробки.

FGDB може зберігати терабайти даних, а окремі набори даних (класи або таблиці) можуть мати розмір до 1 Тбайт. Систему оптимізовано для ефективного зберігання та пошуку даних, що забезпечує швидший доступ та обробку порівняно з традиційними форматами файлів ArcGIS, такими як Shape-файли, чи у порівнянні з KML.

Серед інших можливостей FGDB можна зазначити наступне:

- домени, що визначають допустимі значення для полів атрибутів, забезпечуючи цілісність та узгодженість даних;
- класифікує властивості в межах класу властивостей, що дає змогу ефективніше керувати даними та редагувати їх;
- підтримує просторові зв'язки між об'єктами, забезпечуючи точність і цілісність даних;
- підтримка багатокористувацького редагування, дозволяючи створювати та керувати кількома версіями набору даних;
- дозволяє реплікувати дані між різними базами геоданих, підтримуючи розподілене управління даними;
- оптимізація для продуктивності, що забезпечує швидший доступ до даних та їх обробку;
- простота в управлінні завдяки інструментам ArcGIS для обслуговування та адміністрування даних.

Таким чином File Geodatabase пропонує надійний, ефективний і гнучкий спосіб управління просторовими даними, що робить її кращим вибором для реалізації поставленого завдання в першому розділі.

2.3.2 Використання Python та бібліотеки ArcPy для роботи з File Geodatabase

Python є потужним інструментом для роботи з FGDB у середовищі ArcGIS, зокрема за допомогою бібліотеки ArcPy, яка надає функціональні можливості для маніпулювання геопросторовими даними.

```
In [ ]: import arcpy
```

```
In [ ]: fgdb_path = ":\Users\jimerPC\OneDrive\University\diploma\file.gdb"
```

```
In [ ]: arcpy.env.workspace = fgdb_path
```

Рисунок 2.7 – Приклад підключення до FGDB

Python дозволяє автоматизувати багато задач, пов'язаних із роботою з геопросторовими даними, що значно підвищує продуктивність і ефективність роботи. Одним з прикладів можна зазначити автоматизацію створення звітів щодо наповнення бази даних. Використання Python та бібліотеки ArcPy надає широкі можливості для роботи з File Geodatabase, дозволяючи виконувати різноманітні задачі з маніпулювання та аналізу геопросторових даних. Це робить Python незамінним інструментом для ГІС-фахівців, які прагнуть автоматизувати свої робочі процеси та підвищити продуктивність.

2.3.3 Використання ArcGIS Pro як основного редактору File Geodatabase

ArcGIS Pro – це потужна настільна ГІС-програма з інноваційними інструментами для управління просторовими даними та виконання розширеної картографічної аналітики [5]. ArcGIS Pro дозволяє зберігати декілька елементів,

таких як карти, макети, таблиці і діаграми, в одному проекті і працювати з ними за потреби. Програма також контекстуально реагує на вашу роботу. Вкладки на стрічці змінюються залежно від типу об'єкта, з яким ви працюєте.

На рис. 2.8 зображено процес редагування FGDB в ArcGIS Pro. Завдяки інтеграції з Python та наявності потужних інструментів, робота з табличними даними максимально спрощується.

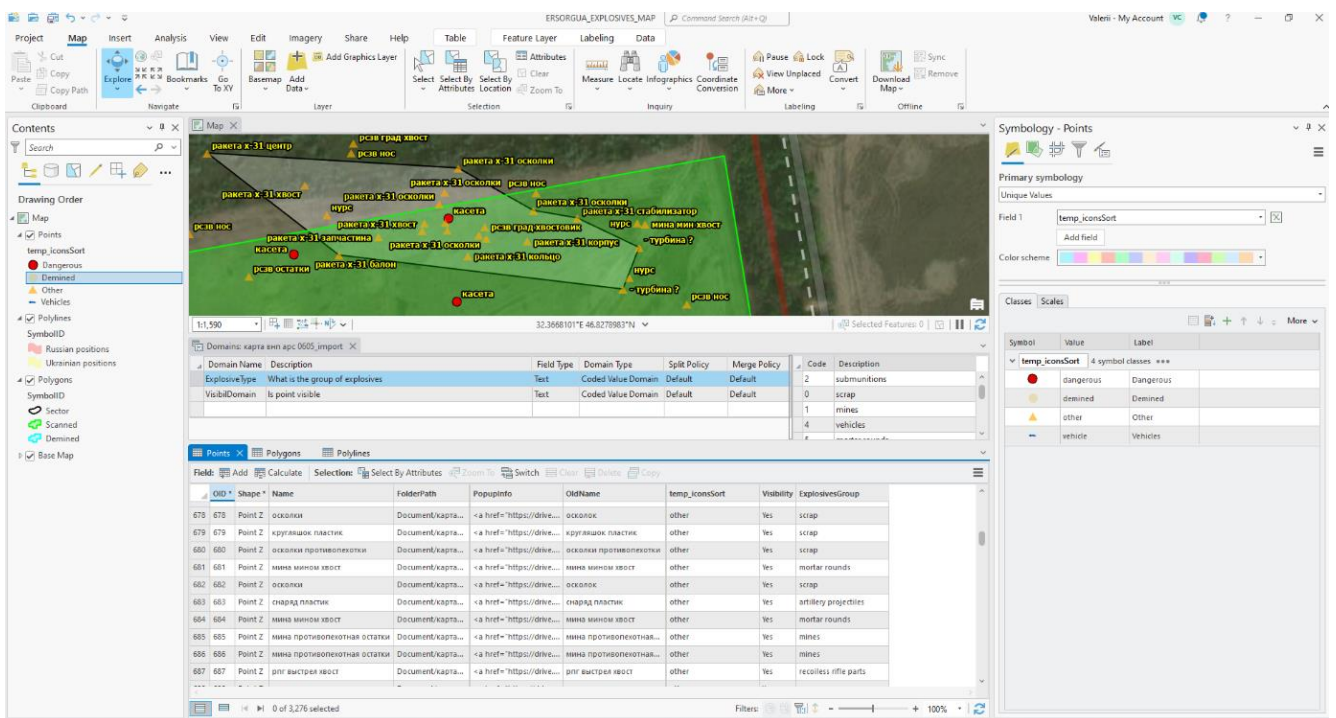


Рисунок 2.8 – Інтерфейс програми ArcGIS Pro

На рис. 2.8 зображено процес редагування FGDB в ArcGIS Pro. Завдяки інтеграції з Python та наявності потужних інструментів, робота з табличними даними максимально спрощується. ArcGIS Pro є частиною екосистеми ESRI, що дає змогу підготувати FGDB в одному середовищі, і потім без перешкод експортувати готовий варіант до онлайн редактору для подальшої підготовки.

2.3.4 Використання ArcGIS Online як редактору онлайн-версії мапи

ArcGIS Online – це хмарна платформа для створення, аналізу та обміну геопросторовими даними та картами. Вона розроблена компанією Esri та надає

користувачам широкий спектр інструментів для роботи з географічною інформацією. Редактор ArcGIS Online дозволяє працювати як з FGDB, так і з KML форматом, що дозволяє перенести вже існуючу версію мапи в одному програмному середовищі.

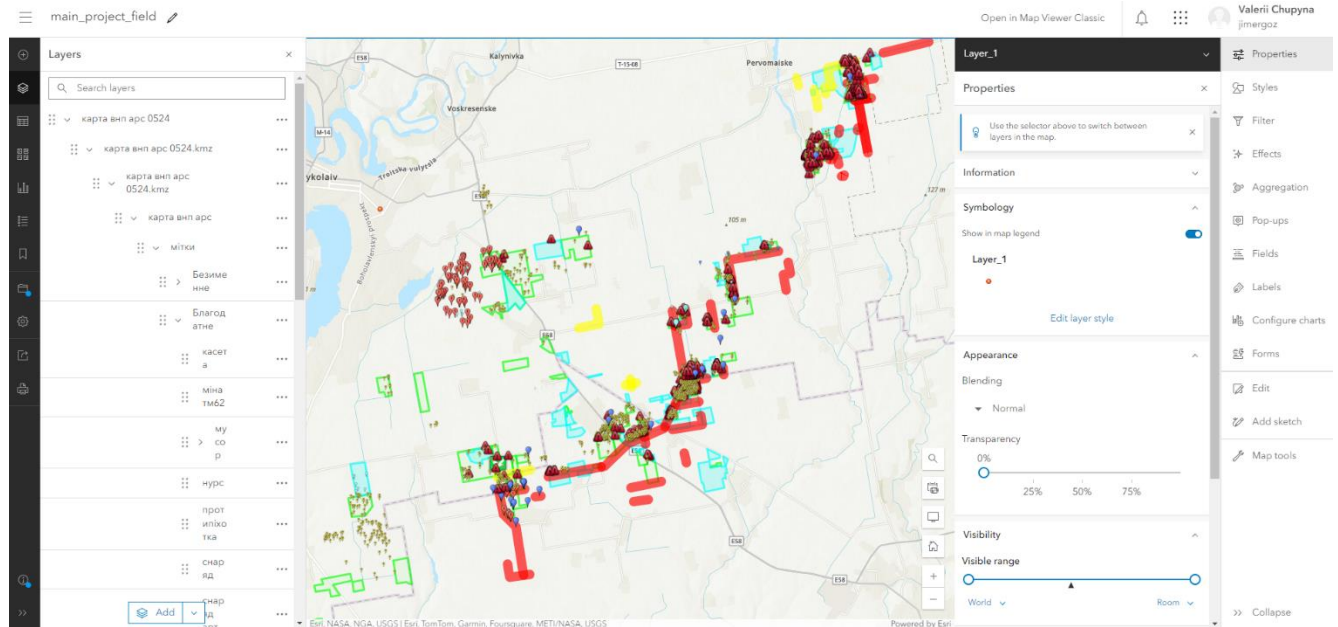


Рисунок 2.9 – Інтерфейс редактору ArcGIS Online

ArcGIS Online пропонує хмарне зберігання що дозволяє відійти від необхідності кожного разу завантажувати файл мапи. Актуальна версія інтерактивної мапи автоматично відобразатиметься в мобільному застосунку ArcGIS Field Maps. Сервіс дозволяє легко інтегрувати інші платформи, такі як Microsoft Office, Google Cloud тощо. ArcGIS Online дозволяє створити потужну геоінформаційну систему без занурення в кодування, та інтуїтивну автоматизацію різними методами.

2.3.5 Використання Field Maps та Field Maps Designer

ArcGIS Field Maps – це мобільне рішення, яке дозволяє збирати дані, проводити перевірки, робити нотатки та ділитися інформацією з офісом. Field Maps Designer використовується для налаштування карт і розгортання їх для подальшого використання в польових умовах.

На рис. 2.10 можна побачити інтерфейс редактора форм Field Maps Designer. Форми дозволяють автоматизувати додавання інформації на мапу одразу з мобільного застосунку. Це корисно коли ВПП було знайдено без використання БПЛА, наприклад на узбіччі, і за допомогою телефону його одразу можна додати до мапи.

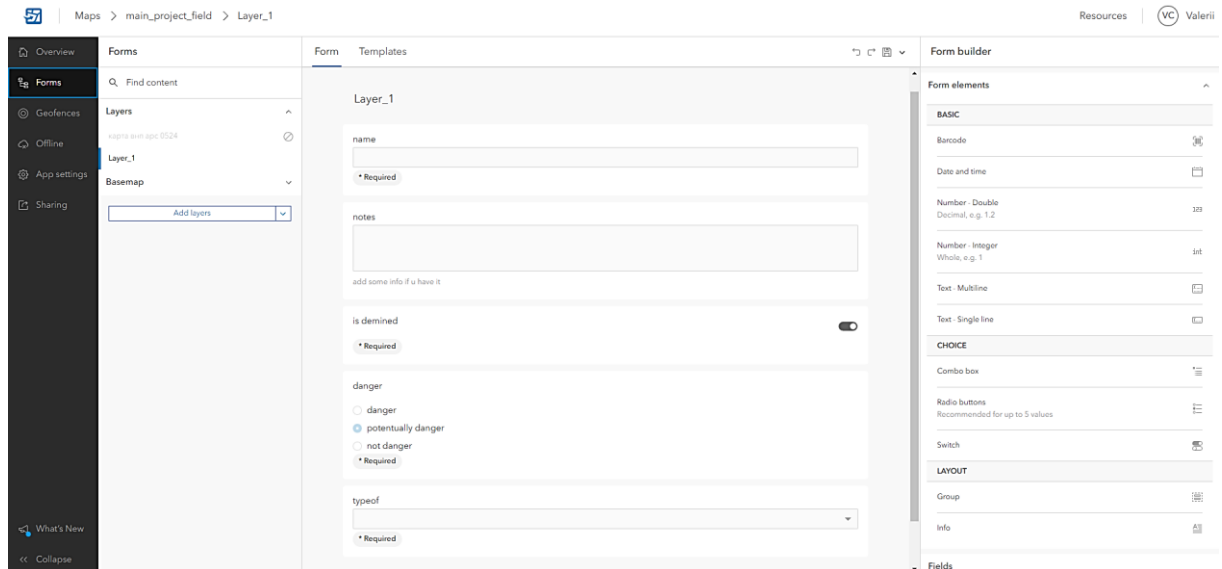


Рисунок 2.10 – Редактор форм Field Maps Designer

До мобільного застосунку мапа може бути додана за спеціальним QR кодом чи через посилання. Доступ може бути надано як тільки членам організації, так і анонімним користувачам (рис. 2.11)

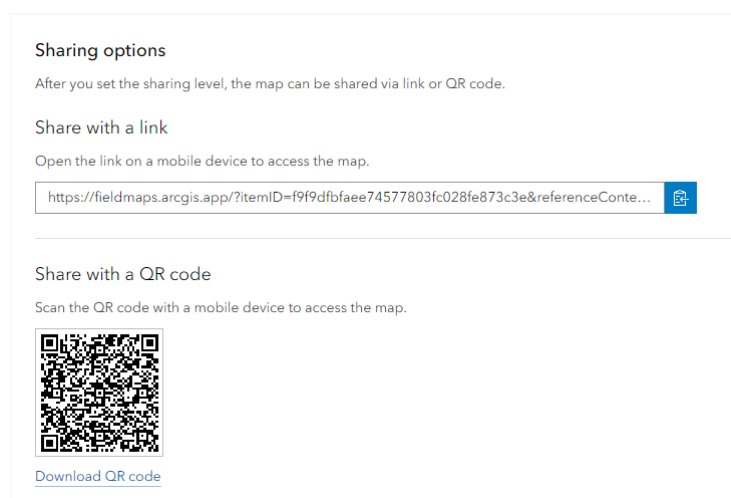


Рисунок 2.11 – Налаштування поширення мапи Field Maps

В мобільному застосунку Field Maps можна як відкрити мапу збережену локально, так і мапу, яка знаходиться на хмарному сховищі (рис. 2.12)

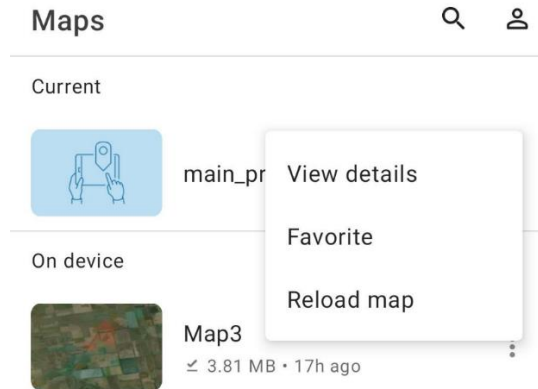


Рисунок 2.12 – Вибір мапи в мобільному застосунку Field Maps

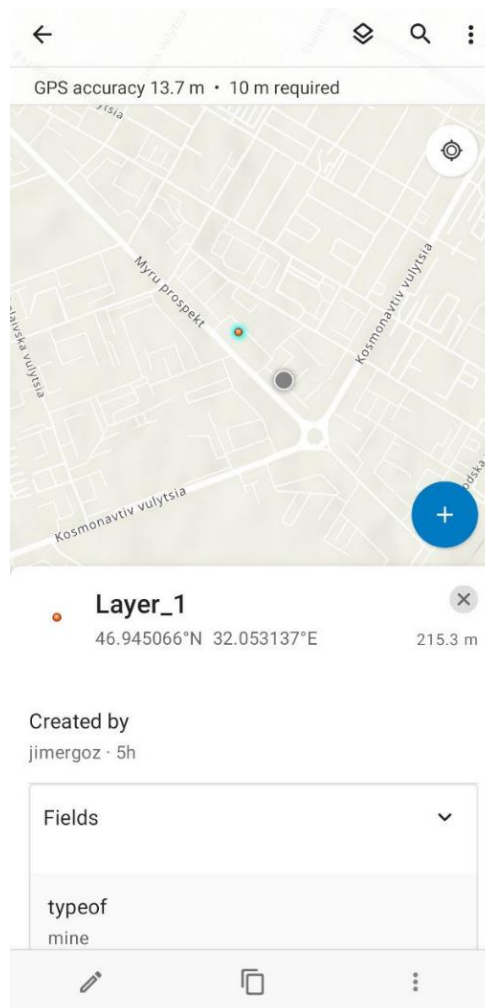


Рисунок 2.13 – Інтерфейс мобільного застосунку Field Maps

Інтерфейс ArcGIS Field Maps є мінімалістичним та інтуїтивним для кінцевого користувача, що спрощує процес поширення мапи стороннім особам. На рис. 2.13 можна побачити інтерфейс застосунку. Field Maps дозволяє змінювати параметри відображення шарів FGDB, що дає можливість сортування міток. Також є можливість додавати нові мітки за формою, що була створена у Field Maps Designer.

Field Maps підтримує офлайн режим, у якому всі зміни що були зроблені користувачем будуть завантажені до хмарного сховища в момент з'єднання мобільного пристрою з ним.

ArcGIS Pro, ArcGIS Online, ArcGIS Field Maps та ArcGIS Field Maps Designer є частиною одного комплексу програмного забезпечення від ESRI. Дані автоматично синхронізуються між ними та дозволяють покращити продуктивність роботи на місцевості, забезпечити актуальність даних та підвищити загальну ефективність роботи з геопросторовою інформацією.

Висновки до 2-го розділу

У другому розділі було розглянуто методи, моделі та інформаційні технології що були використані в виконанні роботи.

Були проаналізовані відмінності обраної системи збереження даних від тієї що використовується в аналогічних мапах. Із висновків можна визначити перспективність File Geodatabase в питанні майбутнього масштабування проєкту.

Результатом проведеної роботи у розділі було обрано оптимальну модель БПЛА, метод обстеження та збору даних та комплекс програмного забезпечення для реалізації інтерактивної мапи.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Основним завданням КРБ є створення інтерактивної мапи з системним рішенням додавання нових елементів та з наявністю всіх даних з минулої версії мапи. У зв'язку з тим, що KML версія не планувалася під розширення, вона має хаотичну структуру, не стандартизовані атрибути та відсутність можливості управління базою даних. Для вирішення цих проблем було виконано поетапне перенесення бази даних в формат FGDB.

3.1 Опис вхідних даних та структури об'єктів на мапі

3.1.1 Структура вхідних елементів бази даних KML

Основними структурними елементами KML є позначки місць, полігони та шляхи.

Позначки місць (рис. 3.1) відповідають за конкретні вибухонебезпечні об'єкти, та містять інформацію про їх назву, коментарі, фото інформацію щодо стилю відображення на мапі.

```
103 <Placemark>
104   <name>міна ТМ-62</name>
105   <description>&#60;a href=&#34;https://drive.google.com/file/d/1kJmuvH
106   <Style>
107     <LabelStyle>
108       <color>A600FFFF</color>
109       <scale>1</scale>
110     </LabelStyle>
111     <IconStyle>
112       <scale>0.5</scale>
113       <Icon>
114         <href>files/caution.png</href>
115       </Icon>
116       <hotSpot x="0.5" y="0" xunits="fraction" yunits="fraction"/>
117     </IconStyle>
118   </Style>
119   <Point>
120     <extrude>1</extrude>
121     <coordinates>33.125337,47.099088,0 </coordinates>
122   </Point>
123 </Placemark>
```

Рисунок 3.1 – Структура позначки місця в KML файлі

Полігони (рис. 3.2) відповідають за сектори полів що були досліджені на наявність ВНП за допомогою БПЛА та поля, що були переорані фермерами або опрацьовані саперами. Ця інформація дозволяє корегувати методику дослідження суміжних полів.

```
218 <Placemark>
219   <name>мінна лінія (знешкоджено)</name>
220   <description></description>
221   <Style>
222     <LineStyle>
223       <color>A6000000</color>
224       <width>2</width>
225     </LineStyle>
226     <PolyStyle>
227       <color>33FFFFFF</color>
228       <fill>1</fill>
229     </PolyStyle>
230   </Style>
231   <Polygon>
232     <extrude>1</extrude>
233     <outerBoundaryIs>
234       <LinearRing>
235         <coordinates>32.5219025997222,47.0266299,0 32.5219171997222,
236       </LinearRing>
237     </outerBoundaryIs>
238   </Polygon>
239 </Placemark>
```

Рисунок 3.2 – Структура полігону в KML файлі

Шляхи – це масив точок об'єднаних прямими відрізками, що утворюють сегментовані лінії. Шляхами позначені місця минулих позиції та укріплень сторін збройного конфлікту. Інформація про розташування укріплень є особливо корисною, у зв'язку з тенденціями на підвищену концентрацію ВНП між такими та розумінням логіки розташувань мінних ліній. За своєю структурою шляхи ідентичні полігонам.

3.1.2 Імпортування KML бази даних до середовища ArcGIS

ArcGIS Pro підтримує додавання шарів .kml і .kmz на карту в оригінальному форматі (рис. 3.3). Однак, щоб виконати редагування або будь-яку іншу модифікацію шарів, шар повинен бути конвертований в формат FGDB.

На рис. 3.4 можна побачити конвертований варіант мапи. В FGDB відсутній розподіл за папками, тому конвертований варіант відсортований за призначеними іконками. Також, під час конвертації була втрачена прозорість шарів та шрифтів.

3.2 Налаштування структури FGDB

3.2.1 Аналіз імпортованих даних

Після конвертації було отримано три шари:

- а) points – шар з точками, що був утворений з даних про позначки місць в KML, який містить просторову інформацію про конкретні місця на карті;
- б) polygons – полігони, шар повністю ідентичний полігонам в KML шарах, що дозволяє зберігати та відображати області з певними межами, такими як поля або сектори розташування мін;
- в) polylines – ГІС формат зображення відрізків, що були утворені з шляхів KML, який використовується для представлення лінійних об'єктів, таких як місця укріплень військових.

На рис. 3.5 зображено таблицю атрибутів – всіх значень про кожну точку в шарі. В таблиці вказаний ідентифікатор об'єкту, його форма, назва, структура знаходження до конвертації, ідентифікатор символу, інформація з опису об'єкту та інші дані.

OID	Shape	Name	FolderPath	SymbolID	AltMode	Base	Snippet	PopuInfo	HasLabel	LabelID
1	Point Z	міна тм-62	Document/карта внп...	0	-1	0		<a href="https://drive....	-1	0
2	Point Z	міна тм-62	Document/карта внп...	0	-1	0		<a href="https://drive....	-1	0
3	Point Z	міна тм-62	Document/карта внп...	0	-1	0		<a href="https://drive....	-1	0
4	Point Z	міна тм-62	Document/карта внп...	0	-1	0		<a href="https://drive....	-1	0
5	Point Z	касета 9НXXX	Document/карта внп...	0	-1	0		<a href="https://drive....	-1	0
6	Point Z	касета 9НXXX	Document/карта внп...	0	-1	0		<a href="https://drive....	-1	0
7	Point Z	- мінна лінія тм-62 (зн...	Document/карта внп...	1	-1	0		<a href="https://drive....	-1	1
8	Point Z	- мінна лінія тм-62 (зн...	Document/карта внп...	1	-1	0		<a href="https://drive....	-1	1
9	Point Z	ковпачок ?	Document/карта внп...	0	-1	0		<a href="https://drive....	-1	0
10	Point Z	ковпачок	Document/карта внп...	2	-1	0		<a href="https://drive....	-1	1

Рисунок 3.5 – Таблиця атрибутів шару з точками

Для аналізу даних про датасет точок було створено графік, що відображає точки сортуючи їх за назвами (рис. 3.6). На графіку можна побачити велике різноманіття об'єктів, та те що ідентичні об'єкти можуть бути названі по різному, що в подальшому ускладнить сортування.

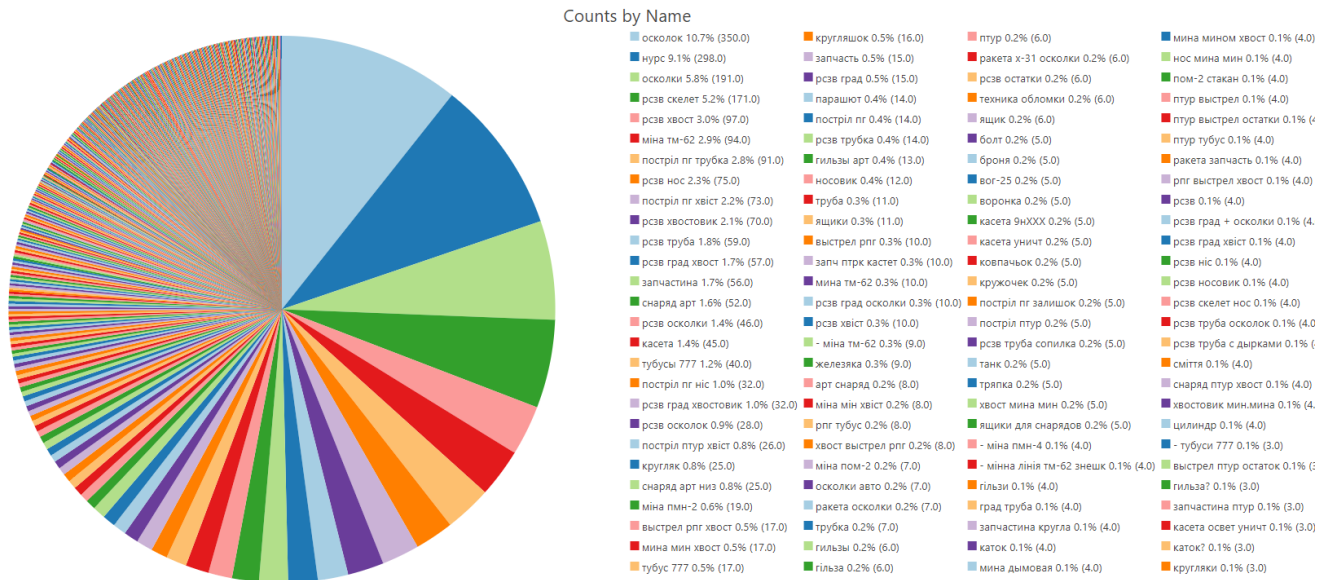


Рисунок 3.6 – Графік об'єктів відсортований за назвою

Для прикладу можна побачити 350 об'єктів з назвою «осколок» та 191 об'єкт з назвою «осколки».

3.2.2 Створення та налаштування GIS доменів

Домени є складовою структури FGDB та дозволяють стандартизувати значення конкретних полів таблиці атрибутів. Домени створюються для всього проекту та можуть бути використані неодноразово для забезпечення узгодженості даних і уникнення помилок введення, надаючи можливість обирати значення зі списку або вказуючи діапазон допустимих значень – рис 3.7.

Domain Name	Description	Field Type	Domain Type	Split Policy	Merge Policy
ExplosiveType	What is the group of explosives	Text	Coded Value Domain	Default	Default
IsDemined	Is object has been demined	Text	Coded Value Domain	Default	Default
PosAffiliation	Positions affiliation	Text	Coded Value Domain	Default	Default
SectorStatus	Status of selected sector	Text	Coded Value Domain	Default	Default
VisibilDomain	Is point visible	Text	Coded Value Domain	Default	Default
Domain		Text	Coded Value Domain	Default	Default

Рисунок 3.7 – Інтерфейс створення доменів

Для подальшого сортування було створено наступні 5 доменів:

- домен ExplosiveType, що містить в собі розподіл по основним типам ВНП;
- домен IsDemined, що дозволяє відділити вже знешкоджені ВНП;
- домен PosAffiliation, що розрізняє приналежність позицій до однієї з сторін конфлікту;
- домен SectorStatus, що поділяє полігони на відповідні підкатегорії;
- домен VisibilDomain – в подальшому не використовувався.

На рис. 3.8 зображено повну структуру домену ExplosiveType. Він складається з цілочисельного ідентифікатора та опису, який в даному випадку представляє 12 категорій ВНП, в які можна помістити всі об'єкти на мапі. Окремо відзначено елемент «scenes», він відповідає за точки на карті, що не є ВНП і ніяк з ними не пов'язані.

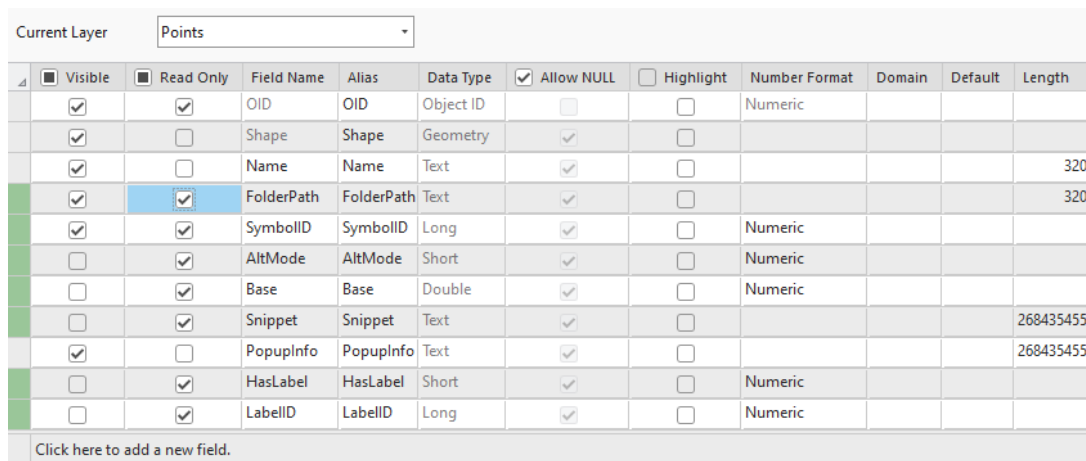
Code	Description
2	submunitions
0	scrap
1	mines
4	vehicles
5	mortar rounds
6	aircraft rockets
3	mlrs rocket parts
7	artillery projectiles
8	grenades
9	recoilless rifle parts
10	scenes
11	ammunition

Рисунок 3.8 – Домен ExplosiveType

3.2.3 Створення та налаштування GIS полів

Поля (Fields) є основною складовою таблиць атрибутів в ГІС, що дозволяє зберігати різноманітні типи даних, такі як текст, числові значення, дати і географічні координати, для кожного просторового об'єкта.

На рис. 3.9 зображено інтерфейс редактору полів. Всім полям, крім Name та PopupInfo було призначено атрибут Read Only, що забороняє подальше редагування значень. Додатково були приховані поля, що не будуть використовуватись в подальшій роботі.

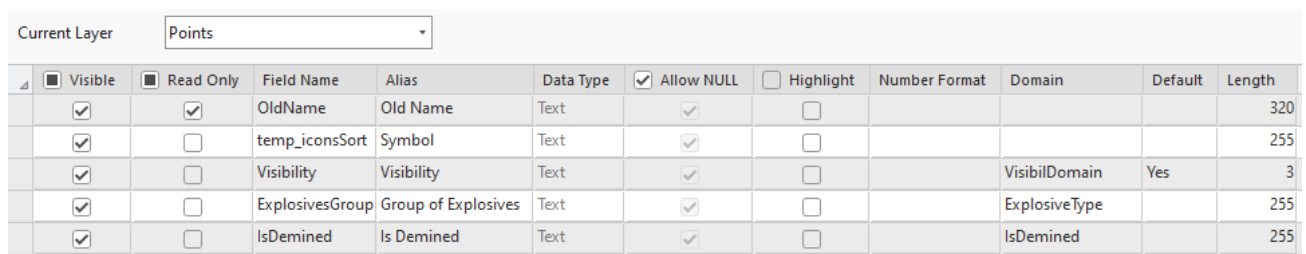


Visible	Read Only	Field Name	Alias	Data Type	Allow NULL	Highlight	Number Format	Domain	Default	Length
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	OID	OID	Object ID	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Shape	Shape	Geometry	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Name	Name	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				320
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FolderPath	FolderPath	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				320
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SymbolID	SymbolID	Long	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AltMode	AltMode	Short	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Base	Base	Double	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Snippet	Snippet	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				268435455
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PopupInfo	PopupInfo	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				268435455
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	HasLabel	HasLabel	Short	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	LabelID	LabelID	Long	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric			

Click here to add a new field.

Рисунок 3.9 – Редактор полів шару в FGDB

Для створення нового поля потрібно вказати назву поля (унікальне значення), псевдонім для відображення користувачеві, тип даних – рис 3.10.



Visible	Read Only	Field Name	Alias	Data Type	Allow NULL	Highlight	Number Format	Domain	Default	Length
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	OldName	Old Name	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				320
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	temp_iconsSort	Symbol	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				255
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Visibility	Visibility	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		VisibilDomain	Yes	3
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ExplosivesGroup	Group of Explosives	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		ExplosiveType		255
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IsDemined	Is Demined	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		IsDemined		255

Рисунок 3.10 – Структура новостворених полів

Додатково вказується довжина значень, використані домени та значення за замовчуванням.

3.3 Оптимізація даних в FGDB

Перед зміною назв об'єктів, було дубльовано оригінальні назви в поле OldName. Для дублювання було використано інструмент Calculate Field, який дозволяє обчислювати значення для полів у таблиці атрибутів на основі заданих виразів. Це потужний інструмент для оновлення, створення або маніпулювання атрибутивними даними.

Calculate Field працює тільки з вибраними елементами, тож обов'язково очищаємо вибірку перед його використанням. На рис. 3.11 зображені налаштування необхідні для копіювання даних з одного поля в інше.

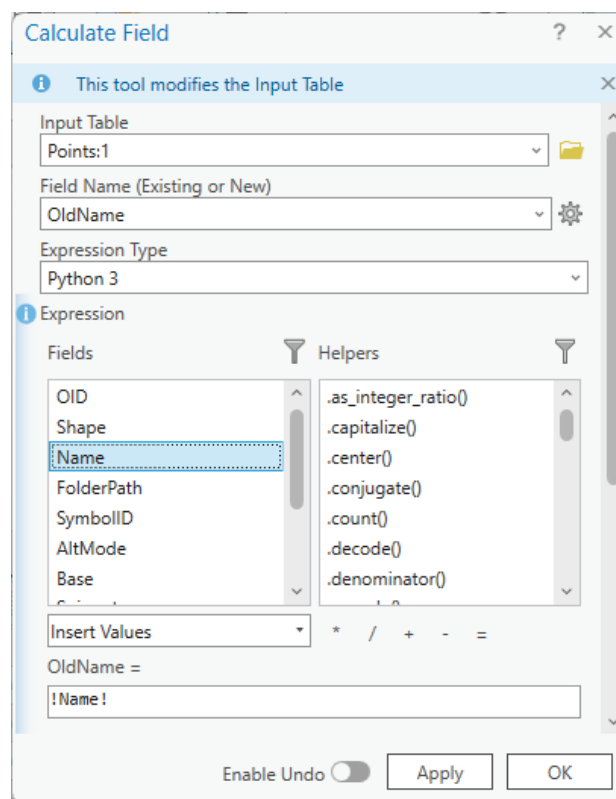


Рисунок 3.11 – Заповнення поля інформацією з іншого поля

Для виконання подальшого перейменування груп об'єктів необхідно створити відповідну вибірку. За допомогою інструменту Select By Attributes, що дозволяє вибирати об'єкти в шарі на основі їх атрибутивних значень, були обрані групи об'єктів із аналогічними за сенсом, проте різними за написанням, значеннями.

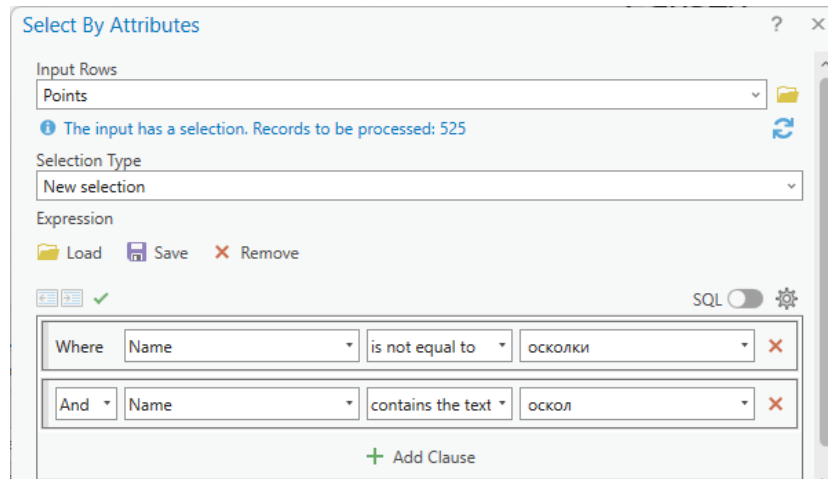


Рисунок 3.12 – Вибірка об'єктів за допомогою Select By Attributes

Перевіряємо вибірку, перейшовши до перегляду тільки обраних елементів. Якщо результат позитивний, то за допомогою інструменту Calculate Field, повторюємо процедуру з усіма найбільш поширеними об'єктами – рис 3.13.

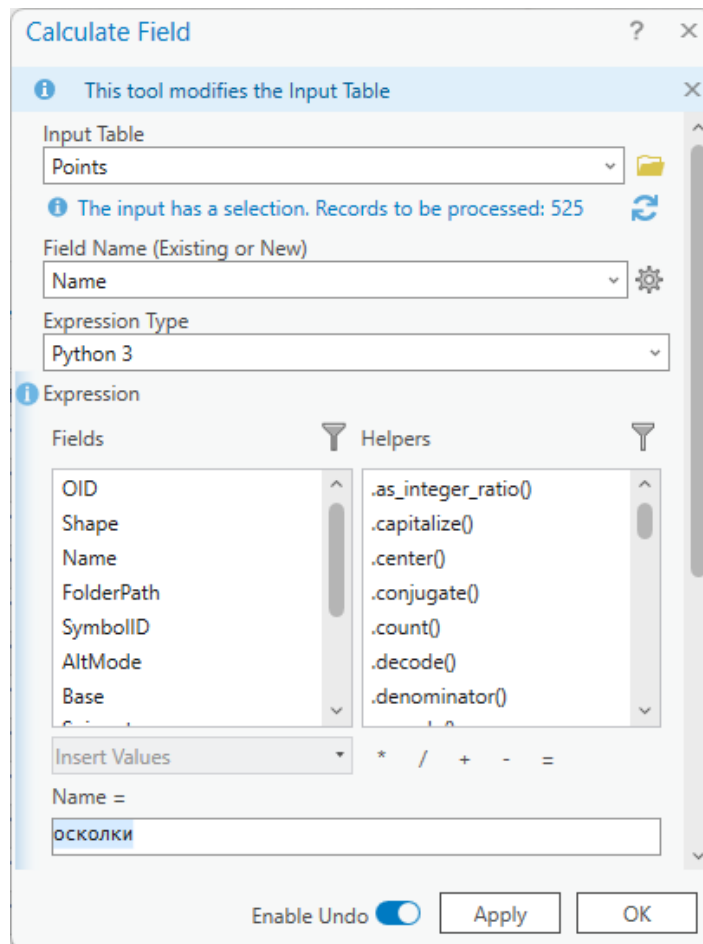


Рисунок 3.13 – Перейменування об'єктів за вибіркою

Повторюємо аналогічну процедуру необхідну кількість раз. Таким чином були об'єднані ідентичні об'єкти, які відрізнялись в написанні на 1–2 літери. Наступним етапом було поділено весь датасет на такі категорії як:

а) scrap – металолом, та об'єкти які не підійшли ні під одну з наступних категорій;

б) mines – протитанкові міни, протипіхотні міни, пастки та розтяжки;

в) submunitions – суббоєприпаси, такі як касетні боєприпаси серії 9Н, більш відомі як «воланчик»

г) mlrs rocket parts – запчастини від ракет систем залпового вогню;

д) vehicles – залишки автотранспорту, як цивільного, так і військового;

е) mortar rounds – залишки від мінометних мін;

ж) aircraft rockets – авіаційні ракети, такі як НАР (некеровані авіаційні ракети);

з) artillery projectiles – артснаряди;

и) grenades – гранати;

к) recoilless rifle parts – ручні гранатомети, протитанкові системи та їх снаряди;

л) scenes – мітки, які ніяк не пов'язані з ВНП;

м) ammunition – патрони, магазини до карабінів тощо.

Ці категорії є елементами домену ExplosiveType, який підключено до відповідного поля. Після завершення процесу групування об'єктів за значенням було створено графік, який показує кількість об'єктів за вказаними категоріями – рис. 3.14.

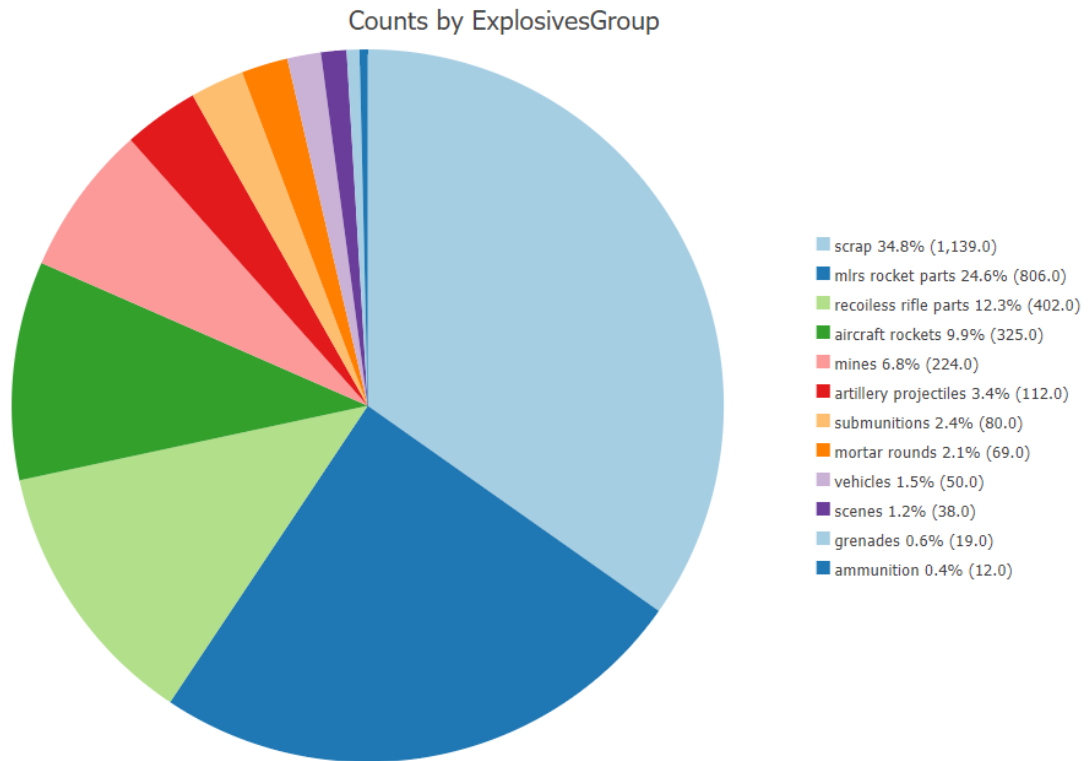


Рисунок 3.14 – Графік кількості позначок за значенням поля ExplosivesGroup

У порівнянні з рис. 3.6 було отримано більш інформативний графік, за яким можна оцінити тенденції фіксування певних категорій ВВП.

3.4 Налаштування символіки відображення шарів

Всі точки на мапі мають один з десяти стилів позначення, які зображено на рис. 3.15. В поточному стані інформативність цих позначень є мінімальною. Для підвищення інформативності було проведено аналіз кожного стилю та визначено 4 нових:

- а) dangerous – підтверджено вибухонебезпечний предмет;
- б) other – потенційно вибухонебезпечний предмет;
- в) demined – об'єкт, що було знешкоджено або прибрано з місця його розташування;
- г) vehicle – транспортні засоби.

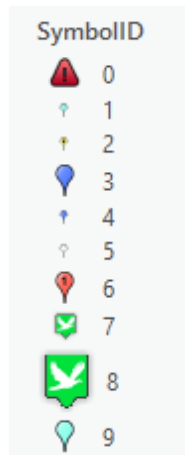


Рисунок 3.15 – Імпортовані стилі позначення точок

За допомогою інструментів Select By Attributes та Calculate Field було налаштоване поле iconsSort (рис. 3.16).

Значення підтверджено небезпечних предметів отримали позначки з ідентифікатором 0. Транспорт – з ідентифікатором 3 та 4. Знешкоджено з ідентифікаторами 1 та 9. Інші позначки отримали статус потенційно вибухонебезпечних предметів.

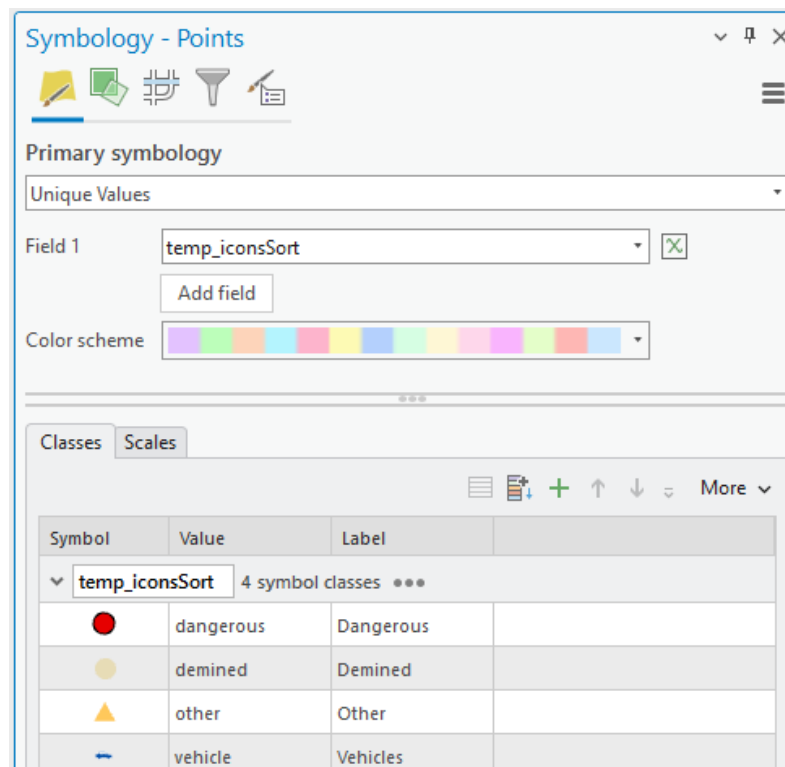


Рисунок 3.16 – Зміна поля до якого прив'язана символіка

За аналогічною методикою були налаштовані стилі відображення полігонів та поліліній. Для поліліній було вказано значення масштабу при якому вони починають з'являтися на карті – рис. 3.17. Аналогічні параметри було налаштовано для полігонів та точок.

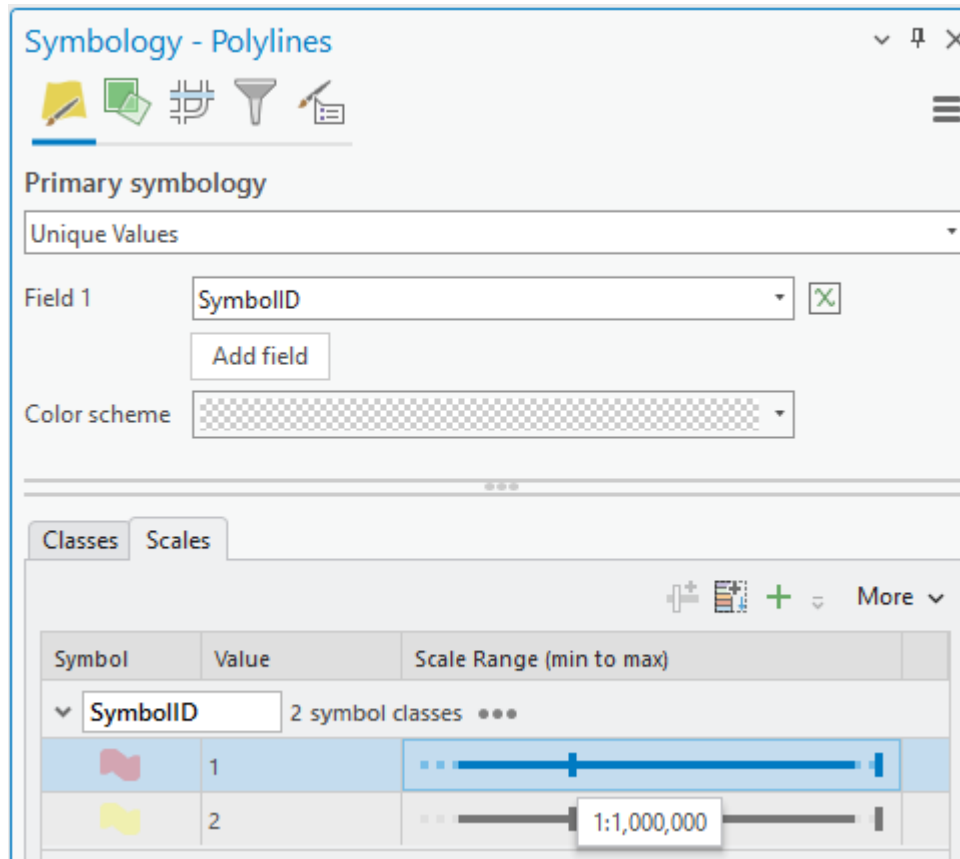


Рисунок 3.17 – Масштаб відображення об'єктів

В якості фонові карти було обрано Imaginary Hybrid – супутникову мапу з позначками населених пунктів та адміністративного поділу – рис. 3.18. Користувач буде в змозі обирати будь яку фонову карту самостійно, проте за замовчуванням було встановлено саме цей шар.



Рисунок 3.18 – Фрагмент мапи, який зображує фоновий шар та стилі всіх користувачьких шарів

Встановлена символіка дозволяє користувачам мапи легко орієнтуватись при користуванні мапою та в подальшому надасть можливість сортувати точки за цим атрибутом.

3.5 Система додавання нових позначок на мапу

Для додавання нових позначок на мапу достатньо зібрати геолоковані фотографії з ВНП в одну папку. Кожну фотографію бажано одразу назвати іменем ВНП. Подальші дії будуть виконуватись безпосередньо з середовищ ArcGIS Pro.

Завдяки методу *arcpy.management.GeoTaggedPhotosToPoints* (рис. 3.19) було автоматично імпортовано обрані фотографії та розміщено відповідно до їх геолокацій.

```
In [1]: arcpy.management.GeoTaggedPhotosToPoints(  
    Input_Folder=r"C:\Users\jimerPC\Downloads\test_photos_to_add",  
    Output_Feature_Class=r"C:\Users\jimerPC\Documents\ArcGIS\Projects\MyProject1\MyProject1.gdb\Points",  
    Invalid_Photos_Table=None,  
    Include_Non-GeoTagged_Photos="ONLY_GEOTAGGED",  
    Add_Photos_As_Attachments="NO_ATTACHMENTS"  
)
```

Рисунок 3.19 – Використання методу GeoTaggedPhotosToPoints

Подальша процедура включає в себе ручне налаштування кожної нової позначки, а саме:

- перевірка назви об'єкту;
- вказання значень кожного з полів, що призведе до автоматичного форматування об'єкту;
- прив'язка посилання на хмарну версію фотографії до об'єкта на мапі.

На рис. 3.20 зазначений фрагмент мапи одразу після імпорту трьох фотографій (відповідні мітки вже є на карті, через що відбулося накладання).



Рисунок 3.20 – Імпортування геолокованих фотографій до мапи

Нові мітки, що будуть додаватись адміністратором мапи будуть потребувати заповнення всіх атрибутів що було визначено раніше.

Висновки до 3-го розділу

У третьому розділі було створено, налаштовано та оптимізовано файлову базу геоданих що є основною інтерактивної мапи ВНП.

Були проаналізовані вхідні дані, що були імпортовані з файлу .kml. Була налаштована таблиця атрибутів за допомогою створення і заповнення відповідних полів та доменів. За допомогою функціоналу ArcGIS Pro датасет був стандартизований та оптимізований.

Результатом проведеної роботи у розділі було створено інтерактивну мапу ВНП з доступом через програмне середовище ArcGIS Pro.

4 РОЗГОРТКА ВЕБВЕРСІЇ КАРТИ ТА ЇЇ ТЕСТУВАННЯ

Подальші етапи виконання роботи будуть виконані за допомогою хмарних сервісів Esri, таких як ArcGIS Online, Field Maps Designer та ArcGIS Field Maps.

4.1 Налаштування мапи в середовищі ArcGis Online

Готову версію бази геоданих було експортовано у форматі вебшару до хмарних сервісів ESRI – рис. 4.1. В налаштуваннях експорту є можливість попереднього налаштування доступу до шару та вказати основні характеристики шару.

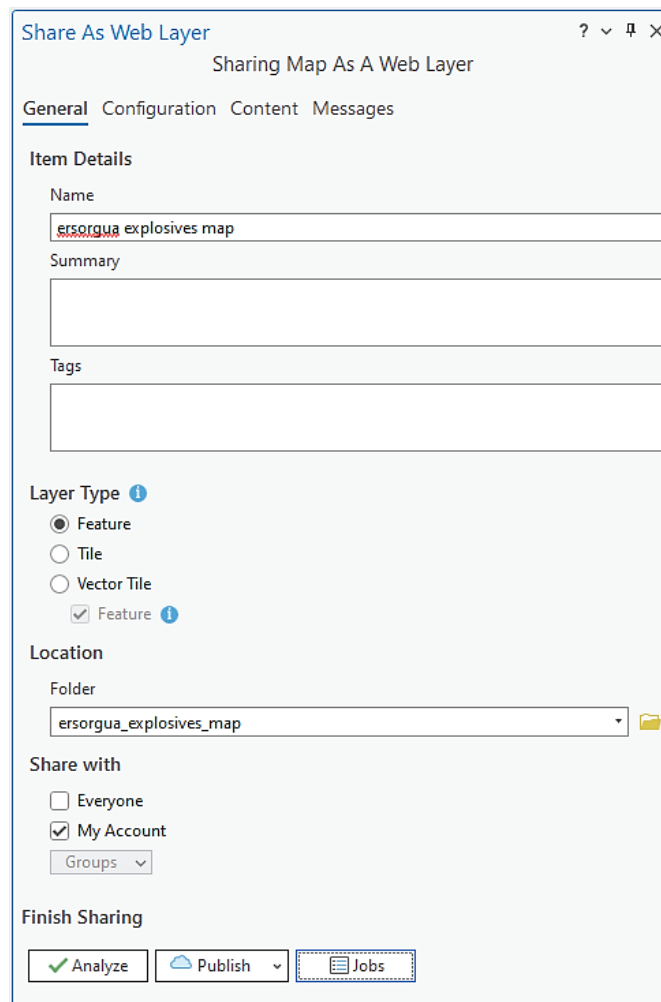


Рисунок 4.1 – Налаштування експорту мапи у формат вебшару

Імпортований шар можна переглянути в персональному акаунті ESRI [2]. ArcGIS Online дозволяє переглянути статистику змісту шару та його використання. Додатково є можливість експорту даних, в тому числі у KML форматі. Для редагування шару використовується ESRI Map Viewer – рис. 4.2.

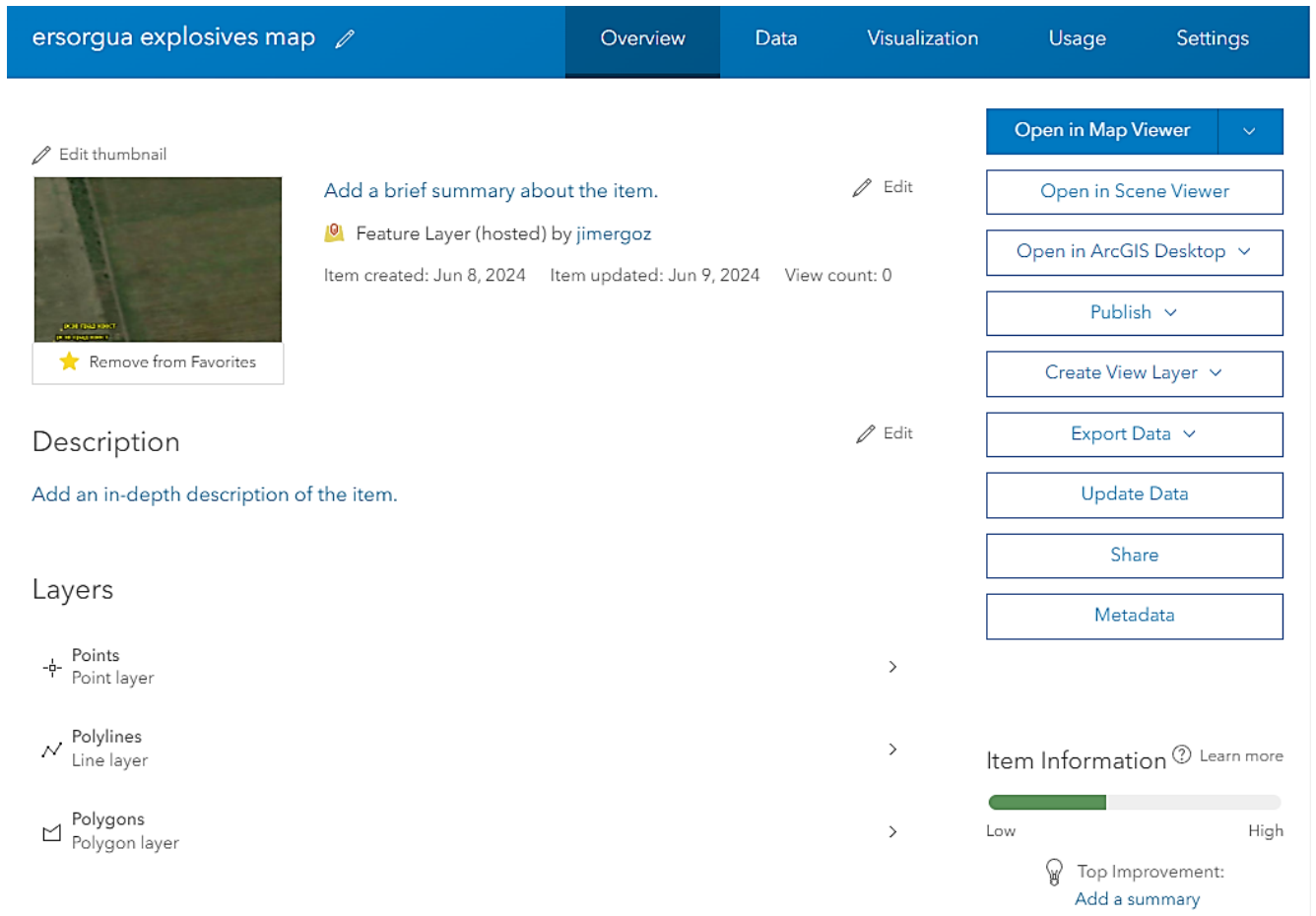


Рисунок 4.2 – Інтерфейс ArcGIS Online

В онлайн редакторі була проведена фінальна підготовка шару перед його використанням користувачем. За допомогою інструменту Label Features було створено клас Name та налаштовано стиль написів над точками – рис. 4.3.

Було налаштовано масштаб відображення написів, задля уникнення проблем з його подальшим масштабуванням. Колір – сірий, що має високу контрастність на всіх ділянках мапи, незалежно від її масштабування.

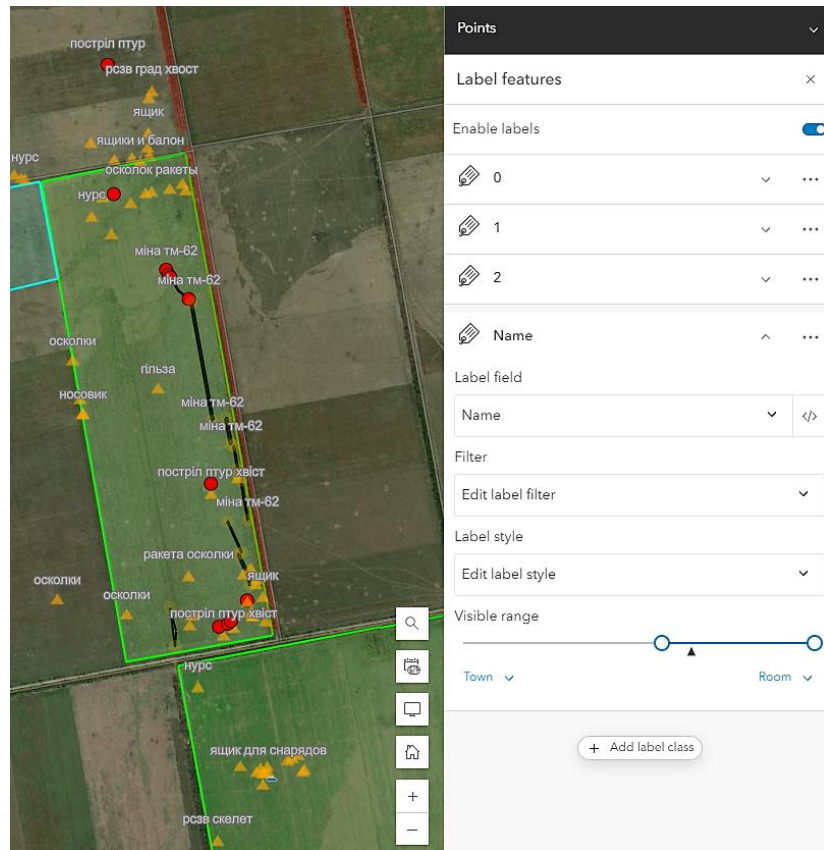


Рисунок 4.3 – Використання інструменту Label Features.

На рис. 4.4 зображено процес налаштування спливаючих вікон. Їх функціонал є одним з ключових в процесі використання мапи, так як вони надають можливість ознайомитись з детальною інформацією про кожен з точок.

Для шарів полігонів та поліліній функціонал спливаючих вікон було вимкнено через відсутність необхідності його використання користувачем. Для шару з точками були обрані поля спливаючих вікон:

- назва об'єкту зображена в заголовку вікна;
- OID – ідентифікатор об'єкту в шарі, що дозволяє відрізнити об'єкти з ідентичними назвами;
- поле з посиланням на фотографію об'єкта;
- підкатегорію об'єкта, що визначає його символ;
- групу ВВП, до якої було віднесено конкретний об'єкт;
- статус об'єкта, чи був він вже знешкоджений.

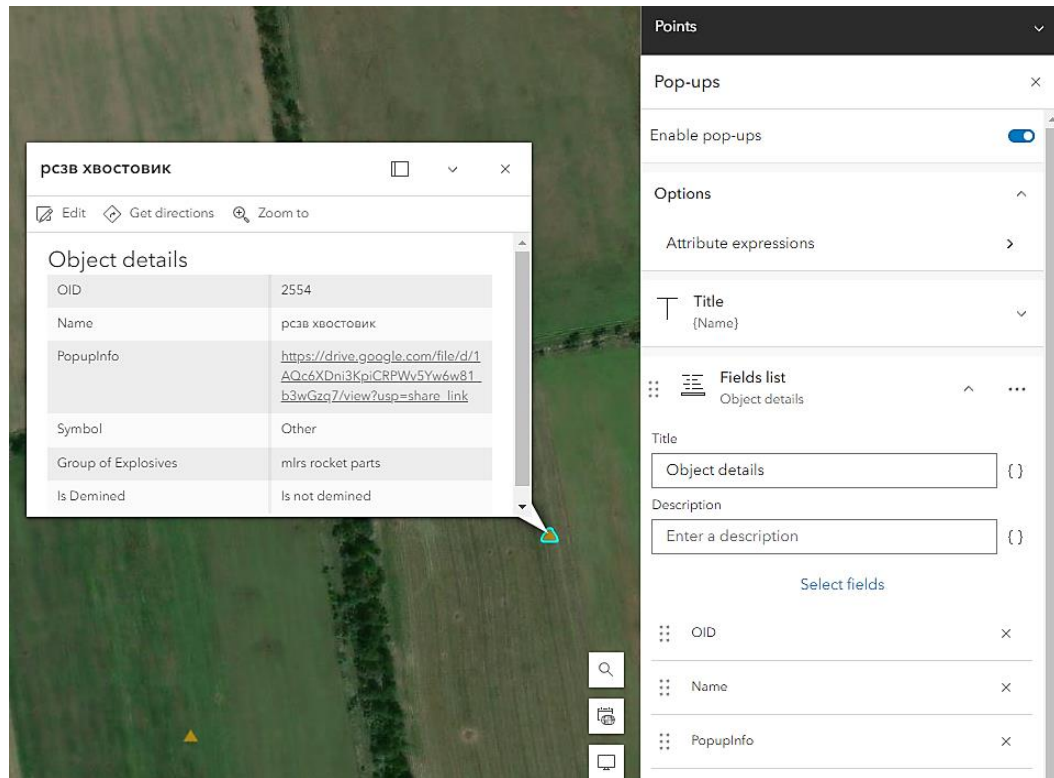


Рисунок 4.4 – Налаштування спливаючих вікон

За допомогою інструменту Bookmarks було створено посилання на два сектори з найбільшою концентрацією ВВП на них – рис. 4.5. Це дозволить швидко пояснити користувачу функціонал мапи та протестувати його на цих ділянках. Додавання закладок допоможе створювати посилання на важливі області на карті, забезпечуючи зручність у використанні.

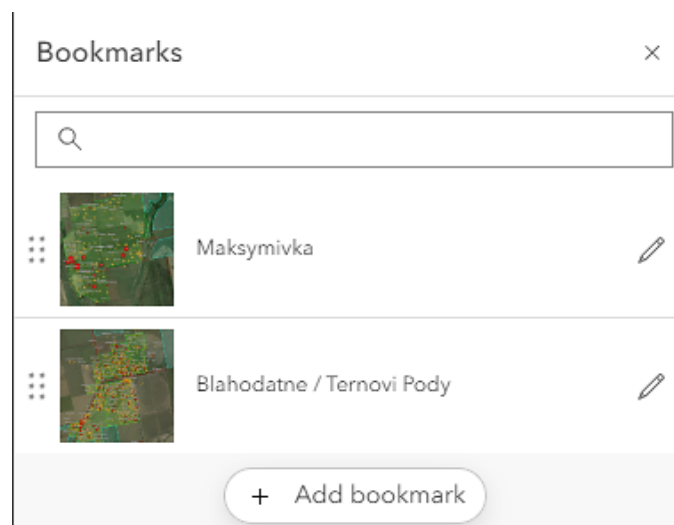


Рисунок 4.5 – Створення посилань на збережені локації

Перевіряємо правильність оформлення легенди мапи – рис. 4.6. У разі знаходження недоліків виправляємо їх за допомогою зміни псевдонімів до назв певних полів. Це забезпечить коректне відображення інформації на легенді, роблячи її зрозумілою та інформативною для користувачів. Таким чином, легенда відповідатиме стандартам і сприятиме кращому розумінню мапи.

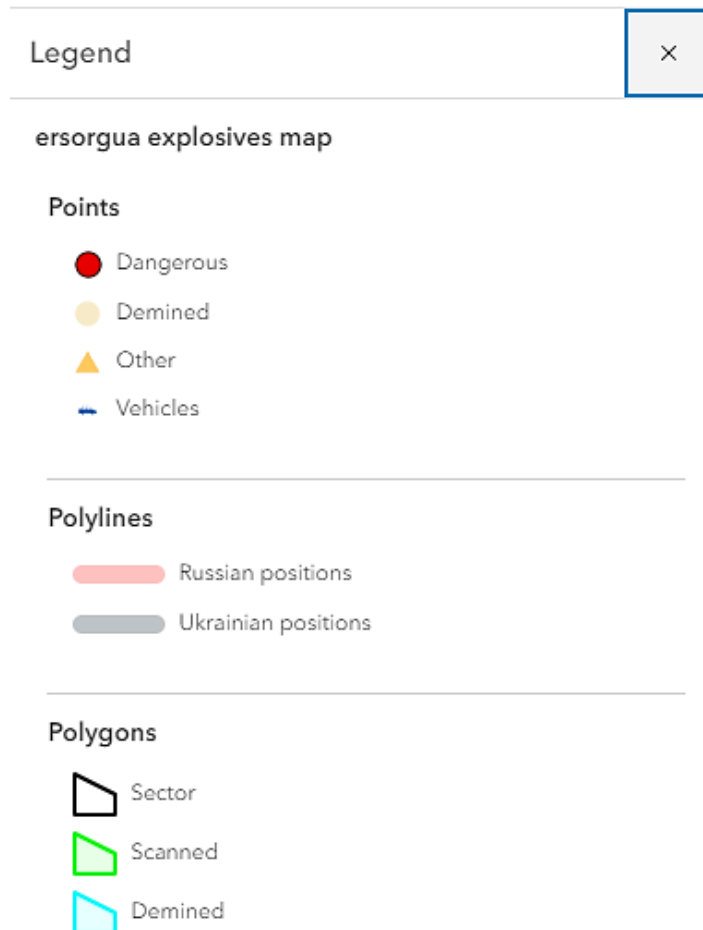


Рисунок 4.6 – Легенда мапи

Для оптимізації перегляду секторів з великою кількістю однорідних об'єктів було задіяно кластеризацію – рис. 4.7. Aggregation clustering в середовищі ArcGIS Online використовується для спрощення візуалізації та аналізу великих наборів точкових даних. Замість сотень чи тисяч окремих точок, які можуть накладатися одна на одну та ускладнювати сприйняття мапи, агрегування дозволяє групувати

точки в кластери. Це робить карту більш зрозумілою і спрощує ідентифікацію зон з високою концентрацією ВВП.

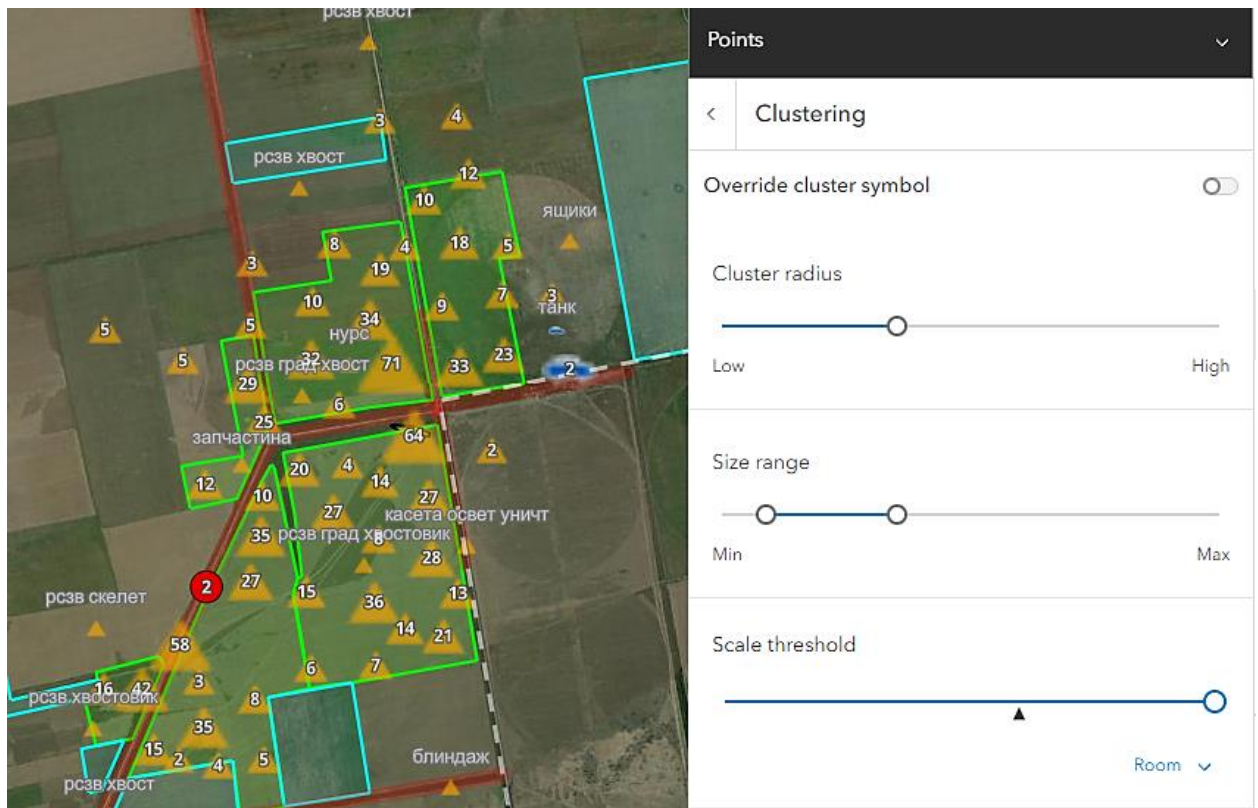


Рисунок 4.7 – Налаштування кластеризації мапи

Кластеризація зменшує кількість об'єктів, які потрібно відобразити одночасно, що знижує навантаження на клієнт та покращує продуктивність мапи. Агреговані кластери дозволяють легше ідентифікувати та аналізувати тенденції даних.

4.2 Створення та налаштування форми для додавання інформації з мобільного застосунку ArcGIS Field Maps

Одним з завдань КРБ було визначено можливість додавання даних на карту з мобільного пристрою знаходячись «в полі». Цей функціонал було реалізовано через створення відповідної форми та її підключення до проєкту.

Форма для подальшого використання в мобільному застосунку ArcGIS Field Maps створюються в сервісі Field Maps Designer. На рис. 4.8 зображено процес

створення полів, що будуть використані в формі. Обов'язковим полем було обрано тільки назву об'єкту, у зв'язку з тим, що всі мітки що будуть отримані з цієї форми потребуватимуть додаткової перевірки адміністратором мапи, задля уникнення дублювання точок чи неправильного заповнення даними.

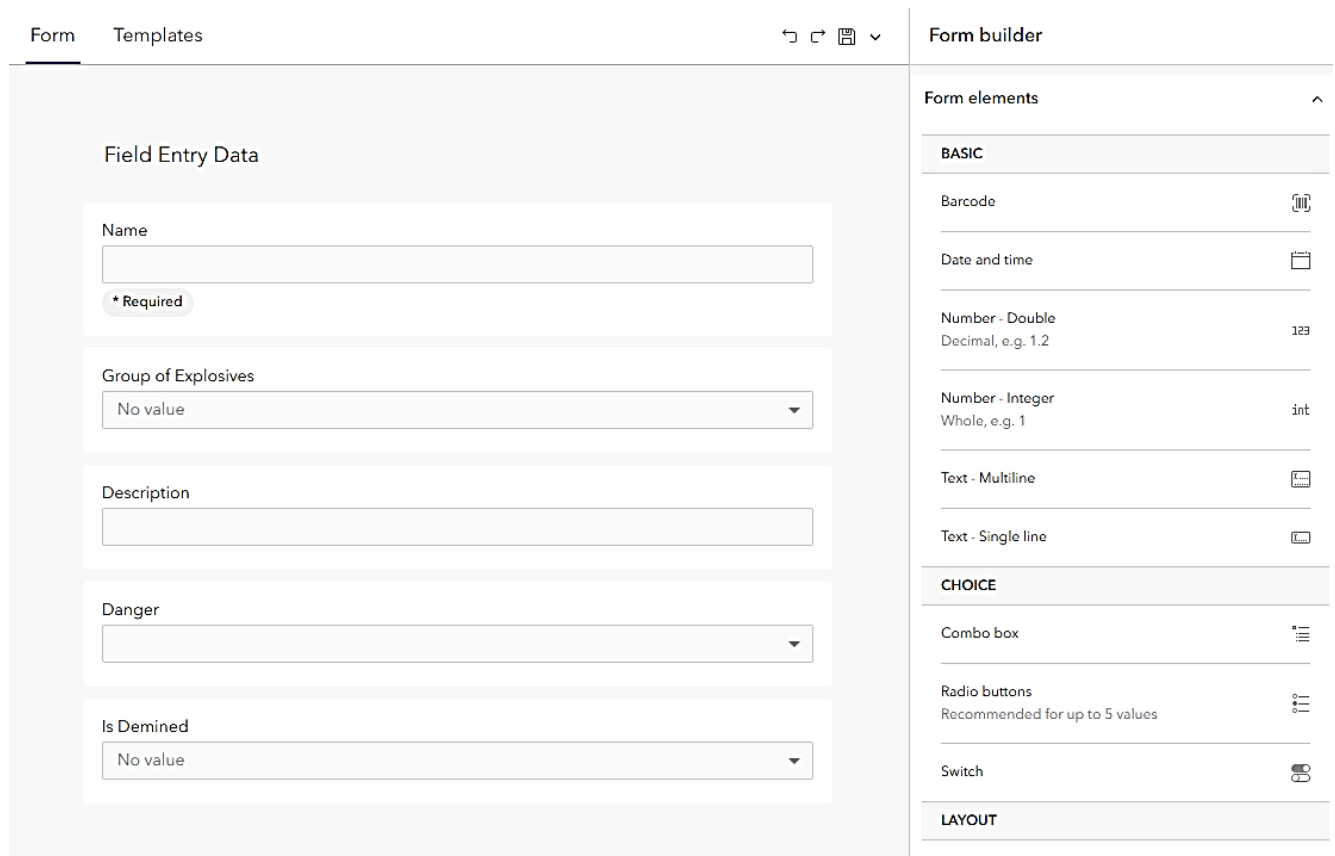


Рисунок 4.8 – Створення форми в Field Maps Designer

Користувачем буде заповнено до п'яти полів та прикріплено файл з фотографією об'єкта (за наявності). Інші поля форми будуть створені та заповнені автоматично:

- а) «OBJECTID» – цілочисельний ідентифікатор об'єкту в шарі;
- б) «CreationDate» – дата та час заповнення форми;
- в) «Creator» – ідентифікатор користувача, що заповнив форму;
- г) «GlobalID» – універсальний унікальний ідентифікатор, що присвоюється базою даних під час створення рядка;
- д) «EditDate» – дата та час останнього редагування форми;

е) «Editor» – ідентифікатор користувача, що востаннє редагував форму.

Для забезпечення підтримки високої якості інформації на мапі, в налаштуваннях Field Maps Designer обирається бажана точність геолокації (рис. 4.9), що заборонить використання форми при поганому GPS з'єднанні.

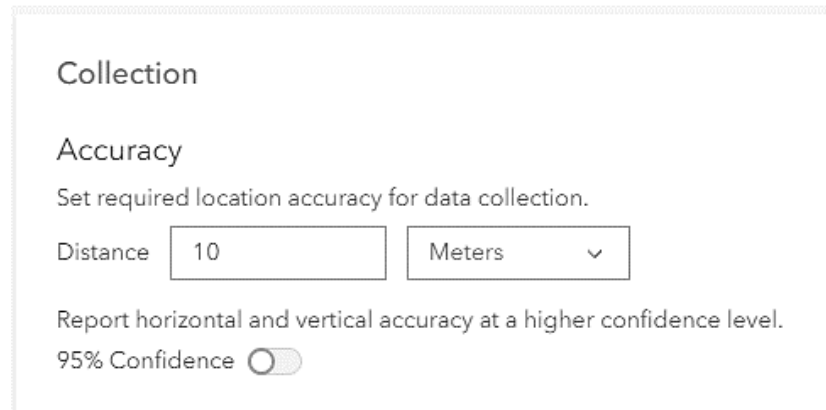


Рисунок 4.9 – Налаштування мінімальної точності геолокування

Максимальною похибкою було обрано 10 м, які ESRI встановлює за замовчуванням [13]. Додатково, в налаштуваннях можна заборонити користувачеві самостійно вибирати локацію для заповнення форми – рис. 4.10.

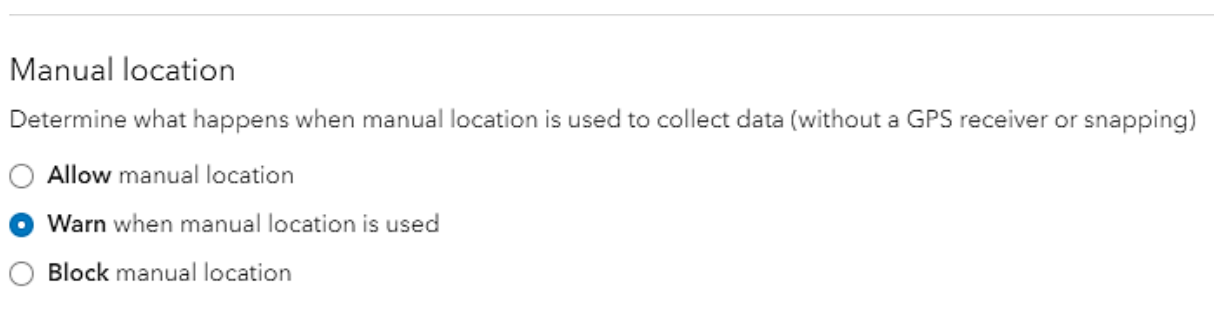


Рисунок 4.10 – Налаштування заборони вибору локації користувачем

Поки мапа перебуває на етапах розробки та тестування було обрано проміжний варіант – попередження про зміну локації. Це налаштування має бути змінено на повне блокування вибору локації, коли мапа буде розповсюджуватись.

4.3 Розгортка мапи в мобільному застосунку та її тестування

Для розгортки мапи до мобільного застосунку задається рівень доступу до перегляду мапи та до її редагування. Доступ до кожного шару мапи є індивідуальним, таким чином можна надати різний рівень доступу кожній групі користувачів – рис. 4.11.

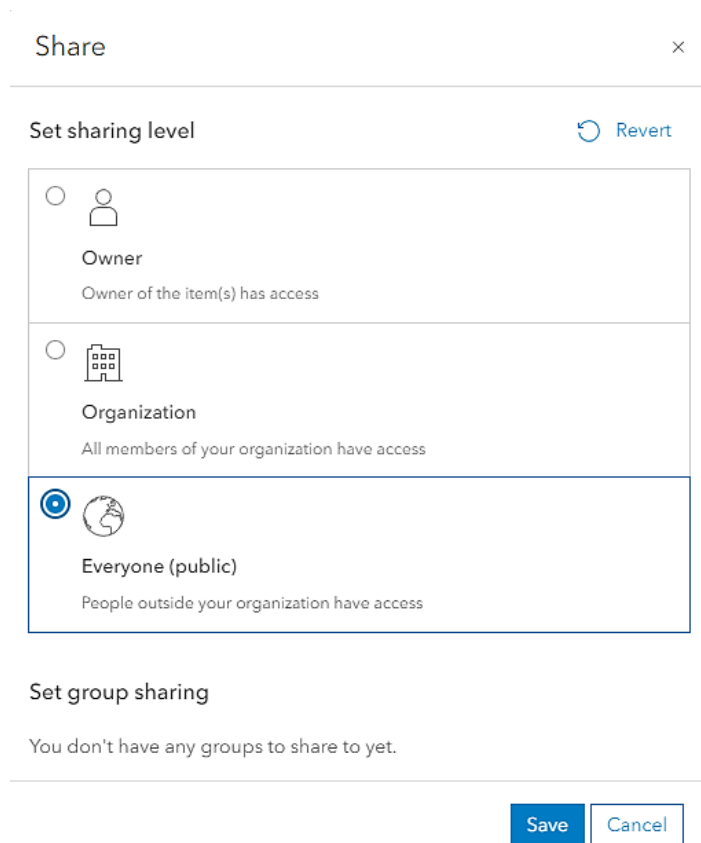


Рисунок 4.11 – Налаштування доступу до мапи

Для можливості подальшого сортування шарів за атрибутами в налаштуваннях шару були вказані конкретні поля, за якими дозволено фільтрування – рис. 4.12. Це забезпечує зручність при роботі з даними, дозволяючи користувачам легко знаходити та аналізувати потрібну інформацію на основі вибраних критеріїв.

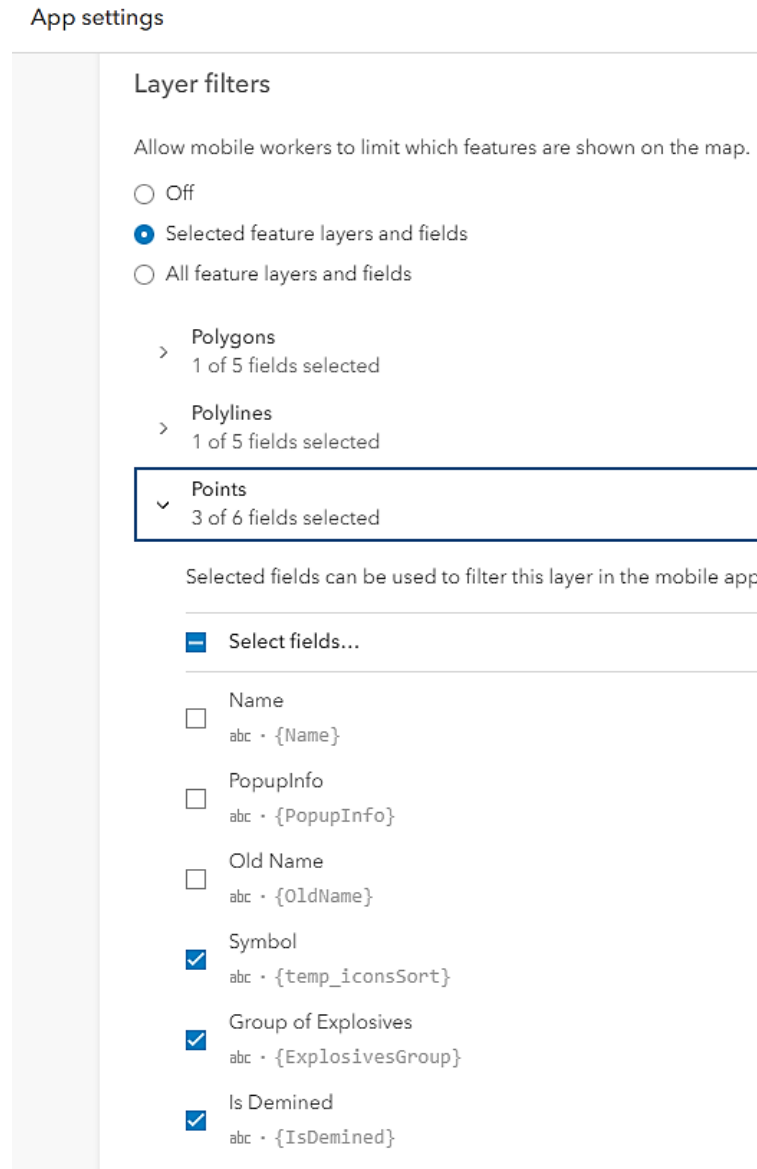


Рисунок 4.12 – Налаштування можливостей сортування мапи в мобільному застосунку

У користувачів, яким було надано доступ до мапи, вона автоматично з'явиться в застосунку ArcGIS Field Maps. Користувачам без облікового запису ESRI надано можливість отримання доступу до мапи через посилання або QR код. Доступ стороннім користувачам буде можливим тільки у разі активованого корпоративного плану ESRI.

На рис. 4.13 зображено інтерфейс мапи розгорнутої у мобільному застосунку. Основними елементами інтерфейсу є:

Створення інтерактивної мапи вибухонебезпечних предметів на основі даних з безпілотних апаратів

- мапа з накладанням шару з точками, полігонами та полілініями;
- статистичні дані про якість точність з'єднання з GPS;
- налаштування обраних шарів з можливістю їх сортування;
- кнопка, що дозволяє додати нову інформацію на мапу;
- пошук, що дозволяє відокремити об'єкти за їх назвою;
- легенда мапи, що відкривається у контекстному меню;
- вибір базової мапи, що знаходиться у контекстному меню.

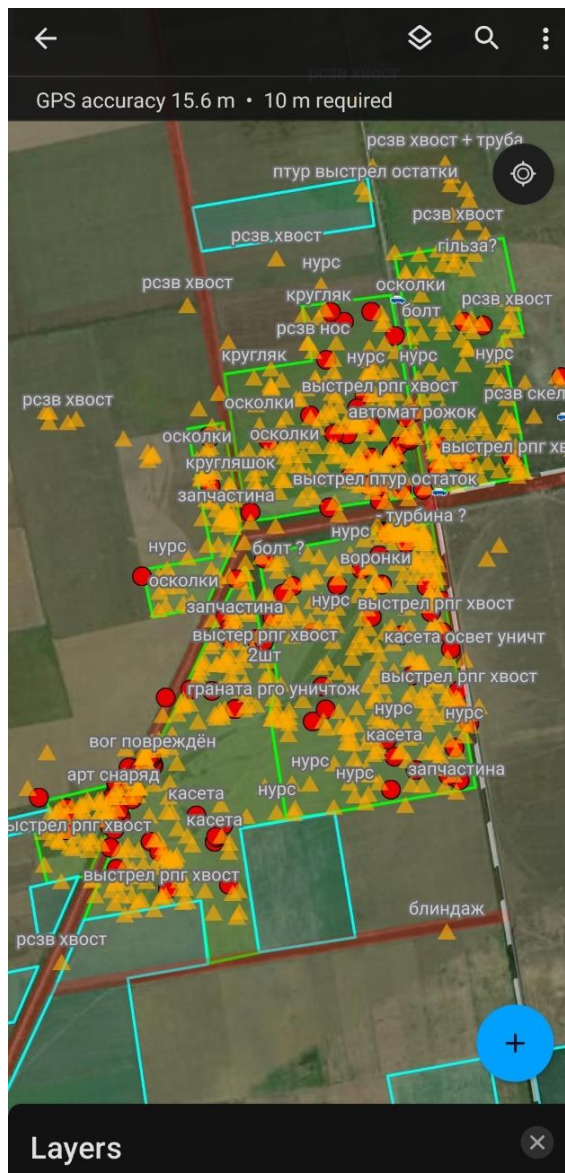


Рисунок 4.13 – Фрагмент мапи без використання фільтрів

В налаштуваннях шарів (рис. 4.14) користувач може повністю вимкнути відображення певних шарів, або зробити фільтрацію за ключовими атрибутами.

Фільтрація доступна для наступних категорій:

- для точок за групою ВПП, їх символікою та статусом знешкодження;
- для поліліній за фактором приналежності позицій до сторони конфлікту;
- для полігонів за статусом поля.

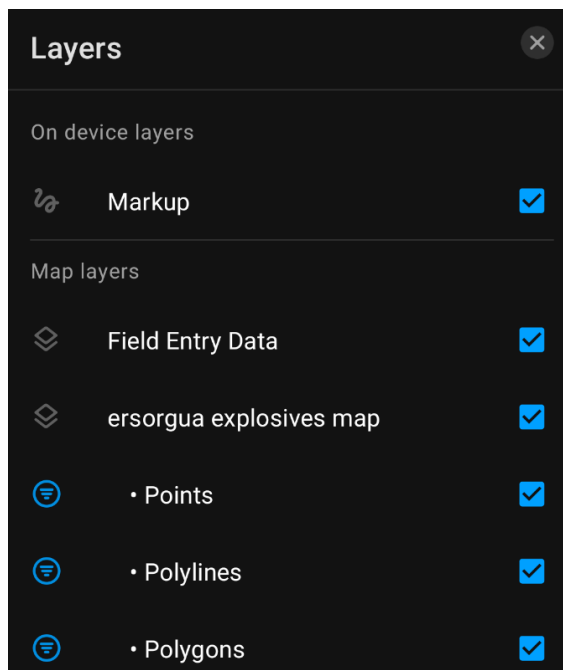


Рисунок 4.14 – Налаштування фільтрів та відображення шарів

Результат фільтрування за запитом: «небезпечні суббоеприпаси, що не були знешкоджені» відображено на рис. 4.15.

Інтерактивність мапи досягається завдяки можливості переглянути детальну інформацію щодо кожної точки. На прикладі рис. 4.16 можна побачити всі атрибути об'єкта, включно з координатами та відстанню до користувача. Додатково є можливість скопіювати атрибути для оперативного поширення інформації щодо конкретного об'єкта без необхідності завантажувати всю мапу.

Створення інтерактивної мапи вибухонебезпечних предметів на основі даних з безпілотних апаратів

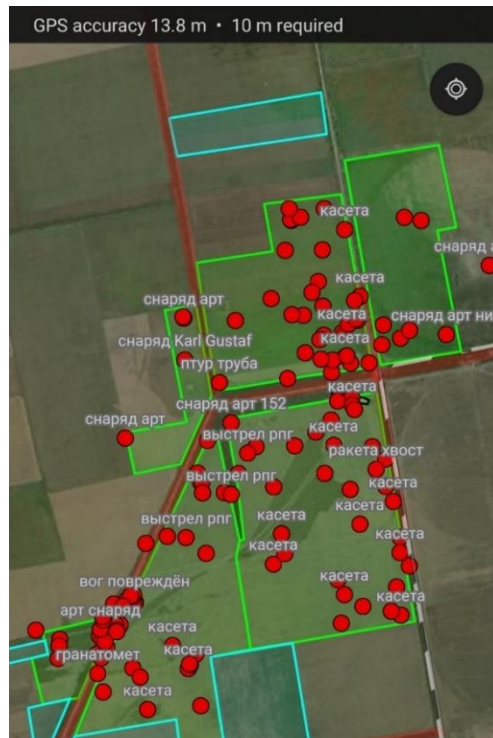


Рисунок 4.15 – Фрагмент мапи з використанням фільтрування за атрибутами

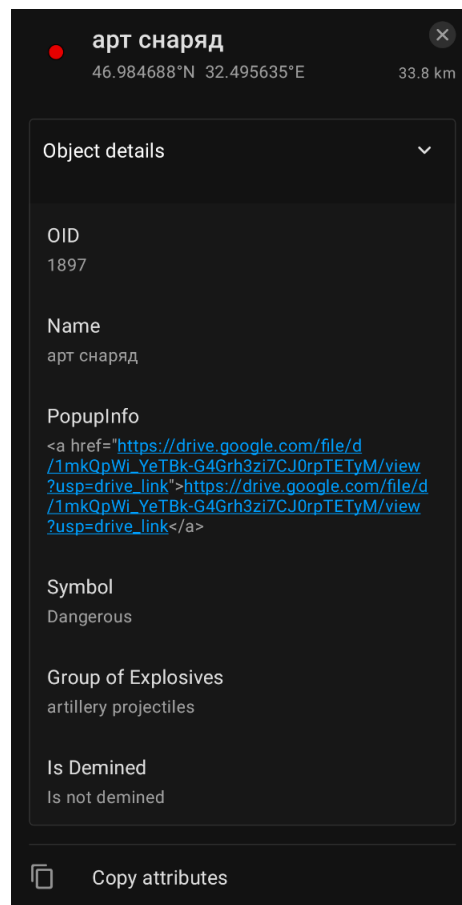


Рисунок 4.16 – Детальна інформація про точку на мапі

До переважної більшості точок прикріплено посилання до відповідного зображення об'єкта, що зберігається на хмарному сховищі – Google Drive. На рис. 4.17 зображено приклад фото, що прикріплено до опису об'єкта.

Фото дозволяє фахівцям розмінування ознайомитись з об'єктом до початку роботи, що значно полегшує підготовку та планування робіт, що сприяє підвищенню ефективності та безпеки під час виконання завдань.

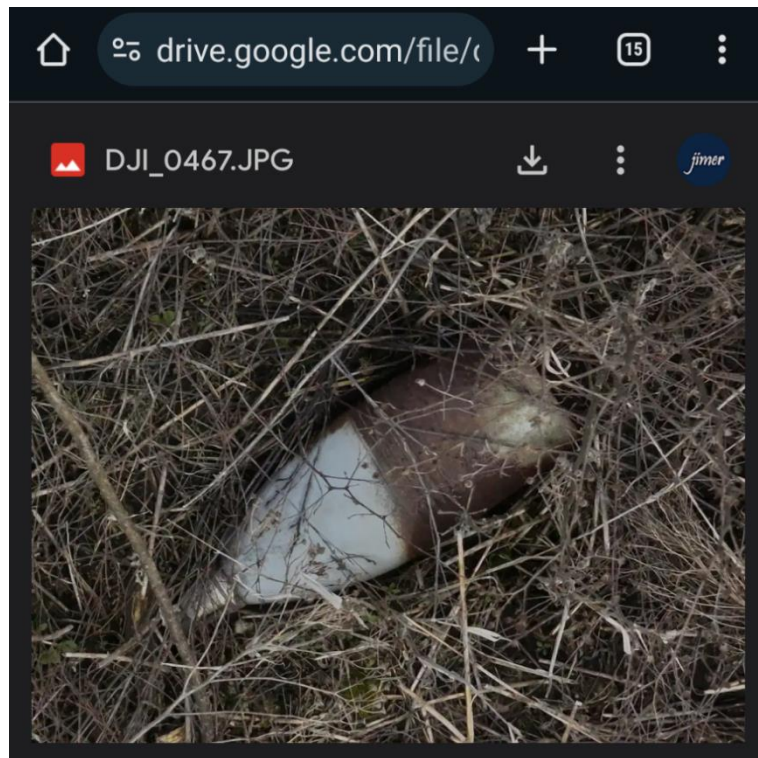


Рисунок 4.17 – Приклад хмарного збереження фото ВНП

У разі необхідності знайти певний об'єкт на мапі за його назвою, це можна зробити через пошук. Пошук був попередньо налаштований виявляти всі об'єкти що містять в своїй назві значення пошукового запиту. На рис. 4.18 зображено результати пошуку за запитом: «касета».

У разі знаходження ВНП під час виконання польових робіт, користувач має змогу додати його на мапу через раніше створену форму. Всі об'єкти, що додаються з використанням форми зберігаються окремим шаром, що полегшує подальше адміністрування мапи.

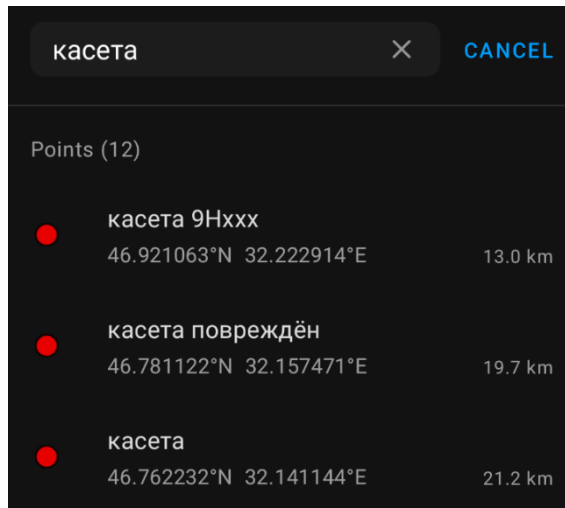


Рисунок 4.18 – Демонстрація пошуку ВВП за назвою

На рис. 4.19 зображено процес заповнення форми. Користувач може додати фотографію об'єкта та вказати його відомі характеристики. Це дозволяє оперативно оновлювати інформацію на карті, підтримуючи її актуальність та точність, а також сприяє ефективній координації користувачів мапи.

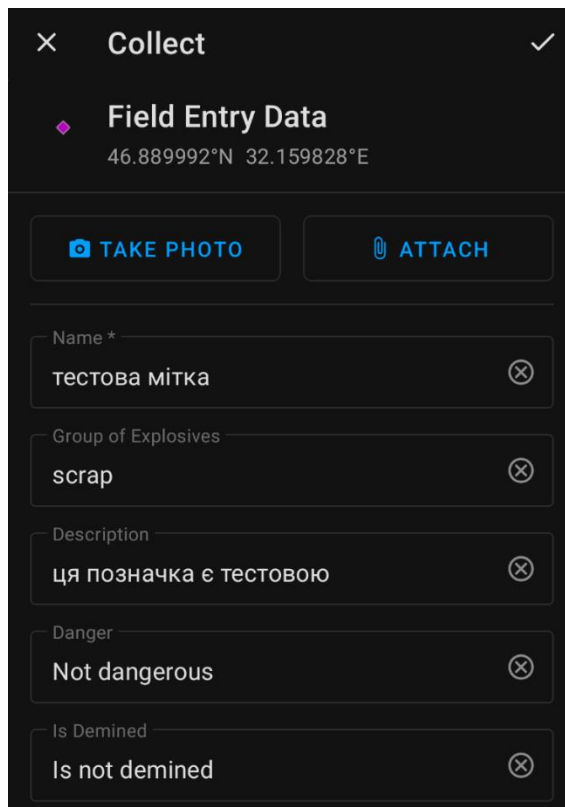


Рисунок 4.19 – Форма додавання нової точки на мапу

Додані точки за допомогою форми відображаються у всіх користувачів мапи. Для візуального відокремлення цим точкам було встановлено іншу символіку. Адміністратори мапи та користувачі з відповідними правами можуть редагувати дані, що були вказані при заповненні форми – рис. 4.20. Після редагування до атрибутів буде додано ідентифікатор акаунту останнього редактора та точний час внесення змін.

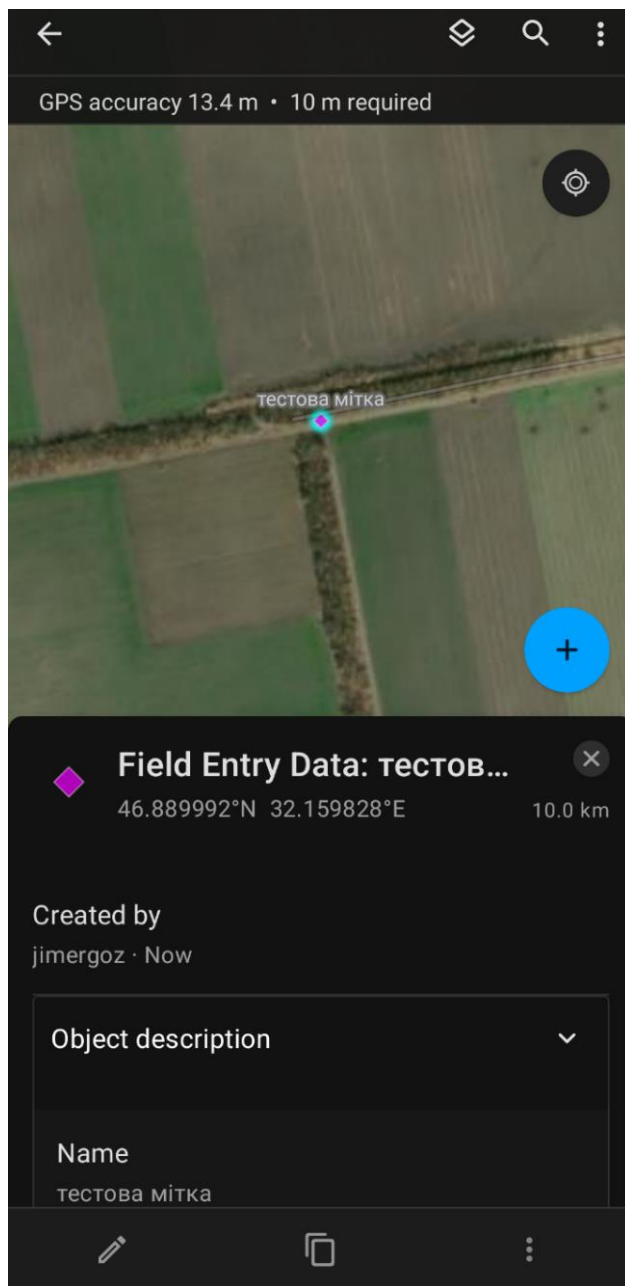


Рисунок 4.20 – Вигляд точок, що були додані з використанням форми Field Maps

Всі функції інтерактивної мапи були протестовані в мобільному застосунку ArcGIS Field Maps. Розроблена мапа повністю відповідають поставленим у завданні вимогам щодо механізмів додавання нової інформації та способу адміністрування й користування.

Висновки до 4-го розділу

У четвертому розділі інтерактивна мапа була розгорнута та протестована у мобільному застосунку ArcGIS Field Maps.

Для виконання розгортки мапу було спочатку експортовано до онлайн редактору ArcGIS Online та в подальшому налаштовано для відображення в мобільному застосунку. В середовищі Field Maps Designer було створено форму для додавання даних про ВНП з мобільного застосунку.

Результатом проведеної роботи у розділі було протестовано використання інтерактивної мапи ВНП з доступом через мобільний застосунок.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було створено інтерактивну мапу на основі даних, отриманих з БПЛА, та реалізовано механізм адміністрування та користування мапою.

Досягнуто поставлену мету – створено інтерактивну мапу, що дозволяє ефективно оперувати великим обсягом даних, спрощує процес позначення замінованих територій, планування шляхів доступу та виявлення особливо небезпечних об'єктів, прихованих від погляду спостерігача. Завдання кваліфікаційної роботи було виконано в повній мірі, зокрема:

- проаналізовано сучасні методи збору та обробки інформації за допомогою безпілотних літальних апаратів з метою виявлення вибухонебезпечних предметів;
- проаналізовано існуючі аналоги інтерактивних мап вибухонебезпечних предметів;
- досліджено та оцінено інформаційні технології в сфері геоінформаційних систем;
- спроектовано та розроблено систему для адміністрування та користування інтерактивною мапою;
- протестовано розроблену інтерактивну мапу.

Проаналізовано існуючу наукову літературу з дослідження методів збору інформації про ВВП з використанням БПЛА. Як основний метод було обрано візуальний пошук, що вирізняється серед інших простотою в реалізації і найменшою вартістю обслуговування БПАК. Також було проаналізовано існуючі аналоги, а саме публічні мапи ВВП ГУ ДСНС, Міністерства оборони України та мапи ВВП від АРС УЧХ.

Для розробки мапи використовувалися ГІС-інструменти від ESRI, а саме ArcGIS Pro у якості основного редактора бази геоданих, ArcGIS Online та Field Maps Designer для налаштування відображення вебверсії мапи, ArcGIS Field Maps у якості мобільного застосунку.

Розроблена інтерактивна мапа повністю відповідає поставленим у завданні вимогам щодо механізмів додавання нової інформації та способу адміністрування. Вона забезпечує простоту у використанні: зручний алгоритм додавання та поширення об'єктів. Було успішно інтегровано базу даних ВВП, що містить понад 3000 об'єктів, що дозволило досягти високого рівня інформативності та актуальності мапи. У подальшому планується інтегрувати напрацювання обробки фотографій моделями штучного інтелекту для збільшення точності ідентифікації ВВП. Робота буде опублікована у вигляді вебмапи на сайті АРС УЧХ. Також інтерактивна мапа буде поширюватися серед саперних підрозділів ДСНС та інших організацій, пов'язаних із процесом розмінування.

У спеціальній частині з охорони праці було досліджено та проаналізовано умови організації роботи фахівців в місцях, що є потенційно замінованими, а також правила поведінки з вибухонебезпечними предметами. Були сформовані правила роботи у польовій місцевості та проведено відповідні інструктажі.

Результати кваліфікаційної роботи бакалавра пройшли апробацію під час Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Інформаційні технології та інженерія» (Миколаїв, 31 січня – 02 лютого 2024 р.).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 156 тисяч квадратних кілометрів території України наразі потенційно небезпечні та потребують обстеження й розмінування – ДСНС – Медіацентр Україна. URL: <https://mediacenter.org.ua/uk/156-tisyach-kvadratnih-kilometriv-teritoriyi-ukrayini-narazi-potentsijno-nebezpechni-ta-potrebuyut-obstezhennya-j-rozminuvannya-dsns/> (дата звернення: 10.05.2024).
2. ArcGIS Online. URL: <https://www.arcgis.com/index.html> (дата звернення: 09.06.2024).
3. Bajić M., Potočnik B. UAV thermal imaging for unexploded ordnance detection by using deep learning. *Remote sensing*. 2023. Vol. 15, Is. 4. P. 967–982. DOI: 10.3390/rs15040967.
4. Camacho-Sanchez C., Yie-Pinedo R., Galindo G. Humanitarian demining for the clearance of landmine-affected areas. *Socio-Economic planning sciences*. 2023. Vol. 88. P. 1–13. DOI: 10.1016/j.seps.2023.101611.
5. ArcGIS Pro. URL: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview> (Last accessed: 08.06.2024).
6. Drone data management and flight analysis. URL: <https://airdata.com/> (Last accessed: 26.05.2024).
7. Google Earth. URL: <https://www.google.com/earth/about/versions/> (дата звернення: 10.05.2024).
8. Ustymenko, V., Rohozian, Y., Trehub, O., Liashenko, P., Zablodska, D. Economic and legal dimension of humanitarian demining of Ukraine: problem and research prospects. *Amazonia Investiga*. 2023. Vol. 12, No. 65. P. 287–295. DOI: 10.34069/ai/2023.65.05.27.
9. Kasianchuk A., Lastivka H. Promising areas of integration of artificial intelligence technologies in unmanned aerial vehicles. *16th International conference correlation optics (COR2023)*. Chernivtsi, Ukraine, Sept. 18–21, 2023. P. 1–5. DOI: 10.1117/12.3008983.
10. Krivtsun V., Nanivska L. Factors affecting the demining process. *Social*

Development and Security. 2023. Vol. 13, No. 5. P. 38–44.
DOI: 10.33445/sds.2023.13.5.5.

11. Shoba P. Explosive detection – an integrated technique. *International Journal of Applied Science and Engineering Research*. 2012. Vol. 1, No. 5. P. 669–677.
DOI: 10.6088/ijaser.0020101068.

12. Poliachenko, I., Kozak, V., Bakmutov, V., Cherkes, S., Varava, I. Preliminary results of UAV magnetic surveys for unexploded ordnance detection in Ukraine: effectiveness and challenges. *Geofizičeskij žurnal*. 2023. Vol. 45, No. 5. P. 126–140. DOI: 10.24028/gj.v45i5.289117.

13. Prepare for high-accuracy data collection. URL: <https://doc.arcgis.com/en/field-maps/latest/prepare-maps/high-accuracy-data-collection.htm> (Last accessed: 09.06.2024).

14. Hutsul T., Khobzei M., Tkach V., Krulikovskiy O., Moisiuk O., Ivashko V., Samila A. Review of approaches to the use of unmanned aerial vehicles, remote sensing and geographic information systems in humanitarian demining: ukrainian case. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Is.7. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29142.

15. Support for DJI Mavic 3. URL: <https://www.dji.com/global/support/product/mavic-3> (Last accessed: 26.05.2024).

16. Your premier destination for drone magnetic solutions and drone magnetic services. URL: <https://umagsolutions.com/> (Last accessed: 10.05.2024).

17. Understanding Bluetooth Range. URL: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/key-attributes/range/#:~:text=Bluetooth%20technology%20uses%20the,for%20low-power%20wireless%20connectivity> (Last accessed: 26.05.2024).

18. Tuohy M., Baur J., Steinberg G., Pirro J., Mitchell T., Nikulin A., Frucci J., de Smet T. Utilizing UAV-based hyperspectral imaging to detect surficial explosive ordnance. *The Leading Edge*. 2023. Vol. 42, Is. 2. P. 98–102. DOI: 10.1190/tle42020098.1.

19. Аеророзвідка. Аварійно-рятувальна служба Українського Червоного Хреста. URL: <https://www.ers.org.ua/index.php/diialnist/aerorozvidka> (дата

звернення: 10.05.2024).

20. Інтерактивна мапа територій, які потенційно можуть бути забруднені вибухонебезпечними предметами. *Сервіс протимінної діяльності ДСНС*. URL: <https://mine.dsns.gov.ua/> (дата звернення: 10.05.2024).

21. Інформування про небезпеки від ВНП та навчання з попередження ризикам. *Міністерство оборони України*. URL: <https://ua.imsma.org/portal/apps/webappviewer/index.html?id=784c0f78654241298aec487f4bce7fd9&locale=uk> (дата звернення: 10.05.2024).

22. Про затвердження Змін до Переліку територій, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окупованих Російською Федерацією : наказ Міністерства з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України від 23.04.2024 р. № 120. Офіційний вісник України. 2024. № 41Ю С. 114.

23. Чередниченко О. Ю., Паламарчук Н. А., Шемендюк О. В., Мартинюк В. В. Синтез системи виявлення вибухонебезпечних предметів на базі безпілотного літального апарата. *Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки*. 2023. № 3. С. 163–170. DOI: 10.58254/viti.3.2023.18.163.

24. Україна є нині найбільш замінованою державою світу – Міндовкілля. URL: <https://ukr.radio/news.html?newsID=103576> (дата звернення: 10.05.2024).

25. Чупина В. Є., Обухова К. О. Створення інтерактивної мапи вибухонебезпечних об'єктів з використанням рухомих комп'ютерних систем. Інформаційні технології та інженерія : тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф. Миколаїв, 31 січ. – 02 лют. 2024 р. Миколаїв : Чорном. нац. ун-т ім. Петра Могили, 2024. С. 29–32.

26. Якотюк В. С., Момот А. С. Аналіз ефективності методів пошуку вибухонебезпечних предметів із використанням БПЛА. Секція 6. Новітні технології у проектуванні роботизованих систем в неруйнівному контролі, технічній та медичній діагностиці : Всеукр. науково-практ. конф. студентів, м. Київ, 21 груд. 2023 р. Київ, 2023. С. 373–376. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65419> (дата звернення: 10.05.2024).

ДОДАТОК А

Видимість ВВП на фотографіях зроблених на різній висоті



Рисунок А.1 – Фотографія ВВП з висоти 5 метрів



Рисунок А.2 – Фотографія ВВП з висоти 10 метрів



Рисунок А.3 – Фотографія ВНП з висоти 15 метрів

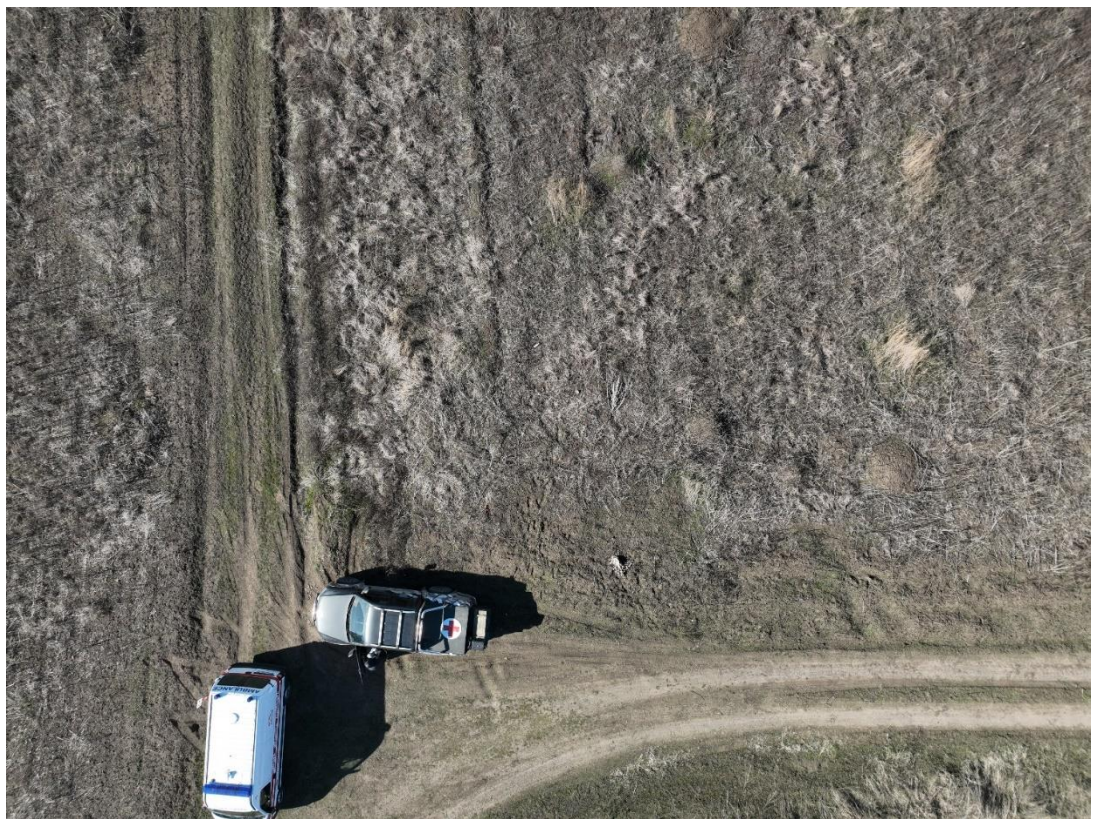


Рисунок А.4 – Фотографія ВНП з висоти 15 метрів

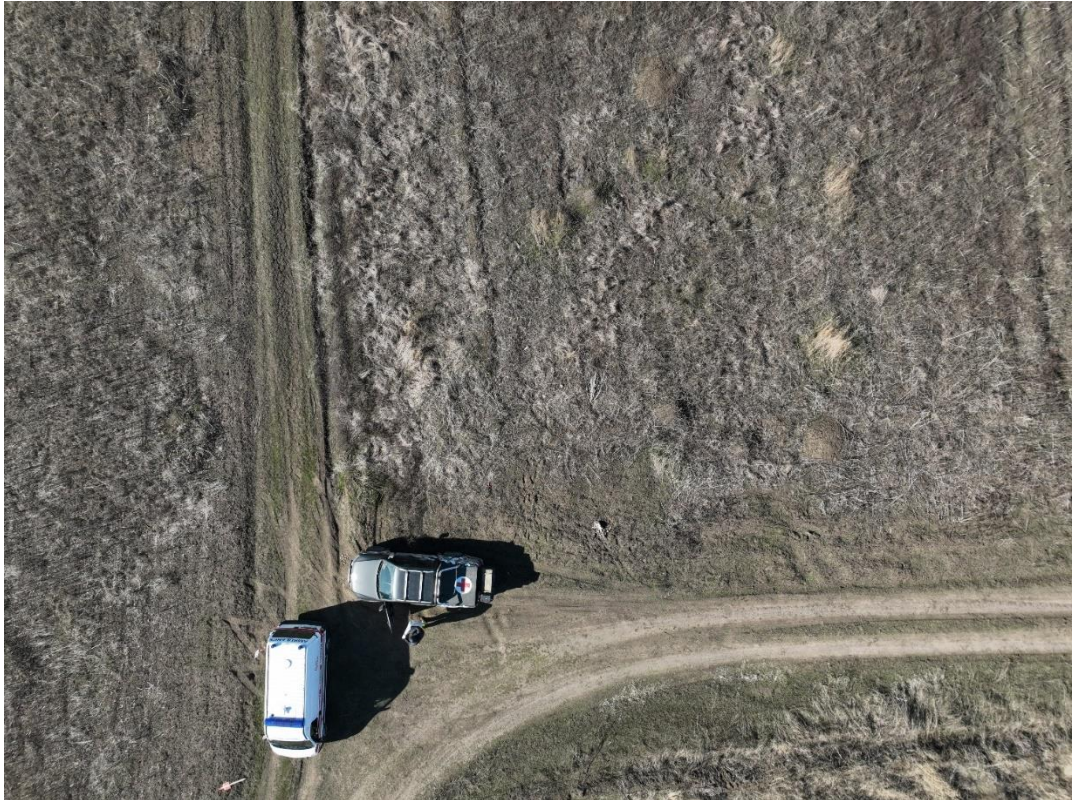


Рисунок А.5 – Фотографія ВНП з висоти 20 метрів

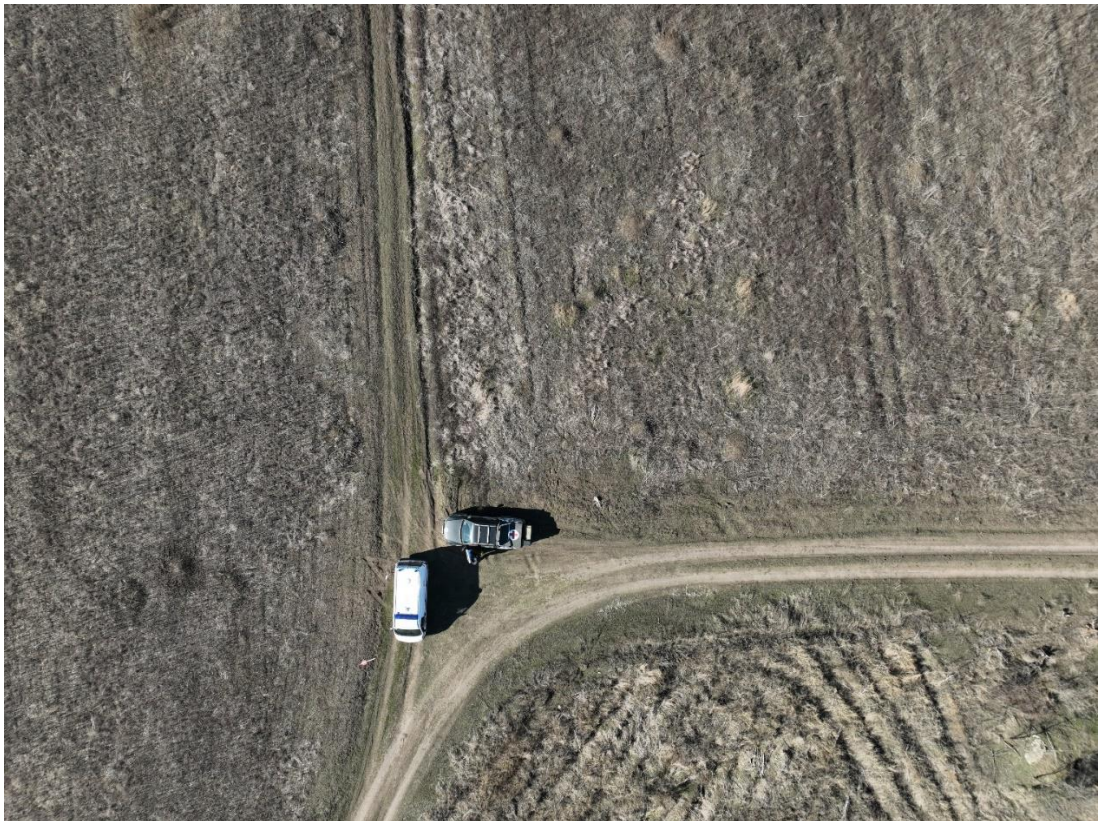


Рисунок А.6 – Фотографія ВНП з висоти 25 метрів

ДОДАТОК Б

Матеріали апробації роботи

Всеукраїнська науково-практична конференція «Інформаційні технології та інженерія»

ЗМІСТ

Інформаційні системи та їх інтелектуалізація	
<i>Баранішків В. О., Швед А. В.</i> Забезпечення високої точності прогнозування у інформаційній системі моніторингу ймовірності виникнення захворювань на основі факторів ризику	8
<i>Комляренко В. В., Калініна І. О.</i> Інтелектуальна система обробки природної мови з використанням алгоритмів вебскрапінгу	10
<i>Костін О. А., Кулаковська І. В.</i> Інтелектуальна система перекладу відео з англійської мови на українську з використанням штучного інтелекту	13
<i>Савотін М. О., Сіденко Є. В.</i> Інтелектуальна система комп'ютерного зору для розпізнавання та виявлення наземних мін ПФМ-1	16
<i>Старкова О. В., Андрейчіков О. О.</i> Роль інтелектуального капіталу в контексті розвитку IT-компаній	20
<i>Стратонов А. О., Болгован Н. М.</i> Інтелектуальна система розподілу гуманітарної допомоги	22
<i>Удовик Т. О., Кулаковська І. В.</i> Інтелектуальна система перетворення української жестової мови на текст та аудіо з використанням штучного інтелекту	23
<i>Чернов І. І.</i> Інтелектуальна система адаптації параметрів ігрового простору для комп'ютерних ігор	27
<i>Чурина В. Є., Обухова К. О.</i> Створення інтерактивної мапи вибухонебезпечних об'єктів з використанням рухомих комп'ютерних систем	29
<i>Шевченко О. В., Сіденко Є. В.</i> Класифікація напрямку росту ціни активу за рахунок застосування моделей регресійного аналізу та ринкового сегменту новини	32
Машинне навчання та штучний інтелект	
<i>Блаутін В. О., Сіденко Є. В.</i> Класифікація дорожніх каменів з використанням комп'ютерного зору	34

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили



«Інформаційні технології та інженерія»

Всеукраїнська науково-практична конференція
молодих вчених, аспірантів і студентів

ТЕЗИ

31 січня – 2 лютого 2024 року

Рухомі комп'ютерні системи (РКС) – безпілотні літальні апарати, наземні та водні безкапкані рухомі пристрої – можуть забезпечувати дослідження міських полів і надводних боспорів, моніторинг навколишнього середовища і розвідку для широкого спектру застосувань [2]. У разі гуманітарного розслідування використання РКС спрямоване на виявлення та покращення визначення місцезнаходження міських полів на великих територіях. Застосування рухомих пристроїв може забезпечити швидкий, точний та економічно ефективний засіб зйомки регіону з низьким рівнем ризику для операторів. Отримані дані дозволяють створити актуальні карти досліджених територій, необхідні для планування розмінування.

Інтерактивні мапи також спрощують процес позначення замінюваних територій і корисні для таких завдань, як планування шляхів доступу та виявлення особливо небезпечних об'єктів, прихованих від погляду спостерігача. Існуюча інтерактивна мапа замінюваних територій потребує постійної актуалізації, тому метою роботи є розроблення доступного рішення для ефективного детектування ВВП, створення інтерактивної мапи на основі отриманих даних для сталого підходу до гуманітарного розмінування.

Всі території, які були окуповані, та території, де проходили активні бойові дії, є вкрай небезпечні через велику кількість ВВП, що залишаються на них. Аварійно-рятувальне службою Червоного Хреста було створено підрозділ аерозвідки, головною підлягою якого є участь у гуманітарному розмінуванні сільськогосподарських земель. Протягом 9 місяців командою було досліджено більш ніж 15 тис. га. Кожного робочого дня за допомогою БПЛА виявляється більше сотні потенційних ВВП.

Для обстеження потенційно забруднених територій з метою виявлення для вибухонебезпечних об'єктів використовуються БПЛА DJI Mavic 3. Завдяки прольоту відбуваються на висоті 5–15 метрів з ширинною захвату до 30 метрів та кутом нахилу камери 35–45 градусів. Прольоти обов'язково повинні пересікатися. Приклад інтерфейсу програмного забезпечення для знаходження потенційного ВВП наведено на рис. 1.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вступ до історії геймдизайну: вебсайт. URL: <https://vokigames.com/ua/vstup-do-istoriyi-gejmduzajnu-chastyna-1-arkadni-igru/> (дата звернення: 13.01.2024)
2. M. Tim Jones. AI Application Programming. Charles River Media, 2003. 363 p.
3. Minsky M., Papert S. Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry. Cambridge, Mass.: MIT Press. 1969. 112 p.

УДК 004.62:528.94

Чушина В. С., Обрхова К. О.
Черноморський національний університет ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна

СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ МАПИ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РУХОМИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Використання інтерактивних мап є новітнім підходом з використання інформаційних технологій у сучасних викликах до суспільства, які поставило повномасштабне вторгнення росії. Інтерактивні мапи, що являють собою візуальну інформаційну систему, в результаті запити до бази даних дозволяють знаходити вибухонебезпечні предмети (ВВП), залишені на українській території в результаті бойових дій. У січні 2023 р. ДСНС України представила інтерактивну мапу замінюваних районів [1], але зазначена мапа потребує постійного оновлення.

З початку 2023 року безпілотні літальні апарати (БПЛА) постійно використовуються для розмінування, насамперед на деокупованих територіях Харківської, Миколаївської та Херсонської областей. БПЛА корисні для виконання різноманітних завдань гуманітарного розмінування.

У широкому розумінні розмінування включає дослідження, картографування та маркування міських полів, а також фактичне розмінування землі. Існує два види розмінування: військове та гуманітарне. Військове розмінування – це процес знешкодження небезпечних об'єктів лише на стратегічно важливих шляхах для безпечного просування військових формувань. Гуманітарне розмінування спрямоване на повне очищення землі та водойм на задану глибину для їх подальшого безпечного використання людьми у повсякденному житті.

експортовано раніше створену карту в формат вебзастосунок, який доступний на офіційному вебресурсі [3].

Отже, рухомі безпілотні пристрої, оснащені камерами, використовуються для картографування територій під час технічного обстеження, для моніторингу змін у землекористуванні в результаті розмінування, для визначення моделей розміщення мін і прогнозування нових місць, а також для планування шляхів доступу до мінних полів. Тому актуальним завданням є розроблення комплексного рішення для детектування небезпечних об'єктів та створення мапи визначеної місцевості для подальшого розмінування.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Інтерактивна мапа територій, які потенційно можуть бути забурдлені вибухонебезпечними предметами. URL: <https://mine.dsn.gov.ua/> (дата звернення: 29.12.2023).
2. Datsan G. Conceptual design of short range – low altitude fixed wing unmanned aerial vehicle for landmine detection. *Proc. of the 2nd Internat. Conf. on Engin. and Technol. SIIT, Sri Lanka, March, 25–26, 2023*. P. 151–162. DOI:10.54389/YXKC4947.
3. Матеріали про повітряну розвідку. URL: <https://www.crs.org.ua/mines> (дата звернення: 29.12.2023).

УДК 004.02

Шевченко О. В., Сідецько С. В.
Черноморський національний університет імені Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна

КЛАСИФІКАЦІЯ НАПРЯМКУ РОСТУ ЦІНИ АКТИВУ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ТА РИНКОВОГО СЕНТИМЕНТУ НОВИН

Дослідники та практики намагалися переобчислити фінансовий ринок, аналізуючи текстові (наприклад, статті новин і соціальні медіа) і числові дані (наприклад, погодинні ціни на акції та ковзні середні). Серед текстових даних, незважаючи на те, що було опубліковано багато робіт, які аналізують соціальні медіа, вмісту новин приділено мало уваги в прогнозуванні фондового ринку.

Для прогнозування фондового ринку на основі новин використовуються різні входні дані, включаючи числові (ціни акцій і технічні індикатори) і текстові дані (текст новин і настрої). Збір даних про новини може бути дорогим і трудомістким; більшість досліджень



Рисунок 1 – Інтерфейс програмного забезпечення для детектування ВВП

Далі розглянемо алгоритм створення інтерактивної мапи детектованих об'єктів. За умови стабільного сигналу GPS БПЛА зависає над потенційно небезпечним об'єктом з камерою, опущеною на 90 градусів, та робить фотографію із геометрією. У разі слабкого сигналу GPS БПЛА різко змінює висоту польоту або облітає об'єкт, і потім оператором шукається місцезнаходження відносно точки взльоту за допомогою відомостей з Flight Log. Похибка зазвичай становить до 5 метрів, що більш ніж достатньо для роботи саперів.



Рисунок 2 – Мапа знайдених об'єктів (формат .kml)

Далі координати з фотографії наносяться на мапу (рис. 2), та до кожної геометрії прикріплюється посилання на фото конкретного об'єкту в оригінальному розмірі, що зберігається у хмарному сховищі.

Частиною роботи є переведення отриманої карти геометрій з .kml формату (структура xml) на проєкт – інтерактивну мапу у середовищі arcGIS. Це дозволить використовувати мультисортування об'єктів, поєднання різних баз даних про ВВП в одну, окреме виділення вже розмінованих ділянок тощо. Проміжним етапом було