

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки  
(повна назва)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Пояснювальна записка**

Другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Розроблення програмної підсистеми локації та картографування територій,  
забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android  
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи КІТПВм 21-1

Чикота В.Ю.

(прізвище, ініціали)

Спеціальності 151 Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Ком'ютерно-інтегровані  
технологічні процеси та виробництва

( повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Янушкевич Д.А.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри КІТАМ

\_\_\_\_\_

Невлюдов І. Ш.

(прізвище, ініціали)

2022 р.

## ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет \_\_\_\_\_ АКТ \_\_\_\_\_  
 Кафедра \_\_\_\_\_ КІТАМ \_\_\_\_\_  
 Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_  
 Спеціальність \_\_\_\_\_ 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології \_\_\_\_\_  
 Тип програми \_\_\_\_\_ Освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
 Освітня програма \_\_\_\_\_ Ком'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
 Зав. кафедри КІТАМ  
 \_\_\_\_\_ Невлюдов І. Ш.  
 (підпис)  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_ р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові \_\_\_\_\_ Чикоті Віталію Юрійовичу  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Розроблення програмної підсистеми локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android \_\_\_\_\_

Затверджена наказом по університету від 7.11.2022 № 1464 Ст \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_ Операційна система Android;  
 Каталог робіт розмінування, інструкція з організації та проведення робіт з розмінування місцевості на території України підрозділами там спеціалізованими підприємствами МНС;

Міжнародні стандарти протимінної діяльності IMAS

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

4.1 Аналіз існуючих систем локації та оперативного картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами; \_\_\_\_\_

4.2 Дослідження наявності існуючих програмних засобів локації та картографування територій; \_\_\_\_\_

4.3 Аналіз необхідності використання БПЛА в гуманітарному розмінуванні територій; \_\_\_\_\_

4.4 Розробка програмного забезпечення мобільного застосунку для управління безпілотним літаючим апаратом. \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій Демонстраційні матеріали, представлені у форматі презентації PowerPoint (\*.ppt), 12 стор.формату А4.

6. Консультанти розділів роботи

Найменування Розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		Підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області та технічного завдання	7.11 – 8.11.22	Виконано
2	Вибір архітектури та необхідних бібліотек	9.11 – 15.11.22	Виконано
3	Аналіз існуючих підсистем локації	15.11 – 9.11.22	Виконано
4	Аналіз технічних засобів локації	19.11 – 14.12.22	Виконано
5	Розробка застосунку	15.12 – 17.12.22	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	17.12 – 18.12.22	Виконано
7	Подання роботи на рецензію	18.12 – 19.12.22	Виконано
8	Подання роботи на підпис зав.кафедри	12.12 – 20.12.22	Виконано
9	Подання атестаційної роботи в ЕК	21.12 – 22.12.22	Виконано

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Чикота В.Ю.  
(прізвище, ініціали)  
доц. Янушкевич Д.А.  
(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 104 с., 38 рис., 2 дод., 33 джерела.

ГУМАНІТАРНЕ РОЗМІНУВАННЯ, ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІ ПРЕДМЕТИ, КАРТОГРАФУВАННЯ, МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК.

Об'єкт дослідження – система гуманітарного розмінування.

Предмет дослідження – програмна підсистема локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android.

Мета кваліфікаційної роботи – удосконалення та підвищення ефективності системи локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android.

Методи дослідження – аналіз, синтез та моделювання систем картографування, та локації територій забруднених вибухонебезпечними предметами.

У кваліфікаційній роботі розроблена програмна підсистема локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android.

Результати досліджень апробовані на IV форумі «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» та на V Міжнародній конференції «Виробництво & Мехатронні Системи».

## ABSTRACT

Explanatory note: 104 p., 38 fig., 2 appendix, 33 sources

HUMANITARIAN DEMINING, GEO-INFORMATION SYSTEM,  
EXPLOSIVE OBJECTS, MAPPING, MOBILE APPLICATION.

The object of research is the system of humanitarian demining.

The subject of the research is a software subsystem for the location and mapping of territories contaminated by explosive objects based on the Android OS.

The purpose of the qualification work is to develop a software subsystem for the location and mapping of territories contaminated by explosive objects.

Research methods – analysis, synthesis and modeling of mapping systems and locations of territories contaminated by explosive objects.

The qualification work developed a software subsystem for location and mapping of territories contaminated by explosive objects based on the Android OS.

Research results were tested at the 4th forum «Automation, electronics and robotics. Development strategies and innovative technologies» and at the V International Conference «Production & Mechatronic Systems».

## ЗМІСТ

Перелік скорочень .....	8
Вступ .....	9
1 Аналіз сучасного стану підсистеми локації та картографування територій забруднених ввп.....	11
1.1 Аналіз сучасного стану підсистеми локації та оперативного картографування територій .....	11
1.2 Актуальність розроблення програмної підсистеми локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами .....	12
1.3 Аналіз складових системи гуманітарного розмінування .....	17
1.4 Аналіз програмних засобів локації та картографування територій .....	22
1.5 Висновки до 1 розділу .....	26
2 Методика розроблення програмної підсистеми локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами .....	27
2.1 Атрибутивна інформація в системах локації та картографуванні місцевості	27
2.2 Алгоритм застосування картографічних знань .....	31
2.3 Аналіз даних дистанційних досліджень .....	33
2.4 Картографування локацій забруднених вибухонебезпечними предметами методами формалізації просторово-розподіленої інформації.....	39
2.5 Програмні засоби гіс .....	42
2.6 Картографування територій за допомогою літальних апаратів .....	45
2.7 Висновки до 2 розділу .....	51
3 Програмна підсистема локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ос android .....	52

3.1 Автоматизація процесу топологічного узгодження карти з розмінування території забрудненої вибухонебезпечними предметами .....	52
3.2. Визначення базових точок та елементів зони розмінування.....	60
3.3. Порядок прооведення робіт з очищення (розмінування) району ведення бойових дій .....	64
3.4 Програмна підсистема локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ос android.....	67
3.5. Створення програми на базі ос android для керування польотом безпілота тello та виявлення вибухонебезпечних об'єктів у реальному часі за допомогою uolov5 .....	70
3.6 Висновки до 3 розділу .....	80
4 Охорона праці .....	81
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів.....	81
4.1.1 Організація робочого місця .....	81
4.1.2 Вплив шуму на роботу програміста .....	82
4.1.3 Електробезпека. статична електрика.....	83
4.2 Висновки до 4 розділу .....	85
Висновки .....	86
Перелік джерел посилання .....	87
Додаток А Текст програми.....	91
Додаток Б Демонстраційний матеріал.....	97

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БПЛА – безпілотний літаючий апарат;

БС – базова смуга;

ВНП – вибухонебезпечні предмети;

ДП – допоміжні проходи;

МД – маршрут доступу;

ПТ – проміжна точка;

ПЗ – програмне забезпечення;

СТ – стартова точка;

ТП – точки повороту;

ФО – фіксований орієнтир.

## ВСТУП

Застосування підсистем локації та картографування території в системі гуманітарного розмінування обумовлено зусиллями всіх країн щодо збереження людських життів, як у бойових діях, так і в процесі гуманітарного розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними об'єктами. Основними завданнями в задачі гуманітарного розмінування є пошук та ідентифікація вибухонебезпечних предметів.

Система гуманітарного розмінування має виконувати задачі:

- пошук, ідентифікацію та знешкодження ВВП;
- картографування та маркування територій, забруднених ВВП;
- здійснення оцінювання якості гуманітарного розмінування.

Головними завданнями у проблемі гуманітарного розмінування є пошук та ідентифікація ВВП. Виявлення мін та ВВП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками.

Об'єкт дослідження – система гуманітарного розмінування.

Предмет дослідження – програмна підсистема локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android.

Методи дослідження – аналіз, синтез та моделювання систем картографування, та локації територій забруднених вибухонебезпечними предметами.

Мета кваліфікаційної роботи – удосконалення та підвищення ефективності системи локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих систем локації та оперативного картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами;

- проаналізувати актуальність розроблення програмної підсистеми локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами;
- виконати аналіз технічних засобів локації та картографування територій;
- дослідити наявність існуючих програмних засобів локації та картографування територій;
- кваліфікаційну роботу оформити згідно з рекомендаціями з підготовки і оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти [1], а також з вимогами ДСТУ 3008:2015 [2];
- проаналізувати необхідність використання БПЛА в гуманітарному розмінуванні територій;
- розробити програмне забезпечення мобільного застосунку для управління безпілотним літаючим апаратом.

Результати дослідження опубліковані на IV форумі «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» та на V Міжнародній конференції «Виробництво & Мехатронні Системи» [3], [4].

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПІДСИСТЕМИ ЛОКАЦІЇ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ЗАБРУДНЕНИХ ВНП

## 1.1 Аналіз сучасного стану підсистеми локації та оперативного картографування територій

Характерною рисою сучасного розвитку людства є перехід до інформаційного суспільства. Інформаційні технології все більше охоплюють різні сфери людського життя. Особливий інтерес для географів і представників інших наук, пов'язаних з використанням просторово-координованої інформації, становлять геоінформаційні технології, що дозволяють залучити до дослідження, практичної діяльності і навчання наймогутніший потенціал електронно-обчислювальної техніки і новітніх, у тому числі космічних технологій.

Сьогодні карти – це високотехнологічні наукові твори, що відрізняються красою та гармонійністю оформлення. Тому для нас важливо при використанні сучасних технологій не втратити той унікальний досвід та знання, що накопичувалися протягом століть.

На перший погляд, карту може намалювати будь-яка людина, яка володіє комп'ютером, але це помилка: грамотно це може зробити тільки професіонал-картограф. В даний час картографія переживає новий етап розвитку і стає все більш і більш затребуваною. Як відомо, людина до 80%, а за деякими даними та до 90% інформації отримує через очі. Отже грамотна візуалізація даних, що постійно оновлюються, – одне з найскладніших і відповідальних завдань сучасних наук про Землю. За допомогою карти географ встановлює просторові взаємозв'язки між явищами та виводить географічні закономірності [5]. «Без карти немає географії» – ці слова, сказані колись знаменитим географом-економістом Миколою Миколайовичем Баранським, є актуальними й нині.

Сучасна картографія широко використовує результати розвитку інформатики, кібернетики, обчислювальних пристроїв і вдосконалюється разом з ними. Саме на стику традиційної картографії, інформаційних технологій, комп'ютерної графіки виникла автоматизована картографія. З'явившись під загальною назвою «цифрова картографія», автоматизована картографія почала розвиватися в напрямку перетворення образно-знакової (аналогової) інформації карт в цифрову форму.

Автоматизована картографія розглядається в двох аспектах:

– технічна картографія акцентує увагу на методиці створення картографічного зображення з використанням технічних засобів та програмного забезпечення. При цьому необхідно знати призначення карти, специфіку картографуванню території, способи подальшого використання карти, прийоми роботи з нею;

– для географічної картографії більш значущі процеси отримання інформації з карти, досліджень по картах, тоді як технічні прийоми створення картографічного зображення і організації пошуку інформації не є пріоритетними.

1.2 Актуальність розроблення програмної підсистеми локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами

Всі воєнні конфлікти супроводжуються широким застосуванням протиборчими сторонами протипіхотних мін та вибухонебезпечних предметів (ВНП). Однією з проблем, з якою країни у всіх регіонах, де велись бойові дії або існують воєнні конфлікти, які були породжені війнами, міжнародними та міжнаціональними визвольними рухами (Україна, Ірак, Сирія, Афганістан, колишня Югославія тощо), стикаються з проблемами гуманітарного розмінування.

Згідно зі звітом Міжнародного руху за заборону протипіхотних мін (International Campaign to Ban Landmines, ICBL) за 2020 рік, 2019-й рік став одним з найтрагічніших за рівнем смертності від вибухів мін в світі. Найбільше число

смертей від розривів мін було зафіксовано в Афганістані, Колумбії, Іраку, Малі, Нігерії, Україні та Ємені. Третина (33 %) смертей від вибухів протипіхотних мін в 2019 р. була зафіксована в 55 країнах, що приєдналися до Оттавського договору. Вибухи протипіхотних мін в 2019 р. забрали не менше 2 170 життів по всьому світу, ще 3 357 осіб отримали поранення. Понад 80 % загиблих від вибухів мін – цивільні особи, 43 % з яких діти [6].

На розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами піде 25-30 років [2]. До цих територій відносяться території Київської, Сумської, Харківської, Донецької, Луганської, Запорізької, Херсонської Миколаївської областей. Мапа територій України, які потенційно можуть бути забруднені вибухонебезпечними предметами наведена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Мапа територій, які потенційно можуть бути забруднені вибухонебезпечними предметами

Від початку війни піротехнічними підрозділами Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) станом на 15.09.2022 р. в Україні було обстежено територію площею понад 68 тисяч гектарів та було виявлено, вилучено та знешкодили понад 180 тисяч вибухонебезпечних предметів здебільшого боєприпасів ствольної та реактивної артилерії (калібрів 122 мм, 125 мм, 152 мм), мінометних мін, гранатометних пострілів (ПГ-7, ВОГ-17, ВОГ-25), протитанкових

мін (ТМ-62, ПТМ-3), протипіхотних мін (ОЗМ-72, МОН-50, ПМН-2, ПФМ-1, ПОМ-2), саморобних вибухових пристроїв [6].

Гуманітарне розмінування у першу чергу спрямоване на зменшення шкідливого фактору дії ВВП на життєдіяльність людей. Мета розмінування полягає в тому, щоб знизити мінну небезпеку до рівня, при якому люди можуть жити безпечно; при якому економічний, соціальний і фізіологічний розвиток може здійснюватися безперешкодно, не наражаючись впливу обмежень, що викликаються впливом наземних мін.

Вибухонебезпечні предмети – вибухові матеріали, боєприпаси, що містять вибухові речовини, а також біологічні та хімічні речовини: бомби і боєголовки; керовані і балістичні ракети; артилерійські, мінометні, ракетні боєприпаси і боєприпаси до стрілецької зброї; усі міни, торпеди і глибинні бомби; піротехнічні вироби; касетні бомби і касети; електричні вибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої тощо.

Аналіз останньої доповіді, оприлюднено Міжнародного центру гуманітарного розмінування в Женеві (GICHD) вказує, що Україна входила ще до початку повномасштабного вторгнення в п'ятірку країн світу з найбільшою мінною проблемою, а після 24 лютого країна займає вже перше місце, що потребує негайного реагування.

Виходячи зі світової практики, рік війни – це десять років гуманітарного розмінування. Враховуючи те, що бойові в Україні на теперішній час мають характеристики позиційної війни можливо припустити, що гуманітарне розмінування території України може сягнути понад 20 років. Крім того, забруднена вибухонебезпечними предметами територія України характеризується:

- великою кількістю не розірваних боєприпасів ствольної і реактивної артилерії систем залпового вогню («ГРАД», «УРАГАН», «СМЕРЧ»);
- не розірваними артилерійськими снарядами та мінометними мінами;
- різноманітними гранатами та гранатометними пострілами;

– протипіхотними (зокрема, типу ПФМ-1, ПМН, ПМН-2 – заборонені Отавською конвенцією), протитанковими, протитранспортними, протидесантними та спеціальними мінами;

– касетних боєприпасів;

– саморобних вибухових пристроїв (СВП), мін-пасток (сюрпризів) (типу МС, МЛ) встановлених на невилучення, з різноманітними датчиками цілі;

– новітні зразки та розробки штатних боєприпасів армії РФ. Слід зазначити, що мінування проводилося хаотично, без відповідного оформлення документації та топографічної прив'язки до місцевості.

Стратегія воєнної безпеки України, яка затверджена Указом Президента, передбачає розроблення, виробництво та оснащення Збройних Сил України та інших військових формувань сучасним озброєнням, військовою та спеціальною технікою, у тому числі роботизованими системами. Згідно даних організації з гуманітарного розмінування HALO Trust, на сході України виявлено 297 мінних полів загальною площею понад 26 мільйонів м<sup>2</sup>, де знаходиться близько 3,3 мільйона мін та вибухонебезпечних предметів (ВНП). На розмінування цих територій України знадобиться не менше 25-30 років. Роботи по створенню роботизованих систем та комплексів військового (подвійного)призначення, включаючи роботизовані системи для проведення гуманітарного розмінування ведуться в Україні і за кордоном. Вибухонебезпечні предмети, вибухові матеріали, боєприпаси, що містять вибухові речовини, а також біологічні та хімічні речовини: бомби і боєголовки; керовані і балістичні ракети; артилерійські, мінометні, ракетні боєприпаси і боєприпаси до стрілецької зброї; усі міни, торпеди і глибинні бомби; піротехнічні вироби; касетні бомби і касети; електричні вибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої тощо.

Гуманітарне розмінування – комплекс заходів, які проводяться з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із ВНП, включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, складення карт, виявлення, знешкодження та/або знищення

ВНП, маркування, підготовку документації після розмінування, надання громадам інформації щодо протимінної діяльності та передачу очищеної території.

Виявлення ВНП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками. Демаскуючі ознаки ВНП зумовлені низкою чинників. До них можна віднести:

- наявність вибухової речовини;
- наявність локально розташованої маси металу (навіть в так званих «неметалічних» югославських мінах є до 0,1 г алюмінію та металева пружина для спрацювання детонатора);
- характерна форма мін та ВНП;
- неоднорідності середовища, де розміщений ВНП (порушення поверхні ґрунту, дорожнього покриття, стіни будівлі, порушення кольору рослинності або снігового покриву тощо).

ВНП можуть бути виявлені за рахунок трьох факторів:

- наявності зосередженої маси вибухової речовини;
- характерна конструкція (форма, матеріал корпусу тощо);
- порушення однорідності навколишнього фону (кольору рослинності, щільності ґрунту тощо).

Виявлення ВНП здійснюється за двома напрямками:

- пошук окремих мін (характерні відстані тут від декількох сантиметрів до декількох метрів);
- розвідка мінних полів (характерні дальності від десятків метрів до декількох кілометрів).

Сучасний стан методів виявлення ВНП характеризується різноманіттям. Їх аналіз показує, що кожен з них має певні обмеження. Звичайно, при цьому необхідно враховувати як апріорну інформацію про об'єкт пошуку (розміри, матеріали тощо), так і властивості оточуючого середовища.

В даний час найбільше застосування знайшли такі методи:

- електромагнітні (індукційний, радіохвильовий, магнітометричний, нелінійний);

- ядерно-фізичні, теплофізичний і механічний (механічного зондування).

Саме вони дозволяють створити технічні засоби пошуку ВМП, які можуть бути придатними для гуманітарного розмінування.

### 1.3 Аналіз складових системи гуманітарного розмінування

Створення системи гуманітарного розмінування потребує розробку технологій, які необхідні для її функціонування. Як показали дослідження, система гуманітарного розмінування має містити такі підсистеми :

- нетехнічне та технічне обстеження територій, забруднених ВМП;
- пошук, ідентифікацію та знешкодження ВМП;
- картографування та маркування територій, забруднених ВМП;
- здійснення оцінювання якості розмінування тощо.

Складові системи гуманітарного розмінування, які наведені на рис. 1.2 включають:

- технічні засоби;
- технології гуманітарного розмінування;
- системи прийняття рішень;
- системи проведення розвідки (дані аерофоторозвідки, дані опитування та зовнішньої розвідки);
- системи пошуку, локації (топографічної прив'язки) ділянок місцевості, забруднених ВМП;
- маркування та картографування місцевості, забруднених ВМП;
- ідентифікацію ВМП;
- розробку стратегії прийняття рішень, яка включає оцінку рівня загрози та прийняття рішень щодо знищення, утилізації або знешкодження ВМП;

– контроль якості гуманітарного розмінування ділянок місцевості, забруднених ВВП [7].

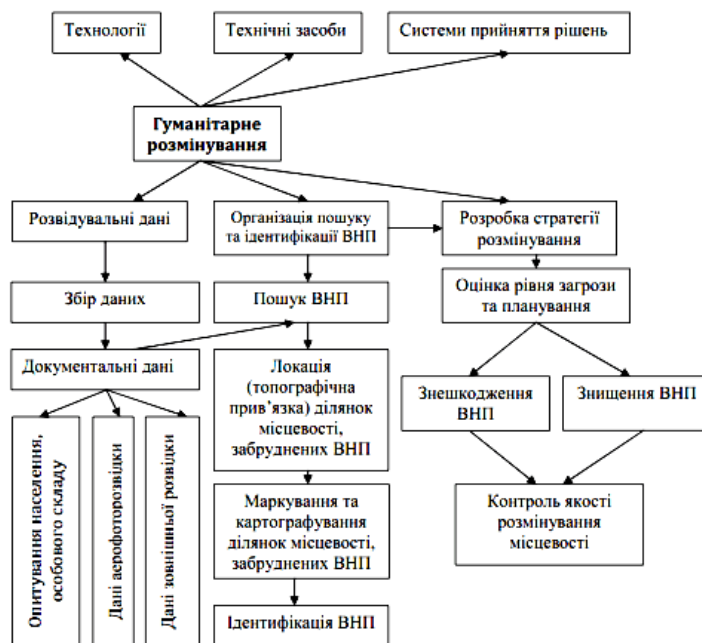


Рисунок 1.2 – Складові системи гуманітарного розмінування

Виявлення ВВП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками.

Пошук та ідентифікація ВВП для гуманітарного розмінування є комплексним завданням. РКВП для проведення гуманітарного розмінування повинні бути оснащені відповідними маніпуляторами та детекторами (сенсорами, датчиками), засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВВП.

Одними із основних проблем пошуку у ВВП у системі гуманітарного розмінування є локація (топографічна прив'язка) ділянок місцевості, забруднених ВВП, яка включає маркування та картографування ділянок місцевості, забруднених ВВП на базі аерофоторозвідки, зовнішньої розвідки тощо.

При цьому широко застосовуються цифрові моделі рельєфу (ЦМР) при актуалізації картографічних матеріалів рельєфу, забруднених ВМП, ректифікації супутників знімків, геоморфологічному і кліматичному аналізу тощо.

Традиційна технологія картографування ділянок місцевості, забруднених ВМП є трудомістким технологічним процесом і характеризується великими трудовитратами, що значно збільшує терміни і вартість виконання робіт зі створення карт територій, забруднених ВМП.

Сучасна картографія широко використовує результати розвитку інформатики, кібернетики, обчислювальних пристроїв і вдосконалюється разом з ними. Саме на стику традиційної картографії, інформаційних технологій, комп'ютерної графіки виникла автоматизована картографія.

З'явившись під загальною назвою «цифрова картографія», автоматизована картографія почала розвиватися в напрямку перетворення образно-знакової (аналогової) інформації карт в цифрову форму.

Автоматизована картографія розглядається в двох аспектах:

– технічна картографія акцентує увагу на методиці створення картографічного зображення з використанням технічних засобів та програмного забезпечення. При цьому необхідно знати призначення карти, специфіку картографуванню території, способи подальшого використання карти, прийоми роботи з нею;

– для географічної картографії більш значущі процеси отримання інформації з карти, досліджень по картах, тоді як технічні прийоми створення картографічного зображення і організації пошуку інформації не є пріоритетними. У свою чергу, процеси автоматизації в географічній картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування – галузі картографії, що займається автоматизованим складанням і використанням карт як моделей географічних інформаційних систем (ГІС) на основі ГІС-технологій і баз географічних та картографічних даних і знань.

Географічні інформаційні системи – це:

- інформаційна система, що може забезпечити введення, маніпулювання й аналіз географічно визначених даних для підтримки прийняття рішень;
- реалізоване за допомогою автоматизованих засобів сховище системи знань, а також програмного забезпечення, що моделює функції пошуку, введення, моделювання;
- набір засобів для збору, збереження, пошуку, трансформації і відображення даних;
- інформаційна система, призначена для роботи з просторовими, чи географічними, координатами;
- апаратно-програмний людино-машинний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення і поширення просторово-координованих даних, інтеграцію даних і знань про територію для ефективного використання при рішенні наукових і прикладних завдань, пов'язаних з аналізом, моделюванням, прогнозуванням і керуванням процесів картографування відповідно до поставлених завдань;
- сукупність апаратних, програмних засобів і процедур, призначених для забезпечення введення, керування, обробки, аналізу, моделювання і відображення просторово-координованих даних для вирішення складних проблем планування і керування;
- науково-технічні комплекси автоматизованого збору, систематизації, переробки і представлення (видачі) геоінформації з умовою одержання знань про досліджувані просторові системи;
- сукупність апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур, призначених для збору, введення, зберігання, математико-картографічного моделювання і образного представлення геопросторової інформації;
- сукупність технічних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, математико-картографічне моделювання й образне інтегроване представлення географічних і співвіднесених з ними атрибутивних даних для вирішення проблем територіального планування і керування;

– інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і поширення просторово-координованих (просторових) даних.

Програмні засоби ГІС призначені для роботи з просторовими даними, представляють в різноманітний сегмент комп'ютерного ринка програмного забезпечення, у якому можна виділити:

- векторизатори растрових зображень;
- пакети обробки даних розвідок;
- програмні засоби обробки даних дистанційного зондування;
- пакети просторового аналізу і моделювання;
- довідково-картографічні системи;
- ГІС-в'юери (пакети з обмеженою можливістю редагування даних, призначені для візуалізації і виконання запитів до баз даних, у тому числі і графічних, підготовлених у середовищі інструментальних ГІС);
- інструментальні ГІС (ГІС-пакети).

Програмні засоби ГІС є сукупністю інтегрованих програмних модулів, які забезпечують реалізацію всіх основних функцій ГІС. У загальному випадку виділяють шість базових модулів, що реалізують функції:

- введення і верифікації даних;
- зберігання і маніпулювання даними;
- перетворення систем координат і трансформації картографічних проекцій;
- аналізу і моделювання;
- виведення і подання даних;
- взаємодії з користувачем.

Якщо врахувати ту обставину, що основним видом даних у геоінформаційних системах є просторово-розподілена інформація, з аналізу базових модулів ГІС стає зрозумілим, що програмне забезпечення ГІС є дуже специфічним і не дублюється (за винятком останнього модуля) традиційним програмним забезпеченням комп'ютерів.

Реалізація зазначених вище функцій вимагає розробки спеціалізованого програмного забезпечення.

#### 1.4 Аналіз програмних засобів локації та картографування територій

Програмні засоби, призначені для роботи з просторовими даними, представляють в наш час досить різноманітний і такий що постійно розширюється сегмент комп'ютерного ринка програмного забезпечення, у якому можна виділити:

- векторизатори растрових зображень;
- пакети обробки даних інженерно-геодезичних розвідок та інженерного проектування;
- програмні засоби обробки даних дистанційного зондування;
- пакети просторового аналізу і моделювання;
- довідково-картографічні системи;
- ГІС-в'юери;
- інструментальні ГІС (ГІС-пакети).

Векторизатори растрових зображень – це програмні засоби для виконання растрово-векторного перетворення (векторизації) просторових даних. Цей клас продуктів пов'язаний зі створенням цифрових карт, у тому числі і для геоінформаційних систем, на основі відсканованих растрових зображень. Серед порівняно недорогих і досить ефективних векторизаторів відзначимо пакет Digitalis, розроблений у державному науково-виробничому підприємстві «Геосистема» (м. Вінниця, Україна).

Пакети обробки даних інженерно-геодезичних розвідок та інженерного проектування призначені для автоматизації обробки даних інструментальної геодезичної зйомки місцевості і інженерного проектування в житловому, промисловому і транспортному будівництві і є, як відзначено в п. 1.1, специфічним напрямком в геоінформатиці, який називають геоінженерною інформатикою. Серед

програмних пакетів цієї групи назвемо продукти фірми Autodesk, світового лідера в розробці систем автоматизованого проектування, програмні пакети Autodesk Survey, Autodesk Land Desktop, Autodesk Civil Design, створені на платформі пакету AutoCAD; також основані на програмній платформі AutoCAD програмні комплекси GEO+CAD і GeoniCS, розроблені в Україні (компанія «ГЕОКАД», АТ «Аркада» і НПЦ «Геоніка», м. Київ), програмні пакети CREDO тощо.

Програмні засоби обробки даних дистанційного зондування – це пакети обробки зображень, забезпечені залежно від ціни різним математичним апаратом, що дозволяє проводити операції зі сканованими або записаними в цифровій формі знімками поверхні Землі. Це досить широкий набір операцій, починаючи зі всіх видів корекції (оптичної, геометричної), через географічне прив'язування знімків аж до обробки стереопар з видачею результату у вигляді актуалізованого топоплану. Найвідоміші представники: ERDAS Imagine (США), ER Mapper (Австралія), серія продуктів Intergraph (США) і TNT Mips (США).

До групи пакетів просторового аналізу і моделювання можна віднести програмні пакети, призначені для реалізації певного, звичайно тематичного, набору процедур аналізу просторових даних. Це, перш за все, пакети геостатистичного аналізу і моделювання – такі, як Surfer (США), Gstat (Нідерланди), GST (Росія) та ін., і пакети картографічної алгебри — такі, як Map Analysis Package, MAP, і його модифікації (США). Віднесення до цієї групи пакетів прикладних програм, що просторово реалізують гідрологічні, гідрогеологічні, екологічні та інші конкретні завдання, як це іноді робиться, є некоректним.

Довідково-картографічні системи – це закриті щодо формату і адаптації оболонки і бази даних програмно-інформаційні комплекси, які містять механізми запитів до картографічної і атрибутивної інформації і засоби її відображення. Користувач, як правило, позбавлений можливості зміни також і даних. До цього класу відносять так звані електронні, або цифрові, карти великих міст, наприклад,

Києва, Одеси, Харкова, окремих країн, а також цифрові атласи окремих країн або миру (Цифровий атлас України, Digital Chart of the World, New Millennium тощо).

Завдяки камерам і датчикам БПЛА йдуть на землю й здатні виявити вибухонебезпечні предмети і передають інформацію саперам. Канадська компанія надала українським саперам БПЛА, які допомагають розмінувати територію. Про це повідомляє сайт Axios. Компанія передала фахівцям з розмінування БПЛА, оснащені набором спеціальних датчиків, за допомогою яких апарати складають карти районів, де імовірно знаходяться міни [8]. Як розповів гендиректор компанії Кемерон Челл, корисне навантаження може включати кілька типів камер, магнітометри, радары та багато іншого.

На жаль, магнітометри не можуть виявити міни, які зроблені з пластику або інших неметалічних матеріалів, проте поєднання різних датчиків та штучного інтелекту дозволяють відрізнити вибухівку від звичайного сміття. Машинне навчання допоможе БПЛА накопичити досвід і стати розумнішим, щоб краще знаходити міни і справлятися з перешкодами. Ще одна вада – БПЛА не можуть викопувати міни самостійно, але надані ними дані мають значно прискорити роботу з розмінування. Нині стандарт для розмінування в основному полягає у використанні маленьких паличок зі щупами, які встромляють у землю. Таким чином, використання технологій для такого роду проектів значно запізнилося каже Фронефілд Кроуфорд III, професор коледжу Франкліна та Маршалла, який входить до групи по виявленню мін за допомогою наземних роботів.

Як пояснив дослідник, на відміну від наземних роботів БПЛА не залежать від рельєфу місцевості, не ризикують застрягти на пагорбах або перевернутися на скелях, проте їм також потрібно нести важкі датчики. На його думку, з розвитком технологій БПЛА ставатимуть все більш важливою частиною проектів з розмінування.

Вибухові пристрої, які росіяни залишають на землі, не вибирають собі мети, загрожуючи життю як військових, так і цивільних. За підрахунками організації Landmine and Cluster Munition Monitor, у 2020 році у всьому світі від мін загинуло

або було поранено не менше 7073 людей, при цьому 80% виявилися мирними жителями, половина з них – дітьми.

Раніше Великобританія та Норвегія передали Україні кишенькові БПЛА Black Hornet. Військові можуть використовувати ці мініатюрні та практично непомітні апарати, щоб стежити за супротивником як на відкритому повітрі, так і всередині будівель. Писали також, які комерційні БПЛА ЗСУ використовує проти Росії. Дешевші цивільні моделі гірше захищені проти систем радіоелектронної боротьби, але дозволяють військовим вести розвідку та ефективно атакувати супротивника, скидаючи гранати. Безпілотний літаючий апарат має датчики та камери, завдяки яким за 1 годину він може просканувати 1 га землі.

Датчики виявляють металеві предмети, а камера – пластик. Згодом у компанії хочуть збільшити кількість датчиків на БПЛА, щоб зрештою отримати якомога більше інформації. Також у розробці компанії датчик, який виявляє наявність вибухівки.

Після дослідження території можна виявити наявність вибухонебезпечних предметів на 100 %. Виявлені вибухонебезпечні предмети за допомогою БПЛА показані на рис. 1.2 [8].

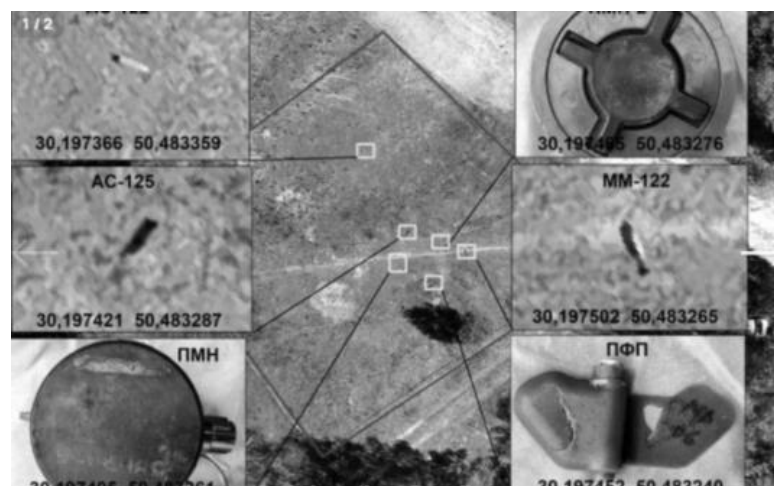


Рисунок 1.2 – Виявлені вибухонебезпечні предмети за допомогою БПЛА

БПЛА запрограмовані так, що жодних сумнівів щодо того, чи справді під землею захований снаряд, у координатора бути не може. А для перестраховання комплекс спрацьовуватиме щодо всіх підозрілих предметів.

### 1.5 Висновки до 1 розділу

У даному розділі був проведений аналіз складових системи гуманітарного розмінування та проблем картографування ділянок місцевості, забруднених ВМП. Було встановлено, що при цьому широко застосовуються цифрові моделі рельєфу для актуалізації картографічних даних, про території, які забруднені ВМП.

Традиційна технологія картографування ділянок місцевості, забруднених ВМП є трудомістким технологічним процесом і характеризується великими трудовитратами, що значно збільшує терміни і вартість виконання робіт зі створення карт. Процеси автоматизації у галузі картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування, що займається автоматизованим складанням і використанням карт на основі ГІС-технологій баз даних процеси автоматизації в географічній картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування – галузі картографії, що займається автоматизованим складанням і використанням карт на основі ГІС-технологій, програмних засобів ГІС та баз даних і знань.

Сучасна картографія широко використовує результати розвитку інформатики, кібернетики, обчислювальних пристроїв і вдосконалюється разом з ними. Саме на стику традиційної картографії, інформаційних технологій, комп'ютерної графіки виникла автоматизована картографія.

## 2 МЕТОДИКА РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ ПІДСИСТЕМИ ЛОКАЦІЇ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ, ЗАБРУДНЕНИХ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ

2.1 Атрибутивна інформація в системах локації та картографуванні місцевості

Людина завжди брала геодані з навколишнього середовища, викарбовуючи на глиняній табличці план земельних угідь, землі випасу, визначаючи своє місцезнаходження за висотою сонця й розташуванням зірок, розглядаючи околиці з найвищого місця тощо.

Існуючі джерела геоданих – численні та різноманітні, як за якістю, так і за точністю. Основними джерелами є:

- картографічні джерела;
- дані дистанційного зондування (ДДЗ) і фотографічні дані;
- дані польових вишукувань;
- дані різноманітних кадастрів;
- інтернет;
- дані гідрометеорологічних досліджень;
- літературні (текстові) дані;
- статистичні дані (рис. 2.1). «Тип джерела» об'єднує однорідну сукупність

вихідних матеріалів, кожна з яких відрізняється комплексом характеристик.

За способом отримання даних у геоінформатиці їх поділяють на первинні та вторинні. Первинні дані – це дані, що отримані вимірами або спостереженнями безпосередньо на досліджуваному об'єкті, наприклад, шляхом аерокосмічного знімання, вибіркового дослідження в польових умовах або дистанційного зондування чи за допомогою GPS. Вторинні дані – це дані, які отримують на основі

обробки первинних даних (наприклад, рішення прямої засічки за даними польових журналів), або з уже наявних моделей даних (наприклад, сканування зображення карт, знімків).

Зазвичай у геоінформаційній системі рідко використовується тільки один вид даних, найчастіше відбувається поєднання різноманітних даних про певну територію, які отримуються з різних джерел [9].

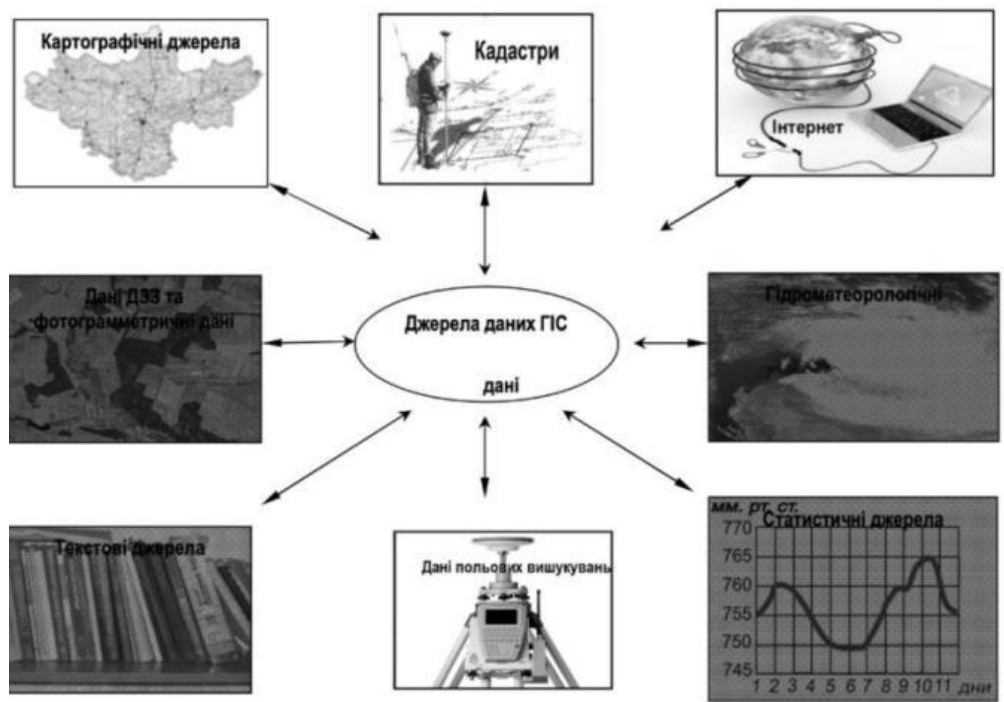


Рисунок 2.1 – Джерела даних для геоінформаційних систем

Відмінність цих даних не впливає на технологію опрацювання. Більш важливим фактором є сумарна похибка виміру координат точок досліджуваних об'єктів. У випадку виникнення проблеми підвищення точності обробки даних, необхідно провести ретельний аналіз даних і обрати (при рівних параметрах) первинні джерела, оскільки вони містять менше похибок, спричинених методами вимірів й обробки.

Таким чином, з наведеного зрозуміло, що інформацію про властивості та характеристики об'єктів (процесів, явищ) можна отримувати за допомогою різних технологій. Кожна технологія дозволяє збирати певні дані (рис. 2.2).

Різноманітність технологій і методів збору породжує різноманітність типів даних, які згодом необхідно опрацьовувати [10].



Рисунок 2.2 – Подання даних у різних формах (карта, план, фото)

Клас, що утворюють різноманітні вхідні, нестандартизовані дані називають вхідними даними.

Вхідні дані зазвичай є різноманітними за стандартами, формами, поданням тощо. Оскільки опрацьовувати всю розмаїтість даних незручно та неефективно, то для спрощення процесу обробки, збереження і можливості обміну, різноманітні дані в ГІС потребують попередньої обробки для їх уніфікації. Цей етап опрацювання вихідних даних називають первинною обробкою даних. Клас, що утворюють внутрішні, стандартизовані щодо технологій обробки, дані, називають уніфікованими даними.

Уніфікація – процедура зведення різноманітних даних до єдиного виду. В процесі уніфікації даних здійснюється побудова єдиної інформаційної моделі. Процес перетворення вхідних даних на уніфіковані, представлений на рис. 2.3 [10].



Рисунок 2.3 – Процес перетворення вхідних даних в уніфіковані

Мета цього процесу полягає в доповненні даних інформацією, якої бракує, спрощенні даних, виключенні надлишкових даних, аналізі похибок (видаленні або зменшенні) тощо.

Уніфікація за своєю суттю не змінює інформативність сукупності даних, а зводить їх в інформаційну основу. Однак, за необхідності може відбуватись зміна інформативності та її аналіз.

Сукупність упорядкованої інформації, що використовується при функціонуванні ГІС, утворює її інформаційну базу.

Джерела просторових даних для ГІС – основа їх інформаційного забезпечення. Інформаційне забезпечення ГІС – це сукупність методів, засобів і процесів спрямованих на збір, оцінку, систематизацію та класифікацію інформації для створення баз даних.

ГІС-в'юери (від англ. Viewer – переглядач) – це порівняно недорогі пакети з обмеженою можливістю редагування даних, призначені в основному для візуалізації і виконання запитів до баз даних, у тому числі і графічних, підготовлених у середовищі інструментальних ГІС. Як правило, усі розробники повнофункціональних інструментальних ГІС пропонують і ГІС-в'юери: ArcReader, ArcExplorer (ESRI, США), WinCAT (Simens Nixdorf, Німеччина) та ін.

До 70 % усіх даних інформаційних ресурсів націй, регіонів і відомств мають просторову прив'язку або можуть бути більш або менш легко координовані, отримавши статус просторових. Незважаючи на це, інформаційне забезпечення ГІС залишається вкрай трудомісткою справою. Це пов'язано з тим, що цифрове середовище існування ГІС передбачає цифрову форму, яку воно обробляє, а найголовнішу частку джерел складають аналогові дані («паперові» карти, статистичні табличні звіти, тексти).

## 2.2 Алгоритм застосування картографічних знань

Вихідні карти й плани на паперових носіях зазвичай неоднорідні всередині кожного аркуша, тобто різні об'єкти відображені на них із різною точністю, їхній стан зафіксований у різний час. Отже, просторові відношення між об'єктами на карті (плані) можуть бути зафіксовані неправильно або з похибками [12]. Також внаслідок того, що іноді паперові карти мають погану якість (знос від тривалого використання, застарілі дані тощо), при цифруванні різних тематичних карт однієї й тієї ж території виникають проблеми, бо одні й ті ж об'єкти, на різних картах, при накладанні не співпадають.

Алгоритм застосування картографічних знань при роботі з ГІС представлений на рис. 2.4 [11].



Рисунок 2.4 – Алгоритм застосування картографічних знань при роботі з ГІС

У багатьох випадках найбільш складною частиною постановки даних у ГІС є їх співвіднесення з місцем – геокодуванням. Геокодування – прив'язка до карти об'єктів, розташування яких у просторі задається відомостями з таблиць баз даних. Геокод може бути представлений:

- географічними або декартовими координатами об'єктів;
- адресами об'єктів (наприклад, при прив'язці даних паспортної служби або податкової інспекції);
- поштовими індексами (наприклад, у випадку аналізу діяльності поштових терористів);
- відстанню від початку лінійних маршрутів (наприклад, при прив'язці даних про аварії на нафтопроводах або аварійно-загрозливому наближенні рослинності до повітряних ліній електропередач). Функції геокодування дозволяють «прив'язати» бази даних, які створюють більшість установ, що обслуговують урбанізовані території та населення, яке на них мешкає, до карт території.

Будь-який географічний об'єкт (або більш абстрактно розташування) має опис. Такий опис може бути представлено по-різному для різних об'єктів. Так, для будівель опис практично в обов'язковому порядку включає адресу. Для опису географічних об'єктів, таких як озера і гори, буде досить назви з довідника географічних назв. Географічні координати так само є частиною опису об'єкта.

Процес перетворення опису об'єкта в його відображення на земній поверхні називається геокодування. Результатом геокодування є об'єкт або група об'єктів карти з атрибутами. Атрибути обов'язково включають в себе географічні координати. Так само часто, але не обов'язково, атрибути містять назву об'єкта, адресу, інформацію про адміністративне підпорядкування.

Зворотній процес – витяг описової інформації з об'єкта карти – називається зворотнім геокодування. Зазвичай результатом такого процесу є текстова інформація в заздалегідь обумовленому форматі.

Діапазон, для якого використовується геокодування, досить широкий. Однак часто під геокодуванням мають на увазі пошук географічних координат для заданої адреси або назви місця. Під зворотнім геокодуванням так само мають на увазі перетворенням географічних координат на адресу.

### 2.3 Аналіз даних дистанційних досліджень

Оскільки етап «первісного накопичення», який бере дані з фондів існуючих паперових карт досить швидко завершиться, то постає проблема оновлення й актуалізації карт у ГІС. Саме тому, одним із найважливіших джерел даних для ГІС стануть дані дистанційного зондування (ДДЗ).

Космічні й аерофотознімки як джерела даних із кожним роком все більше домінують над традиційними картами.

ДДЗ поєднують усі типи даних, отриманих з носіїв космічного (пілотовані орбітальні станції, кораблі багаторазового використання («Шаттл», «Буран»), автономні супутникові знімальні системи) та авіаційного базування (літаки, гелікоптери, радіокеровані апарати) і складають значну частину дистанційних даних, на відміну від знімачь, отриманих в умовах фізичного контакту з об'єктами знімання.

До неконтактних (дистанційних) методів знімання, крім аерокосмічних, відносять різноманітні вимірювальні системи морського (надводного) та наземного базування, включаючи, наприклад, фототеодолітну зйомку, сейсмо-, електро-, магніторозвідку й інші методи геофізичного зондування надр, гідроакустичні знімання рельєфу морського дна за допомогою гідролокаторів бокового перегляду, інші способи, засновані на реєстрації власного або відбитого сигналу хвильової природи.

ДДЗ – дані про поверхню Землі або об'єкти, розташовані на ній, які були отримані у процесі знімачь дистанційними методами.

Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) базуються на реєстрації й подальшій інтерпретації відбитої сонячної радіації (електромагнітних хвиль) від поверхні ґрунту, рослинності, води та інших об'єктів, а також теплового випромінювання Землі (рис. 2.5). Будь-який об'єкт випромінює і відбиває електромагнітну енергію у відповідності з особливостями його природи [12].

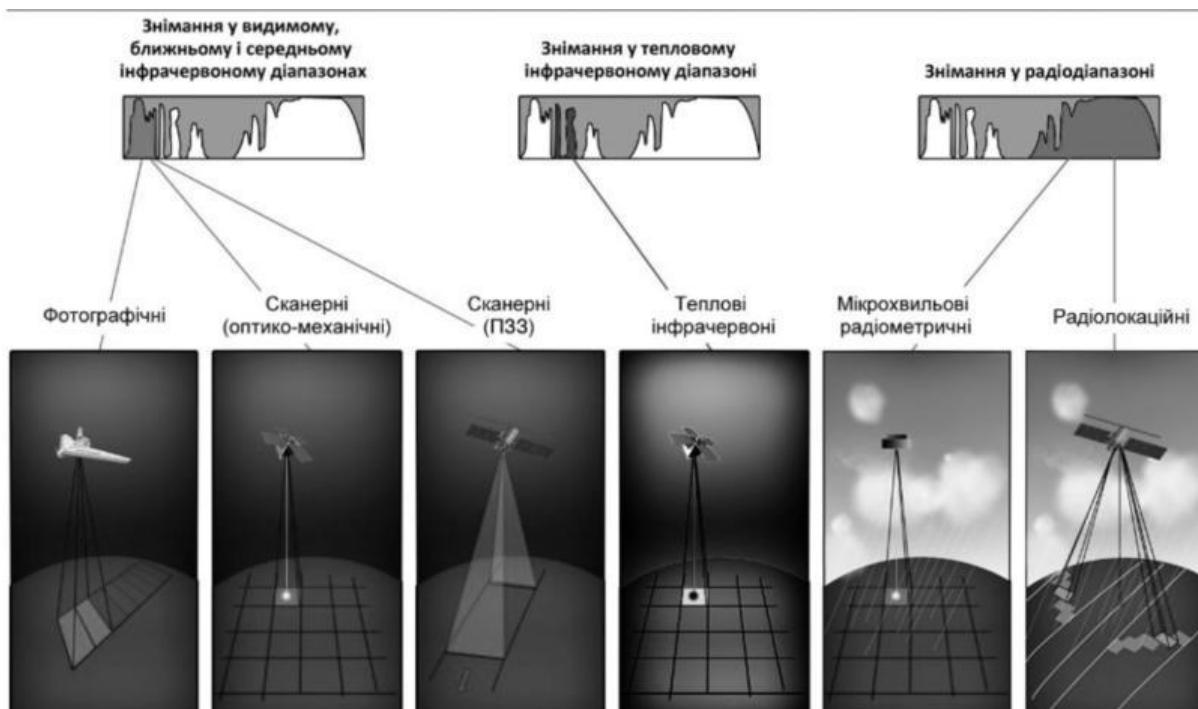


Рисунок 2.5 – Методи здійснення дистанційного зондування

Винесення пристроїв реєстрації в повітряний або навколосемний простір дозволяє більш широко охопити території порівняно з наземними методами досліджень.

Під дистанційним зондуванням розуміють дослідження неконтактним способом, різноманітні види знімачів з літальних апаратів – атмосферних і космічних, у результаті яких утворюється зображення земної поверхні в певному діапазоні (діапазонах) електромагнітного спектра.

Знімки є істотно інформативнішими, чим побудована на їх основі карта, яка, по суті, є «редукованою» версією (моделлю) вихідного матеріалу. Космічний знімок місцевості та карта співвідносяться один з одним, як фотопортрет з ескізом, виконаним за допомогою олівця.

Знімки значно швидше «зчитуються» невідготуваним користувачем, ніж карти. При цьому вони містять цінну інформацію не тільки про статичні об'єкти на місцевості, але й динамічні характеристики, наприклад, як напруженість і характер руху транспорту на автомагістралях.

Знімки надзвичайно корисні для використання в системах оперативного управління й реагування, при ліквідації наслідків розгулу стихій і техногенних катастроф, у військовій справі та логістиці. Сучасні системи ДЗЗ дозволяють отримувати не тільки чорно-білі (панхроматичні) зображення, але й багатоканальні знімки, що містять роздільні зображення на різних ділянках спектра, в тому числі й невидимих простим оком.

Види знімань. Розрізняють аеро та космічні знімання. Але якщо їх детально проаналізувати, то з точки зору кінцевого користувача, принципової різниці між ними не існує. Так, це дійсно знімання з різних літальних апаратів і з різних висот. Уявлення про різкі відмінності космічних і аерознімань народилось тоді, коли вперше з'явилися доступні знімки з космосу. Вони були дрібномасштабними, охоплювали одним кадром цілі регіони (що дійсно неможливо було виконати за допомогою аерознімання), часто були багатозональними (що на той час було малозвично, хоча й можливо для аерознімання), нарешті, саме через космічні знімки систем LANDSAT TM і LANDSAT MSS широкі кола фахівців уперше познайомилися з цифровими («сканерними») знімками. Для прикладу на рис. 2.6. представлено зображення території Києва, отримане за допомогою американського супутника Landsat [13].

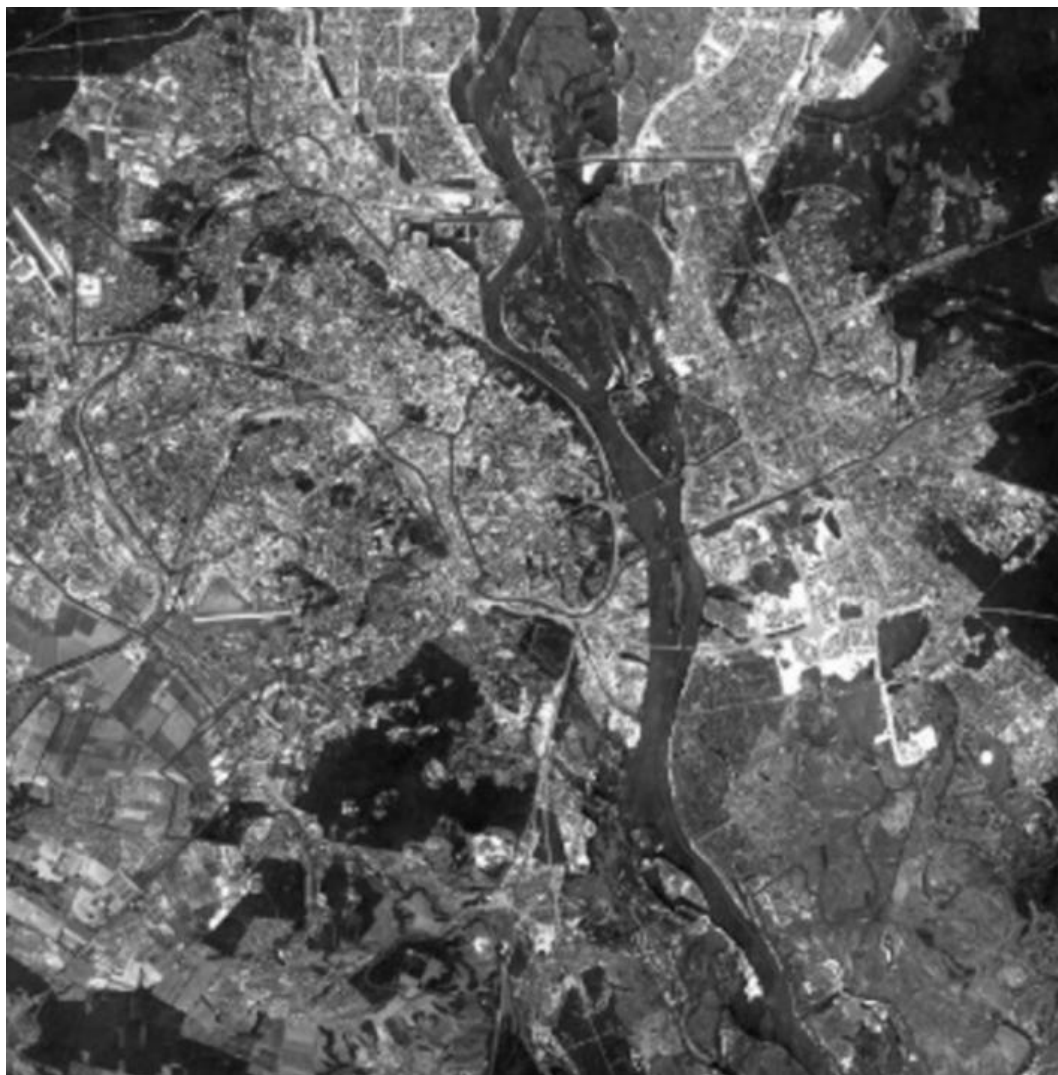


Рисунок 2.6 – Знімок м. Києва, отриманий за допомогою американського супутника Landsat

Основна відмінність між аеро й космічними зніманнями полягає у висоті, з якої відбувається знімання, що впливає на масштаб отриманого зображення. Це призводить до відмінностей у розрізненості і в площині, що покривається одним кадром: на аерознімках, можна побачити об'єкти розміром в одиниці сантиметрів, для космічних знімків розрізнення лінійних об'єктів довжиною 0,51 – дуже добрий показник. Зате площі, які покриваються одним кадром космічного знімку, можуть бути надзвичайно великими: тисячі, десятки тисяч квадратних кілометрів і навіть більше.

Дрібномасштабні знімання дозволяють охоплювати цілі регіони і виявляти такі узагальнені особливості, які при спробі відтворення їх за дрібними фрагментами дослідити неможливо [14].

Аерознімання на рис 2.7 можуть здійснюватися майже з будь-яких висот польоту в межах можливостей літального апарата.

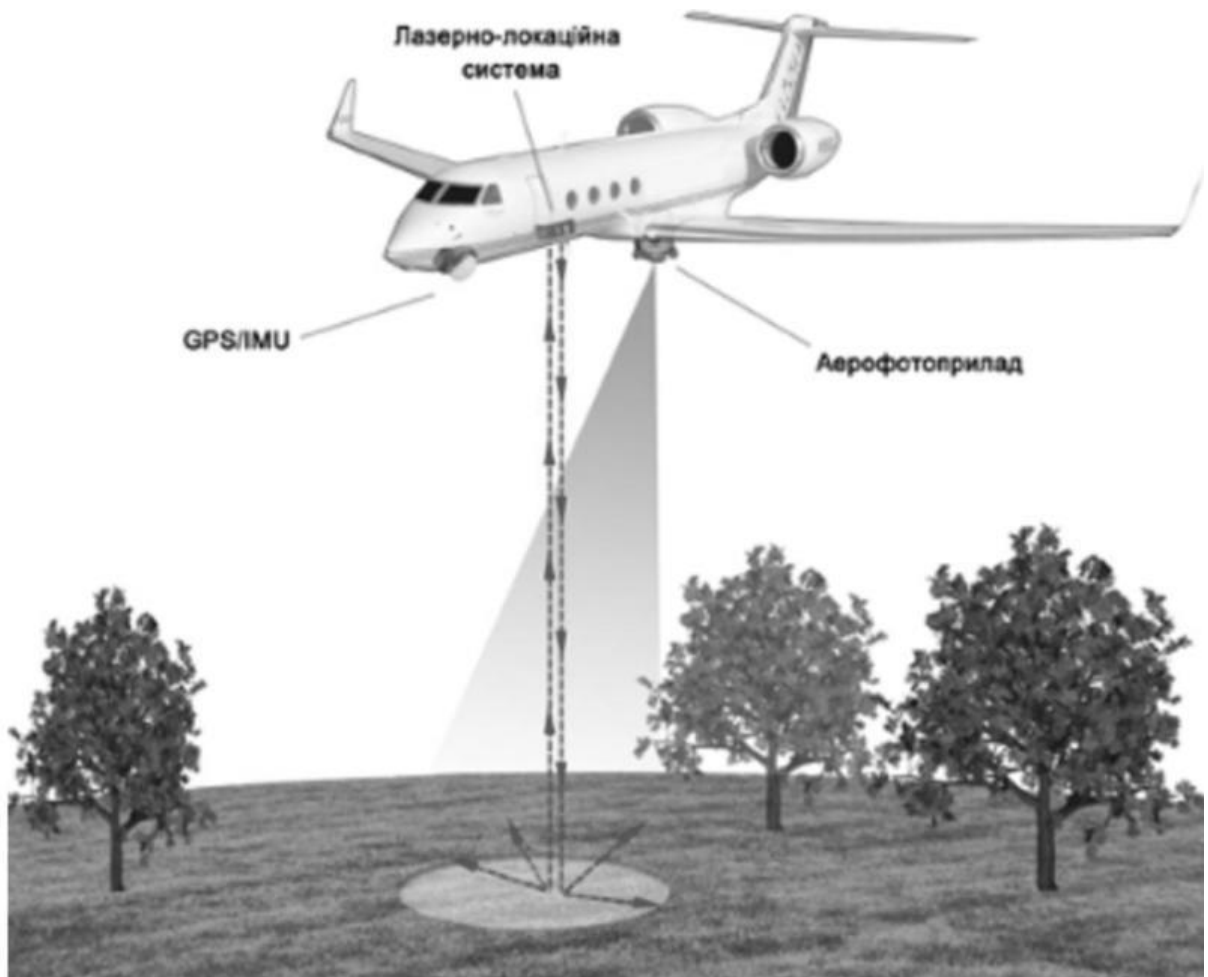


Рисунок 2.7 – Аерофотознімання

Космічні знімання здійснюють із висоти понад 100 км. Зазвичай, типові масштаби зображень, отримувани під час аерознімання – 1:5 000– 1:60 000, а для космічних знімачь у різних випадках – це 1:20000 і дрібніші.

Останнім часом матеріали космічних знімачів стали більш доступними для різних користувачів і, як правило, ці матеріали дешевші, ніж матеріали аерознімачів, хоча мають при цьому задовільну якість.

Нині вони перетворились у новий інструмент досліджень, який швидко розвивається й удосконалюється. Крім того, основний об'єм космічних знімків – це знімки зі штучних супутників Землі, а не з пілотованих апаратів.

Системи збору ДДЗ. У сучасному ДЗЗ можна розрізнити дві основні системи збору й перетворення вихідних даних для ПС:

- аналогову;
- цифрову.

До аналогових належать традиційні фотограмметричні методи отримання зображень, які потребують подальшої обробки для перетворення у цифрову форму. Системи з телевізійною реєстрацією хоча й існують, але їх частка, за винятком деяких спеціальних випадків, є незначною. У фотографічних системах все відбувається приблизно так, як і у звичайному фотоапараті: зображення фіксується на плівку, яка після приземлення літального апарату або спускної капсули проявляється і сканується для використання в комп'ютерних технологіях.

До цифрових належать дані, які отримують від сканерів у керуючому режимі та в реальному масштабі часу і які реєструються на магнітних носіях у цифровому вигляді. Зображення формується лінійно розташованим набором світлочутливих елементів і системою розгорнення (найчастіше оптико-механічною). Крім того, все більшого поширення отримують системи з плоскими двомірними матрицями не треба чекати, поки апарат витратить увесь запас плівки, і на Землю буде скинута капсула, плівка в ній буде проявлена та відсканована). Використання дистанційних методів дозволяє застосовувати стереопари (два сусідніх знімки, які зображують ділянку місцевості в смугі поздовжнього чи поперечного перекриття) для побудови цифрових моделей рельєфу (ЦМР).

Результат знімання, тобто отримане зображення, характеризується:

- спектральними діапазонами, які фіксує система (число й градації цих діапазонів);
- геометричними особливостями отриманого зображення (вид проекції, розподіл викривлень);
- радіометричною розрізненістю, тобто кількістю градацій яскравості, які фіксуються системою;
- часовою розрізненістю, тобто мінімальним проміжком часу, через який проводиться повторне проведення знімання.

#### 2.4 Картографування локацій забруднених вибухонебезпечними предметами методами формалізації просторово-розподіленої інформації

Картографічна інформація є основою інформаційного блока ГІС, тому способи її формалізації є найважливішою складовою частиною технології географічних інформаційних систем.

Просторова інформація ГІС містить метричну частину, що описує позиційні властивості об'єктів, а також пов'язані з нею змістовні (семантичні, тематичні) атрибути, чи просто – «атрибути», як їх прийнято називати в англійській науковій літературі.

Сучасні технології введення просторових даних у комп'ютер, їх інтерпретації і збереження передбачають поелементний поділ змісту існуючих карт. Для введення, наприклад, топографічної карти необхідно здійснити її поділ на шари («теми») однорідної інформації, що містять дані про рельєф, гідрографічну мережу, населені пункти, дорожню мережу, адміністративні межі та ін. Банки картографічних даних у ГІС, таким чином, містять однорідні шари інформації, що, однак, можуть поєднуватися засобами ГІС один з одним у різному співвідношенні відповідно до вимог розв'язуваних завдань. З урахуванням того, що банк картографічних даних у ГІС може містити сотні шарів однорідної просторової інформації, це відкриває широкі можливості для побудови первинних оригіналів

поелементних карт на основі шарів однорідних картографічних даних, що зберігаються в комп'ютері [15].

Просторові дані вводяться і зберігаються в комп'ютері у формалізованому вигляді. У наш час використовуються два основних способи формалізації просторових даних – растровий і векторний, відповідні двом принципово різним способам опису (моделям) просторових даних. У першому способі просторова інформація співвідноситься з комірками регулярної сітки як з елементами території (растрове подання), у другому – використовується система елементарних графічних об'єктів, положення яких у просторі визначається за допомогою координат (векторне подання). Вибір способу формалізації визначається багатьма факторами, серед яких: характер просторової інформації, джерело одержання даних, специфіка розв'язуваних завдань, ємність вільної комп'ютерної пам'яті, швидкодія комп'ютера і деякі інші.

Введення даних у ГІС є обов'язковою операцією, необхідною для функціонування ГІС. Для різних типів даних розроблені спеціальні технології введення, що відповідають функціональним можливостям, включеним до складу програмного ГІС-забезпечення, розроблені спеціалізовані периферійні пристрої

Як вихідні матеріали, з яких виконується введення даних у ГІС, у наш час використовуються [16]:

- топографічні карти;
- загальногеографічні карти різного тематичного змісту;
- архітектурні плани і плани землевпорядкування;
- дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ);
- матеріали польової інструментальної зйомки;
- стандартні статистичні звітні форми в паперовому й електронному поданні;
- текстові джерела, фотографії й ілюстрації;
- рукописні карти і тексти.

Залежно від типу джерел вхідних даних застосовуються різні технології введення даних. У першу чергу розділяються методи введення просторових і

атрибутивних даних, для чого розроблені різні види графічних і табличних редакторів. Залежно від виду і якості вхідних матеріалів можуть використовуватися методи ручного або автоматизованого введення. Основний вплив на вибір джерел даних і технологію їхнього введення чинить сфера застосування оброблюваної в ГІС інформації. Залежно від цілей роботи розрізняються вимоги до просторової і семантичної точності вхідних даних, часу їх збирання (створення), методів попередньої підготовки і формалізації даних. Наприклад, вхідні дані, придатні для створення електронного або паперового атласу адміністративної області, не можуть без додаткової підготовки використовуватися для створення системи земельного кадастру, де вимоги до точності вимірювання довжин і площ об'єктів у кілька разів вищі.

Для систем, що моделюють природні або суспільні процеси, також необхідні особливо підготовлені й описані блоки даних, отриманих як зі стародавніх рукописних текстів, так і за допомогою найсучасніших систем збору інформації з космосу [17]. На технологію збору і введення даних також впливають методи подальшого аналізу і подання підсумкової інформації.

Введення даних, незважаючи на впровадження автоматизованих технологій, як і раніше, залишається найбільш складною і трудомісткою операцією при створенні і функціонуванні ГІС. Найбільш часто використовуються технології сканування паперових картографічних матеріалів, геометрична корекція сканованого зображення для усунення просторових похибок, цифрування паперових або сканованих карт із використанням ручної або напівавтоматизованої технології розпізнавання картографічних об'єктів.

За оцінками різних експертів, вартість введення даних може досягати 80% вартості всього ГІС-проекту, включаючи вартість апаратних засобів і зарплати висококваліфікованого персоналу. Помилки і пропуски, допущені при введенні даних, можуть призвести до перекручування інформації на наступних етапах її обробки і цілком знецінити кінцевий результат. Тому перед введенням даних виконується оцінка інформаційних потреб системи на всіх етапах її

функціонування, підбираються джерела даних, улаштовується перелік інформаційних об'єктів, створюються їх докладні формалізовані описи, розробляється план послідовного цифрування.

Обов'язковим елементом введення даних є вибірковий або повний контроль точності і повноти введення.

## 2.5 Програмні засоби ГІС

Програмні засоби ГІС є сукупністю більшою чи меншою мірою інтегрованих програмних модулів, які забезпечують реалізацію всіх основних функцій ГІС [18]. У загальному випадку виділяють шість базових модулів, що реалізують функції:

- введення і верифікації даних;
- зберігання і маніпулювання даними;
- перетворення систем координат і трансформації картографічних проекцій;
- аналізу і моделювання;
- виведення і подання даних;
- взаємодії з користувачем.

Якщо врахувати ту обставину, що основним видом даних у геоінформаційних системах є просторово-розподілена інформація, з аналізу базових модулів ГІС стає зрозумілим, що програмне забезпечення ГІС є дуже специфічним і не дублюється (за винятком, мабуть, останнього модуля) традиційним програмним забезпеченням (ПЗ) комп'ютерів. Реалізація зазначених вище функцій вимагає розробки спеціалізованого програмного забезпечення. З 80-х років минулого століття спеціалізоване програмне забезпечення, що дозволяє виконувати розробку географічних інформаційних систем для конкретних територій і експлуатувати їх, відоме під назвою комерційних ГІС-пакетів, або інструментальних ГІС. Сьогодні комерційне програмне ГІС-забезпечення складає помітну і дуже динамічну частину світового ринку програмного забезпечення. За даними американської компанії Daratech, загальні продажі програмного ГІС-забезпечення в 2001 році перевищили

1 млрд американських доларів. При цьому зростання продажів за рік становило 14,3%. Виробниками програмних засобів ГІС, що лідирують у світі, є комерційні фірми США – комерційний Інститут досліджень систем навколишнього середовища – у 2001 р. Поставив свої ГІС-продукти на суму \$371,5 млн, що становило 34,6% загальносвітових; компанія Intergraph – \$134,1 млн, або 12,5%; фірма Autodesk – \$70,7 млн, або 6,6%; компанія GE Network Solutions підрозділ американської General Electric Company, яка з 2000 р. Є власником відомої англійської ГІС-компанії Smallworld – одного з піонерів геотехнологій у Європі, розробника повнофункціональної інструментальної ГІС – Smallworld GIS – \$72,3 млн, або 6,7%; компанія Mapping Information Systems Corporation – \$61,7 млн, або 5,7%; компанія Leica Geosystems – \$68,2 млн, або 6,4%. Відомими у світі також є програмні продукти фірм Siemens-Nixdorf, PCRaster Environmental Software і ряду інших [19].

У наш час загальна кількість комерційних ГІС-пакетів у світі вимірюється багатьма десятками. Проте якщо говорити про най-відоміші і широко застосовувані комерційні ГІС-пакети, то їх кількість може бути обмежена десятьма-п'ятнадцятьма. Світовими лідерами програмного ГІС-забезпечення є пакети фірми ESRI (ARC/INFO, Arc View GIS і сімейство пакетів ArcGIS), пакет MapInfo Professional і пакет Idrisi (розроблений в університеті Кларка (США)). Безумовними лідерами ринку програмного ГІС-забезпечення в Україні є комерційні ГІС-пакети фірм ESRI и Mapping Information Systems Corporation (США). Тривалий час комерційні ГІС-пакети було прийнято поділяти на дві категорії, орієнтуючись, головним чином, на апаратну платформу, для запуску на якій вони були розраховані на професійні інструментальні ГІС і інструментальні ГІС настільного (desktop) типу. Перші запускалися на робочих станціях або великих комп'ютерах і характеризувалися, як правило, розвинутими аналітичними можливостями (наприклад, ARC/INFO, MGE, GRASS), другі – на персональних комп'ютерах і мали дуже обмежені можливості щодо аналізу даних. Основне призначення останніх (наприклад, пакетів PC ARC/INFO, MGE PC-1, ArcView,

GeoDraw/GeoGraph) – забезпечення робочого місця для цифрування карт, їх редагування, перегляду і виконання різного роду маніпуляцій з картографічними шарами, що не потребували значних ресурсів. Ця класифікація використовується і сьогодні, однак останніми роками – унаслідок колосального прогресу можливостей персональних комп'ютерів – відмінності між ними і робочими станціями суттєво зменшились. Якщо також узяти до уваги істотне зниження цін на персональні комп'ютери, стає зрозумілим повсюдне використання їх останніми роками як серверів і у зв'язку з цим перехід професійних ГІС-пакетів на Windows-платформу (як правило, Windows NT, 2000, XP). Таким чином, відмінність і в апаратних, і в програмних платформах інструментальних ГІС практично зникла. Однак відмінність між пакетами, обумовлена їх можливостями, у першу чергу до аналізу і моделювання просторових даних, зберігається, незважаючи на зростаючі аналітичні можливості настільних інструментальних ГІС. Тому, як і раніше, можна говорити про повнофункціональні професійні інструментальні ГІС і інструментальні ГІС настільного типу. Але окремі спеціалізовані можливості останніх не поступаються, а в деяких випадках перевищують, відповідним можливостям повнофункціональних ГІС. До категорії настільних інструментальних ГІС з деякою умовністю можна віднести програмні пакети, призначені для аналізу просторових даних і просторово-часового моделювання, у тому випадку, якщо такі пакети на додаток до універсальних аналітичних мають достатньо розвинені можливості щодо маніпулювання просторовими даними і їх подання, тим більше що в процесі свого розвитку вони і за формальними ознаками переходять в цю категорію. Це такі пакети, як IDRISI (США), який до останньої версії називався розробниками «растрова система аналізу просторової інформації і обробки зображень», PCRaster – система моделювання навколишнього середовища, Relief Processor – пакет моделювання і аналізу рельєфу. Остання версія пакета IDRISI – IDRISI Kilimanjaro – уже має офіційну назву «пакет ГІС і обробки зображень».

## 2.6 Картографування територій за допомогою літальних апаратів

Картографування території може здійснюватись за допомогою літальних апаратів та безпілотників. Топографічне картографування земель може провадитися з різної висоти. Послуги аерофотозйомки в Україні дуже актуальні, адже аерофотозйомка земельної ділянки допоможе вчасно помітити будь-які зміни у зовнішньому середовищі та передбачити розвиток подій у майбутньому [20]. ГІС картографування стає все більш популярним, воно містить у собі створення та використання ГІС, електронних та цифрових карт на основі ГІС-технологій. Оперативне картографування активно використовується для оновлення карт та створення карт місцевості та рельєфу. Картографування місцевості важливе для територіального планування, така послуга дозволяє проводити просторово-часовий аналіз.

Особливості технології оперативного картографування полягають у мобільному проведенні зйомки заданої місцевості за допомогою безпілотного літального апарату. Спеціалізований програмний продукт автоматично визначить оптимальні параметри польоту для забезпечення необхідних точності на вибраному полігоні. Виконуючи політ, апарат з певним інтервалом робить знімки місцевості відповідно до заданої висоти, моделі камери, величини перекриття знімків та інших характеристик. До кожного фотознімка прив'язуються його координати з сантиметровою точністю. Продукт аерозйомки сумісний з більшістю програмних пакетів для формування ортофотокарт та хмар точок.

Оперативні карти призначені для вирішення широкого спектра проблем. Насамперед для попередження та сигналізації про несприятливі чи небезпечні процеси, спостереження за їх розвитком, складання рекомендацій та прогнозів, вибору варіантів контролю, чи зміни ходу процесу в різних сферах – від екологічних ситуацій до політичних подій. Слід розрізняти оперативні карти двох типів: одні розраховані на довготривале подальше використання та аналіз (наприклад, карти, що дають поняття статистики або інших характеристик окремих регіонів), а інші –

на короткочасне застосування для негайної оцінки будь-якої ситуації (наприклад, карти дозрівання сільськогосподарських) посівів).

Розробники максимально обмежили процес зйомки від втручання пілота. Літальний апарат здатний самостійно виходити на лінію заданого маршруту, виконувати захоплення зображення відповідно до заданої траєкторії колії та стабілізувати горизонтальне положення цифрової фотокамери, навіть при бічному вітрі до 8 м/сек. Aibot X6 v2 є одним із найбільш безпечних серед аналогів. Наявність шести двигунів дозволяють виконувати політ навіть при виході з ладу одного з них. Гексакоптер має ультразвукові датчики, здатні визначати відстань до землі при посадці, що захищає літальний апарат при посадці. А міцний вуглеволоконний корпус може захистити апарат від зіткнення з перешкодою. Більше того, тепер ви можете не турбуватися, що ваш апарат може загубитися. При втраті зв'язку з наземною станцією апарат виконуватиме пошук сигналу повторно, інакше апарат повернеться на місце зльоту [24]. Аерозйомка з Aibot x6 v2 дозволяє забезпечити вихідною інформацією процес створення картографічних та ГІС-матеріалів М1:500 – 1:2000.

Основні переваги оперативного картографування:

- мобільність процесу;
- безпека;
- економічність роботи;
- висока швидкість;
- геодезична точність;
- простота використання;
- інформативність даних.

Моніторинг з повітря дозволяє вивчати зміни ґрунтів та складати карти зміни ґрунту. Аерофотозйомка у сільському господарстві визначає заболочені ділянки, ділянки з ерозією ґрунтів, а також засихання чи вологість території. Аерофотознімання для посіву дає детальну інформацію про стан посівів, що дуже важливо знати фермерам.

Аерофотозйомка дозволяє зробити знімки з детальністю від тридцяти до трьох сантиметрів. Така висока точність дозволяє вирішувати багато завдань без безпосереднього виїзду на природу. За допомогою таких знімків можливо створювати топографічні плани місцевості з різним масштабом. Також використання даної технології дозволяє створювати цифрові моделі рельєфів, показувати рельєф в розрізах, як горизонтальних, так і вертикальних; вона дозволяє створювати електронні карти полів і виконувати різні сільськогосподарські завдання – проводити моніторинг якості оранки землі, обробки поля різними добривами і хімікатами, контролювати якість збору врожаю і так далі. Аерофотозйомка яка виконується з дрона набагато вигідніша економічно, до того ж її можна зробити навіть коли на небі досить хмарно, що проблематично для більшої техніки. Всі отримані таким чином знімки спеціальними методами об'єднуються, із зазначенням точних координат, таким чином формується максимально точна карта місцевості або її тривимірна модель. Також результати повітряної аерофотозйомки земельної ділянки або іншої місцевості можна використовувати для створення ортофотоплану, який завжди має під собою чіткі геодезичні підстави. Завдяки йому можна з максимальною точністю визначити площі різних ділянок, крім того на такому плані вказуються різні водні об'єкти, дороги, поля і таке інше.

У порівнянні з супутниковим та авіаційним моніторингом безпілотні мультироторні системи мають принципові переваги не тільки за точністю та вартістю моніторингу, а й можливістю їх використання за низької хмарності, що є вкрай актуальним. У рослинництві такі літальні апарати використовують для завдань точного землеробства, а саме ідентифікацій та обчислення розмірів проблемних ділянок поля, прогнозування обсягів очікуваного врожаю, контролю за якістю виконання польових робіт сільськогосподарською технікою. Використовуючи сучасні технології, ми маємо точність до 20 мм на пікс. можемо скласти докладну картку вашої земельної ділянки. Виконуючи таку зйомку з необхідною періодичністю, ви будете проінформовані про всі зміни, що

відбуваються з вашими посівами, зможете підвищити ефективність витрачених коштів. Приклад з аерофотозйомкою полів показано на рис. 2.7 [21].

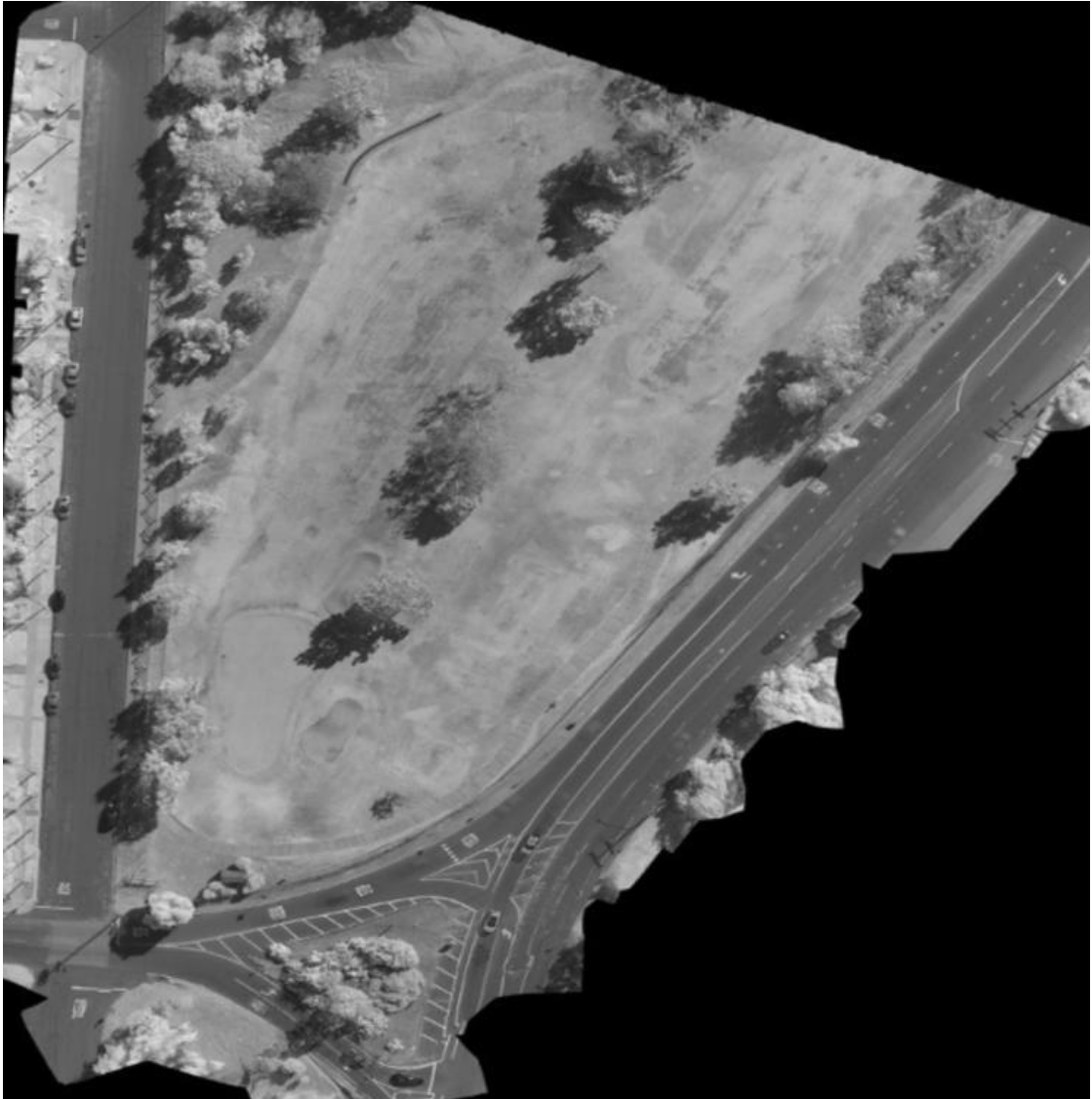


Рисунок 2.7 – Аерофотойзомка полів забруднених на ВВП

Аерофотозйомка у сфері архітектури дозволяє презентувати готові споруди та нові проекти. Це є ефективним методом для презентації актуального стану об'єкта або забудови його власникові чи архітекторів. Аерофотозйомка об'єктів нерухомості дає можливість ріелторам швидше здійснити продаж і викликати позитивне враження у замовника чи покупця.

Архітектурна аерофотозйомка дозволяє подивитись на ракурси місцевості, які недоступні для погляду із земної поверхні. Тобто можна побачити недоліки та важливі особливості, які допоможуть надалі. Аерофотозйомка у сфері архітектури дає реальну візуалізацію.

Аерофотозйомка пам'яток архітектури дає найбільш точну інформацію про об'єкт і ділянку землі. Адже за допомогою неї можна зробити зйомку з будь-яких ракурсів і великої висоти. Але в цьому випадку особливо важливі погодні умови, тому що при великому вітрові зйомка неможлива [22]. Також є популярною аерофотозйомка для реконструкції архітектурних споруд, тому що без неї важко оцінити реальний стан будівлі та скласти план дій.

Певно, що зйомка, проведена із землі, не дозволяє знімати елементи, що знаходяться на даху. Для цього застосовується аерофотозйомка за допомогою гексакоптера Aibot X6 v2. Камера дозволяє отримати детальну модель крыши із сантиметровою точністю. Так як архітектурна цінність даху набагато нижча ніж цінність фасадів та фасадного ліплення, така точність задовольняє потреби та вимоги будь-яких архітектурних робіт. Звісно, для підвищення точності моделі даху, отриманої із знімків БПЛА необхідно провести рекогносцирування місцевості (прив'язку розпізнавальних знаків) за допомогою сучасної двосистемної GNSS антени, наприклад, Leica GS07. Розташувавши надмірну кількість розпізнавальних знаків, можна відтворити відсутні елементи при проведенні лазерного сканування.

У підсумку в програмному забезпеченні Cyclone Leica Geosystems виконується обробка отриманої інформації, а саме забираються шуми, всі зайві об'єкти, що потрапили в поле зору інструментів, виконується вирівнювання та згладжування моделі.

Основні переваги застосування аерофотозйомки у сфері архітектури:

- геодезична точність отриманої моделі;
- оперативність проведення зйомки;
- інформативність;

- мобільність;
- економічність.

Одним із напрямів в інженерних розвідувальних роботах є обчислення обсягів, моніторинг та оцінка витрат сипучих матеріалів. Класичні методи дають рішення з високою похибкою, при цьому сам процес вимірювання займає тривалу годину.

Застосування аерофотозйомки на сьогодні дозволяє швидко і безпечно проводити зйомку необхідної ділянки та одержувати за допомогою пост обробки обсяги з похибкою до 1%. Простота самого процесу дозволяє виконувати його з необхідною періодичністю [23].

Аерофотозйомка для обчислення обсягів – це послуга, яка користується великим попитом у будівельній, гірничодобувній та промисловій сфері, а також у сільському господарстві. Аерофотозйомка для обчислення обсягів потрібна для багатьох земляних робіт, а також для транспортування сипучих речовин. Обчислення обсягів сипучих матеріалів дозволяє вести їх облік, проводити ревізію на закритих та відкритих складах. Замовити вимір обсягів сипучих матеріалів можна на нашому сайті. Оцінка витрат сипучих матеріалів виконується із зовсім невеликою похибкою, бо якщо прорахунок буде більшим, то замовник може зазнати великих фінансових втрат.

Розрахунок земельних обсягів може здійснюватися безпілотником. Щоб провести аерофотозйомку правильно для обчислення обсягів необхідно провести топозйомку, яка покаже всі нерівності та особливості рельєфу. Тому вимір обсягів сипучих матеріалів – відповідальна робота, яка має проводитися лише досвідченими фахівцями.

Аерофотозйомки місцевості це роботи, в основі яких створюються ортофотоплани і фотосхеми місцевості. Аерофотозйомка ділянки дозволяє робити зйомку в певному місці на потрібній висоті і в потрібний момент. Якісна аерофотозйомка земельної ділянки відрізняється високою точністю і має безліч переваг.

Сучасне обладнання і програмне забезпечення дозволяє точно і швидко проводити обробку матеріалів. Топографічна аерофотозйомка повністю задовольняє всі вимоги геодезії з приводу точності. Виконання аерофотозйомки проекту в трьох етапах: підготовчий етап, польові та камерні роботи.

Послуги аерофотозйомки в Україні є актуальними, адже аерофотозйомка земельної ділянки допоможе вчасно помітити будь-які зміни у зовнішньому середовищі та передбачити розвиток подій у майбутньому.

## 2.7 Висновки до 2 розділу

У наш час загальна кількість комерційних ГІС-пакетів у світі вимірюється багатьма десятками. Проте якщо говорити про найвідоміші і широко застосовувані комерційні ГІС-пакети, то їх кількість може бути обмежена десятьма-п'ятнадцятьма. Особливості технології оперативного картографування полягають у мобільному проведенні зйомки заданої місцевості за допомогою безпілотного літального апарату. Спеціалізований програмний продукт автоматично визначить оптимальні параметри польоту для забезпечення необхідних точності на вибраному полігоні. Виконуючи політ, апарат з певним інтервалом робить знімки місцевості відповідно до заданої висоти, моделі камери, величини перекриття знімків та інших характеристик. Знімки надзвичайно корисні для використання в системах оперативного управління й реагування, при ліквідації наслідків забруднення території вибухонебезпечними предметами у військовій справі та логістиці. Сучасні системи ДЗЗ дозволяють отримувати не тільки чорно-білі (панхроматичні) зображення, але й багатоканальні знімки, що містять роздільні зображення на різних ділянках спектра, в тому числі й невидимих простим оком.

### **3 ПРОГРАМНА ПІДСИСТЕМА ЛОКАЦІЇ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ, ЗАБРУДНЕНИХ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ НА БАЗІ ОС ANDROID**

#### **3.1 Автоматизація процесу топологічного узгодження карти з розмінування території забрудненої вибухонебезпечними предметами**

Незважаючи на серйозні недоліки в постановці, організації та веденні земельного кадастру в Україні, не можна переоцінити важливість цієї події як для суспільства в цілому, так і для Державного агентства земельних ресурсів зокрема. Ігнорування важливості геодезичних робіт у системі земельного розмінування, незавершеність та неоднозначність процесу введення в дію єдиної державної системи координат привели до того, що на цій карті розташування окремих земельних ділянок не відповідає як взаємному, так і просторовому географічному положенню. Для ілюстрування сказаного візьмемо ділянку в новому районі приватної забудови, де межі землекористування чітко ідентифікуються на місцевості (рис. 3.1). Межі земельних ділянок, дані про які зберігаються в автоматизованій системі кадастру та представлені на публічній кадастровій карті, позначені на ній синім кольором.



Рисунок 3.1 – Фрагмент території забрудненої вибухонебезпечними предметами

Навіть у цьому простому випадку помітні невідповідності, що набагато перевищують як похибки ортофотоплану, так і нормативи щодо точності кадастрових зйомок. У багатьох інших місцях кадастрової карти стан ще гірший і навіть неприглядний. Можна знаходити пояснення та виправдання такій картині, але залишати її на огляд усьому світу неприпустимо.

Змусити виконавців кадастрових зйомок виправити невідповідність координат вершин меж ділянок у всіх випадках практично неможливо, до того ж це потребуватиме значного часу. А ще необхідно буде понести значні затрати на повторне введення даних до системи. Усунення зазначених недоліків Публічної карти України є актуальним та важливим державним завданням. Вирішення цього завдання можливе за рахунок корекції меж земельних ділянок. Існує декілька підходів до виконання просторової і топологічної корекції. Одним із найбільш відомих методів корекції є застосування модуля ArcGIS – Cadastral Editor, що дозволяє побудувати таку модель зберігання даних, яка може виправляти помилки взаємного розташування та дає змогу уникати розривів і накладань земельних ділянок. Деталі алгоритму корекції в модулі Cadastral Editor невідомі, але наявність фіксованих пунктів, координати яких не змінюються в процесі зрівняння, є обов'язковим. Ефективнішою вважаємо методику, яка дозволяє виправити просторове положення земельних ділянок при мінімальній зміні площ. При цьому наявність фіксованих пунктів необов'язкова, що дозволяє виконувати зв'язування при неповному заповнюванні блоку і при поступовому надходженні даних до системи.

Процес корегування включав такі процедури [25]:

- ідентифікація на ортофотоплані двох або більше точок, що збігаються з точками повороту меж деяких ділянок;
- ідентифікація спільних точок повороту меж суміжних ділянок;
- аналітична коректура координат точок повороту меж і об'єднання їх у загальну систему, узгоджену з ортофотопланом або державною системою координат.

Результати коректури відображено на рис. 3.2, де жовтим кольором показано скореговані межі ділянок забруднених ВВП. Для цього використано чотири контрольні точки (відмічені червоними квадратами). Координати точок повороту меж кожної ділянки визначено за їх растровим зображенням. Алгоритм аналітичної коректури забезпечує збереження площі й форми ділянок, вносячи зміни тільки в межах точності кадастрової зйомки.

Оскільки публічна карта є візуалізацією деякої підмножини даних загальної бази кадастрових даних, то з трьох зазначених вище процедур тільки перша вимагає втручання людини, а друга і третя можуть бути значною мірою автоматизовані [26].



Рисунок 3.2 – Фрагмент карти з виправленими межами території з наявними вибухонебезпечними предметами

Певна трудність у тому, що загальна кадастрова база є неповною, внесені до неї земельні ділянки не покривають всю територію України. Процес поступового заповнення бази триває. При цьому виникає проблема організації збереження координат і визначення часу на виконання координатної і топологічної корекції. Можливі три варіанти вирішення даної проблеми:

– у базі даних визначені координати меж ділянок зберігаються доти, поки не буде заповнено весь блок. У цьому випадку забезпечується строге розв’язання

системи рівнянь, а координати вершин ділянок змінюватимуться тільки раз. Але при такому підході тривалий час (до повного заповнення блоку) ділянки можуть залишатись незв'язані, для кожної вершини, яка входить до  $n$  полігонів, необхідно буде зберігати  $n$  пар координат, що призводитиме до значного збільшення об'єму збереженої інформації;

– друге рішення передбачає зв'язування меж ділянок при кожному черговому надходженні нової ділянки або групи ділянок, причому при кожному зв'язуванні за вихідні приймаються визначені координати. Це дозволяє забезпечити строгість рішення, але додатково передбачає зберігання вимірних координат меж ділянок до повного заповнення блоку, що ускладнює структуру і неминуче збільшує об'єм інформації, що зберігається. При такому підході виконується топологічне коригування меж об'єктів землекористування, але скореговані координати змінюватимуться з часом у процесі надходження нових даних;

– найбільш раціональний варіант вирішення проблеми (з огляду на потребу зберігання і оброблення даних) полягає у зв'язуванні меж ділянок у міру надходження даних до земельнокадастрової системи, при якому для кожної точки пропонується зберігати тільки одну пару скорегованих координат. Приєднання кожної нової ділянки спричинює зміну координат усіх полігонів, які з ним зв'язані. При такому покроковому варіанті корекції з'являється нестрогість у рішенні задачі, яка виражається в тому, що виконується багаторазове переобчислення координат, а далі використовуються не вимірні, а скореговані координати вершин полігонів. Виходячи з того, що черговість за несення даних про ділянки до системи кадастру довільна, порядок надходження ділянок до системи впливатиме на кінцевий результат координатної і топологічної корекції.

Розглянемо ступінь впливу послідовного переобчислення координат на кінцевий результат корекції. Дослідження виконувалося на моделі (рис. 3.3) методом математичного статистичного моделювання. Якби координати точок повороту меж окремих ділянок не мали похибок, то незалежно від систем координат кожної ділянки кінцеві результати об'єднання за пропонованим

алгоритмом були б тотожні. Тому при постановці моделювання передбачалось, що визначення координат точок повороту меж обтяжені похибками. У координати точок повороту меж перед їх переобчисленням (зрівнянням) вводилися випадкові нормально розподілені похибки із середнім квадратичним відхиленням  $\mu$ , постійним для всіх ділянок [27].

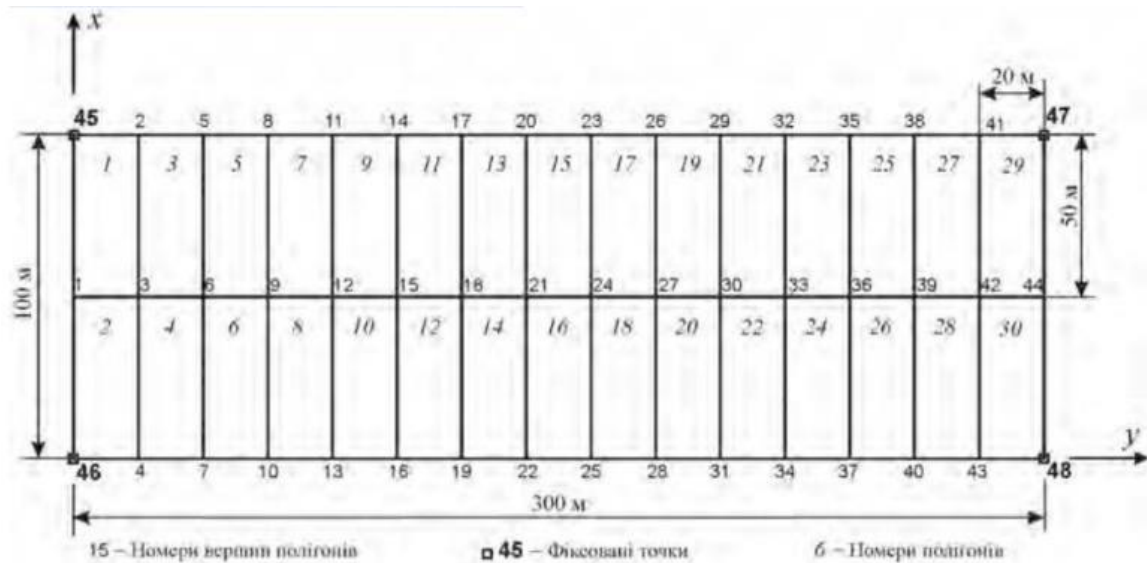


Рисунок 3.3 – Модель, яка використовується при картографуванні території, забруднених вибухонебезпечними предметами

Для кожного варіанту розрахунку виконувалось багаторазове послідовне приєднання полігонів у довільному порядку та їх покрокове зв'язування. Приєднання здійснювали по одному полігону до повного заповнення блоку. На кожному новому кроці при зв'язуванні обирались оптимальні ваги. Наприкінці проводилось одночасне зв'язування всіх полігонів у блоці з чотирма жорсткими точками по кутах. При цьому за вихідні приймалися координати, отримані на останньому кроці послідовного зв'язування. Випробували 50 варіантів моделі, кожен з яких розраховували при 50ти варіантах послідовностей приєднання ділянок. Аналізу піддавалися як координати, отримані при послідовному зв'язуванні, так і дані, отримані після зв'язування блоку з жорсткими пунктами. За результатами цих розрахунків для всіх вершин було визначено

середньоквадратичні відхилення координат  $x$  та  $y$  відносно строгого рішення цілим блоком. Для цього в кожному варіанті розрахунку  $j$  для кожної вершини  $i$  обчислювались різниці координат:

$$\delta_{xi}^j = x_{ki}^j - x_i^j, \quad (1)$$

$$\delta_{yi}^j = y_{ki}^j - y_i^j, \quad (2)$$

де  $x_{ki}^j, y_{ki}^j$  – зрівняні координати її вершини при послідовному приєднанні та зв'язуванні полігонів;

$x_i^j, y_i^j$  – зрівняні координати її вершини при зв'язуванні полігонів одним цілим блоком за вимірними координатами. Середні квадратичні відхилення обчислювались за формулами:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n \delta_{xi}^2}{\mu^2 n}}, \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_1^n \delta_{yi}^2}{\mu^2 n}}, \quad \sigma_i = \sqrt{\sigma_{xi}^2}, \quad (3)$$

$$\sigma_{x_{\text{сер}}} = \frac{\sum_1^m \sigma_{xj}}{m}, \quad \sigma_{y_{\text{сер}}} = \frac{\sum_1^m \sigma_{yj}}{m}, \quad \sigma_{x_{\text{сер}}} = \frac{\sum_1^m \sigma_j}{m}, \quad (4)$$

де  $n$  – кількість варіантів розрахунків;

$m$  – кількість точок моделі, для яких отримано значення середньоквадратичних відхилень.

Результати розрахунків зведено на рис. 3.4, та на рис 3.5 відображено розподіл середніх квадратичних відхилень у блоці. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити такі висновки:

– нестрогість, пов'язана з послідовним приєднанням полігонів і використанням з кожним подальшим кроком скорегованих координат, породжує

похибки в координатах пунктів, які в середньому становлять 0,3 величини похибки вимірних координат  $\mu$ ;

– найменші відхилення (менші за 0,3  $\mu$ ) спостерігаються в точках, до яких примикає 4 полігони; у точках, спільних для 2х полігонів, це відхилення становить 0,250,40  $\mu$ , а в крайніх точках, що входять тільки до одного полігона та мають місце тільки при відсутності фіксованих пунктів, це значення досягає 0,60 від величини  $\mu$ ;

– значення середніх квадратичних відхилень та їх розподіл по блоку при наявності чи відсутності фіксованих точок практично не відрізняються. Середні величини відхилень при наявності фіксованих точок зменшуються на 15 % через те, що в схемі відсутні вільні точки, які входять до одного полігона.

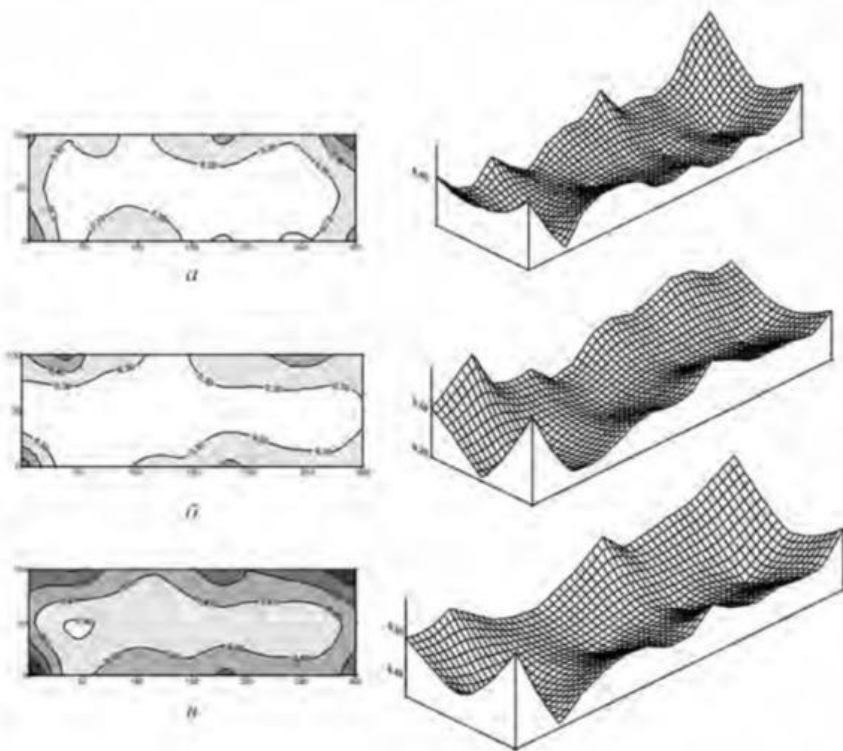


Рисунок 3.4 – Середні квадратичні відхилення координат, які отримані при послідовному приєднанні та зрівнянні цілого блоку без фіксованих точок

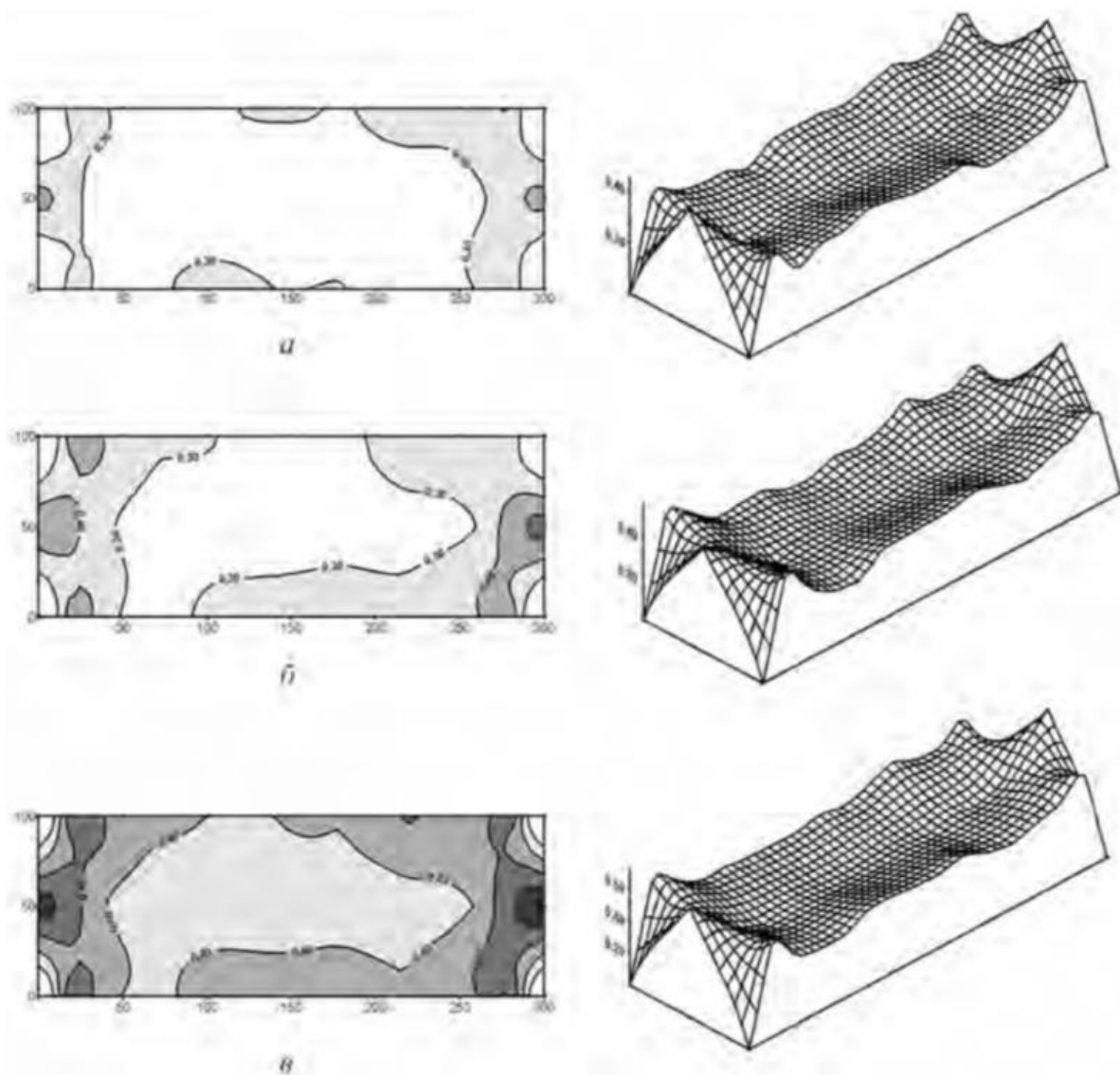


Рисунок 3.5 – Середні квадратичні відхилення координат, отриманих при послідовному приєднанні та зрівнянні цілого блоку з чотирма фіксованими точками по кутах

Загалом отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що нестрогістю, пов'язану з послідовним приєднанням полігонів, можна знехтувати. Однією з переваг математичного апарату запропонованої топологічної і координатної корекції є мінімальна зміна площ полігонів. Тому одночасно з аналізом зміни координат було досліджено зміни площ ділянок і всього блоку.

При аналізі моделювання обчислювалися відхилення площ за формулою:

$$\sigma_{S_i}^j = S_i^j - S_i, \quad (5)$$

де  $S_i^j$  – площа і-го полігона в j-му варіанті розрахунку, обчислена за перетвореними (зрівняними) координатами;

$S_i$  – площа, обчислена за результатами кадастрової зйомки.

Середні квадратичні відхилення площ ділянок  $\delta_{S_i}$  та цілого блоку  $\delta_{S_b}$  обчислювались за формулами:

$$\sigma_{S_i} = \sqrt{\frac{\sum_1^n \sigma_{S_i}^2}{m_{S_i}^2 n}}, \quad (6)$$

$$\sigma_{S_b} = \sqrt{\frac{\sum_1^n \sigma_{S_i}^2}{m_{S_i}^2 nk}}, \quad (7)$$

де  $n$  – кількість варіантів розрахунків;

$m_{S_i}$  – середня квадратична похибка площі полігона, обчислена за вихідними координатами;

$k$  – кількість ділянок, які входять до блоку.

### 3.2. Визначення базових точок та елементів зони розмінування

Для виконання робіт з очищення (розмінування) території облаштовується зона розмінування, елементами якої є базові точки:

– фіксований орієнтир (ФО) – фіксована точка, що знаходиться на безпечній відстані від місця проведення робіт з очищення (розмінування) і використовується для подальшого визначення «Опорної точки». Як правило, як ФО використовуються будівлі та споруди, перехрестя доріг тощо;

– опорна точка (ОТ) – чітко визначена фіксована точка, що знаходиться у безпосередній близькості до місця проведення робіт з очищення (розмінування) і використовується для подальшого визначення «Стартової точки». Як правило, як ОТ використовуються поодинокі природні або штучні елементи місцевості, які мають постійне розташування та не можуть бути переміщені (стовпи, дерева тощо);

– стартова точка (СТ) – точка, яка є початком визначення ділянки розмінування і використовується для подальшого визначення «Точки повороту»;

– точки повороту (ТП) – точки, розташовані по периметру ділянки розмінування. Точки повороту розташовуються та нумеруються за годинниковою стрілкою, наприклад ТП 1, ТП 2 тощо;

– стартова точка та точки повороту позначаються на місцевості спеціальними маркувальними знаками (рис. 3.6), які встановлюються на кілки висотою не менше ніж 1,5 метра;

– проміжна точка (ПТ) – дерев'яний кілок або металевий прут, який вставляється у землю, коли відстань між двома ТП перевищує 50 метрів. У разі неможливості встановлення кілка (прута) може використовуватися каміння, пофарбоване у білий колір. На проміжній точці зазначається її номер та стрілка у напрямі наступної ТП або ПТ (рис. 3.7);

– фіксований орієнтир, опорна, стартова, проміжна точки та точки повороту повинні мати географічні координати, азимути напрямку з відстанями від ФО до ОТ, від ОТ до СТ, від СТ до ТП1 та короткий опис, що відображається на схемі зони розмінування;

– базова смуга (БС) – смуга шириною не менше ніж 2 м, що обладнується безпосередньо перед забрудненою територією та з якої розпочинається виконання робіт з ОРВБД.

Ділянка розмінування (ДР) – підтверджено небезпечна ділянка території, на якій проводяться роботи з ОРВБД.

Смуга очищення (розмінування) (СО) – визначена смуга на ділянці розмінування шириною 2 м, на якій сапер проводить роботи з ОРВБД [28].

<p style="text-align: center;"><b>СТАРТОВА ТОЧКА ДІЛЯНКИ РОЗМІНУВАННЯ № __</b></p> <p><i>Географічні координати:</i>  X: _____  Y: _____</p> <p>Азимут до ТП 1: _____  Відстань до ТП 1: _____</p> <p style="text-align: center;">Напрямок руху до від СТ до ТП 1  <span style="display: inline-block; width: 100px; border-bottom: 1px solid black; position: relative; top: -5px;">→</span></p>	<p style="text-align: center;"><b>ТОЧКА ПОВОРОТУ № __ ДІЛЯНКИ РОЗМІНУВАННЯ № __</b></p> <p><i>Географічні координати:</i>  X: _____  Y: _____</p> <p>Азимут до ТП __: _____  Відстань до ТП __: _____</p> <p style="text-align: center;">Напрямок руху до від ТП __ до ТП __  <span style="display: inline-block; width: 100px; border-bottom: 1px solid black; position: relative; top: -5px;">→</span></p>
---	--

Рисунок 3.6 – Спеціальні маркувальні знаки для позначення:

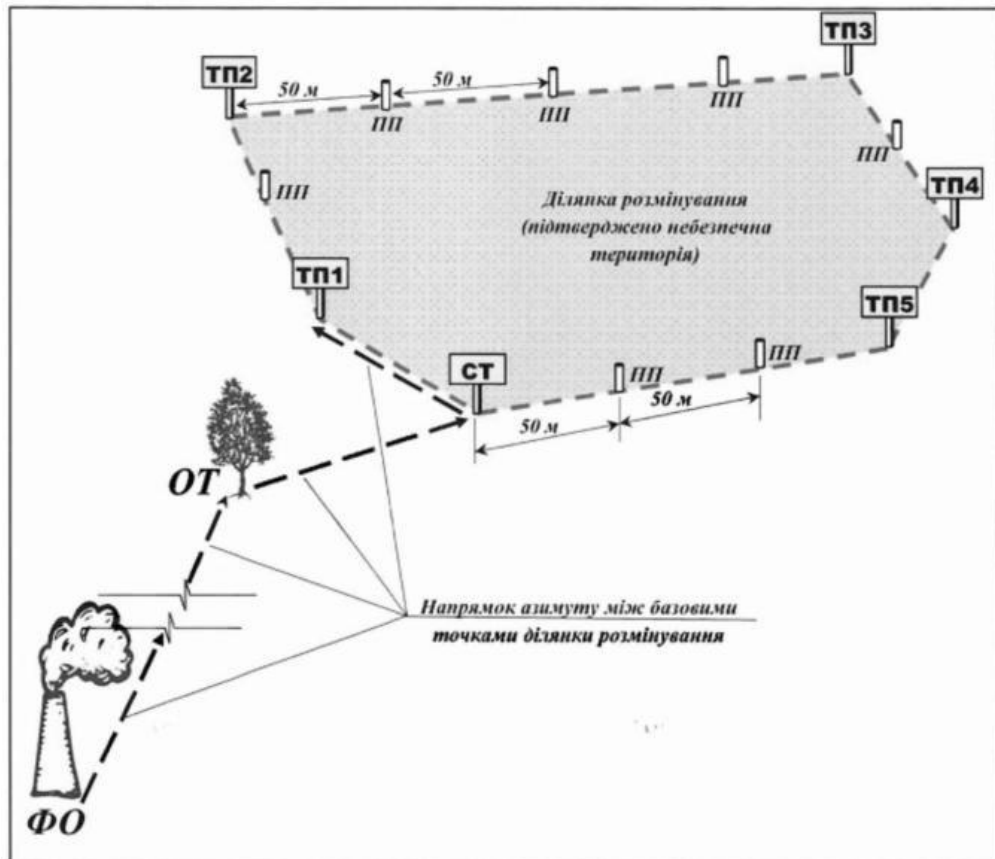


Рисунок 3.7 – Визначення базових точок для зони розмінування

Допоміжні проходи (ДП) – очищені проходи шириною не менше ніж 2 м, які розташовуються перпендикулярно та паралельно відносно базової смуги на відстані 25-50 метрів. Відстань між наступними допоміжними проходами має бути аналогічною.



Рисунок 3.8 – Алгоритм початку та завершення роботи з виявлення вибухонебезпечних предметів

Майданчик перевірки металодемекторів (МПП) – майданчик, на якому обладнуються дві ділянки, з урахуванням відповідних вимог виробника металодетектора:

- ділянка № 1 – ділянка, що не містить феромагнітних матеріалів;
- ділянка № 2 – ділянка, на якій знаходиться зразок феромагнітного матеріалу.

У разі необхідності за рішенням керівника робіт можуть обладнуватися додаткові МПП, розташовані поруч з ділянками розмінування на безпечній (очищеній) території.

Місце збору ВНП (МЗВНП) – майданчик, призначений для тимчасового зосередження ВНП, вилучених під час проведення очищення (розмінування) території. Майданчик повинен бути відмаркований червоними кілочками, заглиблений на глибину, яка забезпечує розміщення ВНП нижче рівня землі, або обвалований на висоту, вищу за розміри ВНП. З території майданчика та периметру навколо нього (смуга шириною не менше ніж 1 м) видаляється вся рослинність.

Місце збору металобрухту (МЗМ) – майданчик, призначений для збору металевих осколків, безпечних залишків боєприпасів та інших металевих предметів.

Місця збору сміття (МЗС) – майданчики, призначені для збору та тимчасового роздільного зберігання видаленої рослинності та іншого сміття (відходів).

Маршрут доступу (МД) – відмаркована смуга, яка з'єднує зону розмінування з адміністративною зоною і призначена для пересування саперів та переміщення необхідного обладнання.

### 3.3. Порядок прооведення робіт з очищення (розмінування) району ведення бойових дій

Проведення робіт з ОРВБД може здійснюватися у складі відділення або кількох відділень саперів.

Перед початком проведення робіт з ОРВБД перед краєм небезпечної території облаштовується БС. На небезпечній території утворюється сітка ДП, які повинні бути очищені від ВНП та відмарковані кілками із синьою верхівкою.

Якщо попередньо на такій ділянці території проводилося технічне обстеження, під час якого утворено сітку проходів, то утворені проходи можуть бути використані як БС та ДП (рис. 3.9)

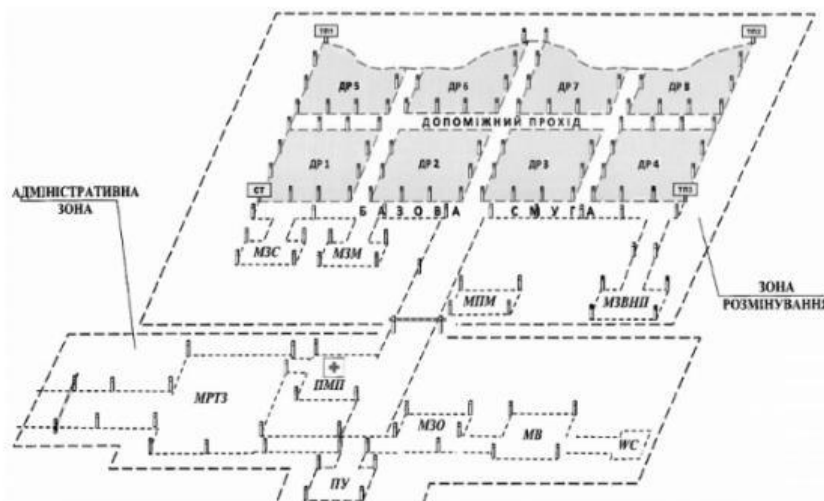


Рисунок 3.9 – Типова схема облаштування адміністративної зони та зони розмінування

Проведення робіт з ОРВБД розпочинаються від БС, яка визначається начальником відділення (керівником робіт) на підставі інформації, що міститься у звітах про нетехнічне та технічне обстеження території. Маркування смуги очищення зображено на рис. 3.10.

Під час проведення робіт методом очищення (розмінування) поверхні ґрунту шляхом візуального пошуку без використання або із використанням ручного металодетектора БС може знаходитися на певній відстані від визначеної межі небезпечної території, що дозволяє виявити ВНП поза межами визначеної небезпечної території (наприклад, у разі забруднення території касетними боєприпасами) [29].



Рисунок 3.10 – Маркування смуги очищення (розмінування)

Площа території (рис. 3.11), де проводяться роботи з ОРВБД, може бути збільшена у разі виявлення ВНП по краях визначеної небезпечної території або додаткового виявлення прямих доказів наявності ВНП [30].



Рисунок 3.11 – Маркування виявлених вибухонебезпечних об'єктів

Проведення очищення (розмінування) території обов'язково проводиться у радіусі не менше ніж 25 м від ВНП або прямих доказів щодо їх наявності, виявлених поблизу краю визначеної небезпечної території (рис. 3.12).

У разі припинення робіт у зв'язку із перервою або завершенням робочого дня кожен сапер позначає місце завершення робіт шляхом викладання на ґрунт кілків із червоною верхівкою, при цьому пофарбовані кінцівки кілків повинні розташовуватися на лінії закінчення робіт [30].

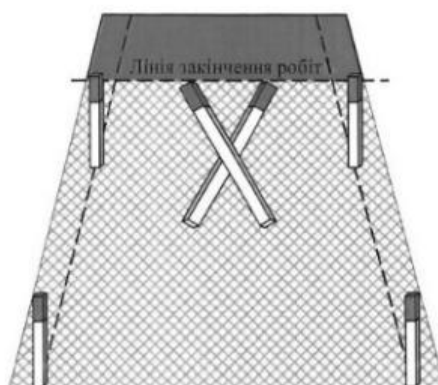


Рисунок 3.12 – Маркування місця завершення робіт

### 3.4 Програмна підсистема локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android

Спочатку безпілотні літальні апарати (БПЛА) застосовувалися виключно у військових цілях. Вони використовувалися як авіаційні мішені, балістичних ракет, а також як спосіб розвідки та спостереження. Однак, з появою глобальних систем позиціонування, таких як (GPS), ГЛОНАС, Бейдоу, винаходом та розвитком мікроконтролерів, створенням зменшених копій безколекторних електродвигунів та літій-полімерних акумуляторів, можливість створення різного виду радіокерованої техніки довільних форм і розмірів отримала новий поштовх до розвитку.

Зменшення складових безпілотних літаючих апаратів дало можливість створювати мініатюрні аналоги літальних апаратів. На даний момент розвиток отримали квадрокоптери – літальні апарати з чотирма гвинтами, що несуть, що обертаються в діагонально протилежних напрямках. Завдяки своїй мобільності, компактності, відносної дешевизни та функціональності, квадрокоптери придбали високу популярність і знайшли застосування у різноманітних сферах діяльності людини, наприклад у військовій справі, будівництві, журналістиці, кінематографі, перевезенні вантажів тощо.

Управління подібними апаратами здійснюється за допомогою спеціального пристрою, званого пультом управління. Пульт керування використовує радіосигнали певної частоти передачі інформації. З появою та поширенням бездротової мережі «Wi-Fi» з'явилася можливість використовувати як пульт управління не лише спеціалізовані контролери, але й інші пристрої, здатні взаємодіяти з цією мережею. Прикладом таких пристроїв є широко поширені смартфони, які використовують переважно операційну систему «Android». При оснащенні квадрокоптера «Wi-Fi» передавачем, БПЛА перетворюється на мобільну станцію, здатну отримувати та передавати сигнали «Wi-Fi» мережі.

Управління не одним, а відразу кількома апаратами дозволяє отримати деякі переваги. У цьому випадку оператору необхідно лише віддати команду групі БПЛА на виконання певного завдання, при цьому не приймаючи безпосереднє керування на себе. Використання смартфона як пульта управління дозволить змінювати, додавати та редагувати траєкторії польоту або маршрути, а також керувати, за потреби, кожним квадрокоптером окремо. Можливість управління зі смартфона за допомогою бездротової мережі «Wi-Fi» дозволяє:

- додавати нові функції керування, не змінюючи при цьому внутрішню структуру пульта управління (в даному випадку, смартфона), шляхом зміни програмного коду програми, що використовується;

- керувати не одним, а кількома квадрокоптерами;

- не оснащувати БПЛА додатковими передавачами для здійснення управління;

- виводити інформацію, що передається, відразу на екран, тому що не всі пульти управління мають вбудований дисплей, а отже, вимагають дооснащення.

Проблема полягає в тому, що android-додатки, створені для управління квадрокоптерами, на даний момент не мають такого функціоналу. Таким чином, метою даного проекту є створення android-додатку, здатного здійснювати управління БПЛА, а в перспективі, одразу кількома квадрокоптерами.

Для вирішення цієї проблеми використовується функціонал операційної системи «Android». Доступ до даного функціоналу, який є набором необхідних класів, методів, а також супутніх їм функцій надається інтегрованим середовищем розробки «Android Studio». Це середовище дозволяє створювати, редагувати та компілювати вихідний код, використовуючи мову програмування Java, та Kotlin і має доступ до класів операційної системи «Android», здатних включати, вимикати «Wi-Fi» мережу на робочому пристрої, перевіряти її стан, відстежувати зміни, а також отримувати і передавати інформацію, що, в сукупності, є необхідним функціоналом для створення цільового Android-додатку.

Квадрокоптер, у свою чергу, є невеликим літальним апаратом і складається з кількох складових частин:

- несуча рама;
- електродвигуни та регулятори швидкості обертання;
- польотний контролер;
- гвинти;
- пульт керування та приймач сигналів.

Приклад схеми квадрокоптера зі стандартним набором компонентів представлений на рис. 3.13 [31].

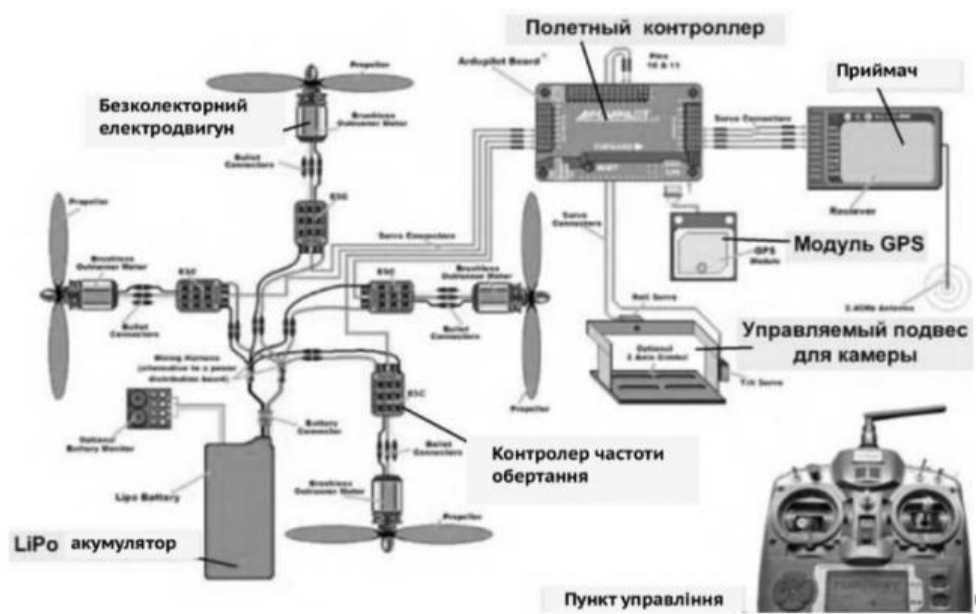


Рисунок 3.13 – Схема з'єднання компонентів квадрокоптера

Ключовим елементом даної схеми для програми є наявність приймача сигналів. У даному випадку він являє собою «Wi-Fi» передавач, який, будучи з'єднаним з польотним мікроконтролером самого квадрокоптера, здатний отримувати і передавати необхідні керування сигнали. Мікроконтролер, у свою чергу, перетворює їх власні команди та здійснює контроль над обертанням двигунів через супутні регулятори швидкості обертання. Це дозволяє здійснювати

дистанційне управління, як пряме, так і шляхом завдання польотних координат, використання глобальних систем позиціонування.

Наявність «Wi-Fi» передавача, а не звичайного радіо, дозволяє змінити схему керування. У цьому випадку передача сигналів не обмежується кількістю приймачів – у створенні нової лінії зв'язку немає необхідності, так як можливо підключити кілька апаратів до однієї точки доступу. Принципова різниця схем управління представлена на рис. 3.14.

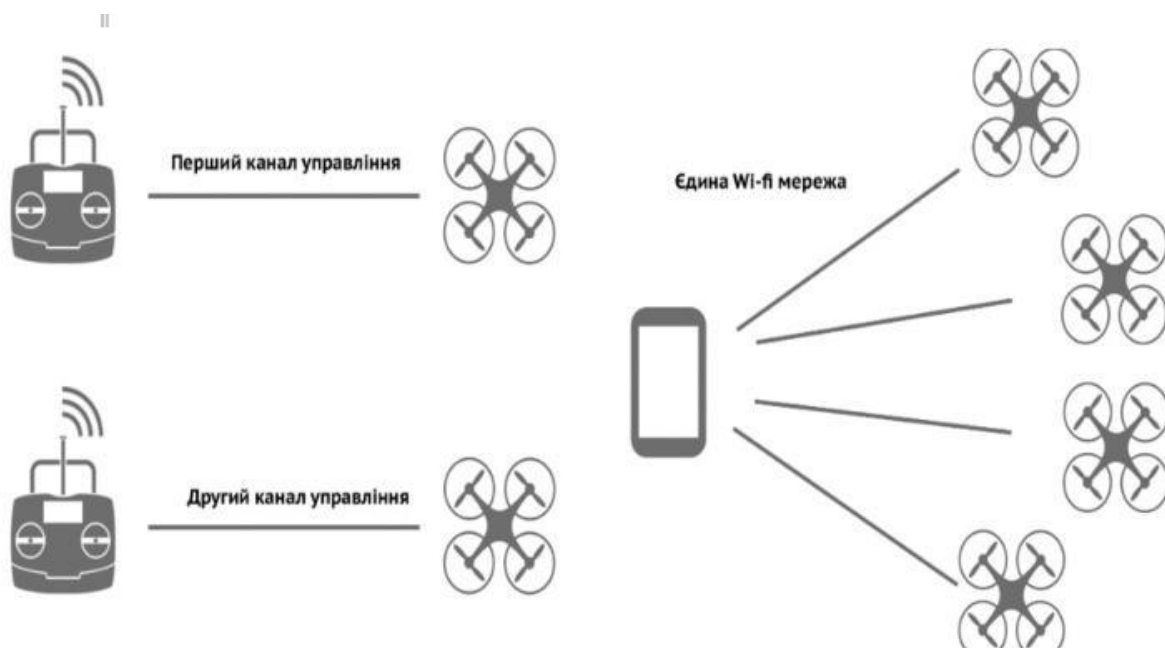


Рисунок – 3.14 – Принципова різниця у способах управління БПЛА

3.5. Створення програми на базі ОС Android для керування польотом безпілотною Tello та виявлення вибухонебезпечних об'єктів у реальному часі за допомогою YOLOv5

Android Studio – інтегроване середовище розробки виробництва Google, за допомогою якого розробникам стають доступні інструменти для створення програм на платформі Android OS. Android Studio можна встановити на Windows,

Mac та Linux. Обліковий запис розробника програм у Google Play App Store коштує \$25. Android Studio створювалася з урахуванням IntelliJ IDEA.

Середовище Android Studio призначене як для невеликих команд розробників мобільних додатків (навіть у кількості однієї людини), або великих міжнародних організацій з GIT або іншими подібними системами управління версіями. Досвідчені розробники зможуть вибрати інструменти, які найбільше підходять для масштабних проєктів. Рішення для Android розробляються в Android Studio за допомогою Java або C++. В основі робочого процесу Android Studio закладено концепт безперервної інтеграції, що дозволяє відразу ж виявляти проблеми. Тривала перевірка коду забезпечує можливість ефективного зворотного зв'язку з розробниками. Така опція дозволяє швидше опублікувати версію мобільного додатка в Google Play App Store. Для цього є також підтримка інструментів LINT, Pro-Guard та App Signing [32].

За допомогою засобів оцінки продуктивності визначається стан файлу з пакетом прикладних програм. Візуалізація графіки дає можливість дізнатися, чи програма відповідає орієнтиру Google в 16 мілісекунд. За допомогою інструмента для візуалізації пам'яті розробник дізнається, коли його додаток буде використовувати занадто багато оперативної пам'яті і коли відбудеться складання сміття. Інструменти для аналізу батареї показують, яке навантаження посідає пристрій.

Android Studio сумісна з платформою Google App Engine для швидкої інтеграції у хмарі нових API та функцій. У розробці ви знайдете різні API, такі як Google Play, Android Pay і Health. Є підтримка всіх платформ Android, починаючи з Android 1.6. Є варіанти Android, які суттєво відрізняються від версії Google Android. Найпопулярніша з них – це Amazon Fire OS. В Android Studio можна створювати APK для цієї ОС. Підтримка Android Studio обмежується онлайн-форумами.

Room – це новий спосіб зберегти дані додатків в Android-програмі, представлений цього року на Google I/O. Це частина нової Android Architecture,

група бібліотек від Google, які підтримують доречну архітектуру програм. Room пропонується як альтернатива Realm, ORMLite, GreenDao. Room – це високорівневий інтерфейс для низькорівневих прив'язок SQLite, вбудованих в Android, про які ви можете дізнатися більше в документації. Він виконує більшу частину своєї роботи під час компіляції, створюючи інтерфейс API поверх вбудованого SQLite API, тому вам не потрібно працювати з Cursor або ContentResolver.

Хоча існують різні редактори та варіанти для розробки додатків для Android, для цього проекту ми використовуватимемо Android Studio в середовищі програмування Kotlin та Java. Почнемо зі створення нового проекту в Android Studio. Вибираємо «Empty Activity», та назвемо цю програму «droneApplication». Оскільки я використовуватиму API 31 з Android версії 12 на телефоні Google Pixel.

Почнемо зі створення головної сторінки програми, яка містить інтерфейс користувача, перш ніж перейти до дій з керування БПЛА. У вікні має бути два файли: `activity_main.xml` і `MainActivity`. Для цього проекту необхідно використовувати бібліотеки Pytorch і віртуального джойстику, тому додамо їх до файлу `build.gradle` (рис. 3.15).

```
implementation 'org.pytorch:pytorch_android_lite:1.10.0'  
  
implementation 'org.pytorch:pytorch_android_torchvision_lite:1.10.0'  
  
implementation 'io.github.controlwear:virtualjoystick:1.10.1'
```

Рисунок 3.15 – Залежності у додатку droneApplication

Щоб додати гарний дизайн до головної сторінки необхідно завантажити деякі значки з Google Fonts. Я використовую значок «ракета» для головної сторінки екрану, що, на мою думку, виглядає досить гарно. У папці «res\drawable»

виконується робота з файлами xml, що надає додаткові параметри дизайну, наприклад можливість змінювати колір або значки.

Відредагували файл activity\_main.xml і замінили весь розділ <TextView> таким кодом (рис. 3.16).

```
<TextView
    android:id="@+id/welcomeMessage"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Welcome to droneApplication"
    android:textColor="@color/black"
    android:textSize="20dp"
    app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/introImage"
    app:layout_constraintLeft_toLeftOf="parent"
    app:layout_constraintRight_toRightOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
```

Рисунок 3.16 – Розділ TextView початкового екрану

Тепер створюємо нову дію під назвою «droneController.java» і додамо наступний код до файлу MainActivity.java, щоб підключити нашу основну сторінку екрану до контролера БПЛА (рис. 3.17).

```
droneControlScreen = findViewById(R.id.introImage );
droneControlScreen.setOnClickListener(v -> {
    Intent droneControlScreenIntent = new Intent(MainActivity.this, droneController.class);
    startActivity(droneControlScreenIntent);
});
```

Рисунок 3.17 – Підключення контролера

Коли ми встановили зв'язок між двома активностями, почнемо створювати користувальницький інтерфейс активності контролера БПЛА. По-перше, зручно додавати джойстики, якщо контролер БПЛА знаходиться в альбомній орієнтації, тому необхідно встановити його в орієнтацію. Додамо джойстики для керування БПЛА (рис. 3.18).

```

<io.github.controlwear.virtual.joystick.android.JoystickView
android:id="@+id/joystickViewLeft"
android:layout_width="170dp"
android:layout_height="170dp"
android:layout_marginBottom="26dp"
android:layout_marginStart="16dp"
app:JV_backgroundColor="#20000000"
app:JV_borderWidth="4dp"
app:JV_buttonColor="#ffcc00"
app:JV_buttonSizeRatio="35%"
app:JV_fixedCenter="false"
app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"
app:layout_constraintEnd_toStartOf="@+id/joystickViewRight"
app:layout_constraintHorizontal_bias="0.032"
app:layout_constraintStart_toStartOf="parent" />

<io.github.controlwear.virtual.joystick.android.JoystickView
android:id="@+id/joystickViewRight"
android:layout_width="170dp"
android:layout_height="170dp"
android:layout_marginEnd="26dp"
android:layout_marginBottom="26dp"
app:JV_backgroundColor="#20000000"
app:JV_borderWidth="4dp"
app:JV_buttonColor="#ffcc00"
app:JV_buttonSizeRatio="35%"
app:JV_fixedCenter="false"
app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"
app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent" />

```

Рисунок 3.18 – Орієнтація джойстиків для керування БПЛА

Тепер основний макет activity має вигляд, як на рис. 3.19, а сам віртуальний контролер БПЛА повинен виглядати як на рис. 3.20.

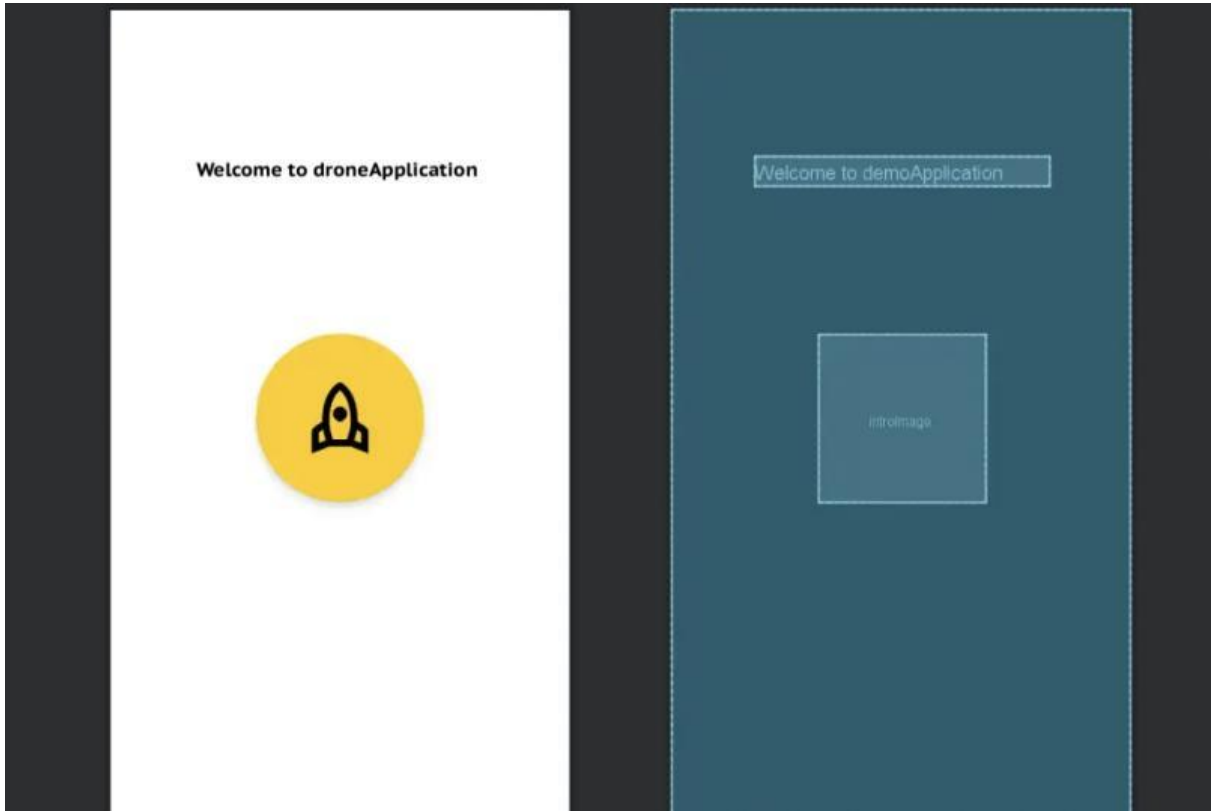


Рисунок 3.19 – Основний макет activity



Рисунок 3.20 – Віртуальний контролер БПЛА

Цю програму для БПЛА Tello можна розбити на два компоненти:

- управління Tello для польоту;
- виявлення вибухонебезпечних об'єктів за допомогою живого відео з камери

Tello.

Розробляючи додаток для Android, ми запускаємо SDK для керування безпілотником, буквально надсилаючи команду «command», на яку БПЛА відповідає «ок» або «error». Для отримання додаткових команд необхідно звернутись до SDK.

Давайте подивимося на файл droneController (рис. 3.21). Для початку ми створюємо набір змінних для обробки різноманітних подій, починаючи від стану підключення БПЛА до живого відео. Після ініціалізації всіх FloatingActionButton (FAB), перемикача, джойстиків, ImageViews і TextViews ми використаємо такий фрагмент коду, щоб запустити режим SDK БПЛА натисканням кнопки.

```

connection = findViewById(R.id.connectToDrone);
connection.setOnClickListener(new View.OnClickListener(){
    public void onClick(View v){
        if (connectionClickCounter % 2 == 1){
            telloConnect("command");
            Toast.makeText(droneController.this,"Drone connected",Toast.LENGTH_SHORT).show();
            connectionFlag = true;
        }
        if (connectionClickCounter % 2 == 0){
            telloConnect("disconnect");
            connectionFlag = false;
            Toast.makeText(droneController.this,"Drone disconnected",Toast.LENGTH_SHORT).show();
        }
        connectionClickCounter++;
    }
});

```

Рисунок 3.21 – Файл droneController, у якому створюємо набір змінних для обробки різноманітних подій

Такі змінні, як «connectionFlag», використовуються для активного моніторингу та підтримки статусу підключення БПЛА, який використовується іншими методами в цій дії. Так само ми можемо використовувати наступний код для зльоту та посадки (рис. 3.22).

```

actionTakeOff = findViewById(R.id. takeoff );
actionTakeOff.setOnClickListener(v -> {
    if (connectionFlag){
        telloConnect("takeoff"); // надсилання команди зльоту
    }
});

actionLnad = findViewById(R.id. земля );
actionLnad.setOnClickListener(v -> {
    if (connectionFlag){
        telloConnect("land"); // надсилання команди land
    }
});

```

Рисунок 3.22 – Код для зльоту та посадки БПЛА

Виявлення об'єктів здійснюється за допомогою YOLOv5. (You Only Look Once), створений і підтримуваний Гленном Джочером з Ultralytix, – це набір архітектур виявлення об'єктів (розмірів від нано до XL). Завдяки простоті розгортання, зручності використання та, що найважливіше, швидкості та точності, ми будемо використовувати попередньо підготовлені архітектури YOLOv5 для цього проекту.

Pytorch має демо-програму для Android для виявлення об'єктів, для зберігання та побудови результатів об'єктів, виявлених у кожному кадрі, нам потрібно створити клас Java (назвавши його DetectionResult.java), так само необхідно було б використовувати цей код для обробки наших результатів.

Щоб завантажити малу архітектуру YOLOv5 у пам'ять, ми використаємо модуль Pytorch.

Модель виявлення об'єктів і відповідні класи мають бути збережені в середовищі програми Android, перш ніж їх можна буде завантажити. Для цього ми створимо папку з ресурсами в основному каталозі програми, показано на рис. 3.23.

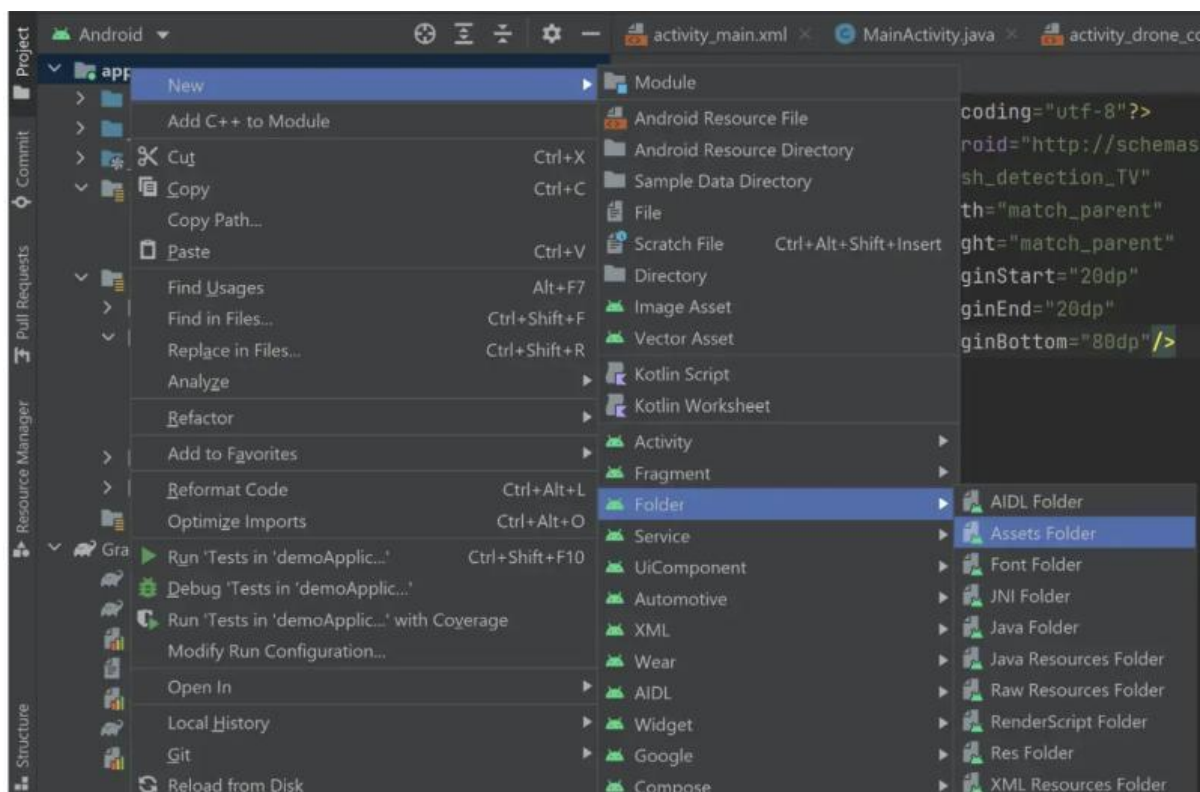


Рисунок 3.23 – Створення папки для збереження відповідних класів і моделей виявлення вибухонебезпечних об'єктів

Щоб відобразити виявлені вибухонебезпечні предмети необхідні обмежувальні рамки, додаймо спеціальне подання до файлу `activity_drone_controller.xml`

Частина коду для виявлення об'єктів працює, завантажуючи в пам'ять попередньо підготовлені вагові коефіцієнти. Растрове зображення, отримане з черги блокування, перетворюється на тензор і передається в мережу для виконання класифікації, локалізації та виявлення (рис. 3.24). Після отримання вихідних даних

архітектури мережі постобробка використовується для фільтрації результатів (виявлення) з рівнями достовірності, меншими за порогове значення, відоме як поріг перетину через об'єднання [32].

```
<com.example.demoapplication.DetectionResult
android:id="@+id/DetectionResultView"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
android:elevation="12dp"
app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent"
app:layout_constraintHorizontal_bias="1.0"
app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
app:layout_constraintTop_toTopOf="parent"
/>
```

Рисунок 3.24 – Обмежувальні рамки виявлених ВПП

Масив координат обмежувальної рамки, згенерований постобробкою, надається `DetectionResult.java`, який наносить координати на настроюване подання на екрані Android [33].

Виявлений вибухонебезпечний предмет за допомогою БПЛА на базі ОС Android зображено на рис. 3.25.

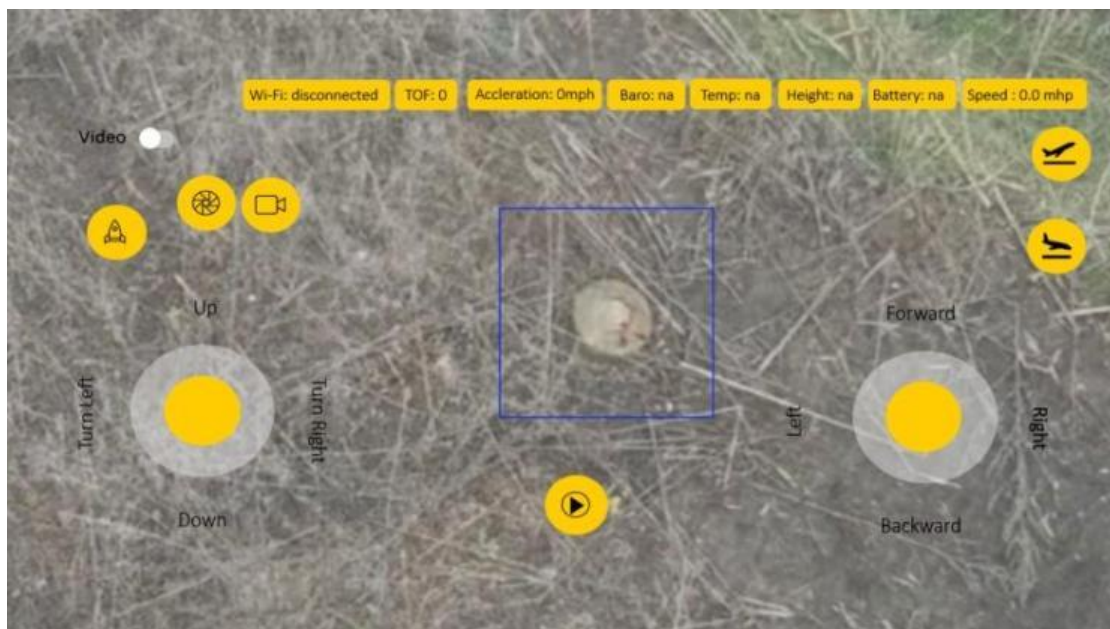


Рисунок 3.25 – Виявлений вибухонебезпечний предмет за допомогою БПЛА

### 3.6 Висновки до 3 розділу

Переваги використання БПЛА для виявлення вибухонебезпечних предметів підтверджують багато фахівців, виділяючи найважливіші:

- наявність систем точного позиціонування;
- автоматизація польотів та технології зйомки;
- автоматизація польотного завдання, включаючи маршрут польоту;
- багато можливостей для встановлення додаткового обладнання;
- можливість працювати у несприятливих погодних умовах;
- можливість працювати за низьких температур;
- потужна силова установка та інтелектуальна система керування живленням;
- достатня до виконання завдань тривалість польоту;
- наявність інтелектуальних систем пілотування;
- компактність та швидкість розгортання.

Для більш точного результату технологію краще використовувати на відкритій місцевості, проте її також можна застосовувати для розвідки сіл, лісів та водяних полів.

Після дослідження території можна виявити наявність вибухонебезпечних предметів на 100%.

Дешевші цивільні моделі гірше захищені проти систем радіоелектронної боротьби, але дозволяють військовим вести розвідку та ефективно атакувати супротивника, скидаючи гранати.

БПЛА має датчики та камери, завдяки яким за 1 годину він може просканувати 1 га землі.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Питання з охорони праці людини варто вирішувати на всіх стадіях трудового процесу незалежно від виду професійної діяльності. Забезпечення здорових та безпечних умов праці в значній мірі залежить від правильної оцінки шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Однакові за складністю зміни в організмі людини можуть виникати з різних причин. Це можуть бути фактори виробничого середовища, надмірне розумове та фізичне навантаження, нервово-емоційна напруга, або різне сполучення наведених причин.

У даному розділі вирішується питання охорони праці програміста на стадії розробки ним програмного модуля автоматизованої системи управління виробничим циклом підприємства [33].

Аналіз умов праці показує, що у приміщенні лабораторії на програміста можуть негативно впливати наступні фізичні та психофізіологічні фактори:

- ергономіка та організація робочого місця;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань.

#### 4.1.1 Організація робочого місця

Всередині приміщення знаходиться 6 робочих місць з ПК. Кожне робоче місце обладнане робочим столом з площею  $1,2 \text{ м}^2$ , персональним комп'ютером та стільцем. ПК складається з монітора, системного блоку, клавіатури та миші. Слід відзначити, що площа одного робочого місця для оператора ПК повинна бути більшою за  $6 \text{ м}^2$ , а об'єм не менший за  $20 \text{ м}^3$ . Таким чином, площі та об'єму даного приміщення не вистачає для розташування 7 робочих місць операторів ПК. У

зв'язку з цим пропонується організувати робоче місце програміста наступним способом:

- висоту над рівнем підлоги робочої поверхні, на якій працює програміст, варто зробити, приблизно, 700 мм. За можливістю, обрати робочий стіл, який можна було б регулювати по висоті;

- оптимальний розмір поверхні столу повинен складати не менш ніж 1500 мм × 900 мм. Робочий стіл оператора повинен також мати підставку для ніг, розташовану під кутом 15° до поверхні столу. Відстань клавіатури від краю столу повинна складати не більш як 300 мм. Це забезпечить програмісту зручну опору для передпліч. Відстань між екраном монітору та очима повинна складати від 40 см до 80 см;

- робочий стілець, за яким працює програміст, повинен бути оснащений підйомно-поворотним механізмом. Висота сидіння має регулюватися в межах від 450 мм до 550 мм.

Висота опорної поверхні спинки не менш 300 мм, ширина – не менш 380 мм. Виходячи з результатів аналізу важкості та напруженості праці пропонується скоротити час роботи за комп'ютером. Робити перерви сумарний час яких повинен складати 45 хвилин при 8-ми годинній зміні.

#### 4.1.2 Вплив шуму на роботу програміста

Як було зазначено раніше, в лабораторії знаходиться сім робочих місць з ПК, кожне з яких устатковане монітором, вінчестером в системному блоці, 3-ма вентиляторами системи охолодження ПК та клавіатурою. Окрім того, поряд працює різна периферійна техніка. Отже у приміщенні мають місце шуми механічного і аеродинамічного походження, широкосмугові із аперіодичним підсиленням, наприклад, при роботі принтерів. Орієнтовні еквівалентні рівні звукового тиску джерел шуму, що діють на програміста на його робочому місці,

представлені в таблиці 4.1. Допустимий еквівалентний рівень шуму для робочого місця програміста складає 50 dB.

Таблиця 4.1 – Рівні звукового тиску від різних джерел

Джерело шуму	Рівень шуму, dB
Жорсткий диск	45
Вентилятор	50
Принтер матричний	55
Сканер	45

В якості мір, для зниження шуму, можна запропонувати:

- облицювання стелі і стін спеціальним звукопоглинаючим матеріалом (знижують шум від 6 dB до 8 dB);
- екранування робочого місця (встановленням перегородок або діафрагм);
- установка в комп'ютерних приміщеннях устаткування з мінімальною генерацією шуму;
- раціональне планування приміщення.

#### 4.1.3 Електробезпека. Статична електрика

За небезпекою ураження електричним струмом, приміщення лабораторії можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, без пилу, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами та малим числом заземлених приладів).

На робочому місці програміста з усього устаткування металевим є лише корпус системного блоку ПК, проте тут використовуються системні блоки, що відповідають стандартам фірми ІВМ. Окрім робочої ізоляції, у них передбачений елемент для заземлення та провід з жилою, що заземлює, для приєднання до джерела живлення.

Можна виділити три основні причини ураження людини електричним струмом на робочому місці:

- дотик до металевих неструмоведучих частин (корпусу або периферії комп'ютера), які можуть виявитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції;
- нерегламентоване використання електричних приладів;
- відсутність інструктажу співробітників щодо правил з електробезпеки.

На протязі робочого дня на корпусі комп'ютера накопичується статична електрика.

На відстані від 5 см до 10 см від екрана, напруженість електростатичного поля може складати від 6 000 В/м до 280 000 В/м, тобто в 10 разів перевищуючи норму в 20 000 В/м.

Забезпечити електробезпечність у приміщенні лабораторії пропонується наступними технічними способами і засобами захисту:

- для зменшення накопичення статичної електрики застосовувати зволожувачі та нейтралізатори або впровадити антистатичне покриття підлоги;
- забезпечити з'єднання металевих корпусів устаткування з жилою заземлення.

Заземлення корпусу комп'ютера забезпечити підведенням заземлючої жили, до розеток. Опір заземлення складає 4 Ом для електроустановок з напругою до 1000 В.

Або наступними організаційними заходами:

- своєчасне проведення інструктажів з техніки безпеки;
- заборона використання у лабораторії непередбачених для цього електричних приладів, таких як електричні чайники, обігрівачі.

## 4.2 Висновки до 4 розділу

В даному розділі проведені дослідження з питань охорони праці програміста на стадії розробки ним програмного модуля. Зокрема проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, які можуть впливати на роботу. Серед основних можна виділити наступні:

- ергономіка та організація робочого місця;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань.

В окремих підрозділах проаналізовано фактичні значення певних параметрів та наведено варіанти удосконалення умов для роботи програміста під час розробки програмного продукту.

## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи було удосконалення та підвищення ефективності системи локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами на базі ОС Android. В ході виконання роботи було виконано:

- проведення аналізу існуючих систем локації та оперативного картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами;

- проаналізовано актуальність розроблення програмної підсистеми локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами;

- виконано аналіз технічних засобів локації та картографування територій;

- досліджено наявність існуючих програмних засобів локації та картографування територій;

- проаналізовано необхідність використання БПЛА в гуманітарному розмінуванні територій;

- розроблено програмне забезпечення мобільного застосунку для управління безпілотним літаючим апаратом.

Результати роботи можуть бути використані в системах картографування та локації територій, забруднених вибухонебезпечними предметами з метою здійснення гуманітарного розмінування.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, В. В. Безкоровайний, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 55 с.
2. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. – Введ. 2018-06-22. – К. Держстандарт України, 2017 – 29 с.
3. Янушкевич Д. А., Чикота В. Ю. Система локації та картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами / Д. А. Янушкевич, В. Ю. Чикота // Збірник матеріалів IV форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2022, Харків, ХНУРЕ, 2022. С. 59-62.
4. Янушкевич Д., Чикота В. Картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами / Д. Янушкевич, В. Чикота // Виробництво & Мехатронні Системи 2022 // Матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2022 р., Харків: ХНУРЕ, [електронний друк]. – 2022. – С. 88-91.
5. Сучасна картографія насамперед пізнавальна наука: URL: <https://naurok.com.ua/tema-kartografiya-suchasni-kartografichni-tvori-geografichni-informaciyni-sistemi-gis-distanciynе-zonduvannya-zemli-sferi-h-praktichnogo-zastosuvannya-108609.html>.

6. Картографія, автори С. Кобернік, Р. Коваленко Сучасні Картографічні Твори наука картографія та географічна карта URL: <https://geografiamozil2.jimdofree.com/головна/картографія>.
7. Кириленко В. А., Нероба В. Р. Глобальна проблема розмінування: стан та підходи до розв'язання. Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ імені Івана Черняхівського. 2020. № 2-66. С. 115–119. URL: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2019-2-66/115-119>.
8. Ковальчук В. М. Захист населення від небезпек пов'язаних з вибухонебезпечними предметами : Thesis. 2018. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/9791>.
9. Бортікова В.О. Моделі та методи автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів : дис. ...асп. : 05.13.18. Харків, 2019. 248 с.
10. Морозов В. В. Моделювання та прогнозування для проектів геоінформаційних систем / В. В. Морозов, С. Я. Плоткін, М. Г. Поляков та ін. – Херсон : ХДУ, 2018. – 328 с.
11. Nevludov I., Yevsieiev V., Miliutina S., Bortnikova V. Accelerometer parameters decomposition model for technological process design automation // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Комп'ютерні системи проектування теорія і практика. Львів, 2019. № 828. С. 11-15.
12. Лінчук Д. В. Картографування змін адміністративно-територіального устрою України : Thesis. 2021. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/50617>.
13. Ворович Б. О. Шляхи вирішення проблемних питань розмінування території України. Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ імені Івана Черняхівського. 2020. № 2-69. С. 143–149. URL: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2020-2-69/143-149>.
14. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 193 с.

15. Просторова інформація в ГІС. Растрове подання просторових даних. Методи формалізації просторово-розподіленої інформації. URL: [https://geoknigi.com/book\\_view.php?id=592](https://geoknigi.com/book_view.php?id=592).
16. Hagos T. Navigation. Learn Android Studio 4. Berkeley, CA, 2020. P. 111–130. URL: [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5937-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5937-5_10).
17. Програмні засоби і геоінформаційні системи. Розділ 9. Програмні засоби для роботи з просторовими даними URL: [https://geoknigi.com/book\\_view.php?id=626](https://geoknigi.com/book_view.php?id=626).
18. Malitskyi A. Geodesy, Cartography And Aerial Photography. Geodesy, Cartography And Aerial Photography. 2022. Vol. 95,2022, No. 95. P. 129–134 (Url: <https://doi.org/10.23939/Istcgcap2022.95.129>).
19. Могильний, С.Г. Топологічна та координатна корекція меж землекористування в автоматизованих системах кадастру / С. Г. Могильний, Д. Ю. Гавриленко // Вісн. геодез. та картогр. – 2018. – № 4. – С. 3340.
20. Сосса Р. І. Розвиток тематичного картографування. Вісник геодезії та картографії. 2019. № 5. С. 27–32.
21. Geodesy, Cartography And Aerial Photography / I. Kalynych Et Al. Geodesy, Cartography And Aerial Photography. 2022. Vol. 95,2022, No. 95. P. 77–93. Url: <https://doi.org/10.23939/Istcgcap2022.95.077>.
22. Додаток для виявлення вибухонебезпечних об'єктів для Android URL: [https://github.com/jithin8mathew/Tello\\_object\\_detection\\_demo\\_application](https://github.com/jithin8mathew/Tello_object_detection_demo_application).
23. Gerber A., Craig C. Navigating Android Studio. Learn Android Studio. Berkeley, CA, 2018. P. 27–44. URL: [https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6602-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6602-0_2).
24. Margel G., Frank C. Programming in Android Studio. Android Studio. Berkeley, CA, 2019. P. 45–67. URL: [https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6602-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6602-0_3).
25. Остроух В. Топологічні представлення геоінформаційного тематичного картографування. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2018. Вип. 52. С. 47–49.

26. Chung C. O., He Y., Jung H. K. Augmented Reality Navigation System on Android. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 2018. Vol. 6, no. 1. P. 406. URL: <https://doi.org/10.11591/ijece.v6i1.9345>.
27. Bonny T., B. M. Autonomous Navigation of Unmanned Aerial Vehicles based on Android Smartphone. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2019. Vol. 10, no. 11. URL: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0101179>.
28. Публічна кадастрова карта України. (URL: <http://map.dazru.gov.ua/kadastrovakarta>).
29. Hagos T. Jetpack, LiveData, ViewModel, and Room. *Learn Android Studio 4*. Berkeley, CA, 2020. P. 203–224. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5937>
30. Android Application For Visually Impaired People “Secure Navigation Tool” / R. A. Shirsath Et Al. *Ijarcsce*. 2019. Vol. 6, No. 4. P. 455–461. Url: <https://doi.org/10.17148/Ijarcsce.2017.6488>.
31. Ворович Б. О. Шляхи вирішення проблемних питань розмінування території України. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ імені Івана Черняхівського*. 2020. № 2-69. С. 143–149. URL: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2020-2-69/143-149>.
32. Охорона праці при роботі з комп’ютерною технікою. Охорона праці та пожежна безпека. URL: <https://bit.ly/3cATg86>.
33. Охорона праці при роботі з ПК. URL: <https://lektsii.org/3-115998.htm>.