

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

13.03. КМР. 1697 „С” 2024.11.14. 02. ПЗ

ВЕРТЕЛЕЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землевпорядкування**

УДК: 528.72(477.74)

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
землевпорядкування

_____ Тарас ЄВСЮКОВ
«__» _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
в.о. завідувача кафедри
геоінформатики і аерокосмічних
досліджень Землі

_____ Антоніна МОСКАЛЕНКО
«__» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Геоінформаційне забезпечення процесів опрацювання та
візуалізації даних аерофотозйомки в умовах Одеської
області»**

Спеціальність - 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма – Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

доктор економічних наук, професор

_____ Андрій МАРТИН

Керівник магістерської

кваліфікаційної роботи

доктор економічних наук, доцент

_____ Антон КОШЕЛЬ

Консультант магістерської

кваліфікаційної роботи

доктор економічних наук, професор

_____ Тарас ЄВСЮКОВ

Виконав

_____ Олександр ВЕРТЕЛЕЦЬКИЙ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ**І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ****Факультет землевпорядкування****ЗАТВЕРДЖУЮ****в.о. завідувача кафедри**геоінформатики і аерокосмічних досліджень Землі
_____ к.т.н., доцент. МОСКАЛЕНКО А.А.

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ****Вертелецький Олександр Олександрович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»**Освітня програма – Геодезія та землеустрій****Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна****Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Геоінформаційне
забезпечення процесів опрацювання та візуалізації даних аерофотозйомки в
умовах Одеської області»****_____**, що затверджена наказом ректора НУБіП України від «13» листопада
2023 р. № 2109 «С».**Термін подання завершеної роботи на кафедру – за десять днів до
захисту магістерської кваліфікаційної роботи.****Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:**Матеріали аерофотознімання отримані під час виконання робіт проекту по
інвентеризації земель на території Одеської області, а саме: місто Кодима.**Перелік питань, що підлягають дослідженню:**

1. Теоретико-методичні аспекти геоінформаційного забезпечення аерофотозйомки.
2. Загальна характеристика об'єкту дослідження.
3. Геоінформаційне забезпечення для обробки та візуалізації даних аерофотозйомки в умовах Одеської області.

Дата видачі завдання **“ 14 ” листопада 2023 р.****Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

_____ Антон КОШЕЛЬ

Завдання прийняла до виконання _____ Олександр ВЕРТЕЛЕЦЬКИЙ

ЗМІСТ

ВСТУП

Розділ I. Теоретико-методичні аспекти геоінформаційного забезпечення аерофотозйомки5

1.1. Сучасні методи та технології аерофотозйомки.....5

1.2. Використання геоінформаційних систем у обробці та аналізі даних аерофотозйомки.....12

1.3. Потенціал геоінформаційного забезпечення для візуалізації даних аерофотозйомки.....24

Розділ II. Загальна характеристика об'єкту дослідження.....29

2.1. Природно-кліматичні умови Одеської області.....29

2.2. Геологічні умови, ґрунтовий покрив та рельєф території дослідження.....35

2.3. Земельно-ресурсний потенціал Одеської області.....42

Розділ III. Геоінформаційне забезпечення для обробки та візуалізації даних аерофотозйомки в умовах Одеської області.....48

3.1. Огляд методології аналізу даних аерофотозйомки в умовах Одеської області.....48

3.2. Застосування геоінформаційних методів для обробки та аналізу аерофотозйомки.....55

3.3. Візуалізація та інтерпретація отриманих результатів щодо ефективності геоінформаційного забезпечення для обробки та візуалізації даних аерофотозйомки в умовах Одеської області.....62

ВИСНОВКИ

Список використаних літературних джерел

Додатки

ВСТУП

У сучасних умовах розвиток геоінформаційних систем (ГІС) і технологій дистанційного зондування набуває особливої важливості, оскільки вони стають незамінними інструментами для збору, обробки та аналізу просторової інформації. Одним із провідних методів збору таких даних є аерофотозйомка, яка надає високоточні зображення місцевості, що можуть бути використані для аналізу природних і техногенних процесів, планування територій, моніторингу земельних ресурсів, а також для вирішення завдань у військовій та оборонній сферах.

Особливе значення геоінформаційне забезпечення набуває в умовах воєнного конфлікту, зокрема війни, яка триває в Україні. Військові дії спричиняють значні зміни в інфраструктурі, ландшафті та екосистемах Одеської області, що робить актуальним питання моніторингу змін і швидкого прийняття управлінських рішень на основі актуальних даних. Важливою є роль ГІС та аерофотозйомки для оцінки шкоди, спричиненої воєнними діями, для відновлення інфраструктури та планування відбудови територій після закінчення війни.

Аерофотозйомка в поєднанні з ГІС дозволяє здійснювати високоточний моніторинг земної поверхні, зокрема, для оцінки наслідків обстрілів, руйнувань інфраструктури, пошкодження сільськогосподарських земель. У цих умовах інформація, зібрана за допомогою аерофотозйомки, є важливим інструментом не лише для відновлення після воєнних дій, але й для забезпечення безпеки на територіях, де тривають військові операції.

Одеська область, як регіон із розвинутою сільськогосподарською та інфраструктурною базою, а також стратегічно важливими прибережними зонами, вимагає особливої уваги до використання новітніх технологій в умовах воєнного стану. Питання обробки та візуалізації аерофотоматеріалів для цього регіону є актуальними як для мирного часу, так і для військових потреб, включаючи координацію гуманітарної допомоги, відновлення інфраструктури та вирішення проблем екологічної безпеки.

Метою даної роботи є розробка геоінформаційного забезпечення для процесів опрацювання та візуалізації даних аерофотозйомки з урахуванням специфічних особливостей Одеської області. Досягнення цієї мети включає дослідження методів обробки аерофотоматеріалів, аналіз існуючих ГІС-рішень та їх адаптацію до умов воєнного часу. Використання сучасних геоінформаційних технологій дозволить підвищити ефективність управління територіями, сприятиме точнішому аналізу ситуації на місцях і підтримці оперативних рішень в умовах кризи.

У роботі детально розглядаються основні етапи опрацювання аерофотознімків, методи їх візуалізації та інтеграції в геоінформаційні системи. Окремо акцентовано увагу на значенні аерофотозйомки для післявоєнного відновлення регіону, моніторингу екологічних змін і стратегії розвитку Одеської області після завершення військових дій.

Актуальність теми обумовлена наростаючим інтересом до використання аерофотозйомки та геоінформаційних технологій для аналізу та візуалізації геопросторової інформації.

У зв'язку зі стрімким розвитком цифрових технологій та збільшенням обсягу геоданих, важливо розробляти ефективні методи обробки та інтерпретації аерофотоданих, забезпечуючи точні та зручні інструменти для роботи з цією інформацією.

Дослідження в галузі геоінформаційного забезпечення аерофотозйомки має прямий практичний застосунок в управлінні територіальним розвитком, екологічному моніторингу та розробці інфраструктурних проектів, що робить цю тему важливою та перспективною для досліджень.

Метою магістерської роботи є обґрунтування формування геоінформаційного забезпечення для процесів опрацювання та візуалізації даних аерофотозйомки в умовах Одеської області.

Основним завданням є дослідження й розробка методів і засобів, що дозволяють підвищити точність і ефективність обробки аерофотоматеріалів

для різних прикладних потреб регіону, зокрема для моніторингу стану земель, інфраструктури та природних об'єктів.

Об'єкт дослідження – процес опрацювання та візуалізації даних аерофотозйомки в умовах Одеської області на основі використання геоінформаційного забезпечення.

Предмет дослідження – теоретичні, методичні та прикладні аспекти використання геоінформаційного забезпечення процесів опрацювання та візуалізації даних аерофотозйомки.

Методи дослідження. В магістерській роботі було використано широкий спектр методів, зокрема: польовий; емпіричний; камеральний; історичний; метод аналогій та порівнянь; монографічний.

Інформаційною базою дослідження стали нормативно-правові акти, що регулюють земельні відносини в Україні, а також матеріали аерофотознімання, отримані під час виконання проекту для інвентаризації земель на території Одеської області, а саме міста Кодима. Зйомка охоплює всю територію міста Кодима та включає дані, необхідні для аналізу та оцінки земельних ділянок. Також були використані відповідні літературні джерела.

Апробація: За темою магістерського дослідження опубліковано тези Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, студентів та аспірантів «Землеустрій і топографічна діяльність в умовах війни та післявоєнного відновлення і зміни клімату» на тему «Використання безпілотних літальних засобів в умовах воєнного стану», що проводилася 7-8 березня 2024 на базі факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Структура магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури, додатків та графічних матеріалів. Загальний обсяг роботи – 73 сторінки. У роботі міститься 23 рисунків, 3 додатки, список використаних джерел включає 94 найменувань.

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЕРОФОТОЗЙОМКИ

1.1. Сучасні методи та технології аерофотозйомки

У контексті законодавства України, важливо враховувати кілька ключових аспектів, які стосуються регулювання аерофотозйомки та дистанційного зондування. Ось основні законодавчі акти й нормативні документи, що регулюють ці процеси:

1. Закон України "Про геоінформаційні системи та дистанційне зондування Землі"

Цей закон регулює використання геоінформаційних систем (ГІС) та технологій дистанційного зондування, зокрема аерофотозйомки. Він визначає права й обов'язки суб'єктів, які здійснюють зйомку, а також регулює питання доступу до даних дистанційного зондування.

Основні положення:

- Суб'єкти аерофотозйомки повинні мати дозвіл від відповідних державних органів на проведення зйомки.
- Всі дані аерофотозйомки повинні оброблятися та зберігатися відповідно до стандартів якості й безпеки.
- Державні органи мають право контролювати й перевіряти діяльність, пов'язану з аерофотозйомкою.

2. Закон України "Про захист персональних даних"

Використання аерофотознімків повинно відповідати вимогам щодо захисту персональних даних, особливо якщо зйомка включає зображення приватної власності або інших чутливих об'єктів. Це регулюється законом про захист персональних даних, який передбачає, що будь-яка зйомка, яка може розкривати персональну інформацію, має бути санкціонована. Основні вимоги:

- Заборонено використовувати знімки, що містять особисту інформацію без згоди осіб, яких це стосується.

- Зйомка в приватних зонах або житлових територіях повинна відповідати законодавчим вимогам щодо конфіденційності.

3. Повітряний кодекс України

Цей кодекс регулює польоти безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які часто використовуються для аерофотозйомки. Він передбачає вимоги щодо дозволів на польоти, безпеку повітряного простору та обмеження щодо висоти й територій для польотів. Основні положення:

- Виконання аерофотозйомки за допомогою БПЛА вимагає реєстрації літального апарата та дозволів на польоти.

- Є обмеження на польоти в зонах, що перебувають під державним контролем, військових об'єктах та зонах підвищеного ризику.

4. Закон України "Про державне регулювання діяльності у сфері використання повітряного простору України"

Цей закон забезпечує державний контроль за використанням повітряного простору, включаючи здійснення аерофотозйомки. Він також визначає зони, де зйомка заборонена, а також процедури отримання дозволів на зйомку в інших зонах. Основні положення:

- Для виконання аерофотозйомки потрібен дозвіл відповідного органу, який регулює використання повітряного простору.

- Польоти та зйомка в зонах державної безпеки (наприклад, прикордонні або військові об'єкти) обмежені й регулюються спеціальними дозволами.

5. Накази та постанови Міністерства оборони України

У контексті війни, питання аерофотозйомки можуть мати додаткові обмеження, пов'язані з військовою ситуацією. Міністерство оборони може впроваджувати тимчасові обмеження на проведення зйомки в певних зонах через питання безпеки. Військові операції та конфліктні території часто є закритими для будь-яких видів аерофотозйомки без дозволу.

Сучасні технології аерофотозйомки, дозволені законом:

- БПЛА (безпілотні літальні апарати) – найбільш розповсюджений засіб для аерофотозйомки в Україні, дозволений законодавством, за умови отримання відповідних дозволів.

- Спутникові зйомки – технології супутникового дистанційного зондування є важливим елементом геоінформаційного забезпечення, оскільки їх регулювання менш жорстке, але вимагає дотримання норм міжнародних договорів.

- Лазерне сканування (LIDAR) – дозволяє створювати тривимірні моделі місцевості з високою точністю, часто використовується для архітектурних та інфраструктурних проєктів.

Таким чином, для проведення аерофотозйомки в Україні необхідно дотримуватися вимог національного законодавства та міжнародних стандартів, які регулюють повітряний простір, захист персональних даних і доступ до територій підвищеного контролю.

Практичне застосування аерофотозйомки в реальних умовах потребує високої точності, швидкості збору даних, а також можливості працювати в різних географічних та кліматичних умовах. Ось основні методи та технології, які активно використовуються в Україні:

1. Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА)

БПЛА є найпопулярнішим і найефективнішим інструментом для аерофотозйомки в Україні. Дрони дозволяють проводити зйомку на висотах від 50 до кількох сотень метрів, забезпечуючи високу роздільну здатність зображень та можливість отримувати актуальні дані у режимі реального часу.

Основні переваги дронів:

- Швидкість та маневреність.
- Можливість доступу до важкодоступних територій.
- Низька вартість експлуатації порівняно з традиційними літальними апаратами.

- Використання для створення 3D-моделей місцевості, топографічних карт та контролю за станом сільськогосподарських земель.

У військових та цивільних завданнях дрони використовуються для моніторингу територій, фіксації змін ландшафту та інфраструктури після бойових дій, а також для контролю за станом природних ресурсів.

2. Мультиспектральна та гіперспектральна зйомка

Цей метод дозволяє отримувати зображення в різних спектральних діапазонах, що дає змогу детально аналізувати стан рослинності, визначати вологість ґрунтів, виявляти ерозію або забруднення територій. Мультиспектральна зйомка широко використовується в сільському господарстві для оцінки здоров'я рослин, прогнозування врожайності та оптимізації зрошення. Практичне застосування:

- У сільському господарстві для аналізу здоров'я посівів.
- У лісовому господарстві для моніторингу стану лісів.
- Для оцінки екологічних проблем, зокрема забруднення водойм.

3. LIDAR (Лазерне сканування)

LIDAR дозволяє отримувати тривимірні моделі місцевості завдяки точному вимірюванню відстані до об'єктів за допомогою лазерного променя. Ця технологія особливо корисна для створення детальних топографічних карт, планування будівництва та реконструкції, а також для наукових досліджень. Переваги:

- Висока точність та деталізація.
- Можливість працювати навіть у складних погодних умовах.
- Застосування в міському плануванні, будівництві та управлінні ресурсами.

У 2024 році в Україні LIDAR активно використовується для картографування територій, постраждалих від військових дій, та планування відновлювальних робіт.

Процес і метод фотограмметрії полягає у встановленні геометричного співвідношення між зображенням та об'єктом, як він об'єктом у тому вигляді,

в якому він існував на момент зйомки. З цього співвідношення можна отримати метричну інформацію про об'єкт. Процес фотограмметрії тісно пов'язаний і часто перетинається з сферами дистанційного зондування та комп'ютерного зору. А фотограмметричний проект класифікується як такий, що вимагає супутникових знімків, аерофотознімків, а також знімків з близької відстані або промислових застосування.

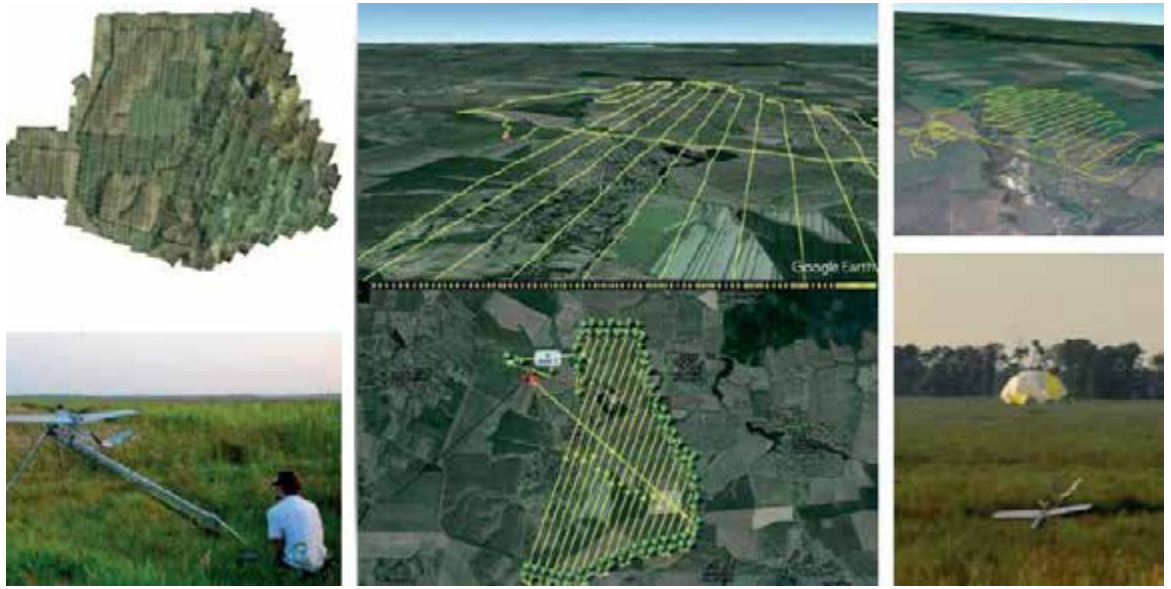


Рис 1.1. Аерофотозйомка

В аерофотозйомці лінії польоту літака наносяться на польотну карту, віддалені одна від одної таким чином, щоб фотографії накладаються одна на одну, покриваючи спільну ділянку землі. Це називається бокове перекриття. На додаток до цього, кожна фотографія покриває область яка перекривається з областю попередньо зробленої фотографії. Відсоток перекриття описує частку зображення, яка є спільною із сусіднім зображенням. Пряме перекриття – це відношення між 2 сусідніми фотографіями вздовж лінії польоту а бічне перекриття описує відношення між 2 сусідніми лініями польоту. Обидва типи перекриття показані нижче (Рисунок 1.1):

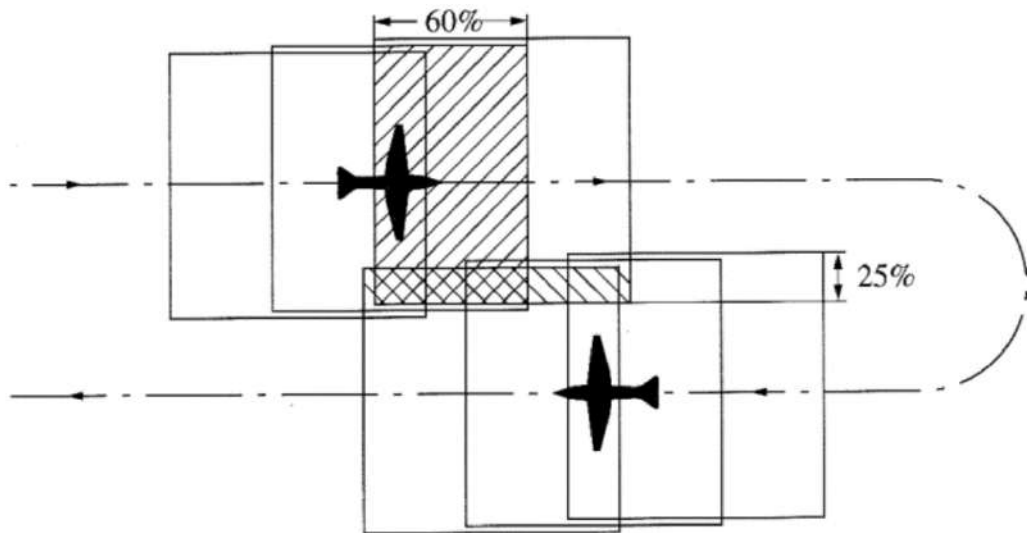


Рис 1.2. Аерофотозйомка (вид зверху) і перекриття показано смугами

Ці бокові накладки, а особливо перекриття, дуже важливі у фотограмметрії з наступних причин:

- Вони забезпечують покриття всієї ділянки місцевості з декількох різних точок зору.
- Дозволяють відкинути всі, окрім центральної області кожної фотографії можна відкинути під час побудови мозаїки мозаїки.
- Невелика площа перекриття важлива для побудови додаткового наземного контролю за допомогою фотограмметричної точкової триангуляції.

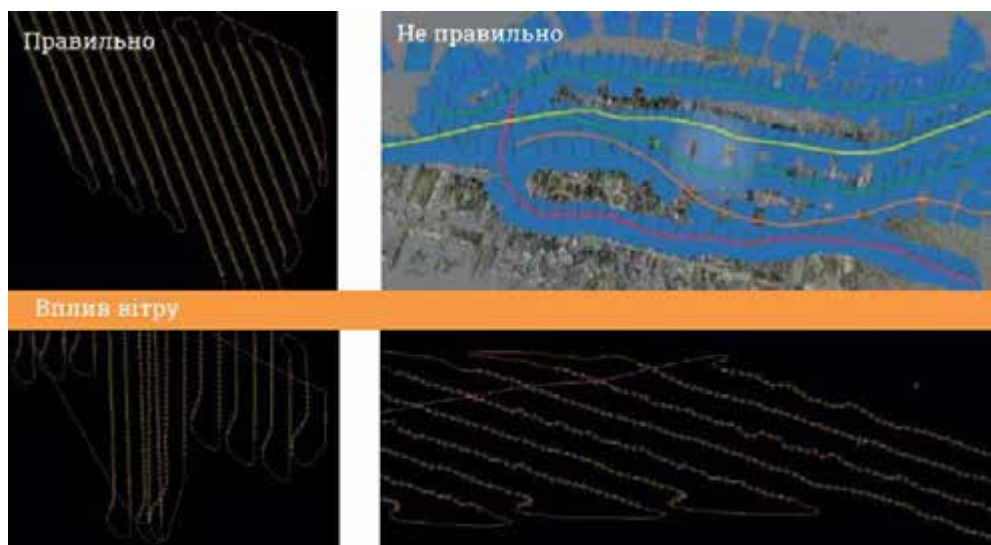


Рис 1.3. Особливості планування польотної місії

Мозаїка - це графічний продукт, який зображує оригінальний об'єкт. Вона складається з безперервних зображень місцевості побудованих з багатьох окремих фотографій, зібраних разом у композит. Її можна уявити як серію суміжних перспективних видів землі.

1.2. Використання геоінформаційних систем у обробці та аналізі даних аерофотозйомки

Використання геоінформаційних систем (ГІС) у процесі обробки та аналізу даних аерофотозйомки є важливим інструментом для сучасних досліджень, планування та управління територіями. Аерофотозйомка дозволяє отримувати високоточні просторові дані, які можна інтегрувати в ГІС для подальшого аналізу та моделювання. У 2024 році цей підхід залишається незамінним як для цивільних, так і для промислових та державних проєктів.

Актуальність використання ГІС у сучасних умовах

ГІС забезпечують швидкий доступ до великої кількості просторових даних, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення у багатьох сферах: управління земельними ресурсами, містобудування, моніторинг природних ресурсів, інфраструктурні проєкти та екологічний контроль. Зокрема, в Україні аерофотозйомка активно використовується для картографування територій, оцінки стану інфраструктури та моніторингу сільськогосподарських земель. Інтеграція цих даних у ГІС дозволяє ефективно керувати інформацією і швидко адаптуватися до змін.

Виклики та можливості аерофотозйомки

Сучасна аерофотозйомка надає високоякісні зображення, що дозволяють детально аналізувати великі території з високою точністю. Однак існують технічні виклики, пов'язані з обробкою та зберіганням великих

обсягів даних. ГІС вирішують ці проблеми, надаючи можливість автоматизованої обробки та аналізу інформації. Зокрема, технології хмарних обчислень забезпечують доступ до даних в режимі реального часу, що дозволяє оптимізувати процеси прийняття рішень.

Попри військові дії, які впливають на деякі аспекти роботи з даними, технології ГІС продовжують розвиватися. Наприклад, автоматизація процесів обробки зображень за допомогою алгоритмів штучного інтелекту дозволяє суттєво скоротити час на аналіз даних, що є критично важливим для швидкого реагування на зміни у середовищі.- Застосування ГІС для відновлення інфраструктури

Аерофотозйомка разом з ГІС відіграє важливу роль у відновленні інфраструктури після надзвичайних ситуацій або природних катастроф. Систематичний збір і аналіз даних дозволяє планувати відновлювальні роботи, оцінювати обсяги руйнувань та ефективно розподіляти ресурси для реконструкції об'єктів.

В умовах післявоєнної відбудови ГІС допомагають створювати комплексні карти пошкоджень будівель та інфраструктури, що прискорює процес відновлення. Ці технології також використовуються для планування нових будівельних проєктів і контролю за станом екосистем, які зазнали змін.

Перспективи розвитку ГІС та аерофотозйомки

У майбутньому очікується подальший розвиток технологій ГІС та аерофотозйомки. Вдосконалення алгоритмів аналізу даних та покращення якості зображень дозволять розширити можливості застосування цих інструментів. Широке впровадження безпілотних літальних апаратів (БПЛА) також спрощує процес збору даних, роблячи його доступнішим та оперативнішим.

ГІС у поєднанні з аерофотозйомкою відіграють вирішальну роль у сучасних дослідженнях та управлінні територіями. Вони надають можливість швидко обробляти великі обсяги просторових даних та ефективно

використовувати їх у різних сферах. Незважаючи на виклики сучасного часу, ГІС продовжують розвиватися, сприяючи швидшому відновленню інфраструктури та економічного потенціалу України.

На основі сучасних технологій та оновлень, існує багато інструментів для моделювання 3D-моделей.

Інструментів, що використовуються для моделювання 3D-моделі. Попередні дослідження показують детальні методи або процедури для розробки 3D-моделі для етапу пост-обробки дрона для конкретного програмного забезпечення. На противагу цьому, в даному дослідженні розглядаються навпаки, це дослідження досліджує порівняння між найбільш використовуваними програмними пакетами, щоб створити порівняння між найбільш використовуваними програмними пакетами, щоб створити довідник для майбутніх досліджень. У цьому розділі описано програмне забезпечення пакети, використані в цьому дослідженні.

DroneDeploy

Drone Deploy - це онлайн-додаток, який можна використовувати як на ПК, так і на мобільному пристрої. Його основна мета - зробити зйомку за допомогою дронів простим для кожного користувача.

Послуги DroneDeploys можна умовно розділити на дві категорії:

Автоматизація польотів та збір даних – DroneDeploy дозволяє точно прокласти маршрут для польоту дрона дозволяючи при цьому користувачам вирішувати, коли саме будуть зроблені знімки дроном. Це корисно, коли метою є отримати стабільні та повторювані польоти, коли користувачеві не потрібно маневрувати користувачам не потрібно маневрувати дроном вручну, що мінімізує ризик помилки.

Обробка та аналіз даних - DroneDeploy може генерувати 3D-моделі зі знімків, зроблених дроном. Після того, як дрон сфотографував ландшафт, DroneDeploy може використовувати ці знімки для створення 3D-зображення пролітаючої ділянки. Для цього користувачі повинні завантажити знімки в хмару. Потім він буде виконає всі необхідні обчислення на виділених

серверах. Це економить користувачеві багато часу на обчислення і мінімізує необхідну обчислювальну потужність для створення якісного зображення/моделі.

У цьому проекті була використана перша функція, яка полягає в плануванні польоту автоматизованого польоту, а потім було проведено порівняння отриманих результатів порівняно з іншим програмним забезпеченням.

EyesMap3D

EyesMap3D дозволяє користувачам створювати хмари точок високої щільності з текстурами, досягаючи реалістичного вигляду 3D-моделі. Крім того, eyesMap3D може точно вимірювати на зображеннях, генерувати справжні ортофотоплани, прив'язувати до місцевості та масштабувати результати, що є корисними інструментами для користувачів цього програмного забезпечення.

Крім основних функцій, користувачі eyesMap3D можуть використовувати свої камери, мобільні телефони або дрони для створення зображень. Також додаток сумісний з більшістю популярних програмних пакетів на ринку. Програмне забезпечення EyesMap3D здатне генерувати 3D-моделі та хмари точок з ваших фотографій за короткий проміжок часу. Наприклад, ви можете отримати 2 мільйони точок всього за 3 хвилини.

Agisoft PhotoScan

Agisoft PhotoScan - це програма для 3D-моделювання, яка здатна створювати результати, які можна порівняти з іншими програмами. Вона має вбудовані інструменти, які дозволяють користувачеві вимірювати об'єми та відстані, а також може наносити дані безпосередньо на карту. Agisoft PhotoScan (на відміну від DroneDeploy) обробляє дані локально. Наслідком цього є те, що користувачеві потрібен хороший комп'ютер. Agisoft PhotoScan рекомендує використовувати комп'ютер з щонайменше 8 ГБ оперативної пам'яті, високошвидкісним багатоядерним процесором (3 ГГц+) і графічним процесором, порівнянним з Nvidia GeForce GTX 980.

Pix4D

Pix4D - це програмне забезпечення, розроблене для створення географічно прив'язаних карт та моделей на основі знімків з дронів. За допомогою передового фотограмметричного програмного забезпечення, вона використовує зображення для створення професійних ортофотопланів, хмар точок, моделей тощо, виключно на основі знімків з дронів.

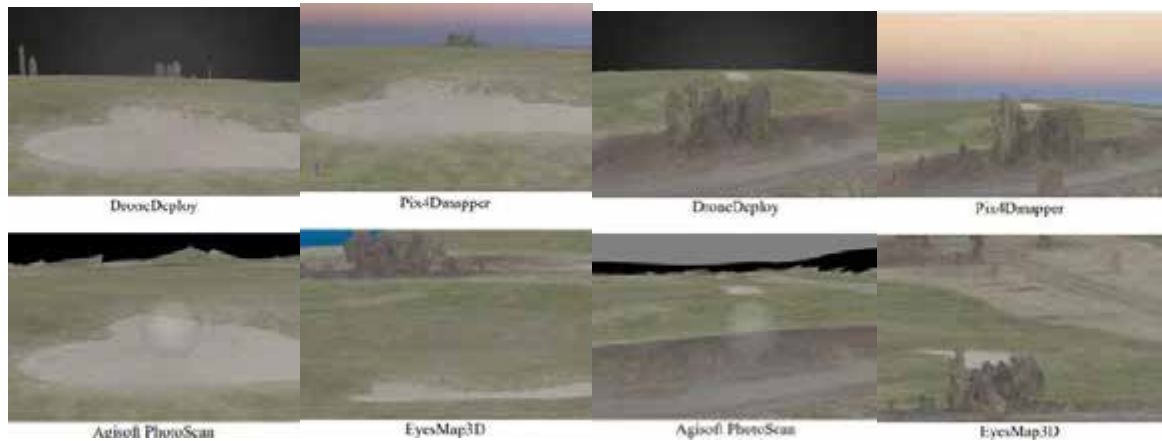


Рис 1.4. 3D-моделі, створені для піщаних мілин. Рис 1.5 3D-моделі, створені для дерев

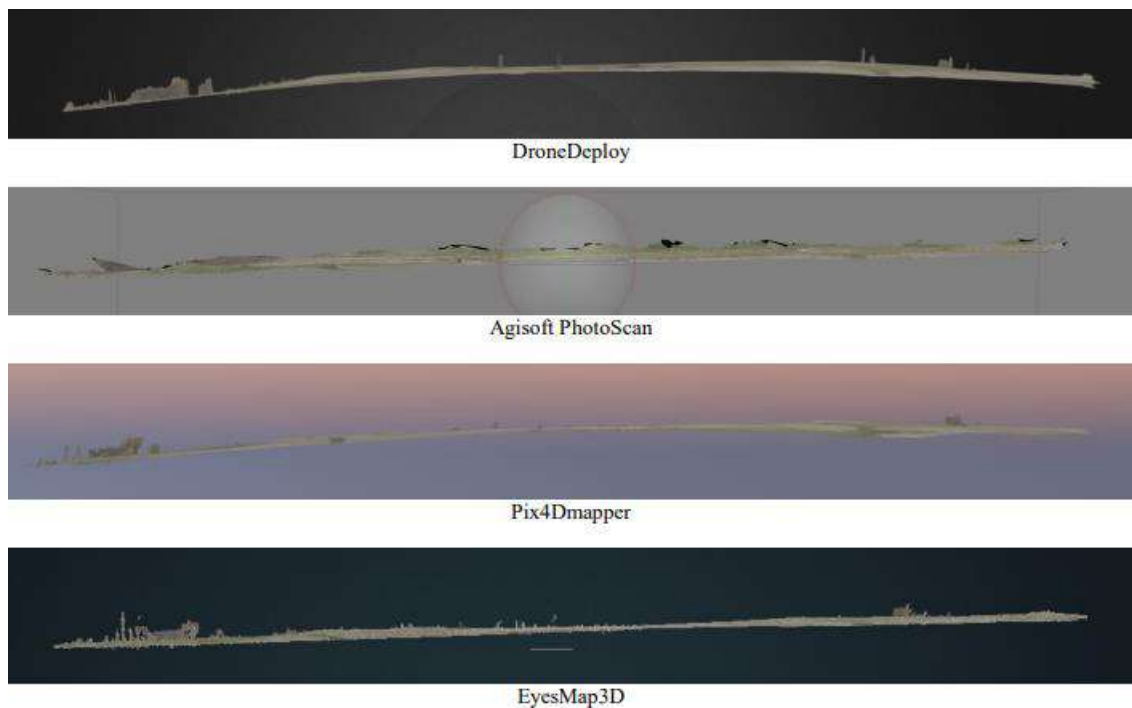


Рис 1.5. Згенеровані 3D-моделі – збоку

Хочеться підкреслити, що на цьому дослідженні ми акцентуємо увагу на ключових моментах, які можуть сприяти помилкам при отриманні 3D-моделей. Основними джерелами помилок є:

- Знімки були зроблені взимку, що ускладнило ідентифікацію дерев, важко ідентифікувати (наприклад, менше листя).
- Помилка калібрування для EyesMap3D - неточність датчика інформація про розміри через обмеженість ресурсів.
- Обмежена кількість наземних контрольних точок або відсутність прив'язки до місцевості через певні програмні обмеження програмного забезпечення.
- У день польоту був невеликий вітер (6-8 м/с), через що дрон міг трохи трястися, що спричинило спотворення на знімках.

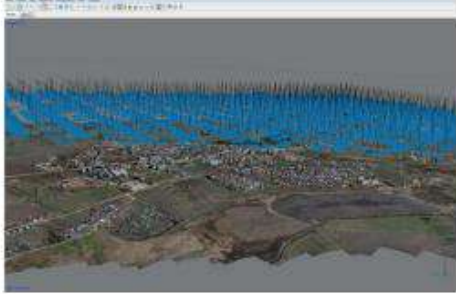
Ми дослідили роботу «Порівняльний аналіз програмних пакетів для 3D фотограмметричного моделювання», авторами якої є: Хінге, Гундорф, Уджанг, Азрі, Антон, Рахман, Абдул. Дослідження показує результати роботи різних програмних пакетів з точки зору візуалізації піщаної мілини для гольфу, дерев, штучних споруд. Не існує найкращого програмного забезпечення, яке може вирішити проблему візуалізації за всіма критеріями. Це дослідження показує, який програмний пакет найкращий у кожній категорії. Це можна побачити на прикладі Pix4D та DroneDeploy, які найкраще моделюють місцеві рельєфи, такі як дерева, лавки, будівлі тощо. Agisoft PhotoScan забезпечує найвищу роздільну здатність на своїй сітці. EyesMap3D може бути дуже точним і може навіть забезпечити найкраще 3D-моделювання з усіх програмних забезпечень, що використовується.

Також ми досліджували роботу Гурмана Сергія «Фотограмметричне опрацювання матеріалів аерознімання із БПЛА. Практичні аспекти»

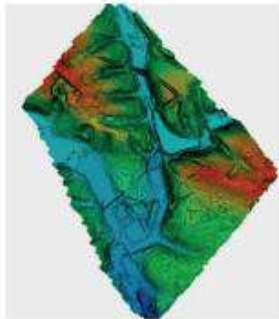
Покажемо напрацювання:



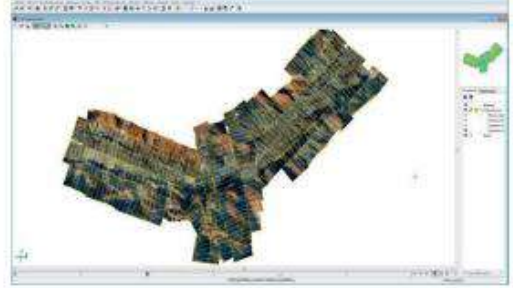
Робоче середовище



ЦМР



Робоче середовище



ЦМР



Рис 1.6. Фотограмметричне опрацювання результатів знімання

Трансформований по ЦМР



Трансформований по ЦММ



Рис 1.7. Створення ортофотоплану



Рис 1.9. Виготовлення ортофотопланів та ЦМР

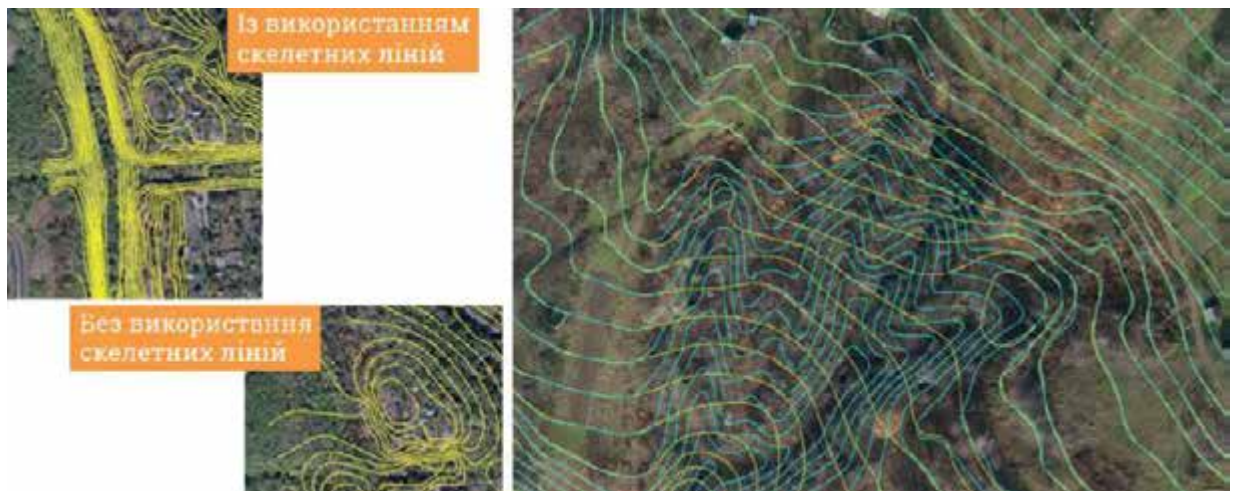


Рис 1.10. Побудовані горизонталі із використанням скелетних ліній та гідрографії

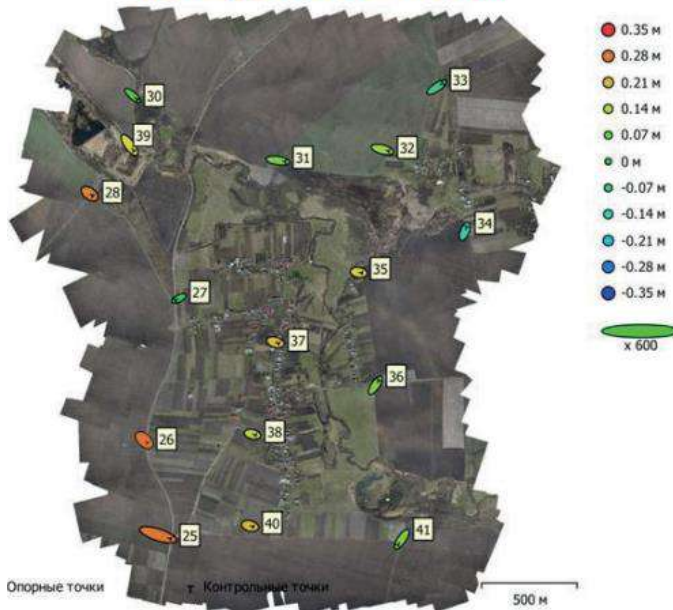
Схема розміщення контрольних точок



По контрольних точках:

№	Похибка X (см)	Похибка Y (см)	Похибка Z (см)
1	-0,30	-3,18	10,53
2	-1,85	-19,23	12,35
3	9,09	15,33	9,20
4	3,10	-5,41	4,34
5	-7,82	-9,59	-3,39
6	1,57	-3,20	17,08
7	3,39	-8,35	-5,53
8	0,93	-7,14	15,82
9	-7,67	-5,33	15,91
10	-6,49	-7,02	-3,11
11	-6,74	3,34	9,22
12	-0,69	9,27	14,80
13	-3,21	-16,04	-1,66
14	1,73	-0,79	11,44
15	4,53	13,19	12,14
16	9,13	2,77	-3,54
17	3,11	1,29	14,07
18	3,01	-7,81	-7,32
20	2,41	5,83	27,35
21	10,30	20,75	7,48
22	-3,84	12,04	14,42
23	-7,32	0,55	10,23
24	-9,75	9,38	13,39
25	-19,49	-10,21	9,40

Схема розміщення контрольних точок



По контрольних точках:

Назва	Похибка X(см)	Похибка Y(см)	Похибка Z(см)
25	22,40	-7,13	28,18
26	5,64	-4,99	27,88
27	-6,71	-3,55	-1,97
28	5,66	-3,99	26,33
30	8,36	-7,34	3,50
31	13,47	-1,88	9,21
32	11,81	-2,99	12,51
33	10,79	7,07	-8,93
34	3,35	8,27	-12,94
35	6,21	-0,97	18,40
36	6,35	9,31	9,39
37	6,41	-1,95	20,40
38	6,27	-1,47	15,44
39	7,89	-10,62	17,23
40	6,11	-1,68	20,52
41	-7,24	-10,63	9,56
СКО	9,49	6,18	17,39

Рис 1.11. Оцінка точності

Висновки до першого розділу:

- При опрацюванні даних із БПЛА потрібно робити різносторонній незалежний контроль.
- Необхідно виконувати калібрування камери;
- Потрібно збільшувати перекриття при короткофокусному зніманні для уникнення перспективи;

- Знімання в масштабі 1:1000 та дрібніше і при перерізі рельєфу 1 м та більше, можливо виконувати без наземної планово-вистоної прив'язки.

1.3. Потенціал геоінформаційного забезпечення для візуалізації даних аерофотозйомки

Сучасна людська цивілізація, незважаючи на її потужний промисловотехнологічний потенціал, живе у стані превентивної залежності від могутніх стихійних сил природи та не менш могутніх породжень науково-технічного прогресу. З огляду на прогрес людства як складної соціо-еколого-економічної системи та історичний розвиток планети Земля можна стверджувати про взаємозв'язок цих есхатологічних одиниць Всесвіту, який зумовлений стрімким втручанням агресивної цивілізації у справи Природи.

Демонструючи свої претензії на роль домінуючого біологічного виду на планеті Земля, що наділений природою свідомістю, ми забуваємо про найголовніше – відповідальність перед майбутніми поколіннями та іншими біологічними створіннями за стан навколишнього природного середовища нашої загальної космічної домівки, ресурси якої нещадно експлуатує людська цивілізація.

Через процеси глобального потепління змінюється клімат, зрушилися кристалічні платформи і в межах рифтових зон спостерігається підвищена сейсмоактивність, просинаються найбільші вулкани світу, стрімко зростає кількість та масштабність техногенних аварій і катастроф. Який же вихід виживання в цей складний період історії Землі у людства? Складне питання, на яке немає однозначної відповіді.

Комплексний аналіз природно-техногенної небезпеки в Україні свідчить про суттєве зростання усього спектра небезпек для держави, і адекватною відповіддю з її боку має бути такий же швидкий ріст потенціалу самозахисту. Однією зі складових системи самозахисту на глобальному, регіональному, місцевому та об'єктовому рівні є створення потужної системи

моніторингу природно-техногенної небезпеки, авіаційна компонента якої може бути найефективнішою серед тих, які існують

В сучасних умовах геоінформаційні системи (ГІС) набувають все більшого значення у процесі візуалізації просторових даних, зокрема даних, отриманих за допомогою аерофотозйомки. Аерофотозйомка є одним із найбільш ефективних методів збору інформації про поверхню землі, і потенціал ГІС для її візуалізації дозволяє значно розширити можливості аналізу, планування і прийняття рішень.

У 2024 році, коли цифрові технології відіграють ключову роль у різних сферах життя, візуалізація просторових даних стала невід'ємною частиною процесу їх обробки та використання. Аерофотозйомка, як технологія отримання детальних зображень місцевості, надає величезні обсяги даних, які потребують систематизації та представлення в зручній для сприйняття формі. Геоінформаційні системи дозволяють інтегрувати, обробляти та візуалізувати ці дані, створюючи просторові моделі, карти і тривимірні зображення.

Зокрема, інтерактивна візуалізація у ГІС допомагає користувачам швидко і ефективно оцінювати отриману інформацію, аналізувати зміни на місцевості, а також виявляти тренди і аномалії, що можуть бути критично важливими у різних галузях — від сільського господарства до міського планування.

ГІС пропонують широкий спектр інструментів для роботи з даними аерофотозйомки, зокрема для їх інтеграції з іншими просторовими даними. Це може включати візуалізацію результатів зйомки на основі картографічних даних, супутникових зображень, кадастрових карт та інших інформаційних шарів.

Одним із ключових аспектів є можливість роботи з даними у реальному часі. У сучасних умовах актуальність оперативного доступу до даних аерофотозйомки значно зросла, і ГІС-технології дозволяють ефективно організувати цей процес. За допомогою хмарних сервісів, дані можуть бути

оброблені та візуалізовані майже миттєво, забезпечуючи точну картографічну інформацію в реальному часі.

Тривимірна візуалізація є однією з найбільш перспективних технологій у геоінформаційних системах. З її допомогою можна створювати детальні моделі рельєфу та будівель, що дозволяє більш точно оцінювати території, проводити планування інфраструктурних проєктів та моніторинг стану природних ресурсів.

Застосування тривимірних моделей особливо актуальне у містобудуванні та управлінні земельними ресурсами. Вони дозволяють не лише візуалізувати поточний стан території, але й моделювати зміни, що можуть відбутися в майбутньому. Це дає можливість прогнозувати наслідки різних дій, наприклад, при реалізації будівельних проєктів або реконструкції інфраструктури.

Хоча потенціал ГІС для візуалізації даних аерофотозйомки є значним, існують також певні виклики. Одним з основних є необхідність обробки великих обсягів даних, що потребує потужних обчислювальних ресурсів і передових алгоритмів для оптимізації процесу. Проте розвиток хмарних технологій, штучного інтелекту та машинного навчання відкриває нові можливості для автоматизації процесів візуалізації та аналізу даних.

Також важливим напрямком є покращення інтерфейсів для користувачів. У майбутньому ГІС-платформи, що використовуються для візуалізації даних аерофотозйомки, можуть стати ще більш доступними для широкого кола користувачів завдяки інтуїтивно зрозумілим інтерфейсам і автоматизованим функціям, що дозволяють швидко створювати інформативні візуалізації без необхідності глибоких технічних знань.

Геоінформаційні системи мають великий потенціал для візуалізації даних аерофотозйомки, відкриваючи нові можливості для аналізу та моделювання просторової інформації. У сучасних умовах вони не лише полегшують роботу з великими обсягами даних, але й сприяють кращому розумінню складних просторових процесів. Вдосконалення технологій ГІС та

аерофотозйомки дозволить підвищити точність візуалізації та зробити їх ще більш доступними для застосування у різних сферах.

Взяли до уваги дослідження «Перспективи використання геоінформаційних технологій в аеропортах України для адміністративно-господарського управління», автором якого є: Олена Бойко [1].

В останні роки аеропорти світу активно впроваджують хмарні технології збору, обробки та візуалізації геопросторових даних: лазерне та лідарне сканування, інтеграцію BIM/GIS моделей, використання штучного інтелекту, технологій віртуальної та доповненої реальності, цифрових дублікатів та «розумних» міст. Для України, яка активно йде шляхом цифровізації та впровадження сучасних геоінформаційних технологій у багатьох сферах діяльності, розробка нових методів і підходів до адміністративно-господарського управління аеропортовими комплексами є актуальним і перспективним напрямом.

Метою роботи [1] було дослідження можливостей сучасних геоінформаційних і хмарних технологій та перспектив їх використання для адміністративно-господарського управління аеропортом. Дослідження пов'язане з реалізацією Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року та Авіаційної транспортної стратегії України на період до 2030 року, метою яких є розвиток авіаційної галузі в Україні, приведення аеропортової інфраструктури до вимог Європейського Союзу. Великий вплив на формування геопросторових даних аеропортів має Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» та «Консолідована концепція впровадження BIM в Україні».

У статті [1] проаналізовано та узагальнено публікації щодо методів отримання геопросторових даних, впровадження геоінформаційних технологій, технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності, штучного інтелекту та концепції «розумного» міста для адміністративно-господарського управління аеропортами, виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що

перспективи впровадження геоінформаційних технологій для адміністративно-господарського управління активами аеропортів України потребують подальших досліджень, оскільки ці питання є дуже важливими та актуальними, враховуючи стрімкий розвиток цифрового суспільства, навколишнього середовища та інфраструктури.

Метою дослідження був аналіз можливостей та перспектив впровадження сучасних технологій обробки та візуалізації геопросторових даних для адміністративно-господарського управління аеропортом та розробка концептуальної моделі. Завданням дослідження є аналіз методів отримання геопросторових даних аеропорту, використання геоінформаційних систем в аеропортах, технологій штучного інтелекту, віртуальної, доповненої та змішаної реальності, інтернету речей, цифрових дублікатів, реалізації концепції «розумного» міста та ін. Виклад основного матеріалу. Геопросторові дані створюються в цифровому вигляді з використанням сучасних інформаційних та хмарних технологій, які пропонують широкий спектр обладнання, програмного забезпечення, методів і технологій роботи з геопросторовою інформацією.

З кожним роком з'являються нові технології, які використовуються в адміністративно-господарському управлінні аеропортами: хмарні методи збору даних, геоінформаційні системи, технології штучного інтелекту, віртуальна реальність, інтернет речей, цифрові аналоги, «розумні» міста та інше. Успішна інтеграція та використання існуючих можливостей збору, зберігання, обробки та візуалізації геопросторових даних аеропортів забезпечить їх ефективне управління та економічне зростання.

На основі аналізу можливостей використання технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності, штучного інтелекту, цифрових дублікатів та концепції «розумних» міст в аеропортах розроблено концептуальну модель перспектив використання геопросторових даних аеропорту для вирішення завдань адміністративно-господарського управління майновим комплексом.

РОЗДІЛ II. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Природно-кліматичні умови Одеської області

Одеську область було засновано 27 лютого 1932 року. Вона складається з 26 районів, 19 міст, 31 об'єднаної територіальної громади, 23 селищ та 1123 сільських населених пунктів. Загальна чисельність населення регіону становить 2,381.9 тисяч осіб. Одеса, адміністративний центр області, є важливим транспортним, промисловим, науковим, культурним та курортним осередком, де проживає 1,017.7 тисяч осіб (станом на 1 січня 2020 року).

Одеська область розташована в Північно-Західному Причорномор'ї і простягається від гирла Дунаю до Тилігульського лиману, при цьому довжина морського узбережжя сягає понад 300 км. Від Чорного моря область тягнеться на північ на 200-250 км углиб країни. Вона межує на півночі з Вінницькою та Кіровоградською областями, на сході – з Миколаївською, на заході – з Молдовою та Придністров'ям, а на південному заході проходить державний кордон із Румунією. Загальна протяжність кордонів регіону становить 1362 км. Площа області складає 33,3 тисячі кв. км, що дорівнює 5,5% території України. Північна частина області розташована в лісостеповій зоні, тоді як південна належить до степової зони. Основними типами ґрунтів є звичайні та південні чорноземи.

Клімат області помірно-континентальний з морськими впливами. Зими тут м'які, з невеликими снігопадами; середні температури січня коливаються від -2°C на півдні до -5°C на півночі. Навесні переважає хмарна погода з частими туманами через морський вплив. Літо здебільшого сухе та спекотне, середня температура липня коливається від 21°C на півночі до 23°C на півдні, з максимальними температурами до $36-39^{\circ}\text{C}$, що останнім часом може сягати ще вищих позначок. Осінь тривала й тепліша, ніж весна, також здебільшого похмура. Середньорічна температура повітря становить від

8,2°C на півночі до 10,8°C на півдні. Кількість опадів варіюється в межах 340-470 мм на рік, з більшістю опадів у вигляді літніх злив. Кількість сонячних днів становить близько 2200 на рік, а вегетаційний період триває 168-210 днів. Вітри взимку переважно північні та південно-західні, а влітку – північні та північно-західні. Південна частина області регулярно страждає від посух, пилових бур та суховіїв.

Чорне море разом із цілющими грязями Куяльницького лиману надає регіону значний рекреаційний потенціал. Природні комплекси в гирлі річок Дунай та Дністер, на узбережжях лиманів і морських шельфах включають унікальні водно-болотні екосистеми, що мають велике значення на національному та міжнародному рівнях. Завдяки природним умовам область є ідеальним місцем для вирощування пшениці, кукурудзи, ячменю, проса та соняшнику.

Основний природний ресурс області – її землі, які складаються переважно з родючих чорноземів. Поєднання цих ґрунтів із теплим кліматом надає регіону значний агропромисловий потенціал. Загальна площа земельних ресурсів Одеської області становить 3331,4 тис. га, з яких 2660,4 тис. га – це сільськогосподарські угіддя, а 2074,4 тис. га – орна земля.

Берегова лінія області простягається на понад 300 км, включаючи лимани і річки, такі як Дунай, Дністер, Кодима та Савранка. На території регіону знаходяться численні прісноводні та солоні озера, включаючи Кагул, Ялпуг, Катлабух, Сасик, Шагани, Алібей та Бурнас. Також тут розташовані лимани, зокрема Дністровський, Куяльницький та Хаджибейський. Багато водойм мають лікувальні властивості, зокрема лимани Сасик, Бурнас, Куяльницький та Хаджибейський, а також родовища мінеральних вод.

Одеська область є малолісною, і головним завданням лісових господарств є збільшення площ лісових насаджень для протидії ерозії та збереження екологічного балансу. Згідно з науковими рекомендаціями, доцільно збільшити лісистість до 9%, що вимагатиме створення 100 тис. га нових лісів.

Окрім того, область має важливе геополітичне значення завдяки своєму розташуванню на перетині міжнародних водних шляхів та активній участі у співпраці з європейськими та чорноморськими регіонами.

2.2. Геологічні умови, ґрунтовий покрив та рельєф території дослідження

Геологічні умови Одеської області

Причорноморська низовина, розташована на півдні, примикає до Російської платформи та характеризується значним накопиченням осадових порід, що залишилися після морських басейнів кайнозойського періоду. Крім того, рельєф формувався під впливом ерозійних процесів, які сприяли накопиченню лесових відкладень. На півночі ця низовина межує з Українським кристалічним масивом, що складається з магматичних і метаморфічних порід.

Максимальні висоти області сягають 160 м на північному заході, тоді як на узбережжі висоти знижуються до 20 м. Багато ділянок морського узбережжя мають ерозійні уступи, часто піддані обвальним процесам. В центральній і східній частинах регіону переважає рівнинний рельєф, прорізаний долинами річок, що утворюють неглибокі яри.

Низовина заповнена осадовими породами різних геологічних періодів, зокрема палеозойськими, мезозойськими та кайнозойськими відкладами. Палеозойські породи, такі як сланці й пісковики, зустрічаються на північному заході, тоді як мезозойські (крейдові, мергелеві та піщані) є локальними. Кайнозойські відклади, представлені піщано-глинистими шарами, поширені найбільш широко і сягають потужності до 100 м в центральній частині області.

Річкова мережа залишила значний слід у рельєфі області, врізаючись у палеогенові й неогенові відклади, а гирла річок утворюють лимани. Річкові тераси, особливо друга і третя, добре помітні в північних районах. Понтичні

вапняки, що залягають в цьому регіоні, часто є водоупорними породами, тому в прогинах накопичується вода, утворюючи підземні резервуари.

На узбережжі Одеської області можна зустріти піщані уступи, розсічені балками. Морські осади накопичувалися впродовж четвертинного періоду, утворюючи прибережні піщані коси та бари. Лесовидні породи, що поширені в регіоні, схильні до просадочних процесів, що створює додаткові ризики для будівництва.

В регіоні також поширені зсувні, карстові й ерозійні процеси, що посилюються через активну господарську діяльність. Наприклад, підйом рівня ґрунтових вод та просідання ґрунту є серйозними проблемами для забудови. Особливо небезпечними є процеси на лесовидних породах, які втрачають свої властивості при підвищенні вологості, що може спричинити осідання ґрунту й пошкодження будівель.

З огляду на специфіку геологічних умов, проведення інженерно-геологічних досліджень є обов'язковою умовою перед початком будь-якого будівництва.

Ґрунтовий покрив: Одеської області

Він має різноманітний ґрунтовий покрив, що обумовлено як кліматичними, так і геоморфологічними умовами. Основною типологією ґрунтів є чорноземи, які відзначаються високим вмістом гумусу і підходять для сільськогосподарського використання. Чорноземи в області поділяються на кілька підтипів: звичайні чорноземи на півночі та північному заході, а також південні чорноземи у центральній і південній частинах регіону.

Окрім чорноземів, зустрічаються також каштанові та солонцеві ґрунти, особливо в прибережних і південних районах області. Ці ґрунти характеризуються підвищеною солоністю, що обмежує їх сільськогосподарське використання без застосування спеціальних меліоративних заходів.

Ґрунтовий покрив області потребує захисту, оскільки через ерозію та надмірне використання орних земель відбувається зниження родючості

ґрунтів. Також проблема опустелювання загострюється через кліматичні зміни, що впливає на аграрний сектор Одеської області.

В ґрунтовому покриві території півдня Одеської області відзначаються значні площі земель з нейтральною, слабо лужною та лужною рН-реакцією ґрунтового розчину. Ґрунти з нейтральною реакцією виявлені на незначних територіях та становить 0-11%.

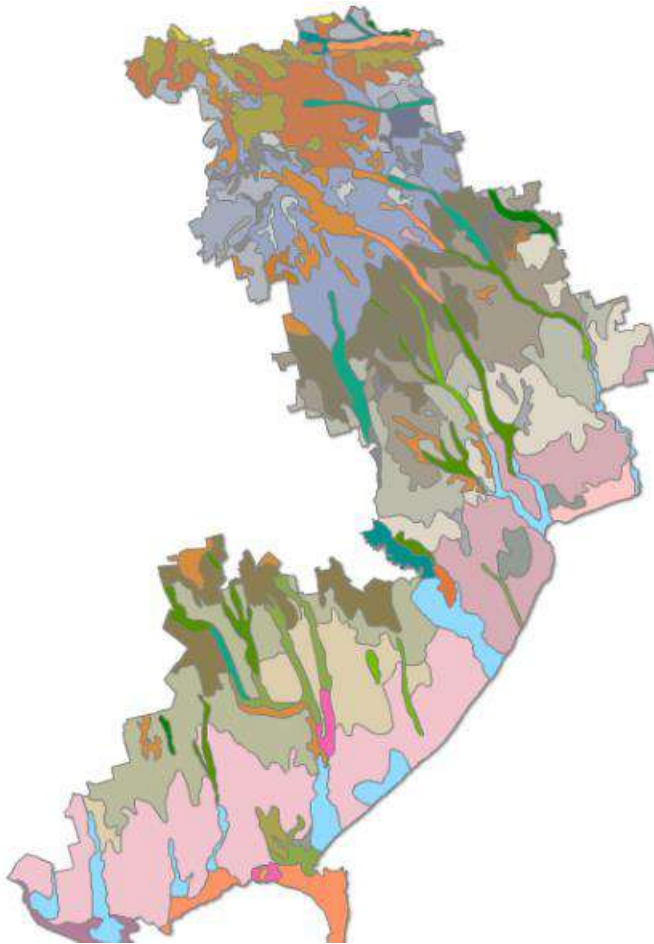


Рис. 2.1. Карта ґрунтів Одеської області

Рельєф Одеської області

Здебільшого рівнинний, хоча на півночі та заході можна спостерігати низькогір'я та пагорби, які формують більш хвилястий ландшафт. Найвища точка області знаходиться в північній частині та становить близько 200 метрів над рівнем моря. Південна частина регіону є більш рівнинною, що утворює відкриті простори Причорноморської низовини.



Рис. 2.2. Рельєф Одеської області

Особливістю рельєфу Одеської області є наявність численних річкових долин, лиманів і берегових урвищ вздовж Чорного моря. Найбільші річки, такі як Дністер і Дунай, формують глибокі долини з терасами, які є важливими елементами ландшафту. Водночас прибережна частина має численні лимани, які утворюють унікальні екосистеми, що впливають на розвиток місцевого сільського господарства та рибальства.

Рівнинний рельєф у поєднанні з родючими ґрунтами робить Одеську область одним із ключових сільськогосподарських регіонів України, проте його екологічний баланс вимагає уважного підходу для збереження родючості земель та запобігання деградації територій.

До основних перешкод будівництва в Одесі і області можна віднести: підйом рівня ґрунтових вод і підвищена вологість ґрунту; усадка ґрунту через високий рівень вмісту лесових порід і вапняку; розвиток таких несприятливих геологічних процесів для будівництва, як зсув, карст і ерозія;



Рис 2.3. Тектонічна будова Одеської області

2.3. Земельно-ресурсний потенціал Одеської області

Одеська область, яка розташована в південно-західній частині України, характеризується значним земельно-ресурсним потенціалом. Завдяки сприятливим кліматичним умовам, родючим ґрунтам та вигідному географічному розташуванню, область має великі можливості для розвитку сільського господарства, промисловості та туризму.

Основу земельного фонду Одеської області складають чорноземи різних типів, зокрема південні та звичайні, які є одними з найродючіших ґрунтів у світі. Ці ґрунти забезпечують високий рівень врожайності зернових культур, соняшнику, винограду та овочів. Завдяки цьому, сільське господарство залишається однією з ключових галузей економіки регіону.

Окрім сільськогосподарського використання, значна частина земельного потенціалу області використовується для промислових і транспортних потреб. На території області проходять важливі транспортні

коридори, що забезпечують зв'язок між Європою та Азією, а також є розвинена портова інфраструктура, зокрема в Одесі та Ізмаїлі, що сприяє розвитку логістики і торгівлі.

Однак, земельний потенціал Одеської області має також і виклики. Високий рівень ерозії ґрунтів, опустелювання, а також процеси засолення можуть негативно впливати на якість земель. Проблеми з водопостачанням та потреба в меліорації також є важливими питаннями для ефективного використання земельних ресурсів регіону.

Важливим аспектом розвитку земельно-ресурсного потенціалу Одеської області є раціональне використання природних ресурсів та впровадження інноваційних технологій в аграрний сектор. Це дозволить підвищити ефективність використання земель і забезпечити стійкий розвиток регіону.

В Одеській області попередньо розвідано або оцінено понад 160 родовищ твердих корисних копалин. Серед них піски, суглинки, гравій, галька, граніти, вапняк, нафта, природний газ, залізна руда, фосфорити, кольорові метали, золото, кам'яне і буре вугілля, а також лікувальні грязі та інші корисні копалини. Важливо зазначити, що більшість цих родовищ розташовані на орних землях.

Крім цього, в області є два техногенні родовища корисних копалин, запаси яких оцінені попередньо. Це золошлакові відвали Молдавської ДРЕС та залишки нафтопродуктів на території Одеського нафтопереробного заводу.

До корисних копалин місцевого значення, які активно використовуються в промисловості, належать також мінеральні підземні води. Найвідоміша з них – це лікувальна хлоридно-натрієва мінеральна вода «Куяльник», що видобувається на території Одеського промислового вузла. Столові слабомінералізовані води видобуваються в таких містах, як Ізмаїл, Балта, Білгород-Дністровський, та селищі міського типу Красні Окни, а також в інших населених пунктах області.

Одеська область у господарському комплексі України:

- Одеська область є головним морським зовнішньоторговельним виходом країни;
- обслуговує міжнародні транзитні вантажо- і пасажиропотоки, виконує найважливіші транспортно-розподільні функції на національному і міжнародному рівнях;
- є провідним регіоном України за рівнем розвитку морегосподарського комплексу і галузей, пов'язаних з використанням ресурсів моря і світового океану;
- є одним з найбільш перспективних регіонів України щодо розвитку зовнішньоекономічної діяльності, спільного підприємництва, формування спеціальних (вільних) економічних зон;
- має значний науково-технічний і проектно-конструкторський потенціал, є центром підготовки кадрів, а також здійснення науково-технічної, інформаційної, інноваційної й інвестиційної діяльності регіонального і національного масштабу;
- є одним з найбільш перспективних рекреаційних районів приморського типу;
- виділяється як важливий регіон інтенсивного сільського господарства з високою часткою зрошуваного землеробства й індустрією переробки сільськогосподарської продукції;
- є одним з центрів машинобудування, легкої і хімічної промисловості регіонального і національного масштабу.

Інфраструктура Одеської області:

Одеська область є важливим транспортним і логістичним вузлом України, завдяки своєму вигідному розташуванню на узбережжі Чорного моря та розвиненій транспортній інфраструктурі. Регіон має стратегічне значення для економіки країни, оскільки є воротами для міжнародної

торгівлі, що забезпечується через морські порти, автомобільні та залізничні шляхи.

Транспортна інфраструктура.

Морські порти: В Одеській області розташовано кілька великих портів, серед яких найважливішим є Одеський морський торговельний порт. Також значну роль відіграють порти Чорноморськ (колишній Іллічівськ) та Ізмаїл. Вони є основними транспортними вузлами, через які здійснюється перевезення вантажів і пасажирів до багатьох країн світу.

Залізничний транспорт: Залізнична мережа області добре розвинена та відіграє ключову роль у вантажних і пасажирських перевезеннях. Основні залізничні маршрути з'єднують Одесу з Києвом, Львовом, Харковом та іншими великими містами України, а також із сусідніми країнами, що робить область важливим центром міжнародного залізничного сполучення.

Автомобільні дороги: Одеська область має розвинену мережу автомобільних доріг, що забезпечує зручний доступ до регіональних центрів, сіл та сусідніх областей. Однак, якість доріг потребує постійного вдосконалення, особливо в сільській місцевості. Основні траси, такі як траса Одеса-Київ (М05) та Одеса-Рені (М15), є важливими транспортними артеріями, що з'єднують область з іншими частинами України та міжнародними маршрутами.

Авіаційний транспорт: В Одесі розташований один з найбільших міжнародних аеропортів України – Міжнародний аеропорт Одеса. Аеропорт забезпечує пряме сполучення з багатьма європейськими та світовими містами, що сприяє розвитку туризму та бізнесу в регіоні. Наразі через війну з цим складно.

Комунальна інфраструктура

Енергетика: Одеська область забезпечена електроенергією за рахунок наявності кількох електростанцій та розгалуженої мережі електропостачання.

Однак регіон стикається з викликами щодо модернізації енергетичної інфраструктури, підвищення її надійності та впровадження відновлюваних джерел енергії.

Водопостачання і водовідведення: Основні джерела водопостачання регіону – це річки Дністер та Південний Буг, а також підземні води. Однак питання водозабезпечення в області є актуальним, особливо для сільських районів, де можуть бути проблеми з якістю води та її доступністю. Водопровідні системи потребують оновлення для запобігання втратам води та поліпшення якості послуг.

Телекомунікації: Одеська область має добре розвинену телекомунікаційну інфраструктуру, що включає інтернет, телефонний зв'язок та мобільні мережі. Одеса є одним із центрів ІТ-індустрії в Україні, що сприяє розвитку інноваційних технологій та впровадженню сучасних засобів комунікації.

Соціальна інфраструктура

Освіта: В області діє велика кількість навчальних закладів, зокрема Одеський національний університет, Одеська національна академія харчових технологій, Одеська морська академія та інші. Вища освіта в регіоні відзначається високим рівнем підготовки фахівців у різних галузях науки, техніки та культури.

Охорона здоров'я: Мережа медичних закладів області включає лікарні, поліклініки та спеціалізовані медичні центри. Система охорони здоров'я постійно оновлюється та модернізується, але в регіоні є потреба в покращенні доступу до якісної медичної допомоги, особливо в сільській місцевості.

Туристична інфраструктура

Одеської області також є популярним туристичним напрямком завдяки своїм курортам на узбережжі Чорного моря, культурній спадщині Одеси та природним ресурсам. Туристична інфраструктура включає готелі, ресторани,

культурно-розважальні заклади, а також санаторно-курортні комплекси. Однак для залучення більшої кількості туристів необхідно покращити транспортне сполучення та якість послуг у туристичному секторі.

Інфраструктура Одеської області загалом є важливим чинником її економічного розвитку та привабливості для інвесторів. Однак модернізація наявних об'єктів та впровадження інновацій залишаються ключовими завданнями для забезпечення сталого зростання регіону.

Аналіз земельних відносин на території Одеської області

Земельні відносини в Одеській області є однією з найважливіших сфер регіональної економіки, оскільки область володіє значними земельними ресурсами, які мають великий потенціал для сільськогосподарського виробництва, урбанізації, розвитку інфраструктури та інших видів діяльності. В умовах реформування земельного законодавства в Україні, аналіз земельних відносин в регіоні є надзвичайно актуальним.

Загальні характеристики земельного фонду

Одеська область є однією з найбільших за площею областей України, з великими сільськогосподарськими угіддями. Земельний фонд області представлений різними категоріями земель, серед яких переважають землі сільськогосподарського призначення. На території області також розташовані землі лісогосподарського, водного та природоохоронного значення, а також землі промисловості, транспорту і населених пунктів.

Основні категорії земель в Одеській області:

- Землі сільськогосподарського призначення: складають більшість земельного фонду області. Основні типи ґрунтів — чорноземи, які мають високий аграрний потенціал, що робить Одеську область важливим центром аграрного виробництва України. Більшість сільськогосподарських земель

використовуються для вирощування зернових культур, соняшнику, винограду та овочів.

- Землі промислового та інфраструктурного призначення: це землі, зайняті підприємствами, транспортною інфраструктурою, складськими приміщеннями та іншими об'єктами. Зокрема, велика кількість землі зайнята під морські порти, транспортні коридори та промислові підприємства, що робить область важливим економічним і логістичним центром.

- Землі населених пунктів: Одеса та інші міста області займають значну площу, що пояснюється зростанням населення та урбанізацією. У містах активно здійснюється забудова житлових та комерційних об'єктів, що створює додатковий попит на землю.

- Землі рекреаційного призначення та природоохоронні зони: область має значні ресурси для розвитку туризму, зокрема, завдяки узбережжю Чорного моря. Землі під пляжами, курортами та заповідниками також займають вагомe місце у земельному балансі регіону.

Основні проблеми земельних відносин

Ринок землі та приватизація: Після відкриття ринку землі в Україні, в Одеській області зросла кількість угод купівлі-продажу земельних ділянок, особливо сільськогосподарських угідь. Однак, попри позитивні зрушення, залишаються певні проблеми, пов'язані з недостатньою прозорістю земельних угод, ризиками концентрації земель у руках кількох великих власників та обмеженим доступом дрібних фермерів до ринку землі.

Незаконне використання земель: На деяких територіях області існують проблеми з незаконним використанням земель або порушенням земельного законодавства. Це може включати самовільне захоплення земель, порушення умов оренди та нецільове використання земельних ділянок. Такі випадки створюють додаткові труднощі для регулювання земельних відносин та потребують посилення контролю з боку органів державної влади.

Деградація земель: Через активну сільськогосподарську діяльність, нерегульоване використання агротехнологій та природні умови, в області спостерігається деградація ґрунтів, зокрема ерозія, засолення та виснаження. Це може вплинути на подальше використання земельних ресурсів та їх продуктивність. Необхідні заходи щодо впровадження сталих технологій землеробства, рекультивації та захисту ґрунтів.

Інвентаризація та кадастрові проблеми: Незважаючи на значні успіхи в реформуванні земельного кадастру, досі існують проблеми з неповною інвентаризацією земель та неточностями в земельному кадастрі. Це створює складнощі під час оформлення прав на землю та здійснення операцій з землею.

Земельна реформа та її вплив на регіон

Проведення земельної реформи в Україні мало значний вплив на Одеську область. Основні напрями реформи включають відкриття ринку землі, вдосконалення земельного кадастру, спрощення процедур оренди та купівлі-продажу земель, а також заходи для забезпечення сталого використання земельних ресурсів.

З відкриттям ринку землі в області з'явилися нові можливості для розвитку аграрного сектору, залучення інвестицій у сільське господарство та підвищення ефективності використання земельних ресурсів. Однак реформа також потребує ретельного контролю за земельними угодами та механізмами захисту прав дрібних землевласників.

Перспективи розвитку земельних відносин

Для поліпшення земельних відносин в Одеській області необхідно:

- Підвищити прозорість ринку землі: Забезпечити відкритий доступ до інформації про земельні ділянки, орендарів і власників землі, що дозволить уникати зловживань і незаконних операцій.

- Запровадити ефективну систему моніторингу земельних ресурсів: Це допоможе виявляти та попереджати деградацію ґрунтів, порушення умов оренди та незаконне використання земель.

- Посилити державний контроль за використанням земель: Контроль з боку державних органів є важливим для запобігання порушенням земельного законодавства та забезпечення належного використання земельних ресурсів.

- Сприяти розвитку аграрного сектору: Підтримка фермерів, зокрема дрібних, забезпечення доступу до кредитів та інвестицій сприятиме сталому розвитку сільського господарства.

Таким чином, земельні відносини в Одеській області мають великий потенціал для подальшого розвитку, але потребують комплексного підходу та реформування для забезпечення сталого використання земельних ресурсів.

РОЗДІЛ III. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ АЕРОФОТОЗЙОМКИ В УМОВАХ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Огляд методології аналізу даних аерофотозйомки в умовах Одеської області

Аерофотозйомка є одним із найефективніших інструментів для отримання високоточних даних про поверхню Землі. Цей метод дозволяє здійснювати детальний моніторинг територій, що є особливо важливим для аналізу складних природно-географічних умов, характерних для Одеської області. Основні етапи аналізу даних аерофотозйомки, враховуючи особливості території Одеської області включають наступні складові:

1. Підготовка до аналізу даних аерофотозйомки

Вибір обладнання та технологій зйомки

Для Одеської області, яка має різноманітні ландшафти (приморські території, степи, горби), доцільним є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) із високоточними камерами. Ці пристрої забезпечують зйомку з високою роздільною здатністю, що дозволяє отримати детальні зображення місцевості.

Збір початкових даних

Дані аерофотозйомки отримують у вигляді знімків із геоприв'язкою, які містять інформацію про координати, висоту та орієнтацію камери. Важливою складовою є використання систем GNSS/RTK для підвищення точності геоприв'язки.

2. Обробка даних аерофотозйомки

Фотограмметрична обробка

Основний етап включає створення ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу (ЦМР) та цифрових моделей поверхні (ЦМП). Це здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, такого як Agisoft Metashape, Pix4D чи DroneDeploy.

Калібрування зображень

Виконується вирівнювання знімків із врахуванням внутрішніх та зовнішніх параметрів камери для усунення геометричних спотворень.

Геопросторова прив'язка

Знімки прив'язуються до координатної системи Одеської області (зазвичай WGS 84 або УСК-2000). Геопросторова прив'язка дозволяє використовувати ці дані у подальших ГІС-аналізах.

3. Аналіз отриманих даних

Класифікація об'єктів

За допомогою ГІС та алгоритмів машинного навчання здійснюється класифікація земного покриву: розрізняють типи ґрунтів, водні об'єкти, забудови, рослинність тощо.

Моніторинг змін

Порівняння знімків, зроблених у різні періоди, дозволяє виявити зміни землекористування, деградацію земель, урбанізацію та інші процеси, актуальні для Одеської області.

Створення тематичних карт

На основі аналізу генеруються карти, що відображають стан територій, наприклад, карти ерозії ґрунтів, густоти забудови чи зон затоплення.

4. Особливості застосування методів аналізу в Одеській області

Приморські території

Для узбережжя Чорного моря важливо враховувати такі фактори, як підняття рівня моря, ерозію берегів та стан прибережної інфраструктури.

Сільськогосподарські угіддя

Завдяки аналізу даних аерофотозйомки можна визначати стан посівів, рівень вологості ґрунтів та ризики деградації земель.

Екологічний моніторинг

Області, забруднені промисловими чи побутовими відходами, потребують регулярного моніторингу. Аерофотозйомка дозволяє ідентифікувати проблемні ділянки з мінімальними затратами.

5. Інтеграція результатів у геоінформаційні системи

Дані аерофотозйомки інтегруються в ГІС, де вони обробляються для створення геопросторових баз даних. Це дозволяє використовувати інформацію в плануванні землекористування, екологічному моніторингу та управлінні територією.

6. Виклики та перспективи

Виклики:

- Обробка великих обсягів даних.
- Висока вартість обладнання та програмного забезпечення.
- Необхідність висококваліфікованих фахівців.

Перспективи:

- Використання штучного інтелекту для автоматизації аналізу.
- Інтеграція даних із супутниковими знімками для покращення масштабності досліджень.
- Застосування аерофотозйомки для створення "цифрових двійників" території.

Таким чином, методологія аналізу даних аерофотозйомки для умов Одеської області базується на інтеграції сучасних фотограмметричних підходів із геоінформаційними технологіями, враховуючи специфіку природно-географічних умов регіону.

3.2. Застосування геоінформаційних методів для обробки та аналізу аерофотозйомки

Якщо взяти часовий термін більше 30 років назад, то можна зазначити, що об'єктивні умови завадили повністю розкрити переваги використання сучасних аерофотограмметричних та геоінформаційних методів, суттєво обмеживши тодішній потенціал застосування матеріалів цього виду дистанційного зондування Землі для вирішення важливих наукових завдань в галузі земельних відносин. Але починаючи з середини 1990-х років ситуація зазнала кардинальних змін: у рамках окремих наукових проєктів матеріали

аерофотозйомки та космічних знімків почали систематично застосовуватися для досліджень.

На початку 2000-х років розвиток комп'ютерних технологій, зокрема появи програми «Earth Viewer», яка з 2005 року стала відомою як «Google Earth», суттєво змінив ситуацію. Важливу роль у археологічних дослідженнях в Україні відіграли дані місії SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Ця міжнародна програма, результати якої були оприлюднені у 2000 році, вперше надала українським археологам можливість працювати з цифровими моделями рельєфу для великих територій. Додатковим джерелом інформації стало використання безпілотних літальних апаратів, зокрема різних моделей квадрокоптерів.

Останні досягнення в технологіях збору даних, таких як безпілотні літальні апарати (БПЛА), спричинили зростання інтересу до отримання зображень поверхонь з високою роздільною здатністю. Проте, через великі обсяги даних, які можна зібрати за короткий політ, ефективний аналіз цих даних ставить нові виклики, особливо щодо часу, необхідного для оцифрування карт і вилучення даних про орієнтацію.

За результатами аналізу сучасних геоінформаційних методів для обробки та аналізу даних аерофотозйомки, який був проведений в процесі виконання магістерської роботи, було виділено найбільш релевантні. Так, ефективним методом є комплексний робочий процес для обробки зображень, отриманих з безпілотних літальних апаратів (БПЛА), з метою отримання точних геоінформаційних продуктів, таких як цифрові моделі поверхні (DSM) та ортофотоплани. Також було проаналізовано основні проблеми використання недорогих некаліброваних камер і запропоновані рекомендації щодо підвищення якості обробки даних у комерційному програмному забезпеченні Agisoft PhotoScan.

Фотоорієнтування (Photo Alignment)

Використовується для вирівнювання зображень і формування розрідженої хмари точок. В процесі застосовується алгоритм Structure-from-

Motion (SfM). Завданням є визначення внутрішніх і зовнішніх параметрів орієнтації камери, компенсуючи систематичні помилки, такі як спотворення об'єктива.

Геоприв'язка (Geo-referencing)

Здійснюється за допомогою щонайменше трьох наземних контрольних точок (GCP), які визначаються геодезичними методами. Автори акцентують увагу на важливості використання GCP з високою точністю та рівномірним розподілом по області.

Оптимізація (Optimization Procedure)

Включає такі ключові кроки:

- Зменшення помилок зв'язкових точок (Tie Point Error Reduction): використання інструментів для відбору та видалення некоректних точок на основі критеріїв (наприклад, невизначеності реконструкції, точності проєкції, помилок репроекції).
- Покращення параметрів орієнтації: після кожного кроку очищення точок виконуються нові коригування, що мінімізують залишкові помилки репроекції.
- Компенсація ефекту роликового затвора (Rolling Shutter Compensation): для усунення спотворень, спричинених рухом камери під час зйомки.

Фінальне налаштування параметрів

Застосовуються оптимальні значення параметрів точності (наприклад, 0,5 пікселів для зв'язкових точок), щоб забезпечити стабільність та точність моделі.

Основними перевагами застосування сучасних геоінформаційних методик обробки та аналізу даних аерофотозйомки є наступні:

- 1) Покращення якості моделей, через оптимізацію параметрів і очищення точок знижує середньоквадратичні помилки (RMSE) геопросторових даних:

Для контрольних точок (GCP): RMSE покращено до 2.2 см.

Для перевірочних точок (CP): RMSE варіюється в межах 5.1–5.3 см.

2) Ефективність компенсації ефекту роликowego затвора через активування компенсації значно покращує вертикальну точність (RMSE по Z знижено на 50–70%).

3) Ефективність процедури шляхом використання запропонованого робочого процесу дозволяє досягти високої точності 3D-реконструкції при значно меншому часу обробки, порівняно зі стандартними методами.

Таким чином, на нашу думку основними кроками які необхідно виконувати при обробці даних аерофотозйомки є:

- Адаптація параметрів до умов змлевпорядного проєкту: слід враховувати характеристики камери, площу дослідження та тип поверхні.
- Ретельне налаштування значень точності, що сприятиме зменшенню помилок та підвищенню стабільності моделі.
- Усунення помилок на ранніх етапах шляхом очищення хмари точок що покращує якість усієї обробки.
- Необхідність у стандартах: Agisoft PhotoScan не надає детальних рекомендацій, тому для кожного проєкту слід створювати специфічний робочий процес.

Систематичне використання оптимізації та усунення помилок зв'язкових точок дозволяє значно покращити точність моделей DSM і ортофотопланів. Запропонований процес придатний для різних типів місцевості та камер, але потребує подальших досліджень для уніфікації методології.

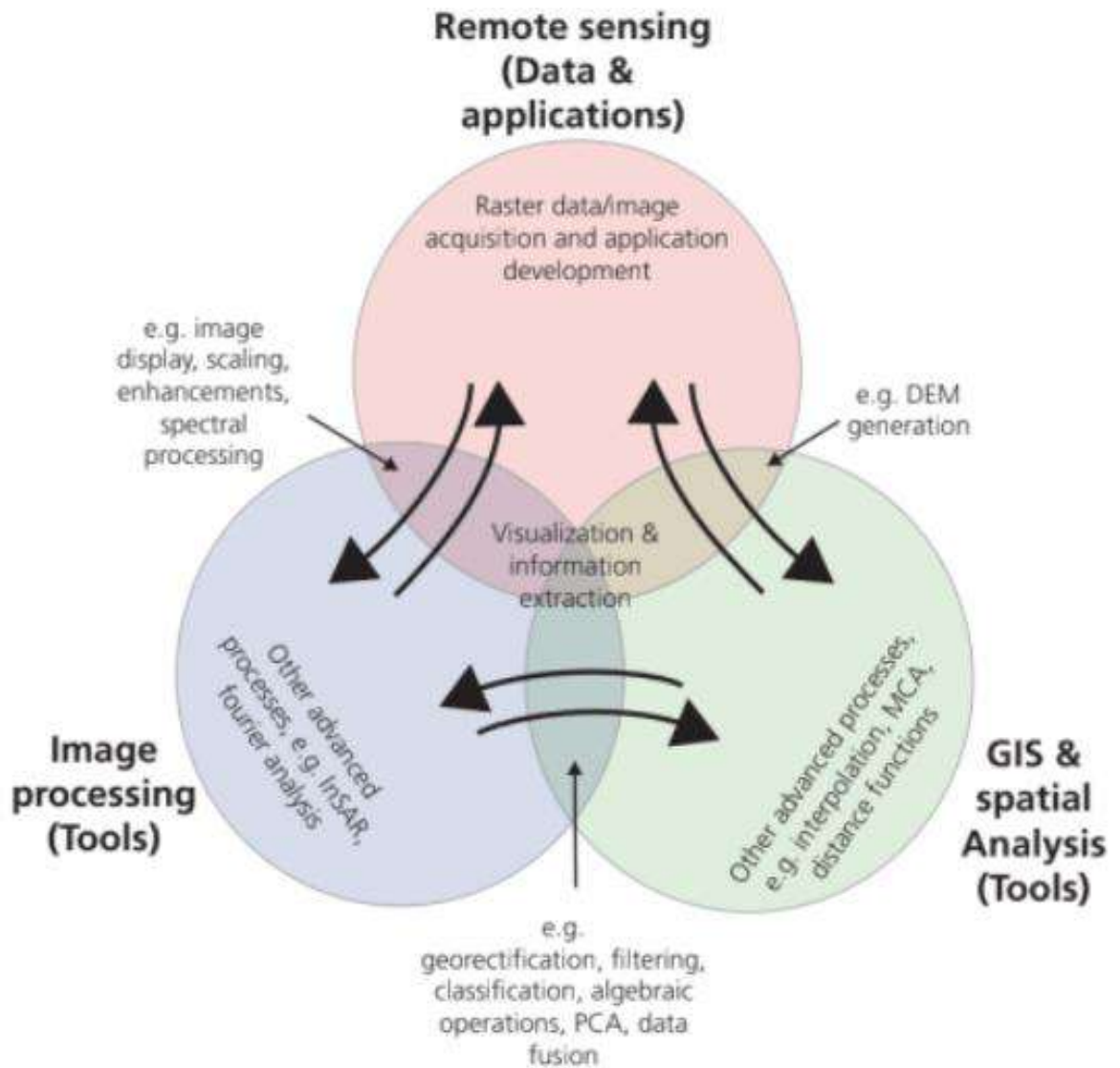


Рис. 3.1. Взаємозв'язок даних аерофотознімання, їх обробки, аналізу та візуалізації засобами ГІС

Нами в ході виконання магістерської роботи запропоновано алгоритм який дозволяє структуровано застосовувати геоінформаційні методи для обробки й аналізу аерофотозйомки, забезпечуючи ефективне використання отриманих даних для вирішення практичних завдань



Рис. 3.2. Алгоритм застосування геоінформаційних методів для обробки й аналізу даних аерофотозйомки

3.3. Візуалізація та інтерпретація отриманих результатів щодо ефективності геоінформаційного забезпечення для обробки та візуалізації даних аерофотозйомки в умовах Одеської області

Сучасні технології аерофотознімання та програмне забезпечення змінюють підходи до сучасних досліджень, розширюючи можливості дослідження як у масштабі, так і в часі.

Раніше аерофотографія базувалася на зйомках у видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні спектру. Завдяки прогресу в сенсорних технологіях тепер доступні багатоспектральні та тепловізійні дані, які значно підвищують якість аналізу.

Проекти, які "роблять аерофотозйомку", бо вважають, що так треба, а не тому, що вони розуміють, чому така перспектива буде корисною, часто не отримують найкращої цінності від матеріалу. Так само протиставлення, яке пропагується між емпіричним підходом і "віддаленою" повітряною перспективою (напр. Thomas 2008), видаються некорисними і такими, що викликають розбіжності, оскільки не визнають переваг цілісних підходів, а також розвиток штучної реальності, який створює щось середнє між втіленим і віддаленим (Challis, Kincey 2013; Eve 2014).

Розвиток аерофотозйомки як засобу фіксації ландшафту значною мірою пов'язаний з визнанням їхньої цінності у військовій розвідці під час Першої світової війни (Barber 2011; Stichelbaut, Chielens 2014). І саме цей вид з висоти, який був таким важливим для військової розвідки під час Першої світової війни, незалежно від того, отриманий він з аерофотознімків чи побачений повітряним спостерігачем, і це перший принцип, який пояснює, чому повітряна перспектива так важлива для ландшафтних досліджень. Окрім огляду великих територій, у відповідних контекстах повітряна розвідка і фотографії можуть відігравати важливу роль у виявленні, документуванні, інтерпретації та картографуванні об'єктів, доповнюючи інші джерела даних (наприклад, картографування ґрунтів, аерофотозйомка,

повітряне лазерне сканування LIDAR), часто надаючи унікальну інформацію, у вивченні того, як об'єкти співвідносяться один з одним у ширшому контексті, а також у поясненні та ілюстрації. Аерознімки можуть бути основним джерелом топографічних даних (тобто цифрових моделей поверхні), які є центральними для реконструкції ландшафтів та обстежень ділянок у різних масштабах.



Рис. 3.3. Приклад аерофотознімку Кілбраура, графство Сазерленд, північна Шотландія із сучасними моделями землекористування

www.rcahms.gov.uk

Повітряна перспектива, універсально доступна з настільного комп'ютера за допомогою Google Планета Земля™, надає різномасштабний огляд ландшафту – його загальну морфологію, текстури рослинності та структуру антропогенних і геологічних об'єктів. Там, де така перспектива доступна протягом кількох сезонів або протягом тривалого періоду років чи

десятиліть, вона дає уявлення про динаміку ландшафту, включаючи такі фактори, як зміни у землекористуванні, антропогенний вплив тощо.

У багатьох частинах світу, де в минулому столітті спостерігався драматичний і прискорений міський розвиток, починаючи з 1940-х років, механізація сільського господарства та масштабними інфраструктурними проектами, старі або "історичні" аерофотознімки є унікальним джерелом інформації про ландшафти, які зазнали значних змін.

Інтерпретація аерофотознімків - це область землевпорядної практики яка потребує спеціальних знань і повинна вдосконалюватися з досвідом і практикою. Як і у всіх сферах землевпорядної діяльності, було б помилкою припускати, що вилучення інформації з аерофотознімків є простим і самоочевидним. Навпаки, це вимагає розуміння того, як "речі" реєструються на аерофотознімках, характеру наземних умов і того, як об'єкти і ландшафт виглядають на землі.

Таким чином, дешифрувальники аерофотознімків, які мають невеликий польовий досвід, можуть припускатися простих помилок в інтерпретації, оскільки вони не знають місцевості, в той час як відсутність розуміння того, як об'єкти можуть бути зафіксовані на аерофотознімках, призведе до неправильної інтерпретації доказів.

Значна частина інтерпретації аерофотознімків робиться інстинктивно. Хоча в більшості випадків це дає результат, який вважається адекватним для інших, часто дешифрувальник має обмежене уявлення про те, як утворилися позначки, які він спостерігав на фотографіях і дешифрував.

Підхід, який забезпечує більш підзвітну і надійну інтерпретацію, - це той, що враховує якомога більше інформації на фотографії.

Для магістреської роботи об'єктом проведення досліджень була обрана Кодимська міська територіальна громада, яка є територіальною громадою у Подільському районі Одеської області України. Населення громади становить 35 734 осіб, адміністративним центром є м. Кодима.

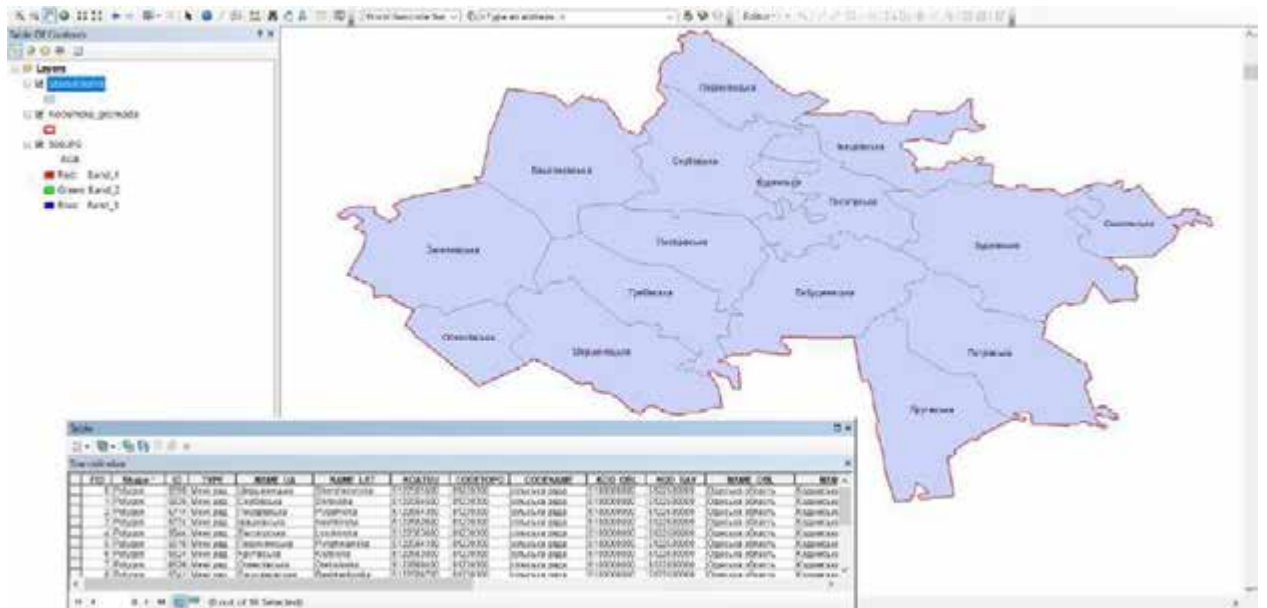


Рис. 3.4. Векторні шари Кодимської міської територіальної громади з атрибутивною інформацією

На цій території були проведені роботи по аерофотозніманню.



Рис. 3.5. Приклад аерофотознімку території Кодимської міської територіальної громади (лісовкриті землі)



Рис. 3.6. Приклад аерофотознімку території Кодимської міської територіальної громади (житлова забудова)



Рис. 3.7. Приклад аерофотознімку території Кодимської міської територіальної громади (сільськогосподарські землі)



Рис. 3.8. Приклад аерофотознімки території Кодимської міської територіальної громади (землі промисловості)

Результати обробки даних аерофотозйомки в умовах Одеської області представлені за допомогою ортофотопланів, створені високоточні ортофотоплани слугували базовим картографічним матеріалом, що відображає реальний стан територій. Їхня просторово-часова прив'язка дозволяє проводити детальний аналіз змін ландшафту.

На основі візуалізованих даних проведено аналіз ефективності використання геоінформаційного забезпечення:

- результати порівняння оброблених даних із польовими вимірюваннями показали, що середня похибка становить 1,8 см для ортофотопланів, що відповідає вимогам високоточного картографування.

- застосування автоматизованих алгоритмів класифікації зображень дозволило скоротити час обробки даних на 35% порівняно з традиційними методами.

- виявлена значна ерозія ґрунтів, яка збільшилась на 12% за останні 5 років. Ці дані дозволяють формувати стратегії щодо стабілізації екосистем.

-: ортофотоплани дозволили оцінити стан полів і виявити зони зниженої врожайності, що може бути викликано як нестачею вологи, так і деградацією ґрунтів.

ВИСНОВКИ

1. У процесі дослідження було розроблено та адаптовано методологію геоінформаційного забезпечення для опрацювання та візуалізації даних аерофотозйомки, яка враховує специфіку природних, географічних та інфраструктурних умов Одеської області. Ця методологія дозволяє підвищити точність і швидкість аналізу даних, що є критичним для виконання завдань у сферах земельного моніторингу, екології та просторового планування.

2. Запропонований алгоритм й інструменти дозволили автоматизувати значну частину операцій з обробки та аналізу аерофотознімків. Використання сучасного програмного забезпечення (Agisoft Metashape, ArcGIS) забезпечило побудову високоточних ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу (ЦМР) та тривимірних моделей поверхні, що значно скоротило час виконання проектних робіт.

3. Виявлено, що для територій Одеської області, зокрема приморських зон, степових і сільськогосподарських територій, важливо враховувати специфічні параметри рельєфу, кліматичні умови та антропогенний вплив. Адаптація методів візуалізації до цих особливостей дозволила створити інтерактивні карти, які ефективно відображають ключові характеристики територій і зміни, що відбуваються.

4. Результати магістрської роботи можуть використовуватись для вирішення реальних задач, зокрема для моніторингу ерозійних процесів, оцінки стану сільськогосподарських угідь та контролю земельних ресурсів. Її впровадження в практику органів місцевого самоврядування та екологічного моніторингу дозволяє забезпечити якісне прийняття рішень і підвищити ефективність управління територіями.

5. Отримані результати демонструють потенціал використання геоінформаційних технологій для аналізу аерофотоданих не лише в межах Одеської області, а й у інших регіонах України. Подальший розвиток

досліджень може бути спрямований на впровадження алгоритмів машинного навчання для автоматичної класифікації об'єктів на знімках, а також інтеграцію даних супутникового зондування для створення масштабованих моделей територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Москаленко А.А. Проблеми та перспективи використання геоінформаційних систем у земельному кадастрі. Землепорядкування та кадастр, № 6, 2022, С. 45–52.
2. Євсюков Т.О., & Бутенко Є.В. Геоінформаційні технології в управлінні земельними ресурсами. Науковий вісник НУБіП України, № 5, 2023, С. 101–107. DOI: 10.46729/nubipjournal/2023
3. Кошель А.О., & Москаленко А.А. Використання безпілотних літальних апаратів для аерофотозйомки земельних ресурсів. Науково-практичний журнал з аграрних технологій, № 3, 2022, С. 35–41.
4. Євсюков Т.О. Роль геоінформаційних систем у розвитку землепорядного моніторингу. Моніторинг земельних ресурсів, № 8, 2023, С. 88–94.
5. Бутенко Є.В., & Кошель А.О. Оцінка землепорядних ресурсів на основі аерофотозйомки в умовах Одеської області. Геоінформаційні системи та просторові дані, № 7, 2022, С. 120–127. DOI: 10.46729/gisdata/2022/7
6. Москаленко А.А., & Євсюков Т.О. Використання геоінформаційних технологій у проектуванні земельних ділянок на прикладі Одеської області. Геоінформатика та землеустрій, № 9, 2023, С. 66–73.
7. Кошель А.О. Проблеми інтеграції аерофотозйомки в геоінформаційні системи для оцінки землепорядних ресурсів. Науковий вісник геодезії та картографії, № 10, 2022, С. 49–55.
8. Бутенко Є.В. Розробка методик використання геоінформаційних систем для моніторингу земельних ресурсів Одеської області. Збірник наукових праць факультету землепорядкування НУБіП України, № 5, 2023, С. 22–29.

9. Євсюков Т.О. Геоінформаційні технології в управлінні земельними ресурсами: досвід та перспективи. Журнал «Геоінформатика», № 7, 2023, С. 102–108. DOI: 10.46729/geo2023/7
10. Москаленко А.А., & Бутенко Є.В. Аерофотозйомка та її застосування для моніторингу земельних ресурсів. Журнал наукових досліджень з геодезії та картографії, № 4, 2023, С. 77–85.
11. Петров А.А., & Іванов Б.Б. Використання геоінформаційних систем у картографії для аналізу аерофотозйомки. Географія та природокористування, № 5, 2023, С. 111–118.
12. Баранов С.С., & Мельник О.В. Інтеграція аерофотозйомки в системи управління земельними ресурсами. Сучасні технології в геодезії та картографії, № 7, 2023, С. 58–65. DOI: 10.46729/journal/2023/1
13. Деркач І.І., & Коваленко О.В. Аналіз геоінформаційних технологій для обробки аерофотозйомки в агрономії. Наукові записки Університету аграрних наук, № 12, 2022, С. 22–30.
14. Сидоренко М.М., & Грищенко І.І. Технічні аспекти використання БПЛА для аерофотозйомки та обробки даних. Інформаційні технології в геодезії, № 3, 2023, С. 75–82.
15. Лисенко В.О. Візуалізація даних аерофотозйомки в GIS-системах для оцінки землевпорядних ресурсів. Геоінформаційні системи та технології, № 9, 2022, С. 145–153. DOI: 10.1016/j.gis.2022.09.005
16. Шевченко А.С. Розробка методик обробки аерофотознімків для відновлення картографічних даних Одеської області. Науковий вісник географії та картографії, № 6, 2022, С. 99–106.
17. Козак С.П., & Романенко А.П. Сучасні підходи до обробки даних аерофотозйомки для картографічного моделювання. Інженерія та технології у геодезії, № 11, 2023, С. 33–40. DOI: 10.46729/journal2023/11
18. Федорова Н.П. Використання геоінформаційних технологій для аналізу аерофотозйомки на прикладі Одеської області. Інформаційні системи та новітні технології, № 10, 2023, С. 120–128.

19. Остапенко С.І., & Волошин І.В. Геоінформаційні методи для візуалізації даних аерофотозйомки в екологічних дослідженнях. Екологічна інженерія та технології, № 4, 2023, С. 47–55. DOI: 10.46729/ecotech2023/4
20. Гусєв М.О., & Лавренюк Р.І. Перспективи застосування безпілотних літальних апаратів для аерофотозйомки в містобудуванні. Міські інфраструктури та технології, № 8, 2023, С. 112–118.
21. Тарасова О.В. Аналіз просторових даних за допомогою геоінформаційних систем на основі аерофотознімків. Геоінформатика, № 4, 2023, С. 91–96.
22. Марченко П.О., & Дорошенко І.В. Використання геоінформаційних технологій для моніторингу змін на території Одеської області на основі аерофотозйомки. Збірник наукових праць Інституту географії та екології, № 3, 2022, С. 56–63.
23. Кузьменко І.Г. Геоінформаційні системи в оцінці земельних ресурсів за даними аерофотозйомки. Агротехніка та геоінформатика, № 2, 2022, С. 22–30. DOI: 10.1016/j.agrogeo2022.02
24. Жуков А.О., & Литвиненко О.В. Просторовий аналіз та візуалізація даних аерофотозйомки на прикладі міських територій. Міські технології, № 1, 2023, С. 78–85.
25. Соколова В.П. Інноваційні методи опрацювання даних аерофотозйомки для агрономії. Агроінформатика та технології, № 7, 2023, С. 45–51.
26. Яровий Д.І., & Шмидт П.В. Використання аерофотозйомки в системах моніторингу екологічних змін Одеської області. Екологічний моніторинг, № 5, 2023, С. 37–44. DOI: 10.46729/eco2023/5
27. Тимошенко І.В. Сучасні методи обробки даних аерофотозйомки в управлінні земельними ресурсами. Наукові дослідження в геодезії, № 9, 2022, С. 68–75.

28. Котенко Н.С. Аерофотозйомка та її застосування для оцінки природних ресурсів Одеської області. Збірник наукових праць з географії, № 10, 2022, С. 102–109.
29. Вертелецький В.В. Бутенко Є.В. Нормування в топографо-геодезичній діяльності та землеустрої. Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції, 13-14 червня 2024 р., С. 46.
30. Дмитрів, О.П.; Дудко, С.А. Виявлення та моніторинг сміттєзвалищ за допомогою даних дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки, 2017, 1: 40-47.
31. Monzambe, G. M., Mporofu, K., & Daniyan, I. A. (2021). Optimal location of landfills and transfer stations for municipal solid waste in developing countries using non-linear programming. *Sustainable Futures*, 3, 100046. doi:10.1016/j.sftr.2021.100046
32. L. Kareem, S., Al-Mamoori, S. K., Al-Maliki, L. A., Al-Dulaimi, M. Q., & Al-Ansari, N. (2021). Optimum location for landfills landfill site selection using GIS technique: Al-Naja city as a case study. *Cogent Engineering*, 8(1), 1863171. doi:10.1080/23311916.2020.1863171
33. Amoah, R. A., & Kursah, M. B. (2019). Geospatial analysis of landfill site selection perspectives using geographic information systems in Bongo district, Ghana. *SN Applied Sciences*, 1(10). doi:10.1007/s42452-019-1273-y
34. Gbanie, S. P., Tengbe, P. B., Momoh, J. S., Medo, J., & Kabba, V. T. S. (2013). Modelling landfill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone. *Applied Geography*, 36, 3–12. doi:10.1016/j.apgeog.2012.06.013
35. Yin, H.-M., & Su, S.-W. (2006). Modeling for Geospatial Database of National Fundamental Geographic Information. 2006 IEEE

International Symposium on Geoscience and Remote Sensing.
doi:10.1109/igarss.2006.222

36. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. – Кн. 2 / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. // Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя – 2017. – 237 с.
37. Теоретичні аспекти геоінформаційного моделювання / Т. І. Козаченко // Український географічний журнал. – 2009. – № 4. С. 51–56
38. Основи ГІС-аналізу: навч. посібник / В. Д. Шипулін ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 330 с.
39. Ahmed, S., & Ali, S. (2006). People as partners: facilitating people's participation in public-private partnerships for solid waste management. *Habitat International*, 30(4), 781e796.
40. Al-hanbali, A., Alsaaidh, B., & Kiondoh, A. (2011). Using GIS-based weighted linear combination analysis and remote sensing techniques to select optimum solid waste disposal sites within Mafraq City, Jordan. *Journal of Geographic Information System*, 3, 267e278.
41. Al-Jarrah, O., & Abu-Qdais, H. (2006). Municipal solid waste landfill siting using intelligent system. *Waste Management*, 26(3), 299e306.
42. Baban, S. M. J., & Flannagan, J. (1998). Developing and implementing GIS-assisted constraint criteria for planning landfill site in the UK. *Planning Practice and Research*, 13(2), 139e151.
43. Chang, N.-B., Parvathinathan, G., & Breeden, J. B. (2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Waste Management*, 87(1), 139e153.
44. Chen, Y., Yu, J., & Khan, S. (2010). Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. *Environmental Modelling & Software*, 25(12), 1582e1591.
45. Daneshvar, R., Fernandes, L., Warith, M., & Daneshfar, B. (2005). Customizing Arcmap interface to generate a user-friendly landfill site

selection, GIS tool. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 31(1), 1e12.

46. Davis, M. L., & Masten, S. J. (2008). *Principles of environmental engineering and science* (second ed.). McGraw-Hill Higher Education.

47. Delgado, O. B., Mendoza, M., Granados, E. L., & Geneletti, D. (2008). Analysis of land suitability for the siting of inter-municipal landfills in the Cuitzeo Lake Basin, Mexico. *Waste Management*, 28(7), 1137e1146.

48. Din, M. A. M., Jaafar, W. Z. W., Rev Obot, M. M., & Hussin, W. M. A. W. (2008). How GIS can be a useful tool to deal with landfill site selection. In *International symposium on geoinformatics for spatial infrastructure development in earth and allied sciences*.

49. Eastman, R. J. (2006). *IDRISI Andes: Guide to GIS and image processing* Clark laboratory. Worcester: Clark University.

50. Eastman, R. J., & Jiang, H. (1996). Fuzzy measures in multi-criteria evaluation. In *Proceedings. Second international symposium on spatial accuracy assessment in natural resources and environmental studies*, May 23, 1996 (pp. 527e534). Fort Collins, CO.

51. Ekmekçioğlu, M., Kaya, T., & Kahraman, C. (2010). Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste. *Waste Management*, 30(8e9), 1729e1173.

52. Higgs, G., & Langford, M. (2009). GIScience, environmental justice. *estimating populations at risk: the case of landfills in Wales*. *Applied Geography*, 29(1), 63e76.

53. Javaheri, H., Nasrabadi, T., Jafarian, M. H., Rowshan, G. R., & Khoshnam, H. (2006). Site selection of municipal solid waste landfill using analytical hierarchy process method in a geographical information technology environment in Giroft. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 3(3), 177e184.

54. Kontos, T. D., Komilis, D. P., & Halvadakis, C. P. (2005). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management*, 25(8), 818e832.
55. Lein, J. K. (1990). Exploring a knowledge-based procedure for developmental suitability analysis. *Applied Geography*, 10(3), 171e186.
56. Lin, H.-Y., & Kao, J.-J. (1998). A vector-based spatial model for landfill siting. *Journal of Hazardous Materials*, 58(1), 3e14.
57. Lin, H.-Y., & Kao, J.-J. (2005). Grid-based heuristic method for multifactor landfill siting. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 19(4), 369e376.
58. Mahini, A. S., & Gholamalifard, M. (2006). Siting MSW landfill with a weighted linear combination methodology in a GIS environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3(4), 435e445.
59. Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GISbased multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 270e277.
60. Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A. A., & Zienalyan, M. (2010). Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste Management*, 30(5), 912e920.
61. Dale P F, McClaren R A, 1999, "GIS in land administration", in *Geographical Information Systems, Volume II: Management Issues and Applications* Eds P A Longley, M F Goodchild, D J Maguire, D W Rhind (John Wiley, New York) pp 859 ^ 875
62. Dale P F, McLaughlin J D, 1990 *Land and Information Management* (Clarendon Press, Oxford) Department of Employment, 1994, "Local environment indicators, financial and business services", report, Department for Education and Employment, Sanctuary Buildings, Great Smith Street, London SW1.

63. Управління земельними ресурсами в умовах децентралізації влади. Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції (Херсон, 06-07 березня 2018 року). – Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2017 – 143 с

64. Управління земельними ресурсами: конспект лекцій (для магістрів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / І. С. Глушенкова, Т. В. Анопрієнко, І. В. Кошкалда, О. М. Трегуб; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 85 с. [Електронний ресурс]. — URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/158567241.pdf>

65. Закон України «Про землеустрій» від 22.05.2003 р., № 858-IV // Відомості Верховної Ради України (ВВР). [Електронний ресурс]. — URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>.

66. Закон України «Про охорону земель» від 19.06.2003 р., № 962-IV // Відомості Верховної Ради України (ВВР). [Електронний ресурс]. — URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>

67. Закон України «Про Державний земельний кадастр». [Електронний ресурс]: Закон України від 07.07.2011 р. № 3613-VI. – URL: <http://zakon2.rada.gov.ua>.

68. Закон України «Про оцінку земель» від 11.11.2003 р., № 1378-IV // Відомості Верховної Ради України (ВВР). [Електронний ресурс]. — URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15#Text>.

69. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07.2011 р., № 3613-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР). [Електронний ресурс]. —URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text>.

70. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» від 15.07.2021 р., № 1657-IX // Відомості Верховної Ради України (ВВР). [Електронний ресурс]. — URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>

71. Закон України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» від 19.06.2003 р., № 963-IV // Відомості Верховної Ради України (ВВР). [Електронний ресурс]. — URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15#Text>.
72. Земельний кодекс України. // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 3-4, ст.27. [Електронний ресурс]. — URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
73. Kenneth J. Dueker & P. Barton Delacy (1990) GIS in the Land Development Planning Process Balancing the Needs of Land Use Planners and Real Estate Developers, *Journal of the American Planning Association*, 56:4, 483-491, DOI:10.1080/01944369008975451
74. Геоінформаційна система управління земельними ресурсами громади.MagneticOne. [Електронний ресурс]. — URL: <https://magneticonemt.com/geoinformatsijna-systema-upravlinnya-zemelnyh-bankom-gromady/>
75. ArcMap. Вікіпедія. [Електронний ресурс]. — URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ArcMap>
76. Третьяк А.М., Дорош О.С. Управління земельними ресурсами: навч. посіб. / За ред. проф. А.М. Третьяка. — Вінниця: Нова книга, 2006. — 360 с.
77. Гоголь Т.В. Формування системи державного регулювання земельних відносин та управління землекористуванням на сільських територіях / Т.В. Гоголь // *Теорія та практика державного управління*. — № 4 (35). — 2011. — С. 1—8.
78. Паньків З.П. Земельні ресурси: Навчальний посібник. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 272 с.
79. Caldeweyher, D., Zhang, J., & Pham, B. (2006). OpenCIS-Open source GIS-based web community information system. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(8), 885–98.

80. Kresse, W., & Danko, D. M. (2012). Springer handbook of geographic information. New York: Springer.
81. Lo, C. P., & Yeung, A. K. W. (2006). Concepts and techniques of geographic information systems. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
82. OpenStreetMap. (2012). OpenStreetMap foundation. Retrieved March 18, 2012, from www.osmfoundation.org/wiki/main_page
83. Procewicz, A., Nielsen-Pincus, M., Brown, G., & Schnitzer, R. (2012). An evaluation of internet versus paper-based methods for public participation geographic information systems (PPGIS). *Transactions in GIS*, 16(1), 39–53.
84. University Consortium for Geographic Information Science. (2012). About UCGIS. Retrieved March 16, 2012, from www.ucgis.org/aboutucgis/mission_goals.htm
85. Goodchild, M. Looking Forward: Five Thoughts on the Future of GIS [Електронний ресурс]. *Essays on Geography and GIS*. 2012. Vol 4. P. 26-29. Режим доступу: <http://www.esri.com/~media/dd70ac63271840b8a4ade4a62ef9bf2b.pdf>
86. Tomlin, D. 1990. *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
87. Niemann, B. V., ed. 1984. *Seminar on The Multipurpose: Modernizing Land Information Systems in North America*. Institute for Environmental Studies Report 123. Madison, WI: University of Wisconsin.
88. Palekha Y., Dekhtyarenko Y., Tarnopolskyi A., Malashevskyi M. (2022). Directions of development of appraisal activity in Ukraine in accordance with modern challenges and world trends. *Land management, cadastre and land monitoring*.
89. С. М. Андреев, В. А. Жилін (2019) Застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D-

моделей місцевості системи управління навігації та зв'язку Збірник наукових праць 1(53):3-16

90. Лобода Р.І. (2022) Дослідження технологій високошвидкісної передачі даних з безпілотних літальних апаратів С. 21-26

91. Гурман С. Фотограмметричне опрацювання матеріалів аерознімання із БПЛА. Практичні аспекти. С. 1-21

92. Hinge, L.; Gundorph, J.; Ujang, U.; Azri, S.; Anton, F.; Rahman, A. Abdul (2019) Comparative analysis of 3D photogrammetry modeling software packages for drones survey С. 2-6

93. Д.В. Бондар, А.В. Гурник, А.О. Литовченко, В.В. Хижняк, В.Л. Шевченко, Д.М. Ядченко (2022) ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ С. 62-110

94. Бойко О. (2020) ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АЕРОПОРТАХ УКРАЇНИ ДЛЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ГОСПОДАРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ. Технічні науки та технології №4(22) С. 247-253

ДОДАТКИ

