УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Будівельний факультет

Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою

КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ГІС НА ОСНОВІ ДАНИХ ДЗЗ

Пояснювальна записка
до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

ВПГЗ. 311.193.2026.ПЗ.

Розробив: студент гр. 103-ГЗ-Д22
Віталій МАСЛО
Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій
Керівник: к.т.н доц. Ужвієва О.М.
Нормоконтроль: к.т.н доц. Орел Є.Ф
Зав. кафедри: д.т.н проф. Угненко Є.Б

Рецензент: доктор філософії з наук про Землю, доцент, доцент кафедри геодезії, землеустрою та земельного кадастру Одеського державного аграрного університету, Сопов Д.С.

2026

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ВПГЗ

Факультет будівельний
Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор д-р техн. наук

_____Є.Б. Угненко

« ___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Масло Віталію Вікторовичу

1 Тема: Картографічне моделювання в середовищі ГІС на основі даних ДЗЗ
Керівник Ужвієва Олена Оиколаївна, канд. техн. наук, доцент _____
затверджені розпорядженням по будівельному факультету від «18» травня 2026 року № 18
2 Строк подання студентом закінченої роботи 15 червня 2026 року
3 Зміст пояснювальної записки Вступ. 1. Нормативно-правова основа. 2. Огляд методів отримання даних на основі дистанційного зондування Землі. 3. Огляд програмних засобів. 4. Рельєф як головний елемент картографічної основи. Висновки. _____

4 Перелік графічного матеріалу 1. Проєкти цифрової трансформації. 2. Огляд супутникових комплексів ДЗЗ. 3. Радіолокаційне знімання. 4.Порівняльна характеристика програмних рішень: переваги та недоліки. 5. Цифрове картографування. 6 Об'єкти цифрових топографічних карт та планів: точкові, лінійні, площинні. Растрове і векторне представлення інформації. 7. Технологічна схема комплексної цифрової обробки радарних знімків Sentinel-1 для наступного моделювання рельєфу. 8. Основні способи зображення рельєфу на картах. 9. ЦМР території на основі комплексної цифрової обробки даних ДЗЗ. 10. Характеристика методів зображення рельєфу. 11. Висновки

ВПЗ

5. Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основні розділи	доц. Ужвієва О.М.		

6 Дата видачі завдання «18» травня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1. Огляд джерел інформації та нормативно-правової основи	18.05. – 23.05.2026	
3. Огляд методів отримання даних на основі ДЗЗ	23.05. – 25.05.2026	
4. Огляд програмних засобів та розробка рекомендацій щодо технологічної схеми комплексної цифрової обробки радарних знімків Sentinel-1 для моделювання рельєфу	25.05. – 15.06.2026	
5. Оформлення кваліфікаційної роботи та презентації	15.06. – 17.06.2026	
6. Підписання кваліфікаційної роботи	18.06.2026	

Студент _____

Керівник _____

ВНТУ

РЕФЕРАТ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

УДК

Тема випускної кваліфікаційної роботи_ Картографічне моделювання в середовищі ГІС на основі даних ДЗЗ

Автор Масло В.В., студент гр.103-ГЗ-Д22

кафедри *вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою*

Українського державного університету залізничного транспорту , 2026рік;

Обсяг пояснювальної записки: _46_кількість аркушів текстової частини, __2__ілюстрацій, ___-___фотографій, _3_таблиць, __-___додатків, __30__літературних джерел.

Обсяг графічного / презентаційного матеріалу: _15_кількість аркушів.

Мета та метод дослідження (виконання роботи): моделюванні рельєфу в середовищі ГІС на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для картографування, геодезії,земельного та інших кадастрів в Україні.

Отримані результати: з урахуванням можливостей застосування засобів візуалізації рельєфу в геоінформаційному середовищі QGIS представлено результати картографічного оформлення моделі рельєфу отриманого в процесі цифрової обробки радарних даних Sentinel-1

Новизна випускної кваліфікаційної роботи: запропонована комплексна цифрова обробка даних ДЗЗ Sentinel-1 на онові технологічної схеми

Область використання: в галузі картографування, геодезії, військової справи, земельного та інших кадастрів в Україні

ВГЗ

Зміст

ВСТУП 6
1. Нормативно-правова основа 8
1.1 Особливості регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану 8
1.2 Ведення Державного картографо-геодезичного фонду України 10
1.3 Проєкти цифрової трансформації е-Земля та НІГД 12
1.4 Геоінформаційні системи для управління та обліку ресурсами 14
2. Огляд методів отримання даних на основі дистанційного зондування Землі 18
2.1. Методи дистанційного зондування Землі 18
2.2 Огляд супутникових платформ ДЗЗ 20
3. Огляд програмних засобів 22
3.2 Формати просторових даних: GeoJSON, GML, XML, DXF 26
3.3 Порівняльна характеристика програмних рішень: переваги та недоліки 30
3.4 Створення цифрових карт (планів) місцевості в програмному комплексі Digitals 33
4. Рельєф як головний елемент картографічної основи 36
4.1 Способи подання рельєфу на карті 36
4.1 Способи зображення рельєфу в процесі цифрової обробки радарних даних 40
ВИСНОВКИ 43
Список використаних джерел 44

ВПГЗ

					ВПГЗ. 011.193.2026 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		*Масло В.В.*			*Картографічне моделювання в середовищі ГІС на основі даних ДЗЗ*	Літ.	Арк. 4 / Акрушів 46
Перевір.		*Ужвієва О.М.*					
Н. Контр.		*Орел Є.Ф.*				УкрДУЗТ	
Затверд.		*Угненко Є.Б.*					

ВСТУП

Дистанційне зондування Землі направлено на вирішення кардинальних проблем людства: пізнання навколишнього середовища, пошук сировинних і енергетичних ресурсів, удосконалення технології інформаційного забезпечення. Глобальність та висока інформативність спостережень із космосу дозволили принципово по-новому вирішувати проблеми дослідження природних ресурсів Землі й охорони навколишнього середовища. Космічна техніка сприяла подальшому розвитку всіх наук про Землю, Сонце, Всесвіт, а також таких галузей науки і техніки, як кібернетика, обчислювальна техніка, хімія, фізика, астрономія, матеріалознавство.

Для дистанційних досліджень природних ресурсів Землі використовують цілий арсенал технічних засобів. Це штучні супутники Землі, орбітальні станції, літаки-лабораторії, наземні засоби приймання та оброблення інформації, мережа наземних і морських полігонів, обладнаних рухомими та стаціонарними засобами для дистанційних, контактних і приземних досліджень.

Дистанційні дослідження впливають на розвиток багатьох наук, але особливо значним є внесок у розвиток географії. За допомогою знімання з космосу вже досягнуто значних успіхів у вивченні ряду фундаментальних проблем географії. На основі аналізу даних, отриманих методами дистанційного зондування, уже виявлено багато нових, раніше невідомих явищ і переглянуто деякі звичні уявлення. Радикально змінилась глобальна система спостережень за погодою і кліматом, доповнились новими даними дослідження в галузі геології, гідрології, геодезії, океанології, ландшафтознавства.

Використання космічних методів у географічних науках уперше дозволили постійно отримувати інформацію про просторові та динамічні особливості природних явищ, відкрили нові можливості безперервного спостереження багатьох процесів і явищ, які виникають на Землі.

Для розв’язання широкого кола наукових, виробничих та прикладних задач необхідні карти рельєфу поверхні різного змісту й масштабу. Рельєф виступає важливим елементом при дослідженні геологічних, екологічних, ландшафтних

ВПЗ

об’єктів. Дослідження рельєфу актуальне при виконанні кадастрових робіт. Оскільки від рельєфу залежить розробка ґрунтозахисних систем у землеробстві, систем регулювання поверхневого стоку, заходів боротьби з ерозією ґрунтів, відновлення їх родючості, то саме такі характеристики, як довжина, крутизна й експозиція схилів є визначальними у вивченні ерозійних процесів. Параметри рельєфу є об’єктом морфометричних досліджень. Карти глибини і щільності розчленування рельєфу, віддаленості від гідрографічної мережі, карти залишкового рельєфу відіграють важливу роль при вирішенні геоморфологічних, екологічних, ландшафтних досліджень. Особливо важливу роль відіграє рельєф при прогнозуванні повеневих і паводкових стоків. Дощові паводки в гірських і передгірських районах часто мають катастрофічний характер. Вони формуються під впливом таких факторів, як інтенсивність і тривалість опадів, умови фільтрації води, але основним чинником є рельєф.

ВПЗ

1. Нормативно-правова основа

1.1 Особливості регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану

З 24 лютого 2022 р. в Україні запроваджено воєнний стан. Розглянуто основні із чинних та потенційних законодавчих змін у сфері землеустрою та кадастру [1].

1. Особливості вчинення правочинів, предметом яких є земельна ділянка.

Набрала чинності Постанова Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України щодо діяльності нотаріусів та функціонування єдиних та державних реєстрів, держателем яких є Міністерство юстиції, в умовах воєнного стану» [2], що передбачила на період дії воєнного стану та протягом одного місяця після його припинення/скасування такі особливості:

- нотаріальне посвідчення договорів щодо відчуження нерухомого майна, договорів іпотеки, довіреностей на право розпорядження нерухомим майном, здійснюється виключно нотаріусами, включеними Міністерством юстиції України до переліку;

- реєстрацію речових прав на нерухоме майно здійснюють, окрім нотаріусів, що увійшли до Переліку нотаріусів, також визначені Мін'юстом державні реєстратори;

- нотаріальне посвідчення договорів щодо відчуження нерухомого майна і відповідна державна реєстрація прав забороняється до закінчення одного місяця з дня державної реєстрації права власності відчужувача нерухомого майна (за винятком, зокрема, оформлення спадщини);

- забороняється також нотаріальне посвідчення договорів щодо відчуження нерухомого майна, іпотеки, встановлення довірчої власності на нерухоме майно (в тому числі внесення змін або припинення таких договорів) і відповідна державна реєстрація прав на підставі довіреності відчужувача/іпотекодавця;

- нотаріальне посвідчення договору щодо відчуження нерухомого майна, іпотеки, про встановлення довірчої власності на нерухоме майно здійснюється виключно за місцезнаходженням такого майна (з певними особливостями для міста

ВПЗ

Києва та Київської області);

- забороняється державна реєстрація права власності на нерухоме майно у зв'язку з передачею майна у власність юридичної особи як внесок (внесення майна до статутного (складеного) капіталу (статутного фонду)), а також у власність фізичним та юридичним особам, що вийшли із складу засновників (учасників) юридичної особи.

2. Доступ до відомостей із Державного земельного кадастру.

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України «Деякі питання ведення та функціонування Державного земельного кадастру в умовах воєнного стану» [3] протягом дії воєнного стану в Україні та одного місяця з дня його припинення/скасування припиняється доступ користувачів до Державного земельного кадастру (далі – ДЗК) в межах адміністративно-територіальних одиниць, перелік яких затверджується Державною службою з питань геодезії, картографії і кадастру за погодженням з Міністерством аграрної політики та продовольства.

Такий перелік визначається з урахуванням переліку адміністративно-територіальних одиниць, в межах яких припиняється доступ користувачів до єдиних та державних реєстрів, і які розташовані в районі проведення воєнних (бойових) дій або які перебувають у тимчасовій окупації, оточенні (блокуванні), а також переліку територій, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окупованих збройними формуваннями Російської Федерації.

Публічна кадастрова карта не функціонуватиме, оприлюднення відомостей ДЗК через Публічну кадастрову карту не здійснюється.

Додатково, на аналогічний строк, Постановою Кабінету Міністрів України «Деякі питання регулювання земельних відносин» [4] було призупинено реалізацію пілотного проєкту, згідно з яким розробники документації із землеустрою мали б отримали можливість вносити відомості до ДЗК самостійно.

3. Особливості користування землями сільськогосподарського призначення.

З урахуванням потреби воєнного часу у спрощенні передачі землі в користування для проведення посівної кампанії, 7 квітня 2022 року набув чинності Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо

створення умов для забезпечення продовольчої безпеки в умовах воєнного стану» [5].

Порядок «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» [6] передбачає можливість визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії російської федерації.

1.2 Ведення Державного картографо-геодезичного фонду України

Згідно з підпунктами 12, 26 пункту 4 Положення про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 14 січня 2015 року № 15 (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 09 грудня 2021 року № 1302), Держгеокадастр здійснює ведення державного обліку топографо-геодезичних і картографічних робіт, організовує зберігання матеріалів, одержаних за результатами їх виконання, і забезпечує формування та ведення Державного картографо-геодезичного фонду України.

Надання у користування топографо-геодезичної і картографічної інформації здійснюється відповідно до вимог статті 20 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» та Порядку надходження, ведення обліку, зберігання та використання матеріалів Державного картографо-геодезичного фонду України, їх валідації, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 січня 2024 року № 67.

Наказом Держгеокадастру від 14.02.2024 № 48 «Про визначення адміністратора Державного картографо-геодезичного фонду України» адміністратором Державного картографо-геодезичногофонду України визначено державне науково-виробниче підприємство «Картографія», що належить до сфери управління Держгеокадастру.

Держгеокадастром забезпечується ведення Державного картографо-геодезичного фонду України, а саме: приймання, облік, систематизація,

накопичення та зберігання страхового фонду геодезичних, топографічних, картографічних матеріалів, інформації та даних, у тому числі в цифровій формі, отриманих в результаті здійснення топографо-геодезичної і картографічної діяльності суб'єктами господарювання усіх форм власності; забезпечення органів державного управління, органів місцевого самоврядування, оборони, науки, культури, освіти та населення геодезичними, топографічними, картографічними матеріалами; надання у користування юридичним та фізичним особам топографо-геодезичних та картографічних матеріалів та інформації.

З метою ведення Державного картографо-геодезичного фонду України Держгеокадастром забезпечено створення геоінформаційної системи Державного картографо-геодезичного фонду України. На даний час приймання геодезичних, топографічних та картографічних матеріалів (топографічні плани та карти всього масштабного ряду від 1:500 до 1:1 000 000), гідрографічних, аерозйомочних матеріалів до Державного картографо-геодезичного фонду передбачено здійснювати через геоінформаційну систему з урахуванням вимог:

1) Державний картографо-геодезичний фонд України функціонує у складі національної інфраструктури геопросторових даних і формується на основі збирання, обробки, обліку топографо-геодезичних і картографічних матеріалів в електронній (цифровій) формі, отриманих у результаті виконання загальнодержавних топографо-геодезичних і картографічних робіт, а також спеціальних топографо-геодезичних і картографічних робіт, результати яких мають міжвідомче значення, для використання їх органами державної влади та органами місцевого самоврядування, а також фізичними та юридичними особами;

2) ведення Державного картографо-геодезичного фонду України здійснюється шляхом створення та підтримання функціонування геоінформаційної системи та відповідних геоінформаційних сервісів, які забезпечують приймання, облік, зберігання, аналіз і оброблення матеріалів та даних, що надходять на зберігання, а також оприлюднення метаданих про них на національному геопорталі;

3) формування та ведення Державного картографо-геодезичного фонду України, приймання матеріалів та їх автоматизована перевірка (валідація)

здійснюються адміністратором – визначеним державним унітарним підприємством, державною організацією (установою, закладом), що належить до сфери управління центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин;

4) адміністратор Державного картографо-геодезичного фонду України забезпечує доступ сертифікованим інженерам-геодезистам для здійснення автоматизованої перевірки (валідації) відповідності електронного документа, що містить відомості про результати топографо-геодезичних і картографічних робіт в електронній (цифровій) формі, встановленим вимогам щодо змісту, структури і технічних характеристик до розроблення такого документа до подання заяви про внесення відповідних відомостей до Державного картографо-геодезичного фонду України. За результатами перевірки формується електронний протокол перевірки з описом помилок (за наявності).

Наразі геоінформаційна система Державного картографо-геодезичного фонду України працює у режимі дослідної експлуатації. З 24.02.2022 року до завершення воєнного стану в Україні Адміністратором Державного картографо-геодезичного фонду України прийнято рішення про обмеження доступу до даних, що зберігаються у Державному картографо-геодезичному фонді. Про повне відновлення роботи Державного картографо-геодезичного фонду користувачів буде повідомлено додатково. Для забезпечення користування геоінформаційною системою Державного картографо-геодезичного фонду України користувачі повинні пройти процедуру реєстрації та верифікації [7].

1.3 Проєкти цифрової трансформації е-Земля та НІГД

Сьогодні в Україні презентовано 94 проєкти цифрової трансформації у ключових сферах. Затверджений Урядом перелік проєктів буде реалізований протягом трьох років (2021-2024 рр.) та сприятиме розбудові цифрової держави. Міністерству цифрової трансформації вдалося масштабувати управління проєктами цифрової трансформації на всі сфери та галузі. В основі такого менеджменту –

унікальна ефективна система управління проєктами, що дозволить трансформувати Україну на всіх рівнях – від загальнонаціонального до місцевого.

На порталі Дія [8] є можливість переглянути основну інформацію про проєкти.

В сфері геодезії, землеустрою та кадастру запропоновано 2 проєкти, які входять до галузі сільське господарство:

- цифрова трансформація земельних відносин, землеустрою та охорони земель (е-Земля);

- цифрова трансформація геодезії та картографії (НІГД).

Цифрова трансформація земельних відносин, землеустрою та охорони земель (е-Земля) передбачає автоматизацію процесу формування та встановлення меж земельних ділянок повністю в електронній формі, переведення всіх видів документації із землеустрою в електронну форму, забезпечення внесення відомостей про всі об'єкти до Державного земельного кадастру та підвищення їх якості, автоматизацію контролю за використанням та охороною земель, земельного податку та моніторингу земель, відкриття даних Державного земельного кадастру.

В проєкті е-Земля передбачено розробку 2 підпроєктів:

- підпроєкт цифровізація контролю за використанням та охороною земель, який повинен забезпечити повну прозорість заходів з контролю та за використанням та охороною земель і буде містити продукти: електронний документообіг інспекторів, виконання наземної зйомки та дронів, автоматизація аналітики;

- підпроєкт відкриті земельні дані направлений на покращення доступу до даних ДЗК та інших наборів даних шляхом створення API і буде містити продукти: протокол підключення API для підключення зовнішніх користувачів, набори відкритих даних.

Цифрова трансформація геодезії та картографії передбачає запровадження Національної інфраструктури геопросторових даних (далі – НІГД), а саме: розроблення та доопрацювання специфікацій наборів даних і розподілу повноважень щодо оновлення геопросторових даних, цифровізація банку геодезичних даних, створення цифрових моделей рельєфу та місцевості, оновлення топографічних планів та ортофотопланів і забезпечення доступу до топографічних

ВПЗ

наборів даних.

В проєкті НІГД передбачено розробку 3 підпроєкти:

- підпроєкт оновлення ортофотоплану, який передбачає оновлення ортофтопланів всієї України, забезпечення доступу до ортофотопланів, створення інструментів оновлення та доступу до ортофотопланів окремих територій і буде містити продукт – сервіс доступу до ортофотопланів;

- підпроєкт оновлення наборів топографічних даних направлений на оновлення топографічних планів, забезпечення доступу до топографічних наборів даних та створення інструментів оновлення таких даних для окремих територій і буде містити продукт – сервіс доступу до топографічних наборів даних;

- підпроєкт цифрових моделей рельєфу та місцевості направлений на створення картограм рельєфу та місцевості, забезпечення доступу до картограм рельєфу та місцевості і буде містити продукт – сервіси доступу до наборів геоданих.

1.4 Геоінформаційні системи для управління та обліку ресурсами

Для розроблення геоінформаційних систем для управління та обліку ресурсами територіальних громад необхідно враховувати такі рекомендаційні вимоги [9]:

1) використовувати базові геопросторові дані при створенні тематичних геопросторових даних;

2) забезпечити інтероперабельність та сумісність даних;

3) забезпечити роботу з геопросторовими даними у діючих системах координат та висот, Державній геодезичній референцній системі координат УСК-2000 та Балтійській системі висот 1977 року;

4) забезпечити регламентований доступ суб’єктам, що беруть участь у створенні і зміні геопросторових даних, до базових геопросторових даних;

5) сповіщати адміністратора базових геопросторових даних про необхідність зміни координатних даних об’єктів, що належать до базових геопросторових даних, за актуалізованими даними про відповідні об’єкти;

ВПЗ

6) створювати першочергово координатні дані тих об’єктів, які вимагають більш високої точності з міркувань економічної доцільності та спеціальних нормативних вимог, встановлених для відповідних об’єктів:

- в іншій системі геодезичних координат (попередніх єдиних державних системах геодезичних координат: СК-42, місцевих системах координат) з обов’язковим описом способу переходу від цієї системи координат до УСК-2000;

- в картографічній проекції, пов’язаної з УСК-2000 через формули проекції або з попередніми єдиними державними системами координат СК-42, або місцевою чи іншою системою координат, з обов’язковим додатком відповідних формул проекції, що пов’язують її з УСК-2000 чи іншою зазначеною системою координат (з обов’язковим описом в останньому випадку способу переходу від цієї системи координат до УСК-2000);

- в іншій прямокутній системі координат із обов’язковим описом способу переходу від цієї системи координат до УСК-2000.

- мати доступну для публічного використання документацію з описом формату даних;

7) кожен користувач повинен мати відповідну категорію щодо права внесення і зміни координатних даних певних категорій об’єктів при багатокористувацькому доступі, що надає право зміни геопросторових даних;

8) забезпечити підтримку форматів обміну геопросторовими даними для забезпечення сумісності даних.

Для забезпечення сумісності геопросторових даних в геоінформаційних системах вони повинні бути представлені в Державній геодезичній референцній системі координат УСК-2000 та Балтійській системі висот 1977 року.

У разі відсутності можливості подання геопросторових даних безпосередньо в УСК-2000 припустимі такі варіанти їх подання [10]:

При застосуванні систем координат для подання геопросторових даних в НІГД слід враховувати положення національного стандарту ДСТУ ISO 19111:2017.

При плануванні робіт, що входять до складу безпосереднього забезпечення інвестиційної діяльності та при здійсненні яких потрібне уточнення існуючих і

ВГЗ

формування нових координатних даних об’єктів або відповідних картографічних документів, за якими можна сформувати такі координатні дані, до складу робіт включаються заходи, що забезпечують підвищення сумісності координатних даних НІГД.

Формат обміну геопросторовими даними для забезпечення сумісності повинен відповідати таким вимогам [10]:

- опис повинен бути достатнім для того, щоб можна було застосовувати існуючі конвертори або розробити нові конвертори даних у відкриті обмінні формати;

- формат має відповідати даним, що постачаються в цьому форматі, та забезпечувати в повному обсязі відображення структури даних та системи класифікації класів об’єктів, атрибутів об’єктів і доменів їх значень, визначених в специфікації геопросторових даних, включно з іменами класів об’єктів, іменами атрибутів об’єктів та типів даних для значень їх атрибутів, що формально описані в каталозі класів об’єктів;

- у разі подання даних у форматі, документація для якого відсутня у публічному доступі, до таких даних повинні додаватися конвертори, що забезпечують конвертування дані у відкриті обмінні формати.

- формати, засновані на використанні мови географічної розмітки GML відповідно до національного стандарту ДСТУ ISO 19136:2017;

- формати, засновані на використанні GeoJSON та TopoJSON, що розширюють загальновідому об’єктну нотацію JSON (JavaScript Object Notation) для подання просторових властивостей об’єктів та їх атрибутів.

Базовими форматами обміну векторними даними в НІГД визначаються такі відкриті та нейтральні до ГІС-платформ формати [10]:

- докладною специфікацією, що розробляється відповідно до вимог Порядку функціонування НІГД та національного стандарту ДСТУ ISO 19131:2019;

- поданням каталогу класів об’єктів, атрибутів об’єктів з доменами їх значень у XML форматі електронного документа відповідно до вимог національних стандартів ДСТУ 8774:2018 та ДСТУ ISO 19110:2017;

ВІГЗ

- метаданими відповідно до Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [11] та Порядку [12].

Ці формати забезпечують найповніше відображення об’єктної структури наборів геопросторових даних і топологічних відношень між об’єктами, визначених в прикладних схемах даних та каталогах класів об’єктів у складі специфікацій на геопросторові дані.

До усіх зазначених документів держателі даних забезпечують відкритий доступ в мережі Інтернет як одну із важливих складових в реалізації інтероперабельності геопросторових даних НІГД [13].

ВПГЗ

2. Огляд методів отримання даних на основі дистанційного зондування Землі

2.1. Методи дистанційного зондування Землі

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це спостереження за поверхнею Землі за допомогою авіаційних і космічних засобів, обладнаних різноманітними видами знімальної апаратури, які вимірюють енергію, що випромінюється земною поверхнею.

Космічний знімок – це зображення нашої планети, отримане за допомогою космічних апаратів, яке містить інформацію про електромагнітне випромінювання, відбите від різних типів земної поверхні.

Цифрове зображення – зображення, представлене у цифровому вигляді як растрові файли, одержані або безпосередньо по радіоканалах з повітряних чи космічних апаратів, або шляхом оцифрування аналогових зображень за допомогою сканера, теле- чи відеокамери.

Дані ДЗЗ з успіхом використовуються для такого:

−прогнозу погоди і моніторингу небезпечних природних явищ;

− прогнозу і контролю розвитку повеней та паводків, оцінки завданого ними збитку;

−оцінки збитків від лісових пожеж і їхніх наслідків;

−контролю стану гідротехнічних споруд на каскадах водоймищ;

−природоохоронного моніторингу;

− спостереження за льодовими обставинами в районах морських шляхів і в акваторіях видобутку нафти на шельфі;

−моніторингу розливів нафти і руху нафтової плями;

−реального місця розташування морських суден у тій чи іншій акваторії;

−відстеження динаміки і стану вирубки лісу;

−прогнозу врожайності сільськогосподарських культур;

−відновлення топографічних карт, що відображають реальний стан територій;

−дотримання ліцензійних угод при освоєнні родовищ корисних копалин;

ВПЗ

–контролю несанкціонованого будівництва. [14].

Методи дистанційного знімання:

– фотознімання – фотографування поверхні у всьому видимому діапазоні спектра чи у певній його частині, а також в інфрачервоному діапазоні. Його широко застосовуються у повітряному та космічному зніманні з метою одержання даних для створення й оновлення карт;

– сканерне знімання – знімання поверхні за допомогою оптичних або багатоспектральних пристроїв – сканерів. Відмінність таких пристроїв від звичайних фотокамер полягає в тому, що сканер, рухаючись уздовж чи вздовж і впоперек маршруту знімання поступово фіксує відбиття проміння від поверхні й спрямовує його в об'єктив. При зніманні поверхні за допомогою сканера формується зображення з окремих елементів (пікселів), кожному з яких відповідає яскравість, випромінювання ділянки поверхні;

– радарне знімання – активний метод знімання, що ґрунтується на випромінюванні у напрямі знятої поверхні сигналу та прийманні його відбиття. Як правило, радарне знімання здійснюється в радіодіапазоні за допомогою локаторів бокового огляду. Перевагою цього методу є можливість виконання знімань у темний час доби та незначний вплив погодних умов туману, хмарності. Радарне знімання використовують для визначення форми поверхні (рельєфу) і вивчення її геологічної структури;

– теплове знімання – знімання в інфрачервоному діапазоні, яке базується на фіксації теплового випромінювання поверхні та об'єктів, зумовленого сонячним випромінюванням або ендогенними процесами, та виявленні аномалій. Воно дає змогу виявляти елементи гідрографії, вивчати геологічну структуру поверхні, льодовий стан, вулканічну діяльність, температурну неоднорідність водного середовища, досліджувати рельєф дна;

– спектрометричне знімання – вимірювання відбивної здатності поверхні чи шарів речовини. Його проводять у мікрохвильовому, інфрачервоному, а

також у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах; застосовують для вивчення гірських порід;

ВПЗ

−лідарне знімання − активне знімання поверхні шляхом неперервної фіксації відбиття від поверхні, яка опромінюється монохроматичним випромінюванням із фіксованою довжиною хвилі. Переважно лідарне знімання ведеться із носіїв з не дуже великою висотою польоту. Частота випромінювання налаштовується на резонансні частоти поглинання елемента, що сканується, і, таким чином, у разі наявності значних концентрацій цього компонента відбиття значно збільшується. Використовують при вивченні нижніх шарів атмосфери, виявленні концентрації певних елементів та сполук [15]. Залежно від джерела сигналу виокремлюють два види дистанційного зондування – активне та пасивне.

2.2 Огляд супутникових платформ ДЗЗ

Прилади активного ДЗЗ здатні самостійно випромінювати сигнал або мають власне джерело світла. Пристрої повноцінно функціонують у будь-який час доби, оскільки не потребують сонячного світла та майже не залежать від атмосферного розсіювання. Прикладом застосування таких технологій є робота *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* з отримання даних про рельєф Землі.

При пасивному ДЗЗ використовується відбите сонячне світло. У пасивному ДЗЗ використовують мультиспектральні або гіперспектральні давачі. Вони вимірюють інтенсивність сигналу за допомогою комбінацій каналів, які різняться за їхньою кількістю (смуги двох або більше видів довжини). Діапазон каналів включає спектри в межах та за межами людського зору (видимий, ближній та тепловий інфрачервоний, а також мікрохвилі). Прикладом є місія *Landsat*.

Дані *Landsat* також доступні для візуалізації, обчислення та аналізу на інших платформах – *Esri ArcGIS Online Landsat Explorer* і *Google Earth Engine*. *Esri ArcGIS Online Landsat Explorer* є безкоштовним для всіх, хто має доступ до Інтернету, а *Google Earth Engine* безкоштовний для некомерційного використання. Довгий часовий запис, глобальне покриття, вільний і відкритий доступ і різноманітні програми роблять дані *Landsat* ідеальним інструментом для навчання та

ВГЗ

вдосконалення навичок дистанційного зондування та вивчення глобальних і регіональних тенденцій і закономірностей [16]

Іншою відомою програмою, результати якої активно використовуються для дослідження компонентів навколишнього середовища, є родина супутникових місій *Sentinel*, над якою працює Європейська космічна агенція (ESA).

Ці місії розробляються для програми *Copernicus* – програми зі спостережень за Земною кулею. Кожна з місій *Sentinel* має спеціальні інструменти для спостережень:

− радарна місія для спостережень за поверхнею землі та океанів (*Sentinel-1*, *Sentinel-6*);

−мультиспектральна місія (*Sentinel-2*);

− інструменти для досліджень топографії поверхні океанів, температури та кольору поверхні землі й океанів (*Sentinel-3*);

−інструменти для досліджень атмосфери (*Sentinel-4*, *Sentinel-5*).

Дані *Sentinel* містяться у вільному доступі.

ВПІЗ

3. Огляд програмних засобів

Розвиток містобудівного кадастру спирається на використання сучасних геоінформаційних систем (ГІС) та пов’язаного програмного забезпечення для створення, аналізу і управління просторовими даними. У цьому підрозділі здійснено порівняльний огляд основних програмних засобів, що застосовуються в містобудівному кадастрі, зокрема QGIS, ArcGIS, Digitals, MapInfo, AutoCAD, SoftPro тощо. Розглянуто призначення і функції кожної системи, їх використання у задачах містобудівного кадастру, а також проаналізовано сильні та слабкі сторони, включно з доступністю цих рішень для територіальних громад.

QGIS – потужна десктопна ГІС з відкрити м вихідним кодом, що розповсюджується безкоштовно за ліцензією GNU GPL. Програма працює на різних платформах (Windows, Linux, MacOS) та підтримує широкий набір просторових форматів (векторних, растрових), баз даних і сервісів, забезпечуючи інструменти для візуалізації, редагування, аналізу геоданих і створення друкованих карт [47].

Функціональність і інтеграція: Активна спільнота розробників і користувачів постійно оновлює функціонал через нові версії та плагіни. QGIS інтегрується з іншими ГІС-платформами (GRASS GIS, PostGIS) і дозволяє розширювати можливості за допомогою плагінів на Python та C++.

Використання в містобудівному кадастрі: У містобудівному кадастрі QGIS дозволяє органам місцевого самоврядування створювати і вести геоінформаційні бази даних, відображати кадастрові плани, підключати публічні картографічні сервіси (наприклад, ортофотоплани або публічну кадастрову карту) та проводити базовий аналіз просторової інформації.

Переваги - Основна перевага QGIS – безкоштовна ліцензія та відкритий код, що робить його доступним для громад. Програма має розвинений набір ГІС-функцій, підтримує численні формати (Shapefile, GeoJSON, KML, PostGIS) і забезпечує гнучкість завдяки плагінам і можливостям налаштування. Дружній інтерфейс і велика спільнота гарантують наявність багатьох навчальних матеріалів і підтримки.

ВПЗ

Недоліки Ефективна робота з QGIS вимагає базових знань ГІС. Спеціалізовані задачі містобудівного кадастру (наприклад, автоматизоване створення документів за державними стандартами) можуть вимагати додаткових плагінів або інтеграції з іншими системами. Відсутність офіційної технічної підтримки, що компенсується активною спільнотою, може бути критичним для окремих застосувань.

QGIS є оптимальним рішенням для невеликих громад та організацій, яким потрібна доступна та функціональна ГІС для містобудівних потреб.

ArcGIS – провідна комерційна ГІС-платформа від Esri, яка встановила галузевий стандарт цифрового картографування та просторового аналізу. Комплекс продуктів (ArcGIS Desktop/Pro, серверні рішення, ArcGIS Online тощо) забезпечує повний цикл роботи з геоданими: створення і редагування карт, аналіз, складну геообробку, управління просторовими базами даних та організацію багатокористувацького доступу. У містобудівному кадастрі ArcGIS застосовується для ведення кадастрових інформаційних систем, створення земельно-кадастрових баз, аналізу територіального розвитку, моделювання інфраструктури та візуалізації містобудівної документації. Державні та муніципальні установи використовують його для земельного кадастру, землеустрою, обліку нерухомості та управління інженерними мережами [18].

Переваги: розширена аналітика, 3D-моделювання, веб-картографування, інтегровані інструменти для спільної роботи, регулярні оновлення, повноцінна технічна підтримка та багата база кваліфікованих спеціалістів.

Недоліки: висока вартість ліцензій та супроводу. Програмне забезпечення ArcGIS є пропрієтарним, вимагає придбання ліцензії для кожного користувача або організації. Тому ArcGIS переважно використовується великими містами та установами, які здатні інвестувати у професійний інструментарій

Digitals – спеціалізоване вітчизняне програмне забезпечення для геодезичних і кадастрових робіт, яке об’єднує функції геоінформаційної системи і системи автоматизованого проєктування. Розроблений ТОВ «Аналітика», який поєднує можливості геоінформаційної системи та САПР. Він орієнтований на виконання геодезичних, землеустроєвих і містобудівних завдань у єдиному середовищі.

ВПЗ

Програма автоматизує обробку польових вимірювань, побудову топопланів, підготовку кадастрової документації, а також формування обмінних файлів (XML, GeoJSON) для подальшого внесення до ДЗК.

Digitals повністю підтримує українські стандарти (зокрема, умовні топознаки згідно з ДСТУ) та не потребує сторонніх CAD-програм. Завдяки багатошаровій структурі, підтримці 3D-візуалізації та просторових баз даних, програма активно використовується в містобудівному кадастрі для планування територій та обміну інформацією з державними реєстрами [19].

Переваги: адаптований до українського законодавства і стандартів; інтегрує ГІС і CAD-функції в одному середовищі; має широкий набір інструментів для роботи з топографією та землеустроєм; підтримує численні формати: DWG, DXF, SHP, MIF/MID, DGN, GeoTIFF тощо.

Недоліки: потребує купівлі ліцензії (хоча ціна помірна); менш зручний для складного просторового аналізу чи веб-картографування; інтерфейс може бути складним для новачків, а довідка – не завжди українською.

MapInfo Pro – комерційна настільна ГІС, розроблена компанією Precisely, яка з кінця 1990-х застосовується для візуалізації, редагування та аналізу геопросторових даних. Програма дозволяє створювати карти з тематичними шарами, виконувати просторові запити (наприклад, аналіз близькості, геокодування), а також експортувати результати у вигляді звітів і друкованих карт [20].

У сфері містобудівного кадастру MapInfo може використовуватися для ведення баз землекористування, планувальних схем, картування забудови, якщо організація має відповідну ліцензію. В Україні MapInfo застосовувалась у держструктурах у 2000-х роках як доступніша альтернатива ArcGIS.

Переваги : зручний і зрозумілий інтерфейс, адаптований навіть не для ГІС-фахівців; підтримка основних форматів (SHP, GeoTIFF, CSV); економне споживання ресурсів і можливість роботи на середніх ПК; наявність безкоштовного переглядача (MapInfo Pro Viewer) для обміну картами.

Недоліки: платна ліцензія з обмеженою демоверсією (30 днів); обмежена спільнота користувачів та менше навчальних ресурсів порівняно з QGIS/ArcGIS;

деякі сучасні функції (3D-аналітика, мережевий аналіз) розвинені слабо; інтеграція з сучасними веб-сервісами чи базами даних потребує додаткових модулів.

AutoCAD – універсальне програмне забезпечення автоматизованого проєктування (CAD), розроблене компанією Autodesk, яке широко застосовується для двовимірного та тривимірного креслення, моделювання і створення технічної документації [21].

Хоча AutoCAD не є повноцінною ГІС, він відіграє важливу роль у містобудуванні та кадастрі, оскільки більшість генеральних планів, топографічних основ та виконавчих схем створюється саме в CAD-середовищах. Програма забезпечує високу точність і підтримує формати DWG/DXF, що стали стандартом обміну між архітекторами, інженерами та землевпорядниками.

Для потреб містобудівного кадастру AutoCAD використовується для підготовки графічних матеріалів — планів земельних ділянок, ситуаційних планів, схем розміщення об’єктів. Спеціальна версія AutoCAD Map 3D додає функції ГІС, зокрема, роботу з координатними системами, геоприв’язку креслень, підключення до просторових баз даних і відображення растрових карт, що дозволяє інтегрувати CAD-креслення з ГІС-шарами.

Переваги: AutoCAD є галузевим стандартом у проєктуванні, тому фахівці містобудування та землеустрою майже завжди володіють цим інструментом. Висока точність 2D/3D креслення та моделювання, функції автоматизації (динамічні блоки, типові умовні позначення). Підтримка профільних toolset пакетів, сумісність із форматами DWG, DXF, DGN.

Недоліки: Базова версія не включає просторову аналітику (атрибутивні таблиці, топологія) без розширень, таких як Map 3D чи Civil 3D.Висока вартість ліцензій і щорічної підписки, що може бути недоступною для малих громад.

Ресурсомісткість програми, що вимагає сучасного обладнання.

AutoCAD широко використовується як допоміжний інструмент для підготовки графічних матеріалів, які потім імпортуються до ГІС. Він є потужним засобом для точного технічного креслення, але не замінює спеціалізовані ГІС-системи для ведення кадастрових баз даних.

SoftPro: Містобудівний кадастр — український програмно-апаратний комплекс для створення та ведення муніципальних кадастрів. На відміну від універсальних ГІС, SoftPro є готовою платформою, яка включає серверну частину, базу даних (PostgreSQL/PostGIS) та веб-інтерфейс для користувачів.

Система забезпечує накопичення та оновлення інформації про землекористування, інфраструктуру, містобудівні обмеження, інженерні мережі тощо. Підтримується ведення всіх реєстрів, передбачених законодавством.

SoftPro інтегрується з популярними ГІС (QGIS, ArcGIS, Digitals, AutoCAD Map), працює у браузері та не вимагає складного навчання — базові навички можна отримати за 1–2 дні, що важливо для картографуваннябез ГІС-фахівців.

Переваги системи: Відповідність українським та міжнародним стандартам (INSPIRE, ISO 19100); автоматизація документообігу: генерація витягів, інтеграція з реєстрами, моніторинг заяв; вбудований публічний геопортал; відкритість технологій: зниження витрат, відсутність залежності від іноземних ліцензій; гнучкість адаптації до потреб кадастрів та будівництва [22].

Недоліки: початкові витрати на впровадження; залежність від постачальника: важлива довгострокова підтримка. Втім, відкритість БД дозволяє переносити дані до інших систем.

Система найдоцільніша для середніх і великих громад, де є фінансові ресурси для підтримки.

Проведений огляд свідчить, що для задач містобудівного кадастру існує спектр програмних рішень – від безкоштовних ГІС до комплексних комерційних систем. Вибір програмного забезпечення залежить від розміру території знимання, бюджету та кваліфікації кадрів.

3.2 Формати просторових даних: GeoJSON, GML, XML, DXF

У системах містобудівного кадастру використовується кілька стандартних форматів для зберігання та обміну геопросторовими даними. В Україні, наприклад, геоінформаційні портали кадастрів поширюють дані в різних ГІС-форматах, таких

як DXF, XML, GeoJSON тощо. Розглянемо основні характеристики форматів GeoJSON, GML, XML та DXF, а також їх застосування в кадастрі та взаємне порівняння за призначенням, зручністю, сумісністю, придатністю для архівування і обміну даними.

GeoJSON — відкритий текстовий формат для представлення простих географічних об’єктів (точки, лінії, полігони) та їх атрибутів. Він базується на стандарті JSON і є офіційно затвердженим як RFC 7946 (2016). GeoJSON використовує систему координат WGS84 [23].

Переваги формату - Легкий і зрозумілий для читання; Ідеально підходить для веб-картографії (Leaflet, OpenLayers); Сумісний з QGIS, ArcGIS та іншими ГІС; Підтримує інтеграцію через API і відкриті геопортали.

Застосування в кадастрі - GeoJSON активно використовується для публікації зонування, містобудівної документації, меж об’єктів на відкритих порталах громад. Він зручний для обміну даними з громадськістю та інтеграції у веб-сервіси.

Особливість: GeoJSON орієнтований на WGS84, тому при використанні локальних систем координат (наприклад, УСК-2000) може знадобитися трансформація даних [24].

GML (Geography Markup Language) – це XML-формат, який використовується для опису геопросторових об'єктів та їх атрибутів. Він розроблений Open Geospatial Consortium (OGC) і стандартизований як ISO 19136:2007. GML слугує мовою моделювання географічних систем, а також відкритим форматом обміну географічною інформацією між різними додатками.

Переваги: дозволяє створювати складні набори геоданих, підтримує різні типи геометрій (точки, криві, полігони, поверхні, тривимірні об’єкти тощо), множинність об’єктів, і може включати як векторні, так і растрові дані та метадані. GML-документ являє собою XML-файл з ієрархічною структурою, де геооб’єкти описуються за допомогою тегів, а система координат може зазначатися атрибутом srsName для геометрій.

Застосування в кадастрі та картографуванні:

GML є офіційним форматом обміну геоданими в багатьох національних і

міжнародних системах. У рамках INSPIRE він використовується для передачі кадастрової інформації: меж ділянок, зон, обмежень тощо. Містобудівні кадастри застосовують GML для обміну між відомчими ГІС, що гарантує збереження повної структури та семантики даних.

Формат підтримується більшістю сучасних платформ: ArcGIS (через модуль Interoperability), QGIS (читання/запис GML), геопортали та WFS-сервіси, які за замовчуванням використовують GML.

Через свою гнучкість GML-файли можуть бути великі й складні, але завдяки структурованості та тегам вони ідеальні для офіційного зберігання геоданих і міжвідомчого обміну.

XML (Extensible Markup Language) – текстовий формат для зберігання й передачі структурованих даних, розроблений консорціумом W3C. XML є гнучким і машиночитаним, базується на системі ієрархічних тегів і може використовуватись у різних галузях завдяки створенню спеціалізованих схем (наприклад, GML, KML, CityGML, LandXML).

У кадастрах XML слугує форматом обміну офіційними даними – наприклад, про земельні ділянки, дозвільні документи, елементи містобудівної документації. В Україні програмні комплекси формують «обмінні файли» у форматі XML для подачі в Державний земельний кадастр та відповідні реєстри.

Переваги XML полягають у його універсальності, читабельності та платформонезалежності, що дозволяє зберігати дані довгостроково. Водночас, для правильного трактування XML-файлів необхідно мати схему (XSD), яка описує структуру даних.

DXF (Drawing Exchange Format) – текстовий формат для обміну графічними даними, створений Autodesk для AutoCAD. Він містить векторне подання креслень (лінії, точки, блоки, шари) і зберігається у форматі ASCII або бінарному. Завдяки відкритій структурі DXF підтримується більшістю CAD і ГІС-систем.

У кадастахі DXF застосовується для імпорту генеральних планів, детального планування, креслень забудови тощо. Архітектори передають DXF-файли для подальшої обробки в ГІС. Формат зручний для архівації та не залежить від версії

ПЗ. Основний недолік – обмежена підтримка атрибутивних і складних даних (наприклад, BIM-інформації).

GML-файли є самодокументованими та легко перевіряються на відповідність схемі, що зручно для контролю цілісності даних у масштабних проєктах. XML забезпечує гнучкість структури, але потребує додаткових зусиль для розробки та освоєння схем. Формат DXF хоч і зберігається у текстовому вигляді, його коди важко читати вручну. Проте DXF зручний для користувача завдяки широкій підтримці у ПЗ: майже всі платформи можуть його імпортувати й експортувати, що спрощує обмін даними без технічної підготовки.

Усі розглянуті формати є відкритими або добре задокументованими стандартами, що забезпечує їхню сумісність. GeoJSON активно використовується у сучасних ГІС, веб-сервісах і застосунках з відкритими даними. GML підтримується провідними платформами та геопорталами і широко застосовується у стандартизованому обміні (через бібліотеки GDAL/OGR, FME тощо).

XML є універсальним форматом, для якого існують парсери у більшості мов програмування.

Його сумісність залежить від наявності опису структури (XML-схеми). Формат DXF, попри комерційне походження, відкрито описаний і став стандартом обміну даними у САПР. Його підтримують усі популярні CAD-системи та багато ГІС-платформ.

Для довгострокового зберігання геоданих важливо обирати формати, що є відкритими, самодостатніми та добре задокументованими [25]..

GML відповідає цим вимогам: це офіційний стандарт, самодокументований, не залежить від конкретного ПЗ. Його використовують національні кадастрові служби, що забезпечує довготривалу доступність. GeoJSON є простим текстовим форматом, придатним для архівування відкритих даних. Його плюси — мінімалізм і зручність, мінуси – обмеження до системи WGS84 і підтримка лише базових об’єктів. XML підходить для архіву за умови збереження схеми. Це стабільний формат, який залишиться придатним для аналізу навіть через десятиліття. DXF широко застосовується для архівування креслень. Текстовий DXF підтримується

багатьма програмами, але при збереженні варто зазначити версію, щоб уникнути втрат сумісності з новими об’єктами AutoCAD.

Таблиця 3.1 – Порівняння форматів за призначенням

Формат	Основне призначення	Переваги
GeoJSON	Веб-обмін, API, відкриті карти	Простота, легкість, швидке завантаження
GML	Офіційний обмін геоданими, INSPIRE	Повнота, підтримка складних структур
XML	Обмін супровідною інформацією	Чітка структура, відповідність шаблонам
DXF	Інтеграція креслень із CAD до ГІС	Сумісність із AutoCAD та планами

Формати доповнюють один одного**:** GeoJSON — для швидкого обміну, GML — для точного й структурованого зберігання, XML — для передачі документів, DXF — для роботи з графікою. Вибір залежить від обсягу, типу даних і потреб користувача**.**

3.3 Порівняльна характеристика програмних рішень: переваги та недоліки

Для ефективної реалізації містобудівного кадастру територіальні громади використовують різноманітні програмні засоби – від універсальних ГІС до спеціалізованих кадастрових платформ (таблиця 3.2). Кожне з рішень має свої особливості, функціональні можливості, переваги та обмеження.

ВГЗ

Таблиця 3.2 – Характеристика програмних рішень при моделюванні рельєфу на основі радарних даних ДЗЗ

Критерій	QGIS	ArcGIS	MapInfo	AutoCAD	Digitals	SoftPro
Функціональність	Повнофункціональна ГІС (картографування, аналіз, плагіни); немає спеціалізованих кадастрових модулів.	Найбільший набір ГІС-функцій (аналіз, 3D, моделювання); надлишок можливостей для типових кадастрових задач.	Базові ГІС-функції для тематичного картографування; обмежені аналітичні інструменти.	Точне інженерне креслення планів; відсутні засоби просторового аналізу та атрибутивних даних.	Спеціалізований функціонал для землевпорядкування та планування (шаблони, координатні перетворення); обмежений набір універсальних ГІС-операцій.	Повний набір модулів для містобудівного кадастру (реєстри, карти, геопортал); не призначена для загального геоаналізу поза сферою кадастру.
Доступність (вартість, ліцензія)	Безкоштовна, відкрита ліцензія (open-source).	Платна (висока вартість ліцензії).	Платна (вартість нижча за ArcGIS, але небюджетна).	Платна (дорога підписка на програму).	Платна (помірна ціна ліцензії у порівнянні з ArcGIS; вітчизняний продукт).	Платна (корпоративне рішення, потребує закупівлі та впровадження).
Зручність використання	Сучасний інтерфейс (є українська локалізація); можливі труднощі для початківців без досвіду ГІС.	Професійний інтерфейс, але складний для освоєння (потрібне навчання); інтерфейс англомовний.	Відносно простий для базових операцій; інтерфейс відмінний від інших ГІС, потребує звикання.	Широко відомий серед проектантів (багато спеціалістів володіють); нефахівцю складно опанувати через специфіку CAD.	Україномовний інтерфейс, але дещо застарілий та неінтуїтивний для новачків; обмежено навчальні матеріали, потрібне навчання.	Веб-інтерфейс, інтуїтивно зрозумілий навіть для непідготовлених користувачів; короткий час навчання (1–2 дні).
Технічна підтримка	Спільнота користувачів та онлайн-документація; відсутня офіційна підтримка (самостійне вирішення проблем).	Офіційна підтримка від виробника (Esri) та дилерів; якісна, але за умови платної техпідтримки.	Підтримка від постачальника (Precisely); менша спільнота користувачів в Україні.	Підтримка Autodesk (оновлення, онлайн-сервіси); багато навчальних курсів і форумів.	Підтримка розробника в Україні (електронна пошта, форум); регулярні оновлення під нові вимоги.	Повна підтримка від компанії-розробника (впровадження, навчання, оновлення); врахування змін законодавства у оновленнях.

РПЗ

Продовження таблиці 3.2

Критерій	QGIS	ArcGIS	MapInfo	AutoCAD	Digitals	SoftPro
Відповід-ність українським стандартам	Підтримує українські системи координат; відсутні готові рішення під стандарти ДСТУ (потрібне ручне налаштування).	Підтримує місцеві проєкції; не реалізовані українські нормативні вимоги без додаткової кастомізації.	Можлива робота з локальними координатами; відсутня вбудована підтримка національних ДСТУ та умовних знаків.	Не має засобів ГІС-стандартизації (звичайний CAD без метаданих); потребує конвертації даних для використання в кадастрі.	Повна відповідність національним стандартам землеустрою та містобудівної документації (вбудовані шаблони ДСТУ, перевірка обмінних XML).	Відповідає вимогам законодавства у сфері містобудівного кадастру; базується на стандартах INSPIRE та ISO 19100.
Інтеграція	Сумісність із багатьма форматами та СУБД (Shapefile, GeoJSON, PostGIS, WMS/WFS тощо); легко інтегрується у різні робочі процеси.	Підтримує імпорт/експорт даних (shapefile, геобаза); підтримує OGC-сервіси; інтеграція зорієнтована на екосистему Esri.	Читає/експортує поширені формати (TAB, MIF/MID, SHP); підтримує WMS; інтеграція з базами через ODBC обмежена.	Обмін даними через файли DXF/DWG; глибока інтеграція з ГІС потребує конвертації або спеціальних модулів (AutoCAD Map 3D).	Підтримує мультикористувацьку роботу через SQL-сервер; імпортує та експортує різні формати; завантажує зовнішні геодані (кадастрова карта, знімки).	Відкрита архітектура на PostgreSQL/PostGIS – дозволяє підключати зовнішні ГІС (QGIS, ArcGIS, Digitals, AutoCAD Map); є веб-сервіси (геопортал) для обміну даними.
Перспективність (цифровізація та відновлення)	Перспективний завдяки відкритості та нульовій вартості – може масово застосовуватися у проєктах відбудови без ліцензійних обмежень.	Залишатиметься стандартом для складних ГІС-завдань, проте масове впровадження обмежене ціною; використовується в окремих проєктах відновлення при наявності фінансування	Перспективи обмежені – на тлі сучасних ГІС та національних систем його використання поступово знижується	Буде застосовуватись для проектування інфраструктури та будівель (CAD у відбудові); не є ключовим інструментом цифрового кадастру.	Продовжує розвиватися та використовуватися фахівцями (оновлення під нові вимоги тривають); з упровадженням державних ГІС-рішень його роль може поступово зменшитися.	Ключове рішення для цифровізації містобудування – впроваджується як основа державного містобудівного кадастру, що забезпечить прозорість і прискорення відбудови країни.

ВНТУ

3.4 Створення цифрових карт (планів) місцевості в програмному комплексі Digitals

Програмний комплекс Digitals є одним із найпоширеніших засобів професійної камеральної обробки результатів геодезичних знімань, що активно використовується в Україні та країнах пострадянського простору. Його функціональні можливості охоплюють увесь цикл створення цифрової топографічної карти – від імпорту польових даних до побудови векторного плану місцевості з автоматизованим оформленням умовних знаків, підписів і вихідних документів. Особливістю Digitals є орієнтація на стандарти ДСТУ та Інструкцію з топографічного знімання масштабів 1 : 500–1 : 5 000, що забезпечує повну відповідність вимогам державного картографування [26].

Процес створення цифрової карти в середовищі Digitals починається з підготовки проєкту, який містить інформацію про систему координат, масштаб, джерело вхідних даних, структуру шарів, атрибутивну таблицю та параметри вихідної графіки. Одним із перших кроків є імпорт даних польових вимірювань, які можуть надходити у вигляді файлів із тахеометрів (формати SDR, RAW), GNSS-приймачів (формати CSV, NMEA, ASCII), хмар точок (LAS, XYZ), або попередньо оброблених CAD-даних (DWG, DXF). Під час завантаження Digitals дозволяє автоматично розпізнати типи точок, коди об’єктів, напрямки ліній, ознаки замкнутості полігонів і висотні відмітки. Вбудовані механізми валідації дозволяють виявити помилки у вхідних координатах, дублікати, неправильні топологічні зв’язки або відсутність елементів обов’язкового опису [27].

Після завантаження даних користувач переходить до етапу векторизації об’єктів місцевості, під час якого формується планова структура карти. Об’єкти будуються за допомогою інструментів креслення: створення ліній, контурів, точок, дуг, текстових написів. Для кожного об’єкта визначається його шар, графічний стиль, атрибутивні властивості, прив’язка до системи координат. Однією з важливих особливостей Digitals є використання класифікаторів об’єктів місцевості – спеціальних файлів, що містять номенклатуру умовних знаків, кольори, товщини

ліній, шаблони підписів відповідно до масштабів. Завдяки цьому об’єкти одразу відображаються в оформленому вигляді, без потреби у подальшій стилізації. Наприклад, при створенні об’єкта з кодом 211 (житловий будинок), Digitals автоматично формує відповідний контур з лініями товщиною 0,35 мм, з відповідним номером будинку, висотою, прив’язкою до семантики та кутом орієнтації.

Наступним етапом є побудова горизонталей і моделі рельєфу. За вхідними точками з висотами або за хмарами точок формується цифрова модель рельєфу (ЦМР), на основі якої автоматично будуються горизонталі з заданим інтервалом. Програма також дозволяє створювати точки з переломом рельєфу, ребра схилів, підпірні стінки, бровки тощо. Всі елементи рельєфу можна редагувати вручну або автоматично – наприклад, вирівнювати за профілями, видаляти зайві лінії, згладжувати за допомогою математичних фільтрів.

Особливою перевагою Digitals є інструменти автоматичного підписування об’єктів –назви вулиць, відмітки висот, довжини ліній, номери будинків, номери ділянок, значення кутів або площ. Програма дозволяє задавати правила розміщення підписів, уникнення їх перекриття, зміну орієнтації тексту та його стилістичне оформлення. Завдяки цьому користувач отримує топографічний план, готовий до друку або цифрового представлення без додаткової обробки.

У фінальній частині процесу виконується оформлення вихідної документації – створення рамки плану, номенклатурного напису, легенди, штампу, таблиці координат і висот, а також експорту в різні формати: DWG, DXF, PDF, TIFF, SHP, GML. Програма підтримує створення розгорнутих звітів, журналів об’єктів, графіків рельєфу, переліків елементів і таблиць атрибутів, які можна зберігати у форматах XLS, CSV, DOC [23].

Суттєвою особливістю технології в Digitals є підтримка автоматизованого зв’язку з іншими програмами. Завдяки модулю обміну даними, користувач може експортувати результати у середовище AutoCAD Civil 3D для подальшого проєктування, до ГІС (наприклад, QGIS або ArcGIS Pro) для аналітики або до системи XML-обміну з Державним земельним кадастром [21,22].

Крім цього, програмний комплекс підтримує масову обробку даних: пакетне

створення об’єктів за каталогами координат, автоматичне формування ділянок з координатних таблиць, геоприв’язку сканованих підоснов, створення мережевого поділу територій та оновлення шарів за змінами в атрибутивній базі.

Таким чином, створення цифрових карт (планів) місцевості в Digitals базується на поєднанні автоматизованих процедур креслення, стилізації, підписування та оформлення з високим рівнем інтеграції з вимогами нормативної документації. Комплекс дозволяє забезпечити швидке, точне та стандартизоване виготовлення топографічної продукції будь-якого масштабу, з можливістю подальшого використання в інженерному проєктуванні, кадастрі, землеустрої, містобудуванні або геоінформаційних системах. Наявність широких інструментів редагування, високий ступінь автоматизації та гнучка підтримка форматів роблять Digitals одним із провідних рішень у сфері камеральної обробки геодезичних матеріалів.

ВПЗ

4. Рельєф як головний елемент картографічної основи

4.1 Способи подання рельєфу на карті

Рельєф є одним з головних елементів географічної основи карт та планів, а також ключовим об’єктом досліджень в кадастрі, географії, геоморфології, геології та картографії. Зображення рельєфу на географічних картах – одна з актуальніших проблем картографії як науки.

Для відображення рельєфу на карті потрібно було розробити такі способи його зображення, які б давали тривимірне уявлення про місцевість, дозволяючи при цьому не тільки виконувати виміри у горизонтальній площі, але й визначати місцезнаходження різних точок місцевості за висотою [28].

Основними сферами застосування інтерферометричної зйомки є: картографування (отримання моделей рельєфу) з високою точністю, моніторинг різноманітних ресурсів, виявлення різних забруднень на земній поверхні, оцінка результатів природних катастроф (зсув великих ділянок поверхні при землетрусах, зсувах, розширення зони пустель, зміна структури ґрунту або ерозія), контроль за переміщенням льодових полів у зонах морського судноплавства.

Існують різні способи зображення рельєфу на карта: перспективний (картинний),зображення рельєфу за принципом відвісного та косого представлення (штрихів крутини, тіньових штрихів та відмивки), висотних відміток, горизонталей (ізогіпс), гіпсометричний (ізолінії з пошаровим кольором), стереоскопічні способи (стереопари, анагліфічний), рельєфні моделі місцевості (рельєфні макети та карти), блок-діаграми, цифрові моделі рельєфу (рисунок 4.1).

ВПЗ

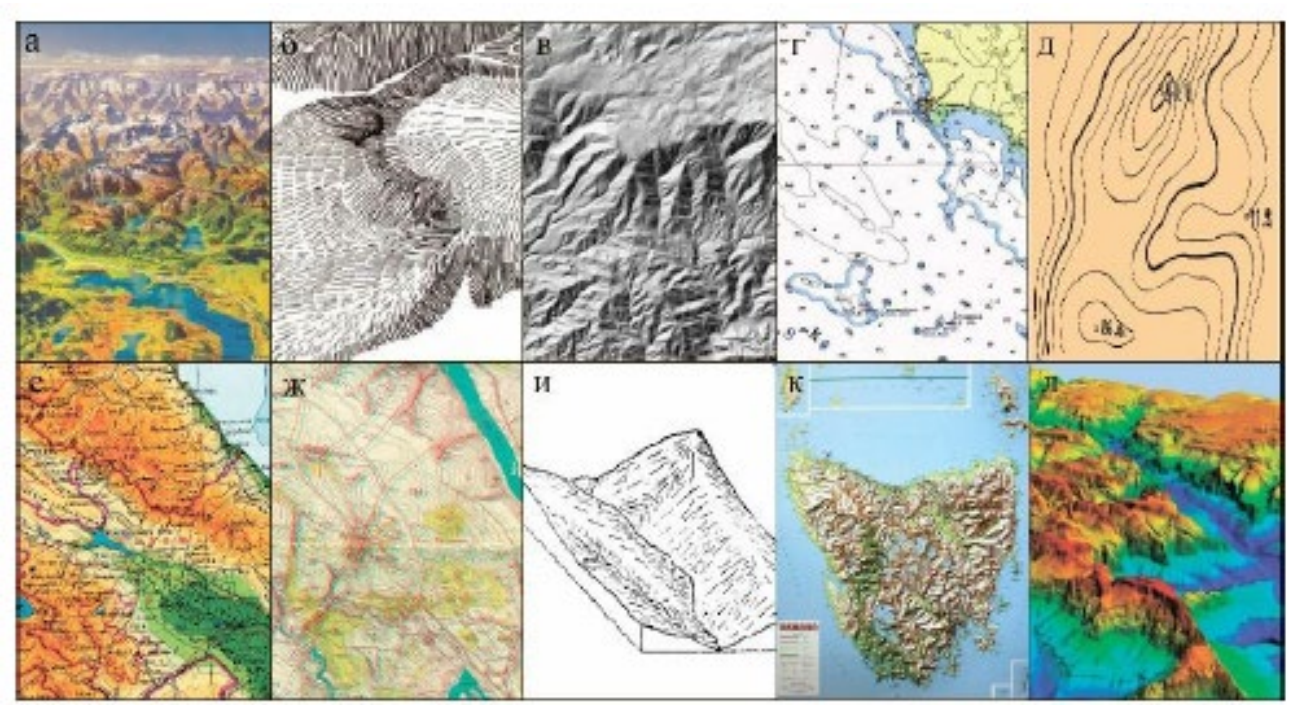


Рисунок 4.1 – Основні способи зображення рельєфу

Використання того чи іншого способу зображення рельєфу залежить головним чином від типу карти, призначення та масштабу, а також від джерела даних та технічних можливостей картографування і візуалізації.

Різноманітність рельєфу забезпечує наочність результатів картографічного моделювання.

Серед сучасних джерел даних для моделювання і картографування рельєфу земної поверхні активним та більш практичним використанням характеризуються данні дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), головним чином – матеріали радіолокаційних (радарних) супутникових зйомок, які відносяться до активного методу дистанційного зондування [28].

Перевагами радарних зйомок є знімання у всі пори року, можливість проведення знімання і в день і в ніч, відсутність впливу атмосфери та перешкод. До недоліків можна віднести складність виконання комплексної цифрової обробки даних ДЗЗ, можлива наявність «шуму» .

Сучасний стан радіолокаційних даних ДЗЗ враховує матеріали знімань більшої

кількості космічних апаратів, серед яких найбільшу популярність отримали Sentinel-1 (Європейське космічне агентство), SRTM (США), які знаходяться у вільному доступі.

Данні радарної зйомки Sentinel-1 є ключовим інструментом для науки і оперативного моніторингу ресурсів у сучасних географічних та кадастрових дослідженнях. Галузь використання цих даних дуже велика: картографування територій, землеустрій деформації земної поверхні, моделювання рельєфу. Данні радарної зйомки Sentinel-1 мають високе просторову розподільну здатність і достатньо широкий вибір рівнів обробки даних які є у вільному доступі завдяки реалізації концепції програми Copernicus щодо загальнодоступності даних дистанційного зондування Землі. [29].,

Цифрове моделювання рельєфу виконується на основі комплексної обробки пари радіолокаційних знімків першого рівня обробки, отриманих у режимі інтерферометричної широкої полоси.

Технологічна схема комплексної цифрової обробки радарних знімків Sentinel-1 для наступного моделювання рельєфу, яка реалізована у вигляді послідовного виконання наступних етапів [28]:

1-етап: Корегистрація – при якої використовується статистика зображення для вирівнювання двох знімків з субпіксельною точністю.

2-етап: Вибір необхідних «спалахів» – вибір необхідної полоси з необхідними «спалахами» та поляризацією для подальшого аналізу.

3-етап: Використання «файла-орбити» – точне геометричне узгодження різночасових знімків.

4-етап: обернене геокодування та розширення спектрального диапозону – об’єднання двох знімків на основі інформації про орбіту, доданий до попереднього етапу та інформації з цифрової моделі рельєфу (ЦМР), який завантажено до програмного продукту.

5. Формування інтерферограми та оцінка когерентності шляхом перехресного множення опорного зображення на комплексно-спряжене вторинне. Амплітуда двох зображень множиться, а фаза являє собою різницю фаз знімків.

6. Видалення ліній швів та фільтрація фази Голдштейна – використовується швидке перетворення Фур’є для підвищення відношення сигнал/шум зображення.

7. Створення підмножин – зменшення розміру оброблюваних даних на наступних етапах для запобігання подальшим помилкам розгортання фази.

8. Розгортання фази – усунення неоднозначності визначення висоти, як різниці висот, що призводить до зміни інтерферометричної фази на величину, шляхом інтегрування різниці фаз між сусідніми пікселями.

9. Переведення фази в абсолютні висоти – переведення фази у висоту поверхні вздовж лінії прямої видимості в метрах, для приведення значень висот до потрібного рівня використовується ЦМР.

10. Корекція рельєфу – перетворення зображення з геометрії похилого або наземного діапазону в задану систему координат.

Результат ЦМР території на основі комплексної цифрової обробки даних ДЗЗ Sentinel-1 представлено на рисунку 4.2.

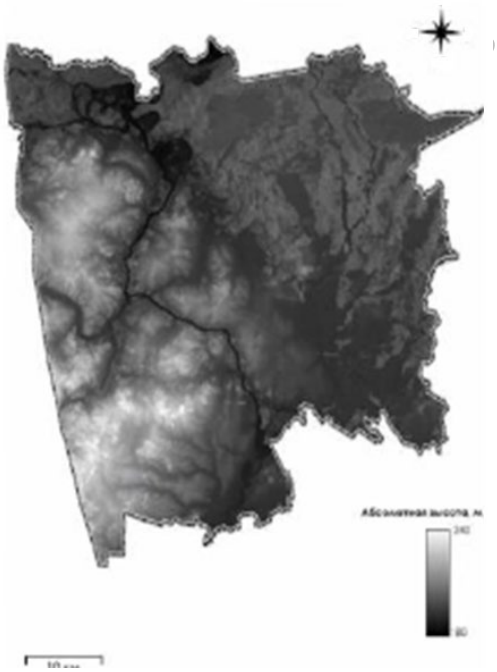


Рисунок 4.2 – Цифрова модель рельєфу місцевості на основі даних супутникової радіолокаційної зйомки Sentinel-1

РГЗ

4.1 Способи зображення рельєфу в процесі цифрової обробки радарних даних

З урахуванням можливостей застосування засобів візуалізації рельєфу в геоінформаційному середовищі QGIS (версія 3.36.0) представлено картографічне оформлення моделі рельєфу місцевості, отриманої в процесі цифрової обробки радарних даних Sentinel-1 у SNAP (рисунок 4.3).

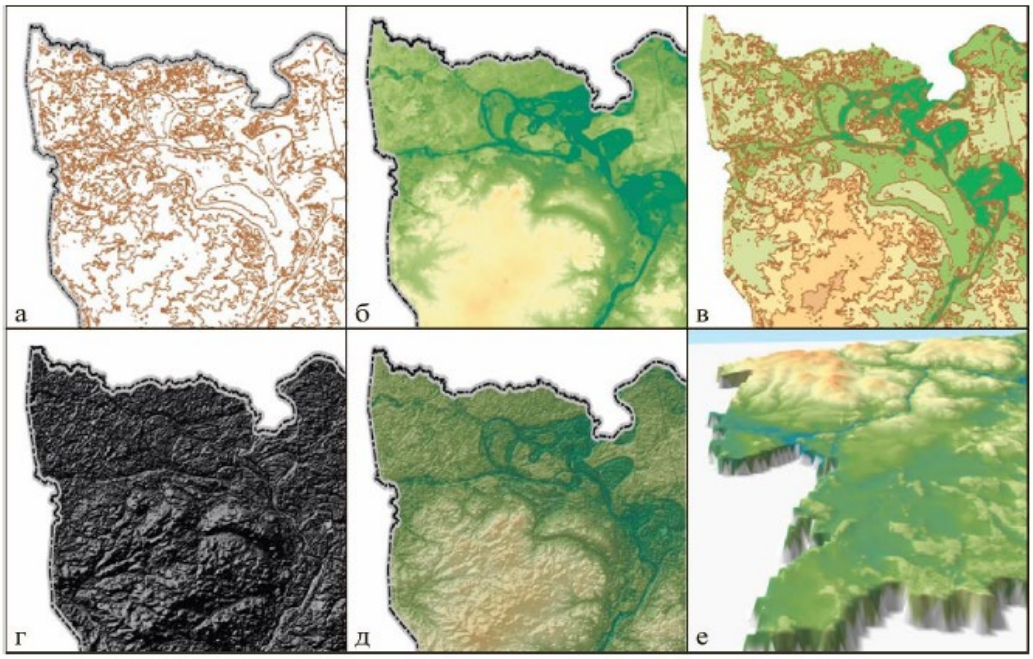


Рисунок 4.3 – Використання різних методів картографічного зображення рельєфу місцевості у програмному середовищі QGIS

Метод ізоліній. Для зображення рельєфу поверхню землі умовно розсікають площинами через певну відстань. Відстань між площинами, що перетинають називається висотою перетину рельєфу. На кожній площині лінія рельєфу буде отримана у вигляді замкнутої кривої, яку проектують на горизонтальну площину, ці лінії називаються ізолініями (рисунок 4.3 (а)). Відстань між ізолініями (крок) визначає деталізацію: чим менший крок, тим вища точність. Можлива перевантаженість на ділянках зі складним рельєфом. Даний спосіб дозволяє точно виконувати вимірювання за картою, але не передає об’ємність рельєфу (не

пластичний).

Гіпсометричний спосіб (спосіб ізоліній з пошаровим забарвленням). Кольори присвоюються діапазоном висот: низовини відображаються темно-зеленим, рівнини – зеленим, височини – жовто-коричневим. Використовується градієнтна або дискретна колірна шкала (рисунок 4.3 (б)). Даний спосіб візуалізації рельєфу дозволяє швидко оцінити абсолютні висоти та перепади, але може спотворювати сприйняття при неправильному виборі кольорів. Поєднання горизонталей та кольорового оформлення проміжків між ними надає зображенню рельєфу на карті метричності та відносної пластичності (рисунок 4.3 (в)).

Метод світлотіньової пластики. Цей метод імітує освітлення поверхні під обраним кутом (зазвичай 45°). Світлі ділянки — схили, звернені до «сонця», темні — протилежні. Ефект відмивання рельєфу можна отримати в середовищі QGIS за рахунок накладення тіньового ефекту (напівпрозорий шар) на зображення із застосованою кольоровою шкалою. Перевага цього способу полягає в максимальній гнучкості та реалістичності. Недолік – відсутність можливості виконання достовірних вимірювань (рисунок 4.3 (г-д)).

Спосіб 3D-візуалізації ЦМР. Даний спосіб дозволяє створювати об'ємні інтерактивні зображення ландшафту, перетворюючи дані висот у реалістичні або стилізовані тривимірні поверхні (малюнок 4.3 (е)). Перевага 3D-моделей – можливість вільно змінювати кут огляду, масштаб та освітлення, що допомагає аналізувати рельєф у динаміці, виявляти приховані закономірності (наприклад, ерозійні процеси).

Однак 3D-візуалізація вимагає значних обчислювальних ресурсів для моделювання деталізованих сцен, а також навичок роботи з професійним програмним забезпеченням [17].

Спільне застосування різних способів картографічного відображення рельєфу підвищує інформативність карти. Необхідно враховувати призначення та характер використання карти, оскільки цим, багато в чому, визначається ступінь метричності та пластичності зображуваного рельєфу (таблиця 4.1) [30].

ВПЗ

Таблиця 4.1 – Характеристика методів зображення рельєфу

Метод зображення рельєфу	Пластичність	Метричність
ізоліній	–	+
гіпсометричний	+/–	+
світлотіньової пластики	+	–
3D-візуалізація	+	–

ВПГЗ

ВИСНОВКИ

В роботі було проаналізовано законодавчі акти, що регулюють ведення кадастрів, а також зміни, які відбулися в умовах воєнного стану. Дослідження показало, що правова база достатньо розвинена, однак потребує постійного оновлення та адаптації до реалій часу, особливо щодо відкритості геоданих, цифрової безпеки та сумісності форматів.

Значну увагу приділено джерелам геопросторової інформації, серед яких основну роль відіграють аерофотозйомка, супутникові знімки, довоєнні картографічні матеріали. Встановлено, що для найефективнішим є поєднання кількох методів збору даних, з урахуванням актуальності, точності й доступності в конкретних умовах.

Також було розглянуто переваги і недоліки програмних засобів, які застосовуються у сфері геодезії, картографування та кадастру. QGIS визнано найбільш придатним для використання завдяки відкритому коду, сумісності з різними форматами даних та підтримці сучасних ГІС-функцій.

Запропоновано рекомендації щодо технологічної схеми комплексної цифрової обробки радарних знімків Sentinel-1 для наступного моделювання рельєфу та наведено характеристику методів зображення рельєфу

ВПЗ

Список використаних джерел

1. Особливості регулювання земельних відносин в умовах воєнного часу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://jurliga.ligazakon.net/analitycs/211625_osoblivost-regulyuvannya-zemelnikh-vdnosin-v-umovakh-vonnogo-stanu , вільний. – Назва з екрана.

2. Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України щодо діяльності нотаріусів та функціонування єдиних та державних реєстрів, держателем яких є Міністерство юстиції, в умовах воєнного стану [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2022 р. № 480. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/480-2022-%D0%BF#Text , вільний. – Назва з екрана.

3. Деякі питання ведення та функціонування Державного земельного кадастру в умовах воєнного стану [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 07 травня 2022 р. № 564. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://www.kmu.gov.ua/npas/deyaki-pitannya-vedennya-ta-funkcionuvannya-derzhavnogo-zemelnogo-kadastru-v-umovah-voyennogo-s564-070522 , вільний. – Назва з екрана.

4. Деякі питання регулювання земельних відносин [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 10 травня 2022 р. № 563. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/563-2022-%D0%BF#Text, вільний. – Назва з екрана.

5. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення умов для забезпечення продовольчої безпеки в умовах воєнного стану [Електронний ресурс] : Закон України від 24 березня 2022 р. № 2145-IX. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-20#Text, вільний. – Назва з екрана.

6. Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації [Електронний ресурс] : Постанова

ВПЗ

Кабінету Міністрів України від 20 березня 2022 р. № 326. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text, вільний. – Назва з екрана.

7. Ведення Державного картографо-геодезичного фонду України. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://land.gov.ua/vedennia-derzhavnoho-kartohrafo-heodezychnoho-fondu-ukrainy/t, вільний. – Назва з екрана.

8. Проєкти цифрової трансформації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://plan2.diia.gov.ua/projects, вільний. – Назва з екрана.

9. Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність [Електронний ресурс] : Закон України від 23 грудня 1998 р. № 353-XIV. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Tex, вільний. – Назва з екрана.

10. А.М. Козуб, Н.О. Суворова, В.М. Чернявський. Аналіз засобів збору інформації для географічних даних інформаційних систем. Системи озброєння і військова техніка, 2011, № 3(27).С.42-47.

11. Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text, вільний. – Назва з екрана.

12. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 26 травня 2021 р. № 532 . – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text, вільний. – Назва з екрана.

13. Проект з розвитку потенціалу використання національної інфраструктури геопросторових даних в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2026/04/digest-03-ukr-3.pdf, вільний. – Назва з екрана.

14. Купріянчик І.П. Фотограмметрія та дистанційне зондування: навч. посіб. Для студ. вищ. навч. закл. // І.П. Купріянчик, Є.В. Бутенко. К.: МВЦ «Медінформ»,

2013. 392 с.

15. Основи методів дистанційного зондування [Електрон. ресурс] / Навчально-інформаційний портал НУБіП України. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=187200 , вільний. – Назва з екрана.

16. Landsat Science [Electronic resource] : site. – Constantly updated. – Electronic text data. – Regime of access: https://landsat.gsfc.nasa.gov/ , free (date of the application: 22.03.2024). – Header from the screen.

17. QGIS Desktop [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://qgis.org/, вільний – Назва з екрана.

18. ArcGIS Online / ArcGIS Pro [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.arcgis.com/ та https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview, вільний – Назва з екрана.

19. Digitals – Analytica (Digitals mapping software) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.vingeo.com/podigitals.html, вільний – Назва з екрана.

20. MapInfo Pro [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.precisely.com/product/precisely-mapinfo/mapinfo-pro, вільний. – Назва з екрана.

21. AutoCAD [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.autodesk.com/products/autocad/overview, вільний – Назва з екрана.

22. SoftPro GIS / SoftPro Standard [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://softpro.ua/en/creation_geoportalov_the_cadastral_portals_support_and_support та https://www.softprocorp.com/real-estate-software-solutions/softpro-standard, вільний – Назва з екрана.

23. Векторні геопросторові дані, отримані внаслідок аерофотозйомки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://data.gov.ua/dataset/24eac8c9-71f0-4504-bceb-3ebfe6b196c2, вільний – Назва з екрана.

24. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою

[Електронний ресурс] : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02 грудня 2016 р. № 509. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text, вільний. – Назва з екрана.

25. Технічні вимоги до геоінформаційних сервісів геопорталів національної інфраструктури геопросторових даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0023-22/ed20211110#n16, вільний – Назва з екрана.

26. Інструкцію з топографічного знімання масштабів 1 : 500–1 : 5 000 [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 17 квітня 2025 р. № 1675. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#Text, вільний – Назва з екрана.

27. Digitals [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.scribd.com/document/755781363/Digitals-book, вільний – Назва з екрана.

28. Зацерковний В. І., Демидов В. К., Цюпа І. В., Малік Т.М. Моделювання в ГІС – 2024. – 420 с. [Електронний ресурс] : https://www.geology.knu.ua/media/library/docs/Modeliuvannia_v_GIS_2024.pdf, вільний – Назва з екрана.

29. Джерела даних супутникового радіолокаційного знімання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://tst.stu.cn.ua/article/view/316133, , вільний – Назва з екрана.

30. Божок А.П., Молочко А.М., Остроух В.І. Картографія: підручник.- К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008.- 271 с.

ВПЗ