

Міністерство освіти та науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису
УДК 528.4

ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Галузь знань 10 – “Природничі науки”

Спеціальність 103 - “Науки про Землю”

Освітньо-наукова програма - “Картографія та географічні інформаційні системи”

Кваліфікаційна робота магістра
студента другого курсу
Кулагіна Максима Олеговича

Науковий керівник –
професор, доктор географічних наук
Даценко Людмила Миколаївна

Допущено до захисту
Протокол засідання кафедри № _____ від _____ 20__ року
Завідувач кафедри _____ проф. Людмила ДАЦЕНКО

Київ – 2024

РЕФЕРАТ

Дана робота розкриває етапи створення тривимірних моделей малих населених пунктів. 3D – моделювання є тим передовим методом, який забезпечує високоточне візуальне представлення використання територій. Візуалізація малих населених пунктів є поетапним наповненням бази геопросторових даних. Модель буде збудована на прикладі с. Голендри Вінницької області.

Аналіз етапів створення тривимірної моделі дає можливість вивчення території дослідження від простої моделі у вигляді топографічної карти до реалістичної моделі селища з урахуванням специфіки рельєфу.

Перший етап роботи розкриває проблематику малих населених пунктів України та поняття для створення сучасних топографічних карт – цифрові та електронні, які є основою для подальшого моделювання з геоінформаційною основою. Другий етап – аналіз основних понять 3D – моделювання та програмного забезпечення ArcGIS Pro як засіб моделювання населених пунктів з урахуванням особливостей рельєфу. Третій етап роботи представляє модель малого населеного пункту, як точне відображення об'єкта місцевості.

Зміст роботи базується на нормативно-правових актах та сучасних досягненнях ГІС картографування.

Ключові слова: тривимірна модель, малий населений пункт, ГІС картографування, нормативно-правові акти.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	04
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ МАЛИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ТА ЇХ КАРТОГРАФІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	06
1.1. Статистичний аналіз малих населених пунктів.....	06
1.2. Топографічна карта як основа моделювання. Вимоги до сучасних топографічних карт.....	11
РОЗДІЛ 2. ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ЗАСОБАМИ ГІС КАРТОГРАФУВАННЯ.....	24
2.1. Сучасне ГІС картографування та моделювання. Складові ГІС моделювання.....	24
2.1.1. Види та принципи картографічного моделювання.....	29
2.1.2 Цифрова карта місцевості (ЦКМ) – основа тривимірного моделювання.....	34
2.2. Використання ArcGIS Pro для 3D-моделювання.....	39
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ МАЛОГО НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ ЗАСОБАМИ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ (НА ПРИКЛАДІ с. ГОЛЕНДРИ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ).....	45
3.1. Характеристика території дослідження.....	45
3.2. Модель рельєфу у середовищі ArcGIS Pro як основа для моделювання населеного пункту.....	48
3.3. Побудова моделі малого населеного пункту.....	51
3.4. Перспективи використання тривимірної моделі малого населеного пункту.....	55
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

ВСТУП

Малі населенні пункти - куточки України, які потребують великої уваги як від керівництва країни, так і від суспільства. Вони є елементами в складній мережі макрокультурних та макроекономічних тенденцій. Падіння економіки, демографічна криза, кліматичні зміни негативно впливають на нездатність малого населеного пункту самостійно підтримувати інфраструктуру у належному стані, а саме небезпечне – зникнути з карти України. Однак, маленькі за розміром та невеликою кількістю населення, вони можуть мати великий потенціал в соціальному, економічному та культурному розвитку країни. Необхідні детальні дослідження та аналіз стану малих населених пунктів, визначення їх просторових особливостей, навколишнього середовища, функціонального зонування, антропологічної складової тощо. Досягнення у ГІС картографії дають можливість вплинути на вирішення проблем малих населених пунктів.

Актуальним у вирішенні цих питань є можливість створення моделі рельєфу та побудови тривимірних моделей будинків та інфраструктурних об'єктів населеного пункту.

Це дасть можливість наочного аналізу їх розвитку, майбутньої забудови та відновлення в системі регіону їх розташування. Разом з тим ці моделі стануть однією з чарунок при створенні сучасної моделі України.

Метою даної роботи є створення 3D-моделі малого населеного пункту у загальній системі картографування України.

Виходячи з мети проектування, поставлені наступні завдання:

1. Опрацювати статистичні дані про малі населені пункти України.
2. Опрацювати нормативно-правові акти та сучасні ГІС технології для побудови 3D-моделі.
3. Зробити аналіз населеного пункту та місцевості проектування.
4. Побудувати цифрову модель рельєфу засобами ArcGIS Pro.

5. Створити тривимірну модель малого населеного пункту засобами програмного забезпечення ArcGIS Pro.

Об'єктом дослідження є малий населений пункт – село Голендри Калинівської міської громади Хмільницького району Вінницької області.

Предметом дослідження є технології створення тривимірної моделі малого населеного пункту.

Методи дослідження – методи опису та аналізу, картографічні методи, методи векторизації, методи дешифрування, методи 3D моделювання.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ МАЛИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ТА ЇХ КАРТОГРАФІЧНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ.

1.1. Статистичний аналіз малих населених пунктів.

Населення проживає у різних за людністю, зовнішнім виглядом та функціональною структурою населених пунктах.

Відповідно до закону України «Про порядок вирішення окремих питань адміністративно-територіального устрою України» від 28.07.2023 р. № 3285-IX [29]:

- Населеним пунктом є компактно заселене місце проживання людей, що утворилося внаслідок історичних традицій, господарської та іншої діяльності, має сталий склад населення, власну назву та відокремлену територію із встановленими у передбаченому законом порядку межами.

Населені пункти поділяються на міські та сільські. До міських відносяться міста та селища, до сільських – села та хутори.

В Україні на липень 2023 року (враховуючи окуповані території) налічується 29831 населених пунктів: 459 міст, 1164 селища, 27175 сіл, 886 селищ міського типу (СМТ) (відповідно закону Верховної Ради України від 28.07.2023 СМТ втрачає своє існування з 1.02.2024 року. Розподіляється на міста, селища та села відповідно до кількості населення).

Село є населеним пунктом із садибною забудовою, загальна чисельність жителів якого становить менше 5 тисяч [29].

Переважна кількість людей у селах зайнята у сільському господарстві. Сільське населення України складає 32%.

На 01.01.1991 року в Україні було – 28 844 села;

На 05.12.2001 року - 28619 сіл;

На 01.12.2019 року – 27207 сіл;

На 01.01.2022 року – 27175 сіл.

Відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 [36] та статистичному аналізу сільського населення [20] села поділяються:

- малі (МНП) – з населенням до 500 жителів – складають 17% сільського населення;
- середні – від 500 до 1000 жителів – 23,6%;
- великі – більше 1000 жителів – 50,3%;
- хутори – 6,4%.

Відповідно даних Держстату з 1990 по 2018 рік з мапи України зникли 426 сільські населені пункти. Однак справжня кількість «вимерлих» сіл набагато більша, так 2014 року 369 безлюдних сіл просто не були зняті з державного адміністративно-територіального обліку. На межі зникнення перебуває ще 4684 села, де станом на 2015 рік мешкало до 50 осіб у кожному. Тобто в перспективі кількох десятиліть сільська поселенська структура України зменшиться приблизно на 17%. (Дослідження Інституту демографії та соціальних досліджень НАНУ).

Малі села України переважають на півночі з чисельністю 250-500 жителів. Найбільша чисельність сільських населених пунктів зосереджена в лісостеповій частині де більш зосереджені середні та великі села з чисельністю 500 – 1500 жителів. Великі села переважають на півдні та нараховують по кілька тисяч жителів. У ряді областей сільське населення переважає над міським.

Найвищі показники щільності сільського населення у західних областях: Львівська, Чернівецька, Івано-Франківська, Закарпатська, Тернопільська, Хмельницька, де в селах проживає більше 50% населення області. В індустріальних районах Донбасу, Наддніпрянщини, де висока частка міського населення, середня щільність сільського населення нижче:

- Донецька -10%,
- Луганська – 13%,
- Дніпропетровська -16%.

Відповідно даним перепису 2001 року, в Україні у малих населених пунктах мешкало 10434,6 тисяч осіб, що складає 32,3% міського населення.

Станом на початок листопада 2021 року в Україні існує 542 «мертві» села, де офіційно немає жодного зареєстрованого жителя [10].

За результатами опрацювання даних [23], про наявність сіл, малих населених пунктів та вимираючих сіл [10] створені порівняльна таблиця та діаграми.

Відповідність кількості малих населених пунктів та зникаючі малі населені пункти відносно загальної кількості сіл кожної області відображено в таблиці 1.1 та на діаграмах Рис.1.1.1, Рис.1.1.2.

Даний аналіз наочно відображає області з найбільшою кількістю малих населених пунктів: Львівська, Житомирська, Київська.

Найбільша кількість зникаючих малих сіл – Полтавська, Сумська, Кіровоградська, Дніпропетровська області.

Темпи скорочення населення на селі значно вищі від міського та середнього по Україні. Сучасні зміни, запроваджені державою у вигляді децентралізації та створення громад, повинні позитивно вплинути на підтримку та розвиток малих населених пунктів.

Сучасний розвиток суспільства потребує нових підходів до створення топографічних карт областей з відображенням найменших населених пунктів з найнижчою чисельністю жителів. Це повинні бути сучасні карти, з відображенням всіх особливостей малого населеного пункту для гарного розуміння цієї місцевості у майбутньому розвитку громад.

Нажаль, сьогодні абсолютна більшість номенклатурних аркушів топографічних карт масштабів від 1:10 000 до 1:200 000 застаріла і не відповідає сучасному стану місцевості: 98,4 % топографічних карт цих масштабів відображають інформацію про стан місцевості більш як десятирічної, а 70,3 % - більш як двадцятирічної давності [30].

Таблиця 1.1

№п/п	Назва області	Села	Малі населені пункти(МНП)	Вимираючі малі населені пункти (налічує «0» жителів)
1	АР Крим	917	9	5
2	Вінницька	1329	14	15
3	Волинська	1054	11	5
4	Дніпропетровська	1375	14	40
5	Донецька	919	13	14
6	Житомирська	1593	31	28
7	Закарпатська	578	4	13
8	Запорізька	870	12	7
9	Івано-Франківська	746	5	6
10	Київська	1121	20	8
11	Кіровоградська	974	6	48
12	Луганська	678	8	14
13	Львівська	1849	49	16
14	Миколаївська	814	11	17
15	Одеська	1100	6	10
16	Полтавська	1788	18	79
17	Рівненська	996	14	2
18	Сумська	1402	11	73
19	Тернопільська	1022	19	4
20	Харківська	1536	14	36
21	Херсонська	577	10	15
22	Хмельницька	1409	13	5
23	Черкаська	723	7	22
24	Чернівецька	398	1	1
25	Чернігівська	1407	12	53

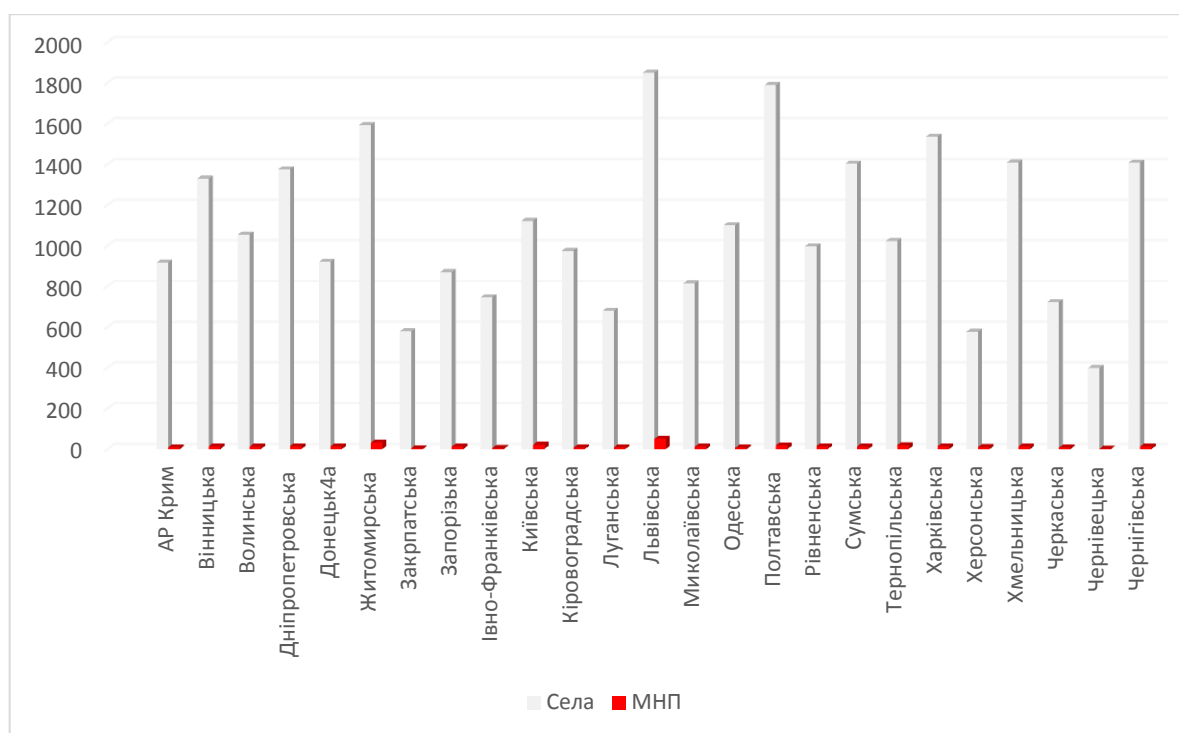


Рис.1.1.1 Діаграма відповідності МНП до загальної кількості сіл кожної області України [23].

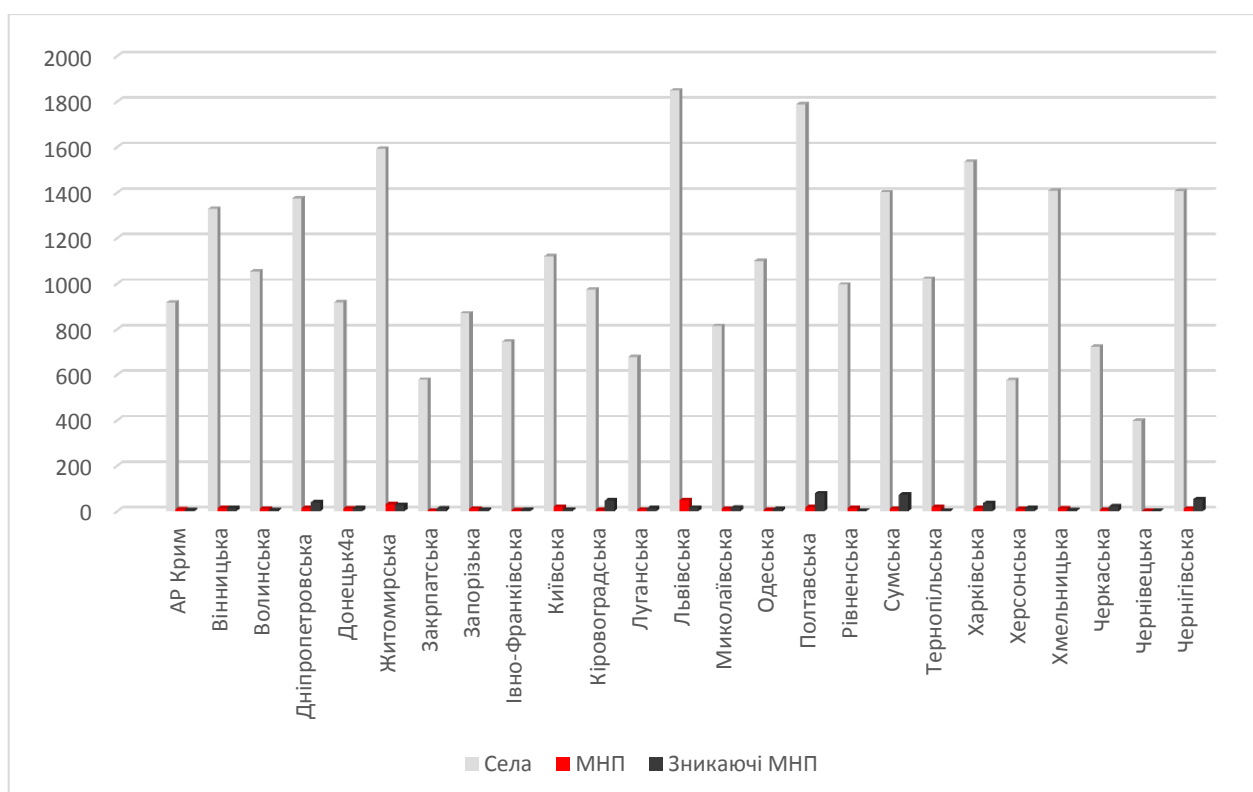


Рис.1.1.2. Діаграма відповідності МНП та вимираючих сіл до загальної кількості сіл кожної області України [10].

1.2. Топографічна карта як основа моделювання. Вимоги до сучасних топографічних карт.

Топографічна карта – докладна, єдина за змістом, оформленням і математичною основою карта, на якій зображені природні та соціально-економічні об'єкти місцевості з властивими їм якісними та кількісними характеристиками і особливостями розміщення. Ступінь деталізації залежить виключно від масштабу карти, вимог щодо генералізації та особливостей даної території [1].

Топографічні карти необхідні на всіх стадіях дослідницько-проектних робіт, таких як розробка родовищ корисних копалин, геологічна розвідка, цивільне та транспортне будівництво тощо. Карта дозволяє визначити взаємне розташування об'єктів та їх координати, виміряти відстані між ними, їх площі, напрямки, ухили, висоти точок тощо.

Сучасні топографічні карти України створюються відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 року № 661 та внесеними змінами від 29 листопада 2022 року №1332 [14].

Постанова визначає механізм створення та оновлення державних топографічних та тематичних карт у графічній, цифровій, електронній, фотографічній та інших формах.

Для топографічних карт визначені такі терміни:

- база топографічних даних – сукупність взаємопов'язаних складно-структурованих геопросторових даних, керування якими здійснюється централізовано; відповідно до наказу №1888 [11] - база топографічних даних призначена для формування, накопичення та зберігання набору базових геопросторових даних загальнодержавного рівня національної інфраструктури геопросторових даних, забезпечення єдиною уніфікованою цифровою топографічною основою геоінформаційних систем різного призначення та забезпечення ведення топографічного моніторингу території країни з метою здійснення заходів загальнодержавного топографічного картографування.

- базова топографічна карта – основа для географічної прив'язки та визначення координат всіх даних, які надходять до геоінформаційної системи;
- геопросторовий об'єкт – об'єкт реального світу, що характеризується певним місцезнаходженням на Землі, і визначений у встановленій системі просторово-часових координат; відповідно до наказу №1888 [11] - геопросторові об'єкти бази топографічних даних подаються у вигляді каталогу об'єктів відповідно до ДСТУ ISO 19110:2017 «Географічна інформація. Методологія каталогізації об'єктів» (ISO 19110:2016, IDT) та ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних».
- геопросторові дані – набір даних про геопросторовий об'єкт;
- державна топографічна карта – цілісний картографічний твір багатоцільового призначення, що уніфікований за математичною основою, змістом, оформленням і зображенням геопросторових об'єктів;
- метадані – довідкова інформація про геопросторові дані та сервіси геопросторових даних;
- набори топографічних даних – сукупність цифрових записів про топографічні об'єкти;
- оперативна база топографічних даних – сукупність засобів системи курування бази даних, геоінформаційних систем та спеціалізованих програмних засобів та обладнання для ефективного керування процесами формування наборів геопросторових даних у базі топографічних даних, здійснення контролю за вхідними даними, координатно-топологічним узгодженням цифрових моделей топографічних об'єктів, формування метаданих для зареєстрованих об'єктів місцевості, забезпечення доступу до даних та їх надання для використання у геоінформаційних системах, накопичення інформації у сховищі бази топографічних даних;
- ортофотокартка – фотографічне зображення місцевості в ортогональній проекції, створене з урахуванням вимог до топографічної карти відповідного масштабу в умовних знаках;

- підсистема здійснення контролю якості даних – підсистема проведення перевірки або контрольних дій з метою оцінки відповідності контролюваного об'єкта стандартам та нормативно технічній-документації;
- сервіси геопросторових даних – операції, які здійснюються за допомогою комп'ютерних програм з даними, що містяться у наборах геопросторових даних або пов'язаних з ними метаданих;
- сховище бази топографічних даних – сховище, створене та описане згідно з вимогами стандартів до структури баз геопросторових даних в об'єктно-реляційній системі керування бази даних у незалежних від конкретної інструментальної геоінформаційної системи внутрішніх форматах даних;
- топографічне картографування – комплекс наукових, організаційних та техніко-технологічних заходів, спрямованих на створення та оновлення топографічних карт;
- топографічні дані – дані або набори даних про топографічний об'єкт;
- топографічні об'єкти – предмети, явища або процеси, зображені на топографічній карті;
- топографічний моніторинг – постійне, регламентоване, безперервне топографічне вивчення сучасного стану та змін місцевості, оперативне картографування зафіксованих змін на цифровій топографічній основі та реєстрація виявлених у базі даних змін об'єктів місцевості [14].

Відповідно до наказу №1888 [11] визначені ще такі основні поняття:

- адміністратор бази топографічних даних - державне підприємство, що належить до сфери управління Держгеокадастру;
- геоінформаційна система бази топографічних даних - спеціалізована інформаційно-аналітична система адміністрування бази топографічних даних, яка включає сукупність засобів системи керування бази даних, спеціалізованих програмних засобів і обладнання для ефективного керування процесами формування наборів геопросторових даних у базі топографічних даних, у тому числі здійснення контролю за якістю вхідних

даних, координатно-топологічного узгодження цифрових моделей топографічних об'єктів, формування метаданих для зареєстрованих об'єктів місцевості, забезпечення доступу до даних та їх надання для використання в інформаційних системах;

- інформаційні ресурси бази топографічних даних - відомості про геопросторові об'єкти, які циркулюють у базі топографічних даних;

Основні державні топографічні карти виконуються в масштабах 1:10000, 1:50000, 1:100000, 1:250000. (Рис.1.1- Рис.1.3).

Базовою державною топографічною картою є карта масштабу 1:10000.

Основна державна топографічна карта – М1:50000.

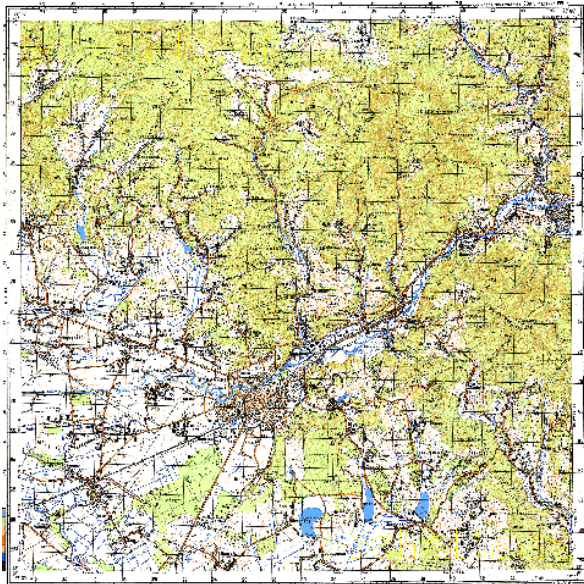


Рис.1.1 – М1:100 000

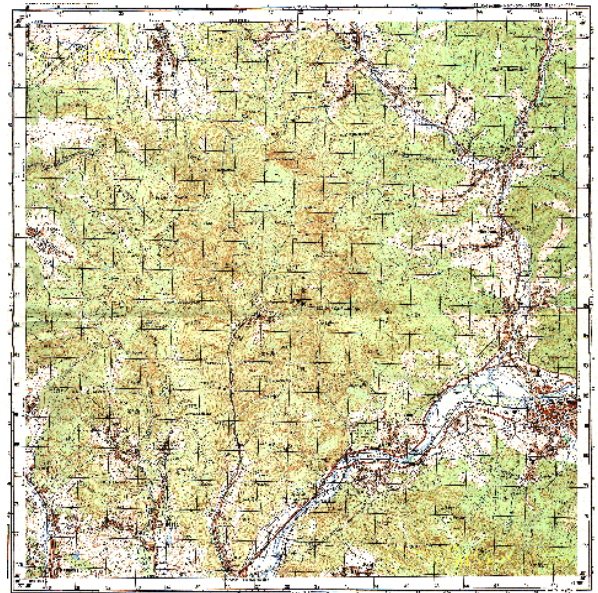


Рис.1.2 – М1:50 000

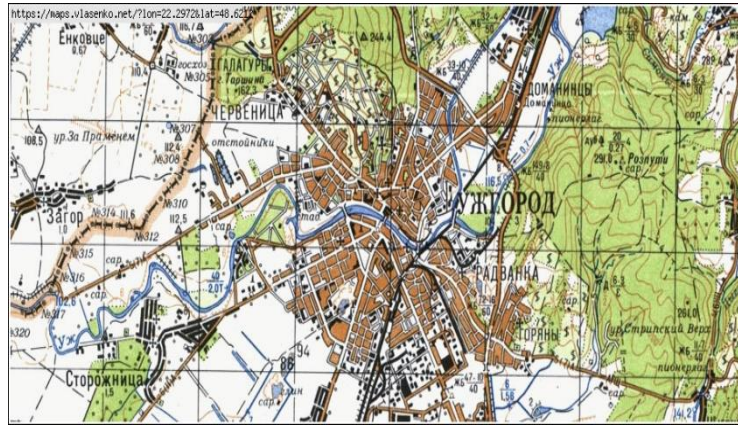


Рис.1.3 – М1:10 000

Топографічні карти за змістом поділяються [14]:

- уніфіковані за змістом – містять інформацію про об’єкти місцевості та їх характеристики, доступну для публічного публікування та призначені для широкого кола користувачів;
- з розширеним змістом – додатково доповнені інформацією про об’єкти місцевості та їх характеристики;
- зі спрощеним змістом – вирізняються вилученою інформацією відповідно до нормативних документів, що встановлюють вимоги щодо зображення на картах об’єктів місцевості та зазначення їх характеристик. Вони є топографічною основою для створення тематичних та кадастрових карт і геоінформаційних систем.

Топографічні карти за методом створення поділяються на [14]:

- аналогові - інформація про місцевість подається як графічне зображення у паперовому вигляді в умовних знаках, прийнятих відповідно до встановлених класифікацій топографічних об’єктів, місце яких на карті обумовлено її масштабом та роздільно-візуальним сприйняттям;
- цифрові – цифрові картографічні моделі, що відповідають змісту аналогової карти певного типу та масштабу і є базами геопросторових даних та метаданих. Створюються за допомогою спеціалізованих програмно-технічних засобів шляхом кодування розміру, форми, розташування та метаданих (якісних, кількісних та структурних характеристик) у прийнятих системах координат, висот, розграфлення, масштабах, проєкціях з урахуванням

класифікації топографічних об'єктів. Зберігаються у базах цифрових картографічних даних;

- електронні – візуалізовані цифрові топографічні карти або підготовлені до візуалізації в умовних знаках, встановлених для певного масштабу карти, і створені з використанням конкретних електронних чи оптико-електронних пристроїв та відповідних програмних засобів.

- Ортофотокарти (фотокарти) – карти, що створюються з метою оперативного забезпечення окремих територій картографічними матеріалами та використання в геоінформаційних системах як геопросторової інформації топографічних карт шляхом трансформування зображень отриманих шляхом аеро- та космічної зйомки з нанесенням мінімальної кількості даних. Це дає змогу отримувати точну інформацію про відстані, площі, дороги, елементи рельєфу, рослинність тощо. Масштаби, розграфлення, точність зображення фотокарт відповідають встановленим вимогам відповідно до нормативно-технічної документації у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності.

Топографічні дані є основою для координатно-просторової прив'язки тематичних даних [14], отриманих за результатами проведення територіального планування, статистичних досліджень, земельно-кадастрових робіт, геодезичних та геологічних вишукувань, та інших спеціалізованих досліджень. Створення та оновлення топографічних карт здійснюється із застосуванням геоінформаційних технологій, які уніфікують засоби формування та використання баз картографічних і топографічних даних у картографічному та топографо-геодезичному виробництві.

Загальна система топографічного картографування складається з функціональних підсистем:

1. збирання даних – включає дані топографічних матеріалів, джерелом яких є:

- дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ);
- аналогові топографічні дані;

- набори цифрових карт;
- достовірні, актуальні і точні дані про об'єкти місцевості.

Результат роботи підсистеми – це:

- набори цифрових векторних та растрових даних;
- набори даних цифрової моделі рельєфу;
- цифрові фотокарти, які завантажуються в оперативну базу топографічних даних для подальшої реєстрації і накопичення у сховищі бази даних та бази оперативного використання.

2. ведення оперативної бази даних – формування, накопичення, зберігання цифрових топографічних даних у системі керування базами даних та геоінформаційних систем для забезпечення якісними базовими геопросторовими даними картографічного виробництва та геоінформаційних систем різного призначення. Ведення бази даних здійснюється адміністратором. Його функції – формування, технічний та технологічний супровід, адміністрування бази топографічних даних, забезпечує їх актуальність, достовірність, збереження та захист відомостей і доступ до них.

3. ведення сховища бази даних;

4. ведення спеціалізованої геоінформаційної системи адміністрування бази даних – призначена для забезпечення оперативного доступу та адміністрування інформаційних ресурсів сховища бази топографічних даних, таких як:

- актуалізації векторних моделей та атрибутів топографічних об'єктів;
- створення каталогів цифрових фотокарт, цифрових та електронних карт;
- формування та оновлення метаданих для наборів топографічних даних і об'єктів та їх атрибутів тощо.

5. здійснення контролю якості даних – є обов'язковим для отримання, включення до бази топографічних даних, реєстрації та виключення з неї. Контроль здійснюється відповідно до вимог нормативно-технічної

документації у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності, зокрема координатно-топологічної узгодженості, точності, повноти та відповідності даних системі класифікації та кодування типів об'єктів та їх атрибутів у базі даних, узгодженості топографічних даних з сучасним станом місцевості;

Стандартизація загальнодержавного топографічного картографування здійснюється шляхом узгодження національних стандартів з міжнародними стандартами серії ISO 19100 “Географічна інформація/Геоматика”.

Топографічні карти в Україні створюються в Державній геодезичній референційній системі координат УСК – 2000 та Балтійській системі висот 1977 року, з 1 січня 2026 року – у Європейській вертикальній референційній системі (EVRS) – поправка від 9 червня 2023 року.

Загальнодержавне тематичне картографування передбачає створення та використання картографічних творів як моделей геосистем, забезпечення зв'язку їх компонентів, послідовності, динаміки та функціонування.

Одним з основних напрямків державного картографування є регіональне картографування з використанням картографічного методу дослідження проблем окремих регіонів для забезпечення їх соціально – економічного розвитку.

Розробкою єдиних вимог до цифрових топографічних карт та підтримкою геопорталу бази топографічних даних займається ДП «НДІГК».

З 2017 року в Україні впроваджено створення регіональних геопорталів для доступу до топографічних карт та планів, кадастрової інформації.

27 січня 2020 року Держгеокадастр оприлюднив «Цифрову топографічну карту України М1:100000» створену ДП «НДІГК», яку можна використовувати у різних геоінформаційних системах, від вільних як QGIS, так і в пропрієтарній (з авторськими правами) як ArcGIS.

22 січня 2022 року Держгеокадастр оприлюднив «Основну державну топографічну карту масштабу 1 : 50 000» у вигляді сервісу онлайн-картографування.

Однак постановою Кабінету Міністрів України № 564 від 7 травня 2022 року (остання редакція № 469 від 9 травня 2023 року) були введення обмеження у веденні та функціонуванні Державного земельного кадастру в умовах воєнного стану [32].

29 листопада 2022 року Кабінет Міністрів України вніс зміни до «Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування», доповнивши його пунктом про необхідність створення топографічних карт у Світовій геодезичній системі WGS-84 та у картографічній проекції Меркатора (UTM) “для потреб Збройних сил України та інших військових формувань, утворених відповідно до законів України”.

14 квітня 2023 року Кабінет Міністрів України повідомив про створення цифрових топографічних карт масштабу 1 : 25 000 на частину територій України.

Картографічне зображення – це основний елемент будь-якої карти, що за допомогою графічних та інших засобів розкриває її зміст [1].

Завданням картографічного зображення є:

- правильно передати до користувача інформацію про земну поверхню (або її окрему ділянку), про природні та суспільні явища, що на ній відбуваються;
- картографування певної території та явищ на ній використовується з метою пошуку певних взаємозв'язків та закономірностей.

Фундаментальні характеристики карти, такі як наочність та читаність карти, та її придатність для використання за метою, для якої вона була створена залежить від правильного вибору способів, за допомогою яких буде передаватися інформація на карті про ті чи інші об'єкти та явища, їхні положення, розміри, форму, якісні ознаки та динаміку.

Картографічне зображення – самостійна форма передачі інформації про місцевість у зменшеному вигляді на будь-якій поверхні, за допомогою якої можна зорозво сприймати взаємне розміщення об'єктів (предметів), що відповідає їх взаємному розміщенню на поверхні Землі. Сукупність графічних

знаків, їх елементів, принципи їх поєднань на картах утворюють засоби картографічного моделювання [5].

Умовні знаки топографічних карт – сукупність графічних, цифрових, літерних, кольорових позначень, що відображають об'єкти на карті. Умовні знаки відображають не тільки просторове розміщення місцевих предметів, а і певні відомості про них, відтворюють на топографічній карті усі особливості місцевості.

Умовні знаки для топографічних карт затверджені наказом Міністерства екології та природних ресурсів України:

- № 254 від 9 липня 2001 року – для карт масштабом 1:10000;
- № 330 від 27 серпня 2001 року – для масштабів 1:25000, 1:50000, 1:100000.

Умовні знаки поділяються на види [19]:

- контурні (масштабні) – відображають місцеві об'єкти, розміри яких відображені у масштабі карти та можна визначити їх площу. Ці знаки мають зовнішній контур, що передає місце розташування та конфігурацію об'єкта. Зовнішній контур заповнюється знаками, які передають якісну характеристику об'єкта;

- лінійні – умовні знаки, які відображають об'єкти у яких можна виміряти довжину, але не ширину(дороги, річки, водогони, лінії електропередач тощо. Точне положення лінійних об'єктів на карті визначається серединою (повздожньою віссю) об'єкта;

- позамасштабні – зображають об'єкти, розміри яких не можна виразити у масштабі карти. Це спрощені рисунки чи геометричні фігури встановленого розміру, що передають загальний вигляд. Його головна точка (місцезнаходження) визначається центром фігури. Це є центром фігури, основи, вершина кута тощо;

- пояснюючі умовні знаки – не відображають самі об'єкти, а дають пояснювальну інформацію до них;






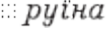

- пояснювальні підписи – відображаються на топографічній карті з іншими знаками та діляться на:

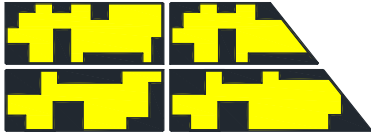
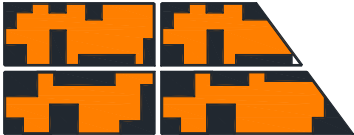
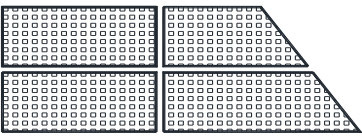
- повні – відображають власні назви об’єктів (населені пункти, ріки, гори тощо);
- скорочені – для додаткової характеристики об’єктів (наприклад, позначення шк.- біля знаку будівлі означає, що це школа);
- цифрові позначення - виражають кількісні позначення об’єктів.

Для характеристики об’єкта важливими є і шрифти. Їх тип та розмір вказують на кількість жителів та адміністративне значення населеного пункту.

Умовні зображення населених пунктів для карт масштабом 1:10000 представлені в таблиці 1.2 [19].

Таблиця 1.2

Назва та характеристика об’єктів	Умовні знаки		Колір знаку	Фон знаку
Окремо розташовані двори (позамасштабні)			Чорний	-
Житлові та нежитлові будівлі в кварталах, у населених пунктах з безсистемною забудовою, а також окремо розташовані будівлі.	а		Чорний	-
	б		Чорний	-
Видатні вогнестійкі будівлі	а		Чорний	-
	б		Чорний	-
Зруйновані та напівзруйновані будівлі, що мають значення орієнтирів	а	 1,6 <i>руїна</i>	Чорний	-
	б			

Квартали населених пунктах з перевагою невогнестійких будівель	В		Чорний	Жовтий
Квартали населених пунктах з перевагою вогнестійких будівель	В		Чорний	Оранж.
Квартали населених пунктах зруйновані та напівзруйновані.	В		Чорний	-

«а» - позначення для зображення позамасштабних умовних об'єктів;


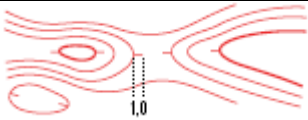
«б» - позначення для зображення, що виражаються в масштабі карти.

Для підвищення реалістичності топографічної карти також використовують кольори, що відповідають забарвленню на місцевості:

- зелені відтінки – рослинність;
- сині відтінки – гідрографія;
- коричневі відтінки – рельєф та піски;
- світло-коричневий – щільна забудова та автошляхи з покриттям.

Умовні позначення рівнинного рельєфу для карт масштабом 1:10000 який використаємо в роботі для моделювання (Таб.2.2) [19].

Таблиця 2.2

Назва та характеристика об'єктів	Умовні знаки	Колір знаку	Фон знаку
Горизонталі та їхні підписи в метрах		Коричневі	-
Показчики напрямку схилів (бергштрихи)		Коричневі	-

<p>Яри та водорії (вимоїни) шириною: 1 - до 3 метрів; 2 – від 3 до 10м; 3 – більше 10м, зображуються в масштабі карти; 4 – ерозійні борозни. Характеристики яру: в чисельнику – ширина яру по верху, в знаменнику – глибина в м.</p>		<p>Коричневі</p>	<p>-</p>
---	--	------------------	----------

Досконалість зображення є необхідною при подальшому моделюванні.

Питання розглянуті в першому розділі дозволяють зробити висновок, що малі населені пункти України є важливими економічними, культурними, історичними об'єктами країни. Належне відношення та вивчення території та можливості її використання збережуть їх на карті країни, та будуть корисними в системі її розвитку.

Малі населені пункти повинні бути відображені на оцифрованих топографічних картах, використовуючи новітні технології та відповідати нормативно – правовим актам у сфері геодезії та картографії.

РОЗДІЛ 2. ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСОБАМИ ГІС КАРТОГРАФУВАННЯ.

2.1. Сучасне ГІС картографування та моделювання. Складові ГІС моделювання.

Відповідно закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», остання редакція №2807-ІХ від 01.12. 2022 року [6]: геоінформаційна система – інформаційна система, призначена для провадження діяльності з геопросторовими даними та метаданими.

Одним з основних напрямків в Україні для впровадження ГІС є моніторинг та оцінювання розвитку регіонів та територіальних громад [33]. Для виконання цієї задачі Кабінет Міністрів України ухвалив постанову «Деякі питання розроблення Державної стратегії регіонального розвитку України і плану заходів з її реалізації та проведення моніторингу реалізації зазначених Стратегії і плану заходів» № 817 від 4 серпня 2023 року [34] (останні зміни № 305 від 15.03.2024 р.) про порядок створення і функціонування єдиної геоінформаційної системи.

Дана ГІС є власністю держави в особі Міністерства розвитку громад територій та інфраструктури, а адміністратором – Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України .

Мета ГІС – забезпечення органів влади актуальними даними для підготовки та прийняття управлінських рішень щодо відновлення та розвитку громад і регіонів, а також моніторингу та оцінювання їх виконання. Система дозволить оперативно оцінювати соціальну та економічну ситуацію в кожній громаді, визначати типові проблеми та оцінювати ефективність витрачання публічних коштів на реалізацію місцевих і регіональних планів відновлення. Також ГІС допоможе управляти впровадженням державної стратегії регіонального розвитку, а також стратегіями регіонів та громад України [33].

Базуючись на геопросторовій інформації система забезпечує аналіз та візуалізацію даних, що дозволяє ефективно управляти інвестиціями та регіональним розвитком.

Закордонні публікації надають дають таке визначення ГІС [27]:

ГІС – комп'ютерна система для збору, зберігання, перевірки та відображення даних, пов'язаних із положенням на поверхні Землі.

Технологію ГІС використовують для наукових досліджень, управління ресурсами та планування розвитком.

ГІС поєднує дані з картою, об'єднуючи дані про місцезнаходження з усіма типами описової інформації [28]. Це забезпечує основу для картографування та аналізу, які використовуються в різних галузях. ГІС допомагає користувачам зрозуміти закономірності, взаємозв'язки та географічний контекст. Сотні тисяч організацій практично в усіх галузях використовують ГІС для створення карт, які обмінюються даними, аналізують, обмінюються інформацією та вирішують складні проблеми по всьому світу. Це змінює те, як працює світ.

Можна визначити такі переваги ГІС [28]:

- ГІС карти — це поєднання шарів даних і аналітики, з якими зручно працювати.
- Просторовий аналіз дозволяє оцінити і передбачити, інтерпретувати і зрозуміти великі об'єми інформації, надаючи нові перспективи для розуміння і прийняття рішень.
- Програми забезпечують зручний користувацький досвід при виконанні робіт. Програми ГІС підтримуються на різних платформах: мобільних телефонах, планшетах, у веб-браузерах і на настільних комп'ютерах.

Перші завдання, для яких створювалися географічні інформаційні системи, виконували дії накопичення та зберігання просторово-координованих даних.

Найперші системи почали розвиватися на базі інформаційно-пошукових систем, сьогодні це картографічні банки даних (КБД).

Сучасне відображення пошуку населеного пункту в програмному забезпеченні ArcGIS PRO має такий вигляд – Рис.2.1.2:



Рис.2.1.2. Локалізація об'єкту за допомогою інструменту «Знайти».

Просторові об'єкти, які повинні бути відображені на вихідній ГІС карті, діляться на три типи, які легко ідентифікувати: точки, лінії, полігони. Це графічні примітиви ГІС [3]. Разом вони відображають об'єкти, з якими ми зустрічаємося щодня в реальному світі. Окремі складові, на які можна розкласти дані об'єкти, будуть просторовими елементами, а в ГІС вся інформація просторова. Непросторові об'єкти (наприклад, об'єкти культурної сфери життя) не можуть безпосередньо досліджуватися в ГІС, це можна зробити надавши їм просторові характеристики, що подають їх у певній системі координат.

Точкові об'єкти – це нуль-вимірні об'єкти, кожний з яких розташований тільки в одній точці простору: дерева, вежі, перехрестя доріг тощо. Такі об'єкти визначаються, як дискретні, бо кожний з цих об'єктів може займати в будь-який момент часу тільки визначену точку простору. З метою моделювання вважають, що у таких об'єктів немає просторової довжини, чи ширини, але кожний з них може бути позначений координатами свого місця розташування.

Лінійні об'єкти – дороги, річки, кордони, огорожі тощо - подаються в координатному просторі як одномірні. Хоча ці об'єкти двовимірні, однак при пороговому масштабуванні (той при якому втрачається вимір ширини), можна спостерігати тільки довжину (лінію).

Полігональні об'єкти – території полів, міст, країн тощо – називаються областями, площинними об'єктами. Це двовимірні об'єкти, які мають свої правила топології.

Додавання значення висоти до площинних об'єктів, дозволяє спостерігати та фіксувати поверхні [3]. Ми можемо розглядати будинок із близької відстані й описувати його довжину та ширину, але при проектуванні необхідно знати скільки він має поверхів. Тому нам потрібно розглядати будинок не як пласку поверхню, а як тривимірний об'єкт, що має довжину, ширину і висоту.

Наприклад, поверхню водоспаду можна розглядати як двовимірний об'єкт, де висоти цієї поверхні відображаються ізолініями або подаються в стандартній топографічній палітрі. Із застосуванням ГІС технологій, цю поверхню можна відобразити у тривимірному вигляді, також з рельєфом можна моделювати інші властивості поверхні, такі як вологість ґрунту, об'єм води тощо, за наявності відповідної атрибутивної інформації.

Оскільки висота тривимірного об'єкта змінюється від точки до точки, можемо вимірювати зміну висоти із переміщенням від одного краю до іншого, тобто градієнт висоти. Тому всім видам об'єктів може бути приписане місце розташування, вони існують у географічному просторі, їх можна легко візуалізувати за допомогою баз даних ГІС. Ця обставина найпотужніша перевага ГІС-аналізу та дозволяє вирішувати такі питання:

- підготовка до побудови баз даних;
- розподіл об'єктів по категоріям;
- пошук та визначення закономірностей розподілу;
- візуалізація результатів;
- аналіз місцеположення об'єктів та побудова карт щільності;

- визначення просторових атрибутів об'єктів, пошук об'єктів всередині області;
- аналіз сусідства, картування змін.

Саме через аналіз даних геоінформаційна система здатна відповісти на будь-яке питання щодо взаємодії просторових відносин між наборами даних та підтримувати достатньо широкий спектр операцій аналізу – від простого відображення до складних багатокрокових ГІС моделей [5]. В ГІС-аналізі результат однієї процедури можна, а в окремих випадках – необхідно використовувати в іншій.

Географічні дані в системі ГІС моделювання – цифрове подання даних із двома головними моделями: векторною та растровою [4]. Векторна модель передає об'єкти, просторові координати визначають геометрію та положення цих об'єктів. Растрова модель має дані у вигляді матриці рівновеликих чарунок, які зберігають числову інформацію.

Географічні дані у ГІС системах зберігаються у БГД (база геоданих). Це складна інформаційна модель інформаційного дослідження. Вона містить інформацію про геосистему або її частину, яка забезпечується картами різної тематики, знімками, статистичними даними. Зміст БГД визначає тематика карти.

Стандарт збереження даних відповідає вимогам компанії ESRI – WGS_1984.

Моделлю організації просторової інформації є пошаровий та безшаровий принцип (об'єктивно-орієнтовний підхід – модель) [3]. Цифрові географічні дані представлені як шари інформації розташовані один на одному у Вікні Карти певної ГІС. Таблиця бази даних, що містить графічні об'єкти, також може бути зображена як шар у Вікні Карти.

При використанні безшарового (модельного) підходу відсутні розбивка інформації на тематичні шари, точніше групування об'єктів у тематичні шари, якими можна маніпулювати як тематичними картами.

Ця модель є ближчою до структури людського мислення взагалі та, відповідно, до структури мислення користувача ГІС зокрема. Вона особливо

ефективна коли необхідно підкреслити індивідуальні логічні взаємозв'язки об'єктів, але менш ефективна, якщо необхідно вводити до розгляду безперервно розподілені в просторі об'єкти, такі як рельєф чи дані про стан ґрунтів на певній території. Однак різкої різниці між цими двома принципами організації просторової інформації, між загальними моделями даних немає.

Якщо розглянути варіант пошарової організації, коли кожен індивідуальний ГІС- об'єкт винесений в окремий тематичний шар, одержимо структуру від якої недалеко до гнучкості встановлення логічних взаємозв'язків, характерних для об'єктивного-підходу (моделі) [4].

2.1.1. Види та принципи картографічного моделювання.

Модель у широкому розумінні це – образ (зображення, опис, схема, креслення, графік, план, карта тощо) або прообраз (зразок) будь-якого об'єкта чи системи об'єктів ("оригіналу" даної моделі), який використовується за певних умов. У цьому визначенні карта – це образ реального світу [5]. Вона виступає як зразок, за яким перебудовується система-оригінал (реальна дійсність).

Підтвердженням цього є тематичні карти, наприклад:

- карти розвитку господарства;
- карти будівництва нових об'єктів;
- карти варіантів розв'язання складних проблем взаємодії суспільства та природи (екологічних, природоохоронних тощо).

Поняття карти як моделі введено в картографію наприкінці 60-х років. Завдяки такому розумінню та сприйняттю карти змінилася трактовка картографії як науки, що відображає та досліджує природні та соціально-економічні явища за допомогою карт [5]. Поняття образу географічного об'єкта залежить від підходів до вивчення "образних" просторів, від напрямку досліджень та ступеня узагальнення інформації. Різні міждисциплінарні дослідження в цій області, що спостерігаються в більшості у працях зарубіжних вчених, виявили множинність визначення терміну "образ", появу нових

термінів - "географічний образ", "географічний імідж", "картографічний образ" [8]. Завдяки швидкому розвитку технологій комп'ютерного моделювання значно збільшилися можливості застосування картографічного методу в дослідженнях образів (моделей) територій.

Моделювання – це побудова й вивчення моделей реально існуючих об'єктів, явищ (живих і неживих систем, техногенних утворень, різних процесів).

Моделювання забезпечує розвиток знання, тому що є пізнавальним прийомом, формою відображення дійсності [4, 5].

Серед картографів прийнятні такі критерії класифікації моделей:

- за засобами моделювання;
- за характером об'єктів, які моделюються;
- за сферами використання (в яких галузях знань використовується) та його рівнями.

Загально визнані види моделювання:

- предметне - дослідження проводиться на моделі, яка відтворює основні геометричні, фізичні, динамічні та функціональні характеристики "оригіналу";
- фізичне - модель та модельований об'єкт мають ту саму фізичну природу;
- "предметно-математичне" - здійснюється математичний опис співвідношення у фізичній природі явища;
- електричне - на електричних моделях вивчаються процеси іншої фізичної природи (механічні, гідродинамічні, акустичні тощо);
- знакове – відображення об'єкта за допомогою знакових утворень (різного роду графічних засобів, математичної та іншої символіки – літер, слів і речень у певному алфавіті);
- математичне, як різновид знакового, що здійснюється засобами мови математики та логіки й має широкі можливості перетворень і форми запису (фіксації певної форми моделі);

Також виділяють моделювання структури об'єкта та моделювання його поведінки (функціонування процесів, які відбуваються в системі дослідження, де міститься об'єкт, та в ньому самому тощо).

Картографічне геомоделювання – це основа нового розділу картографії [4,5]. Сприйняття карти як моделі, процеси її створення й використання сприяло розвитку розробок у галузі дослідження геосистем та їх компонентів. Цей процес поєднує в собі як теоретичні знання, які картографія має з давніх часів, так і нові знання картографічної науки, математики, автоматизації тощо.

Картографічне моделювання, завдяки своїм пізнавальним можливостям, стає основою при дослідженнях системи суспільство-природа, відображення її природних, соціально-економічних елементів, їх взаємодії на картографічних моделях і використання цих моделей як засобів пізнання реального світу.

Фундаментальні карти довгострокового призначення зберігають своє призначення, але дедалі частіше поєднуються з оперативними картами при виконанні ряду конкретних задач. Поряд зі звичною графічною формою, оперативні знайшли нове втілення в банках цифрових просторово-часових даних, які можна розглядати як цифрова моделі об'єктів, явищ та процесів, що картографуються, зручні для зберігання просторової інформації, її систематичного поповнення та оновлення, дозволяє розв'язувати задачі без звертання до графічних зображень.

Тривимірна реалістична картографічна модель – це особлива просторово часова форма збереження та відображення географічних даних, яка структурується й існує у програмно-керованому середовищі, відображає за допомогою цифрових копій природних об'єктів їх розміщення та властивості і призначена для використання у випадках, коли реалістичний вигляд території має першорядне значення [13].

При створенні 3D – моделі важливе значення для відображення реалістичності об'єкта має таке поняття як текстура.

Текстурування – невід'ємний етап 3D моделювання та візуалізації тривимірного об'єкту. Створення текстури та її накладання на 3D – модель

визначають її точність, реалістичність та якість [2]. Приклади об'ємних текстур представлені на рис.2.1.1.1.

Якість текстурування об'єкта визначається такими одиницями як тексілен [2]. Тексілен – це сукупність пікселів, що припадають на 1 одиницю текстури. Формат і роздільна здатність картинки використаної текстури безпосередньо визначають якість підсумкових результатів.



Рис. 2.1.1.1 Текстури для 3D–моделей. Рис. 2.1.1.2. Відображення цегляної текстури.

Текстуру при моделюванні використовують для моделі рельєфу, для відтворення складних архітектурних елементів будівель і для відтворення геометричних фігур, таких як куля, циліндр, площина тощо.

При моделюванні будівлі спочатку візуалізується каркас і вже по-ньому трансформують текстуру, яка допоможе створити реалістичні цегляні, дерев'яні, кам'яні або металеві поверхні, відобразити скло та текстиль.

Наприклад, якщо необхідно створити текстуру цегляної стіни (див. рис. 2.1.1.2), потрібно виконати наступну послідовність дій:

- створення площини, пошук і доопрацювання текстури цегляної стіни;
- для додання текстурі цегляної стіни легкого реалістичного блиску створюється карта блиску;
- шорсткість поверхні виходить за рахунок створення карти нерівностей;
- відображає здатність цегляної стіни створюється за допомогою карти віддзеркалень;
- пройшовши послідовність даних етапів, змодельована площина перетворюється в реалістичну натуральну цегляну стіну.

Відображення текстури моделі об'єкта є важливим параметром. Тип текстури дасть можливість визначення вогнестійкості об'єкту, можливість його відновлення чи реконструкції [2].

Текстура має правильно покривати складний об'єкт нестандартної форми, такий як модель рельєфу або окремі її частини, якщо рельєф складний. За текстурою рельєфу також перевіряють положення всіх інших елементів ландшафту моделі, тому її потрібно точно позиціонувати на моделі.

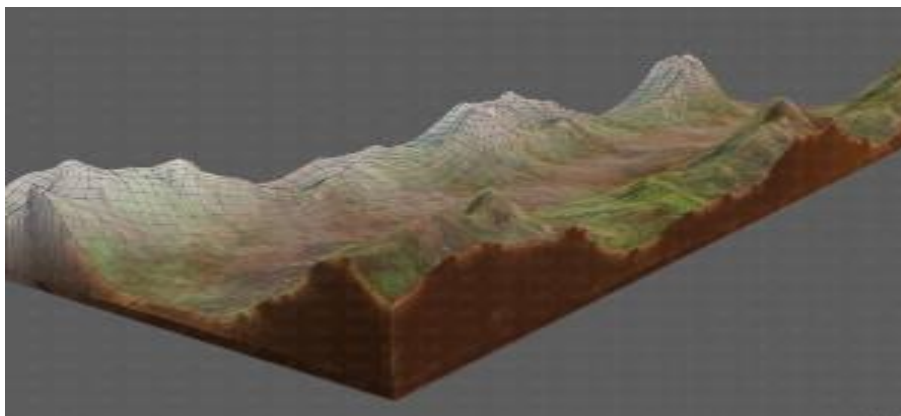


Рис. 2.1.1.3. Відображення рельєфу з використанням текстур.

2.1.2. Цифрова карта місцевості (ЦКМ) – основа тривимірного моделювання.

Цифрова карта місцевості (ЦКМ) – цифрова модель місцевості, записана на магнітний носій у встановлених структурі й кодах стосовно до визначеної математичної основи, проекції та розграфленню, прийнятих для карт, і що відповідає встановленим для конкретного використання вимогам за точністю та змістом [1].

ЦКМ створюється шляхом цифрування картографічних джерел, фотограмметричної обробки даних дистанційного зондування, цифрової реєстрації польових зйомок тощо. Як приклад, на рис. 2.1.2.1 представлена цифрова карта села Голендри М1:100000. Цифрова карта є основою для виготовлення звичайних паперових, комп'ютерних, електронних карт, входить до складу картографічних баз даних і є одним з найважливіших елементів інформаційного забезпечення ГІС.



Рис. 2.1.2.1 с. Голендри. Цифрова карта М1:100000.

ЦКМ призначені для автоматизованого вивчення та оцінки місцевості, виконання розрахунків під час планування та проектування інженерних споруд та вирішення спеціальних задач в автоматизованих системах [1].

ЦКМ повинні відповідати таким вимогам:

- створення з розподілом інформації на номенклатурні аркуші, що покривають місцевість у рамках топографічної карти масштабу 1:25000;

- забезпечувати можливість машинного вивчення даних про місце розташування об'єктів та їх характеристики;
- цифрові значення кількісних, якісних характеристик й кодів об'єктів повинні відповідати Єдиній системі класифікації та кодування картографічної інформації;
- мати класифікацію об'єктів та елементів місцевості, що відповідають українській класифікації топографічних карт масштабів 1:25000, 1:50000;
- мати сумарну середньо-квадратичну помилку взаємного планового положення твердих контурів у межах номенклатурного аркуша ЦКМ не більше 50 м; сумарну середньо-квадратичну помилку положення горизонталей по висоті не більше: 5 м – для менш пересічних районів, 10 м – для середньо пересічних районів, 20 м – для більш пересічних районів;
- додавати до масивів даних відповідних елементів змісту топографічної карти службово-довідкову інформацію (основні характеристики ЦКМ, такі як – гриф таємності, розміри рамки топографічної карти, характеристики помилок цифрової інформації в плані та за висотою тощо);
- мати структуру уявлення інформації ЦКМ, що забезпечує можливість внесення змін та доповнень без перекручування наявних даних і погіршення їх характеристик. Перелік об'єктів місцевості, що входять в цифрову карту, встановлюється в редакційній вказівці.

Цифрова карта повинна відображати реальну дійсність, використовуючи власний набір засобів створення зображення та різноманітних джерел даних.

Основними складовими цифрової карти є координатна система та набір елементарних графічних об'єктів, що відображають місце розміщення просторових обрисів відповідних реальним об'єктам та явищам.

У більшості ГІС – пакетів цифрові карти подаються окремими картографічними шарами та містять однотипні об'єкти і є основною одиницею збереження даних (файлом або групою зв'язаних файлів).

Розвиток геоінформаційних технологій дає можливість створення на базі ЦКМ, поєднаної з блок-діаграмою та комп'ютерною анімацією, віртуального зображення. Цей термін дає декілька змістовних відтінків: можливий, потенційний, не існуючий, але здатний виникнути за певних умов, а головне – не реальний, а подібний до реального [4].

У комп'ютерній графіці візуалізація віртуальної реальності передбачає насамперед ефектів тривимірності та анімації. Спочатку на топографічній карті, аерознімку, космознімку створюють цифрову модель (Рис. 2.1.2.2), потім – тривимірне зображення місцевості. В подальшому його забарвлюють у кольори гіпсометричної шкали (текстурують) або суміщають з фотозображенням та в подальшому використовують як реальну модель.

Для створення та візуалізації моделі місцевості з високим ступенем реалістичності використовують програми, які здатні обробляти тривимірні об'єкти. До таких відносяться:



Рис. 2.1.2.2. Цифрова карта с. Голендри у форматі .OSM

- САД-пакети – призначені для креслення та проектування (не для картографії), містять вбудовані функції для візуалізації тривимірних об'єктів. Однак за потреби в них можна створити тривимірну модель рельєфу та доповнити цю модель додатковими об'єктами;

- Програми для створення тривимірної графіки та відео – 3D-Studio MAX тощо. Дозволяють створити максимально наближену до реальності модель місцевості, але не підтримують прив'язки растрів, проекцій, пошарове подання даних, БД тощо;

- Картографічні програми - сімейство пакетів ArcGIS (можливості програми ArcGIS Pro версії 2023 року буде розглянуто у п. 2.2), пакет MapInfo Professional тощо – дозволяють створювати поверхні, наносити додаткові об'єкти, розраховувати сцени в реальному часі, підтримувати картографічні системи координат і проекцій.

- Digitals - програмний комплекс для цифрової картографії та землевпорядкування, масове застосування якого почалося наприкінці 90-х років ХХ століття (перша версія – 1992 р.). Його розробило науково-виробниче підприємство «Геосистема» (м. Вінниця) [18]. Активно використовується у восьми областях України (Таблиця 2.1).

Переваги використання:

- забезпечує автоматизацію геодезичних робіт від обробки польових вимірювань до створення обмінних файлів, кадастрових планів і технічної документації, тобто вся геодезія та землевпорядкування в одній ліцензійній програмі;

- сумісність та універсальність: підприємства Держгеокадастру створюють карти у форматі Digitals DMF, що дозволяє легко обмінюватися цифровими картами без втрати їх змісту та оформлення;

- програма також відкриває та записує карти в популярних форматах;

- універсальна платформа з величезним набором функцій;

- потужне картографічне ядро;

- завантаження супутникових знімків, вставка в карту і зшивання безлічі растрів;

- режим роботи розрахований на багато користувачів;

- розвинені засоби редагування карт та планів; розширюваність програми;
- відображення карт у тривимірному вигляді.

Використання ГІС по областях України для ведення земельного кадастру наведено в табл.2.1 [18]:

Таблиця 2.1

ОБЛАСТІ УКРАЇНИ	ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
Вінницька, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Миколаївська, Полтавська, Хмельницька, Черкаська	Digitals, Україна
Донецька, Житомирська, Кіровоградська, Одеська, Тернопільська	ГІС 6, Україна
Волинська, Рівненська, Чернівецька, Чернігівська	AutoCad, USA
Сумська	MapInfo, USA
Київська	ArcGIS, USA

Міжнародний розподіл програмного забезпечення на світовому ринку ГІС представлено на діаграмі рис. 2.1.2.3 [18].

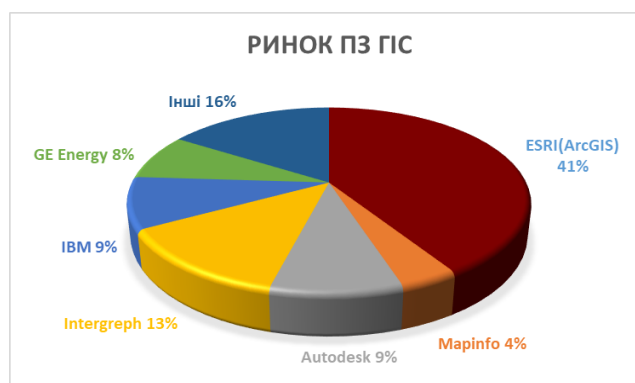


Рис. 2.1.2.3. Міжнародний розподіл ПЗ на ринку ГІС [18].

За оцінками дослідників, інформаційний обсяг різних цифрових карт та геозображень, які зберігаються в комп'ютерах в усьому світі, в кілька разів перевищують обсяг паперових карт і цей розрив постійно збільшується.

2.2. Використання ArcGIS Pro для 3D-моделювання.

Програмні продукти компанії ESRI (США), відомого виробника програмних засобів ГІС, представлені родиною спеціалізованих програмних пакетів ArcGIS [16].

У складі ArcGIS є низка інтегрованих програмних продуктів, які призначені для розробки та експлуатації геоінформаційних систем різного рівня складності та геоінформаційного забезпечення і розв'язання завдань, які пов'язані з використанням просторової інформації (включно з польовими зніманнями й роботою в комп'ютерних мережах, зокрема, мережі Інтернет).

Ця система створена для мережевого використання з підтримкою різноманітних додатків. Вони містять блоки цифрування картографічного матеріалу в різних режимах, мають багатовіконний інтерфейс, працюють з великою кількістю зовнішніх пристроїв.

Програмні продукти фірми ESRI – це узгоджений багаторівневий комплекс засобів, що утворює універсальну систему, яка підтримує усі основні платформи і при цьому забезпечується повна сумісність даних [9].

ArcGIS Pro 3.2 - остання версія програмного забезпечення яка вийшла у вересні 2023 року. Розглянемо нові функціональні можливості програмного забезпечення для створення тривимірних моделей [26]:

- була додана підтримка для AutoCAD Civil 3D поверхонь смуги відведення, кордонів, елементів градуювання та точок поверхні як об'єкти;
- в 3D Analyst можна намалювати хмари точок, використовуючи квадрати замість кіл;
- в 3D-сценах та шарах сцен відображення відбувається швидше, коли ви переглядаєте області в 3D-сценах;
- в наборі інструментів Управління даними інструмент геообробки «Крапки» в лінію переписано для підвищення продуктивності;
- шари 3D-об'єктів, які публікуються як шари веб-сцени в ArcGIS Online, дозволяють використовувати стислі текстури для швидкого відображення.

Створена схема бази геоданих, яка складається з наборів даних та їх властивостей, відносин та правил. Схема включає класи просторових об'єктів, таблиці, поля, домени, значення, правила атрибутів та інше поведінка бази геоданих. Її можна розглядати як вашу модель даних.

Ви можете створити звіт схеми бази геоданих у форматі Excel , JSON, HTML або PDF (Рис 2.2.1).

Key	Value
Name	AddressDataManagement Sample.gdb
Workspace Type	Local Database
Workspace Factory	File GDB
Geodatabase Release	3.0.0
Date Exported	2024-08-01 7:31:41
Path	E:\AddressDataManagement

Type	Count
FeatureDataset	3
FeatureClass	5
Table	4
RelationshipClass	4
SpatialReference	2
Field	298
Index	46
Subtype	0
Subtype#idInfo	0
AttributeRule	14
RelationshipClassRule	0
Domain	23
DomainCodeValue	408
DomainRange	0
DomainUsage	65

Name	Dataset Type	Feature Dataset	Dataset ID	Geodatabase Order
Address	Table		21	1
MasterRoadName	Table		22	2
PostalAddress	Table		24	3
Address	FeatureDataset			4
AddressEntrancePoint	FeatureClass	Address	25	5
PostalCenterline	FeatureClass	Address	26	6
AddressPoint	FeatureClass	Address	28	7

Рис. 2.2.1. Звіт схеми бази геоданих у форматі Excel.

Гіперпосилання дозволяють переходити до елементів схеми, таких як таблиці та класи просторових об'єктів, а також до їх полів, властивостей та поведінки [26]. Звіт схеми всебічно документує модель даних може служити багатьом цілям. Його можна використовувати для планування оновлень схеми та спільної роботи над ними, отримання підтримки зацікавлених сторін для моделі даних, надання допомоги у робочих процесах міграції даних, ведення історичних записів та використання як словник даних.

Введений новий інструмент ОВР 3D - інтерполює значення 3D точок з використанням методу обернено зважених відстаней (ОВР; IDW) і створює шар вокселів прогнозованих значень. Покращено інструмент - найближча околиця 3D і Шар GA Layer 3D в NetCDF — шар вокселів вихідного файлу netCDF автоматично додається у відкриту сцену з налаштуваннями висоти і символів. Шар вокселів також зберігається як похідні вихідні дані для автоматизованих робочих процесів. Створити багатовимірний шар вокселів створює шар вокселів з багатовимірного набору даних вокселів.

Набір нових інструментів ArcGIS Indoors [28]:

- імпорт САПР у набір даних Indoor - імпортує дані САПР в інформаційну модель;
- імпорт IFC до набору даних Indoor - імпортує дані IFC в інформаційну модель;
- оновити базу даних Indoors - оновлює існуючий робочий простір Indoors до останньої версії схеми інформаційної моделі ArcGIS Indoors.

В Topographic Production:

Нові інструменти:

- Задати напрямок лінії — задає напрямок відрізка лінії відповідно до напрямку ухилу об'єктів висот.

Покращені інструменти:

- Обчислити метрики – новий параметр «Растр» висот дозволяє використовувати растровий файл для отримання показників висот.
- Створити об'єкти розташування — новий параметр «Специфікація» дозволяє вказати картографічний продукт. Якщо ви вказуєте картографічний продукт у вигляді оперативної навігаційної картки (ONC) або лоцманської тактичної карти (TPC), то можете визначити допуск згладжування і гідрологічні налаштування.
- Перевірити висоти точок – інструмент можна запускати без використання растру висот, вказаного у параметрі «Вхідні растри».

Тепер можна створювати тематичні серії карт (Рис.2.2.2) [26]. На відміну від інших типів серій карт, у тематичних серіях карт кадр кадру на кожній сторінці зберігає той самий екстент, а натомість оновлюються дані карти. На кожній сторінці серії карт відображається інший шар або група шарів на карті. Серія карт будується шляхом перебору всіх об'єктів у складовому шарі перемикачання, створюючи сторінку кожного об'єкта. Для кожної сторінки видно лише один шар групи перемикача, а інші шари групи не видно. Шари поза групою перемикача видно на кожній сторінці серії карток.

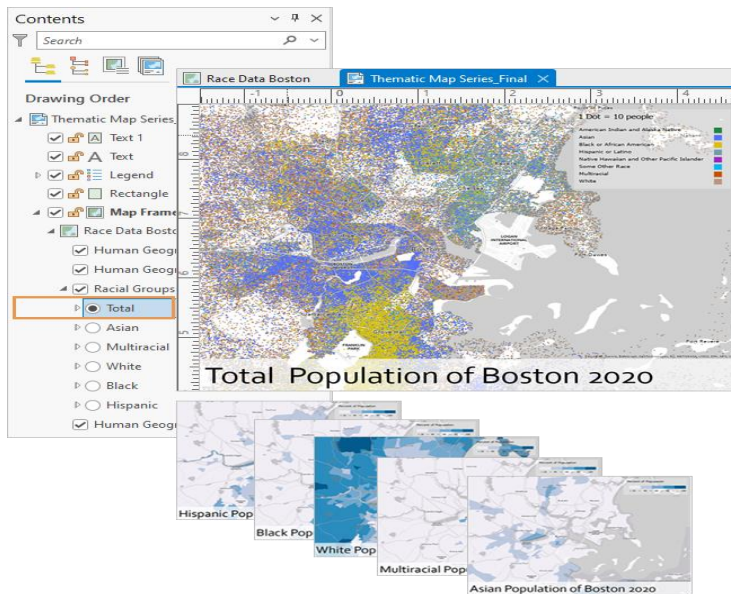




Рис. 2.2.2. Тематичні серії карт.

Стало можливим керувати колекціями орієнтованих зображень на карті, візуалізувати їх та досліджувати (Рис.2.2.3). Орієнтовані зображення включають похилі знімки з БПЛА, знімки для огляду з близької відстані та знімки з рівня вулиці, зроблені мобільними пристроями.

Як тільки колекція зображень зібрана в набір даних орієнтованих зображень, її можна переглянути на карті як шар орієнтованих зображень (додатковий шар контурів). Шар орієнтованих зображень - це розширений шар точкових об'єктів, який записує географічне розташування, в якому було отримано зображення, шлях до зображення та ключові метадані. Шар контурів - це візуальний орієнтир, що показує розташування на карті, що відповідають полю зору кожного зображення.

Коли ви клацаете місцезнаходження на карті, на панелі «В'юєр орієнтованого зображення» відображається найкраще доступне зображення для цього розташування [26]. Найкраще зображення для даного розташування визначається відстанню камери від вибраного розташування, напрямом камери та кутом нахилу камери. При переміщенні та масштабуванні зображення контур динамічно оновлюється на карті. Можна використовувати інструмент «Навігація»  та інструмент «Галерея зображень» , щоб переглянути додаткові зображення за потрібним розташуванням.

Шари орієнтованих зображень можуть бути опубліковані на порталах ArcGIS Online або ArcGIS Enterprise 11.2.

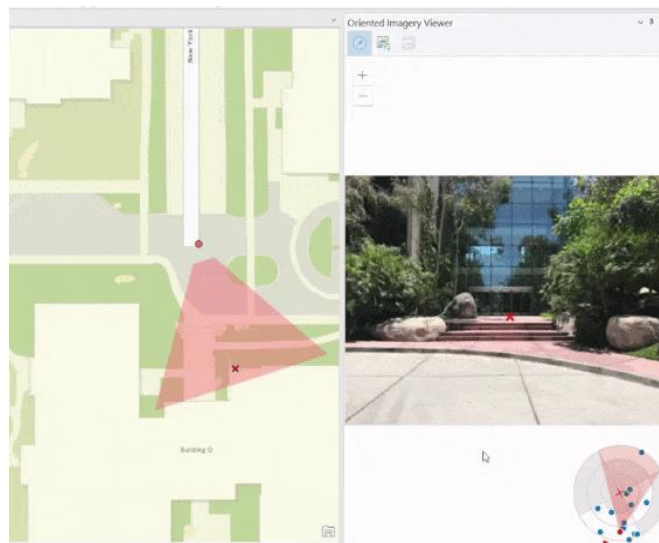


Рис. 2.2.3. Керування орієнтовними зображеннями.

Набір інструментів «Орієнтоване зображення» – це новий набір інструментів, що містить інструменти для створення, керування та супроводження наборів даних та шарів орієнтованих зображень [26]. Інструменти дозволяють створювати набори даних орієнтованих зображень, які використовуються для керування колекціями орієнтованих зображень (включаючи похилі знімки з безпілотної літачки, знімки для огляду з близької відстані та зображення з рівня вулиці, зроблені мобільними пристроями).

Нові інструменти:

- «Додати зображення до набору даних орієнтованих зображень» — додає зображення до набору даних орієнтованих зображень із кількох джерел введення, включаючи файли, папки, таблиці, список шляхів до зображень або шар точкових об'єктів;
- «Побудувати контур орієнтованого зображення» — створення класу об'єктів контуру для набору даних орієнтованих зображень;

- «Створити набір даних орієнтованих зображень» - створює порожній набір даних орієнтованих зображень в базі геоданих
- «Оновити властивості набору даних орієнтованих зображень» — Оновлення або зміна властивостей набору даних орієнтованих зображень.

Функція базові 3D карти покращена та дозволяє у локальних та глобальних сценах додати базову карту 3D (Рис. 2.2.4), якщо для активного порталу встановлено значення ArcGISOnline . Базові 3D-карти доповнюють сцену ресурсом OpenStreetMap , що включає 3D-будинки, дерева та написи. Базові 3D-карти доступні для часто використовуваних типів аркушів векторних базових карт, таких як топографічна, навігаційна та навігаційна (темна).



Рис. 2.2.4. Базова 3D карта.

Розуміння термінів – модель, моделювання, картографічне моделювання, текстурування тощо, розглянутих у другому розділі, дають можливість чіткого уявлення структуризації сучасних геоінформаційних систем для побудови моделі малого населеного пункту. Безперервне удосконалення програмного забезпечення дозволяє досконало моделювати об'єкти, які нас оточують, від простих до з найскладнішою структурою. Реалістична модель найменшого населеного пункту нашої країни – це можливість виявлення проблем та їх вирішення для розвитку громад та регіонів.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ МАЛОГО НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ ЗАСОБАМИ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ (НА ПРИКЛАДІ СЕЛА ГОЛЕНДРИ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ)

3.1. Характеристика території дослідження.

Голендри – село (до 2019 року – селище) Калинівської міської громади Хмельницького району Вінницької області (рис. 3.1.1., рис. 3.1.2) [25].

Площа – 0,273 км².

Густота населення – 1124,54 осіб/км².

Населення становить - 307 осіб.

Село розташоване навколо залізничної станції Голендри (пристанційне село), простягається вздовж залізниці з обох боків. Це станція магістральної двоколійної електрифікованої залізниці Жмеринка – Козятин І.

В селі з 2007 року діє ліцей з початковою школою та гімназією де навчається 119 учнів.

З 2015 року працює елеватор ТОВ «Хлібороб-Голендри», підприємство яке вхолить до компанії СТОВ «Хлібороб».



Рис.3.1.1. с. Голендри на карті громади.



Рис.3.1.2.Космічний знімок с. Голендри

Назва «Голендри» пішла від назви колонії голландських колоністів-менонітів, що оселились на території сучасного села Миколаївка (перед тим Міхалин), а Голендрами пізніше стали називати саму станцію і виселок біля неї, який згодом розрісся у селище.

Селище почало формуватися після відкриття у 1870 році станції Голендри. У 1900 році - «виселок при залізничній станції Голендри» (так тоді офіційно називалося поселення) адміністративно входило до складу Малочернятинської волості Бердичівського повіту Київської губернії. Населення становило лише 52 особи, 8 домогосподарств. Жителі здебільшого займалися торгівлею. При станції була телеграфна станція. Село Голендри можна відстежити на картах початку 20-го століття з відображенням рельєфу (рис. 3.1.3).

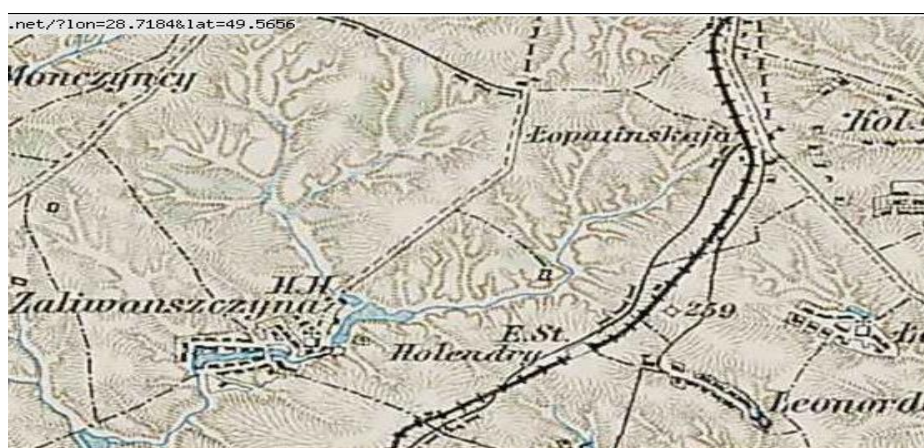


Рис.3.1.3. Австрійська карта 1910 року.

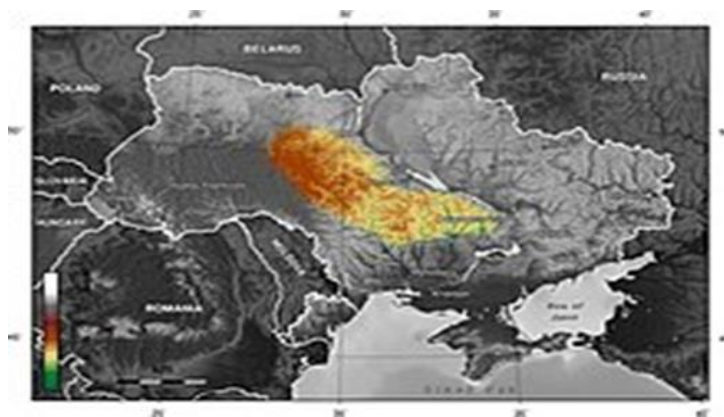


Рис.3.1.4. Придніпровська височина.

Село розташоване у межах Придніпровської височини (див рис.1.3.4).

Рельєф місцевості – рівнина з абсолютними висотами від 310 до 240 метрів порізаний сіткою ярів та балок. Територія району відноситься до зони лісостепу. Ґрунти головним чином мало- і середньо-гумусні чорноземи, однак на значних площах є опідзолені. Клімат – помірно-континентальний.

Для виконання дипломної роботи в програмі ArcGIS Pro, до проекту додається базова карта Imagery, на якій можна локалізувати село Голендри (Рис. 3.1.5) (Рис. 3.1.6) для подальшого використання при моделюванні населеного пункту.

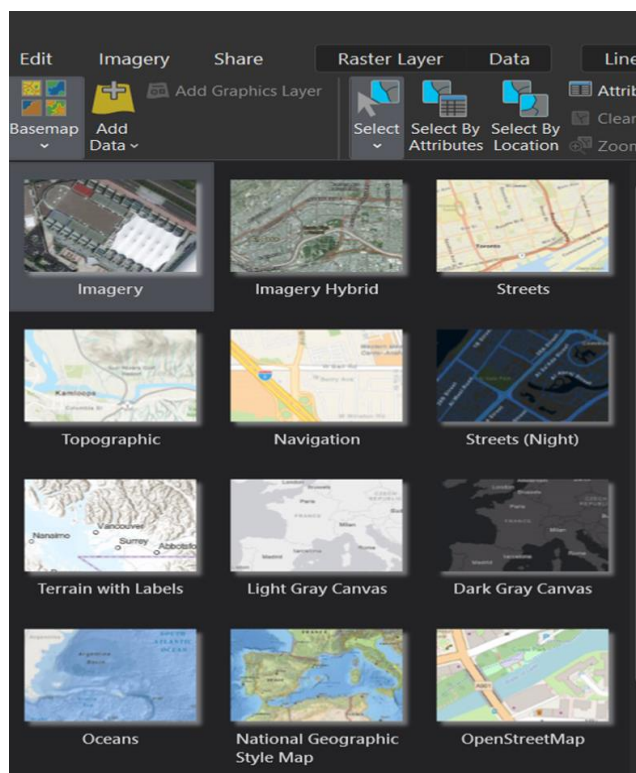


Рис. 3.1.5. Завантаження базової карти в ArcGIS Pro.



Рис. 3.1.6. Вид села Голендри на Базовій карті.

3.2. Модель рельєфу у середовищі ArcGIS Pro як основа для моделювання населеного пункту.

Для створення моделі населеного пункту не менш важливим є представлення рельєфу його території.

Для побудови рельєфу на сайті Mapgroup [21] завантажуюємо ЦМР Вінницької області (Рис. 3.2.1)

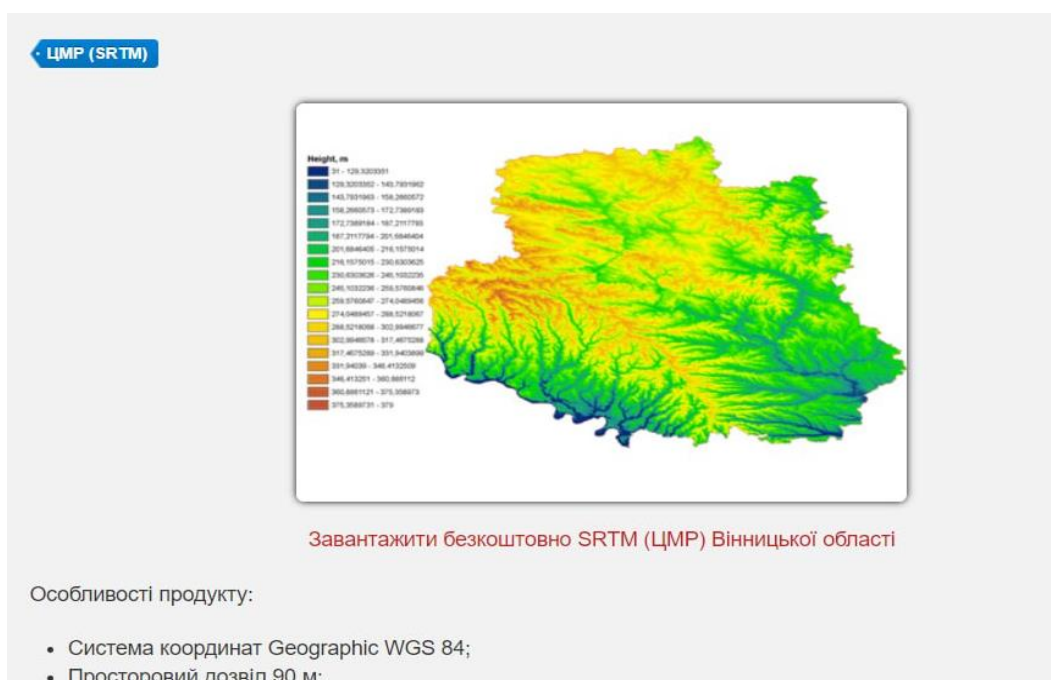


Рис. 3.2.1 Сторінка завантаження ЦМР на сайті Mapgroup.

За допомогою Raster Functions (рис. 3.2.2) у вкладці Surface необхідно вибрати інструмент Hillshade та встановити відповідні параметри (рис. 3.2.3). В результаті виконаних дій отримаємо модель схилів (рис. 3.2.4).

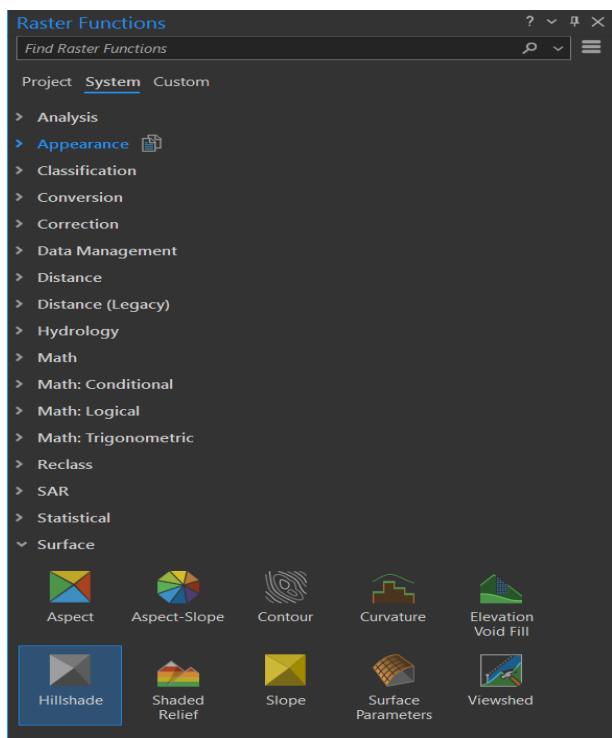


Рис. 3.2.2.

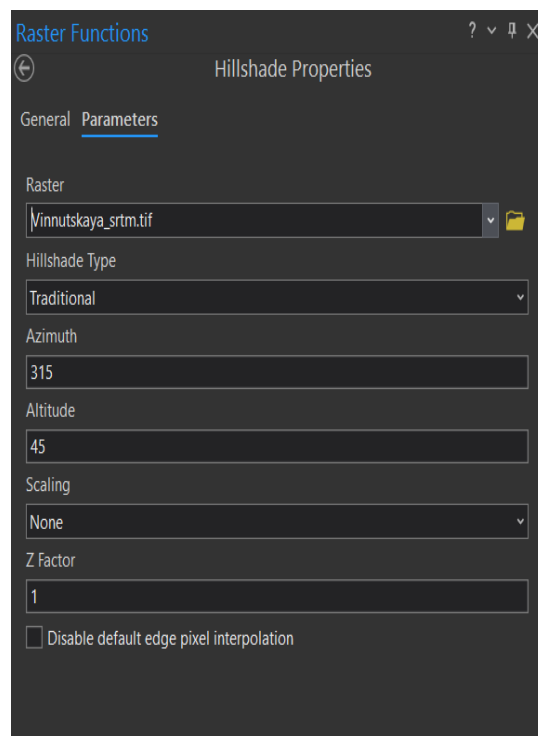


Рис. 3.2.3

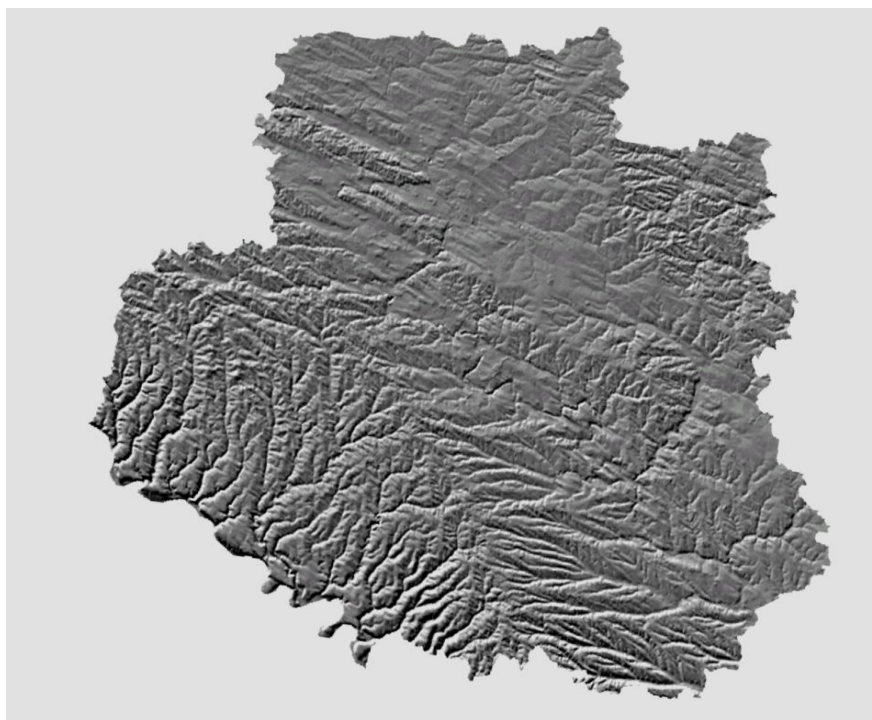


Рис. 3.2.4. Результат використання інструменту Hillshade.

Ставимо ЦМР над шаром схилів, зменшуємо прозорість та змінюємо кольорову схему (рис. 3.2.5) отримаємо реалістичну модель зображення рельєфу Вінницької області (рис. 3.2.6).

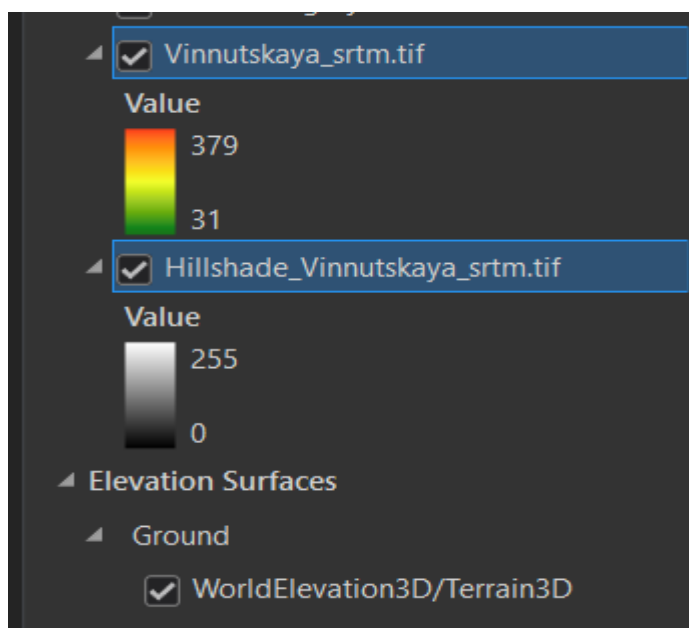


Рис.3.2.5. Додавання кольору.

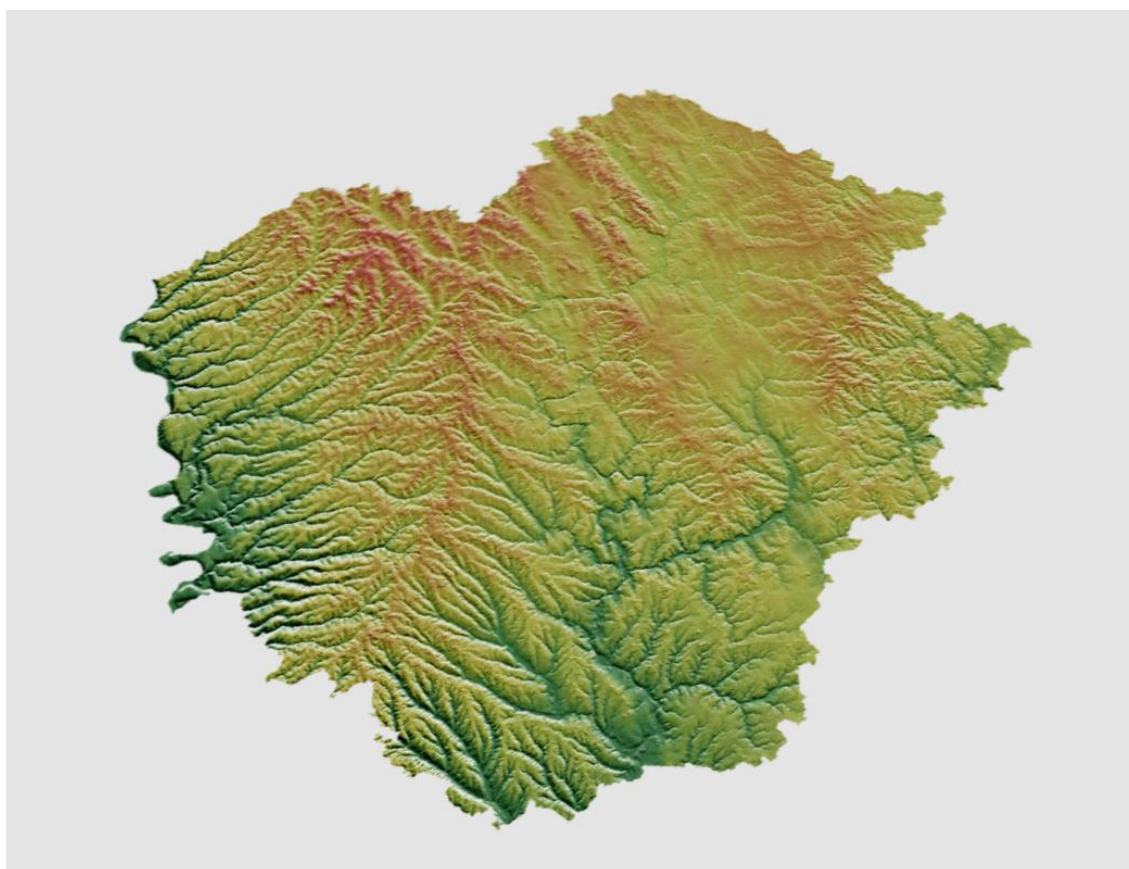


Рис. 3.2.6. Рельєф Вінницької області

Відображаємо кордони населеного пункту на моделі рельєфу області
(рис.3.2.7).

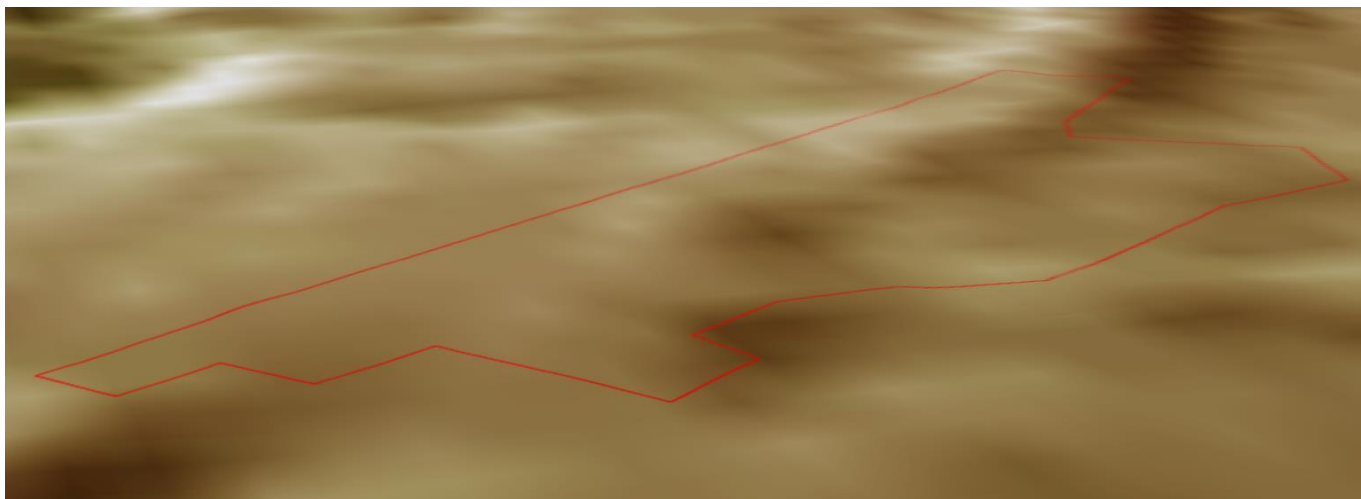


Рис. 3.2.7. Рельєф с. Голендри.

3.3. Побудова моделі малого населеного пункту.

Початок моделювання населеного пункту необхідно почати з нанесення на базову карту лінійних об'єктів – доріг. Командою Feature Class (рис. 3.3.1 та рис. 3.3.2) створюємо просторовий клас лінійних об'єктів для доріг.

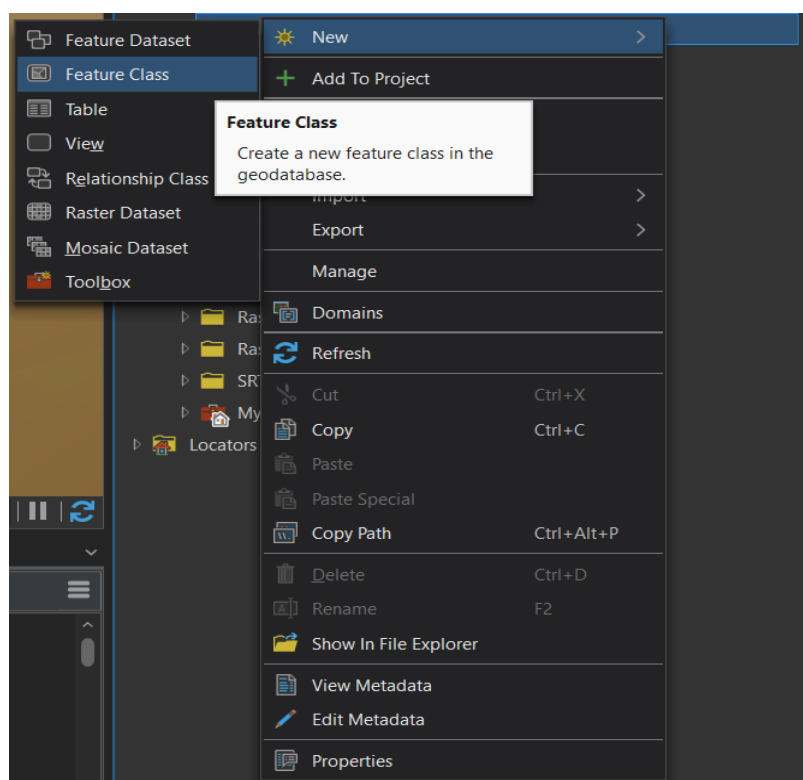


Рис.3.3.1

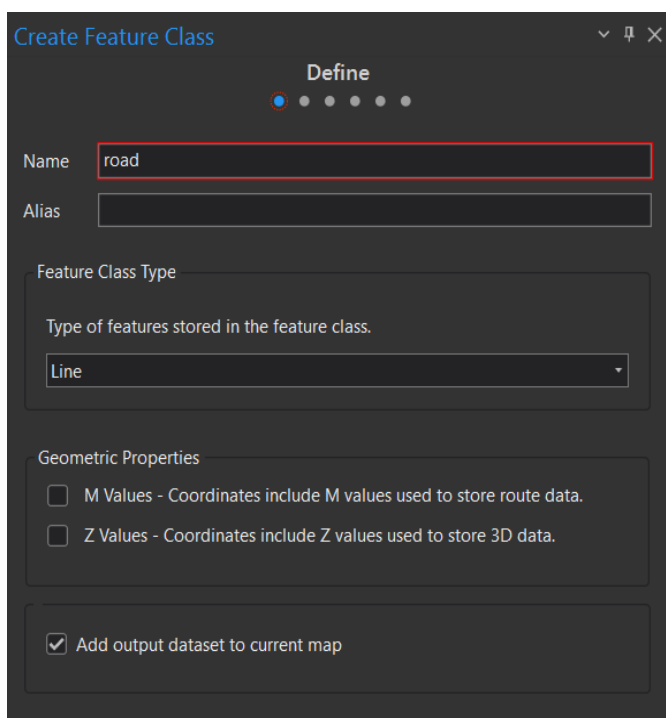


Рис. 3.3.2. Вікно створення Feature Class

Налаштовуємо правильне відображення доріг та надаємо атрибути їх призначення. В атрибутах створюємо поле «тип» (рис.3.3.3.) та вписуємо для кожної дороги її тип відповідно до умовного знаку. Дороги представлені на рис.3.3.4. Для створення залізниць різного класу повторюються ті ж дії.

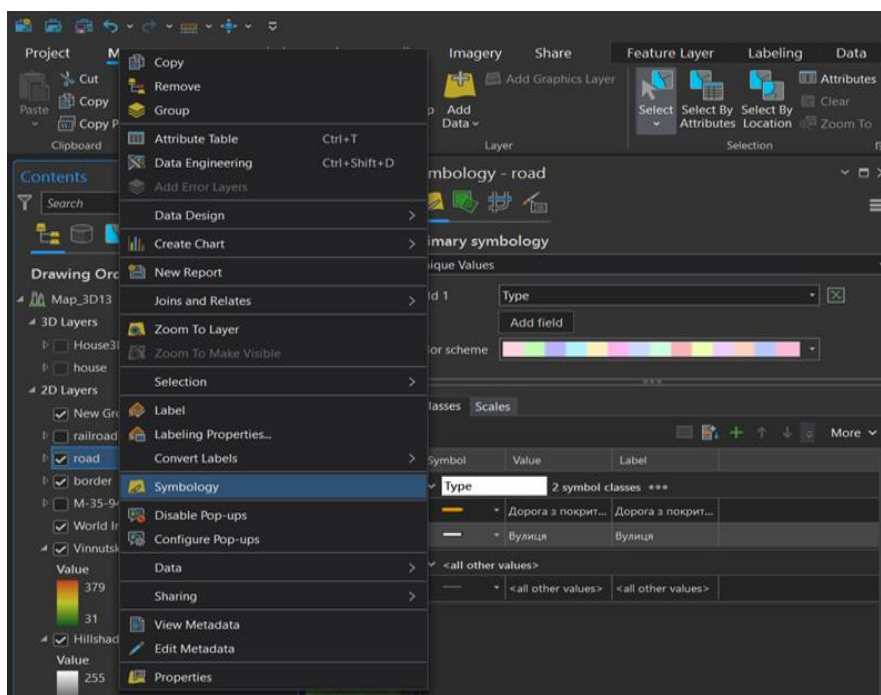


Рис. 3.3.3. Налаштування відображення шару.

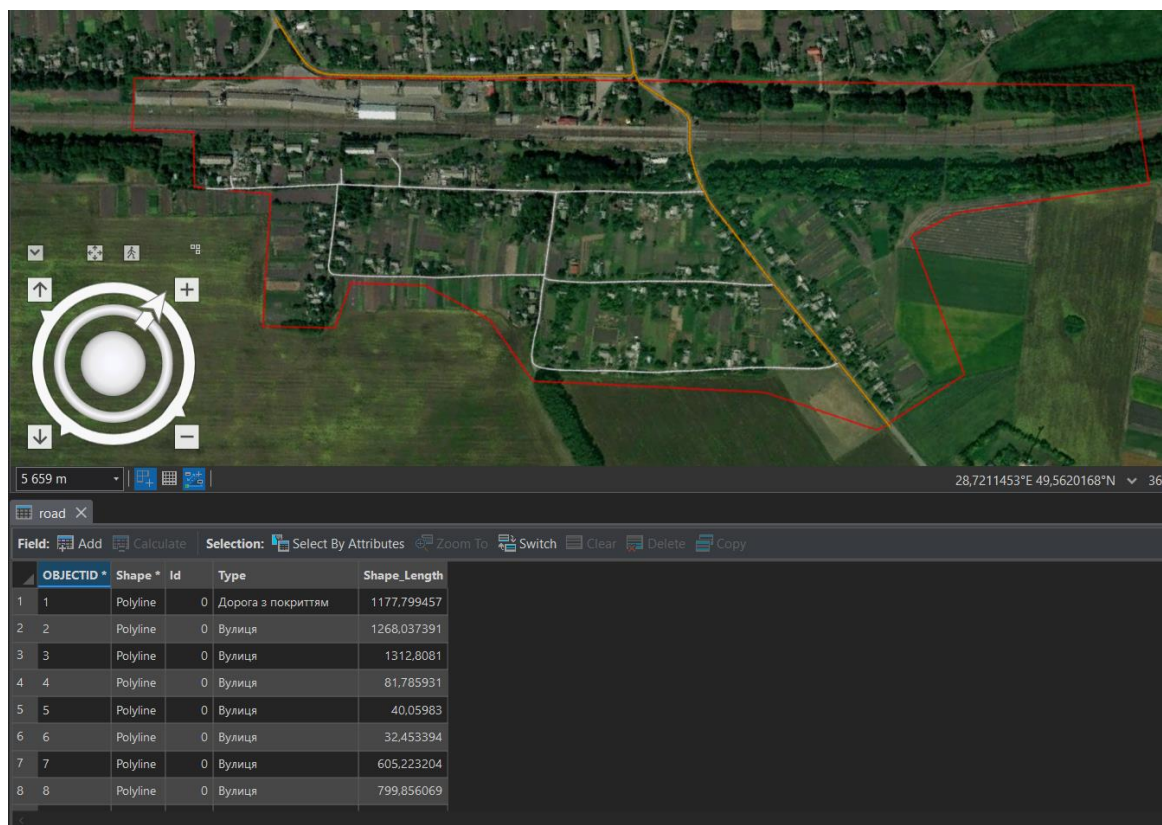


Рис. 3.3.4. Таблиця атрибутів доріг та їх відображення.

Наступним кроком в моделюванні населеного пункту є створення будівель, які є його складовою. Вид та тип будівель були визначені при дешифруванні знімка населеного пункту.

Для цього необхідно створити новий просторовий шар Multipatch.

За допомогою команди Edit Vertices редагуємо створені раніше об'єкти в шарі будівель (рис.3.3.5).

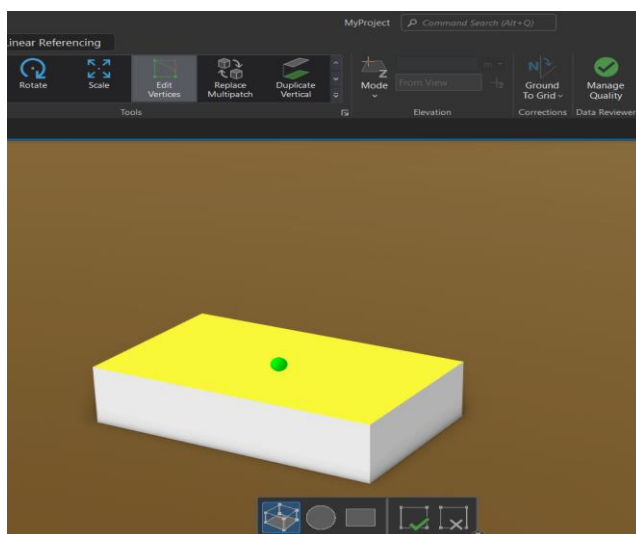


Рис.3.3.5. Процес створення тривимірної моделі будинку.

Для того, щоб відрізнити різні за призначенням будівлі не лише за їх формою а й за кольором, в атрибутивній таблиці створюється додаткове поле в якому буде зазначено призначення кожної будівлі, після чого налаштовується відображення символу для кожного окремого типу. (рис. 3.3.6 та рис 3.3.7).

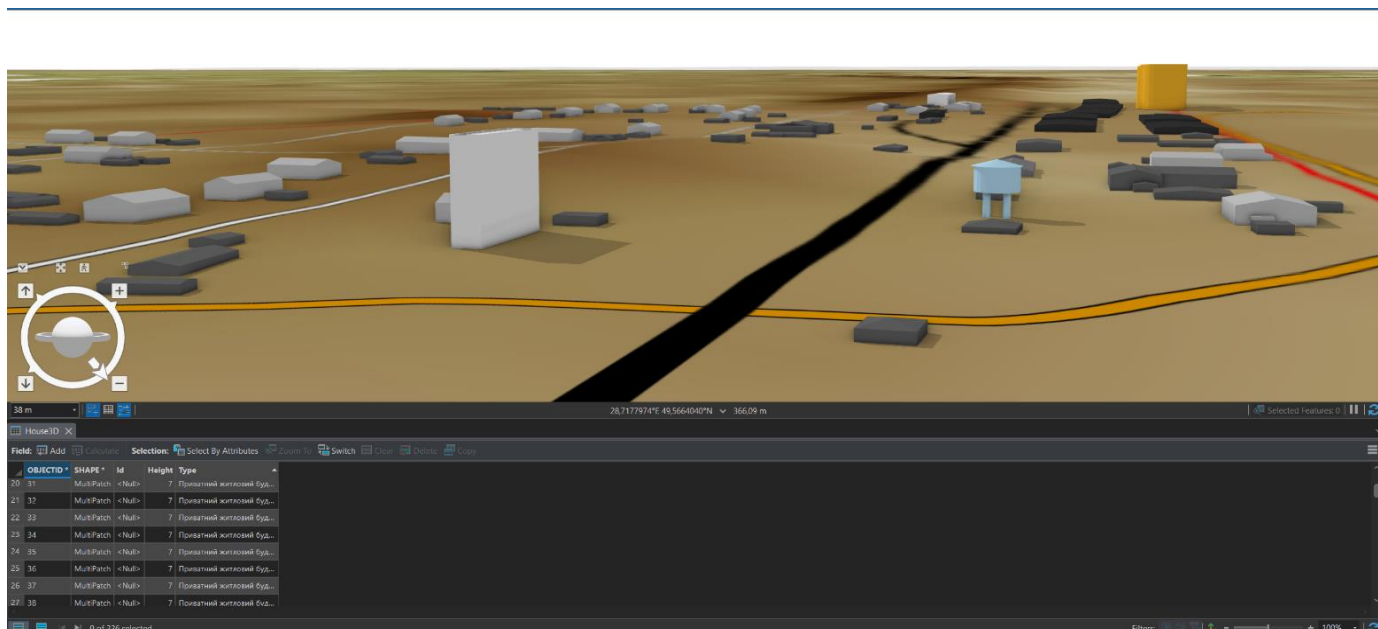


Рис. 3.3.6. Налаштування відображення типу будівель.



Рис.3.3.7. Налаштування відображення типу будівель.

На цьому моменті етап базового моделювання можна вважати завершеним, оскільки представлені основні та другорядні будівлі, що відносяться до даного населеного пункту вже створені і можна побачити детальне планування села.

3.4. Перспективи використання тривимірної моделі малого населеного пункту.

Будь-яка територія країни визначає свою зовнішню функцію, вибудовує своє призначення завдяки наявності об'єктивних умов – природних ресурсів, історичних або культурних об'єктів, особливого географічного положення тощо. Спираючись на подібного роду переваги створюється унікальний образ, регіон набуває популярності, привабливості для припливу туристів, капіталу, робочої сили, вдосконалення інфраструктури. Щоб успішно розвиватися, місцева влада повинна бути зацікавлена у створенні конкурентоспроможних іміджів своїх областей [8].

Сприятливий внутрішній імідж необхідний для зміцнення патріотизму, стримування еміграції, підвищення уваги до збереження довкілля та вирішення інших завдань, де необхідно зробити вибір людьми на користь держави. Але починати вирішення таких задач необхідно більш локально – на рівні громад та малих населених пунктів.

Суб'єкти регіонів - міста, селища, села, відрізняються географічними, природними, культурними та етнічними особливостями, екологічним станом, інтелектуальним потенціалом, рівнем промислового розвитку тощо. Найменший населений пункт країни має свою історію виникнення, свої ландшафтні особливості, пам'ятки та предмети гордості, проблеми та перспективи.

Для малого населеного пункту у складі держави важливу роль відіграє створення та донесення до суспільства тих особливостей, що будуть виділяти дану місцевість від усіх інших, з урахуванням локальних особливостей та привабливості, як природою так і економічними можливостями тощо.

Управління населеним пунктом – це складний процес, що вимагає наявності достовірних даних про поточний стан справ, ефективних механізмів їх оброблення та чіткої взаємодії різних підрозділів та служб населеного пункту. Необхідною умовою ефективного управління навіть малим населеним пунктом є створення сучасних інформаційних систем, розробка ефективних механізмів збору, опрацювання та видачі інформації, процедур та технічних засобів обміну даними між підрозділами та структурами органів місцевої влади та управління.

Створення іміджів для регіонів вимагає глибокої цілеспрямованої та системної роботи. Одним з напрямів такого розвитку є створення реалістичної тривимірної моделі регіонів, починаючи з найменших населених пунктів.

Основна мета тривимірного моделювання малого населеного пункту – забезпечити високі стандарти якості проектування та планування населених пунктів, оптимізацію управління територіями та їх розвитком.

Моделювання населеного пункту в тривимірному просторі – це технологія, яка допомагає відтворити та аналізувати інфраструктуру та її компоненти (будинки, дороги, історичні пам'ятки, громадський транспорт, водойми, зелені насадження тощо). Одним із головних завдань моделювання населених пунктів є покращення їх інфраструктури та здійснення її оптимізації.

Тривимірні моделі важливі для:

- планування нових будівельних проектів, створюючи віртуальні моделі будівель;
- визначення оптимального їх розташування;
- розробки візуалізації та дизайну будівлі. Також процес моделювання дозволяє виявити можливі проблеми з будівництвом та оптимізувати його.

Сучасні технології змінюють середовище населених пунктів, його соціальні відносини, економічний ландшафт, створюють можливість управління господарствами на якісно новому рівні та формують активний попит на нові цифрові послуги.

Реалії війни вказують на ще один напрямок де необхідне тривимірне моделювання – моделювання зруйнованих населених пунктів, нажаль серед малих населених пунктів є такі, що відновленню не підлягають. Створення тривимірної моделі такої місцини – збереження історичних та архітектурних даних даної місцевості. На рис. 3.4.1 представлені супутникові знімки, вивчення яких дає розуміння стану зруйнованого будинку, району, села.

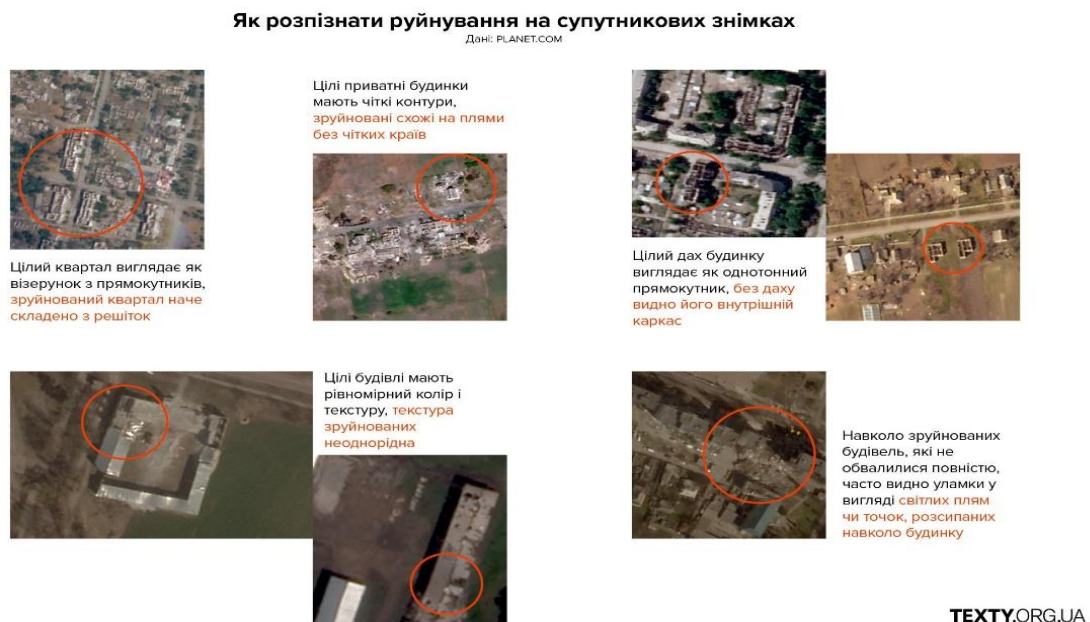


Рис. 3.4.1. Супутникові знімки руйнувань.

Тривимірне моделювання зруйнованого об'єкту необхідно почати зі знімання за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та сучасних засобів фотограмметричної обробки. Створена сучасними засобами ГІС модель відобразить фактичний стан кожного зруйнованого об'єкта, точність побудови моделі може мати точність до 10 см., та місцевості в цілому, дає можливість матеріальної оцінки завданих збитків, можливість відновлення.

Загалом, створення 3D – моделі малого населеного пункту вирішує такі завдання:

- завдання управління територією, планування розвитку місцевої інфраструктури;
- оперативне обстеження та візуалізація фактичного стану виробничих та майнових активів;
- побудова моделі враховує рельєф місцевості, його особливості для побудові інфраструктури;
- забезпечення доступу широкого кола спеціалістів (керівництва села та громади, проектувальників, інвесторів тощо) без постійного виїзду на місцевість, а тільки вразі потреби.

Переваги використання тривимірної моделі:

- достатньо висока швидкість створення моделі як окремих будівель, так і населеного пункту;
- невисока собівартість створення моделі завдяки мінімальному залученню ручної праці оператора;
- реалістичність моделі достатня для вирішення більшості завдань з територіального облаштування;
- геометрична точність та коректність створеної моделі;
- візуалізація та випробування різних технічних рішень на стадії розробки моделі, що дає економію часу та ресурсів;
- модель дозволяє здійснювати якісний контроль на кожному етапі виконання, будівельних, ремонтних тощо, робіт;
- відновлення технічної документації.

У розвинутих країнах світу приділяється велика увага створенню моделей великих міст та містечок. Так згідно зі статистикою, у 2020 році ринок моделювання міста в тривимірному просторі склав 2,3 мільярди доларів США, а до 2026 року очікується зростання ринку до 6,5 мільярдів доларів США з річним темпом зростання більш ніж 17%. Також прогнозується, що кількість міст, які використовують технології моделювання міста, збільшиться до 50 % у 2025 році [7].

У період з 2021 до 2027 року ЄС планує інвестувати у свої регіони 378 млрд євро. Якщо додати до загального обсягу інвестиції з боку держав-членів, ця сума сягне 550 млрд євро [31].

Державна регіональна політика України та її фінансове забезпечення відповідає закону № 13 від 2015 року (останні зміни № 3460-IX від 09.11.2023 року) «Про засади державної регіональної політики» [35].

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі проведено аналіз необхідності проведення тривимірного моделювання малих населених пунктів України. Невідповідне топографічне забезпечення України призводить до старіння та невідповідності картографічної інформації сучасним реаліям на місцевості. Значні зміни відбуваються у чисельності населених пунктів, зміни їх забудови, типу поселення. Статистичний аналіз, проведений у першому розділі, розкриває проблеми малих населених пунктів та необхідність вирішення деяких їх проблем за допомогою сучасних картографічних ГІС засобів.

Другий розділ висвітлює основні теоретичні поняття та види програмного забезпечення у ГІС картографуванні, які дають можливість створення реалістичної тривимірної моделі малого населеного пункту. У проекті використані можливості програмного продукту ArcGIS PRO.

Відповідно до нових космічних знімків, у третьому розділі роботи була створена тривимірна модель малого населеного пункту де врахована специфіка та орієнтовна висотність споруд. Побудовано рельєф місцевості розташування населеного пункту з урахуванням його особливостей.

Аналіз проведених робіт по кожному пункту магістерської роботи дозволяє зробити висновок, що в ході роботи виконані всі завдання поставленні на початку:

- у розділі 1, параграф 1.1 опрацьовані статистичні дані про малі населені пункти України. За результатами опрацювання побудовані таблиця та діаграми відповідності сіл, МНП та вимираючих сіл;
- у розділі 1, параграф 1.2 та розділі 2 параграф 2.1- опрацьовані нормативно-правові акти та дано визначення основних понять для створення сучасних топографічних карт. Також у розділі 2 зроблено огляд програмного забезпечення для ГІС картографування, розглянуті сучасні ГІС технології для побудови реалістичної 3D-моделі та обрано ArcGIS PRO - програмним забезпеченням для моделювання населеного пункту;

- у параграфі 3.1, розділу 3 проведений опис населеного пункту та місцевості проектування;
- побудована цифрова модель рельєфу засобами ArcGIS Pro, яка представлена у параграфі 3.2 розділу 3;
- створена тривимірна модель малого населеного пункту засобами програмного забезпечення ArcGIS Pro, яка представлена у параграфі 3.3 розділу 3.

Дана робота є підтвердженням того, що тривимірне моделювання дозволяє не тільки відобразити в об'ємі існуючі об'єкти. Це можливість для перспективного розвитку територій та населених пунктів. Відображення атрибутивної інформації для окремого об'єкта та цілого населеного пункту. Створення реалістичної моделі розвитку інфраструктури та вплив спроектованих об'єктів на вже існуючі. Можливість збереження історичної спадщини як природної так і архітектурної. Можливість розвитку населених пунктів України з урахуванням потреб громад.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЖДЕРЕЛ

1. Афанасьєв О.В., Нестеренко С.Г. КАРТОГРАФІЯ. КАРТОГРАФІЯ І ТОПОГРАФІЯ», Харків ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021р. URL: https://eprints.kname.edu.ua/59167/1/2021_печ%20190%20КЛ%20Картографія.pdf
2. Волошина М. Текстурування: моделюйте правильно. URL: <https://klona.ua/uk/blog/3d-modeling-and-visualization-uk/teksturuvannya-modelyujte-pravylnno> .
3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ І ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЙ. ГІС. URL: <http://soc-econom-region.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/2017/07/%D0%93%D0%86%D0%A1-%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf>
4. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрямки розвитку / Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Ляшенко та ін.; за ред. Л. Г. Руденка; НАН України, Ін-т географії, Київ: Наук. Думка, 2011, 103 с. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/ua/elib.exe?Z21ID=&I21DBN=UKRLIB&P21DBN=UKRLIB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=online_book&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=FF=&S21STR=ukr0001641
5. Дутчак С. В. КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИХ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ РЕСУРСІВ, Чернівці: ЧНУ, 2012. - Ч.1 -64 с. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/398/%D0%9A%D0%90%D0%A0%D0%A2%D0%9E%D0%93%D0%A0%D0%90%D0%A4%D0%86%D0%A7%D0%9D%D0%95%20%D0%9C%D0%9E%D0%94%D0%95%D0%9B%D0%AE%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%AF%20%D0%9F%D0%A0%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%94%D0%9D%D0%98%D0%A5%20%D0%A2%D0%90%20%D0%A1%D0%9E%D0%A6%D0%86%D0%90%D0%9B%D0%AC%D0%9D%D0%9E->

- %D0%95%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%9E%D0%9C%D0%86%D0%A7%D0%9D%D0%98%D0%A5%20%D0%A0%D0%95%D0%A1%D0%A3%D0%A0%D0%A1%D0%86%D0%92.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», остання редакція № 2807-IX від 01.12.2022
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#n13>
 7. Кузнецов А. В. XXII Міжнародна НТК “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, 16-17 травня 2023 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ - МОДЕЛЮВАННЯ МІСТА В ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ В ПРОЄКТАХ «SMARTCITY» URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/59213/1/p133-135.pdf>
 8. Курач Т., Левак Н. КАРТОГРАФУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОБРАЗІВ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ЗМІ, Вісник КНУ, К., 2015р. URL: <https://visnyk-geo.knu.ua/wp-content/uploads/2016/04/18-63.pdf>
 9. Лахоцький В.І., Лахоцька Е.Я. ЗАСТОСУВАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ, Видавництво "Бреза", 2015р.
URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/9029>.
 10. Мертві села України: рейтинг регіонів за кількістю вимираючих сіл.
URL: <https://zemliak.com/reityngy/1389-mertvi-sela-ukrajini-reyting-regioniv-za-kilkistyuvimirayuchih-sil-spiski>
 11. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 13.10.2023 № 1888
URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/524338_764252
 12. Ничвид М.Р., Шейдик А. А. СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ., МНТ конференція молодих вчених "GeoTerrace-2016", Львів: Видавництво ЛПП, 2016. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/11604>
 13. Орещенко А.В. Трансформування растрів для створення тривимірних моделей, «Геоінформатика і кадастр», 2010р. URL:

- https://www.researchgate.net/publication/322337843_Raster_transformation_for_3D_cartografic_models_creating.
14. Постанова Кабінету Міністрів України вад 4 вересня 2013р. № 661
URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/344876___753925
 15. Приставка П. О., Нічіков Є.П. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ ІЗ ПРИВ'ЯЗКОЮ ДАНИХ АЕРОКОСМІЧНОЇ ФОТОЗЙОМКИ, НАУ, Наукоємні технології, 2012. № 3 (15)
URL: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/19464/1/111.pdf>
 16. Світличний О.О., П'яткова А. В. ПРАКТИКУМ З ГЕОІНФОРМАТИКИ, м. Одеса, ОНУ, 2019 р., URL:
<http://dspace.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/31814/1/Світличний%20Пятков%20Практикум%20з%20геоінформатики.pdf>
 17. Створення тривимірної моделі міста, URL:
<https://dronemt.magneticonemt.com/3d-model-mista/>
 18. Шарий Г. І., Тимошевський В. В., Щепак В. В. ГІС В КАДАСТРОВИХ СИСТЕМАХ *Навч. посібник*. Полтава, 2017р., 231с. URL:
https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/4131/1/НАВЧ_ПОС_ГІС.pdf
 19. Шемякін М.В., Кирилюк В.П., Прокопенко Н.А. Умовні знаки топографічних карт і планів. Частина 1., Умань, 2020р.
URL:https://geodesy.udau.edu.ua/assets/files/2021/2022/metodichka_umovni-znaki_dribnomasshtabni_20.pdf
 20. Дані Інституту демографії та соціальних досліджень НАНУ
URL:<https://tyzhden.ua/ukrainske-selo-vumyrannia-chy-evoliutsiia/>
 21. <https://mapgroup.com.ua/services/srtm-ukrainy>
 22. https://studwood.net/2388516/geografiya/politiko_administrativni_karti_ukrayini_istorichniy_oglyad
 23. https://mistaua.com/%D0%9F%D0%BE%D1%88%D1%83%D0%BA_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%BF%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%82%D1%96%D0%B2/%D1%

81%D0%B5%D0%BB%D0%B0/?obl=129&filter=%7B%22populTo%22%3A%5B501%5D%7D

24. <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=map&art=map101>

25. <https://vn.2ua.org/uk/golendry/mapa/>

26. <https://pro.arcgis.com/pro-app/latest/get-started/arcgis-pro-system/requirements.htm#>

27. <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/>

28. <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>

29. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3285-20#Text>

30. <https://zn.ua/ukr/tech/kudi-ruhayutsya-geodeziya-i-kartografiya-v-ukrayini-.html>

31. <https://op.europa.eu/webpub/com/short-guide-eu/uk/index.html>

32. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/564-2022-%D0%BF#Text>

33. <https://mtu.gov.ua/news/34337.html>

34. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/817-2023-%D0%BF#n14>

35. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/156-19#Text>

36. <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf>