

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

На правах рукопису

УДК. 528.4:332.3

### **Створення цифрових топографічних планів**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Галузь знань 19 – “Архітектура та будівництво”

Спеціальність 193 – “Геодезія та землеустрій” Освітня програма –  
“Геодезія та землеустрій”

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра

студента четвертого курсу

Мельник Ілля Сергійович

Науковий керівник –

(кандидат географічних наук наук)

Підлісецька Ірина Олександрівна

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри No \_\_\_\_ від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023

року

Завідувач кафедри

Київ – 2023

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ.	7
1.1. Огляд сучасного стану та напрямів розвитку загальних принципів цифрового великомасштабного картографування.	7
1.2. Методи збору топографічної інформації з використанням безпілотних літальних апаратів.	12
1.3. Розрахунок технічного завдання для виконання аерознімання з використанням безпілотних літальних апаратів.	19
РОЗДІЛ 2. ПІДГОТОВКА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ ЗА МАТЕРІАЛАМИ БЕЗПІЛОТНОГО ЗНІМАННЯ.	24
2.1. Процес створення цифрової моделі місцевості та рельєфу з використанням (БПЛА).	24
2.2. Фотограмметричне опрацювання матеріалів аерознімання, зібраних дроном за допомогою Global mapper pro v24.	29
2.3. Генерація цифрового топографічного плану масштабу 1:2000.	35
РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ НА ПРИКЛАДІ СЕЛИЩА ШКЛО ЯВОРИВСЬКОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.	41
3.1. Фізико-географічний опис району робіт.	41
3.2 Вимоги до укладання топографічного плану.	44
3.3. Процес формування топографічної бази даних у програмному комплексі DigitalS	50
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	68

## РЕФЕРАТ

Мета кваліфікаційної роботи полягає у створенні цифрової картографічної основи, що включає цифрові геопросторові дані та топографічний план масштабу 1:2000 на прикладі Новояворівської територіальної громади та селища Шкло.

У вступі розкрито актуальність теми кваліфікаційної роботи, мета, дослідження, об'єкт та предмет роботи.

У розділі один надається огляд сучасного стану та напрямків розвитку загальних принципів цифрового великомасштабного картографування. Також розглядаються методи збору топографічної інформації з використанням БПЛА та підготовка місцевості для виконання аерознімання.

У розділі два детально описується процес створення топографічного плану з використанням матеріалів, отриманих шляхом аерознімання з БПЛА. Розглядається створення цифрової моделі місцевості та рельєфу з використанням БПЛА, фотограмметричне опрацювання матеріалів аерознімання та генерація цифрового топографічного плану.

У розділі три представлено приклад створення топографічного плану та бази даних топографічних даних для селища Шкло Яворівського району Львівської області. Розглядаються фізико-географічний опис району робіт, вимоги до укладання топографічного плану та процес формування топографічної бази даних у програмному комплексі DigitalS.

Ключові слова: цифрова картографічна основа, топографічний план масштабу 1:2000, безпілотні літальні апарати, цифрова модель місцевості, global mapper pro v24, програмний комплекс digitalS

## ВСТУП

**Актуальність теми:** Тема створення цифрових великомасштабних топографічних планів є вкрай актуальною для органів державної влади, місцевого самоврядування, галузей економіки та оборони країни. Держава має постійну потребу у наявності детальних топографічних планів та розповсюдженні електронних баз даних з топографічною інформацією. Необхідність їх для забезпечення просторового розвитку регіонів, планування територіально розподілених промислових комплексів, розвідки та розробки корисних копалин, проектування та генерального планування населених пунктів, будівництва та реконструкції промислових, сільськогосподарських та енергетичних об'єктів, проведення меліораційних робіт, землеустрою, а також для потреб міського та сільського господарства та інших важливих завдань.

**Метою дослідження** є створення цифрової картографічної основи, що складатиметься з цифрових геопросторових даних та топографічного плану масштабу 1:2000 на прикладі Новояворівської територіальної громади та селища Шкло. Головна мета полягає у створенні комплексного плану просторового розвитку цієї території та генерального плану селища Шкло.

Для досягнення поставленої мети були окреслені наступні завдання:

1.Збір топографічної інформації з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та методів аерознімання.

2.Фотограмметричне опрацювання матеріалів аерознімання, отриманих від дронів, за допомогою програмного комплексу Global Mapper Pro v24.

3. Створення цифрової моделі місцевості та рельєфу з використанням отриманих даних від БПЛА.

4. Генерація цифрового топографічного плану масштабу 1:2000 на основі підготовленої картографічної основи.

5. Створити цифрову картографічну основу, побудові топографічного плану масштабу 1:2000, розробці комплексного плану просторового розвитку та генерального плану селища Шкло з використанням цих даних.

**Стан вивчення проблеми.** Багато науковців займалися дослідженням проблеми створення цифрових літаків, серед них А. Лященко, Ю. Карпінський, В. Глотов, А. Церклевич, Н. Лазаренко-Гевель, І. Колб, К. Кондраценко, А. Воук, І. Гергель, В. Картунов та інші.

Створення великомасштабних цифрових планів є актуальним завданням у галузі картографії в Україні, оскільки існуючі топографічні плани з часом старіють і вимагають оновлення, щоб відповідати сучасному стану території. Ця проблема потребує постійного вдосконалення та впровадження нових методів і пристроїв.

**Об'єкт дослідження** цифровий топографічний план для забезпечення просторового розвитку регіону.

**Предмет дослідження** методи та прийоми, які використовуються для створення цифрових топографічних планів з використанням даних отриманих з БПЛА.

Геопросторове планування та картографія відіграють ключову роль у забезпеченні просторового розвитку регіонів та розташованих на їх території промислових комплексів. Починаючи з 2021 року, місцеві органи самоврядування потребують сучасної картографічної бази для розробки стратегічних планів регіонального розвитку та планування просторового розміщення.

Створення топографічної бази даних висуває нові вимоги до процесу картографування, який перестає обмежуватись лише створенням графічних

карт або планів. Підприємства незалежно від форм власності, які здійснюють топографічні вимірювання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, поступово переходять до створення та використання топографічних баз даних.

**Практичне значення.** Закріпити, розширити і систематизувати теоретичні знання, отримані під час вивчення спеціальних навчальних дисциплін.

## **РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ.**

### **1.1 Огляд сучасного стану та напрямків розвитку загальних принципів цифрового великомасштабного картографування**

Органи державної влади, місцевого самоврядування, сектори економіки та оборони країни мають постійну потребу у створенні цифрових топографічних планів великого масштабу. Наявність таких планів і наповнення електронних баз топографічної інформації на їх основі є необхідними для забезпечення просторового розвитку регіонів з розподіленими виробничими комплексами, розвідки і розробки корисних копалин, проектування генеральних планів населених пунктів, будівництва та реконструкції промислових, сільськогосподарських і енергетичних об'єктів, проведення меліораційних робіт, землеустрою, а також для потреб міського і сільського господарства та інших завдань

Цифровий топографічний план представляє собою цифрову модель місцевості, що враховує картографічну генералізацію у відповідних проекціях, розграфленні, системі координат та висотах, і зберігається на цифрових носіях. Він є необхідним для всіх видів державних кадастрів як основний набір геопросторових даних. В Україні нараховується 13 видів державних кадастрів, багато з яких ґрунтуються на великомасштабних планах, таких як земельний, містобудівний, водний, лісовий, родовища корисних копалин, території та об'єкти природно-заповідного фонду, курортні природні території, сховища радіоактивних відходів.

Топографічна зйомка відіграє важливу роль у землевпорядних діях, оскільки надає точні і повні дані з заданою нормативною точністю, що дозволяє визначити місцезнаходження, стан, режим використання та інші

характеристики нерухомих об'єктів. Це дає підставу для обґрунтування обмежень у використанні землі та споруд, встановлення фактичних меж земельних ділянок і земельних угідь шляхом відновлення або встановлення їх у натурі (на території)

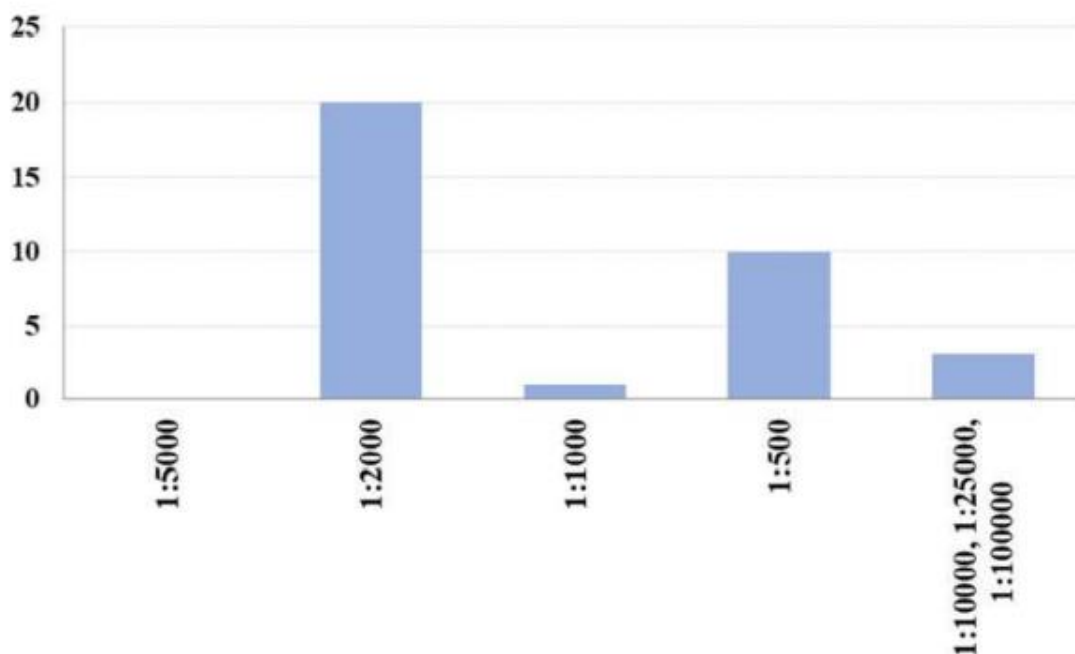
Починаючи з 2021 року, наявність актуальної картографічної основи є необхідною у контексті розробки комплексних планів просторового розвитку територіальними громадами, а також генеральних планів та інших відповідних документів.

Для ефективного і якісного проведення великомасштабного топографічного картографування використовуються передові технічні засоби і технології. Дотримання виконавцями робіт вимог діючих нормативних документів, зокрема Законів України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність"[1], "Про землеустрій" [2] та "Про Державний земельний кадастр"[3], а також постанови Кабінету Міністрів України та накази Міністерства аграрної політики та продовольства України забезпечують високу якість топографічної продукції [8]. Для здійснення робіт із землеустрою використовується Державна геодезична референсна система координат УСК-2000 згідно з встановленим порядком. Крім того, використовуються інструкції з топографічного знімання у різних масштабах, затверджені відповідними органами.

Вимоги до системи класифікації топографічних даних та умовних позначень для планів великих масштабів були суттєво оновлені. Для цього була видана "Електронна версія довідника Умовних знаків", розроблена в Українському державному науково-виробничому інституті зйомок міст та геоінформатики ім. А.В. Шаха, за підтримки спільного українсько-шведського проекту "Створення умов для впровадження національної інфраструктури геопросторових даних в Україні". Також був розроблений і впроваджений "Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних планах масштабів 1:5 000, 1:2000, 1:1 000, 1:500",

затверджений наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України [4]. Цей класифікатор є частиною Єдиної системи класифікації і кодування картографічної інформації, яка призначена для формалізованого представлення даних, що використовуються в автоматизованих засобах обробки картографічної інформації.

За результатами аналізу документації тендерних закупівель фахівці НДІ Геодезії і картографії у 2020 році встановили тенденції щодо потреб замовників у створенні топографічних планів і карт. Виявлено, що найбільшим попитом користувалися топографічні плани масштабу 1:2000, тоді як найменшим попитом користувалися плани масштабу 1:5000 (рис.1.1). Це свідчить про актуальність великомасштабного картографування, особливо в контексті замовлень на створення або оновлення топографічних планів для населених пунктів.



**Рис.1.1 Потреби замовників картографічної продукції (за даними НДІГК, 2020рік)**

Для задоволення потреб у високоякісних цифрових топографічних планах (ЦТК) найбільш поширених масштабів 1:500 та 1:2000 необхідна постійна актуалізація нормативно-технічних актів, які регулюють їх створення та використання. Ці акти повинні враховувати можливості застосування сучасних технічних засобів та комп'ютерних технологій для створення цифрових топографічних планів. Перехід від створення планів до формування баз даних є результатом розвитку інформаційних технологій. Це дозволяє змінити геопросторову діяльність з рівня інформаційної функціональності на рівень аналітичної функціональності, що базується на формуванні просторових знань про території та інтелектуалізації розробки інноваційних просторових рішень для раціонального використання всіх видів ресурсів територіальних утворень будь-якого рівня. Таким чином, поняття "топографічні дані" переходить до поняття "геодані, геопросторові дані", як цифрові дані про просторові об'єкти, що містять інформацію про їх місцеположення, властивості, просторові і непросторові атрибути.

У статті [10] була представлена концепція розвитку топографічного картографування в Україні, яка відповідає геоінформаційному підходу до топографічного картографування з урахуванням програми розвитку Національної інфраструктури геопросторових даних. Згідно з цією концепцією, передбачається формування наборів геопросторових даних у вигляді баз даних та баз знань з використанням чинних міжнародних стандартів і специфікацій, таких як серія стандартів ISO 19100 "Географічна інформація/Геоматика", Open Geospatial Consortium (OGC), INSPIRE, а також національних стандартів України (ДСТУ) та комплексу стандартів організації України (СОУ) "База топографічних даних".

Доповідь [11] розкриває важливі вимоги до процесу топографічного картографування у контексті картографічного виробництва, надаючи детальний опис цих вимог.

1.Актуальність та достовірність; 2.Точність; 3.Детальність та інформативність;4.Наочність; 5.Узгодженість

Формування бази топографічних даних вимагає врахування нових вимог до процесу топографічного картографування. Сам процес уже не обмежується лише створенням графічних карт або планів. Всі суб'єкти підприємницької діяльності, незалежно від форми власності, які займаються топографічними зніманнями у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, поступово переорієнтовують свою діяльність на створення та функціонування бази топографічних даних.

Науково-дослідний інститут геодезії і картографії (НДІГК) активно діє в рамках сучасної парадигми створення Національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. В рамках цього проекту був розроблений і прийнятий національний нормативний документ - ДСТУ 8774:2018 "Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних". Цей стандарт встановлює загальні правила моделювання геопросторових даних з метою забезпечення інтероперабельності між різними виробниками, які створюють і постачають геопросторові дані. Чинність стандарту починається з 1 липня 2019 року. [<http://uas.org.ua/ua/services/standartizatsiya/nakazi-dp-ukrndnts/2018-2/cherven>]

Однією з ключових проблем нормативного забезпечення топографо-геодезичної діяльності є потреба в оновленні діючих Інструкцій з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). Це оновлення спростило б нормативне регулювання використання GNSS/RTK мереж та відповідних приладів і обладнання при визначенні просторових координат. Крім того, необхідним є офіційне визнання і технічне нормування технологій оперативного картографування з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які успішно використовуються і продемонстрували свою високу ефективність.

## **1.2 Метод збору топографічної інформації з використанням безпілотних літальних апаратів.**

Згідно з вимогами Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98), яка є обов'язковою для всіх суб'єктів підприємницької діяльності, незалежно від форми власності, топографічні зйомки проводяться за допомогою аерофототопографічних і наземних методів. З метою підтримки актуальності топографічних планів вони регулярно оновлюються за тими ж методами. Аерознімання та геодезичне наземне зйомання плануються з урахуванням вимог щодо змісту та точності топографічних планів відповідного масштабу та призначення. В опублікованому для громадського та професійного обговорення [Перша редакція проекту розділів Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. / Розробники: Ю. Карпінський Н. Лазоренко-Гевель, О. Кучер, Р. Висотенко, В. Лавренєв, І. Тревого, В. Готов, О. Ясинський, Ю. Стопхай, Л. Скакодуб, Т. Кондратенко Видання 18.06.2020] Пропонується визначити Дистанційну топографічну зйомку як метод виконання топографічних зйомок, що включає такі елементи: аерофототопографічну зйомку та зйомку з використанням безпілотних літальних апаратів; авіаційне лазерне сканування; космічну зйомку.

Безпілотний літальний апарат (БПЛА) - це повітряний апарат, який може переміщатись в повітряному просторі без екіпажу (людини-пілота) і виконувати різні завдання самостійно за програмою або за допомогою дистанційного керування оператором. БПЛА може бути використаний в автономному режимі для виконання різних функцій. Широке використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для аерознімання обумовлено недоліками існуючих методів дистанційних топографічних зйомок, таких як космічні супутники Землі і пілотовані літальні апарати. Космічні знімки

надають зображення з обмеженим просторовим розрізненням (від 0,3 до 0,5 м), що не є достатнім для виконання детального картографування в масштабах понад 1:10000, створення інженерно-топографічних планів та детального моделювання просторових об'єктів. Крім того, вони обмежені освітленістю ландшафту, кутом відхилення знімальної системи від нормалі до поверхні Землі, наявністю хмарності та іншими факторами.

У порівнянні з пілотованими авіаційними системами, безпілотні літальні апарати є більш ефективними і вигідними з економічної точки зору. Вони надають можливість оперативно та безпечно отримувати знімки високої якості, але зазвичай їх застосовують в обмежених локаціях.

На підставі українського та міжнародного досвіду можна визнати, що найбільш ефективне картографування і просторове моделювання невеликих територій здійснюється з використанням малих класів безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та цифрових фотограмметричних систем. Завдяки цим технологіям можна отримати повний набір просторових даних, необхідних для виконання великомасштабного картографування, розв'язання маркшейдерських, кадастрових, управлінських та інших завдань, включаючи фотограмметричні моделі місцевості, які відповідають вимогам нормативно-технічних документів щодо точності й деталізації.

Найтрудомісткі етапи підготовки місцевості до аерознімання, а також основні процеси фотограмметричного оброблення, включаючи взаємну орієнтацію знімків, просторову фототріангуляцію, побудову цифрової моделі рельєфу та ортофотопланів, тепер автоматизовані. Це дозволяє фахівцям, які мають мінімальну спеціальну підготовку, отримувати високоякісні матеріали у короткі терміни і з мінімальними зусиллями.

Нижче наведен оструктурну схему технології створення топографічних планів з використанням матеріалів аерознімання за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА):

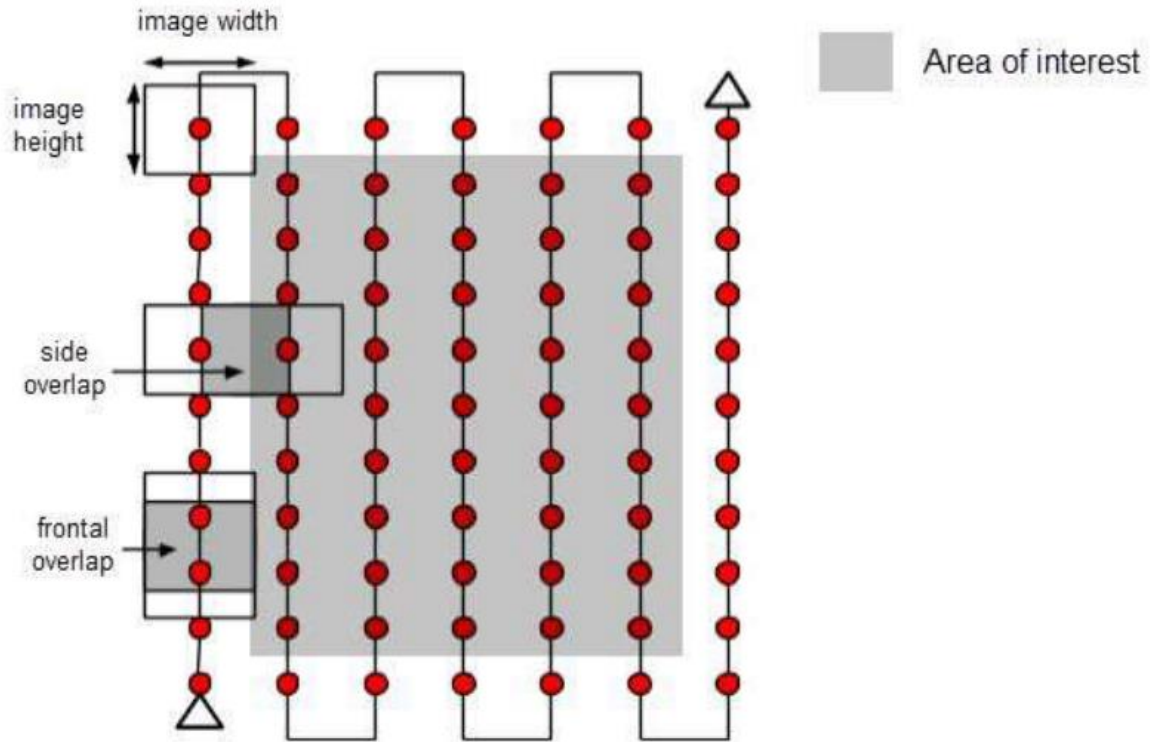
1. Підготовка до аерознімання:
  - Визначення об'єкту топографічного зйомки та встановлення мети дослідження.
  - Вибір відповідного БПЛА та необхідного обладнання.
  - Розробка польової місцевості, включаючи розташування контрольних пунктів, маркерів та інших елементів.
  - Планування польоту, включаючи визначення траєкторії, висоти польоту, параметрів камери та інших налаштувань.
2. Виконання аерознімання:
  - Запуск БПЛА та виконання запланованого польоту.
  - Збір фотографічних або відео зображень об'єкту з різних кутів та висот.
3. Передача даних та оброблення:
  - Завантаження зібраних фотографій на комп'ютер.
  - Обробка фотографій за допомогою фотограмметричного програмного забезпечення.
  - Встановлення орієнтації фотографій, фототріангуляція та побудова цифрової моделі рельєфу.
  - Створення ортофотопланів, які поєднують високу точність геометричних даних з фотографічним зображенням.
  - Контроль та корекція результатів оброблення.
4. Створення топографічного плану:
  - Розміщення геодезичних точок на ортофотопланах та цифровій моделі рельєфу.
  - Вимірювання координат та атрибутів точок.
  - Побудова топографічного плану з врахуванням

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) легкого класу мають обмеження щодо маси та енергетичного забезпечення корисного навантаження, яке вони можуть нести. Зазвичай використовуються малоформатні цифрові

фотокамери, які забезпечують задовільне просторове розрізнення фотознімків при обмеженій площі покриття кожним кадром. Це призводить до необхідності здійснювати багато знімків для покриття цілої території. Крім того, польоти таких БПЛА нестійкі в повітряному потоці під впливом вітрових навантажень, що призводить до отримання фотознімків зі значними кутами нахилу. Всі ці фактори ускладнюють отримання матеріалів, придатних для картографування.

Для подолання цих обмежень, рекомендується значно збільшувати перекриття знімків, як вздовж напрямку польоту, так і між маршрутами. Рекомендоване значення перекриття становить не менше 75% вздовжного перекриття і не менше 60% поперечного перекриття. Для ділянок з лісами, щільною рослинністю та сільськогосподарськими полями рекомендується ще більше збільшувати перекриття, до не менше 85% вздовжного перекриття і не менше 70% поперечного перекриття, а також літати на більшій висоті для полегшення виявлення схожих об'єктів між зображеннями.

У більшості випадків рекомендується виконувати знімання з паралельних маршрутів. В умовах щільної забудови та рослинності рекомендується виконувати з мінімум два знімання з взаємним розворотом маршрутів на 90 градусів (по сітці). Це допомагає отримати більш повне покриття території і поліпшити якість отриманих зображень.



**Рис.1.2. Схема виконання площинного аерознімання з БПЛА**

Незважаючи на багато переваг безпілотного аерознімання, існують деякі недоліки, які можуть вплинути на якість картографування і створити проблеми при фотограмметричному опрацюванні:

1. Низька якість знімків може виникнути при використанні шторних затворів цифрових фотокамер. Рекомендується використовувати центральні затвори та уникати автофокусування, стиснення об'єму та цифрової фільтрації зображень.
2. Невисока точність бортових навігаційних даних GPS/IMU може вплинути на точність геоприв'язки знімків. Якщо використовується високоточне навігаційне обладнання, необхідна ретельна синхронізація (вивірка за спеціальним алгоритмом) фотокамери з навігаційним обладнанням.

3. Використання неметричних фотокамер, які не забезпечують стабільність елементів внутрішнього орієнтування під час польоту, може вплинути на точність фотограмметричного опрацювання.

4. Присутність помилок у навігаційних даних та програмі може бути спричинена нестабільністю польоту, що в свою чергу може призвести до виникнення помилок у спрацюванні камери

Сучасний рівень розвитку виробництва цифрових фотокамер та навігаційних засобів частково компенсує вказані недоліки. Наприклад, використання цифрових фотокамер з GPS геодезичним класом точності дозволяє вимірювати лінійні елементи зовнішнього орієнтування прямо в процесі знімання з точністю 1-3 сантиметрів по координатах і 0,005 градуса по кутах. Така точність є порівнянною з точністю обладнання, що встановлюється на пілотованих носіях. Крім того, застосування геодезичних двочастотних GPS-приймачів у диференціальному режимі або методі уточнення координат дозволяє мінімізувати кількість наземних опорних точок, а іноді й зовсім обійтись без них. Для отримання точних результатів обробки зазвичай достатньо 1-2 точок на 100 знімків, а у випадку відсутності спеціального обладнання вимоги до наземної планово-висотної основи становлять одну точку на 6-10 базисів знімання.

Для здійснення безпілотного аерофотознімання визначаються та обчислюються певні вхідні параметри, а також здійснюється вимірювання певних параметрів під час проведення знімання.

Таблиця.1.1 [10]

## Параметри безпілотного аерофотознімання

Параметр	Позначення
<i>Параметри, що вибираються (задаються)</i>	
Масштаб аерофотознімка	$m$
Фокусна відстань	$f$ , мм
Розмір матриці цифрової камери	$S'(x,y)$ , мм
Розмір пікселя цифрової камери	$p_x, p_y$ , мкм
Розмір діагоналі матриці	$d$ , мм
Координати кутів повороту ділянки	$P_{1...4}(X,Y)$ , м
<i>Параметри, що розраховуються</i>	
Середня висота ділянки	$H_t$ , м
Довжина і ширина ділянки знімання	$L_p, L_q$ , м
Поздовжнє та поперечне перекриття	$p, q$ , %
Коефіцієнт, що залежить від методу вимірювання координат на знімку (0,1-0,5)	$k$
Швидкість БПЛА	$V$ , км/год
Час роботи затвору	$\Delta t$ , сек
<i>Параметри, що вимірюються</i>	
Розмір сторони знімка на місцевості	$S(X,Y)$ , м
Площа поверхні, що відобразилась на знімку для стереопари	$F_m$ , м <sup>2</sup>
Висота фотографування	$H_g$ , м
Базис фотографування на знімку та місцевості	$b$ , мм, $B$ , м
Зміщення зображення	$\sigma$ , мм
Інтервал фотографування	$dT$ , сек
Кут поля зору	$FOV$ , °
Очікувана точність визначення координат точок на моделі	$m_{XZ}, m_Z$ , м
<i>Параметри, що вимірюються</i>	
Складові швидкості БПЛА та кутової швидкості БПЛА	$V_{X,Y,Z}$ , км/год, $\omega_{X,Y,Z}$ , °/сек
Координати центру фотографування	$X_S, Y_S, Z_S$ , м

### **1.3. Розрахунок технічного завдання для виконання аерознімання з використанням безпілотних літальних апаратів.**

Перед початком та після завершення аерознімання з використанням БПЛА для картографування, важно виконати наступні кроки:

- Вибір необхідної аерознімальної та допоміжної техніки.
- Розрахунок та проектування параметрів аерознімання.
- Оцінка оперативної якості зібраних матеріалів аерознімання.

Основними характеристиками цифрових фотокамер, що мають велике значення для аерознімання з використанням малих БПЛА, включають:

- Присутність центрального затвора.
- Функція ручного фокусування та можливість встановлення режиму різкості на "безкінечність".
- Розмір фізичної матриці світлочутливих елементів.
- Світлосила об'єктива.
- Фізичний розмір пікселя зображення.
- Кут охоплення об'єктива.
- Вага та енергоефективність камери.

У таблиці 1.2 наведені паспортні характеристики сучасних цифрових фотокамер від провідних виробників, які широко використовуються для аерознімання з легких БПЛА.

Таблиця 1.2

## Паспортні характеристики цифрових фотокамер

Назва фотокамери	Довжина матриці, пкс.	Ширина матриці, пкс.	Довжина матриці, мм	Ширина матриці, мм	1 піксель, мм	Фокусна відстань, мм	Світлосила об'єктива	Вага, г
Nikon P7000	3648	2736	8.0	6.0	0.0022	28 (екв.)	2.8	360
Samsung EX1	3648	2736	8.0	6.0	0.0022	24 (екв.)	1.8	356
Panasonic DMC-LX5	3648	2736	8.4	6.3	0.0023	24 (екв.)	2.0	231
Olympus E-P1	4032	3024	17.3	13	0.0043	34 (екв.)	2.8	335
Sony NEX5	4592	3056	23.4	15.6	0.0051	16	2.8	297
Canon PowerShot S95	3648	2736	8.0	6.0	0.0022	28 (екв.)	2.0	170
Samsung NX100	4592	3056	23.4	15.6	0.0051	20	2.8	282

Для визначення продуктивності фотокамери важливо знайти максимально допустиму висоту фотографування ( $H_{\max}$ ) при заданому масштабі плану, який потрібно створити. Залежність між цими параметрами, розміром крайнього пікселя знімка та проекцією цього пікселя на місцевість (просторове розрізнення знімання) показана на рисунку 1.8.

Згідно з рисунком 1.8, для забезпечення високої якості знімка, розмір крайнього пікселя знімка на місцевості не повинен перевищувати 0,07 мм в масштабі створюваного плану. При розрахунку просторового розрізнення знімка, звертають увагу на найбільш віддалені від центру кадра пікселі.

$$S = \frac{d \cdot \cos(\gamma - \beta)}{\sin \gamma};$$

$$H_{\max} = S \cdot \cos \beta.$$

де кут  $\beta$  розраховують з величини фокусної відстані і розміру кадра.

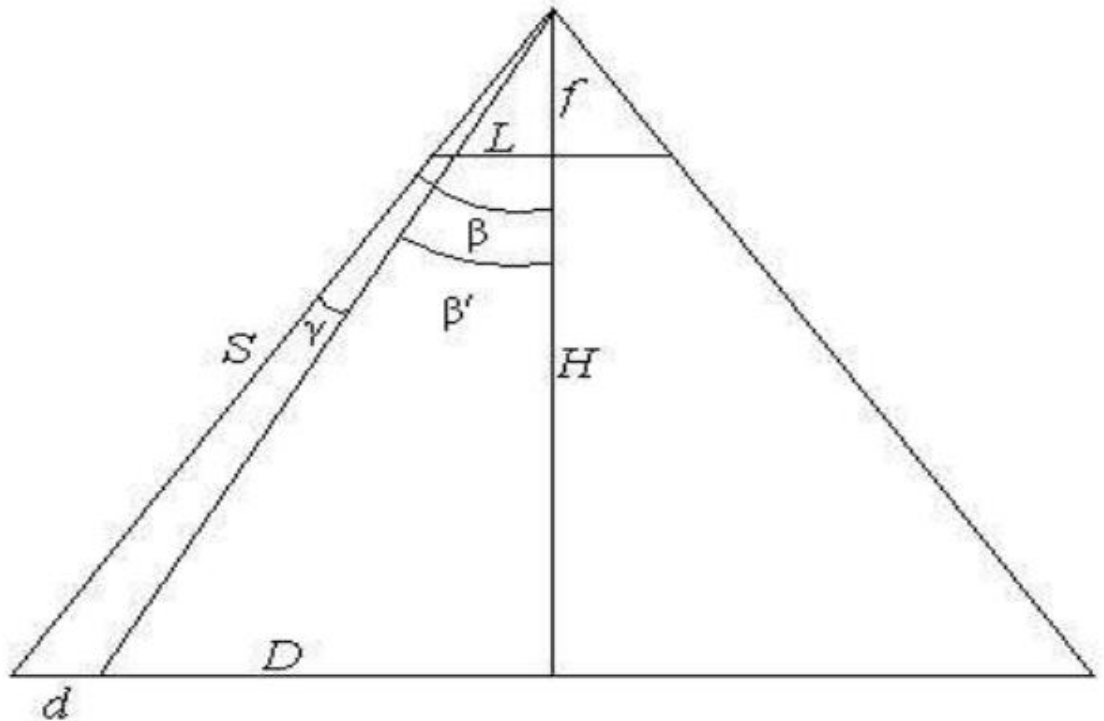


Рис. 1.3. Зв'язок розміра пікселя знімка з місцевістю:  $f$  — фокусна відстань камери в еквіваленті для 35 мм кадра;  $L$  — довжина половини діагоналі матриці, для 35 мм кадра складає 21.6 мм;  $H$  — висота фотографування;  $D$  — довжина половини діагоналі знімка на місцевості.

Половину поперечного кута захоплення камери можна розрахувати, використовуючи половину ширини кадра (позначену як  $L_{\text{попереч}}$ ).

$$\beta'' = \text{arcctg} \left( \frac{f}{L_{\text{попереч}}} \right).$$

Для розрахунку висоти польоту (позначена як  $H_{\text{пол}}$ ) з урахуванням помилки барометричного датчика висоти 20 м можна скористатись наступною формулою:

$$H_{\text{пол}} = H_{\text{max}} - 20 \text{ м.}$$

Половина ширини захоплення місцевості камерою:

$$D = H_{\text{пол}} \cdot \text{tg} \beta''.$$

Відстань між маршрутами в ідеальних умовах отримують за формулою:

$$B_{y^0} = 2 \cdot P_y \cdot D,$$

де  $P_y=0,3$ , при 70 % поперечному перекритті знімків.

Для забезпечення неперервного покриття поверхні знімками і уникнення розривів необхідно врахувати максимальне можливе відхилення безпілотного літального апарата (БПЛА) від запроєктованого маршруту. Мінімальне значення половини ширини захоплення місцевості під час аерознімання повинно враховувати сукупність помилок навігаційних даних і помилок пілотування літального апарата.

$$D_{\text{min}} = (H_{\text{пол}} - 15 \text{ м}) \cdot \text{tg}(\beta - 5^\circ) - 10 \text{ м.}$$

Відстань між сусідніми маршрутами враховує величину поперечного зміщення безпілотного літального апарата (БПЛА) відносно запроєктованої осі маршрута, утримання висоти польоту і кутів нахилу камери. Ця відстань може бути обчислена за допомогою відповідної формули.

$$B_y = B_{y^0} - \delta D.$$

де  $\delta D$  – найбільше очікуване відхилення між двома маршрутами:  
 $\delta D = 2 \cdot (D - D_{\text{min}})$ .

Таблиця 1.3

Параметри аерознімання з БПЛА для створення фотоплану і  
топографічного плану масштабу 1:2000

Назва фотокамери	Робоча висота фотографування, м	Відстань між маршрутами, м	Відстань між центрами фотографування на маршруті, м	Кількість знімків на 1 кв. км
Nikon P7000	285	84	78	152
Samsung EX1	221	76	68	194
Panasonic DMC-LX5	221	76	68	194
Olympus E-P1	424	101	100	99
Sony NEX5	282	102	92	107
Canon PowerShot S95	285	84	78	152
Samsung NX100	402	112	108	83

## **Розділ 2. ПІДГОТОВКА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ ЗА МАТЕРІАЛАМИ БЕЗПІЛОТНОГО ЗНІМАННЯ.**

### **2.1. Процес цифрової моделі місцевості та рельєфу з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА).**

Процес оброблення фотограмметричної інформації включає декілька етапів, включаючи:

- Створення блоку даних аерознімання, який включає аерознімки та телеметрійні дані.
- Виконання внутрішнього орієнтування знімків для визначення їх внутрішньої геометрії.
- Виконання взаємного орієнтування знімків для встановлення просторових зв'язків між ними.
- Побудова блочних мереж фототріангуляції для визначення орієнтаційних параметрів знімків.
- Створення інформаційних продуктів, таких як цифрова модель рельєфу, щільна хмара точок та індексні зображення.

1 Серед професійних цифрових фотограмметричних систем, що широко використовуються для оброблення матеріалів аерознімання з БПЛА, можна виділити такі програми: Agisoft PhotoScan Pro, PHOTOMOD UAS, Pix4D Mapper, INPHO UAS Master і Global Mapper Pro. Будь-яка з цих програм дозволяє генерувати такі результати, як :

- Параметри внутрішнього та зовнішнього орієнтування камери (у форматах файлів Bingo, SSK). Ці файли містять інформацію про внутрішні параметри камери (фокусну відстань тощо) і зовнішні параметри (положення та орієнтацію камери).

- Зображення з корекцією дисторсії у растрових форматах файлів.
- Щільна хмара точок (у форматах .las, .laz, .xyz, .ply). Це набір 3D точок, що репрезентують модель. Кожна точка в хмарі точок містить положення по осях X, Y, Z, а також інформацію про колір.
- Цифрова модель видимої поверхні місцевості (Grid DSM, Raster DSM): це модель 2.5D, яка містить інформацію про розташування точок (X, Y, Z), але не включає кольорову інформацію.
- Цифрова модель рельєфу DTM (растрова або грід DTM, триангуляційна TIN): це також модель 2.5D, в якій враховані тільки рельєфні об'єкти, після виключення будівель, огорож і рослинності. Вона також містить інформацію про розташування точок (X, Y, Z), але не включає кольорову інформацію.
- Ортофотоплан (GeoTIFF, KML file, Google Maps HTML file): це 2D зображення або карта, створена шляхом з'єднання кількох ортофото. Вона збалансована за кольором для високоякісної візуалізації.
- Карта індексів (GeoTIFF, Colored KML file, Grid Shapefile): це карта, в якій значення пікселів визначаються за відповідними формулами на основі карт відбиття.
- 3D-текстурована поверхня (.obj, .fbx, .dxf, .ply, .pdf, .osgb, .slpk): це візуалізація моделі, що складається з вершин, ребер, граней і текстур з використанням зображень. Це дозволяє представити модель у 3D форматі та поділитися нею через онлайн-платформи, наприклад, Sketchfab.
- Горизонталі (shp, .pdf, .dxf): це лінії, які з'єднують точки з однаковою висотою. Вони допомагають краще розуміти форму земної поверхні на карті, відображаючи рельєф.

- Відео-анімація та імітація обльоту території картографування (.mp4, .mkv, .avi): це рухомі зображення або анімація, які показують обліт території з різних ракурсів. Це дозволяє візуалізувати топографічні особливості та структуру місцевості.
- 3D оцифровані об'єкти, такі як полілінії, поверхні, базові поверхні об'ємних фігур (.shp, .dxf, .kml, .dgn): ці результати представляють об'єкти у тривимірному просторі з деталізованою геометрією. Вони можуть використовуватися для подальшого аналізу та моделювання місцевості.

Швидкість обробки матеріалів аерознімання залежить від кількості та якості знімків, їхнього розміру та характеристик комп'ютерної системи. Важливим етапом є вирівнювання аерознімків на основі планово-висотного обґрунтування, що включає розпізнавання зображень опорних точок. Фотограмметрист зіставляє опорні точки на знімках з їхніми відомими положеннями для отримання точних даних про орієнтацію знімків та обчислення СКВ (середньоквадратичне відхилення) від розрахункового значення. Метою спеціаліста є досягнення найменшого значення параметра "Сигма", яке характеризує достовірність процесу вирівнювання. Швидкість обробки також залежить від кількості фотографій та якості використовуваних параметрів.

Таблиця 2.1

Виробничий процес створення цифрової моделі місцевості та  
рельєфу (ЦММ та ЦМР)

№п/п	Етап робіт	Відповідальний за виконання робіт	Вимоги до вхідних даних (формат файлів)	Вимоги до вихідних даних (формат файлів)	Строк виконання робіт
1	2	3	4	5	6
1.	Завантажування та обробка результатів аерофотозйомки з безпілотною	Оператор БПЛА	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фотографії з камери (файли у форматі *.jpg)</li> <li>2. Дані бортової телеметрії (файли у форматі *.gps)</li> <li>3. Дані приймача GNSS (файли у форматі *.gps)</li> <li>4. Дані зовнішнього орієнтування</li> </ol>	(Файли у форматі *.txt)	2 години на кожен політ
	Створення проекту у програмному забезпеченні PhotomodUAS	Інженер-фотограметрист	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Геоприв'язані фотографії (файли у форматі *.jpg)</li> <li>2. Дані зовнішнього орієнтування (файли у форматі *.txt)</li> <li>3. Зрівняння стереопар за даними зовнішнього орієнтування (файли у</li> </ol>		1 година на кожен політ підготовчої роботи, 1 година рендерингу на кожні 500 фото (орієнтовно)

№п/п	Етап робіт	Відповідальний за виконання робіт	Вимоги до вхідних даних (формат файлів)	Вимоги до вихідних даних (формат файлів)	Строк виконання робіт
1	2	3	4	5	6
			форматі *.x-meta)		
	Вирівнювання за точками планово-висотного обґрунтування	Інженер-фотограметрист	1. Зрівняння за даними зовнішнього орієнтування (файли у форматі *.x-meta) 2. x-meta)		1 годину на 200 Га
	Створення та редагування пікетів	Інженер-фотограметрист	1. x-meta)		1 годину на 1-10 Га (залежно від місцевості)
	Векторизація стереопар	Інженер-фотограметрист	1. x-meta) 2. mid, *.dxf)		1 годину на 1-10 Га (залежно від місцевості)
	Створення щільної матриці висот	Інженер-фотограметрист	1. (Файли у форматі *.x-meta)	Цифрова модель рельєфу (ЦМР) (файли у форматі *.x-dem)	1 година рендерингу на кожні 200 фото (орієнтовно)
	Редагування щільної матриці висот (ЦМР)	Інженер-фотограметрист	Цифрова модель рельєфу (ЦМР) (файли у форматі *.x-dem)	Цифрова модель рельєфу (ЦМР) (файли у форматі *.x-dem)	1 годину на 10-100 Га (залежно від місцевості)
	Експорт щільної матриці висот (ЦМР) у сторонні формати	Інженер-фотограметрист	Цифрова модель рельєфу (ЦМР) (файли у форматі *.x-dem)	Файлів форматів *.CSV, *.DTED, *.ERDAS Image, *.GEO Tiff, *.PCIDSK, *.MTW	1 година на 10-100 Га (залежно від місцевості), 1 година рендерингу на кожні 200 фото (орієнтовно)

№п/п	Етап робіт	Відповідальний за виконання робіт	Вимоги до вхідних даних (формат файлів)	Вимоги до вихідних даних (формат файлів)	Строк виконання робіт
1	2	3	4	5	6
	Створення текстурованої 3D-TIN	Інженер-фотограмметрист	Цифрова модель рельєфу (ЦМР) (файли у форматі *.x-dem)	3D-TIN (файли у форматі *.json)	1 година рендерингу на кожні 200 фото (орієнтовно)
	Створення 3D-моделі цифрової моделі місцевості (ЦММ)	Інженер-фотограмметрист	3D-TIN (файли у форматі *.json)	Цифрова модель місцевості (ЦММ)	1 година рендерингу на кожні 1000 фото (орієнтовно)
	Редагування щільної матриці висот	Інженер-фотограмметрист	Цифрова модель рельєфу (ЦМР) (файли у форматі *.x-dem)	Цифрова модель рельєфу (ЦМР) (файли у форматі *.x-dem)	1 годину на 10-100 Га (залежно від місцевості)
	Експорт цифрової моделі місцевості ЦММ	Інженер-фотограмметрист	Цифрова модель місцевості	(Файли у форматах *.3DS, *.DAE, *.DXF, *.TX3)	1 година рендерингу на кожні 1000 фото (орієнтовно)

## 2.2 Фотограмметричне опрацювання матеріалів аерознімання, зібраних дроном, за допомогою Global Mapper Pro v24

Blue Marble Geographics (<https://www.bluemarblegeo.com/>), компанія, що базується в США, спеціалізується на розробці геопросторового програмного забезпечення, включаючи інструменти географічної інформаційної системи (ГІС). В одному з програмних продуктів ГІС, Global Mapper Pro, є інструмент під назвою «Пікселі в крапки». За допомогою Global Mapper Pro можна реконструювати 3D-ландшафт, використовуючи колекцію зображень, зроблених безпілотниками, та опорні точки з каталогу.

Цей програмний пакет ГІС дозволяє користувачам створювати класифіковану 3D-хмару точок, 3D-сітку та безшовні 2D-мозаїки ортофотопланів.

Global Mapper Pro - це сучасне і комплексне геопросторове програмне забезпечення, яке добре підходить для аналізу місцевості, редагування хмар точок, обробки зображень, отриманих з дронів, та інших геоінформаційних завдань. Завдяки широкому набору ГІС-інструментів Global Mapper Pro дозволяє користувачам створювати 3D-дані з колекцій зображень, знятих дронами або БПЛА, полегшуючи плавний перехід до аналізу та обробки даних.

Програмний інструмент «Пікселі в точки» зі збільшенням доступності легких дронів, оснащених камерами, все більше ГІС-спеціалістів можуть виїжджати на місцевість і самостійно збирати дані. Ці дані отримують у вигляді набору 2D-зображень, що перекриваються, з геотегами (координатами зображень). Збір таких даних у великих обсягах вимагає ретельної постобробки для створення 3D хмар точок і безшовних ортофотопланів із зібраного набору зображень. Інструмент Pixels to Points в Global Mapper Pro дозволяє користувачам взяти набір зображень, знятих дроном, разом з наявними наземними контрольними точками, і реконструювати сцену в 3D, використовуючи методику Structure from Motion (SfM). Дотримуючись простого робочого процесу завантаження зібраного набору зображень, налаштування параметрів обробки та натискання кнопки "Виконати", користувачі можуть створити 3D хмару точок, 3D сітку та безшовне 2D ортофотозображення.

Отримані результати є цінними візуальними матеріалами, які можна записувати і відтворювати у вигляді відеозаписів і карт у 3D-Viewer Global Mapper. Новостворені дані також можна експортувати в будь-який підтримуваний формат або використовувати для подальшого аналізу в Global Mapper Pro, як показано на ілюстрації нижче.



Рис 2.1. Приклад тривимірну візуалізацію хмари точок, яка була згенерована шляхом перетворення пікселів в точки.

Запропонована можливість експорту даних хмари точок у будь-який підтримуваний формат. Класифікація хмари точок.

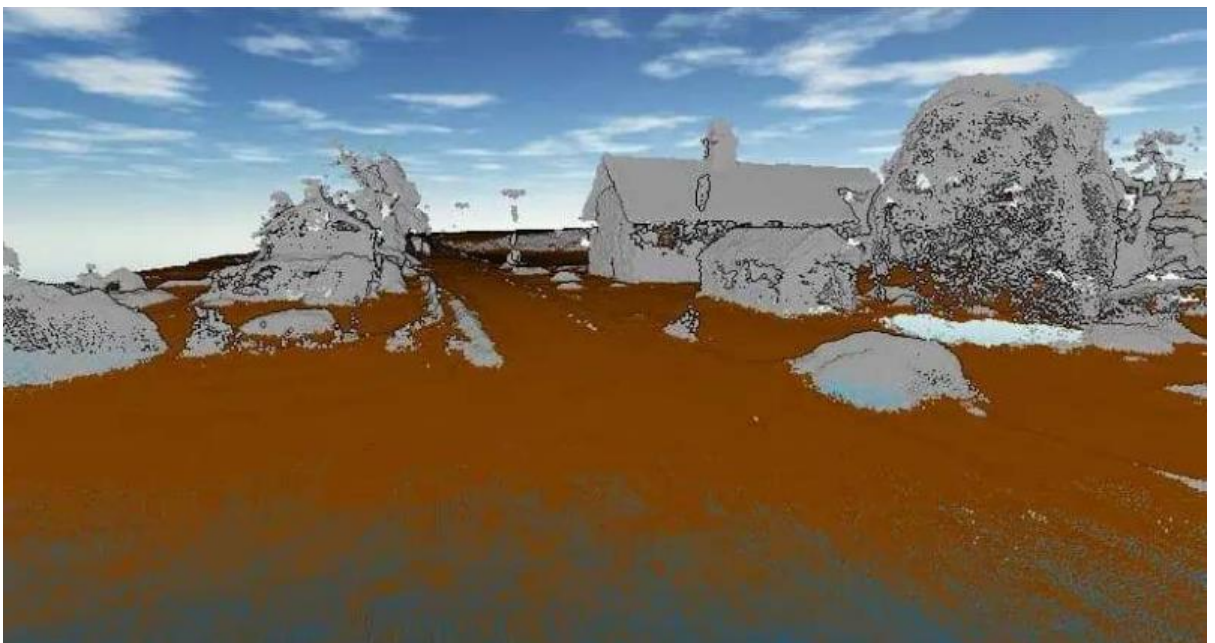


Рис.2.2 Приклад класифікована хмара точок, яка була розділена на два класи: "земля" і "не земля".

Ця класифікація дозволяє провести додатковий аналіз хмари точок або експортувати її у підтримуваний формат lidar.

Зазвичай першою класифікацією, що застосовується до хмари точок, є визначення точок, що відносяться до земної поверхні. У Global Mapper Pro автоматична класифікація землі здійснюється з використанням параметрів, які встановлює користувач. Ці параметри контролюють алгоритм інструменту для ідентифікації та класифікації потенційних точок землі. Наприклад, можна встановити мінімальну висоту над місцевою середньою висотою та інші параметри, які описують очікувану зміну висоти і максимальний нахил, що спостерігається у наборі даних. Інструмент класифікації землі в Global Mapper Pro є простим у використанні. Інші точки, які не відносяться до класу "земля", можуть бути детальніше класифіковані. Точки класу "земля" використовуються для створення цифрової моделі рельєфу.

Створення контурної лінії Global Mapper Pro надає можливість генерувати векторні контурні лінії рівня безпосередньо з будь-якої хмари точок. Користувач може встановити інтервал, який буде використовуватись при генерації цих ліній. Іноді такі лінії допомагають класифікувати точки землі, щоб контурні лінії були більш точними у відображенні рельєфу. Це дає змогу отримати детальну інформацію про висоти на певних рівнях у геопросторових даних.



Рис.2.3 Global Mapper Pro надає можливість створювати контурні лінії на основі рельєфних даних або хмари точок.

За допомогою діалогового вікна "Параметри генерації контуру" в Global Mapper Pro можна виконати фільтрацію даних хмари точок та встановити параметри, такі як інтервал проведення контурних ліній рівня та інші налаштування. Після створення контурних ліній рівня, векторні об'єкти можна експортувати у різноманітні підтримувані векторні формати файлів, щоб зберегти та використовувати їх у зовнішніх програмах та середовищах.

Global Mapper надає можливість автоматизувати обробку хмар точок за допомогою сценаріїв. Сценарії використовують текстову мову, специфічну для продуктів компанії-розробника, що дозволяє виконувати дії над даними хмари точок. У версії 24 Global Mapper доступний інструмент Script Builder, який спрощує створення сценаріїв робочого процесу. Він перетворює дії, виконані в інтерфейсі користувача, на повністю написані команди сценарію. Це робить автоматизацію обробки хмар точок більш доступною та зручною для користувачів.

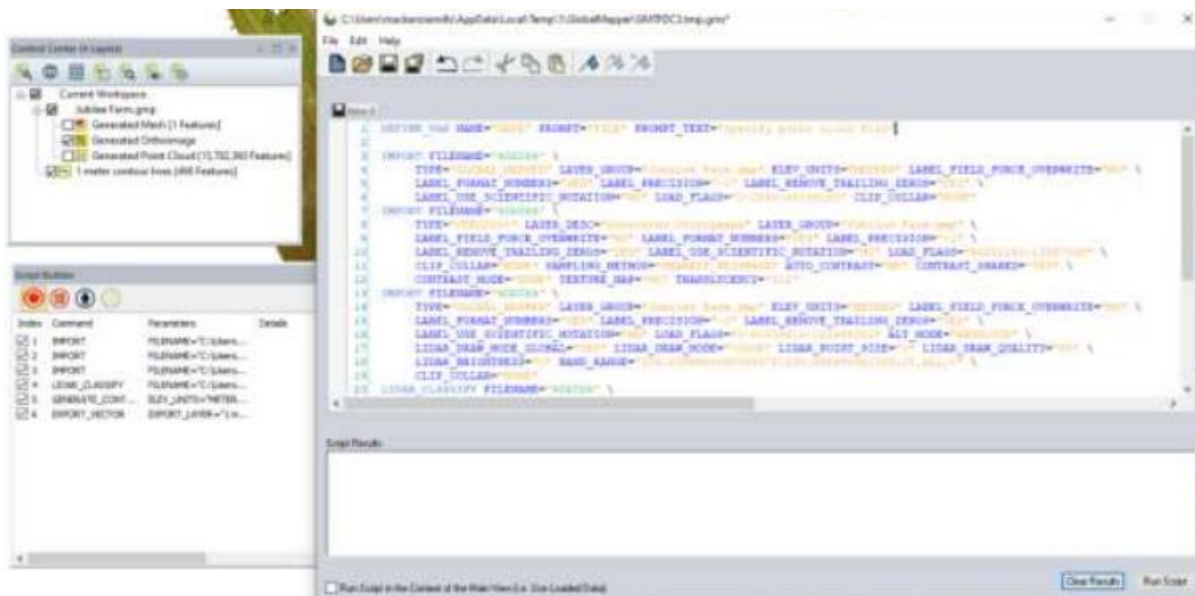


Рис.2.4. Редактор сценаріїв може відображати кілька сценаріїв в інтерфейсі з вкладками та використовується для редагування та запуску сценаріїв у Global Mapper Pro.

Після активації Script Builder у Global Mapper Pro користувач може записувати та працювати з робочим процесом постобробки хмари точок. Записані команди сценарію можна редагувати в редакторі сценаріїв Global Mapper або в будь-якому іншому текстовому редакторі. Щоб зробити робочий процес застосовним до будь-якого набору даних, можна додати змінні, які дозволять користувачу вибрати конкретні файли для імпорту або ввести необхідні значення параметрів для процесів, записаних у сценарії. Замінюючи шляхи до файлів та значення даних змінними, які користувач може вказати, сценарій стає автоматизованим робочим процесом, який можна використовувати з будь-яким вибраним набором даних. Крім того, такий сценарій може бути наданий іншим користувачем Global Mapper для виконання робочого процесу з даними хмари точок на їхньому комп'ютері. Рисунок 2.4 ілюструє цей процес.

Global Mapper Pro є універсальним програмним рішенням ГІС, яке надає вдосконалені інструменти, придатні для користувачів будь-якого

рівня кваліфікації. Це означає, що незалежно від того, чи є ви новачком в області ГІС або досвідченим професіоналом, ви зможете з легкістю використовувати Global Mapper Pro для своїх потреб. Завдяки цьому програмному рішенню ви отримуєте доступ до розширених функцій та інструментів, які дозволяють вам ефективно працювати з географічними даними та виконувати різноманітні завдання у галузі ГІС.

### **2.3 Генерація цифрового топографічного плану масштабу 1:2000 з використанням ортофотоплану.**

Під час камерального етапу проводиться створення топографічного плану масштабу 1:2000, використовуючи геоінформаційні моделі, що були отримані з фотограмметричного опрацювання, включаючи ортофотоплан, хмару точок, карту горизонталей та 3D моделі. Збір інформації та створення топографічного плану виконується за допомогою комп'ютерної програми Digital. Основою збору даних є процес дешифрування елементів місцевості на ортофотоплані. Для ефективного дешифрування рекомендується виконувати аналіз елементів змісту плану у певній послідовності, такі як:

- рельєфу; - гідрографії; - рослинності; - інженерно-геологічним умовам; - родовищам, кар'єрам, підприємствам; - дорожній мережі; - населеним пунктам.

Якщо на ортофотоплані виявлені неточності та спотворення, які унеможливають однозначну ідентифікацію об'єкта або визначення його властивостей, то ці проблеми повинні бути вирішені шляхом проведення обов'язкової перевірки на місцевості.

Щоб коректно відобразити рельєф на плані, рекомендується створення скелетних ліній. Ці лінії прокладаються вздовж канав, вододілів,

тальвегів, брівок і підощв, що дозволяє точніше відтворити особливості місцевості.

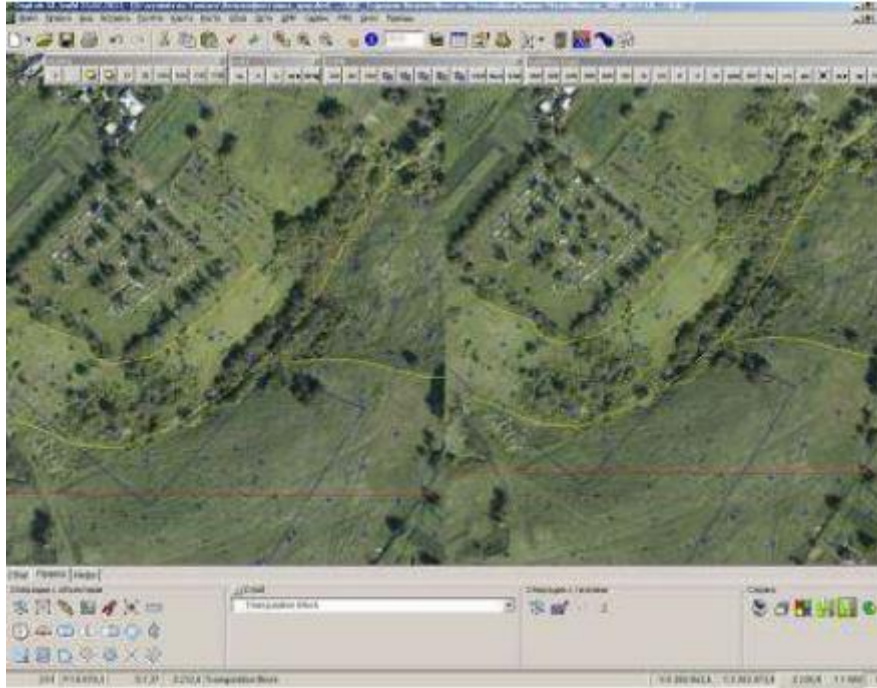


Рис.2.5. Процес створення скелетних ліній

Після збору скелетних ліній, карта горизонталей, отримана на попередньому етапі, потребує уточнення та перевірки правильності нумерації (висот). У даному випадку будуть проведені горизонталі через 1 метр.

Наступним кроком є нанесення ситуації на карту. Це охоплює збір усіх топографічних елементів, таких як будівлі, огорожі, межі присадибних ділянок, городи, рілля та інші, а також дорожню мережу, лінії електропередач (ЛЕП), озеленення (ліси, сади, чагарники, окремі дерева і т.д.).

Для збору інформації доступна інструментальна панель "Сбор". На цій панелі можна обрати тип створюваного об'єкту в залежності від його геометрії, такий як замкнутий об'єкт довільної конфігурації, прямокутний об'єкт, складний прямокутний об'єкт, точковий об'єкт, відрізок, коло або

паралельні лінії. Шар з умовним позначенням обирається в розділі "Активний слой" або в менеджері шарів.

Під час збору об'єктів зручно використовувати контекстне меню або відповідні "гарячі" клавіші.

Якщо під час збору об'єктів виявлені помилки, існує можливість їхнього редагування. Редагування може включати виправлення геометрії, такі як зміна розташування поворотної точки або топологічне узгодження об'єктів. Для виконання операцій редагування потрібно виділити об'єкт і скористатися інструментальною панеллю "Правка".



Рис.2.6. Закладка «Правка»

Під час процесу збору об'єктів, корисно використовувати закладку "Інфо". Ця закладка призначена для присвоєння об'єктам відповідних семантичних (атрибутивних) характеристик після завершення збору. Після збору кожного об'єкта, закладка "Інфо" стає активною, і на ній з'являються рядки, в які можна внести всі необхідні характеристики.

Для забезпечення контролю якості створеного плану виконуються різні типи перевірок. Однією з найпоширеніших перевірок є перевірка помилок локалізації. Для здійснення цієї перевірки слід перейти до меню "Карта", потім вибрати "Проверка" і "Локализация". Після цього відкриється вікно зі списком об'єктів, які потребують редагування (рис. 2.7).

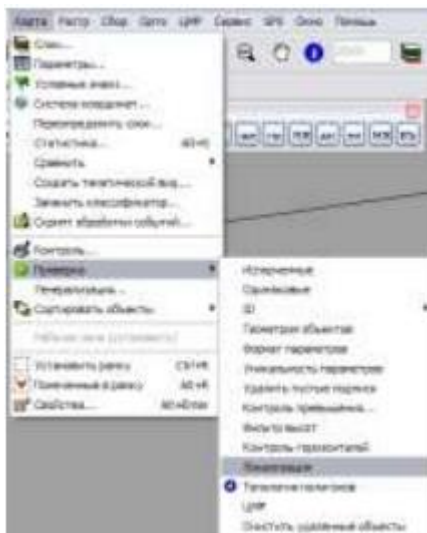


Рис.2.7. Вікно зі списком об'єктів

Після вибору об'єкта зі списку на шарі, він негайно підсвічується червоним кольором на плані (рис.2.8), і ми можемо виправити помилкові об'єкти. Після виконання редагування карти ми повторно проводимо контроль, щоб переконатися в якості внесених змін.

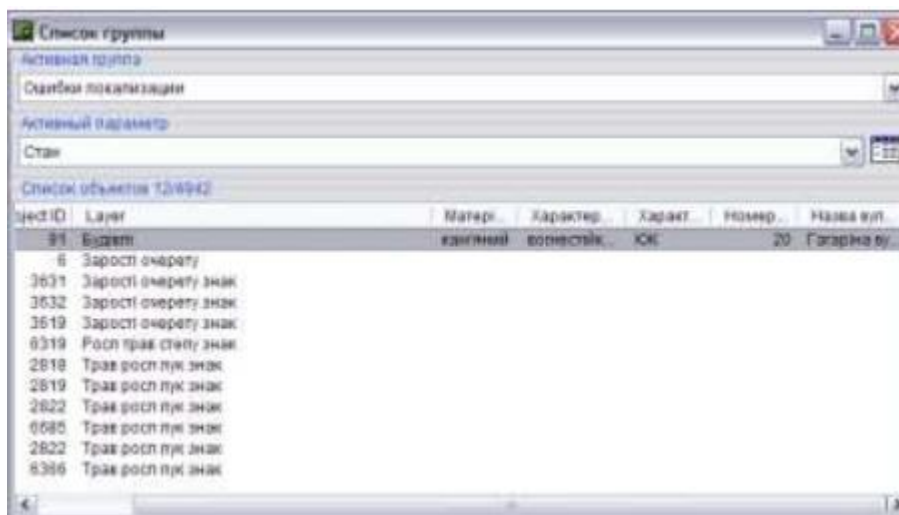


Рис.2.8. Помилки локалізації

Для перевірки об'єктів використовується функція "Правка"- "Найти". Це відкриває вікно пошуку об'єктів (рис.2.9), де ми можемо встановити параметри, за якими будемо проводити пошук.



Рис.2.9. Вікно пошуку об'єктів

Цей метод редагування дозволяє знайти та виправити об'єкти, які не мають встановлених семантичних характеристик, наприклад, тип будівлі (КН, КЖ і т.д.). Після виправлення всіх помилок отримується цифровий топографічний план масштабу 1:2000 (Рис.2.10).

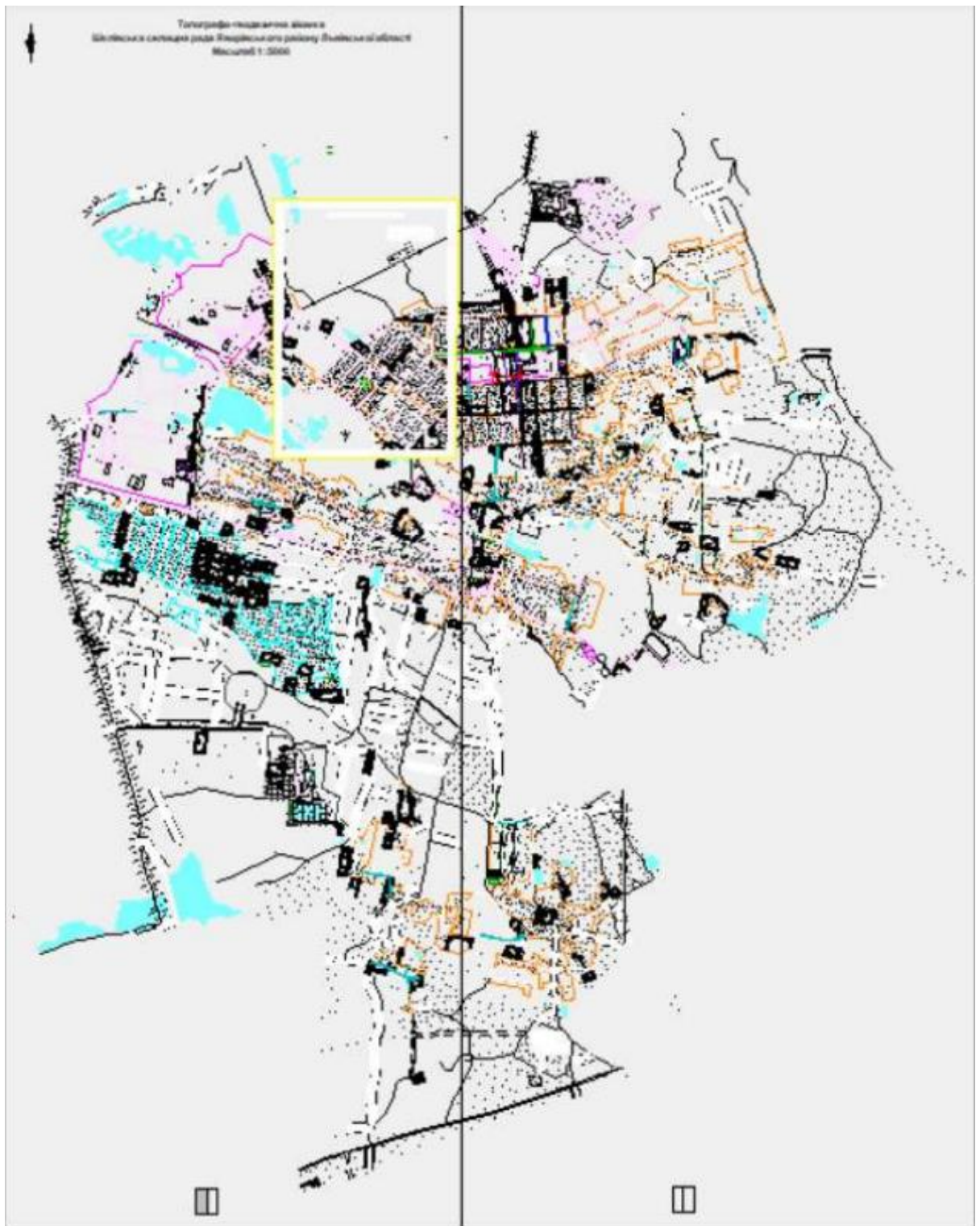


Рис 2.10 Цифровий топографічний план масштабу 1:2000

### **РОЗДІЛ. 3. СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ НА ПРИКЛАДІ СЕЛИЩА ШКЛО ЯВОРИВСЬКОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

#### **3.1 Фізико-географічний опис району робіт**

Селище Шкло, розташоване на території Львівської області, входить в Яворівський район цієї області. Згідно Кодифікатора адміністративно-територіальних одиниць та територій територіальних громад України, Шкло має код UA46140050020085756 в системі КАТОТТГ - кодифікатор адміністративно-територіальних одиниць та територій територіальних громад, який є національним реєстром адміністративно-територіальних одиниць та територій територіальних громад України.

Область: Львівська область Район: Яворівський район Селище міського типу: Шкло Населення: 5286 осіб Щільність населення: 1160 осіб/кв. км. Поштовий індекс: 81051 Телефонний код: +380 3259 Координати: 49°56'59" пн. ш. 23°31'55" сх. д. Висота над рівнем моря: 258 м. Площа: 4.556 кв. км. Часовий пояс: UTC+2:00, літом UTC+3:00 Річка: р. Шкло, р. Піла Рік заснування: 1360 р.

Сел. Шкло входить до Новояворівської територіальної громади. Кількість населених пунктів: 22 Площа територіальної громади: 273.4 км

Чисельність населення громади: 51564 Кількість закладів, що надають первинну медичну допомогу: 9 КАТОТТГ: UA46140050000054478

На території України та Польщі знаходиться особливий район з фізико-географічної точки зору - Розточчя. Цей район розташований на головному європейському вододілі між басейнами Чорного та Балтійського морів. Українське Розточчя розпочинається поблизу міста Львова і простягається на північно-захід на вузькій гірській смузі (з шириною приблизно 15-20 км) на відстань 60 км до кордону з Польщею, продовжуючись на їхній території до міста Красник.

Благодатні природні умови, розмаїття водних ресурсів та багатий рослинний і тваринний світ Розточчя завжди привертали увагу вчених. Багато вчених дійшли згоди, що природа цього регіону заслуговує особливої уваги. В результаті, в 1974 році було створено державний заказник "Страдчанський ліс" і в 1978 році заповідне урочище "Королева гора". Ці території стали основою для створення природного заповідника "Розточчя" у 1984 році, який охоплює площу 2084 га. Заповідник складається з Верещицького і Ставчанського лісництв. Його територія простягається на 8 км з півночі на південь і 12 км з заходу на схід.

Рельєф Розточчя сучасних часів характеризується наявністю горбистих пасм та окремих горбів. Абсолютна висота цих горбів коливається в межах 380-390 м, а найвища точка, яку представляє Гострий Горб, сягає 395 м. Висотна різниця між вершинами горбів та дном долини становить 60 м. Контури пасм та горбів мають заокруглену форму.

У межах території заповідника можна відмітити наявність трьох грядових підвищень. Ці підвищення охоплюють річки Верещиця та Ставчанка, а також формують каскад штучних ставів. Найбільшим з цих ставів є Янівський став, який має площу 207 гектарів. На жаль, це прекрасне озеро природного походження було перетворено на рибний ставок.

Розточчя має м'який помірно-вологий клімат без різких температурних коливань. Літо і рання осінь є найбільш сприятливими сезонами. Середньорічна температура становить приблизно +7,5 °С. Зимомою панує помірно холодна погода зі слабкими і помірними морозами, а сніговий покрив є нерівномірним і непостійним. Тривають довгі зимові відлиги. Осінь зазвичай є теплою і тривалою. Середньорічна відносна вологість становить 70-75%, а найбільші кількості опадів припадають на літо і пізню осінь, з загальною річною кількістю опадів близько 694 мм. Середньорічний атмосферний тиск становить 739 мм ртутного стовпа і зазнає коливань, зокрема влітку і особливо взимку. Рельєф Розточчя

впливає на напрямок повітряних мас, при чому переважають вітри з західного і південно-західного напрямків. Це призводить до частого надходження вологих мас з Балтики, що сприяє високій вологості повітря і значній кількості опадів, які досягають 673 мм на рік. Найбільше опадів спостерігається влітку. Середньорічна температура повітря складає близько +7,6 °С, з температурою у січні близько 3 °С і у липні близько +17,5 °С. Вегетаційний період у заповіднику триває 212 днів і характеризується м'якою зимою та частими зимовими відлигами. Особливості рельєфу, мозаїчність ґрунтового покриву і специфі

На території заповідника Розточчя переважають різні типи лісів, зокрема широколистяні, особливо букові і дубові, а також хвойно-широколистяні. Хвойні ліси, зокрема соснові, займають меншу площу. Широколистяні ліси ростуть на внутрішніх пагорбах з важкими ґрунтами, тоді як хвойні ліси зустрічаються на зовнішніх пагорбах з легшими ґрунтами. У заповіднику можна знайти багато видів земноводних і плазунів - це 17 видів, які відіграють важливу роль у біорізноманітті заповідника. Крім унікальних ландшафтів, що поєднують різноманітні екосистеми лісів, водойм і лучно-болотних угідь, на території заповідника розташовані дослідницькі об'єкти, де вчені займаються вивченням стану та змін природного середовища. Заповідник також активно проводить еколого-освітню роботу, у ньому є музей природи Розточчя, а для відвідувачів організовуються тематичні екскурсії екологічними стежками.

У живописних околицях поблизу міста Новояворівськ, що знаходиться на заході від Львова (на відстані 40 кілометрів), розташований всесвітньо відомий курорт "Шкло". Санаторій "Шкло" належить міністерству оборони України і знаходиться в мальовничому змішаному лісопарку площею 125 га, оточеному сосновими масивами. Велику роль у лікуванні відіграють сірководневі джерела та торфянисто-мінеральна грязь, що дають можливість лікувати різні захворювання, використовуючи

природні лікувальні властивості. Історія курорту "Шкло" сягає 1456 року, про що свідчать літературні джерела XV-XVI століть. У 1576 році польський лікар Войцех Очко відвідав місцевість "Шкло" і зробив перший медичний опис лікувальних властивостей місцевих джерел. З того часу люди приїжджають до "Шкла", щоб пройти курс лікування. У селищі також розташований Яворівський гірничо-хімічний комбінат "Сірка", виробнича діяльність якого припинена у 1990 році, а також залізничні станції Молошковичі та Шкло-Старжиська

### **3.2 Вимоги до створюваного топографічного плану.**

Головною метою є створення єдиного масиву цифрових геопросторових даних та топографічного плану М 1:2000 для розроблення комплексного плану просторового розвитку Новояворівської територіальної громади та генерального плану селища Шкло. Це передбачає створення цифрової картографічної основи, яка складатиметься з базових геопросторових даних, структурованих за допомогою класифікаторів інформації. Цей процес дозволить мати зручний та однорідний набір даних, який буде використовуватись для планування розвитку території та створення генерального плану селища Шкло.

Координатною основою є місцева система координат МСК-46, яка є похідною від Державної геодезичної референтної системи координат УСК-2000. Паспорт місцевої системи координат МСК-46 зареєстровано на офіційних сайтах EPSG Geodetic Parameter Registry, EuroGeographics та опубліковано на офіційному сайті адміністратора банку геодезичних даних. Це забезпечує належну геодезичну основу для проведення дослідження та використання координатних даних у створенні цифрової картографічної основи та топографічного плану

Карта буде створена для території Новояворівської територіальної громади, яка включає в себе зовнішні межі Шклівської селищної ради. Площа цієї території, яка підлягає картографуванню, становить 17,4 квадратних кілометри. В межах цього топографічного плану будуть визначені 6 пунктів ДГМ (державної геодезичної мережі). Зазначена територія також включає 4715 земельних ділянок, які знаходяться в земельному кадастрі.

Картографічна робота буде здійснюватись на основі місцевої системи координат Львівської області, відомої як МСК-46. Ця система координат є похідною від Державної геодезичної референтної системи координат УСК-2000. Паспорт з параметрами цієї місцевої системи координат зареєстровано на офіційних сайтах EPSG Geodetic Parameter Registry, EuroGeographics та також доступний на офіційному сайті адміністратора банку геодезичних даних.

Висотною основою є Балтійській системі висот 1977 року





Рис.3.1. Територія картографування селища Шкло Яворівського району Львівської області

Створення картографічних документів ґрунтується на нормативно-правових та технічних вимогах, які визначені в переліку основних документів (Додаток А). Вміст цифрової картографічної основи повинен відповідати класифікатору інформації М 1:2000 зі спрощеним змістом для розробки комплексного плану просторового розвитку території (Додаток Б).

Важливо, щоб цифрова картографічна основа містила якісні та кількісні характеристики об'єктів, а також їх коди в Єдиній системі класифікації і кодування картографічної інформації. Усі об'єкти на цифровій карті повинні бути топологічно зв'язаними.

При стереотопографічному зніманні необхідно дотримуватись точності, яка відповідає розміру трьох пікселів ортофотопланів.

Проведення контролю якості є важливою складовою процесу створення цифрової картографічної основи. Контроль якості охоплює всі

аспекти змісту і оформлення з метою перевірки однотипності кодування і подання об'єктів.

Основні елементи якості топографічних даних включають:

- Повнота даних, що означає, що всі необхідні об'єкти та їх характеристики належним чином представлені.
- Точність планового та висотного положення топографічних об'єктів, що забезпечує відповідність даних реальним географічним координатам і висотам.
- Достовірність даних, що передбачає правильність і достовірність відображення інформації про об'єкти.
- Логічна узгодженість даних, що забезпечує логічну послідовність і зв'язок між різними об'єктами та їх атрибутами.
- Правильність класифікації і кодування типів топографічних об'єктів, що забезпечує однозначне визначення та ідентифікацію кожного об'єкта на карті.
- Правильність визначення характеристик об'єктів, що означає, що атрибути та характеристики об'єктів відповідають їх фактичним властивостям.

Контроль якості допомагає забезпечити надійність та точність цифрової картографічної основи, що є важливим для її успішного використання.

Оцінка якості здійснюється за допомогою критеріїв, які включають середні, граничні та грубі похибки. Важливо, щоб значення цих похибок не перевищували встановлені нормативами величини похибок, які визначені в Основних положеннях.

Середня похибка в положенні на плані об'єктів та контурів місцевості з чіткими контурами, вимірних відносно найближчих точок геодезичної основи, не повинна перевищувати 0,5 мм в лісистій місцевості та 0,7 мм в масштабі плану. Граничні похибки в положенні на плані об'єктів та контурів

місцевості з чіткими контурами, вимірних відносно найближчих точок геодезичної основи, не повинні перевищувати 1,0 мм в лісистій місцевості та 1,4 мм в масштабі плану. Граничні похибки взаємного положення чітких контурів на забудованій території не повинні перевищувати 0,6 мм в масштабі плану. Кількість граничних похибок не повинна перевищувати 10% від загальної кількості контрольних вимірів.

Якщо наявні грубі (випадкові) похибки, їх кількість не повинна перевищувати 5%. У випадку перевищення цього значення роботу вважають неприйнятною. Картографічна основа, що охоплює територію населених пунктів і територію поза ними, повинна бути зведена в єдиний масив даних і представлена у вигляді бази геоданих ESRI Geodatabase. На топографічних планах масштабу 1:2000, як в графічному, так і в цифровому вигляді, мають достовірно з відповідною точністю та деталізацією відображатися: житлові та нежитлові будівлі та споруди, об'єкти шляхової мережі, надземні та підземні інженерні споруди, межі та огорожі, гідрографія та гідротехнічні споруди, рельєф місцевості, рослинний покрив, а також пункти геодезичної основи.

Для передачі рельєфу місцевості на карті використовуються горизонталі, умовні знаки та підписи. Горизонталі відображають рівні висоти на місцевості, а умовні знаки показують окремі форми рельєфу. Підписи вказують відмітки пікетів місцевості, горизонталей, глибину (відносну висоту) окремих елементів рельєфу та напрямок схилу. Висота перерізу рельєфу встановлюється залежно від характеру місцевості, масштабу плану та його призначення(табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Залежність висоти перерізу рельєфу від характеристики місцевості

Характеристика рельєфу ділянки знімання	Масштаб знімання 1:2 000 Переріз рельєфу, м
Рівний, з кутами нахилу до 2 град.	0,5 1,0
Горбистий, з кутами нахилу до 4 град.	0,5 1,0; 2,0
Пересічений, з кутами нахилу до 6 град.	1,0 2,0
Гірський та перед гірський	2,0

Для відображення основних форм та деталей рельєфу, які не можуть бути достатньо передані за допомогою горизонталей основного перерізу, використовуються додаткові горизонталі, які називаються половинними або допоміжними. Ці горизонталі допомагають більш детально відтворити складний рельєф та виключають проведення горизонталей через штучні покриття або розриті території.

На топографічних планах масштабу 1:2000, на кожний квадратний дециметр, наносяться не менше п'яти відміток характерних точок місцевості. Середня похибка знімання рельєфу відносно ближніх точок геодезичної основи для планів масштабу 1:2000 не повинна перевищувати визначену висоту згідно з такими критеріями:

- 1/4 висоти перерізу рельєфу при кутах нахилу до 2°;
- 1/3 висоти перерізу рельєфу при кутах нахилу від 2° до 6°;
- 1/3 висоти перерізу рельєфу при перерізі через 0.5 м.

У лісистій місцевості ці допуски збільшуються на півтора рази. У випадку, коли кути нахилу рельєфу перевищують 6°, кількість горизонталей повинна відповідати різниці висот, яка визначена на характерних перегибах схилів. Середні похибки висот, виміряних на характерних типах рельєфу,

не повинні перевищувати  $1/3$  висоти перерізу рельєфу, прийнятої для даного масштабу планів.

На топографічних планах, назви населених пунктів, вулиць, залізничних станцій, лісів, урочищ, вершин, перевалів, ярів та інших об'єктів підписуються мовою, яка є офіційною державною мовою.

### **3.3. Процес формування топографічної бази даних у програмному комплексі Digitalis.**

ЦММ, цифрові та електронні плани накопичуються та зберігаються в банку цифрових картографічних даних. Банк даних є системою, що складається з наповнених баз даних та системи управління цими базами даних. У банку даних здійснюється накопичення стандартизованої інформації.

Для створення банку цифрових картографічних даних необхідні наступні вхідні дані:

- Топографічний план населеного пункту масштабу 1:2000 у форматі \*.dmf (Digital Map Files) у системі координат СК-63 або УСК-2000.
- Файл проекту під назвою "Project\_topo".
- Файл шаблонної бази геоданих (БГД) у форматі ESRI Geodatabase з назвою "Geodatabase\_topo.gdb".

Підготовка даних з топографічної зйомки включає наступні етапи:

1. Етап підготовки даних у програмному забезпеченні Digitalis, що включає експорт даних у формат \*.shp.
2. Етап трансформації шейп-файлів з системи координат УСК-2000 в систему координат WGS-84.
3. Етап завантаження шарів до шаблонної бази геоданих (БГД).

На етапі 1, який включає підготовку даних у програмному забезпеченні Digitals та експорт у формат \*.shp, необхідно виконати наступні кроки:

1.1. Відкрити топографічний план населеного пункту у програмному забезпеченні Digitals.

1.2. Якщо вхідний файл не в системі координат УСК-2000, перепроєктувати топографічний план в систему координат УСК-2000. Це можна зробити, перейшовши до меню "Реєстри" та вибравши опцію "Перерахувати зі СК63 в УСК2000".

(рис. 3.2)



Рис. 3.2 Діалог програми Digitals для перепроєктування топографічного плану в систему координат УСК-2000

1.3. Встановіть зону, в якій знаходиться населений пункт Шкло, використовуючи першу цифру координати "Y" в правому нижньому кутку програми Digitals під час відкриття файлу топографічного плану (див. малюнок 3.3).



Рис. 3.3. До визначення номеру картографічної зони в програмі  
Digitals

В меню "Карта" → "Властивості" → "Datum" оберіть систему координат УСК-2000 із зоною, в якій знаходиться населений пункт Шкло (наприклад, "USK2000(5)"), як показано на риисунку 3.4.

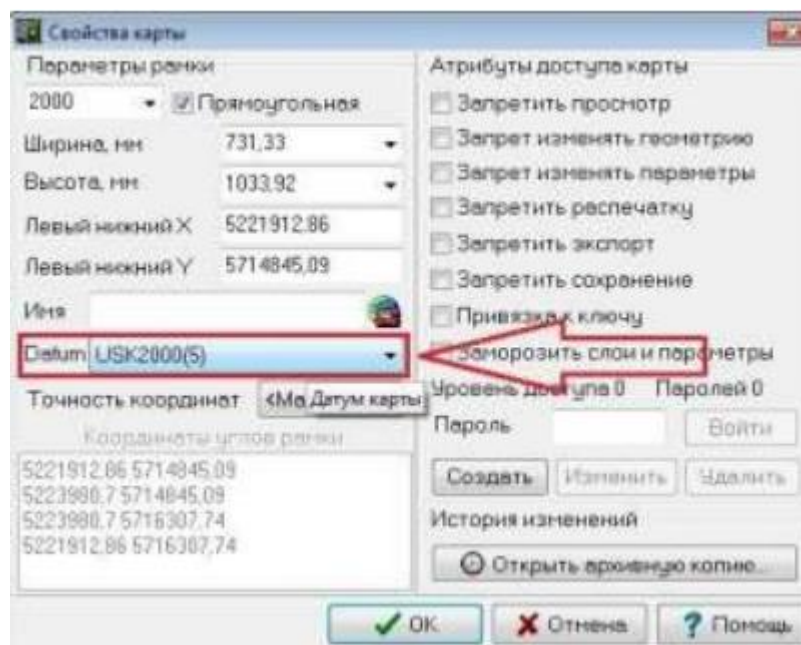


Рис. 3.4. Встановлення номеру картографічної зони в програмі  
Digitals

У файлі топографічного плану потрібно видалити службові і допоміжні шари, такі як "Листи карти", "Коректура редагування", "Перевірити в полі", "Коректура зі збору", а також межу оцифрування, якщо вони присутні. Це можна зробити через меню "Правка" → "Позначити" → "Шари", як показано на малюнку 3.5.

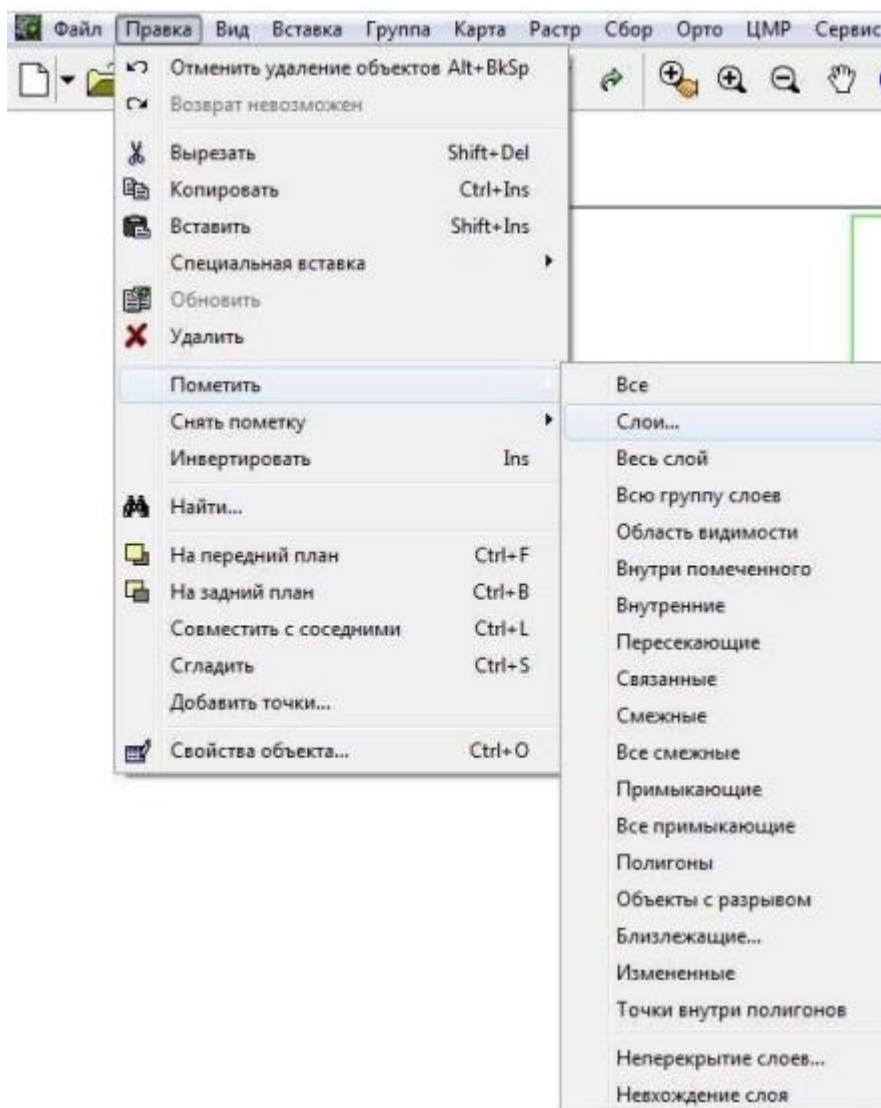
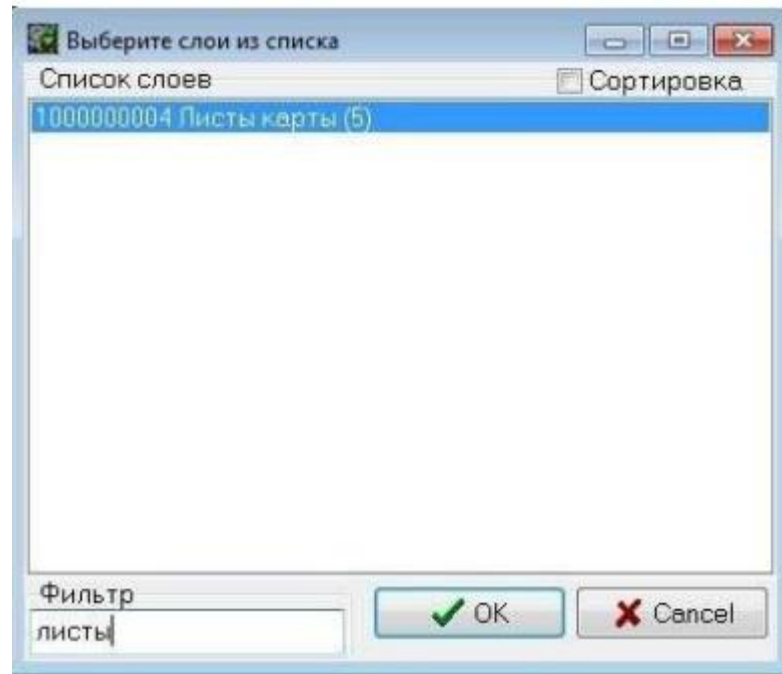


Рис. 3.5. Діалог вибору окремих шарів топографічного плану в програмі Digitalis

У вікні "Виберіть шари зі списку" (малюнок 3.6), використовуючи фільтр, знайдіть шар, який потрібно виділити (у прикладі - шар "Листи карти"), і натисніть кнопку "Ок". Програма виділить всі об'єкти під цим шаром, після чого натисніть клавішу "Delete" на клавіатурі для їх видалення.



**Рис. 3.6. вікні "Виберіть шари зі списку" в програмі DigitalS**

Розділити полілінії на окремі відрізки для наступних шарів:

- "ЛЕП повітряні дротяні на забудованій території високої напруги"
- "ЛЕП повітряні дротяні на забудованій території низької напруги"
- "ЛЕП повітряні дротяні на незабудованій території високої напруги"
- "ЛЕП повітряні дротяні на незабудованій території низької напруги"
- "Лінії електропередач повітряні кабельні"
- "Лінії зв'язку повітряні дротяні на забудованих територіях"
- "Лінії зв'язку повітряні дротяні на незабудованих територіях"

Для розбиття поліліній на відрізки необхідно виконати такі кроки:

1. Виділити всі об'єкти, які потрібно розбити на відрізки.
2. У вкладці "Сервіс" вибрати опцію "Перетворити".
3. В контекстному меню вибрати "Розбити на лінії".

4. Після розбиття відрізків вибрати опцію "Зберегти", щоб зберегти зміни.

Для експорту файлу у форматі \*.shp необхідно виконати такі кроки:

1. У меню "Файл" вибрати опцію "Зберегти як".
2. Обрати тип файлу "ArcGIS Shapefile".
3. Вказати необхідну назву та шлях для збереження файлу.
4. Натиснути кнопку "Зберегти", щоб здійснити експорт у форматі \*.shp.

Другий етап передбачає трансформацію шейп-файлів з системи координат УСК-2000 до системи координат WGS-84. Цей процес є необхідним для публікації даних на геопорталах та інших ресурсах інтернет-картографування.

### 2.1 У назвах шейп-файлів видалити всі апострофи

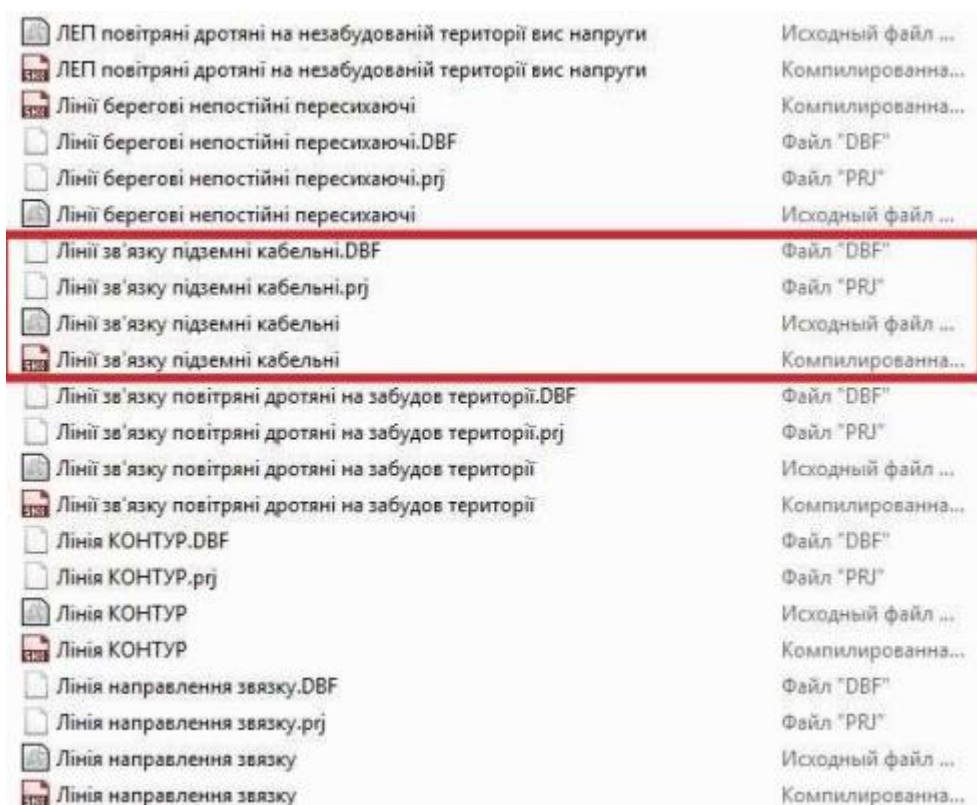


Рис. 3.7. До перейменування шейп-файлів

2.2. Відкрити програму ArcMap. У верхньому меню вибрати опцію "Каталог", а потім вибрати "Підключитись до робочої папки".



2.3. Відкрийте програму ArcMap та виберіть "Каталог". Потім оберіть шлях до папки, в якій бажаєте створити нову базу геоданих (\*.gdb), та натисніть "ОК".

2.4. Створіть порожню базу геоданих (\*.gdb). У вікні "Каталог" оберіть папку, в якій бажаєте зберігати базу геоданих, натисніть правою кнопкою миші, виберіть "Новий" і потім "Файлова база геоданих". Ім'я бази геоданих не має значення, оскільки пізніше ця база буде видалена.

2.5. Імпортуйте раніше створені шейп-файли в створену базу геоданих, одночасно перетворюючи їх систему координат з УСК-2000 на WGS-84. Для цього перейдіть до вікна "Каталог", виберіть "Набори інструментів", потім "Системні набори інструментів", "Data Management Tools", "Проекції та перетворення" і, нарешті, "Проеціювати пакетно" (рис. 3.8).

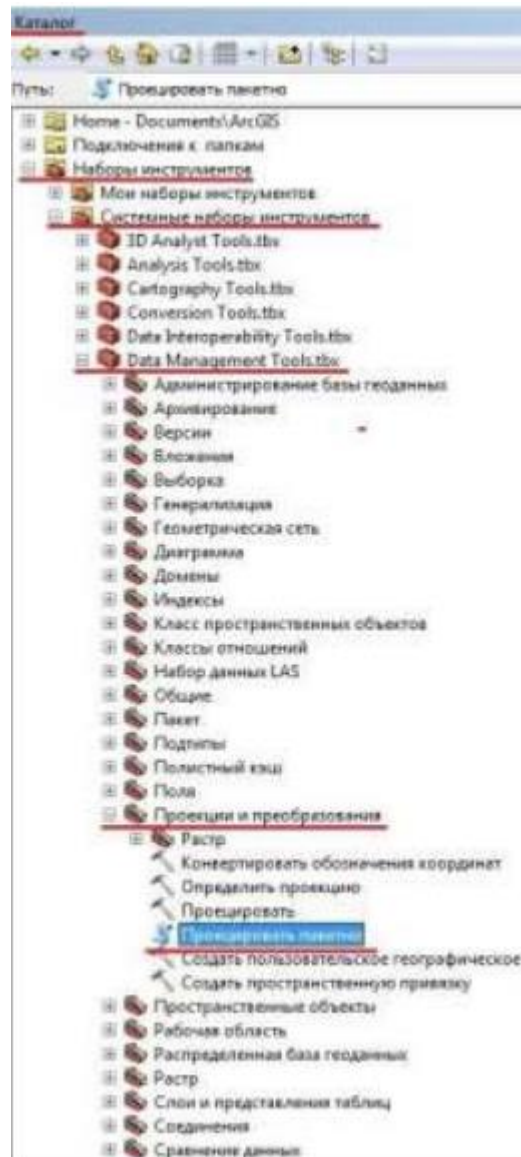


Рис. 3.8. Імпорт шейп-файлів в БГД АркГІС одночасно з трансформацією системи координат з УСК-2000 в WGS-84

В діалоговому вікні "Проєціювати пакетно" необхідно виконати наступні дії:

- В рядку "Вхідний клас просторових об'єктів або набір даних" вказати всі шейп-файли, які потрібно імпортувати до бази геоданих.
- В рядку "Вихідна робоча область" вказати файлову базу геоданих, куди потрібно імпортувати шейп-файли.

В рядку "Вихідна система координат (додатково)" вибрати зі списку систему координат, у яку необхідно перетворити шейп-файли, наприклад, "WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere".

- Після цього натиснути кнопку "ОК".

Етап 3. Завантаження шарів у шаблонну БГД.

3.1 Копіювати шаблон БГД (\*.gdb) та проекту (\*.mxd) до робочої папки та

перейменувати назви файлів БГД та проекту за зразком

UA46140050020085756\_Shklo\_topo\_WGS, де:-

UA46140050020085756 - код КАТОТТГ;

- Shklo – назва населеного пункту;
- topo – скорочена назва виду робіт;
- WGS – система координат.

Якщо поруч із шаром в таблиці змісту відображається червоний знак оклику (рис. 3.9), вам потрібно вказати шлях до БГД, де цей шар зберігається.

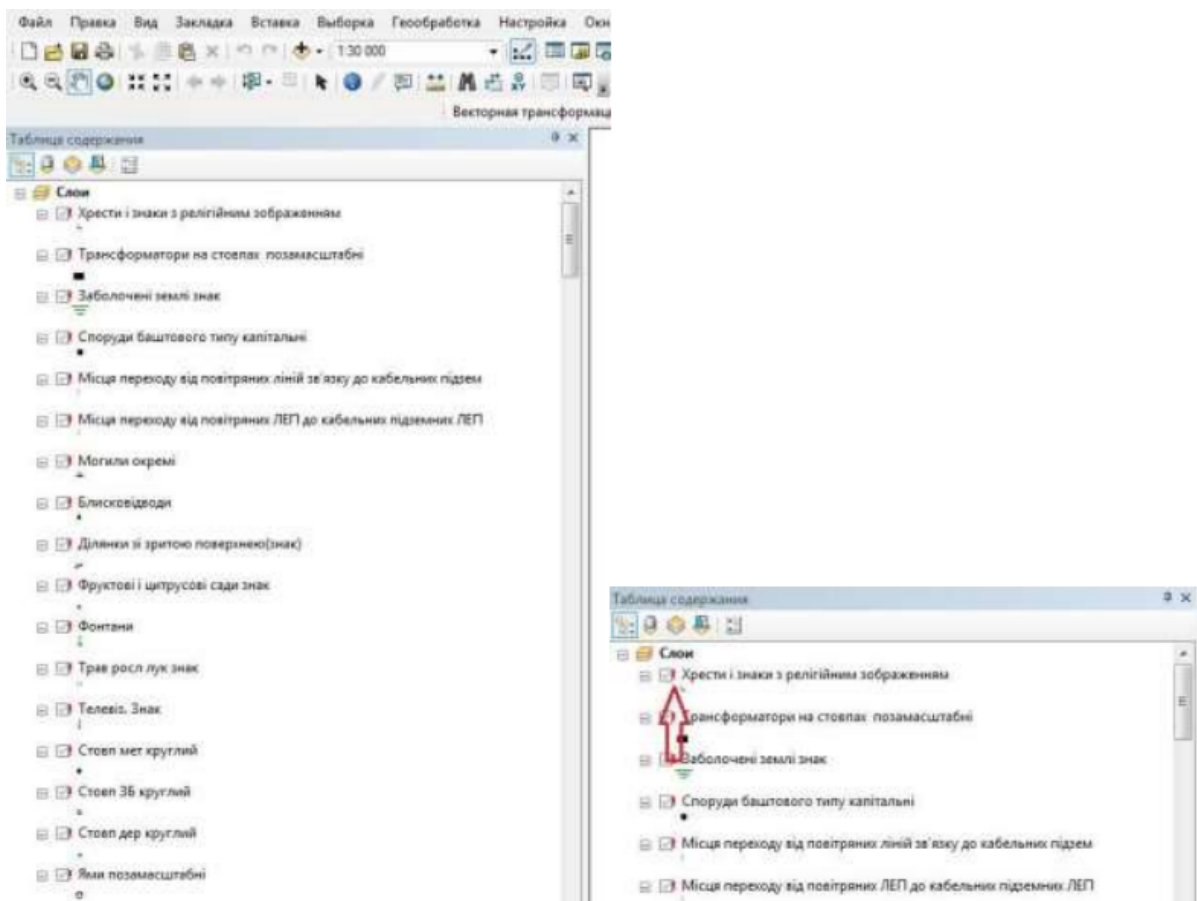
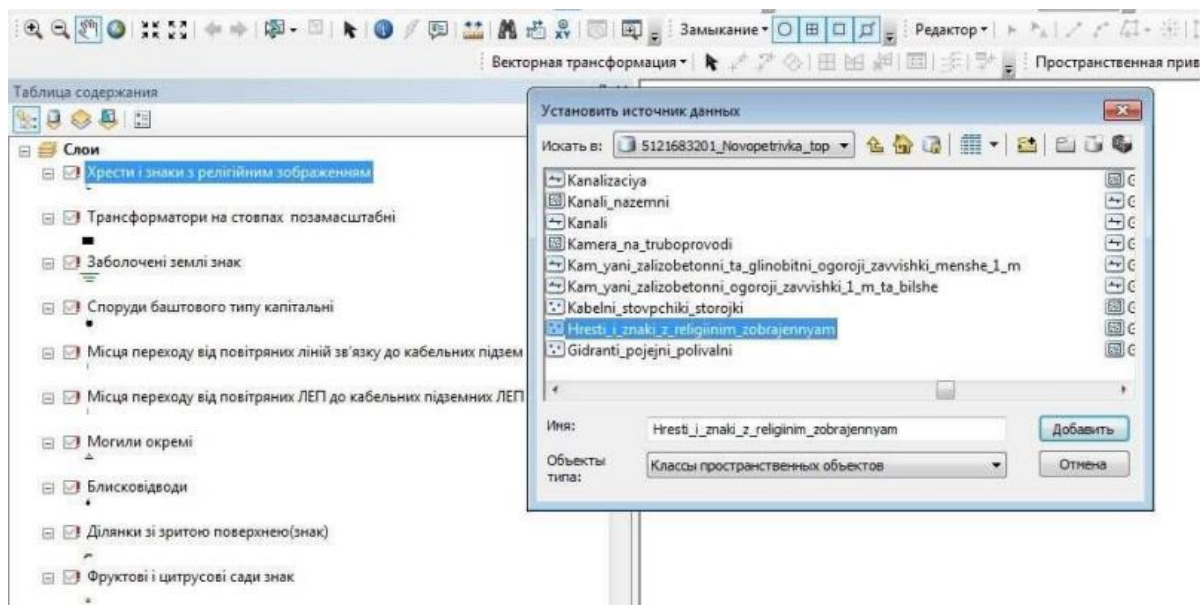


Рис. 3.9. Індикація про недоступність даних в програмі ArcMAP

Для встановлення шляху до БГД і зіставлення шару з проектом в БГД, необхідно натиснути на "значок червоного знака оклику". Програма пропонуватиме вам встановити джерело даних. Ви повинні вказати шлях до БГД для вашого проекту і зіставити шар з проектом в БГД (рис. 3.10), після чого натисніть "Додати".



Рисунку 3.10 Процес встановлення джерела даних для класу просторових об'єктів в базі геоданих в програмі ArcMap.

Після збереження програма автоматично зіставить джерело даних для всіх інших шарів. Згодом, за описаним порядком, необхідно завантажити всі шари топографічного плану у відповідні класи просторових об'єктів (КПО) з належним зіставленням параметрів. Для цього, у вікні програми ArcCatalog, вам потрібно розкрити зміст відповідної бази геоданих (БГД), куди ви плануєте завантажити дані, як показано на рисунку 3.11.

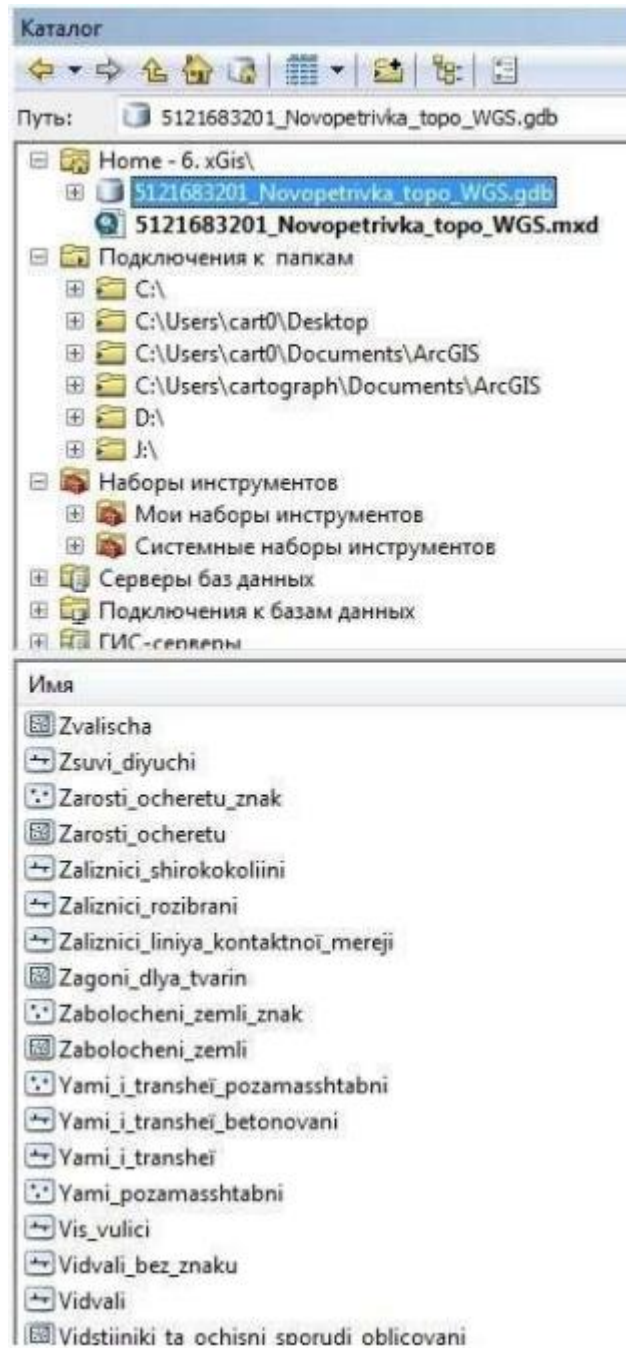


Рис. 3.11. Зміст Базы геоданих

Після вибору відповідного КПО (наприклад, «Budivli»), виконайте наступні кроки:

1. Натисніть праву кнопку миші.
2. У контекстному меню виберіть команду "Завантажити" і потім "Завантажити дані".

3. У рядку "Вхідні дані" натисніть на папку і виберіть КПО шару "Budivli", який був створений при трансформації шейп-файлів до WGS-84.
4. Натисніть "Відкрити", потім "Додати".
5. Натисніть "Далі", "Далі".
6. Зіставте поля для завантаження даних, як показано на рисунку 3.12.
7. Натисніть "Далі".
8. Виберіть "Завантажити всі дані джерела".
9. Натисніть "Далі" і, нарешті, "Готово".

Цим чином, дані будуть завантажені до вибраного КПО зі зіставленням полів.

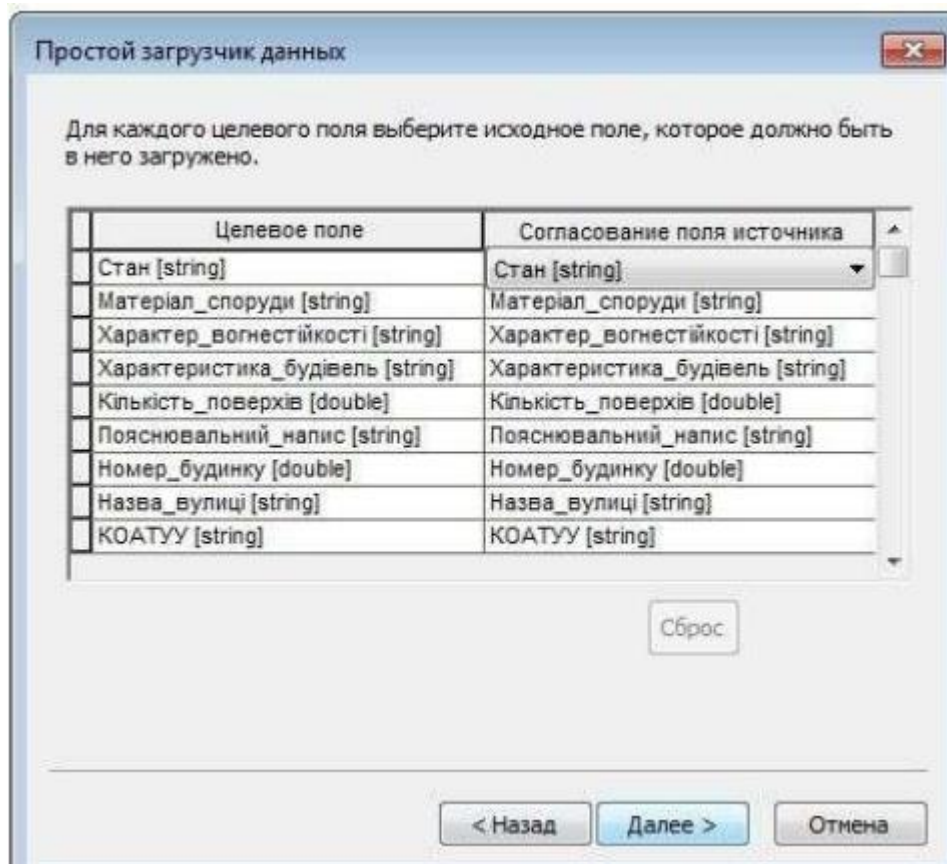


Рис. 3.12. Зіставлення у відповідність полів атрибутивної таблиці об'єктів топографічного плану та полів атрибутивної таблиці шаблоно БГД для коректного завантаження даних

Після виконання описаних вище кроків, шар "Будівлі" та всі інші шари будуть відображені в робочому вікні ArcMap. Це дозволить створити топографічний план населеного пункту Шкло з використанням умовних знаків для позначення різних типів об'єктів. Фрагмент такого плану показано на рисунку 3.13.



Рис 3.13. Фрагмент завантаженого в БГД топографічного плану селища Шкло

3.4. Видалити шари у проєкті, що залишилися порожніми (рис. 3.14)

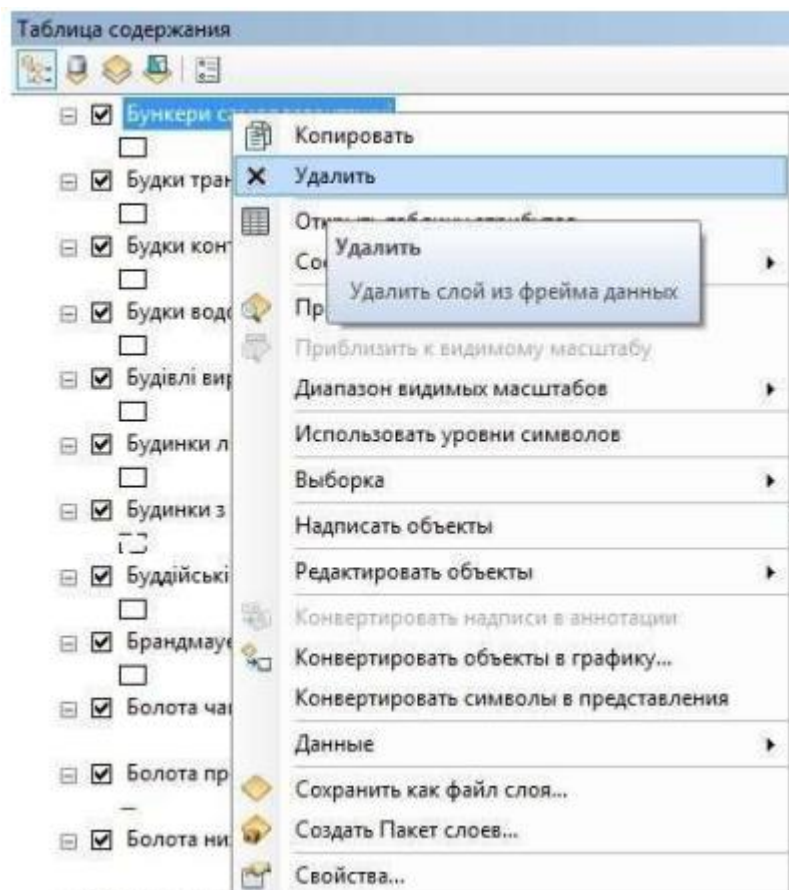


Рис. 3.14. Видалення порожніх шарів з проекту

Після виконання вищеописаних кроків, всі класи просторових об'єктів (КПО) в базі геоданих (БГД) слід перейменувати відповідно до вказаного формату, наприклад, "tUA46140050020085756Budivli". Тут "t" відповідає першій літері назви виду робіт (наприклад, "topo"), "UA46140050020085756" - коду КАТОТТГ, а "Budivli" - початковому найменуванню КПО.

В результаті виконаних робіт ми отримали два файли: базу геоданих у форматі ArcGIS (.gdb), яка містить матеріали топографічного плану селища Шкло Яворівського району Львівської області, та документ карти у форматі ArcGIS (.mxd) з топографічним планом масштабу 1:2000.

Ці два файли групуються в одну папку з назвою "UA46140050020085756\_Shklo\_topo\_WGS", де "UA46140050020085756" -

код КАТОТТГ, "Shklo" - назва населеного пункту, "topo" - скорочене найменування виду робіт, а "WGS" - система координат.

## ВИСНОВКИ

В розділах 1, 2 і 3 наведено огляд основних принципів створення цифрових топографічних планів та бази топографічних даних з використанням безпілотних літальних апаратів.

У розділі 1 розглянуто сучасний стан та напрямки розвитку загальних принципів цифрового великомасштабного картографування. Зокрема, описано нові технології та методи, що застосовуються для отримання точної та деталізованої топографічної інформації.

У розділі 2 наведено процес створення топографічного плану з використанням матеріалів, отриманих шляхом аерознімання з безпілотного літального апарата. Розглянуто виробництво цифрової моделі місцевості та рельєфу, а також фотограмметричне опрацювання матеріалів аерознімання.

У розділі 3 представлено процес створення топографічного плану та бази топографічних даних з використанням цифрової моделі місцевості на прикладі селища Шкло. Описано фізико-географічний опис району робіт, вимоги до створюваного топографічного плану та процес формування топографічної бази даних у форматі та структурі геоінформаційної системи Digitals.

Загальний висновок полягає в тому, що використання безпілотних літальних апаратів у поєднанні з сучасними технологіями аерознімання та геоінформаційних систем дозволяє ефективно створювати цифрові топографічні плани та бази даних. Це забезпечує більш точну, швидку та деталізовану інформацію про місцевість. Використання безпілотних літальних апаратів дозволяє отримати високоякісні дані топографічного характеру з мінімальними затратами часу та зусиль. Безпілотні літальні апарати забезпечують збір інформації з повітряного простору, що дозволяє отримати широкий огляд території та збір даних у великому масштабі.

Одним із важливих етапів створення цифрових топографічних планів та бази топографічних даних є фотограмметричне опрацювання матеріалів аерознімання. Використання програмного забезпечення, наприклад Global Mapper Pro V24, дозволяє ефективно обробляти зібрані дані, створюючи точну та деталізовану цифрову модель місцевості та рельєфу.

Одержані результати аерознімання, включаючи ортофотоплани та цифрові моделі місцевості, можуть бути використані для генерації цифрових топографічних планів масштабу 1:2000. Це надає зручну та детальну інформацію про територію, яка може бути використана в різних галузях, таких як інженерні дослідження, планування містобудування, землевпорядкування та інші. Створення топографічного плану та бази топографічних даних з використанням цифрової моделі місцевості дозволяє впроваджувати геоінформаційні системи, зокрема Digitals, для зберігання, управління та аналізу географічних даних.

## Список використаної літератури

1. Закон України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" Режим доступу [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14>],
2. Закон України "Про землеустрій" Режим доступу [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15>],"
3. Закон України Про Державний земельний кадастр" Режим доступу [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>];
4. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98), затвердженої наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 09.04.1998 №56.
5. Колб І. Методика створення засобами геоінформатики картографічного шару контурів будівель за матеріалами великомасштабного аерознімання місцевості з БПЛА / І. Колб // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. пр. / Західне геодезичне т-во Українського т-ва геодезії і картографії, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - Львів, 2018. - Вип. II (36). – С. 92-96
6. Вовк А., Глотов В., Гуніна А. Аналіз результатів для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу із застосуванням БПЛА Trimble UX-5 / А. Вовк, В. Глотов, А. Гуніна [та ін.] // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвід. наук.-техн. зб. / Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів, 2015. - Вип. 81. – С. 90-103.
7. Кондратенко Т. Досвід використання дронів (БПЛА) в містобудівній діяльності. Аерофототопографическая съёмка контуров и границ объектов недвижимости с использованием беспилотного воздушного судна. Сайт: [www.geoscan.aero](http://www.geoscan.aero)
8. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України 02.12.2016 № 509 «Порядок використання Державної геодезичної

референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою» Режим доступу [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#n13>];

9. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1259 "Деякі питання застосування геодезичної системи координат";

10. Карпінський Ю., Лазоренко-Гевель Н. Системна модель топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових

даних в Україні // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 92, 2020. С.24-36

11. Карпінський Ю.О., Лященко А.А., Лазоренко-Гевель Н.Ю.

Топографічне картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних, Київ 2018

12. Norbert Haala, Michael Cramer, Mathias Rothermel. Quality of 3D point clouds from highly overlapping UAV imagery. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL1/W2, 2013UAV-g2013, 4 – 6 September 2013, Rostock, Germany. pp.183-188.

13. V. M. Kurkov, A. S. Kiseleva. DEM accuracy research based on unmanned aerial survey data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIII-B3-2020, 2020. pp.1347-1352.

14. Перша редакція проекту розділів Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. / Розробники: Ю. Карпінський Н. Лазоренко-Гевель, О. Кучер, Р. Висотенко, В. Лавренєв, І. Тревого, В. Глотов, О. Ясинський, Ю. Стопхай, Л. Скакодуб, Т. Кондратенко Видання 18.06.2020