

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра Геоінформатики і фотограмметрії

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра

на тему:

**«Створення великомасштабних топографічних планів за даними
мобільного лазерного сканування»**

Виконала: студентка 4 курсу, групи
ГІСТ-41
напряму підготовки (спеціальності)
193 «Геодезія та землеустрій»

Почапинська І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Горковчук Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Київ - 2022 року

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Кафедра: геоінформатики і фотограмметрії

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Спеціалізація: Геоінформаційні системи і технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри проф., д.т.н.

Карпінський Ю. О

(підпис)

“__” _____ року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Почпинська Ірина Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Створення великомасштабних топографічних планів за даними мобільного лазерного сканування» та

керівник проекту (роботи) доц., к.г.н Горковчук Ю.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” грудня 2020 року № 2174/2

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 07 червня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) відкриті з ресурсів Google Maps, Open Street Map

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

ВСТУП

Розділ 1. Аналіз методів створення великомасштабних топографічних планів

1.1 Топографічний план (ТП): визначення, класифікація, особливості використання

1.2 Створення великомасштабних топографічних планів

1.3 Огляд технологій мобільного лазерного сканування

Розділ 2. Розроблення методики створення великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування

2.1. Методика створення топографічного плану

2.2. Концептуальна модель бази геопросторових даних великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування

2.3. Особливості векторизації геопросторових об'єктів великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування

Розділ 3. Створення ТП ділянки дорожньої мережі за даними мобільного лазерного сканування

3.1. Опис дослідної ділянки, вихідних даних та постановка завдання

3.2. Створення ТП ділянки дорожньої мережі

3.3. Оцінка точності результатів

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Схема нормативно-правового забезпечення створення топографічного плану, граф методи створення ТП, технологія створення ЦТП, методика створення ЦТП за результатами мобільного лазерного сканування, додатки у вигляді топографічних планів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ З№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Вступ		
.1	Топографічний план (ТП): визначення, класифікація, особливості використання		
.1	Створення великомасштабних топографічних планів		
.1	Огляд технологій мобільного лазерного сканування		
.2	Методика створення топографічного плану		
.2	Концептуальна модель бази геопросторових даних великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування		
.2	Особливості векторизації геопросторових об'єктів великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування		
.3	Опис дослідної ділянки, вихідних даних та постановка завдання		
.3	Створення ТП ділянки дорожньої мережі		
.3	Оцінка точності результатів		
.	Загальні висновки		

Студент _____ Почапинська І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Горковчук Ю.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. Аналіз методів створення великомасштабних топографічних планів	9
1.1. Топографічний план (ТП): визначення, класифікація, особливості використання	10
1.2. Створення великомасштабних топографічних планів	15
1.3. Огляд технологій мобільного лазерного сканування.....	20
РОЗДІЛ 2. Розроблення методики створення великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування.....	26
2.1. Методика створення топографічного плану.....	27
2.2. Концептуальна модель бази геопросторових даних великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування.....	33
2.3. Особливості векторизації геопросторових об'єктів великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування.....	39
РОЗДІЛ 3. Створення ТП ділянки дорожньої мережі за даними мобільного лазерного сканування.....	46
3.1. Опис дослідної ділянки, вихідних даних та постановка завдання ...	47
3.2. Створення ТП ділянки дорожньої мережі	48
3.3. Оцінка точності результатів	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	

ВСТУП

Створення топографічних планів завжди користувались великим попитом в різних галузях, адже це полегшує виконання багатьох задач. Особливо зараз, коли ми живемо під час повномасштабного російського вторгнення на територію України. Кожного дня навколо нас відбуваються жахливі події: руйнуються будинки, дороги, парки, промислові будівлі. Потім на їх місці будуть стрімко відбудовуватись та з'являться нові. Все це відбуватиметься настільки швидко, що матеріали карт та планів міст, як паперових так і електронних, покажуть застарілу та не актуальну інформацію.

Топографічні плани можуть використовуватись в різноманітних сферах починаючи з розробки генпланів населених пунктів, детального розпланування місцевості, складання розмічувальних креслень та закінчуючи з'ясуванням запасів корисних копалин.

Одним з методів збору просторових даних для топографічних планів є фотограмметрична зйомка. Сучасні засоби виконання робіт, такі як безпілотні літальні апарати та системи лазерного сканування, забезпечують швидкість та високу точність результатів.

Актуальність даної роботи зумовлена необхідністю швидкого оновлення та складання топографічних карт та планів високої якості.

Метою бакалаврської роботи є отримання високоточної цифрової моделі рельєфу місцевості та точне координування дорожньої інфраструктури для створення великомасштабного топографічного плану.

Об'єктом дослідження є створення великомасштабних топографічних планів, а предметом дослідження – оброблення результатів мобільного лазерного сканування із застосуванням сучасного інструментарію.

Для досягнення мети в роботі поставлено та виконано такі завдання:

1. Аналіз методів створення великомасштабних топографічних планів

2. Огляд технологій мобільного лазерного сканування
3. Розроблення методики створення топографічного плану на основі даних мобільного лазерного сканування
4. Розроблення концептуальної моделі бази геопросторових даних великомасштабних топографічних планів за даними лазерного мобільного сканування
5. Практична реалізація запропонованої методики створення топографічного плану на основі даних мобільного лазерного сканування.
6. Створення топографічного плану ділянки дорожньої мережі масштабу 1:500.
7. Оцінка точності результатів

Методологічною основою дослідження є процес обробки даних лазерного мобільного сканування, методи створення топографічних планів

**РОЗДІЛ 1. Аналіз методів створення великомасштабних топографічних
планів**

1.1. Топографічний план (ТП): визначення, класифікація, особливості використання

У сучасному картографуванні топографічний план (ТП) — це тип карти, який характеризується великомасштабною деталізацією та кількісним відображенням об'єктів рельєфу, зазвичай з використанням горизонталей (з'єднувальних точок однакової висоти), але традиційно з використанням різноманітних методів відображення рельєфу. Традиційні методи вимагають, щоб топографічна карта показувала як природні, так і штучні об'єкти.[1] Топографічна зйомка зазвичай базується на систематичному спостереженні та публікується у вигляді серії карт, що складається з двох або більше аркушів, які об'єднуються в цілісну карту. Серія топографічних карт використовує загальну специфікацію, яка включає діапазон використовуваних картографічних символів, а також стандартну геодезичну структуру, яка визначає проекцію карти, систему координат, еліпсоїд і геодезичні дані. Офіційні топографічні карти також використовують національну систему відліків.

«Державна топографічна карта - цілісний картографічний твір багатоцільового призначення, що уніфікований за математичною основою, змістом, оформленням і зображенням геопросторових об'єктів» [3] – так звучить визначення поняття «топографічна карта» згідно Постанови кабінету міністрів України «Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування». Однак чіткого визначення «топографічний план» в українському законодавстві немає, натомість ознайомившись з різними нормативно-правовими актами в сфері геодезії та картографії можемо зробити висновок що план та карта являється зменшеною, узагальненою проекцією частини Землі, що має певний масштаб,

а саме топографічний план – це креслення, на якому за допомогою спеціально розроблених та затверджених умовних знаків зображено відносно невелику ділянку земної поверхні в зменшеному вигляді.

В іноземному законодавстві можна знайти різні визначення. Наприклад Уряд Канади трактує дане поняття так:

«Ці карти детально відображають рельєф ґрунту (форми рельєфу та рельєфу), дренаж (озера та річки), лісистість, адміністративні райони, населені пункти, транспортні шляхи та споруди (включаючи дороги та залізниці) та інші техногенні об'єкти.» [2]

Інші автори визначають топографічні карти, порівнюючи їх з картами іншого типу; їх відрізняють від «хорографічних карт» меншого масштабу, які охоплюють великі регіони, [3] [4] «планіметричних карт», які не показують висот, [5] та «тематичних карт», які зосереджені на конкретних темах. [6]

В повсякденному світі спосіб репрезентації рельєфу популярний для визначення типу плану, так що навіть дрібномасштабні карти, що показують рельєф, зазвичай (і помилково, у технічному сенсі) називають «топографічними».[4]

В Україні, згідно «Географічної енциклопедії України» прийнята така систематизація за масштабом:

- оглядово-топографічні (масштаб від 1 : 1 000 000 до 1 : 200 000);
- топографічні (від 1 : 200 000 до 1 : 5000);
- дрібномасштабні (1 : 100 000),
- середньомасштабні (1 : 50 000, 1 : 25 000),
- великомасштабні (1 : 10 000);
- топографічні плани (1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500).

Отже з наведеної категоризації можемо зробити висновок що топографічний план являється категорією топографічних карт. І якщо останні

прийнято класифікувати за тематикою в силу більшого охоплення території, то плани являються точним кресленням, що створюється згідно загальноприйнятих стандартів. Великомасштабні топографічні плани є важливим матеріалом для досліджень території, оскільки вони містять велику кількість інформації що може бути відсутньою і не може бути отримана з описово-літературних джерел.

Питання точності топографічних планів регламентується діючим нормативом «Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500», п.5, офіційним документом затвердженим наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України №3 від 24.01.94р. За даним джерелом визначається що параметром оцінки топографічних планів є величини розходжень положень контурів та висот точок, що виміряні на плані, з відомими координатами контрольних точок та відстаней на місцевості. Критеріями оцінки є середні, граничні та грубі похибки. Вони не повинні перевищувати величини похибок, вказаних в документі.

Середня похибка у положенні на плані предметів та контурів місцевості з чіткими контурами відносно ближніх точок зйомочної основи не повинна перевищувати 0,5 мм, а в гірській та залісненій місцевості - 0,7 мм у масштабі плану. На територіях з капітальною і багатоповерховою забудовою середні квадратичні похибки у взаємному положенні на плані точок найближчих контурів (капітальних споруд, будинків та інше) не повинні перевищувати 0,5 мм. [5]

Середня похибка зйомки рельєфу відносно ближніх точок геодезичної основи не повинна перевищувати по висоті:

- 1/4 прийнятої висоти перерізу рельєфу при кутах нахилу до 2°;

- $1/3$ - при кутах нахилу від 2° до 6° для планів масштабу 1:5000, 1:2000; і до 10° для планів масштабу 1:1000 та 1:500;

- $1/3$ - при перерізі рельєфу через 0.5 м на планах масштабів 1:5000 та 1:2000.

На залісненій місцевості ці допуски збільшуються у півтора рази.

У місцевостях з кутами нахилу рельєфу більш як 6° для планів масштабів 1:5000 та 1:2000, а також більш як 10° для планів масштабів 1:1000 та 1:500 кількість горизонталей повинна відповідати різниці висот, визначених на характерних перегінах схилів, а середні похибки висот, визначених на характерних типах рельєфу, не повинні перевищувати $1/3$ прийнятої висоти перерізу рельєфу.

Граничні похибки у положенні на плані предметів та контурів місцевості з чіткими контурами відносно ближніх точок зйомочної геодезичної основи не повинні перевищувати 1,0 мм, а в гірській та залісненій місцевості - 1,4 мм у масштабі плану.

Граничні похибки у взаємному положенні на плані чітких контурів на забудованій території не повинні перевищувати 0,6 мм у масштабі плану.

Кількість граничних похибок не повинна перевищувати 10% від загальної кількості контрольних вимірів.

При наявності грубих (випадкових) похибок їх кількість не повинна перевищувати 5%. Якщо таких похибок більше 5% - робота бракується.

При створенні топографічних планів, як виняток, дозволяється зменшувати їх графічну точність. У таких випадках, які обґрунтовуються в технічному проекті (програмі), топографічні плани допускається створювати з точністю планів суміжного, більш дрібного масштабу. Наприклад, плани масштабу 1:5000 можуть бути створені з точністю масштабу 1:10000, а плани масштабу 1:2000 – з точністю масштабу 1:5000 та інше. При цьому, на планах

за східною рамкою обов'язково вказується методика їх створення (зйомка на збільшених фотопланах, фотомеханічне збільшення планів та інше) і точність зйомки. [5]

Середні квадратичні похибки висот відносно найближчих точок геодезичної основи не повинні перевищувати величин, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. СКП похибки висот

Район робіт	Масштаб ТП			
	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
Рівнинні з ухилом до 2°	0,15	0,15	0,15(0,31)	0,31(0,15)
Рівнинні з ухилом до 2° у залісених районах	0,22	0,22	0,22(0,46)	0,46(0,18)
Пересічні, рівнинні райони зі схилами з ухилом місцевості до 6°	0,21	0,21	0,82(0,41)	2,08(0,82)
Пересічні, рівнинні райони зі схилами з ухилом місцевості до 4°	0,21	0,21	0,20* 0,41	0,82 (0,41)
Залісені пересічні, рівнинні райони зі схилами	0,31	0,31	0,31* 0,62	1,25 (0,62)
Низькогірні та середньогірні райони	0,41	0,41	0,82	0,82* 2,08
Низькогірні та середньогірні залісені райони	0,62	0,62	1,25	1,25* 3,12
Високогірні райони	0,41	0,41	1,25	1,25* 3,12

Неможливо уявити функціонування деяких сфер без використання топографічних планів. В залежності від масштабу вони можуть використовуватись для різних потреб. Документом, який детально розписує призначення топографічних планів є «Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500». [4]

Найкрупнішим масштабом для створення ТП є 1:500. План даного масштабу буде розроблятися у даній роботі. Він є основою для створення ТП всього масштабного ряду. Використовується для:

- складання виконавчих планів промислових підприємств, багатоповерхової забудови житлово-цивільного будівництва з мережею підземних інженерних комунікацій, генеральних планів ділянок будівництва та робочих креслень багатоповерхової забудови, для проведення вертикального планування, складання планів існуючих підземних мереж та споруд і прив'язки будівель та споруд до ділянок забудови міста;
- для складання робочих креслень гребель головною вузла басейнів добового регулювання, зрівнювальних шахт, напірних трубопроводів будівель ГЕС та інших споруд;
- для кадастру населених пунктів із складною забудовою. [4]

1.2. Створення великомасштабних топографічних планів

Як зазначалось вище, ТП створюються для різних потреб. Від оформлення генеральних планів міст, ведення кадастру населених пунктів до складання робочих креслень окремої земельної ділянки. Топозйомки, проведені фахівцями, надають достовірну та повну інформацію, що може використовуватись для проектування житлових, промислових чи інфраструктурних об'єктів, капітального будівництва та реконструкції, прокладання доріг і комунікацій чи інших потреб.

Згідно законодавства України, процес створення геодезичних, топографічних і картографічних матеріалів, даних, топографо-геодезичної та картографічної продукції являється топографо-геодезичною та картографічною роботами. [6] Право професійно займатись такими роботами та відповідною діяльністю мають лише особи, що мають вищу освіту у сфері геодезії та картографії. У статті 5.1 Закону України про топографо-геодезичну і картографічну діяльність, чітко вказано за якими напрямками може здійснюватися виконання топографо-геодезичних та картографічних робіт, а саме:

- а) основні геодезичні роботи
- б) загальнодержавні топографічні знімання
- в) інженерні вишукування для будівництва та великомасштабні топографічні знімання.

Зазвичай топографо-геодезичні і картографічні роботи мають право виконувати організації та суб'єкти підприємницької діяльності, які мають ліцензії на виконання топографо-геодезичних робіт. Ліцензії видаються на основі "Інструкції про умови і правила здійснення аерофотозйомочних, топографо-геодезичних, картографічних робіт, кадастрових зйомок суб'єктами підприємницької діяльності, порядок надання ліцензій та контролю за їх дотриманням" (ДКНТА-2.07.01-93). [8]

Право виконувати топографічне знімання має сертифікований інженер-геодезист. Це особа, яка має досвід роботи за спеціальністю не менше одного року, склала кваліфікаційний іспит та одержала кваліфікаційний сертифікат за відповідним напрямом робіт. Відомості про сертифікованих інженерів-геодезистів вносяться до Державного реєстру сертифікованих інженерів-геодезистів відповідно до вимог цього Закону. [6]

В наші дні набуло великого поширення створення комерційних топографічних карт та планів, оскільки на сьогодні більшість державних топографічних карт і планів усіх масштабів застаріла і частіше всього не відповідає сучасному стану місцевості, вона потребує оновлення.

Приватні «саморегульвні» організації займають більшу частину ринку топографо-геодезичної діяльності. Саморегульвними організаціями у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності є громадські організації, що об'єднують фізичних осіб, визнаних сертифікованими інженерами-геодезистами у порядку, встановленому Законом України Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність, отримали свій статус відповідно до вимог цього Закону та здійснюють повноваження з громадського регулювання топографо-геодезичної і картографічної діяльності. [6]

Підставою для виконання топографо-геодезичних робіт є технічне завдання і технічний проект або програма робіт. [8]

Нормативно-правове забезпечення створення топографічного плану наведено на схемі 1.1.

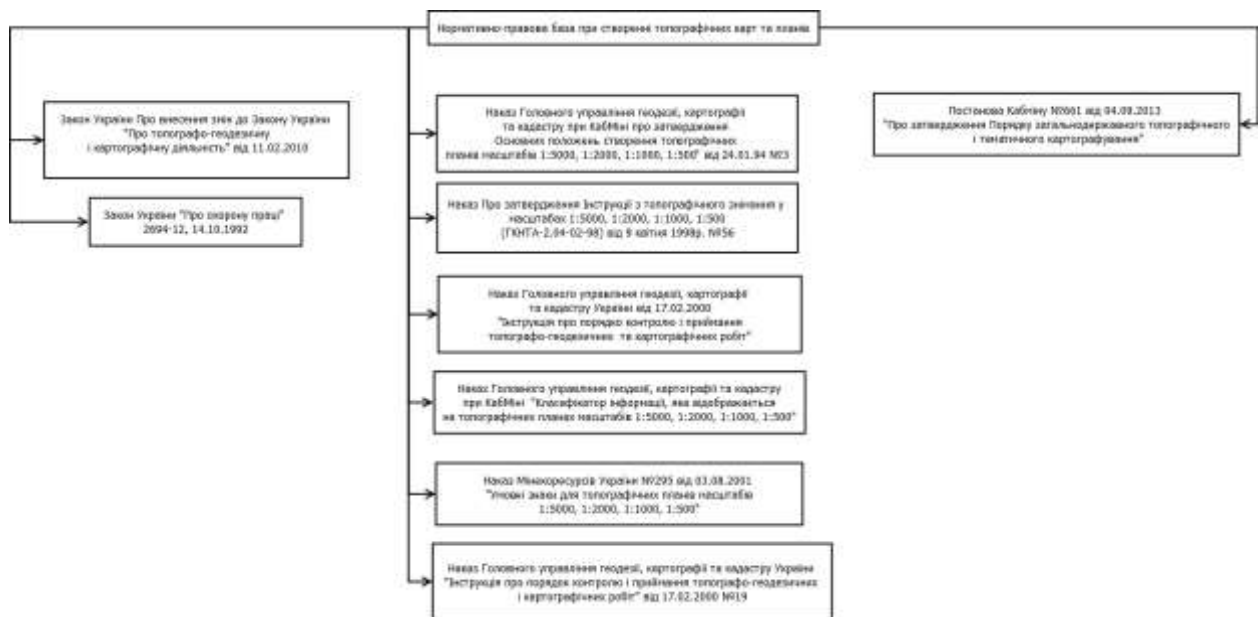


Рис. 1.1. Схема нормативно-правового забезпечення створення топографічного плану

Для створення топографічного плану проводиться топографічне знімання, з метою збирання геопросторових даних про дослідну територію для створення топографічних карт та схем. В ході проведення таких робіт вимірюються усі географічні та геометричні елементи місцевості, об'єкти нерухомості. Існує чотири основних методи збирання геопросторових даних: картографічний, наземний, дистанційний та Open Source та Croudsearcng. Далі наведено UML-

діаграму методів створення топографічних планів за Основними положеннями створення топографічних планів (рис. 1.2) [22].

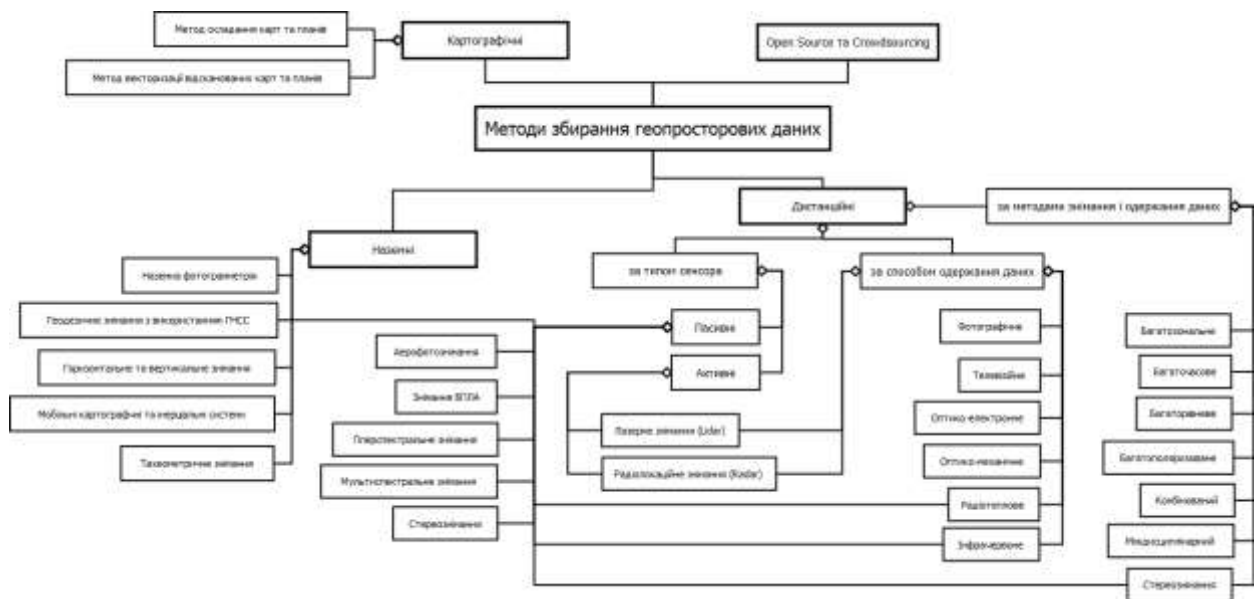


Рис. 1.2 UML-діаграма методів збирання геопросторових даних

Наземні методи включають в себе:

- наземне фотограмметричне знімання та лазерне сканування,
- знімання за допомогою ГНСС (глобальних навігаційних систем),
- мобільні картографічні системи та інерціальні навігаційні системи,
- горизонтальне та вертикальне знімання: планові, висотні, планово-висотні,
- тахеометричне знімання

Дистанційні методи включають в себе аерофотограмметричне та космічне знімання, та в залежності від висоти знімання розрізняють: космічне, аерофотознімання та знімання за допомогою БПЛА (безпілотних літальних апаратів). Методи дозволяють отримати інформацію про об'єкти земної поверхні з космосу чи повітря і ґрунтуються на реєстрації електромагнітного випромінювання земної поверхні в різних діапазонах спектра.

Картографічні способи збирання геопросторових даних ґрунтуються на використанні похідних матеріалів. Здійснюються методом складання карт або планів чи векторизації відсканованих матеріалів.

Виділяють також технології Open Source та crowdsourcing. Технологія полягає у використанні відкритих геопросторових джерел для вирішення топографічних завдань. Такими джерелами являються: OpenStreetMap, GeoNames, Geo wiki, Waze та багато ін. Вони регулярно оновлюються тому дозволяють постійно отримувати інформацію з достатньо високим рівнем актуальності та достовірності.

Дистанційні методи класифікуються:

- за типом сенсора
- за способом одержання даних
- за методом знімання і одержання даних

До методу знімання і одержання даних належать: стереознімання, багатозональне, багаточасове, багаторівневе, багатополяризоване знімання, комбінований та дисциплінарний методи. [22]

За способом одержання даних класифікуються на: фотографічні знімання, телевізійні знімання, оптико-електронні знімання, оптико-механічне знімання, інфрачервоні, радіотеплові, радіолокаційні знімання та лазерне сканування.

За типом сенсора дистанційні методи поділяються на активні та пасивні. При активному зніманні використовується вимушене випромінювання об'єктів, спричинене штучним джерелом спрямованої дії, при пасивному використовується власне, природне або вторинне, зумовлене сонячною активністю.

До пасивних методів відносять аерофотознімання, гіперспектральні та мультиспектральні знімання, знімання з БПЛА. До активних – лазерне (Lidar) та радіолокаційне (Radar) знімання, що в свою чергу поділяється на: радіолокаційне знімання за допомогою бічного огляду з реальною антеною, радіолокаційне знімання за допомогою системи із синтезованою апаратурою антени, інтерферометрію.

Перевагами методу лазерного сканування є

- мінімізація витрат при виконанні виконавчих та топографічних зйомок
- виключення проведення повторних зйомок об'єкта

- швидкі результати
- зменшення витрат часу на проект
- зведення до мінімуму часу проведення польових робіт

Також матеріали виконаної зйомки можуть використовуватись не тільки для побудови топографічних планів, але й для вирішення багатьох інших задач, що робить метод лазерного сканування універсальним та більш ефективним.

Лазерне сканування поділяють на наземне та повітряне. Повітряне сканування здійснюється за рахунок літальних апаратів (літак, гвинтокрил, дрон) та проведення аерофотозйомки.

Наземне сканування поділяють на стаціонарне та мобільне. Стаціонарне знімання використовується переважно для знімання архітектурних об'єктів, приміщень, пам'яток культури. Метод полягає у встановленні приладу на штатив та проведенні зйомки в різних місцях приміщення або знімання обраного предмету з різних кутів, для отримання більшої кількості характерних точок та більшої деталізації отриманої в результаті хмари точок.

Мобільне лазерне сканування є менш поширеним, але більш результативним за стаціонарним, в залежності від поставленої задачі.

1.3. Огляд технологій мобільного лазерного сканування

Оскільки все більше проектів спираються на геопросторові дані, лазерне сканування стало одним із найпопулярніших методів зйомки. Лазерні системи сканування використовують світлові імпульси для збору інформації з поверхонь. Системи фіксують мільйони тривимірних координат (також відомих як точки), які разом утворюють хмари точок. Координати в хмарі точок можуть створити цифрову модель сканованого середовища.

Менш поширеним за інші види лазерного сканування є мобільне лазерне сканування (МЛС), для якого використовуються спеціальні сканери, які здатні виконувати знімання із рухомої платформи (автомобіля, потяга, катера).

Мобільний сканер проводить сканування в одній площині, але за рахунок того, що сканування відбувається не з однієї точки, а вздовж маршруту руху платформи створюється повноцінне уявлення про навколишню ситуацію. За рахунок проходження маршруту в двох напрямках позбавляються «білих плям» на хмарі точок — зон перекритих різного роду перешкодами (деревами, автомобілями, малими архітектурними формами).

Основною перевагою при мобільному лазерному скануванні є значна економія часу. Якщо знімання великого проспекту стаціонарним сканером може зайняти до кількох днів, то його знімання мобільним сканером триватиме лише кілька годин. Важливо відмітити що маючи перевагу у швидкості, спосіб є менш якісним за стаціонарний метод. Однак це залежить від обраного фронту робіт.

В даному проекті буде розглядатись створення топографічного плану в масштабі 1:500. Обраною територією є вулиця в житловому районі, по якій постійно здійснюється активний рух автомобілів та пішоходів. Головною складністю при проведенні зйомок вуличної мережі є необхідність зупинки та обмеження руху. Саме тому обираємо мобільний лазерний метод сканування, адже навіть якщо на обраній території без зупинок проїжджають автомобілі, при обробці результатів сканування, за рахунок великої кількості зроблених знімків, та побудованих точок, хмара є достатньо густою для охоплення усєї території знімання.

Сучасні системи мобільного сканування складаються з трьох основних компонентів: вимірювального блоку, інерційної навігаційної системи, блоку синхронізації та обробки.

Основним приладом вимірювального блоку є лазерний сканер, який вимірює відстані до точки відбиття лазерного імпульсу. За принципом вимірювання відстані лазерні сканери поділяють на три основні типи: [9]

- *імпульсний*, заснований на вимірюванні часу проходження сигналу від приймально-передавального пристрою до об'єкту і зворотньо
- *фазовий*, заснований на визначенні різниці фаз, посланих та прийнятих модульованих сигналів

- *триангуляційний*, в якому випромінювач і приймач знаходяться на певній відстані (базису), а визначення просторового положення точки зводиться до вирішення трикутника.

Дальність дії сканерів, що використовують триангуляційний принцип вимірювання відстані становить від 10 см до 25 м. На таких відстані рефракція та згасання електромагнітних коливань практично не впливають на результати вимірювань, тому точність вимірювань лежить в межах від 50 мкм до 0,3 мм. Триангуляційні сканери широко застосовуються в машинобудуванні, авіабудуванні та медицині, де потрібне виконання вимірювань з високою точністю.

До переваг фазового принципу виміру можна віднести високу точність, яка може досягати перших міліметрів, однак при цьому максимальна дальність сканування обмежена 300 – 350 м [10].

У сканерів, що використовують імпульсний метод вимірювання відстані, максимальна дальність вимірювань може досягати 2 км і більше. Імпульсний метод вимірювання відстані дозволяє фіксувати не лише перше відбивання, а й наступні, що особливо актуально для виконання зйомок за наявності рослинності, коли можна фіксувати відбиття променя від поверхні рельєфу.

В сучасності на території України широке застосування отримують системи мобільного сканування Trimble, Leica, Riegl. Розглянемо основні технічні характеристики найбільш поширених приладів вказаних виробників в таблиці 2.

Таблиця 2. Порівняння систем мобільного лазерного сканування

Види систем	Riegl VMX-2HA[11]	Trimble MX9 [12]	Leica Pegasus: Two [13]
Кількість і тип лазерних сканерів	2 × Riegl VUX-1HA	2 × Riegl VUX-1HA	Z+F PROFILER 9012
Інерціальна навігаційна система	Applanix AP-60	Applanix AP-60	IMAR FSAS IMU

Кількість і тип фотокамер	До 9 устроїв Riegl – 12 МП / Nikon D810 FLIR Ladybug 5+	FLIR Ladybug 5+ та 3 фотокамери 5 МП	8 фотокамер 4 МП
Датчик пройденого шляху	Використовується	Опціонально	Опціонально
Вага блоку, кг	39 (без камер)	37	51
Точність вимірювання відстані, мм	5	5	3,1
Абсолютна точність, мм	20 – 50	20 – 50	20 - планова 15 - висотна
Максимальна відстань вимірювання, м	420	420	119
Максимальна швидкість руху, км\год	120	110	35
Максимальна частота сканування	2	2	1,016

Варто відмітити що максимальна відстань, що вимірюється, у систем МЛС лежить в діапазоні від 100 до 420 м, причому частота сканування лежить в межах від 0,7 МГц до 1,016 МГц для систем з одним лазерним сканером та до 2 МГц для систем із двома лазерними сканерами.

При досить високій точності вимірювання відстані абсолютна точність вимірювань у систем МЛС нижче. Пов'язано це насамперед з тим, що просторове положення визначається з допомогою супутникових вимірів. Сумарна похибка кожного виміру є сумою похибок положення системи у просторі, визначення її орієнтації та вимірювання відстані до точки відображення. Таким чином, чим менше похибки вимірювань кожного з пристроїв системи МЛС, тим вища підсумкова точність вимірів.

Висновки до Розділу 1

Топографічний план – це категорія топографічних карт, характеризується великомасштабною деталізацією та кількісним відображенням об'єктів рельєфу. Це свого роду креслення, на якому за допомогою спеціально розроблених та затверджених умовних знаків («Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»), зображено відносно невелику ділянку земної поверхні в зменшеному вигляді.

Топографічні плани класифікуються за точністю та масштабом як 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Процес створення регулюється офіційним документом затвердженим наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України №3 від 24.01.94р. : «Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500».

Використовуються ТП найдрібнішого масштабу для складання виконавчих планів різного типу будівель та споруд, складання робочих креслень та для кадастру населених пунктів.

Право на створення ТП мають організації та суб'єкти підприємницької діяльності, які мають ліцензії на виконання топографо-геодезичних робіт. В складі яких повинні бути сертифіковані інженери-геодезисти з відповідною освітою.

Для створення ТП проводиться топографічна зйомка. Вона може виконуватись аерофотографічним та наземним методом знімання. Аерофотографічне знімання виконується за допомогою фотознімків та здійснюється стереотопографічним або комбінованим методом. Наземне проводиться безпосередньо на обраній території та поділяється на мензуальне, тахеометричне та фототопографічне знімання.

Сучасними методами створення топографічних планів є використання космічних знімків або проведення лазерного знімання території. Найпопулярнішим методом зйомки вважається лазерне знімання місцевості. Його поділяють на наземне та повітряне. Технологія мобільного лазерного сканування відноситься до наземного способу, вона полягає у використанні спеціальних систем лазерного сканування встановлених на транспортний засіб, та проведення сканування під час руху. Перевагами методу є значна економія часу та ресурсів. Найпоширенішими системами мобільного лазерного сканування є Riegl VMX-2HA, Trimble MX9, Leica Pegasus: Two.

РОЗДІЛ 2. Розроблення методики створення великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування

2.1. Методика створення топографічного плану

Загальна методика створення топографічного плану включає в себе 5 етапів:

1. Розробка документації
2. Підготовка до знімання
3. Проведення зйомки
4. Обробка матеріалів
5. Формування звіту

Розробка документації означає узгодження з замовником програми робіт та складання **технічного проекту** або **програми робіт**, що формують технічне завдання. Якщо проект є невеликим та обсяги робіт є незначними, формується програма робіт. Вона має містити призначення та зміст робіт, початкові дані та інформацію про використані матеріали, схеми проведення проектуючих робіт, обсяги та кошторис.

Технічний проект це документ, в якому вказані зміст, обсяги, трудові витрати, кошторисну вартість, основні технічні умови, строки і організацію виконання робіт, що проектуються. Він містить повний комплекс робіт для розроблення ТП, що має задовольняти вимоги технологічних інструкцій.[8] Технічний проект складається з:

- **Текстової частини.** Вона має містити відомості про топографо-геодезичну забезпеченість робіт, фізико-географічні особливості, організацію та строки виконання, заходи з охорони праці та техніку безпеки, перелік картографічних та топографо-геодезичних матеріалів, що здаються по закінченню робіт
- **Графічна частина** складається з проекту планово-висотної геодезичної мережі, картограми розміщення ділянок топографічних знімачів, схеми забезпечення району робіт вихідними геодезичними

даними, топографічними і картографічними матеріалами з зазначенням меж знімання, що проектується.

- **Кошторисна частина** містить розрахунки витрат, необхідних для проекту.

Топографічні плани створюються у графічному або цифровому вигляді. Вихідну топографо-геодезичну інформацію отримують методами, що наведені в п.1.1.8 Інструкції, а також шляхом перетворення у цифрову форму картографічного зображення.

Сучасні цифрові топографічні плани (ЦТП) – це цифрова модель місцевості, що сформована з урахуванням законів картографічної генералізації у прийнятих для планів проекціях, розграфлення, системі координат та висот і записана на магнітних (оптичних) носіях. Цифровий топографічний план, візуалізований з використанням програмних і технічних засобів у прийнятій системі умовних знаків, прийнято називати електронним топографічним планом. Відповідно до Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) технологія створення ЦТП передбачає такі основні процеси [8]:

1. збір цифрової інформації;
2. цифрова обробка;
3. накопичення і зберігання;
4. графічне відображення;
5. редагування

UML-діаграму показано на Рис. 2.1.

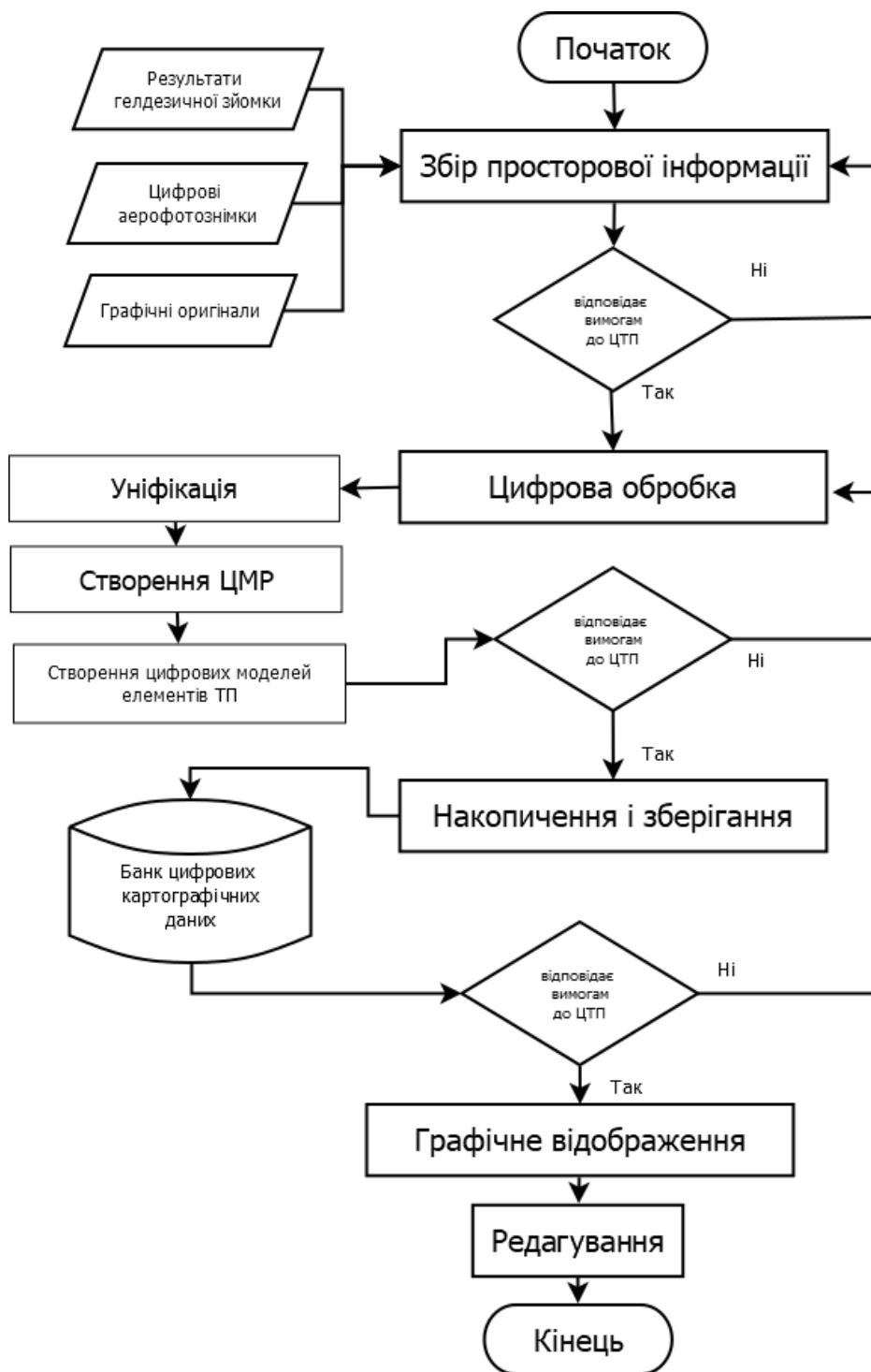


Рис. 2.1. UML-діаграма технології створення ЦТП

Збір цифрової інформації означає отримання даних під час геодезичної зйомки території, фотограмметричної обробки знімків, тобто створення аерофотознімків, оцифровування вихідних графічних матеріалів. Отримані дані мають задовільняти вимоги до цифрового топографічного плану.

Наступний крок – цифрова обробка отриманих даних. Вона здійснюється в три етапи:

- Перший етап – **уніфікація даних**, тобто підготовка їх наступних робіт. Включає обчислення просторових координат точок в обраній системі координат, розподілення даних за їх відношенням до об'єктів місцевості.
- Другий етап – **створення цифрової моделі місцевості (ЦММ)** – організація зібраних даних для кожної точки, та моделювання з них вигляду поверхності.
- Третій етап – **створення цифрових моделей елементів ТП**, тобто трансформація отриманої ЦММ у топографічний план, згідно вимог до змісту, умовних знаків, масштабу. До процесу входить апроксимація рельєфу, формування та розміщення умовних знаків, редагування, відбір та узагальнення даних, тощо

Отримані дані у вигляді топографічних планів та ЦММ накопичуються, та виникає потреба у зберіганні їх в конкретному місці. Це здійснюється за допомогою банку цифрових та картографічних даних. Він являє собою систему баз даних та програмні застосунки для роботи з інформацією що вміщує, її оновлення, узгодження, доповнення та редагування. Така система зберігання дає можливість швидко знаходити та видавати потрібну інформацію.

Останнім кроком створення ЦТП являється **графічне відображення** планів за допомогою обраного програмного забезпечення, його оформлення та підготовка до подальшого розповсюдження у форматах, визначених нормативними документами, встановленими Укргеодезкартографією. Основними документами являються: система класифікації картографічної

інформації, обмінні формати цифрових топографічних даних, вимоги до повноти, точності та достовірності цифрових топографічних планів.

На кожному етапі створення топографічного плану здійснюється перевірка до відповідності вимогам створення ЦТП, оцінка точності та редагування інформації. Метою процесу є забезпечення високої якості отриманих матеріалів та відповідність призначенню та вимогам.

Сучасним методом наземних топографічних знімачів є мобільне лазерне сканування – метод вимірювання з високою швидкістю відстаней від сканера до точок об'єкта та фіксування горизонтальних і вертикальних кутів з наземного або водного носія в безперервному режимі [18].

Технологія мобільного лазерного сканування дозволяє отримувати дані з точністю в координатах 5-8 см та детальністю відтворення 1-5 см, а протяжність ділянок, якими проводиться зйомка, може досягати 100 км. Також метод дозволяє отримувати до 1 млн точок в секунду. [13]

Методика створення ЦТП за результатами мобільного лазерного сканування включає наступні етапи (Рис. 2.2):

1. Проведення зйомки (польові роботи)
2. Попередня обробка результату (зшивка хмар точок, координатна прив'язка)
3. Створення ЦМР
4. Створення цифрових моделей елементів ТП (контурів об'єктів)
5. Геовізуалізація (оформлення креслення відповідно до вимог Інструкції та ТЗ)

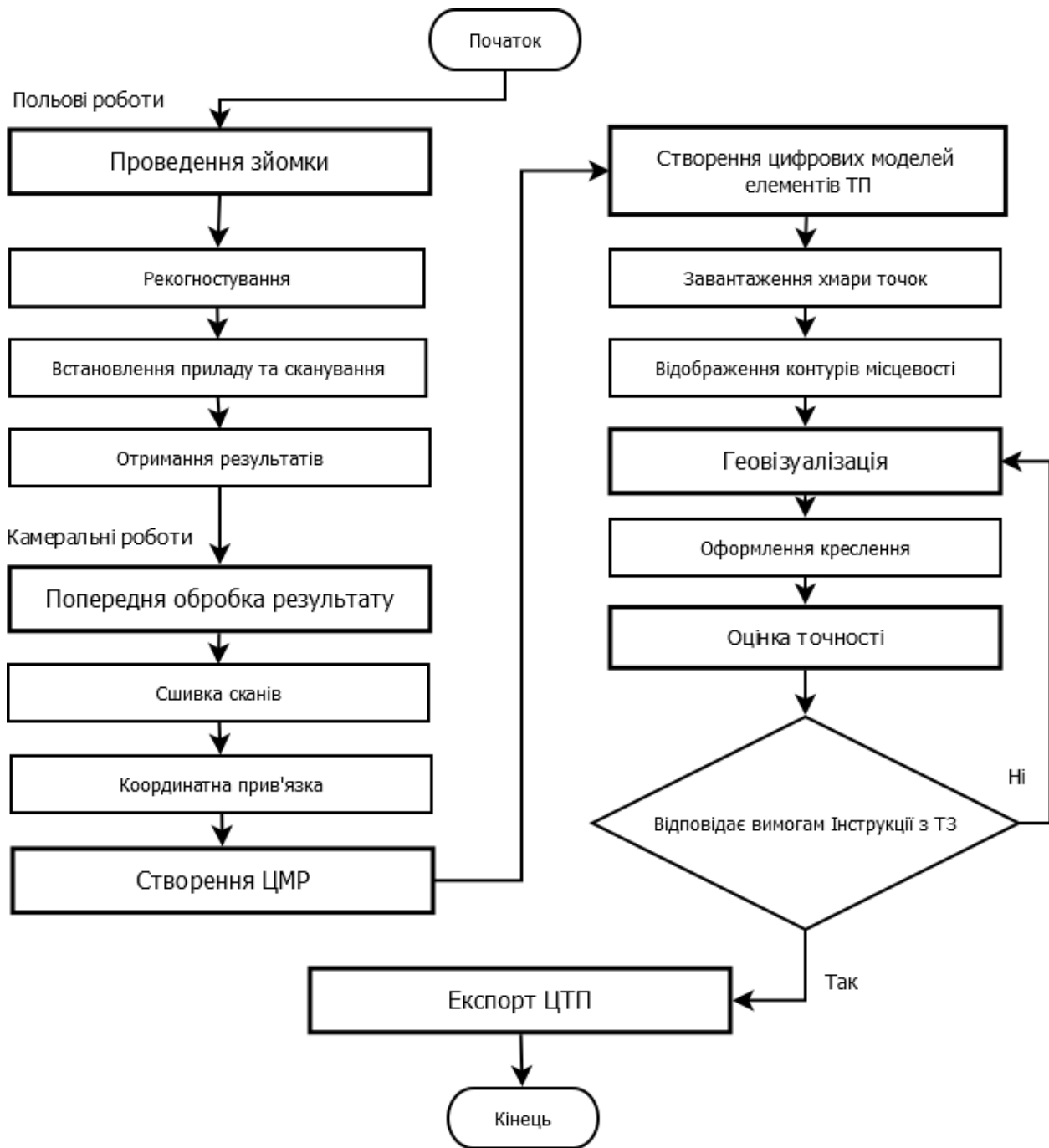


Рис. 2.2 UML-діаграма методики створення ЦТТ за результатами мобільного лазерного сканування

Проведення зйомки означає безпосередньо проведення топографо-геодезичних робіт: підготовка обладнання, виїзд на місцевість, запуск приладу та знімання. На автомобільних дорогах рух здійснюється по крайній правій смузї для того, щоб «тінь» від сусіднього транспорту не закривала огляд вправо і перекривалась зворотним проїздом. [14]

Після знімання проводять камеральну обробку отриманих даних: набір відсканованих точок, що називають «щільною хмарою», панорамні знімки місцевості. Виконується об'єднання або «зшивання» окремих сканів. Лазерний промінь падає на об'єкт у вигляді плями маленьких розмірів. Це спотворює відбитий сигнал, що реєструється приймачем. Він сприймається як два або й більше сигналів. Такі точки не реєструються одразу, а моделюються з "хмари точок". З цих причин виникає потреба зшивання окремих сканів для отримання єдиного образу об'єкта. Об'єднання сканів здійснюється різноманітними прийомами, але майже завжди використовують характерні точки окремих сканів, які розпізнаються безпомилково на сусідніх сканах. Процес здійснюється в програмному забезпеченні CloudCompare.

Координатна прив'язка. Увесь набір точок повинен бути зафіксований в єдиній просторовій системі координат. Ця задача з погляду аналітичної геометрії збігається із задачею "поворот простору". Тут теж існує декілька варіантів: можна об'єднувати сусідні скани за опорними точками, а можна об'єднувати за відомими лінійними та кутовими елементами орієнтування сканера.

Далі переходимо до безпосередньо процесу створення топографічного плану. Він заключається в розпізнаванні та векторизації об'єктів з хмари точок, згідно загальноприйнятих умовних знаків. Усі вони зібрані в збірнику «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.» затвердженому Міністерством екології природних ресурсів України в 2001р. [15]

Останнім етапом здійснюється оцінка точності виконаних робіт. Точність планів здійснюється порівнянням положення висот точок, що обчислені по горизонталях, відстані між ними з даними контрольних вимірів.

2.2. Концептуальна модель бази геопросторових даних великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування

Концептуальна модель – це багаторівневий абстрактний опис концептів предметної сфери (понять, складу, структури та зв'язків) з використанням базових формалізмів обраного загального підходу до моделювання даних (зазвичай реляційного або об'єктно-реляційного) незалежно від фізичного середовища реалізації бази даних [16]. Згідно загальноприйнятих та затверджених стандартів ДСТУ ISO 19101 «Географічна інформація. Еталонна модель» вони представлені UML-діаграмою, на яких вказані типи об'єктів, атрибути та асоціації між об'єктами.

Створення концептуальної моделі дозволяє структурувати та узгодити дані, виявити зв'язки між об'єктами моделі. Що в подальшому є схемою для створення бази даних про досліджуваний об'єкт. Головною задачею концептуальної моделі є максимальний опис системи та полегшення користування нею.

У п. 2.4. Інструкції з топографічного знімання [8] зазначається що зміст, обсяги основні технічні умови та кошторис ТП визначається технічним проектом. Також за п. 1.3.1 про зміст планів масштабу 1:500, на ТП відображають:

- пункти триангуляції, полігонометрії, трилатерації, ґрунтові та стінні знаки,
- будівлі та промислові об'єкти,
- залізниці, шосейні та ґрунтові дороги, мости, тунелі, шляхопроводи, тощо,
- гідрографія,
- об'єкти водопостачання,
- рельєф місцевості,
- рослинність різних типів,
- ґрунти і мікро форми земної поверхні (піски, болота, слончаки тощо),
- державний кордон, політико-адміністративні та адміністративні межі, межі охоронних природних територій,
- власні назви населених пунктів та інших об'єктів.

В рамках роботи, відповідно ТП створено каталог об'єктів даного топографічного плану. Визначено відповідні сутності у вигляді таблиць, як типи об'єктів бази даних, наприклад: вулиці, зелені насадження, наземні та підземні комунікації, огороження, рельєф, будівлі, що представлені на плані.

Атрибутами таблиць є характеристика об'єктів з встановленим ідентифікатором, що є унікальним для конкретної таблиці, однак може повторюватись для різних таблиць.

Основною таблицею, що з'єднує між собою об'єкти на плані та прив'язує їх до конкретного плану є «ТопоPlan». Первинним ключем сутності є «nomenclature». Зовнішніми ключами сутності є «id_street», «id_plant», «id_building», «id_undeground_utilities», «id_pillar», «id_fence», «id_road_sing», «id_hight», «id_relief», «id_pavement».

ТопоPlan
+nomenclature: char(30) = Номенклатура плану
+id_street: integer = Ідентифікатор вулиці
+id_plant: integer = Ідентифікатор зеленого насадження
+id_build: integer = Ідентифікатор будівлі
+id_undeground_utilities: integer = Ідентифікатор підземних комунікацій
+id_pillar: integer = Ідентифікатор стовбу
+id_fence: integer = Ідентифікатор огороження
+id_road_sing: intefer = Ідентифікатор дорожнього знаку
+id_hight: integer = Ідентифікатор висотної позначки
+id_relief: integer = Ідентифікатор рельєфу
+id_pavement: integer = Ідентифікатор дорожнього покриття

Рис. 2.2.1. Таблиця «ТопоPlan»

Таблиця «Street» містить інформацію про зображені на плані вулиці, присвоєний їм ідентифікатор, категорію вулиці та її розташування, а саме місто, область та район.

Street
+id_street: integer = Ідентифікатор вулиці
+name_street: char(60) = Назва вулиці
+type_street: integer = Тип вулиці
+area_street: char(60) = Розташування вулиці

Рис. 2.2.2 Таблиця «Street»

Таблиця посилається на домен <type_street>, в якому вказані значення що може приймати атрибут «type_street», що означає класифікацію вулиць за значенням.

<type_street>
+1. Швидкісні дороги
+2. Магістралі загальноміського значення
+3. Дороги місцевого значення
+4. Пішохідні дороги

Рис. 2.2.3. Таблиця доменів значень атрибуту «type_street»

Сутність «Plantings» вміщує дані про тип зеленого насадження, його офіційну назву та стан рослини.

Plantings
+id_plant: integer = Ідентифікатор зеленого насадження
+type_plant: char(10) = Тип рослинності
+name_plant: char(30) = Офіційна назва рослинності
+stan: char(10) = Стан рослинності

Рис. 2.2.4. Сутність «Plantings»

Вона також посилається на домен, що визначає стан рослини, і чи потребує вона додаткового огляду чи утилізації.

<stan>
1. Відмінно
2. Добре
3. Потребує уваги

Рис. 2.2.5. Домен «stan»

Таблиця будівлі містить так інформацію: індифікатор будівлі, її тип згідно «Державного класифікатору будівель та споруд ДК 018-2000» [17], адресу, поверховість, матеріал та стан будинку чи споруди.

Таблиця також посилається на домен <stan>, для визначення стану конкретної будівлі чи споруди.

Building
+id_build: integer = Ідентифікатор будівлі
+type_build: float = Тип будівлі
+address_build: char(60) = Адреса будівлі
+poverh_build: char(60) = Поверховість будівлі
+material_build: char(60) = Матеріал будівлі
+stan: char(60) = Стан будівлі

Рис. 2.2.6. Таблиця «Building»

Сутність «Underground_utilities» містить дані про підземні комунікації, їх тип та вигляд, призначення та матеріал. Комунікації можуть бути у люків різної форми, зливів та ін. За призначенням відповідно можуть поділятися на газові, каналізаційні, водовідводи.

Underground_utilities
+id_underground_utilities: integer = Ідентифікатор підземних комунікацій
+type_underground_utilities: integer = Типи підземних комунікацій
+function_underground_utilities: char(60) = Призначення підземної комунікації
+material_underground_utilities: char(60) = Матеріал підземної комунікації

Рис. 2.2.7. Таблиця «Underground_utilities»

Таблиця «Pillar» дає інформацію про стовпи, а саме їх призначення (рекламний, для ліній електропередачі, одиночний та ін.), наявність конструкцій на стовпі (можуть бути ліхтарі, дорожні знаки, лінії електропередачі та їх кількість та ін.).

Pillar
+id_pillar: integer = Ідентифікатор стовпа
+lantern_pillar: boolean = Наявність ліхтарів
+function_pillar: char(60) = Призначення стовпа
+power_lines_pillar: integer = Кількість ліній електропередач
+road_sing_pillar: boolean = Наявність дорожнього знаку

Рис. 2.2.8. Таблиця «Pillar»

Наступна таблиця огорожень на парканів «Fence». Вона містить відомості про паркани, тип огороження, його матеріал та стан. Таблиця посилається на домен <type_fence>, згідно «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» [15]

Fence
+id_fence: integer = Ідентифікатор огороження
+type_fence: integer = Тип огороження
+material_fence: char(60) = Матеріал огороження
+stan: integer = Стан огороження

Рис. 2.2.9. Сутність «Fence»

<type_fence>
1. Паркан дерев'яний
2. Паркан металевий
3. Підпірна стіна
4. Проволочна сітка
5. Паркан шиферний

Рис. 2.2.10. Домен <type_fence>

Сутність «Road_sign» включає інформацію про дорожні знаки, їх назву та стан. Посилається на домен <stan>.

Road_signs
+id_road_sign: integer = Ідентифікатор дорожнього знаку
+name_road_sign: char(60) = Назва дорожнього знаку
+stan: integer = Стан дорожнього знаку

Рис. 2.2.11. Таблиця «Road_sign»

Наступна таблиця-каталог висотних відміток «Height», з їх ідентифікатором та абсолютною висотною відміткою.

Height
+id_height: integer = Ідентифікатор висотної відмітки
+name_height: integer = Абсолютна висотна відмітка

Рис. 2.2.12. Сутність «Height»

Останньою таблицею є «Pavement», дорожнє покриття, їх тип та стан.
Сутність посилається на 2 домена: стан дорожнього покриття та його типи (<type_pavement>).

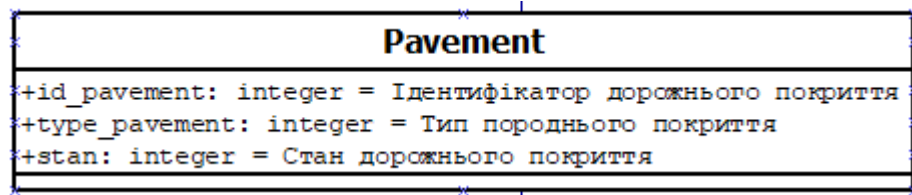


Рис. 2.2.13. Таблиця «Pavement»

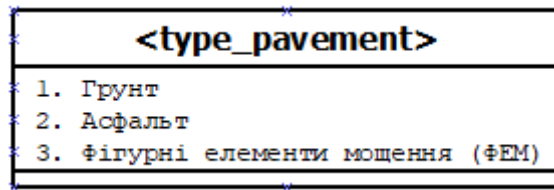


Рис. 2.2.14. Домен <type_pavement>

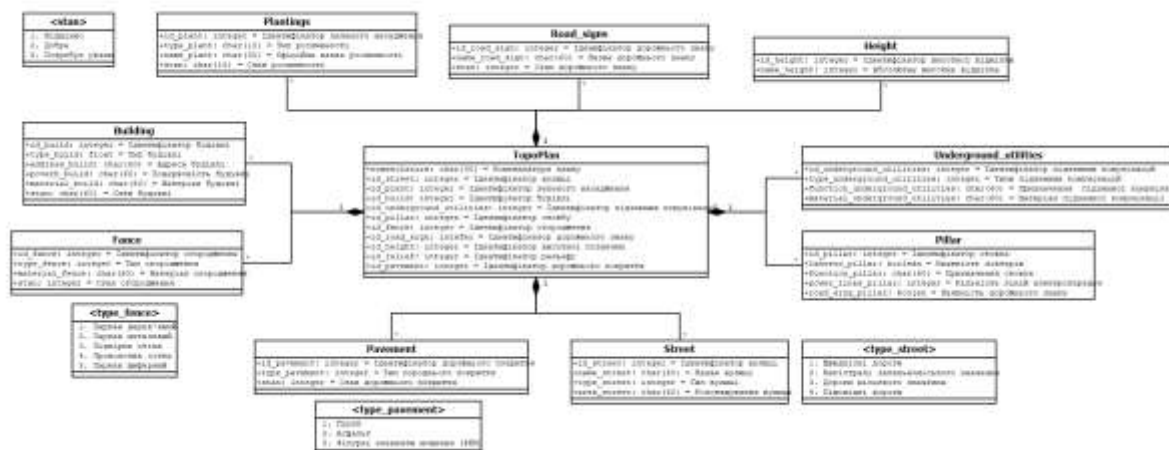


Рис. 2.2.15. Концептуальна модель БД топографічного плану

2.3. Особливості векторизації геопросторових об'єктів великомасштабних ТП за даними мобільного лазерного сканування

Результатами лазерного мобільного сканування являється щільна хмара точок. Точки утворені методом вимірювання відстані від приладу до об'єкту, вертикальних та горизонтальних кутів. Готова «хмара» дає можливість отримати 3D зображення досліджуваної території у вигляді

великої кількості точок з відомими просторовими координатами та характеристиками поверхні, наприклад колір. Розпізнавання об'єктів такої хмари робить можливим створення на її основі топографічних планів.

Але матеріали, отримані даним методом знімання мають низку недоліків: наприклад положення приладу не дозволяє охопити дах будівель, що робить важчим векторизацію будинків. Також нерухомі об'єкти, такі як кущі або паркани, являються перешкодою для проходження лазерного променя.

Векторизація об'єктів буває трьох типів: ручна, автоматична та напіваавтоматична, також називають інтерактивною.

- *ручна векторизація* виконується фахівцем власноруч, за допомогою миші, та програмного застосунку.
- *автоматична* – допускає відсутність залучення фахівця в роботу системи майже повністю, в основному застосовується для нескладних проектів, з яскраво вираженими лінійними елементами та високою якістю вихідних матеріалів
- *інтерактивна або напіваавтоматична* векторизація поєднує вищезазначені типи оцифровки.

В даному проекті використовується ручна векторизація, оскільки це дозволяє забезпечити необхідну точність топографічного плану, згідно п.

1.1.19 Інструкції з топографічного знімання [8].

Для векторизації геопросторових об'єктів доцільно обирати програмне забезпечення, що дозволяє створювати картинку якомога зручнішими методами, при цьому слід враховувати зручність в експлуатації застосунку, швидкість роботи алгоритмів. В даній роботі для процесі обрано програмний пакет AutoCAD, розроблений компанією Autodesk. Програма дозволяє розробляти 2D креслення, такі як великомасштабні топографічні плани

різних масштабів, фрагменти, проекти будівель. Його функції орієнтовані на проекти внутрішньої комунікації, наприклад вентиляція будинків, системи опалення або електромережі та ін. Програмне забезпечення дає можливість завантаження до проекту хмари точок та її редагування. Це являється важливим інструментом для побудови плану, а саме для розпізнання погано засканованих ділянок хмари. Інструменти, що представлені в застосунку дозволяють з достатньою геометричною точністю розпізнавати та векторизувати об'єкти. Також в даному програмному забезпеченні є можливість відображення хмари різними кольорами за різними критеріями, такими як інтенсивність точок, їх висота та ін. Це значно спрощує процес розпізнання складно доступних або погано засканованих об'єктів. Хмара точок у проект завантажується у вигляді файлу формату *.gcr.

Як зазначалось в пункті 2.1: безпосередньо процес створення топографічного плану полягає в розпізнаванні та векторизації об'єктів з хмари точок, згідно загальноприйнятих умовних знаків. Усі вони зібрані в збірнику «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.» затвердженому Міністерством екології природних ресурсів України в 2001р.

Збірник розділений на категорії об'єктів за тематикою:

6. геодезичні пункти;
7. будівлі, будинки та їх частини;
8. об'єкти промисловості, комунальні та сільськогосподарського виробництва;
9. залізниці та залізничні споруди;
10. автомобільні та ґрунтові дороги, стежки;
11. гідрографія;
12. об'єкти гідротехнічні, водного транспорту та водопостачання;
13. рельєф;

- 14.рослинність (види рослинності);
- 15.грунти та мікро форми земної поверхні;
- 16.болота та солончаки;
- 17.огорожі;
- 18.кордони та межі.

Також представлені зразки шрифтів для написів назв населених пунктів, водних, транспортних та інших об'єктів. В кінці кожного розділу приведені приклади зображення знаків у вигляді фрагменту плану.

Існує три типи векторних об'єктів: полігональні, лінійні та точкові, з яких складається зображення на кресленнях.

Здебільшого у обраному програмному забезпеченні застосовуються лінійні об'єкти. Наприклад: межі об'єктів, контури дороги або різних дорожніх покриттів, паркани та інші огороження, тощо. Вони мають такі параметри як ширина та довжина, ширина налаштовується в залежності від типу ліній, довжина залежить від протяжності об'єкту. Для парканів та огорожень розробляються спеціальні блоки, що трансформують у типи ліній в програмному забезпеченні, для спрощення побудови таких об'єктів.

Площинні об'єкти відображуються способом заливки штриховкою визначеної площі з налаштуванням відображення кольору. Як правило це гідрографія, рідше - проїжджі частини вулиць та тротуари.

Точковими об'єктами позначаються стовпи, ліхтарі, лінії електропередач, різні види рослинності, люки, висотні відмітки тощо. Для них розробляються спеціальні блоки, що дозволяє спрощувати та прискорювати процес побудови топоплану.

Також окремо варто виділити написи на ТП: назви вулиць, позначення висот, типи ґрунтового покриття та ін.

Створення топографічного плану виконується такими кроками:

1. Завантаження хмари точок

2. Створення об'єктів, що розташовані в межах хмари точок, використовуючи різні інструменти.
3. Оформлення креслення на аркуші з рамкою та основними написами,
4. Імпортування готового плану у форматі *.pdf.

Завантаження хмари точок виконується у форматі *.gcp. Вигляд завантаженої хмари показано на рис. 1.



Рис. 1. Вигляд хмари точок в натуральних кольорах

Створення об'єктів відбувається способом розпізнавання чітких контурів хмари. Наведено приклад зображення контурів дорожнього покриття на рис. 2.



Рис. 2. Вигляд контурів та написів дорожнього покриття

Далі завантажуються шаблон рамки. Вони бувають різних розмірів, у нашому випадку це 1200x420. На рамці додані: заголовок, умовні позначення, роза вітрів, штамп у нижній правій частині.

Завершальним кроком являється експорт проекту у форматі *.pdf. Налаштовується формат файлу, якість растрового зображення та інші опції.

Висновки до Розділу 2

У другому розділі виконано дослідницько-аналітичну частину роботи.

В першому пункті створено блок-схему технології створення цифрового топографічного плану, згідно нормативно-правового забезпечення, та обґрунтовано кожен з процесів. Також розроблено методику створення ЦТП, за результатами мобільного лазерного сканування.

Далі, в пункті 2.2 створено концептуальну модель бази даних ЦТП. Вона дозволяє структурувати та узгодити дані, виявити зв'язки між об'єктами моделі для подальшого створення бази даних. Об'єкти ТП визначаються у змісті, згідно пункту 1.3.1 Інструкції топографічного знімання, на практиці ж зміст ТП визначається технічним проектом.

В третьому пункті розглядаються особливості векторизації об'єктів в програмному забезпеченні AutoCAD. Описано недоліки матеріалів отриманих методом мобільного лазерного сканування з точки зору вектризації, з'ясовано що векторизація буває 3х типів: ручна, автоматична та інтерактивна. Розглянуто перелік цифрових моделей елементів у вигляді топографічних знаків, що затверджені у збірнику «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» та визначено типи векторних об'єктів з точки зору побудови зображення.

**РОЗДІЛ 3. Створення ТП ділянки дорожньої мережі за даними
мобільного лазерного сканування**

3.1. Опис дослідної ділянки, вихідних даних та постановка завдання

Метою бакалаврської роботи є отримання високоточної цифрової моделі рельєфу місцевості та точне координування дорожньої інфраструктури для створення великомасштабного топографічного плану. З мети можемо сформулювати основне завдання проекту: створення топографічного плану масштабу 1:500.

Дослідною територією було обрано вулицю Жамбила Жамбаєва. Вона знаходиться в Шевченківському районі міста Київ, в межах місцевості Волейків. Простягається від вулиць Парково-Сирецької і Табірної до вулиці Магістральної. До неї дотичні вулиці Авіаконструктора Ігоря Сікорського, Новоукраїнська, Кузьминський провулок і залізничний шляхопровід.

Згідно класифікації ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів [20], досліджувальна вулиця місцевого значення, житлова, оскільки нею не курсують лінії громадського транспорту. Ширина проїжджої частини – 7м, вона забезпечує рух автомобілів у дві смуги в двох напрямках. На вулиці переважно розташовані житлові багатоповерхові, та приватні будинки, школа, з важливих об'єктів – посольство США в Україні.

Досліджувана територія знаходиться в центральній частині міста та має протяжність 1035 м. З північної частини вулицею проходить залізнична колія та струмок Сирець, з південної – міська лінія трамваю.



Рис. 3.1. Вигляд вулиці на ресурсі OSM

Вихідні дані представлені товариством з обмеженою відповідальністю SPM3d. Після проведення знімання території, отримуємо пакет вихідних даних у вигляді:

1. 7 сканів, кожен з яких складається з біля 19 млн. точок, в форматі *.las,
2. панорам в форматі *.jpeg,
3. параметрів зовнішнього та внутрішнього орієнтування у табличному та текстовому форматі відповідно.

Отримана в польових умовах хмара точок потребує доопрацювання в камеральних умовах.

3.2. Створення ТП ділянки дорожньої мережі

Для початку необхідно обробити матеріали, отримані зі знімання місцевості, а саме об'єднати та відфільтрувати отримані скани в хмару точок, що буде охоплювати дослідну територію. Для цього обрано програмне забезпечення CloudCompare. Це відкритий застосунок для роботи з хмарами точок, що дозволяє реєструвати хмари, розраховувати нормалі,

здійснювати статистичний аналіз тощо.[19] Він успішно поєднується з різними форматами даних, що полегшує комбінації з іншим програмним забезпеченням.

Особливістю взаємодії з Autodesk AutoCAD, в якому буде здійснюватися подальше оброблення даних, є те, що CloudCompare не працює з форматами *.dwg чи *.dxf. Але можливо експортувати 3D модель з CloudCompare в форматі *.stl або *.fbx.

Для зшивки сканів завантажуюмо їх до програмного забезпечення. CloudCompare працює з 32-бітними значеннями чисел, що значно збільшує швидкість опрацювання даних та зменшує розмір файлу. Тому при відкритті програма аналізує вихідний файл та вказує що координати надто великі, тому вона пропонує зсунути їх, щоб працювати в локальній системі координат.(Рис. 3.2)

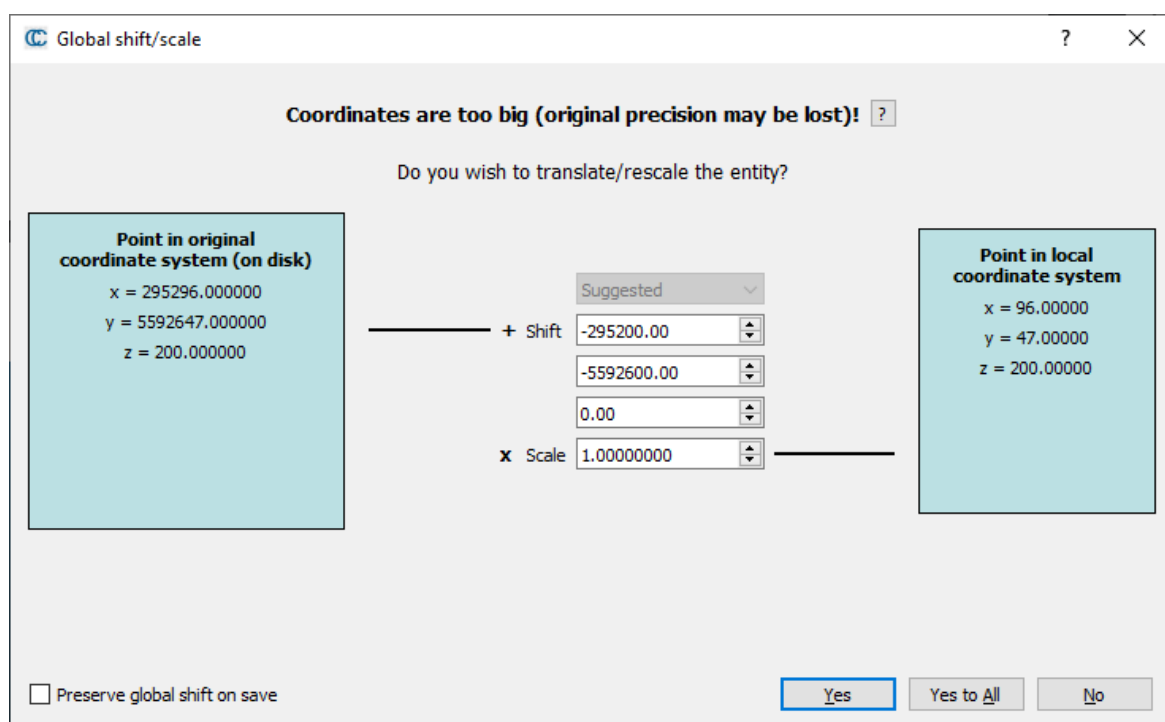


Рис. 3.2. Вікно перетворення координат

Далі виконується безпосередньо зшивка сканів та їх об'єднання. В результаті отримуємо хмару з 122 670 765 точок. (Рис. 3.3)

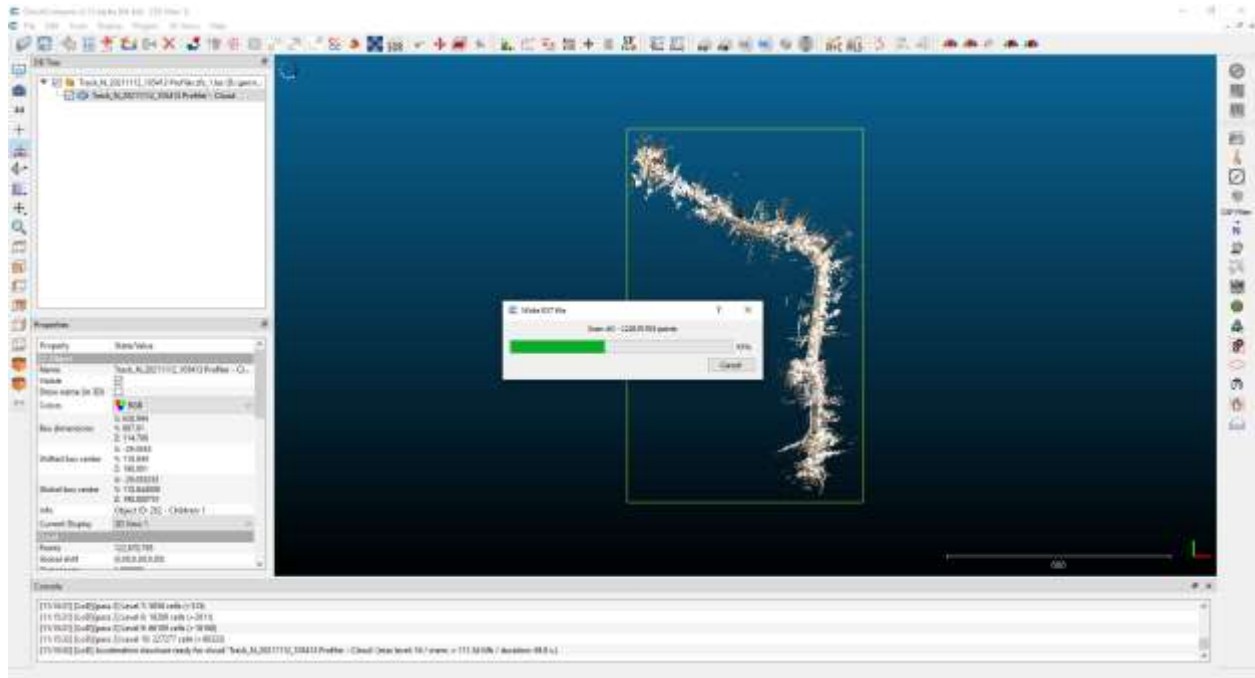


Рис. 3.3. Вікно зшивки сканів та експорту у формат *.e57

Звертаю увагу що вихідні файли знаходяться у форматі *.las, а після обробки обираємо експорт в форматі *.e57, для подальшого оброблення в програмному забезпеченні Autodesk ReCap. (Рис. 3.3)

Також програмне забезпечення дозволяє створити просте моделювання поверхні землі регулярною сіткою (GRID). Таким чином створено цифрову модель місцевості за допомогою програмного застосунку CloudCompare. А саме: виконано сегментацію хмари точок, та побудовано модель рельєфу у вигляді полігональної поверхні. (Рис. 3.4)

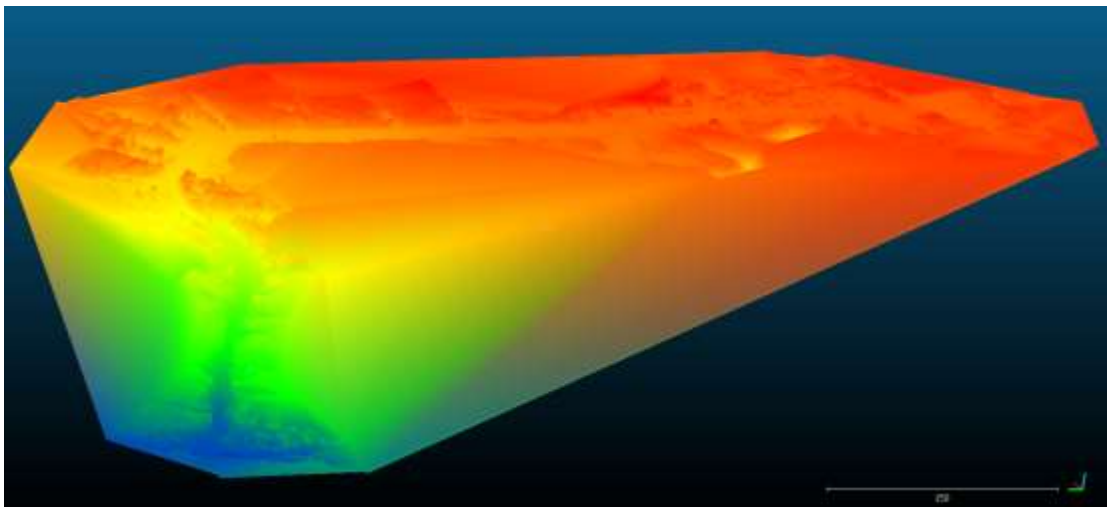


Рис. 3.4. Результат побудови ЦМР поверхні

Autodesk ReCap – ще один продукт компанії Autodesk, призначений для опрацювання хмар точок, він дозволяє імпортувати дані для перегляду і редагування. В даному випадку програмне забезпечення застосовується для інтегрування зшитої хмари в інший продукт Autodesk – AutoCAD, способом перетворення вихідних даних хмар точок з формату *.e57 в індексовану хмару формату *.rcp.

Створюємо новий проект та обираємо шлях для його збереження, далі імпортуємо до проекту хмару в форматі *.e57. Далі налаштовуємо додаткові параметри імпорту:

decimation recap – розрідження хмари точок, вказується відстань між точками, стандартне значення якої 5 мм. Але в даному проекті для забезпечення точності подальшої векторизації дана функція не потрібна.

coordinate system – система координат, встановлення вихідної та цільової системи координат.

Up axis – вісь, що напрямлена вгору

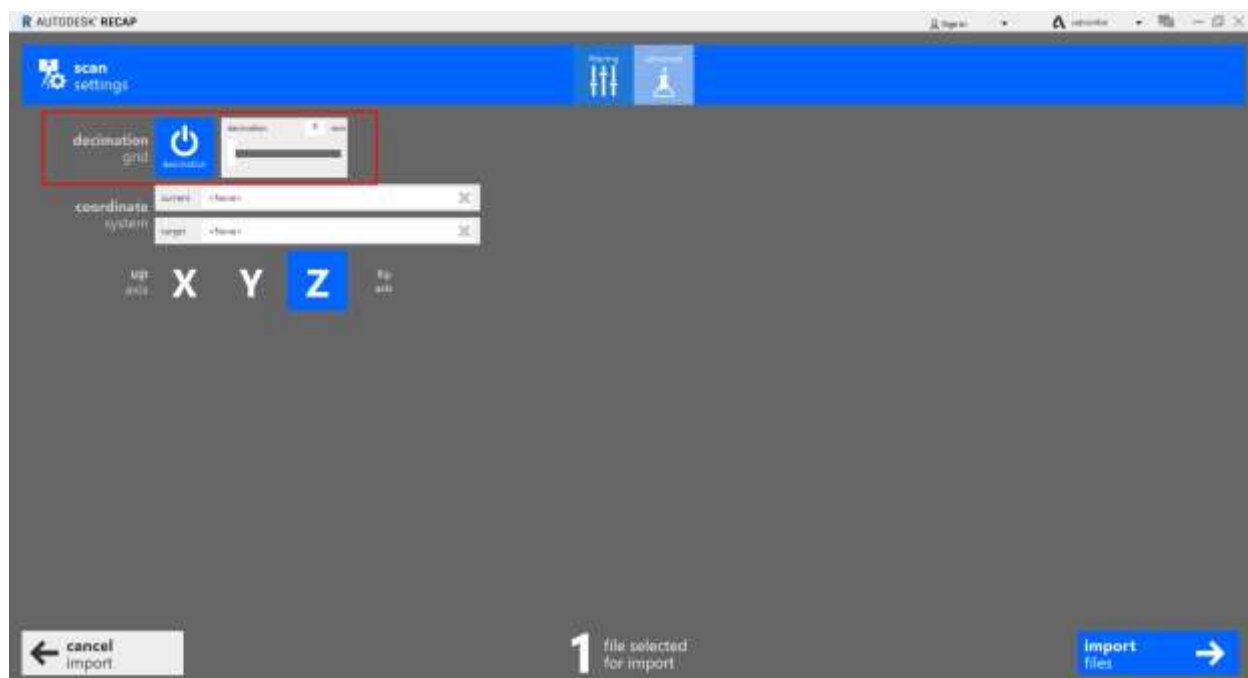


Рис. 3.5 Вікно налаштування додаткових параметрів імпорту

Після імпорту здійснюється індексація хмари точок. Вигляд готової хмари точок представлений на Рис. 3.6.

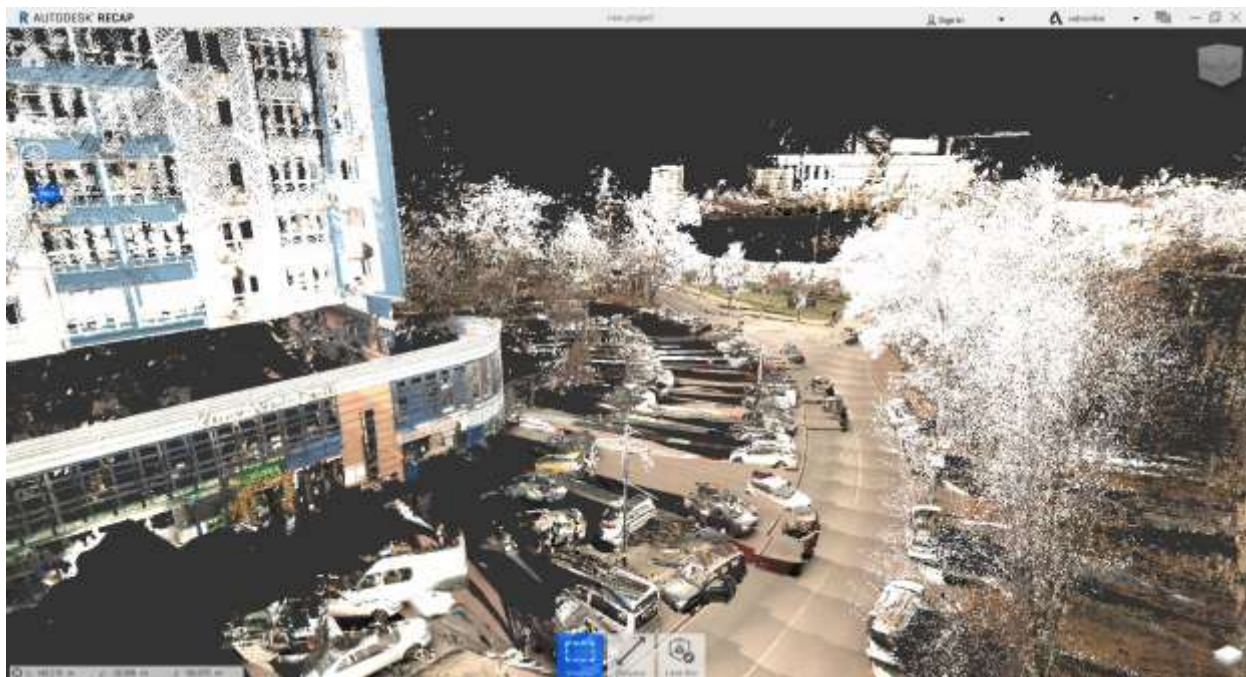


Рис. 3.6. Вигляд готової індексованої хмари точок

Програмний застосунок підтримує кілька методів відображення хмар точок. Програма класифікує точки за різними параметрами, наприклад:

1. за інтенсивністю відбитого лазерного променя (рис. 3.7.а);
2. за висотою (рис. 3.7.б);
3. за нормальми до поверхні (рис. 3.7.в);
4. реальні кольори точок з фотографії (рис. 3.6)

В режимі за нормальми ReCap аналізує кривину поверхонь, і зафарбовує по різному орієнтовані різні поверхні. В такому режимі найкраще виділяються ребра поверхонь, тож при опрацюванні хмари зручніше використовувати саме цей режим відображення.

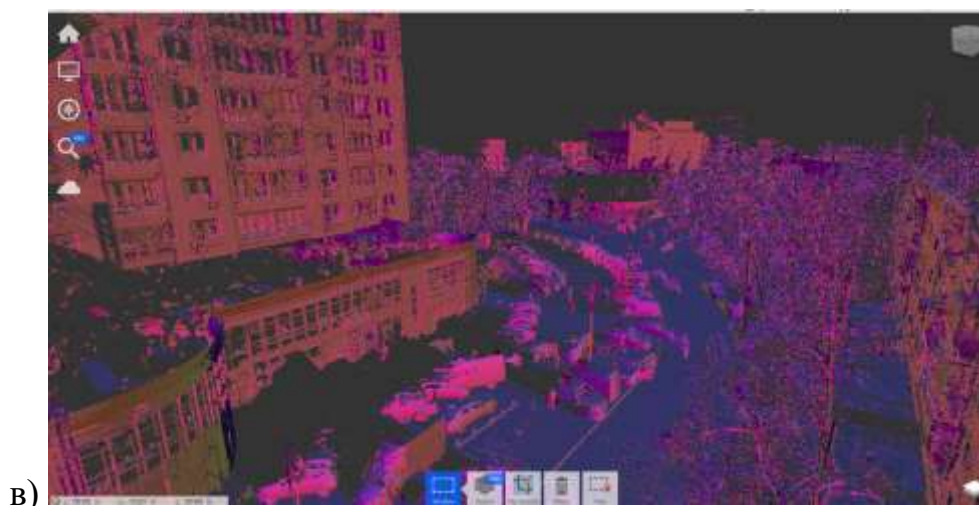
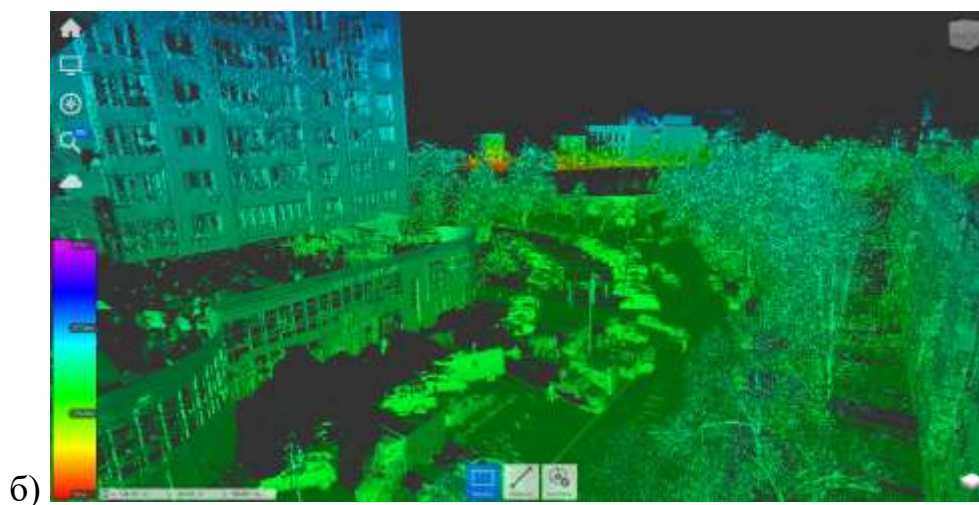
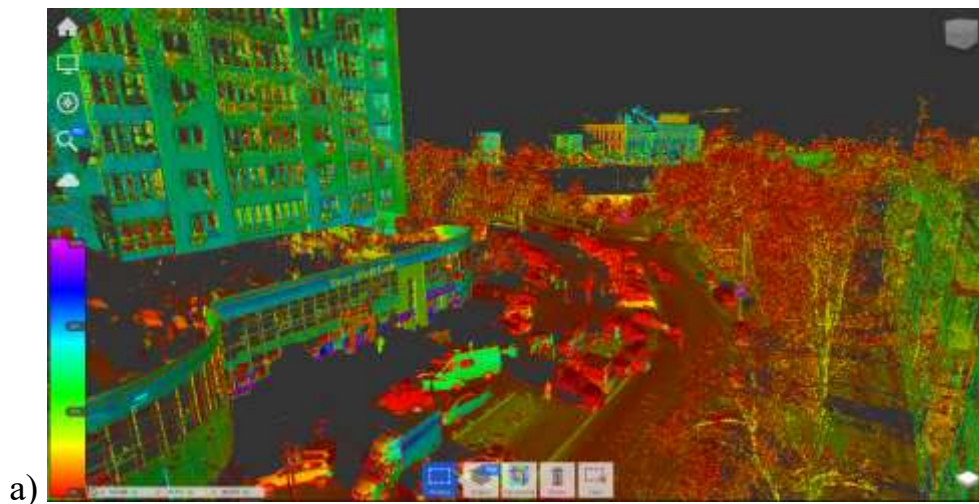


Рис. 3.7. Режими відображення точок

Також програма дозволяє змінювати розмір точок, редагувати хмару способом обрізання виділених частин.

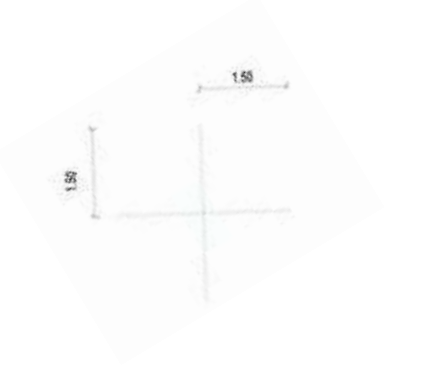
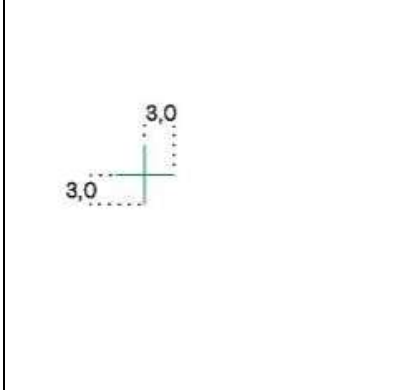
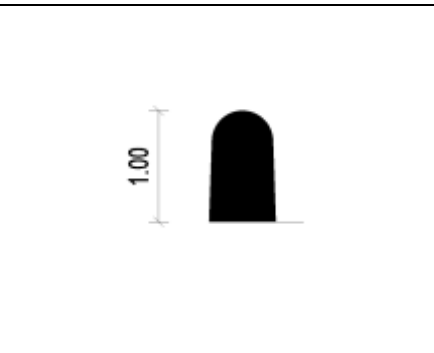
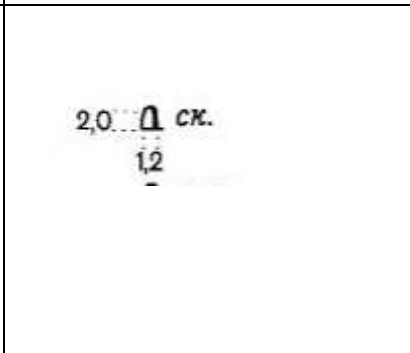
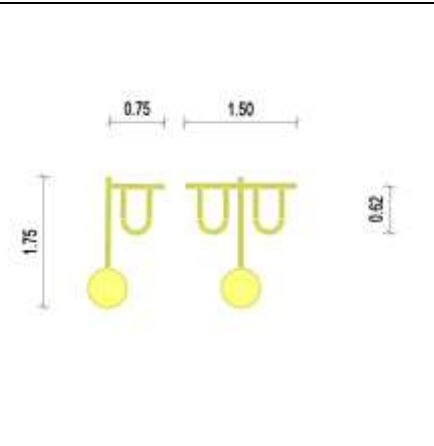
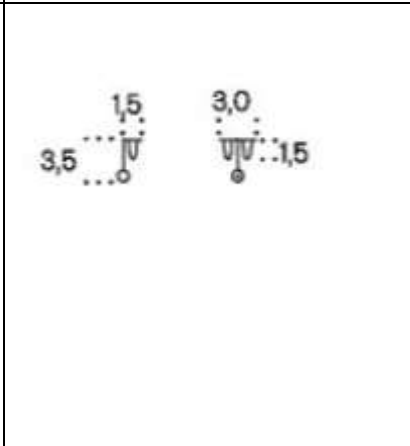
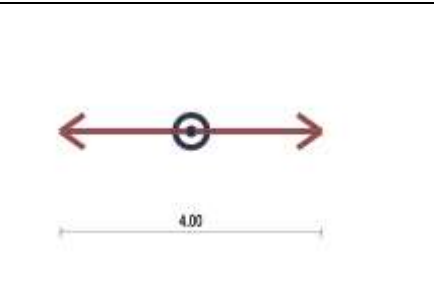
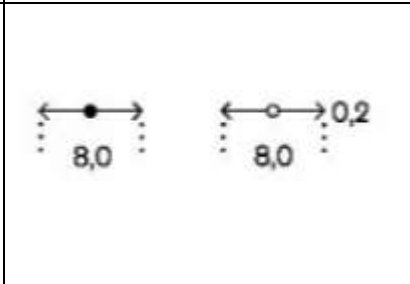
Після такої обробки хмара готова до подальшого експорту в програмне забезпечення AutoCAD. (Рис. 3.8)



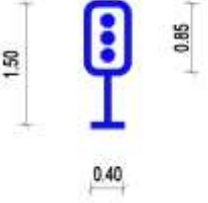
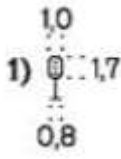
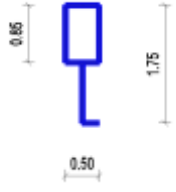
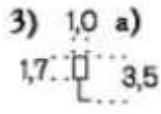
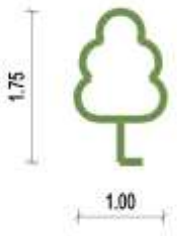
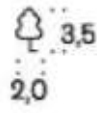

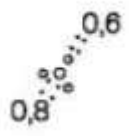



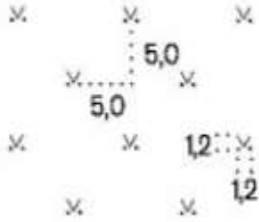
Рис. 3.8 Вигляд завантаженої хмари в програмне забезпечення
AutoCAD

Векторизація об'єктів здійснюється відповідно розробленій концептуальній схемі в розділі 2.2 дипломного проекту. Згідно п. 9.3 Основних положень створення топографічних планів умовні знаки та шрифти написів повинні відповідати умовним знакам та зразкам шрифтів, встановлених спеціально для планів визначеного масштабу.[4] Умовні позначення у вигляді точкових об'єктів розробляються додатково у вигляді блоків згідно Умовних знаків для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [15]. Порівняння найбільш поширених точкових знаків, розроблених з допомогою AutoCAD та нормативних, наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Порівняння розроблених точкових умовних знаків з нормативними

Назва об'єкту та його характеристика	Умовні знаки	
	Розроблені в AutoCAD	Нормативні
Перетин ліній координатної сітки		
Пам'ятки та монументи		
Ліхтарі електричні на стовпах		
ЛЕП низької напруги на стовпах		

<p>Колодязі оглядові (люки) підземних комунікацій на каналізаційних мережах</p>		
<p>Світлофори на стовпах</p>		
<p>Дорожні знаки</p>		
<p>Листяні поодинокі дерева</p>		
<p>Кущі що ростуть окремо</p>		

Газони		
--------	---	---

Далі формується топографічний план, створюється локальна систему координат вздовж дороги для зручності відображення плану на листах. Векторизуються контури лінійних об'єктів за хмарою точок: дороги та ґрунтові покриття, огорожі, будинки та інші об'єкти. Наступним кроком векторизуються точкові об'єкти. Висотні відмітки проставляють строго по середині дороги, позначки висоти дістаються способом просторової прив'язки до хмари точок. Для полегшення розпізнавання об'єктів використовують панорами (рис. 3.9) їх зіставляють з точками на хмарі (рис. 3.10), визначають об'єкт, його характеристики, аналізують положення та векторизують. (рис. 3.11)



Рис. 3.9. Вигляд стовпа з ліхтарем та дорожнім знаком на панорамах



Рис. 3.10. Видгляд стовпа з ліхтарем та дорожнім знаком на хмарі точок



Рис. 3.11. Векторизовані стовп з ліхтарем та дорожнім знаком

Інформація щодо кожного векторизованого об'єкту заноситься в базу геопросторових даних, за структурою передбаченою розробленою концептуальною схемою у пункті 2.2 даного дипломного проекту. Приклад атрибутивної таблиці об'єкту стовпа «pillar» наведено на Рис. 3.12.

	id_pillar	lantern	function	pover_line	road_sing
1	1	Yes	ліхтарний стовп	2	Yes
2	2	No	верстовий стовп	2	No
3	3	Yes	ліхтарний стовп	2	Yes
4	4	No	верстовий стовп	1	No
5	5	Yes	ліхтарний стовп	2	Yes
6	6	No	верстовий стовп	2	No
7	7	Yes	ліхтарний стовп	3	Yes
8	8	No	верстовий стовп	1	No

Рис. 3.12. Заповнена таблиця атрибутів сутності «pillar»

Аналогічним способом векторизуються інші об'єкти та утворюється креслення топографічного плану, готове креслення показано на рис. 3.13.

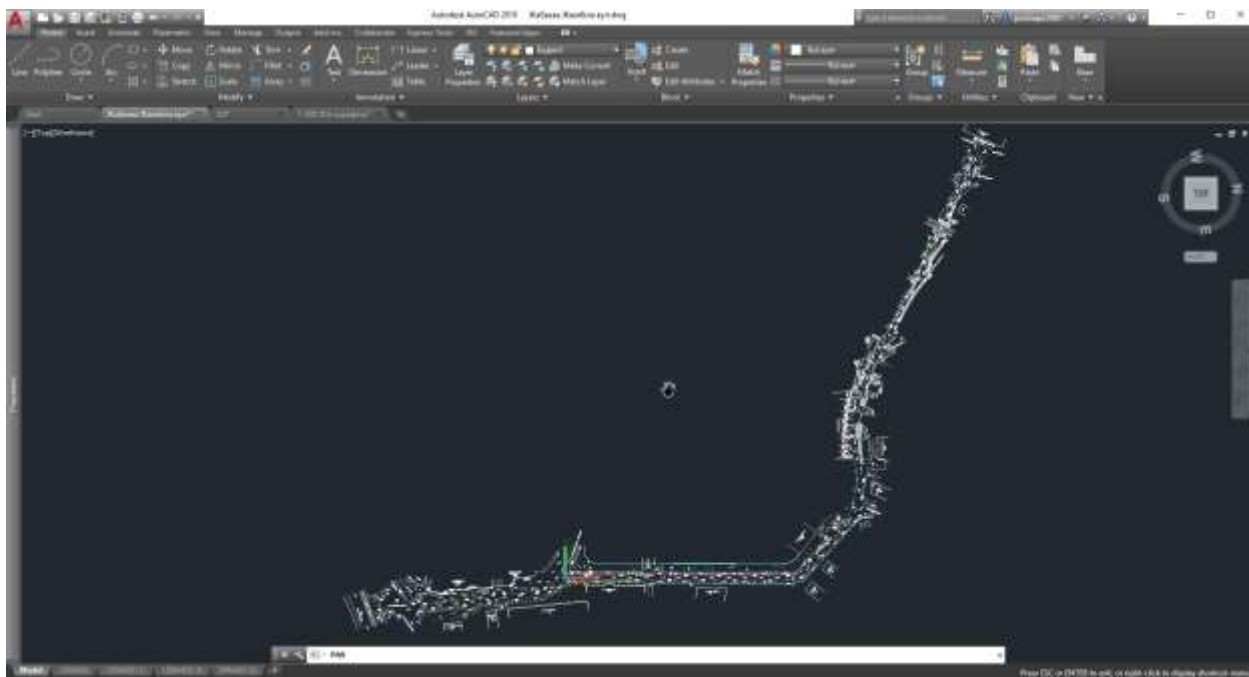


Рис. 3.13. Вигляд готового креслення цифрового топографічного плану

Далі виконується оформлення топографічного плану на аркушах та підготовка його до друку. Оскільки креслення дослідної території надто велике для оформлення на одному аркуші, його розбивають на декілька аркушів формату 1200 x 420, та 540 x 420. Згідно п. 10.1 Основних положень створення топографічних планів, плани видаються відповідно до завдання замовника, аркушами з позарамочним оформленням або зі штампом згідно системи єдиної конструкторської документації (ЕДСК). Зарамочне оформлення включає штамп, де вказуються масштаб, висота перерізу рельєфу, інформація про виконавця, назва об'єкта, номер аркушу, тощо. Вигляд основного штампу в правій нижній частині креслення наведено на рис. 3.14.

						Замовник "Шляхово-експлуатаційне управління по ремонту та утриманню автомобільних шляхів та споруд на них Шевченківського району"			
Змін.	Кільк.	Арк.	Надок.	Підпис	Дата	Вул. Жамбаєва Жамбіла	Стадія	Аркуш	Аркушів
Директор								1	4
Розробив						П л а н (схема) М 1:500	ТОВ "ЄВРОПРОЕКТБУДСЕРВІС" Київ		
Перевірив									

Рис. 3.14 Вигляд основного штампу

В результаті при оформленні креслення утворилось 4 аркуша. Далі здійснюється експорт утворених ТП в форматі *.pdf. Готові ЦТП наведені в Додатках 1, 2, 3, 4.

3.3. Оцінка точності результатів

Основними критеріями точності топографічного плану, згідно Основних положень створення топографічних планів [4] є середні, граничні

та грубі помилки що не повинні перевищувати величин встановленим цим документом.

Похибка у взаємному положенні на ТП чітких контурів, наприклад люки, інженерні комунікації та інші, на забудованій території не повинна перевищувати 0,3 мм в масштабі плану. що для масштабу 1:500 дорівнює 0,15 м, тобто 15 см.

Оскільки векторизація здійснювалась за хмарою точок, доцільно буде виразити похибку взаємного положення об'єктів, як похибку сканування, та ручну похибку векторизації, що оцінюється візуально при детальному перегляді результатів створення топографічного плану та порівняння їх з хмарою.

Планова точність хмари точок, згідно характеристик приладу Leica Pegasus: Two, яким здійснювалось сканування, становить 20 мм. При детальному перегляді створеного ТП виявлено що максимальна різниця між векторизованими об'єктами та хмарою дорівнює 40 мм. Тобто якщо врахувати суму ручної похибки та сканування, загальна похибка буде становити 60 мм, що є меншим за нормативне значення.

Похибка зйомки рельєфу визначається похибкою приладу, на якому здійснювалось знімання. Оцифрування рельєфу та встановлення висот здійснювалось за даними хмари точок, а саме прив'язки до конкретної точки та перенесення даних про її висоту в Балтійській системі висот на ТП. Абсолютна висотна точність приладу, яким здійснювалось знімання становить 15 мм, що задовільняє вимоги Основних положень.

Висновки до Розділу 3

В розділі проведено практичну частину створення ЦТП.

Описано дослідну територію, з її особливостями, та пакет початкових даних, для подальшої обробки.

Далі було розглянуто особливості обробки даних та створення цифрової моделі у вигляді хмари точок. Визначено основні програмні застосунки для роботи та опрацювання матеріалів до створення ТП.

Також описано особливості експортування хмари до програмного застосунку, в якому виконувалась векторизація. Таким чином з'ясувалось що для зшивки сканів потрібно використовувати програмний застосунок CloudCompare, але формат зшитої хмари не взаємодіє з AutoCAD, тому доцільно здійснити додаткову обробку даних в ReCap, та змінити формат файлу для зручного експорту для подальшої векторизації.

Також здійснено порівняльний аналіз нормативних точкових топографічних знаків та створених в програмі у вигляді блоків.

Описано технологію та особливості векторизації з допомогою аналізу панорам та хмари точок.

Останнім пунктом проведено оцінку точності ТП, а саме точність положення об'єктів в плані, по висоті та взаємного положення об'єктів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У сучасних реаліях тема, розглянута у дипломному проекті, являється особливо актуальною, оскільки розглядає метод швидкісного розроблення ТП сучасними методами.

Топографічний план (ТП) – це креслення, на якому за допомогою спеціально розробленої системи умовних знаків зображено невелику ділянку земної поверхні в зменшеному вигляді. Грубо кажучи, ТП – це топографічна карта визначених масштабів: 1:5000 1:2000, 1:1000, 1:500.

Основні питання створення ТП регламентується в нормативному документі: «Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500», наприклад зміст, призначення, точність.

Процес створення топографо-геодезичних та картографічних матеріалів являється топографо-геодезичними роботами. Згідно законодавства України право виконувати такі роботи мають приватні та державні організації, що мають ліцензії, що видаються на основі Інструкції про умови і правила здійснення аерофотозйомочних (ДКНТА-2.07.01-93) [8], а безпосередньо проводити знімання – лише сертифіковані інженери-геодезисти.

Основними методами проведення топографічного знімання є аерофотографічний та наземний. Дослідуваний спосіб мобільного лазерного сканування відноситься до наземного методу знімання.

Мобільне лазерне сканування здійснюється способом закріплення лазерного сканера на транспортному засобі та сканування маршруту руху автомобіля. В даному проекті використовується сканер Leica Pegasus: Two.

В другому розділі було з'ясовано технологію та розроблено методіку створення ЦТП. Завдання та зміст проекту визначаються технічним проектом або програмою робіт.

Відповідно до Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) технологія створення ЦТП

передбачає такі основні процеси: збір цифрової інформації, цифрова обробка, накопичення і зберігання в банку цифрових картографічних даних, графічне відображення, редагування.

Методика створення ЦТП включає наступні етапи: проведення зйомки, попередня обробка результату, створення ЦМР, створення цифрових моделей елементів ТП та геовізуалізація. Блок-схеми наведені у розділі 2.

Для структуризації векторизованих об'єктів на ТП розробляється концептуальна модель бази геопросторових даних. За основу сутностей взято зміст топографічних планів згідно п. 2.4 Інструкції топографічного знімання [8].

Для векторизації об'єктів обрано програмне забезпечення AutoCAD. З його допомогою розробляються просторові об'єкти, згідно загальноприйнятих умовних знаків. Вони зібрані в збірнику «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.» затвердженому Міністерством екології природних ресурсів України в 2001р.

В третьому розділі здійснено практичне опрацювання вихідних даних, та докладний опис процесу на кожному етапі. Також розглянуті особливості обробки даних до експортування в програмне забезпечення AutoCAD для векторизації. Це здійснюється за допомогою програмних пакетів Cloud Compare та ReCap.

Наступним етапом створення цифрового топографічного плану є його оформлення. Процес добре обгрунтований в другому пункті третього розділу.

Фінальним кроком кожного проекту це оцінка якості та точності результатів. Проаналізувавши готовий ЦТП прийшли до висновку що він повністю задовольняє умови точності згідно Основних положень створення топографічних планів [4].

Отже, в результаті проекту було отримано високоточний ЦТП та розглянуто метод мобільного лазерного сканування. Аналізуючи проведену роботу, можемо дійти до висновку що даний метод являється зручним способом для отримання точного, якісного топографічного плану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kent A. J. Topographic Maps: Methodological Approaches for Analyzing Cartographic Style / A. J. Kent // Journal of Map & Geography Libraries. – 2009. – Vol. 5, No. 2. – P.131-156.
2. Government of Canada: National Topographic System Maps. // Режим доступу: URL:
<https://web.archive.org/web/20160515060238/http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography/topographic-information/maps/9767>
3. Постанова кабінету міністрів № 661 “Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування України” [Електронний ресурс] // № 661 від 01.06.2021 – Режим доступу: URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF#Text>
4. Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 Затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України №3 від 24.01.94р.
5. Порядок топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 / Ю. Карпінський, Н. Лазоренко-Гевель, О. Кучер, Р. Висотенко, В. Лавренєв, І. Тревого, В. Глотов, О. Ясинський, Ю. Стопхай, Л. Скакодуб, Т. Кондратенко // Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. – 2020. - Київ.
6. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. - 1999. - № 353-XIV. - Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>
7. Закон України «Про землеустрій» [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. - 2003. - № 858-IV. - Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>

8. Наказ «Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)» [Електронний ресурс] // Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України. - 1998. - №56. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>
9. Середович В.А. Наземное лазерное сканирование: монографія / В.А. Середович [та ін]. – Новосибірск: СГГА, 2009. – 261 с.
10. 3D сканеры: что к чему [Электронный ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://www.metrologi.ru/information/item/1941-3d-skanery-chto-kchemu>
11. Лазерный сканер Riegl VMX-2HA brochure [Електронний ресурс] // Режим доступу: URL: http://www.riegl.com/uploads/tx_pxriegldownloads/RIEGL_VMX2HA_brochure_2019-09-02.pdf
12. Лазерный сканер Trimble MX9 MOBILE MAPPING SOLUTION [Електронний ресурс] // Режим доступу: URL: https://geospatial.trimble.com/sites/default/files/2019-08/022516-357G_Trimble%20MX9_DS_USL_0819_LR.pdf
13. Лазерный сканер Leica Pegasus: Two. Mobile reality capture [Електронний ресурс] // Режим доступу: URL: https://leicageosystems.com//media/Files/LeicaGeosystems/Products/Brochures/Leica_PegasusTwo_BRO.ashx?la=en
15. Мамонов К. А. Системи мобільного лазерного сканування в геоінформаційних технологіях / К. А. Мамонов, К. І. Вяткін, С. Г. Нестеренко // Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура. - 2016. - Вип. 132. - С. 121-126. - Режим доступу: URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2016_132_22
16. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [Електронний ресурс] // Міністерство екології та

природних ресурсів України. – 2001. – Режим доступу: URL:
https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/umovni_znaky_500-5000.pdf

17. Лященко А. А. Онтологічний підхід до створення каталогу бази топографічних даних / А. А Лященко, Р. М. Рунець // Інженерна геодезія. – 2008. – Вип. 54. – С. 116 – 123.

18. Державний класифікатор будівель та споруд ДК 018-2000 [Електронний ресурс] // Державний комітет України по стандартизації, метрології та сертифікації. – 2001. - № 507. - Режим доступу: URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va507565-00#Text>

19. Толкунов, І.О. Метьолкін, О.О. Толкунова, В.І. Удосконалення методики топографічного плану місцевості за даними лазерного сканування. / І.О. Толкунов, О.О. Метьолкін, В.І. Толкунова. – 2020. – 34 с.

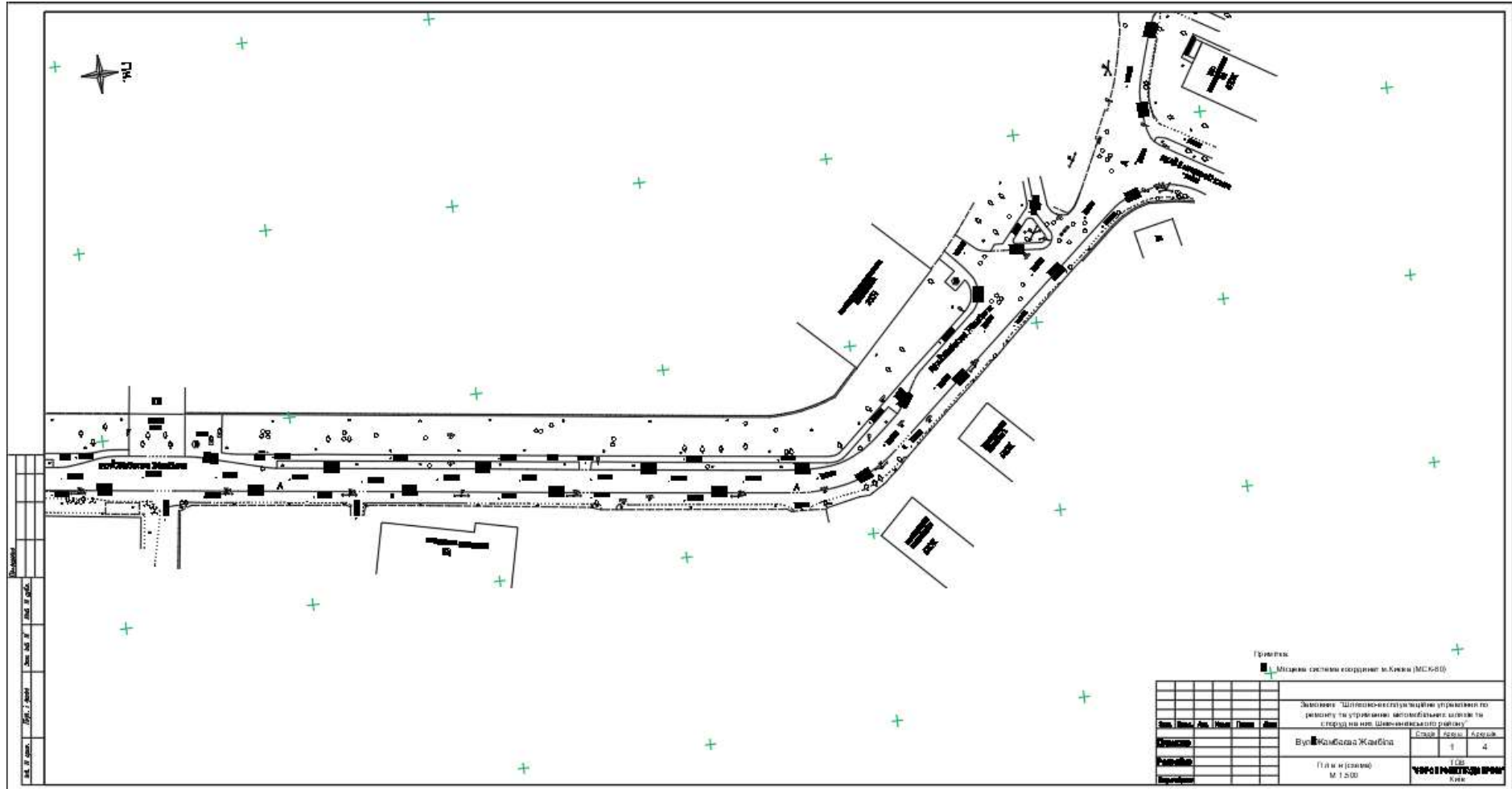
20. Опрацювання даних фотограмметричного знімання з БПЛА : методичні рекомендації, КНУБА. – 2000 – 20с.

21. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. - Режим доступу: URL:
[http://kbu.org.ua/assets/app/documents/75\(1\).1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.3-5-2018%20%D0%92%D0%A3%D0%9B%D0%98%D0%A6%D0%86%20%D0%A2%D0%90%20%D0%94%D0%9E%D0%A0%D0%9E%D0%93%D0%98.pdf](http://kbu.org.ua/assets/app/documents/75(1).1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.3-5-2018%20%D0%92%D0%A3%D0%9B%D0%98%D0%A6%D0%86%20%D0%A2%D0%90%20%D0%94%D0%9E%D0%A0%D0%9E%D0%93%D0%98.pdf)

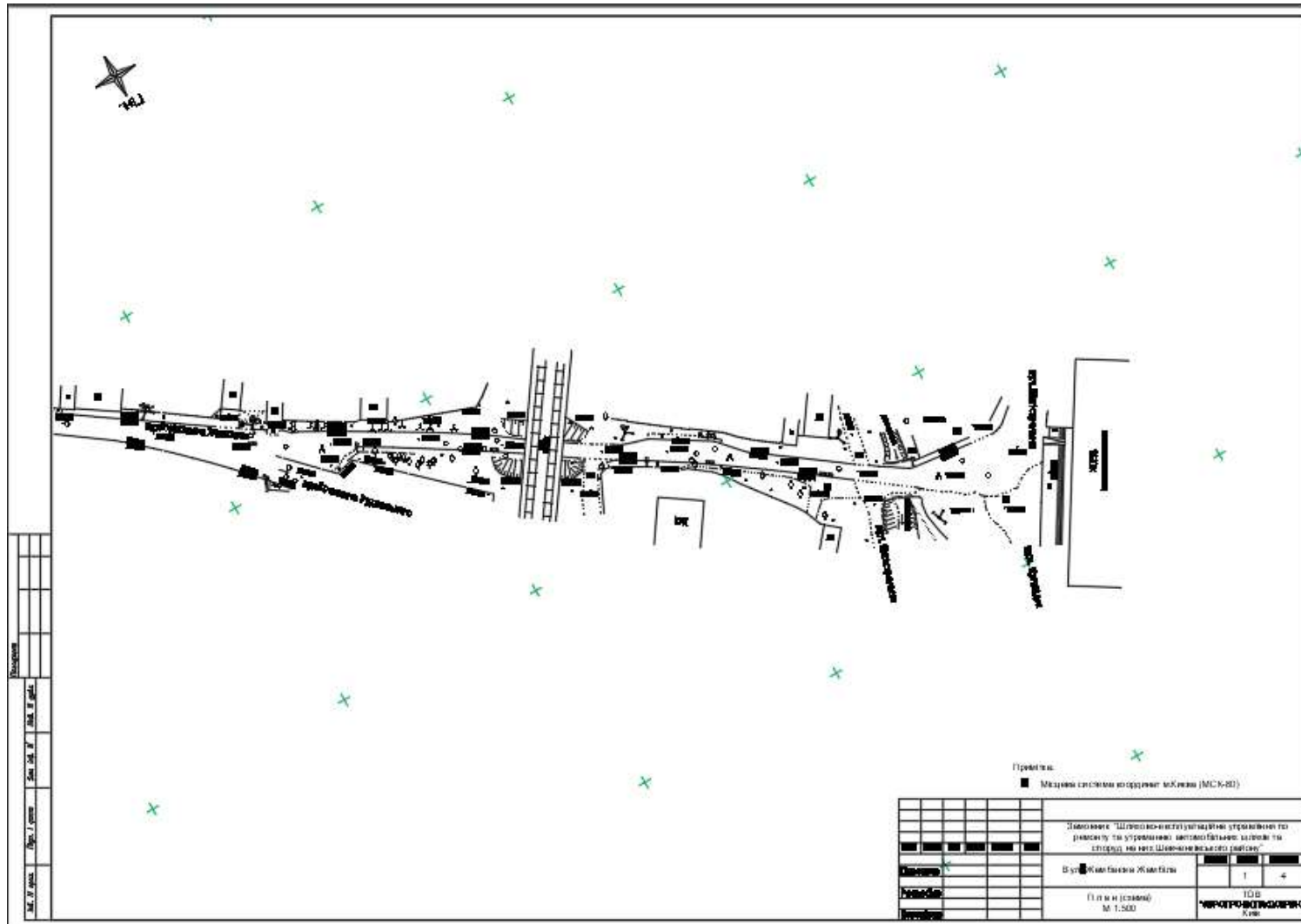
22. Карпінський, Ю. О. Лазоренко-Гевель, Н. Ю. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування. / Ю. О. Карпінський , Н. Ю. Лазоренко-Гевель. – 2018 – 2 с.

ДОДАТКИ

Додаток Б. Аркуш 2 Топографічного плану вул. Жамбіла Жамбаєва



Додаток Г. Аркуш 4 Топографічного плану вул. Жамбіла Жамбаєва



Додаток Д. Графічні матеріали



КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
КАФЕДРА ГЕОІНФОРМАТИКИ І ФОТОГРАММЕТРІЇ

Дипломна робота на тему:
на тему:
«Створення великомасштабних топографічних планів за
даними мобільного лазерного сканування»

Виконала: ст. групи ГСТ-41
Почапінська І.О.
Керівник: доц. Горковчук Ю.В.

Київ 2022

Мета та завдання роботи:

- *Метою бакалаврської роботи* є отримання високоточної цифрової моделі рельєфу місцевості та точне координування дорожньої інфраструктури для створення великомасштабного топографічного плану.
- *Об'єктом дослідження* є створення великомасштабних топографічних планів
- *Предметом дослідження* – оброблення результатів мобільного лазерного сканування із застосуванням сучасного інструментарію.
- Для досягнення мети в роботі поставлено та виконано такі *завдання*:
 1. Аналіз методів створення великомасштабних топографічних планів
 2. Огляд технологій мобільного лазерного сканування
 3. Розроблення методики створення топографічного плану на основі даних мобільного лазерного сканування
 4. Розроблення концептуальної моделі бази геопросторових даних великомасштабних ТП за даними лазерного мобільного сканування
 5. Практична реалізація запропонованої методики створення топографічного плану на основі даних мобільного лазерного сканування
 6. Оцінка точності результатів

Призначення ТП масштабу 1:500

Топографічний план – це категорія топографічних карт, характеризується великомасштабною деталізацією та кількісним відображенням об'єктів рельєфу.

План масштабу 1:500 є основою для створення ТП всього масштабного ряду.



Нормативно-правове забезпечення при створенні ТП





Лазерне сканування

Метод полягає у вимірюванні з високою швидкістю відстаней від сканера до точок об'єкта та реєстрації координат розпізнаних точок. **Перевагами** методу лазерного сканування є:

- мінімізація витрат при виконанні виконавчих та топографічних зйомок
- виключення проведення повторних зйомок об'єкта
- швидкі результати
- зменшення витрат часу на проект
- зведення до мінімуму часу проведення польових робіт

Мобільне лазерне сканування

Виконується способом використання спеціальних систем лазерного сканування встановлених на транспортний засіб та проведення сканування під час руху.



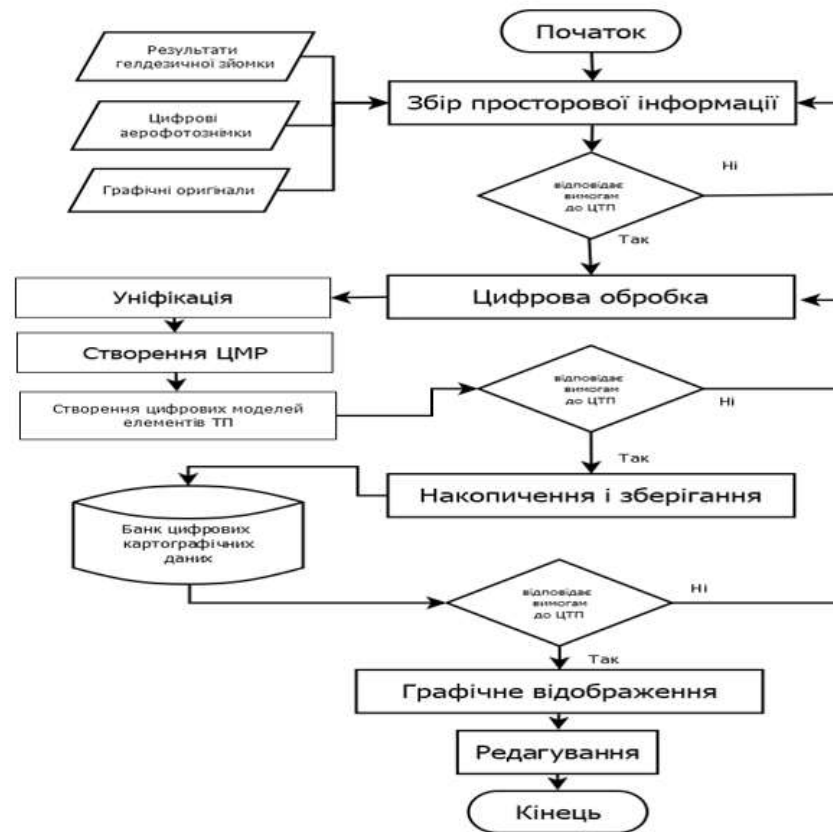
Сучасні цифрові топографічні плани

Сучасні цифрові топографічні плани (ЦТП) – це цифрова модель місцевості, що сформована з урахуванням законів картографічної генералізації у прийнятих для планів нормах.

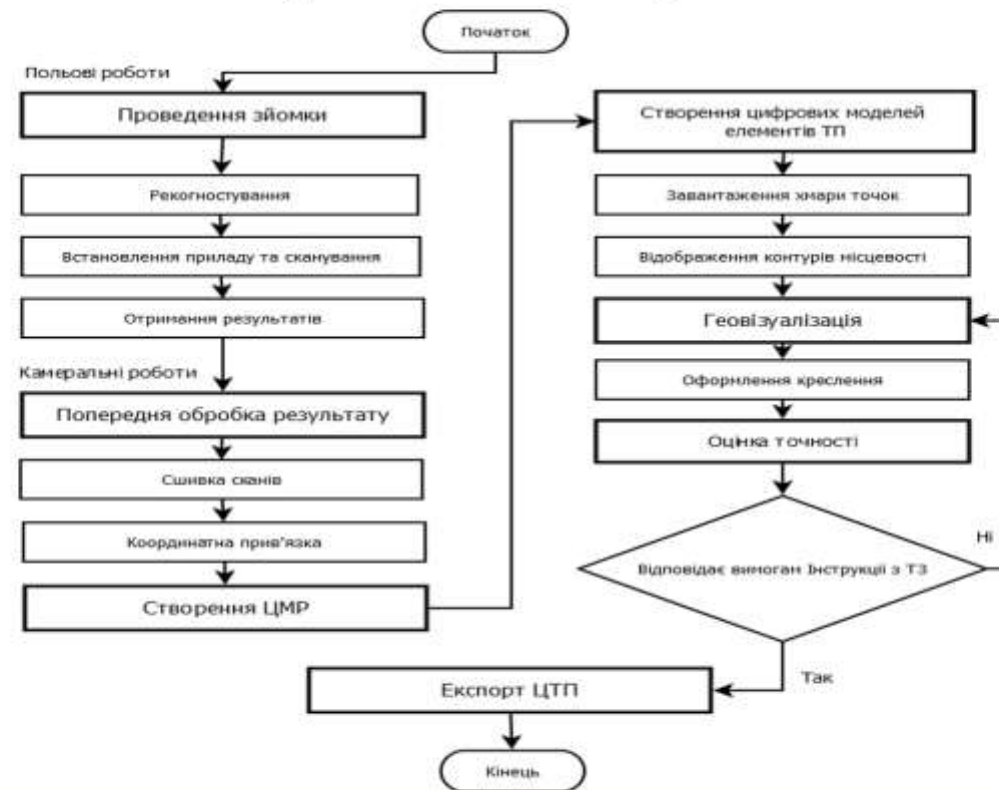
Відповідно до *Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)* технологія створення ЦТП включає такі етапи:

- 1) збір цифрової інформації;
- 2) цифрова обробка;
- 3) накопичення і зберігання;
- 4) графічне відображення;
- 5) редагування

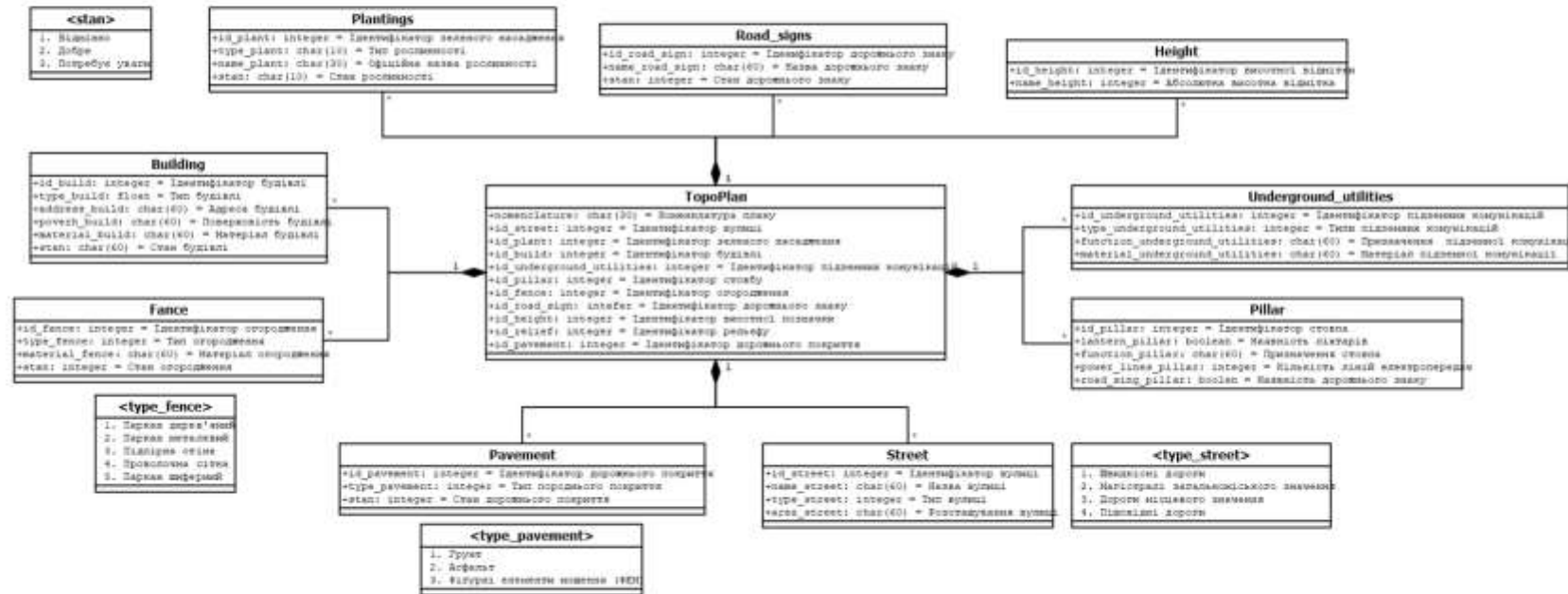
Технологія створення ЦТП



Методика створення ЦТП за результатами лазерного сканування



Концептуальна модель БД топографічного плану

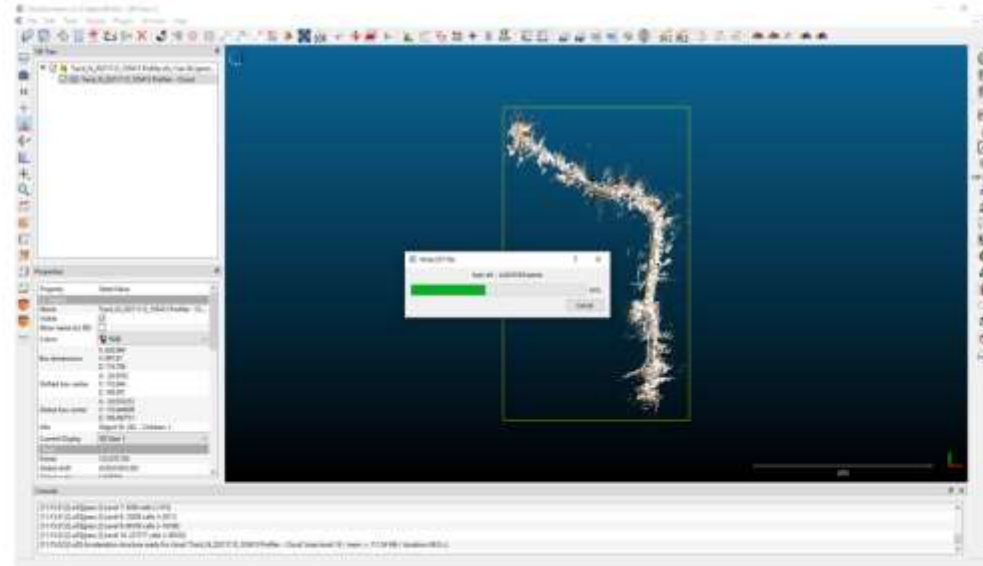


Вигляд дослідної вулиці Жамбила Жамбаєва на ресурсі OSM



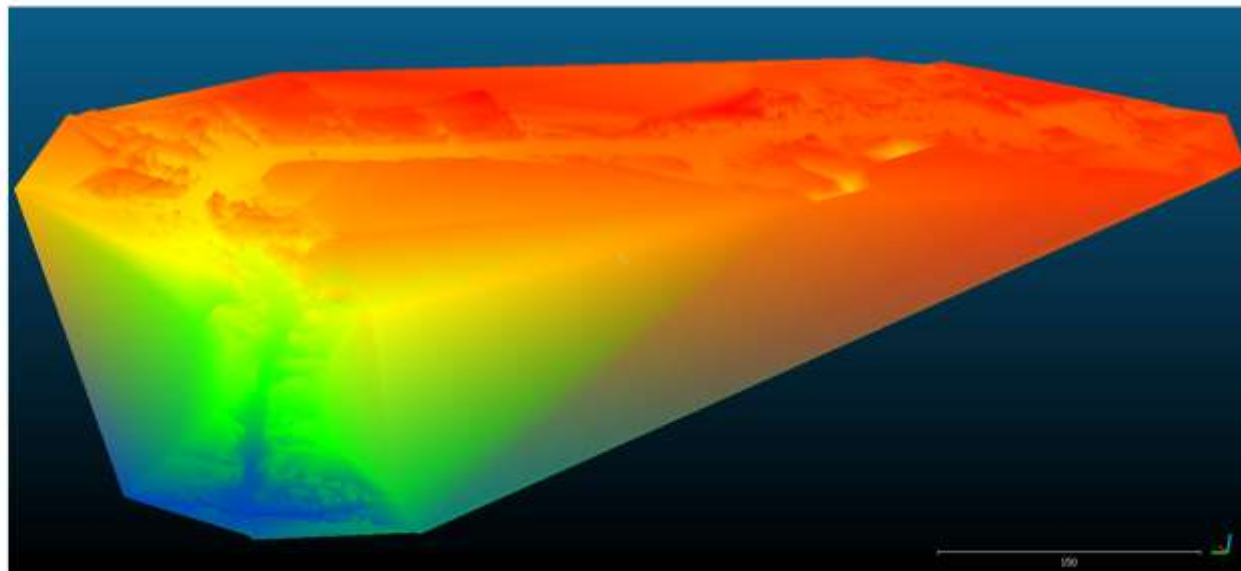
Робота з CloudCompare

Програмне забезпечення дозволяє здійснити перетворення координат та зшити вихідні дані у вигляді сканів в єдину хмару точок.



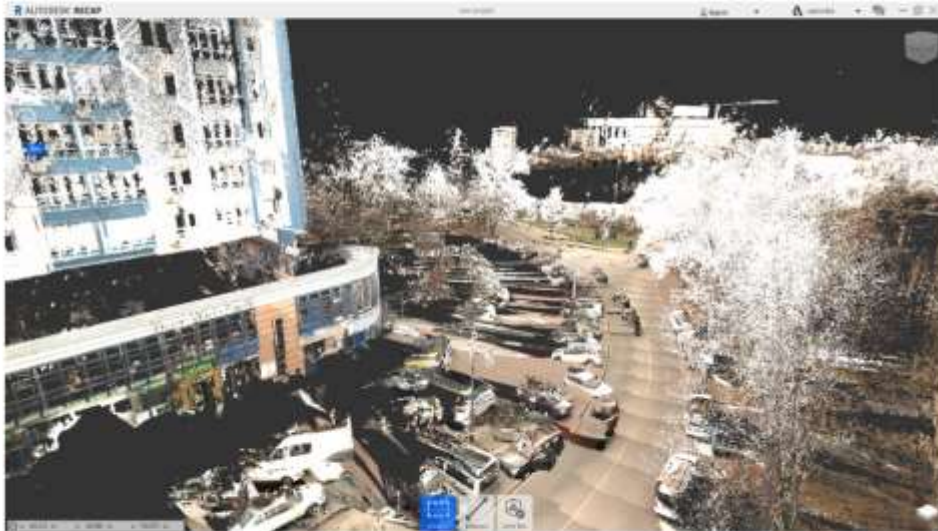
Створення ЦМР

Також за допомогою CloudCompare створено цифрову модель рельєфу у вигляді полігональної поверхні.



Обробка хмари точок в Autodesk ReCap

Імпорт, індексація та експорт хмари точок.
Хмара точок в реальних кольорах.



Вигляд стовпа з ліхтарем та дорожнім знаком на панорамах та на хмарі точок



Обробка хмари точок в Autodesk AutoCAD

Вигляд стовпа з ліхтарем та дорожнім знаком на хмарі точок. Векторизовані стовп з ліхтарем та дорожнім знаком та заповнена таблиця атрибутів об'єкту.



pillar - Всего объектов: 9, Отфильтровано: 9, Выделено: 1

id_pillar	lantarn	function	pover_line	road_sing
1	Yes	ліхтарний стовп	2	Yes
2	No	верстовий стовп	2	No
3	Yes	ліхтарний стовп	2	Yes
4	No	верстовий стовп	1	No
5	Yes	ліхтарний стовп	2	Yes
6	No	верстовий стовп	2	No
7	Yes	ліхтарний стовп	3	Yes
8	No	верстовий стовп	1	No

Все объекты

Висновки

Розглянуто нормативно-правове забезпечення створення ТП та методи його створення, зокрема метод наземного мобільного лазерного сканування.

Розроблено методику створення ЦТП за даними лазерного мобільного сканування, концептуальну модель БД топографічного плану.

В результаті роботи отримано високоточний ЦТП М1:500, який є основою для складання будь яких виконавчих планів та креслень різного призначення.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!