

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет землевпорядкування

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

управління земельними ресурсами

_____ **Ольга ДОРОШ**

« ____ » _____ **2025 р.**

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Застосування обробки хмари точок за допомогою
програмного засобу Civil 3D (на прикладі території навчального
корпусу 6 НУБіП України)»**

Спеціальність «193 Геодезія та землеустрій»

Гарант освітньої програми

доктор географічних, професор

_____ **Іван КОВАЛЬЧУК**

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

Кандидат економічних наук, доцент

_____ **Євген БУТЕНКО**

Виконав

_____ **Олександр БОНДАР**

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет землевпорядкування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри

управління земельними ресурсами

_____ Ольга ДОРОШ

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Бондарю Олександрю Миколайовичу

Спеціальність «193» Геодезія та землеустрій»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Застосування обробки хмари точок за допомогою програмного засобу Civil 3D (на прикладі території навчального корпусу 6 НУБіП України)» затверджена наказом ректора НУБіП України від “ 04 ” січня 2024р. № 4«С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру за десять днів до захисту бакалаврської кваліфікаційної роботи.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи є матеріали геодезичних вишукувань, землевпорядного проектування.

Перелік питань, які потрібно дослідити, а саме:

1. Поняття цифрових моделей та способів їх отримання
2. Формування хмари точок та її класифікація
3. Обробка хмари точок за допомогою програмного засобу CIVIL3D на прикладі території навчального корпусу 6 НУБіП України

Дата видачі завдання « 5 » січня 2025 року

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ Євген
БУТЕНКО

Завдання прийняв до виконання _____ Олександр
БОНДАР

Розділ 1. Поняття цифрових моделей та способів їх отримання	10
1.1 Види цифрових моделей та їх характеристика	15
1.2 Сфера застосування цифрових моделей	18
1.3 Характеристика способів створення цифрових моделей	20
Висновки до першого розділу	23
Розділ 2. Формування хмари точок та її класифікація	24
2.1 Поняття “Хмари точок” та їх види.	24
2.2 Способи формування хмар точок різними методами	25
2.3 Класифікація хмари точок для створення цифрових моделей	27
Висновки до другого розділу	29
Розділ 3. Обробка хмари точок за допомогою програмного засобу CIVIL3D на прикладі території навчального корпусу 6 НУБіП України	32
3.1 Формування хмари точок фотограметричним способом	32
3.2 Функціональний алгоритм класифікації щільної хмари точок та редагування результатів	34
3.3 Створення ЦМР в програмному засобі AutoCAD Civil3D	39
Висновки до третього розділу	48
Висновки	51
Список використаних джерел	52
Додатки	56

РЕФЕРАТ

Дана робота має таку структуру: вступ, 3 розділи, список використаних 30 джерел, 4 додатки.

У роботі даній буде розглянуто наукові засади формування хмари точок на прикладі території навчального корпусу 6 НУБіП України. Та подальша обробка за допомогою CIVIL3D

У першому розділі я розглянув види цифрових моделей та їх характеристика. Сферу застосування цифрових моделей. Характеристику способів створення цифрових моделей

У другому розділі я розглянув Формування хмари точок та її класифікація. Поняття “Хмари точок” та їх види. Способи формування хмар точок різними методами. Класифікація хмари точок для створення цифрових моделей.

У третьому розділі я розглянув обробку хмари точок за допомогою програмного засобу CIVIL3D на прикладі території навчального корпусу 6 НУБіП України. Формування хмари точок фотограметричним способом. Функціональний алгоритм класифікації щільної хмари точок та редагування результатів. Створення ЦМР в програмному засобі AutoCAD Civil3D.

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи є надзвичайно актуальною. Вона відповідає сучасним вимогам розвитку технологій та наукових досліджень у галузі геодезії та картографії, а також має практичне значення для вдосконалення методів управління земельними ресурсами в Україні.

Дана робота також має необхідні таблиці, та рисунки що наглядно ілюструють зйомку та обробку отриманих результатів.

У висновках наведено основні заходи щодо покращення та вдосконалення застосування безпілотних літальних апаратів. Додатки містять основні допоміжні матеріали, необхідні для кращого розуміння розрахункових частин.

Перелік умовних позначень

АФА	–	Аерофотоапарат
АФЗ	–	Аерофотознімання
БПЛА	–	Безпілотний літальний апарат
ГІС	–	Геоінформаційні системи
ДЗЗ	–	Дистанційне зондування землі
ОРТО	–	Ортофотоплан
ФГ	–	Фотограметрія
ЦММ	–	Цифрова модель місцевості
ЦМП	–	Цифрова модель поверхні
ЦМР	–	Цифрова модель рельєфу
3D	–	Тривимірне модель

Вступ

Постанова проблеми

У сучасному світі, де геодезія, інженерія та архітектура потребують все більшої точності та деталізації, хмара точок стає незамінним інструментом для представлення та аналізу просторових даних. Ця технологія, що ґрунтується на тривимірних моделях, отриманих за допомогою лазерного сканування, фотограмметрії або стереофотозйомки, дозволяє візуалізувати складні об'єкти та місцевість з безпрецедентною точністю.

Ця бакалаврська робота присвячена дослідженню наукових засад хмари точок на прикладі території навчального корпусу 6 НУБіП України. Ми розглянемо методи отримання цифрових моделей, класифікацію хмар точок та детально проаналізуємо процес обробки даних за допомогою програмного комплексу Civil 3D.

Актуальність теми

Зростаюча популярність хмари точок обумовлена її численними перевагами:

Хмари точок дають можливість отримувати детальні та реалістичні моделі об'єктів з мінімальними спотвореннями. Цю технологію можна застосовувати в різних галузях, таких як геодезія, інженерія, архітектура, будівництво, планування міст та багато інших. Завдяки автоматизованим процесам обробки даних хмара точок значно економить час та ресурси порівняно з традиційними методами. Тривимірні моделі дозволяють візуалізувати складні просторові дані у доступній та зрозумілій формі.

Мета бакалаврської кваліфікаційної роботи

Мета полягає у дослідженні методики обробки хмари точок за допомогою програмного засобу CIVIL3D для цілей геодезії та картографії

Завдання

- Проаналізувати види цифрових моделей та їх характеристика
- Дослідити сфери застосування цифрових моделей
- Проаналізувати способи створення цифрових моделей

- Дослідити поняття “Хмари точок” та їх види.
- Проаналізувати класифікації хмари точок для створення цифрових моделей
- Формування хмари точок фотограметричним способом
- Дослідити алгоритм класифікації щільної хмари точок та редагування результатів
- Згенерувати ЦМР в програмному засобі AutoCAD Civil 3D

Об’єкт дослідження

Корпус №6 Національного університету біоресурсів і природокористування (НУБІП України) що знаходиться в м.Київ по вулиці Васильківська, 17.

Предмет дослідження

Процес побудови ЦМР на основі обробки вихідної хмари точок.

Методи дослідження

Монографічний метод дослідження – це детальне та всебічне вивчення одного об’єкта або явища. Він ґрунтується на комплексному аналізі різноманітних джерел інформації, таких як:

- Архівні матеріали : креслення, проекти, технічні паспорти, протоколи, листи.
- Результати геодезичних зйомок: координати точок, розміри, форма.
- Фотографії та сканування: для створення 3D-моделі.
- Літературні джерела: наукові праці, монографії, статті.
- Опитування очевидців: спогади, інтерв’ю.

Розрахунковий метод дослідження ґрунтується на використанні математичних моделей для вивчення об’єктів та явищ. Він використовується в різних галузях науки та техніки.

Порівняльний метод дослідження ґрунтується на порівнянні двох або більше об’єктів або явищ з метою виявлення їх схожості та відмінностей.

Практична цінність

Полягає в підвищенні якості освіти, оптимізації дослідницької діяльності, зниженні витрат та оперативності отримання актуальних даних. Використання БПЛА дозволяє студентам здобувати практичні навички роботи

з сучасними технологіями, підвищує ефективність досліджень і робить геодезичні роботи більш економічно вигідними та безпечними.

Структура і обсяг роботи

Дипломна бакалаврська робота складається зі вступу, 3 розділів та 9 підрозділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Розділ 1. Поняття цифрових моделей та способів їх отримання

1.1 Види цифрових моделей та їх характеристика

"Наукові засади хмари точок за допомогою програмного засобу Civil 3D на прикладі навчального корпусу 6 НУБіП України" опис видів цифрових моделей та їх характеристики стане важливою основою для розуміння та застосування технології хмари точок. Ось деякі з ключових видів цифрових моделей, які вам слід розглянути:

Цифрова модель рельєфу (ЦМР)

ЦМР - це математичне представлення земної поверхні у вигляді сукупності точок з їхніми координатами та висотами. Ці моделі зазвичай створюються за допомогою фотограмметрії, лідарного сканування або інших геодезичних методів. ЦМР використовуються в різних галузях, таких як картографія, планування, інженерія та гідрологія.



Рисунок 1.1 Змодельована цифрова модель рельєфу

ЦММ - це більш детальна модель, яка включає не лише рельєф, але й інші об'єкти на земній поверхні, такі як будівлі, дороги, дерева та інші штучні та природні об'єкти. ЦММ зазвичай створюються за допомогою

фотограмметрії, лідарного сканування або інших методів дистанційного зондування. ЦММ використовуються в різних галузях, таких як планування міст, архітектура, ландшафтний дизайн та управління ресурсами.

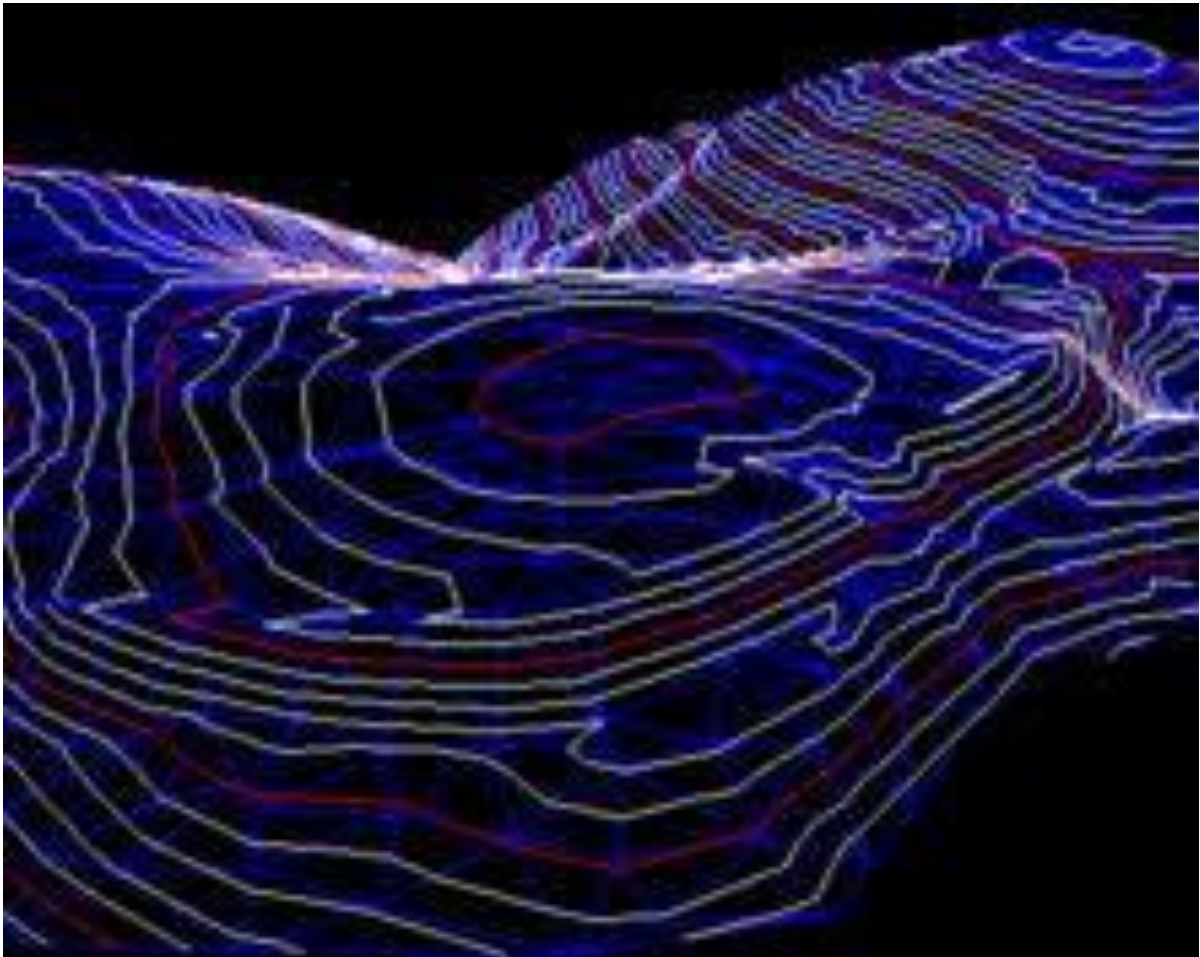


Рисунок 1.2 Цифрова модель рельєфу у горизонталях

3. Цифрова модель тривимірних об'єктів (ЦМТО)

ЦМТО - це математичне представлення тривимірних об'єктів, таких як будівлі, мости, машини та інші штучні об'єкти.[1] ЦМТО зазвичай створюються за допомогою 3D-сканування, фотограмметрії або комп'ютерного моделювання. ЦМТО використовуються в різних галузях, таких як архітектура, інженерія, проектування продуктів та віртуальна реальність.[1]

Цифрові моделі поверхонь (ЦМП):ЦМП представляють собою поверхню будь-якого об'єкта, наприклад, будівлі, моста або скульптури. Вони використовуються для архітектурного проектування, реставрації та інших цілей.

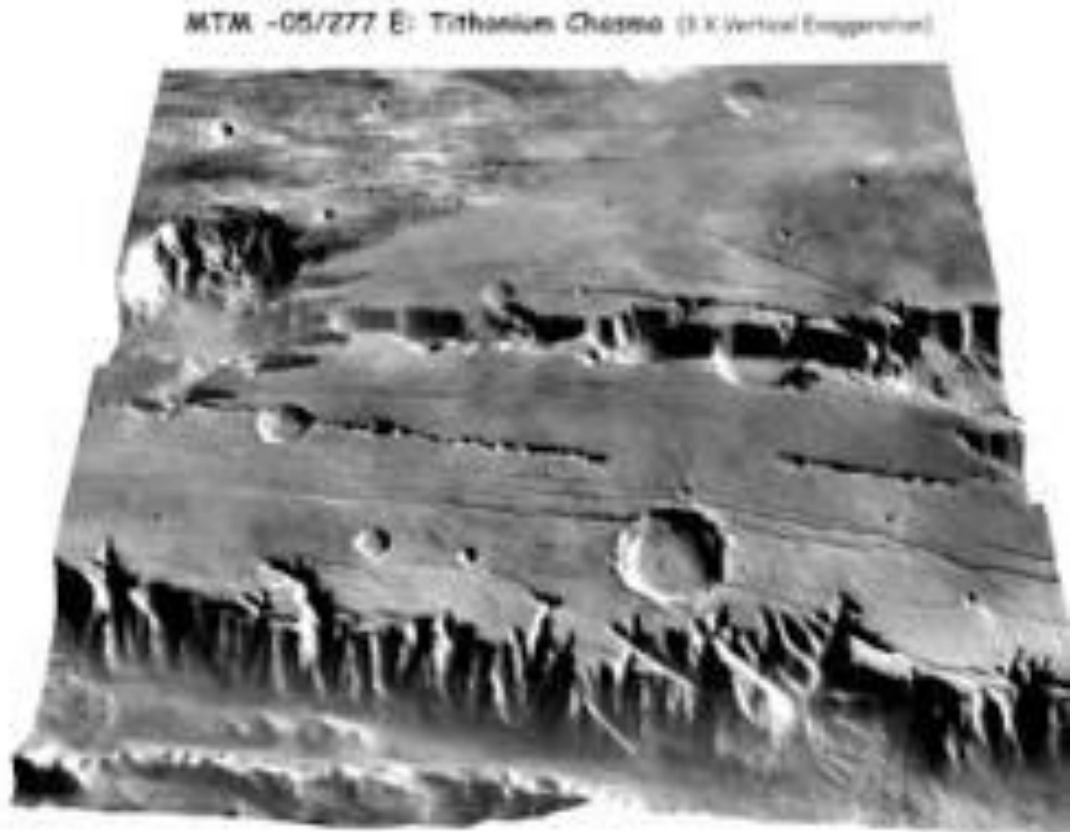


Рисунок 1.3 Цифрова модель рельєфу що зображує об'єм глибини ґрунту

Цифрові моделі об'ємів (ЦМО): ЦМО представляють собою об'ємні об'єкти, такі як будівлі, резервуари або шахти. Вони використовуються для розрахунку об'ємів, будівельного проектування та інших цілей. [2]

Хмара точок - це дискретне представлення тривимірного простору у вигляді безлічі точок з їхніми координатами. Ці точки зазвичай отримуються за допомогою лідарного сканування або фотограмметрії. [2] Хмари точок використовуються в різних галузях, таких як архітектура, інженерія, реконструкція та віртуальна реальність.

Важливо зазначити, що:

Різні види цифрових моделей можуть використовуватися разом або окремо, залежно від поставленого завдання. [3] Вибір моделі залежить від таких факторів, як точність, деталізація, доступність даних та необхідні обчислювальні ресурси. [4]

Переваги та недоліки використання хмари точок для створення цифрових моделей навчального корпусу 6 НУБіП України

Переваги:

Висока точність: Хмара точок може забезпечити дуже точну модель будівлі, включаючи дрібні деталі, такі як фасадна ліпнина, вікна та двері.

Деталізація: Хмара точок може захопити всі аспекти будівлі, як зовнішні, так і внутрішні, включаючи інтер'єри, меблі та обладнання.

Швидкість збору даних: Лідарне сканування, яке використовується для створення хмари точок, може бути виконано швидко та економно, з мінімальним порушенням роботи будівлі.

Гнучкість: Хмару точок можна використовувати для створення різних видів цифрових моделей, таких як ЦММ, ЦМТО та 3D-візуалізації.

Збереження: Хмара точок є постійним записом стану будівлі на момент сканування, що може бути цінним для історичних записів та майбутніх реставраційних робіт.

Недоліки:

Великий обсяг даних: Хмари точок можуть генерувати великі обсяги даних, що потребують значних обчислювальних ресурсів для зберігання та обробки.

Складність обробки: Обробка хмари точок може бути складною, потребуючи спеціальних навичок та програмного забезпечення.

Вплив освітлення: Якість хмари точок може бути залежна від умов освітлення під час сканування.[6]

Відсутність інформації про колір: Хмара точок не містить інформації про колір, тому для створення кольорових 3D-моделей потрібні додаткові дані.

Використання хмари точок для вирішення конкретних завдань:

Планування реконструкції: Хмара точок може бути використана для створення точної цифрової моделі будівлі, яка може бути використана для планування реконструкції або ремонту.

Архітектурне проектування: Хмара точок може бути використана для створення 3D-моделей будівлі, які можуть бути використані архітекторами для розробки нових дизайнів або модифікацій.

Контроль будівництва: Хмара точок може бути використана для порівняння фактичного стану будівництва з проектною моделлю, щоб відстежувати хід будівництва та виявляти будь-які розбіжності.

Управління майном: Хмара точок може бути використана для створення інвентаризації всіх елементів будівлі, таких як вікна, двері, меблі та обладнання, що може бути корисно для управління майном та планування технічного обслуговування.

Віртуальна реальність: Хмара точок може бути використана для створення віртуальних турів по будівлі, що може бути корисно для маркетингу, освіти та навчання.

Цифрові моделі (ЦМ) використовуються в багатьох галузях.

Інженерія та будівництво: проектування, моделювання, аналіз та оптимізація конструкцій, візуалізація проектів, контроль за будівництвом. Геодезія та картографія: створення топографічних карт, планування земельних ділянок, моніторинг змін ландшафту. Геологія та геоінформатика: дослідження природних ресурсів, оцінка ризиків, моделювання геологічних процесів. Екологія та управління навколишнім середовищем: аналіз забруднення, моделювання поширення шкідливих речовин, планування природоохоронних заходів. Сільське господарство: планування посівів, моніторинг стану ґрунту та врожаю, управління водними ресурсами. Транспорт та логістика: планування маршрутів, оптимізація транспортних потоків, моделювання транспортних систем. Міське планування та управління: планування забудови, аналіз транспортних потоків, моделювання соціальних та економічних процесів. Археологія та історичні дослідження: реконструкція стародавніх пам'яток, дослідження історичних процесів. Наука та освіта: візуалізація наукових даних, моделювання природних явищ, створення навчальних матеріалів.

1.2 Сфера застосування цифрових моделей

Цифрові моделі навчального корпусу 6 НУБіП України, створені за допомогою хмари точок, можуть мати широкий спектр застосування в різних сферах:[13]

Навчання та освіта:

Віртуальні тури: Створення віртуальних турів по корпусу може дозволити студентам та відвідувачам досліджувати будівлю на відстані, не виходячи з дому. Це може бути корисно для людей з обмеженими можливостями або для тих, хто не може фізично відвідати корпус.

3D-моделювання: 3D-моделі корпусу можуть бути використані для створення інтерактивних навчальних матеріалів, таких як віртуальні лабораторії або симуляції. Це може допомогти студентам краще зрозуміти складні концепції та навички.

Архітектурне проектування: 3D-моделі корпусу можуть бути використані для створення нових дизайнів або модифікацій будівлі. Це може допомогти архітекторам та інженерам краще візуалізувати свої ідеї та перевірити їх на працездатність.[9]

Управління майном та експлуатація:

Інвентаризація: Хмара точок може бути використана для створення інвентаризації всіх елементів будівлі, таких як вікна, двері, меблі та обладнання. Це може допомогти у веденні обліку майна та плануванні технічного обслуговування.

Планування ремонту: 3D-моделі корпусу можуть бути використані для планування ремонту або реконструкції будівлі. Це може допомогти підрядникам краще оцінити обсяг робіт та скласти кошторис.

Енергоефективність: 3D-моделі корпусу можуть бути використані для аналізу енергоефективності будівлі та виявлення потенційних проблем з теплоізоляцією або системами опалення та вентиляції.[19]

Дослідження та розробка:

Історичні записи: Хмара точок може бути використана для документування поточного стану корпусу для історичних записів. Це може бути цінним для майбутніх дослідників або реставраторів.

Археологічні дослідження: Хмара точок може бути використана для виявлення та дослідження прихованих археологічних пам'яток на території корпусу.

Аналіз структурних проблем: 3D-моделі корпусу можуть бути використані для аналізу структурних проблем будівлі, таких як тріщини в стінах або прогини фундаменту.

Маркетинг та комунікації:

Віртуальні тури: Створення віртуальних турів по корпусу може допомогти залучити нових студентів, відвідувачів та партнерів.

3D-візуалізація: 3D-візуалізація корпусу можуть бути використані для створення рекламних матеріалів або презентацій.

Соціальні мережі: Віртуальні тури та 3D-візуалізація корпусу можуть бути використані для просування НУБіП України в соціальних мережах.

Важливо зазначити, що:

Сфера застосування цифрових моделей залежить від мети їх створення та доступних ресурсів.

Цифрові моделі можуть бути використані як самостійно, так і в поєднанні з іншими даними, такими як фотографії, креслення та геодезичні дані.

Використання цифрових моделей може допомогти в прийнятті кращих рішень щодо управління, експлуатації та розвитку навчального корпусу б НУБіП України.

**Сфери застосування цифрових моделей навчального корпусу 6
НУБіП України**

Сфера застосування	Тип ЦМ	Приклад
Планування та реконструкція	ЦМП, ЦММ	Створення 3D-моделі корпусу, визначення проблем з будівлею, планування розміщення обладнання
Експлуатація та обслуговування	ЦМП, ЦММ	Моніторинг стану будівлі, планування технічного обслуговування, управління енергоспоживанням
Навчання та дослідження	ЦМП, ЦММ	Створення віртуальних турів, розробка інтерактивних навчальних матеріалів, проведення досліджень

1.3 Характеристика способів створення цифрових моделей

Цифрові моделі (ЦМ) - це комп'ютерні представлення реальних об'єктів та місцевості. Їх можна створювати за допомогою різних методів, кожен з яких має свої характеристики та переваги.

Лазерне сканування:

- **Опис:** Цей метод використовує лазерний промінь для вимірювання відстаней до об'єктів. Дані лазерного сканування використовуються для створення хмари точок, яка потім може бути оброблена для створення цифрової моделі.
- **Переваги:** висока точність, можливість отримувати дані про складні об'єкти, відносно швидкий процес збору даних.
- **Недоліки:** висока вартість обладнання, неможливість отримувати дані про об'єкти, закриті іншими об'єктами.

Фотограмметрія:

- **Опис:** Цей метод використовує фотографії для створення тривимірних моделей. Фотографії обробляються комп'ютером для визначення розташування точок в просторі.

- **Переваги:** порівняно недорогий метод, можливість використовувати існуючі фотографії, можливість отримувати дані про об'єкти з різних ракурсів.

- **Недоліки:** менша точність, ніж у лазерного сканування, складність обробки даних для складних об'єктів.

Стереофотозйомка:

- **Опис:** Цей метод використовує дві фотографії одного об'єкта, зроблені з різних точок зору. Фотографії обробляються комп'ютером для визначення глибини об'єкта.

- **Переваги:** порівняно недорогий метод, можливість використовувати існуючі фотографії.

- **Недоліки:** менша точність, ніж у лазерного сканування, складність обробки даних для складних об'єктів, необхідність мати дві фотографії одного об'єкта з різних точок зору.

Інтерферометрія:

- **Опис:** Цей метод використовує радіохвилі для вимірювання відстаней до об'єктів. Дані інтерферометрії використовуються для створення цифрової моделі рельєфу.

- **Переваги:** висока точність, можливість отримувати дані про великі території.

- **Недоліки:** висока вартість обладнання, складність обробки даних.

Аерофотозйомка:

- **Опис:** Цей метод використовує аерофотозйомку для створення цифрових моделей. Аерофотознімки обробляються комп'ютером для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу.

- Переваги: можливість отримувати дані про великі території порівняно недорогий метод.
- Недоліки: менша точність, ніж у лазерного сканування, складність обробки даних для складних об'єктів.

Лідар:

- Опис: Цей метод використовує лазерний промінь для вимірювання відстаней до об'єктів та їх висоти. Дані лідара використовуються для створення цифрових моделей рельєфу та цифрових моделей місцевості.
- Переваги: висока точність, можливість отримувати дані про складні об'єкти, можливість отримувати дані про об'єкти, закриті іншими об'єктами.
- Недоліки: висока вартість обладнання, складність обробки даних.

Вибір способу створення цифрової моделі залежить від конкретної задачі, для якої вона буде використовуватися. Важливо враховувати такі фактори, як точність, вартість, час збору даних та складність обробки даних.

Висновки до першого розділу

Цифрові моделі (ЦМ) широко використовуються в різних галузях, таких як геодезія, картографія, інженерія, планування та управління ресурсами. Вони являють собою комп'ютерне представлення реальних об'єктів або процесів, що складається з даних, організованих у певній структурі. Існує багато різних видів ЦМ, кожен з яких має свої характеристики та призначення. Ось деякі з найпоширеніших:

Растрові ЦМ представляють об'єкт як сітку пікселів, де кожен піксель має значення, що відповідає певній характеристиці об'єкта (наприклад, висота, колір, тип земного покриття). Переваги - прості у створенні та візуалізації, компактні за розміром. Недоліки - низька точність при великих масштабах, складність аналізу складних форм.

Векторні ЦМ представляють об'єкти як геометричні примітиви (точки, лінії, полігони), кожен з яких має атрибути, що описують його характеристики. Переваги - висока точність, добре підходять для аналізу складних форм, можливість редагування та оновлення. Недоліки - складніші у створенні та візуалізації, потребують більше пам'яті.

Тривимірні ЦМ представляють об'єкти в трьох вимірах, використовуючи різні методи, такі як сітки точок, полігональні моделі або об'ємні пікселі. Переваги - реалістичне представлення об'єктів, можливість моделювання складних просторових взаємозв'язків. Недоліки - складні у створенні та візуалізації, потребують значних обчислювальних ресурсів.

Тимчасові ЦМ представляють зміни об'єктів або процесів у часі. Переваги - можливість відстежувати динаміку змін, аналізувати тенденції та прогнозувати майбутні стани. Недоліки - складні у створенні та аналізі, потребують великих обсягів даних.

Існує багато способів створення цифрових моделей (ЦМ), кожен з яких має свої переваги та недоліки.

Фотограмметрія: Створення 3D-моделі з фотографій. Переваги: простий, недорогий, не потребує спеціального обладнання. Недоліки: низька точність при складних формах, залежність від якості фотографій.

3D-сканування: Створення 3D-моделі за допомогою контактного сканування. Переваги: висока точність, можливість сканування дрібних деталей. Недоліки: повільний, дорогий, потребує спеціального обладнання.

Інтерполяція: Створення 3D-моделі на основі наявних даних (наприклад, точок висоти). Переваги: простий, недорогий. Недоліки: низька точність при відсутності достатньої кількості даних.

Моделювання: Створення 3D-моделі вручну. Переваги: висока точність, можливість створення складних форм. Недоліки: трудомісткий, потребує спеціальних навичок.

Розділ 2. Формування хмари точок та її класифікація

2.1 Поняття “Хмари точок” та їх види.

Хмара точок - це дискретне представлення тривимірного простору у вигляді безлічі точок з їхніми координатами. Ці точки зазвичай отримуються за допомогою лідарного сканування або фотограмметрії. Хмара точок не має зв'язків між точками, на відміну від сіток або полігонів. Це просто набір точок, які представляють поверхню об'єкта або сцену.

Переваги використання хмари точок:

- Висока точність: Хмара точок може забезпечити дуже точну модель об'єкта, включаючи дрібні деталі.
- Деталізація: Хмара точок може захопити всі аспекти об'єкта, як зовнішні, так і внутрішні, включаючи інтер'єри, меблі та обладнання.
- Швидкість збору даних: Лідарне сканування, яке використовується для створення хмари точок, може бути виконано швидко та економно, з мінімальним порушенням роботи об'єкта.
- Гнучкість: Хмару точок можна використовувати для створення різних видів цифрових моделей, таких як ЦММ, ЦМТО та 3D-візуалізації.
- Збереження: Хмара точок є постійним записом стану об'єкта на момент сканування, що може бути цінним для історичних записів та майбутніх реставраційних робіт. [30]

Недоліки використання хмари точок:

- Великий обсяг даних: Хмари точок можуть генерувати великі обсяги даних, що потребують значних обчислювальних ресурсів для зберігання та обробки.
- Складність обробки: Обробка хмари точок може бути складною, потребуючи спеціальних навичок та програмного забезпечення.
- Вплив освітлення: Якість хмари точок може бути залежна від умов освітлення під час сканування.

- Відсутність інформації про колір: Хмара точок не містить інформації про колір, тому для створення кольорових 3D-моделей потрібні додаткові дані.

Види хмари точок:

- Неорганізована хмара точок: Цей тип хмари точок не має зв'язків або структури між точками. Точки просто розташовуються в просторі відповідно до їхніх координат.
- Організована хмара точок: Цей тип хмари точок має деяку структуру або зв'язки між точками. Наприклад, точки можуть бути організовані в сітку або граф.
- Класифікована хмара точок: Цей тип хмари точок має додаткові дані, пов'язані з кожною точкою, такі як тип об'єкта, до якого вона належить, або колір. [26]
- Семантично збагачена хмара точок: Цей тип хмари точок має ще більше даних, пов'язаних з кожною точкою, таких як функціональне призначення об'єкта або його матеріал.

2.2 Способи формування хмар точок різними методами

Лідарне сканування - це метод дистанційного зондування, який використовує імпульси лазера для вимірювання відстані до об'єкта. Ці вимірювання потім використовуються для створення хмари точок, яка представляє поверхню об'єкта.

Переваги лідарного сканування:

- Висока точність
- Швидкість збору даних
- Можливість сканування в умовах поганої видимості
- Здатність проникати крізь листя та інші перешкоди

Недоліки лідарного сканування:

- Дороге обладнання
- Може бути чутливим до вібрацій
- Не може сканувати прозорі об'єкти

Фотограмметрія - це метод тривимірного моделювання, який використовує фотографії для визначення розташування та форми об'єктів. Для створення хмари точок за допомогою фотограмметрії зазвичай використовується кілька фотографій одного об'єкта, знятих з різних ракурсів. Потім програмне забезпечення для фотограмметрії використовує ці фотографії для обчислення координат точок у хмарі точок.

Переваги фотограмметрії:

- Недорогий метод
- Може використовуватися з недорогим обладнанням
- Може сканувати прозорі об'єкти

Недоліки фотограмметрії:

- Нижча точність, ніж у лідарного сканування
- Повільніша швидкість збору даних
- Потребує хороших умов освітлення
- Може бути чутлива до помилок у фотографіях

3D-сканування - це метод захоплення форми об'єкта за допомогою спеціального обладнання. Існує багато різних типів 3D-сканерів, але всі вони працюють за одним принципом: вони вимірюють відстань до об'єкта з різних точок і використовують ці вимірювання для створення 3D-моделі. [24]

Переваги 3D-сканування:

- Висока точність
- Швидкість збору даних
- Можливість сканування прозорих об'єктів
- Здатність захопити дрібні деталі

Недоліки 3D-сканування:

- Дороге обладнання
- Може бути чутливим до вібрацій
- Не може сканувати великі об'єкти

Вибір методу формування хмари точок залежить від таких факторів, як:

Поставлене завдання:

Якщо потрібна точна модель об'єкта, то лідарне сканування або 3D-сканування є кращим вибором. Якщо потрібна модель великої території, то фотограмметрія може бути кращим вибором.

Доступні ресурси:

Якщо бюджет обмежений, то фотограмметрія може бути кращим вибором. Якщо є доступ до спеціального обладнання, то лідарне сканування або 3D-сканування можуть бути кращим вибором.

Часові рамки:

Якщо модель потрібна терміново, то фотограмметрія може бути кращим вибором. Якщо є час для збору даних, то лідарне сканування або 3D-сканування можуть бути кращим вибором.

2.3 Класифікація хмари точок для створення цифрових моделей

Класифікація хмари точок - це процес поділу точок хмари на категорії або класи. Це важливий крок у створенні цифрових моделей, оскільки він дозволяє чітко розрізнити різні об'єкти та структури в сцені. Існує багато різних методів класифікації хмари точок, але їх можна поділити на дві основні категорії:

Автоматичні методи:

Ці методи використовують алгоритми для автоматичного класифікації точок хмари без втручання людини.

Деякі поширені автоматичні методи включають:

Класифікація за ознаками: Цей метод класифікує точки на основі їхніх властивостей, таких як колір, інтенсивність, форма та розташування.

Класифікація з навчанням під підкріпленням: Цей метод використовує штучний інтелект для вивчення того, як класифікувати точки хмари на основі прикладів.

Класифікація на основі сегментації: Цей метод розбиває хмару точок на сегменти, які потім класифікуються вручну або автоматично.

Інтерактивні методи:

Ці методи потребують втручання людини для класифікації точок хмари.

Деякі поширені інтерактивні методи включають:

Класифікація за допомогою маркування: Цей метод полягає в тому, що користувач вручну позначає точки хмари, які належать до певного класу.

Класифікація за допомогою віртуальної реальності: Цей метод використовує віртуальну реальність для створення більш захоплюючого та інтерактивного середовища для класифікації хмари точок.

Покращення точності цифрових моделей: Класифікація хмари точок може допомогти створити більш точні та детальні цифрові моделі, оскільки вона дозволяє чітко розрізнити різні об'єкти та структури.

Зменшення шуму: Класифікація хмари точок може допомогти зменшити шум даних, видаляючи точки, які не належать до об'єктів, які цікавлять.

Полегшення аналізу даних: Класифікована хмара точок легше аналізувати, оскільки точки згруповані за категоріями.

Автоматизація завдань: Класифіковану хмару точок можна використовувати для автоматизації завдань, таких як визначення об'єктів, вимірювання відстаней та обчислення об'ємів.

Складність: Класифікація хмари точок може бути складним завданням, особливо для великих і складних хмар точок.

Потреба в експертних знаннях: Деякі методи класифікації хмари точок потребують експертних знань у галузі комп'ютерного бачення або обробки зображень.

Можливість помилок: Класифікація хмари точок може бути схильна до помилок, особливо якщо використовуються автоматичні методи.

Вибір методу класифікації хмари точок залежить від таких факторів, як:

Поставлене завдання:

Якщо потрібна точна та детальна класифікація, то інтерактивний метод може бути кращим вибором. Якщо потрібна швидка та автоматизована класифікація, то автоматичний метод може бути кращим вибором.

Доступні ресурси:

Якщо бюджет обмежений, то автоматичний метод може бути кращим вибором.

Якщо є доступ до експертів у галузі комп'ютерного бачення або обробки зображень, то інтерактивний метод може бути кращим вибором.[27]

Якість хмари точок:

Якщо хмара точок має високу якість, то автоматичний метод може бути достатньо точним.

Якщо хмара точок має низьку якість, то інтерактивний метод може бути необхідним для забезпечення точності класифікації.

Висновки до другого розділу

Хмара точок може стати потужним інструментом для створення цифрових моделей навчального корпусу 6 НУБіП України, надаючи ряд переваг, таких як висока точність, деталізація, швидкість збору даних, гнучкість та збереження інформації.

Переваги використання хмари точок:

Висока точність: Хмара точок може точно відображати геометрію об'єктів, фіксуючи навіть найдрібніші деталі, що робить її цінним інструментом для створення реалістичних та інформативних цифрових моделей.

Деталізація: Хмара точок може генерувати детальні моделі, які охоплюють не лише зовнішню поверхню об'єкта, але й його внутрішню структуру, що може бути корисним для інженерних та архітектурних проєктів.

Швидкість збору даних: Завдяки сучасним технологіям сканування, процес збору даних для хмари точок може бути виконаний швидко та економно, що робить його практичним для роботи з великими об'єктами або складними сценами.

Гнучкість: Хмара точок може використовуватися для створення різних видів цифрових моделей, таких як ЦММ, ЦМТО та 3D-візуалізації, що робить її універсальним інструментом для різних завдань.

Збереження: Хмара точок є постійним записом стану об'єкта на момент сканування, що може бути цінним для історичних записів, архівів та майбутніх реставраційних робіт.

Недоліки використання хмари точок:

Великий обсяг даних: Хмара точок може генерувати великі обсяги даних, що потребує значних обчислювальних ресурсів для зберігання та обробки.[18]

Складність обробки: Обробка хмари точок може бути складною, потребуючи спеціальних навичок та програмного забезпечення.

Вплив освітлення: Якість хмари точок може бути залежна від умов освітлення під час сканування, що може призвести до неточностей або втрати інформації в деяких зонах.

Відсутність інформації про колір: Хмара точок не містить інформації про колір, тому для створення кольорових 3D-моделей потрібні додаткові дані або методи обробки.

Способи формування хмари точок:

Лідарне сканування: Цей метод використовує імпульси лазера для вимірювання відстані до об'єкта, генеруючи точну та детальну хмару точок, але може бути дорогим та чутливим до вібрацій.

Фотограмметрія: Цей метод використовує фотографії, зняті з різних ракурсів, для створення 3D-моделі, роблячи його доступним та гнучким, але може бути менш точним, ніж лідарне сканування, і потребує хороших умов освітлення.

3D-сканування: Цей метод використовує спеціальне обладнання для захоплення форми об'єкта, забезпечуючи високу точність та швидкість збору даних, але може бути дорогим та не підходить для сканування великих об'єктів.

Комбіновані методи: Поєднання різних методів може допомогти подолати їхні обмеження та створити оптимальну хмару точок, але потребує ретельного планування та координації.

Методи класифікації хмари точок:

Автоматичні методи: Ці методи використовують алгоритми для автоматичного розподілу точок хмари на категорії, економлячи час та зусилля, але можуть бути схильні до помилок, особливо для складних сцен.

Інтерактивні методи: Ці методи потребують втручання людини для класифікації точок хмари, забезпечуючи кращу точність та контроль, але можуть бути трудомісткими та потребувати експертних знань.

Розділ 3. Обробка хмари точок за допомогою програмного засобу CIVIL3D на прикладі території навчального корпусу 6 НУБіП України

3.1 Формування хмари точок фотограметричним способом

У цьому розділі буде описано процес формування хмари точок фотограметричним способом на прикладі території навчального корпусу 6 НУБіП України, використовуючи програмне забезпечення CIVIL3D.

Необхідні ресурси:

Фотографії: Для фотограметричного формування хмари точок потрібна серія фотографій, які охоплюють територію з різних ракурсів. Фотографії повинні бути високої якості, з достатнім перекриттям між кадрами. [16]

Програмне забезпечення: Для обробки фотографій та створення хмари точок буде використовуватися програмне забезпечення CIVIL3D.

Комп'ютер: Для обробки фотографій та створення хмари точок потрібен комп'ютер з достатньою потужністю та пам'яттю.

1. Підготовка фотографій:

Переконайтеся, що всі фотографії зроблені в одному форматі (.jpg, .png тощо). Переконайтеся, що всі фотографії мають високу якість та достатнє перекриття між кадрами. За необхідності відредагуйте фотографії, щоб видалити небажані об'єкти або спотворення. [5]

2. Імпорт фотографій у CIVIL3D:

Запустіть CIVIL3D та створіть новий проект.

Перейдіть на вкладку "Фотограмметрія".

Натисніть кнопку "Імпорт фотографій".

Виберіть папку з фотографіями та імпортуйте їх у проект.

3. Створення проекту фотограмметрії:

Натисніть кнопку "Створити проект".

Виберіть тип проекту "Хмара точок".

Вкажіть назву проекту та розташування файлу хмари точок.

Натисніть кнопку "ОК".

Обробка фотографій:

CIVIL3D автоматично обробить імпортовані фотографії та виявить ключові точки.

Ви можете вручну вибрати ключові точки, якщо це необхідно.

CIVIL3D також автоматично виконає калібрування камер.

Ви можете перевірити результати калібрування та внести необхідні правки.

Створення хмари точок:

Натисніть кнопку "Створити хмару точок".

CIVIL3D створить хмару точок на основі оброблених фотографій.

Ви можете переглянути хмару точок у 3D-вигляді.

Збереження хмари точок:

Натисніть кнопку "Зберегти хмару точок".

Виберіть формат файлу хмари точок (.pts, .las тощо).

Вкажіть розташування файлу хмари точок.

Натисніть кнопку "Зберегти".

Після виконання описаних вище кроків буде створено хмару точок, яка представляє 3D-модель території навчального корпусу 6 НУБіП України. Цю хмару точок можна використовувати для подальшої обробки та аналізу в CIVIL3D або інших програмних засобах.

3.2 Функціональний алгоритм класифікації щільної хмари точок та редагування результатів

Civil 3D не має вбудованих функцій для класифікації хмар точок. Проте, ви можете використовувати його для візуалізації та редагування результатів класифікації, отриманих з інших програм. [6]

Завантаження хмари точок:

- Перейдіть на вкладку "3D Points".
- Натисніть кнопку "Import Points".
- Виберіть формат хмари точок (наприклад, LAS, PCD, EPT) та файл.
- Натисніть кнопку "Open".

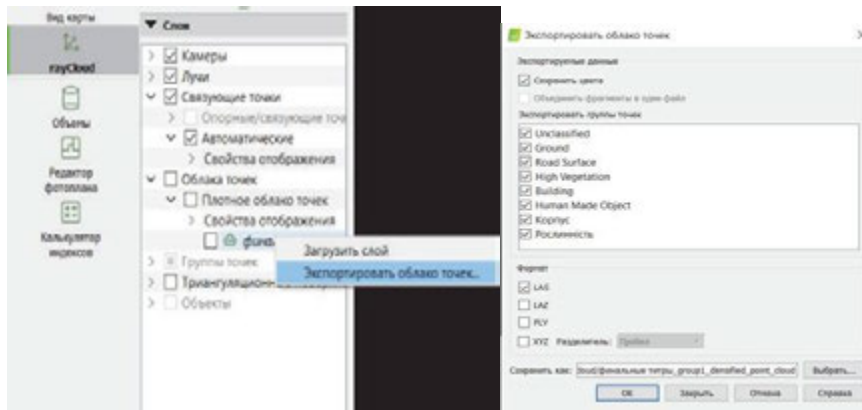


Рис. 3.1 Хмара точок експорту. Pix4D

Візуалізація хмари точок:

Ви можете змінювати колір, прозорість та розмір точок. Ви можете використовувати фільтри для відображення лише певних класів точок. Ви можете використовувати інструменти для навігації та масштабування хмари точок.[22]

Редагування результатів класифікації:

Ви можете вручну редагувати класифікацію точок.

Ви можете об'єднувати або розбивати класи.

Ви можете додавати нові класи.

Збереження результатів:

Ви можете зберегти хмару точок з оновленою класифікацією

Створення ЦМР в програмному засобі AutoCAD Civil3D

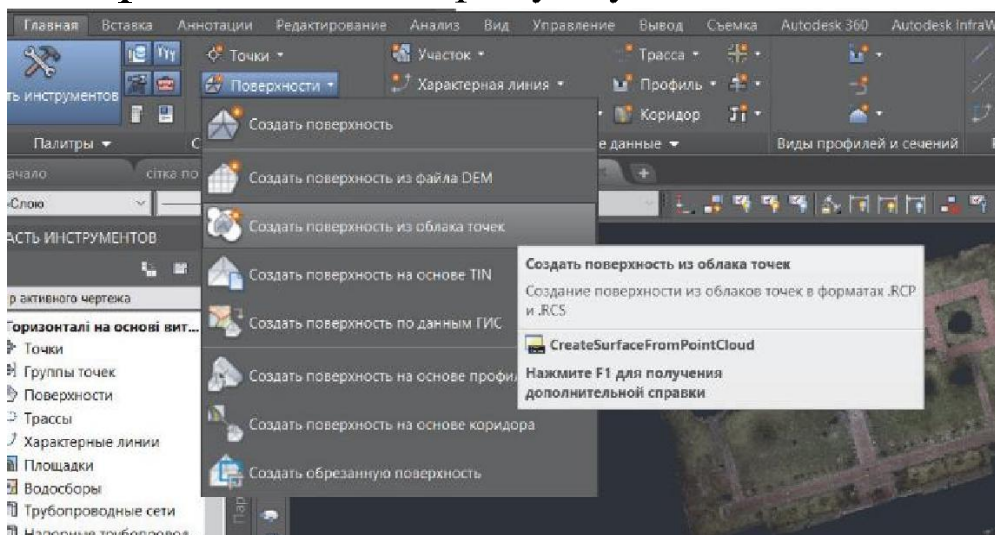


Рис. 3.2 Створення поверхні з хмари точок у програмному забезпеченні Civil 3D

Дані:

Хмара точок навчального корпусу НУБіП України 6.

Топографічна карта з відмітками висот.

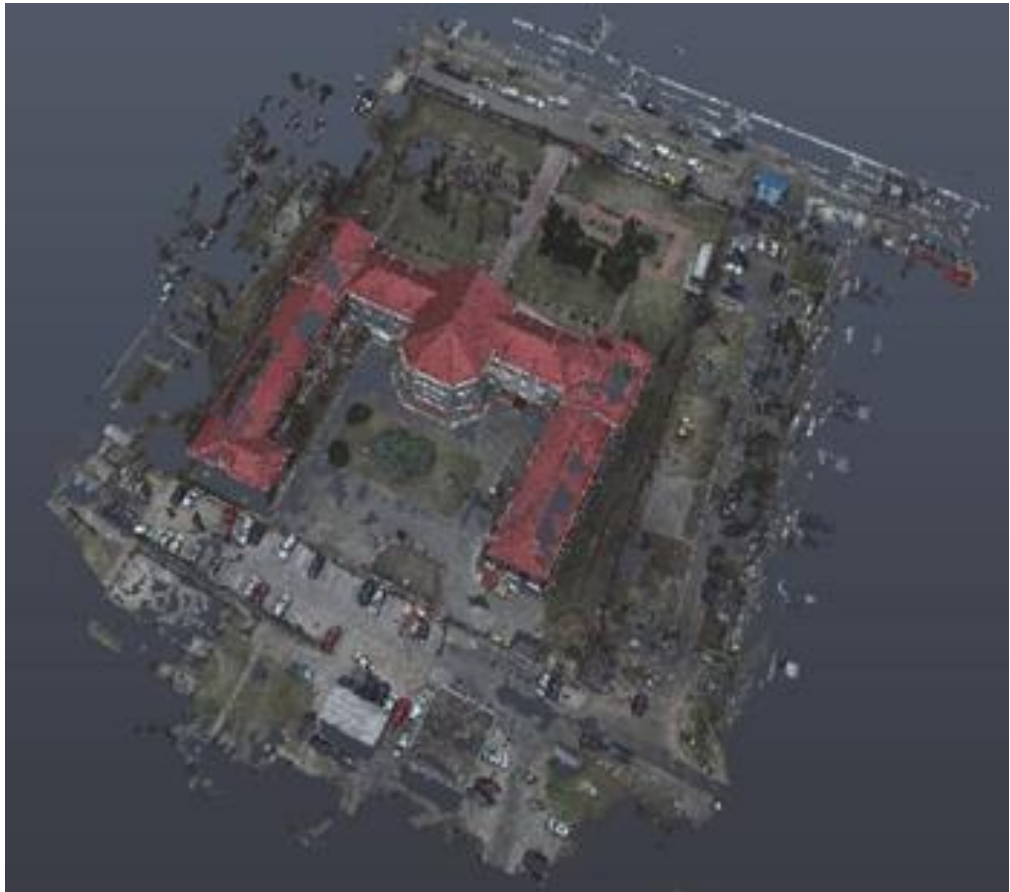


Рис. 3.3 Хмара точок у Autodesk ReCap



Рисунок: 3.4 Створення областей точок у Autodesk ReCap

Кроки:

Імпорт хмари точок:

Перейдіть на вкладку "3D Points".

Натисніть кнопку "Import Points".

Виберіть формат хмари точок (наприклад, LAS, PCD, EPT) та файл.

Натисніть кнопку "Open".

Створення ЦМР:

Перейдіть на вкладку "Surfaces".

Натисніть кнопку "Create Surface".

Виберіть тип поверхні "TIN".

Виберіть хмару точок як джерело даних.

Встановіть параметри TIN (наприклад, розмір сітки, точність).

Натисніть кнопку "Create".

Додавання топографічної карти:

Перейдіть на вкладку "Topography".

Натисніть кнопку "Import Points".

Виберіть формат топографічної карти (наприклад, DWG, DXF).

Натисніть кнопку "Open".

Додайте точки топографічної карти до ЦМР.

Редагування ЦМР:

Ви можете редагувати ЦМР вручну за допомогою інструментів редагування. Ви можете використовувати фільтри для відображення лише певних частин ЦМР. Ви можете використовувати інструменти для навігації та масштабування ЦМР.

Збереження ЦМР:

Ви можете зберегти ЦМР у форматі DWG.

Ви можете експортувати ЦМР у інші формати (наприклад, LAS, TIN).

Важливо:

Точність ЦМР залежить від якості хмари точок та топографічної карти.[11] Вам може знадобитися редагувати ЦМР вручну, щоб виправити помилки. ЦМР можна використовувати для подальшого аналізу, проектування та візуалізації.[25]

3.3 Створення ЦМР в програмному засобі AutoCAD Civil3D

При створенні поверхні в програмному забезпеченні Civil 3D [6] результат обробки аерофотознімки навчального корпусу №6 НУБіП, що є хмарою точок, використовувався як вихідні дані в програмному забезпеченні Pix4D. Варто зазначити, що перед експортуючи в програму Pix4D, необхідно класифікувати точки та окрему групу пунктів, призначених для експорту, який не включає об'єкти, які можуть створювати помилки при побудові контурів (наприклад, кущів, дерев, будинків тощо). Цивільний 3D підтримує цю функціональність і дозволяє вказати бажану групу або групи точок під час імпорту хмари точок із зовнішнього файлу.

Однак Civil 3D безпосередньо не обробляє файли .xyz. Для сумісності тому програмне забезпечення ReCap входить до складу Civil 3D. Запускається безпосередньо з інтерфейсу програми Civil 3D (меню «Вставка» на панелі інструментів). Ця програма надає можливість конвертувати формат вихідних даних у формат сумісний із Civil 3D: .rcp та .rcs. Щоб виконати перетворення формату в ReCap програмне забезпечення, вам потрібно зробити наступне: вибрати «сканувати проект», потім, у меню, що відкриється, виберіть розташування файлу. Наступним кроком буде вибір розширення файлу .xyz - потім «сканування індексу» - «імпорт файлів» - «запуск проекту». В результаті цих дій в хмара точок буде імпортована в Civil 3D. На малюнку видно, що поверхня, побудована програмою, містить помилки. На жаль, уникнути їх майже неможливо, фільтруючи точки на попередньому етапі, особливо якщо на обробленій ділянці багато рослинності.

Таким чином, місцевість буде побудована за допомогою точок COGO, які будуть створені вручну. Це мінімізує помилки. Точки координатної геометрії (COGO) це об'єкти AutoCAD Civil 3D, які можна відображати на кресленні та які можна відображати маніпулювати графічно. Вигляд точок можна налаштувати за допомогою міток точок і точкові стилі. Для створення точок на вкладці «Головна» виберіть опцію «Створити точки».

В меню «Точки», вказавши «По полілінії / горизонталі» як «Поверхня» параметр. Потім програма запропонує ввести додаткові параметри для створеного бали:

- відстань між точками,
- опис точки
- контур, на якому буде нанесена точка.

В описі точок можна віднести ці точки в окремі групи, які зручний для налаштування стилю відображення цієї групи точок, а також при заповненні віртуальна поверхня з даними з поточної групи точок. Щоб створити точки вручну, Civil 3D надає інструмент «створити точки вручну». Коли цей інструмент вибрано, клацання лівою кнопкою миші створить точку на

вибраного місця з уточненням його опису та зазначенням висоти. Очки видаляються за допомогою клавіші delete.

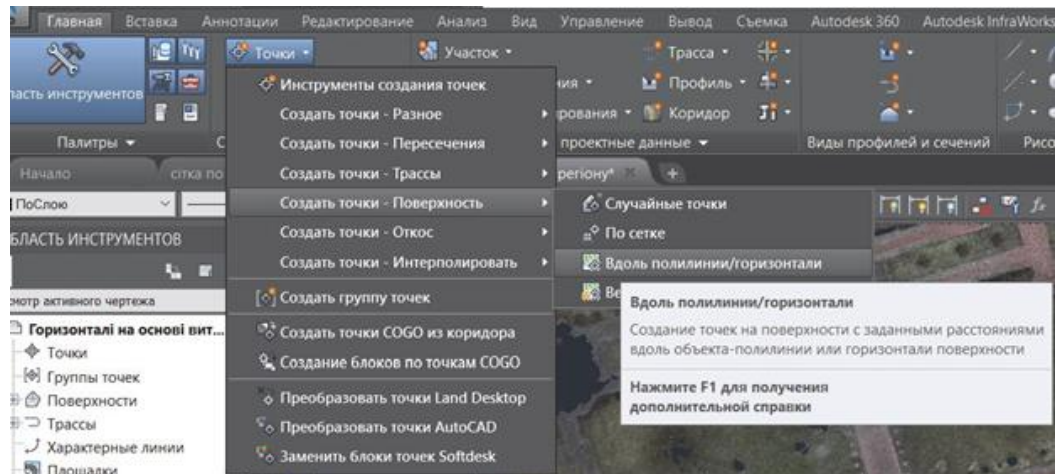


Рис 3.8 Створення точок вздовж горизонталей

Для ефективної роботи пропонується комбінувати команди: автоматично додавати точки для загального горизонтального заповнення, а потім вручну додайте точки там, де вони є необхідний.

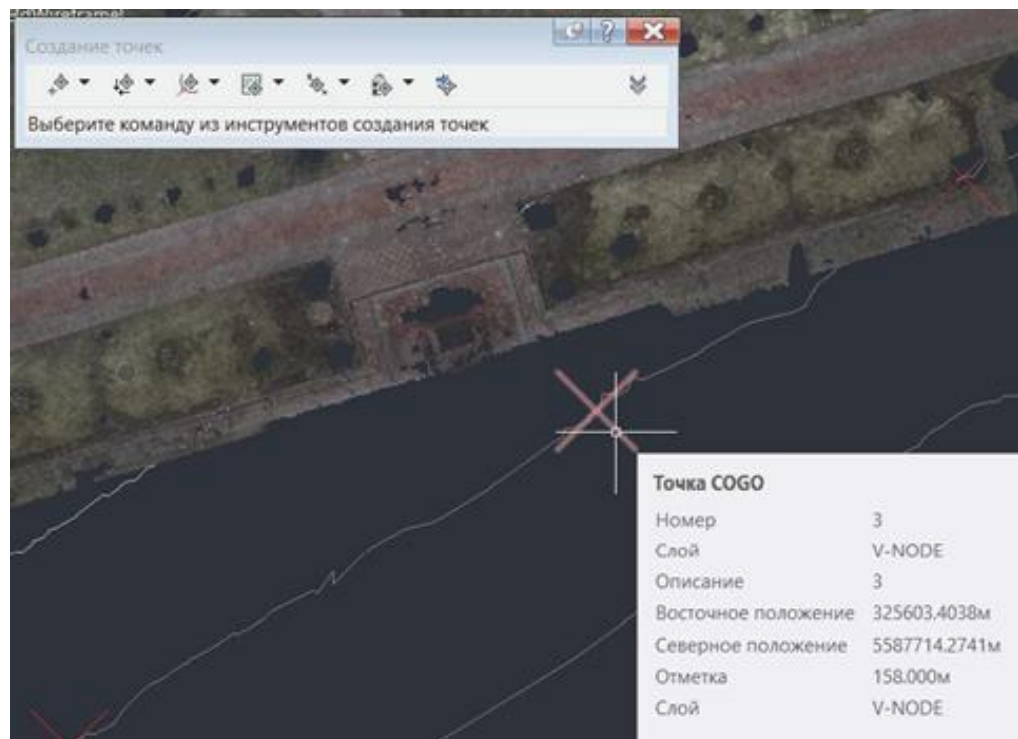


Рис. 3.9 Створення точок

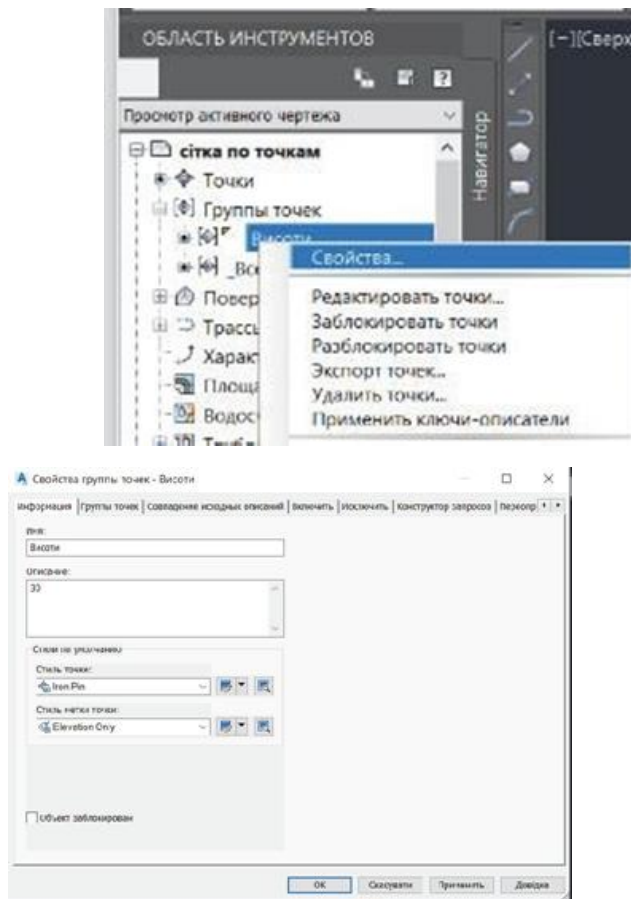


Рис. 3.10 Властивості групи точок

Щоб змінити стиль групи точок на панелі «Навігатор», виберіть потрібну групу точок, попередньо відкривши всі наявні, а потім по натисканню ПКМ викликаємо меню, де вибираємо пункт «Властивості»

Варто зазначити, що для балів, які майже не додаються або видаляються з групи, нові налаштування стилю можуть не застосовуватися. Щоб уникнути такого сценарію в ж меню, викликане натисканням ПКМ, потрібно періодично після кожного додавання або видалення точки з групи скористайтеся опцією «Оновити», щоб зберегти групу точок в актуальному стані. В результаті виконаної роботи необхідно отримати групу пунктів опису поверхня будується точніше, ніж на попередніх етапах.

Для створення остаточної поверхні скористайтеся опцією «Поверхня» на вкладці «Головна».

У меню, що відкриється, необхідно вказати інформацію про поверхню: тип, назву, опис, стиль і матеріал для візуалізації (рис. 11). В результаті цих дій поверхня буде бути створені та відображені в "PathFinder". Зараз лише

віртуально: наступний крок — заповнити його даними. Для цього на вкладці «Навігатор» в меню вибраних поверхні, необхідно додати раніше створену групу точок за допомогою опція «Групи точок» - «Додати» в меню «Визначення». У діалоговому вікні, що відкриється, слід вказати потрібну групу точок. Натиснувши кнопку «ОК», щоб завершити процес заповнення поверхні. У результаті виконаної роботи програма буде намалювати створений рельєф.

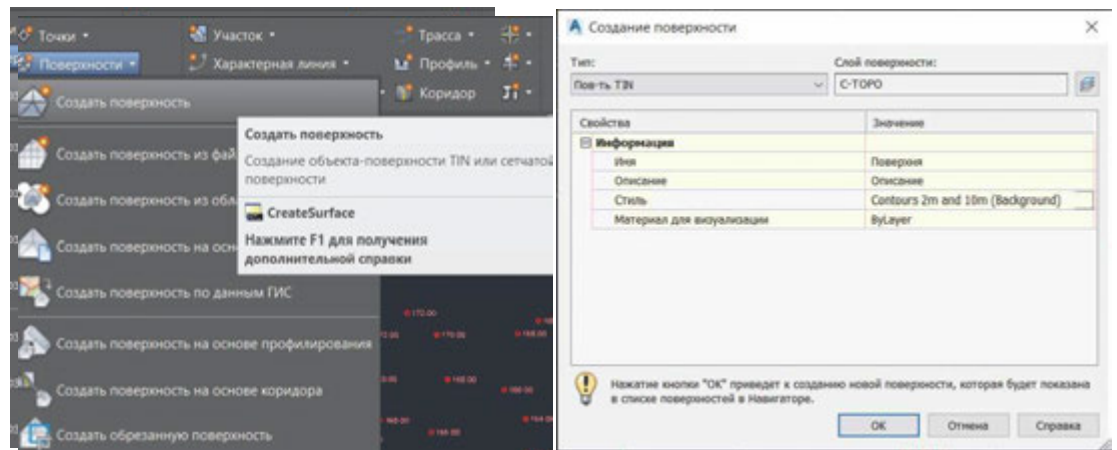


Рис. 3.12 Створення поверхні

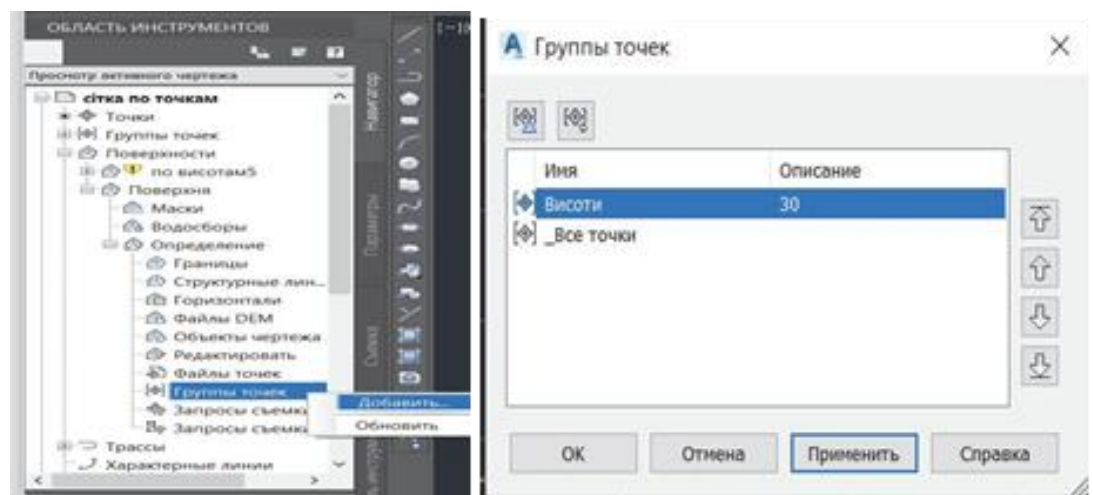


Рис. 3.13 Наповнення поверхні даними

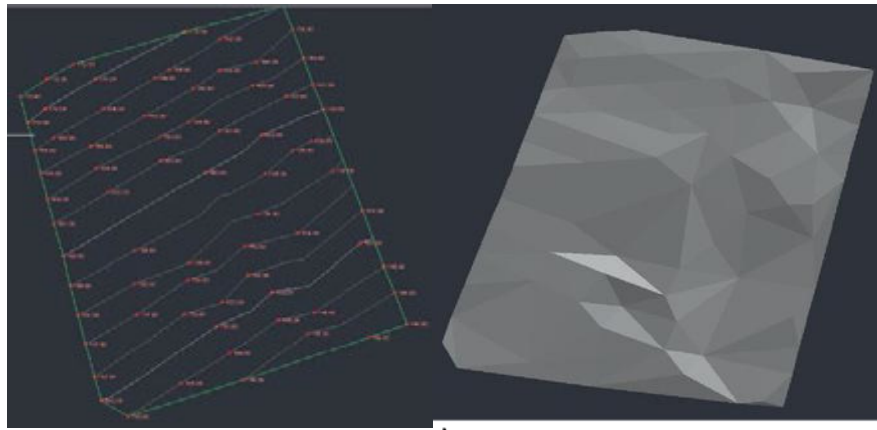


Рис. 3.14 Поверхні COGO на основі точок

Порівнюючи наш рельєф і створений у результаті топографічний план. Тахеометричної зйомки можна помітити різницю в звивистості контурів. Чому взагалі є відмінності, по-перше, це може бути недостатня доступність даних або даних недосконалість, оскільки використана нами хмара точок не була ідеальною та містила прогалини.

По-друге, зйомка тахеометром теж не ідеальна. Під час його реалізації, існують різні фактори впливу та типи помилок, які певною мірою впливають на результати. Тобто завжди є якісь помилки. І, звичайно, найкраще, коли результати доступно кілька типів опитувань, проаналізувавши їх, можна досягти бажаний і більш точний результат.

Висновки до третього розділу

Метод фотограмметрії може бути ефективно використаний для створення 3D-моделі території навчального корпусу 6 НУБіП України.

Для цього необхідно зробити серію фотографій корпусу з різних ракурсів, щоб забезпечити повне охоплення його поверхні. Використовуючи програмне забезпечення для фотограмметрії, з фотографій буде автоматично створена хмара точок, яка представляє собою 3D-модель корпусу. Хмара точок може бути далі оброблена для видалення шуму, вирівнювання та масштабування. На основі хмари точок можна створити 3D-модель корпусу у різних форматах, наприклад, OBJ, STL, PLY.

Переваги використання фотограмметрії:

Простота та доступність: не потребує спеціального обладнання, окрім фотоапарату.

Точність: при правильному плануванні та виконання фотозйомки можна отримати точну 3D-модель.

Деталізація: хмара точок може містити інформацію про найдрібніші деталі корпусу.

Універсальність: 3D-модель, створена на основі хмари точок, може бути використана для різних цілей, наприклад, для візуалізації, аналізу або проектування. Важливо зазначити, що точність 3D-моделі буде залежати від якості фотографій та програмного забезпечення, яке використовується для фотограмметрії. Використання фотограмметрії для створення 3D-моделі території навчального корпусу 6 НУБіП України може бути цінним інструментом для:

Візуалізації та презентації корпусу.

Аналізу архітектурних особливостей корпусу.

Планування та проектування ремонтних та реставраційних робіт.

Створення віртуальних турів по корпусу.

Класифікація щільної хмари точок - це процес автоматичного або ручного визначення категорії, до якої належить кожна точка хмари. Наприклад, при класифікації хмари точок навчального корпусу 6 НУБіП України:

Точки, що належать стінам, можуть бути класифіковані як "стіни".

Точки, що належать вікнам, можуть бути класифіковані як "вікна".

Точки, що належать дверям, можуть бути класифіковані як "двері".

Точки, що належать даху, можуть бути класифіковані як "дах".

Точки, що належать ґрунту, можуть бути класифіковані як "ґрунт".

Існує багато алгоритмів класифікації хмари точок, які можна використовувати:

Методи машинного навчання: алгоритми навчаються на наборі даних, що містить хмари точок з відомими категоріями точок.

Методи спектрального аналізу: категорії точок визначаються на основі їх кольору або інших спектральних характеристик.

Методи геометричного аналізу: категорії точок визначаються на основі їх форми, розміру та розташування.

Після класифікації хмари точок результати можна відредагувати вручну:

Видалити шуми та помилки класифікації.

Об'єднати сусідні точки, що належать до однієї категорії.

Розділити точки, що були помилково класифіковані.

Редагування результатів класифікації може значно покращити якість 3D-моделі навчального корпусу. Переваги класифікації та редагування хмари точок:

Підвищення точності 3D-моделі.

Полегшення аналізу та візуалізації даних.

Можливість автоматичного генерування 3D-моделей.

Застосування класифікації та редагування хмари точок:

Створення 3D-моделей будівель та споруд.

Археологічні дослідження.

Планування та проектування.

Віртуальна та доповнена реальність.

1. Види цифрових моделей та їх характеристики.

Цифрові моделі (ДМ) використовуються для представлення та аналізу реальних об'єктів та явищ у комп'ютерному середовищі. Їх можна класифікувати за різними критеріями, зокрема:

За способом подання даних:

Растрові ЦМ: дані представлені у вигляді сітки, де кожна комірка містить значення певної характеристики об'єкта.

Векторні ЦМ: дані представлені у вигляді геометричних примітивів (точок, ліній, полігонів), які описують форму та інші властивості об'єкта.

За цільовим призначенням:

Цифрові моделі рельєфу (ЦМР); представляють рельєф земної поверхні.

Цифрові моделі місцевості (ЦММ): представляють не лише рельєф, але в інші характеристики місцевості, такі як тип ґрунту, рослинність, забудова.

Цифрові моделі об'єктів: представляють окремі об'єкти, такі як будівлі, дороги, мости.

За способом отримання даних:

Фотограмметричні ЦМ: створюються на основі фотознімків.

Лідарні ЦМ: створюються на основі даних лазерного сканування.

ГПС-дані: створюються шляхом векторизації існуючих карт та планів.

Переваги використання ЦМ:

Візуалізація складних об'єктів та явищ.

Аналіз просторових даних.

Моделювання та прогнозування.

Створення картографічних продуктів.

Рішення інженерних та управлінських задач.

Цифрові моделі є потужним інструментом для дослідження та аналізу просторових даних. Їх різноманіття дозволяє обирати найбільш підходящий тип моделі для конкретної задачі.

Важливо зазначити, що вибір типу ЦМ залежить від багатьох факторів, таких як доступні дані, необхідний рівень деталізації та кінцева мета дослідження.

2. Сфери застосування цифрових моделей: короткий висновок

Цифрові моделі (ЦМ) знаходять широке застосування в різних галузях. зокрема:

Геодезія та картографія: ЦМ використовуються для створення топографічних карт, планів місцевості. 3D-моделей ландшафтів.

Будівництво та архітектура: ЦМ застосовуються для проектування будівель, доріг, мостів, інженерних споруд, а також для візуалізації архітектурних проектів.

Геологія та геофізика: ЦМ використовуються для вивчення геологічної будови Землі, дослідження родовищ корисних копалин, оцінки ризиків стихійних лих.

Сільське господарство: ЦМ застосовуються для моніторингу стану ґрунтів, посівів, прогнозування врожаю, оптимізації землеволодіння.

Лісове господарство: ЦМ використовуються для інвентаризації лісів, планування лісозаготівель, моніторингу пожеж та шкідників.

Екологія та природокористування: ЦМ застосовуються для оцінки стану навколишнього середовища, моніторингу забруднення, планування заходів з охорони природи.

Міське планування: ЦМ використовуються для планування розвитку міст, транспортних систем, інженерних мереж.

Навчання та освіта: ЦМ застосовуються для створення інтерактивних навчальних матеріалів, візуалізації наукових даних, моделювання природних явищ.

Національна оборона та безпека: ЦМ використовуються для планування військових операцій, розвідки, моделювання бойових дій.

Цифрові моделі стають все більш незамінним інструментом у багатьох сферах діяльності. Їх використання дозволяє покращити ефективність роботи, приймати обґрунтовані рішення, економити час та ресурси.

Важливо зазначити, що сфера застосування ЦМ постійно розширюється з розвитком нових технологій та методів дослідження.

3. Способи створення цифрових моделей

Існує багато способів створення цифрових моделей (ЦМ), кожен з яких має свої переваги та недоліки. Найпоширеніші методи включають:

Фотограмметрія. Цей метод використовує фотографії об'єкта, зняті різних ракурсів, для створення 3D-моделі. Фотограмметрія може бути використана для створення ЦМ як з високою, так і з низькою деталізацією

Лідарне сканування: Цей метод використовує лазерний сканер для вимірювання відстані до об'єкта з різних точок. Дані лідарного сканування потім використовуються для створення 3D-моделі об'єкта. Лідарне сканування може бути використано для створення ЦМ з високою деталізацією, але воно може бути дорогим.

ГІС-дані: ЦМ можуть бути створені шляхом векторизації існуючих карт та планів. Цей метод є відносно дешевим і швидким, але точність ЦМ може бути обмеженою точністю вихідних даних

3D-сканування: Цей метод використовує 3D-сканер для захоплення форми об'єкта. 3D-сканування може бути використано для створення ЦМ з високою деталізацією, але воно може бути дорогим і повільним.

Методи реконструкції зображень: Ці методи використовують одне або кілька зображень об'єкта для створення 3D-моделі. Методи реконструкції зображень можуть бути використані для створення ЦМ з різною деталізацією, але вони можуть бути чутливими до шуму та перешкод у зображеннях.

4. Вибір методу створення ЦМ залежить від багатьох факторів, таких як:

Необхідний рівень деталізації: Деякі методи, такі як лідарне сканування та 3D-сканування, можуть створювати ЦМ з високою деталізацією,

тоді як інші методи, такі як фотограмметрія та векторизація ПС-даних, можуть створювати ЦМ з меншою деталізацією.

Доступні дані: Деякі методи, такі як фотограмметрія та векторизація ПС-даних, вимагають наявності існуючих фотографій або карт, тоді як інші методи, такі як лідарне сканування та 3D-сканування, збирають власні дані.

Бюджет: Деякі методи, такі як лідарне сканування та 3D-сканування, можуть бути дорогими, тоді як інші методи, такі як фотограмметрія та векторизація ПС-даних, можуть бути більш доступними.

Час: Деякі методи, такі як векторизація ПС-даних, можуть бути відносно швидкими, тоді як інші методи, такі як лідарне сканування та 3D-сканування, можуть бути більш

5. **Хмара точок** це набір даних, що являє собою сукупність точок в тривимірному просторі, кожна з яких має координати (X. Y. Z). Ці точки можуть бути отримані різними способами, наприклад, за допомогою лазерного сканування, фотограмметрії або 3D-сканування.

Щільні хмари точок: Містять велику кількість точок, що забезпечує високу деталізацію об'єкта.

Розріджені хмари точок: Містять меншу кількість точок, що робить їх менш детальними, але й більш обчислювально ефективними.

Кольорові хмари точок: Кожна точка має не лише координати, але й колір, що дає додаткову інформацію про об'єкт.

Атрибутовані хмари точок: Кожна точка має додаткові атрибути, такі як матеріал, тип або класифікація.

6. **Застосування хмар точок:**

3D-моделювання: Хмари точок використовуються для створення 3D-моделей об'єктів та місцевості.

Візуалізація Хмари точок можуть бути візуалізовані за допомогою різних методів, таких як праме візуалізування, псевдокольорове кодування та об'ємне рендеринг.

Аналіз: Хмари точок можуть бути проаналізовані для виявлення вакономірностей, вимірювання відстаней та обсягів, а також для визначення характеристик об'єктів.

Контроль: Хмари гонок можуть бути використані для контролю якості продукції, відстеження змін об'єктів з часом та планування будівельних проектів

7. Хмари точок є потужним інструментом для представлення та аналізу тривимірних даних. Їх різноманітність та гнучкість роблять їх корисними для широкого кола застосувань у різних галузях.

Класифікація хмари точок це процес поділу точок хмари на категорії, що відповідають різним типам об'єктів або поверхонь. Цей процес важливим етапом у створенні цифрових моделей (ЦМ), оскільки він дозволяє:

Поліпшити якість ЦМ: Видалення шуму та помилкових точок з хмари точок може призвести до більш точного та детального ЦМ.

Спростити процес обробки даних: Класифіковані точки хмари можна обробляти окремо, використовуючи методи, що підходять для кожного типу об'єкта.

Автоматизувати створення ЦМ. Алгоритми машинного навчання можуть бути використані для автоматичної класифікації хмар точок, що може значно прискорити процес створення ЦМ.

Існує декілька методів класифікації хмар точок:

Класифікація на основі властивостей точок: Цей метод використовує властивості точок, такі як координати, колір, інтенсивність сигналу, для їх класифікації.

Класифікація на основі топології. Цей метод використовує топологічні властивості хмари точок, такі як зв'язність та кривизна, для їх класифікації.

Класифікація на основі навчання з учителем: Цей метод використовує набір даних з мітками для навчання алгоритму машинного навчання класифікувати точки хмари.

Класифікація на основі навчання без учителя. Цей метод використовує немічені дані для навчання алгоритму машинного навчання класифікувати точки хмари.

Вибір методу класифікації залежить від багатьох факторів, таких як:

Тип даних: Різні методи класифікації краще підходять для різних типів даних хмар точок.

Необхідний рівень точності: Деякі методи класифікації є більш точними, ніж інші, але й більш обчислювально-витратними.

Доступні дані. Деякі методи класифікації вимагають наявності набору даних з мітками, тоді як інші методи можуть працювати з неміченими даними.

Бюджет: Деякі методи класифікації можуть бути дорогими через необхідність використання потужних комп'ютерів або програмного забезпечення.

8. AutoCAD Civil3D це потужний програмний комплекс, який дозволяє створювати та редагувати цифрові моделі рельєфу (ЦМР). ЦМР можуть бути використані для різних цілей, таких як проектування, планування, аналіз та візуалізація.

Створення ЦМР корпусу 6 НУБіП України в AutoCAD Civil3D може бути виконано наступним чином:

Збір даних: Першим кроком є збір даних про рельєф місцевості. Ці дані можуть бути отримані з різних джерел, таких як топографічні карти, аерофотознімки, дані лазерного сканування або GPS-вимірювання.

Імпорт даних: Далі дані про рельєф місцевості імпортуються в AutoCAD Civil3D. Це можна зробити за допомогою різних методів, таких як прямий імпорт файлів, використання точок або ліній вирівнювання або створення 3D-моделі з нуля.

Створення ЦМР: Після імпорту даних про рельєф місцевості можна створити ЦМР. AutoCAD Civil3D пропонує різні методи створення ЦМР, такі як інтерполяція між точками, створення трикуткової сітки або використання алгоритмів кригингу.

Редагування ЦМР: ЦМР можна редагувати за допомогою різних інструментів AutoCAD Civil3D. Це може включати додавання або видалення точок, зміну висот точок, об'єднання ЦМР з іншими даними або створення поперечних перерізів.

Візуалізація ЦМР: ЦМР можна візуалізувати за допомогою різних методів AutoCAD Civil3D. Це може включати 3D-вигляд, відтінки рельєфу, полінії або створення відеороликів.

Переваги створення ЦМР корпусу 6 НУБіП України в AutoCAD Civil3D:

Точність: AutoCAD Civil3D дозволяє створювати точні ЦМР, які можуть бути використані для різних цілей.

Гнучкість: AutoCAD Civil3D пропонує різні методи створення та редагування ЦМР, що дозволяє користувачам налаштувати ЦМР відповідно до своїх потреб.

Візуалізація: AutoCAD Civil3D пропонує різні методи візуалізації ЦМР, що дозволяє користувачам краще зрозуміти рельєф місцевості.

Інтеграція: AutoCAD Civil3D інтегрований з іншими програмними комплексами, що дозволяє користувачам використовувати ЦМР для різних завдань.

Список використаних джерел

1. Закон України "Про геодезію, картографію та топографію"
([URL:https://zakon.rada.gov.ua/go/353-14](https://zakon.rada.gov.ua/go/353-14))

2. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Правил виконання геодезичних і картографічних робіт"
([URL:https://www.kmu.gov.ua/storage/app/uploads/public/65a/e8c/bd2/65ae8cbd2d550035554439.pdf](https://www.kmu.gov.ua/storage/app/uploads/public/65a/e8c/bd2/65ae8cbd2d550035554439.pdf))

3. Наказ Державної служби України з геодезії, картографії та аерофотозйомки "Про затвердження Інструкції з питань погодження проведення геодезичних і картографічних робіт" ([URL:https://guide.djia.gov.ua/view/pohodzhennia-vykonannia-robit-iz-znesennia-abo-perezakladky-heodezychnykh-punktiv-c7e7a4f2-5089-46f8-9d59-d63f55824943](https://guide.djia.gov.ua/view/pohodzhennia-vykonannia-robit-iz-znesennia-abo-perezakladky-heodezychnykh-punktiv-c7e7a4f2-5089-46f8-9d59-d63f55824943))
4. Правила користування державною геодезичною мережею України ([URL:https://www.kmu.gov.ua/](https://www.kmu.gov.ua/))
5. Правила використання даних ДЗЗ України ([URL:https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-realizatsiiu-eksperymentalnoho-proektu-shchodo-provedennia-obstezhennia-znyshchenykh-okremykh-katehorii-obiektiv-nerukhomoho-maina-1185-271023](https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-realizatsiiu-eksperymentalnoho-proektu-shchodo-provedennia-obstezhennia-znyshchenykh-okremykh-katehorii-obiektiv-nerukhomoho-maina-1185-271023))
6. Інструкція з питань проведення державного геодезичного нагляду ([URL:https://www.kmu.gov.ua/](https://www.kmu.gov.ua/))
7. Ліцензійні умови провадження діяльності з геодезії, картографії та топографії ([URL:https://zakon.rada.gov.ua/go/z0178-01](https://zakon.rada.gov.ua/go/z0178-01))
8. Абакумов О.С., Анісімов О.В., Ващенко О.В. Застосування БПЛА для створення топографічних планів та 3D-моделей місцевості // Інформаційні технології та геодезія. – 2021. – № 1. – С. 10-17.
9. Білоус В.В., Бойченко В.В., Ковальчук В.М. Використання безпілотних літальних апаратів для топографо-геодезичних робіт // Збірник наукових праць Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. – 2020. – № 2. – С. 90-95.
10. Гайдайчук О.В., Ковальчук В.М., Слюсаренко В.І. Застосування БПЛА для створення цифрової моделі рельєфу місцевості // Землепорядкування та кадастр. – 2022. – № 1. – С. 34-39.

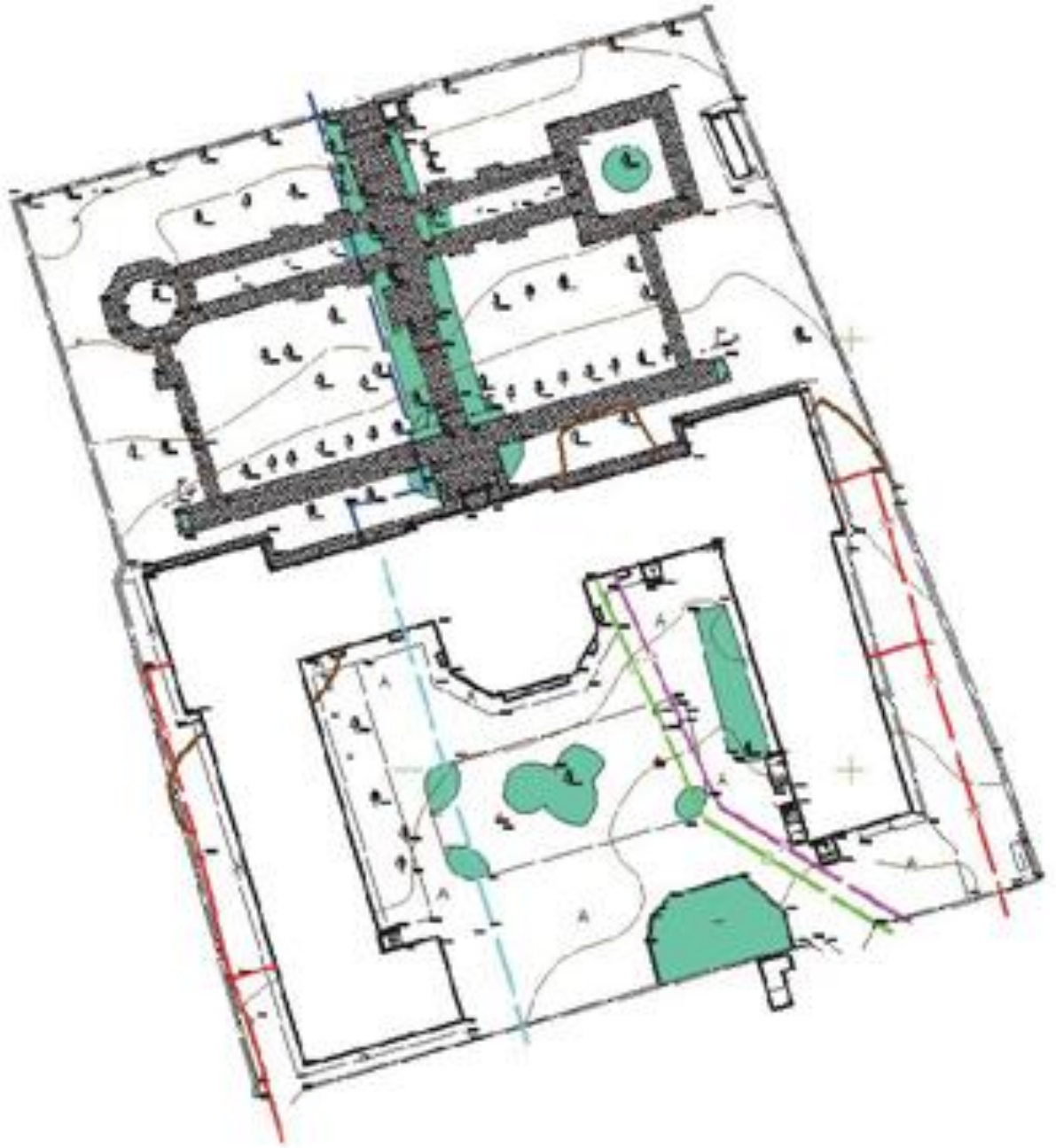
11. Деркач О.М., Ковальчук В.М., Мазуренко В.В. Використання безпілотних літальних апаратів для геодезичного контролю будівельних робіт // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2021. – № 7. – С. 112-117.
12. Іванов В.В., Ковальчук В.М., Петренко А.В. Застосування БПЛА для інвентаризації земельних ресурсів // Землепорядкування та кадастр. – 2020. – № 6. – С. 42-47.
13. Ковальчук В.М., Слюсаренко В.І., Цюпа А.В. Використання БПЛА для картографування лісових масивів // Вісник Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. – 2022. – № 3. – С. 102-107.
14. Мазуренко В.В., Ковальчук В.М., Гайдайчук О.В. Застосування БПЛА для моніторингу стану водних об'єктів // Вісник Національного технічного університету України
15. Бабенко О.В., Ковальчук В.М., Слюсаренко В.І. Використання безпілотних літальних апаратів для створення 3D-моделі місцевості // Інформаційні технології та геодезія. – 2021. – № 2. – С. 14-20.
16. Дорош Ольга; Бутенко Євген; Колісник Григорій; Дорош Андрій; Купріянич Ірина; Використання бпла: розвиток, перспективи та застосування/ Agrolife – 2021 - 10(2) - ст. 64-71
17. Бутенко Є.В. Купріянич І.П. Фотограмметрія та дистанційне зондування: навч. пос. для студ. вищ. навч. закл. // МВЦ "Медінформ" – 2015
18. Ібатуллин Ш., Дорош Ю., Деркульський Р. , Бутенко Є. , Стецюк М. Виявлення небезпечних територій України під час збройної агресії за допомогою ГІС / Міжнародна конференція молодих професіоналів «GeoTerras 2023», 2023

19. Бутенко Є., Петриченко С., Моніторинг та оцінка масштабів руйнувань методами ДЗЗ під час війни в Україні / Міжнародна конференція молодих професіоналів «GeoTerrace 2023», 2023
20. Є. Бутенко; О. Кулаковський, Використання безпілотних літальних апаратів для землеустрою / Землеустрій, кадастр і моніторинг землі – 2018
21. Андреев, Ю. А. (2015). Використання безпілотних літальних апаратів у геодезії. *Геодезія та картографія*, 10(2), 34-39.
22. Беляев, А. В. (2018). Методи обробки даних аерофотозйомки з використанням БПЛА. *Наукові вісті НУБІП України*, 5(3), 45-52.
23. Черненко, Р. А. (2015). Застосування аерофотозйомки в геодезії: методи та технології. *Геодезичні дослідження*, 9(2), 48-55.
24. Петров, О. Г. (2019). Інноваційні підходи до топографо-геодезичних робіт з використанням БПЛА. *Науковий вісник НУБІП України*, 16(2), 54-60.
25. Іванов, П. В. (2017). Аерофотозйомка територій з використанням безпілотних літальних апаратів. *Топографія та геодезія*, 11(3), 19-25
26. Colomina, I., & Molina, P. (2015). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97.
27. Eisenbeiss, H. (2017). UAV Photogrammetry. Dissertation, Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich, 273 pages.
28. Nex, F., & Remondino, F. (2017). UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 6(1), 1-15.
29. Pajares, G. (2015). Overview and current status of remote sensing applications based on unmanned aerial vehicles (UAVs). *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81(4), 281-329.

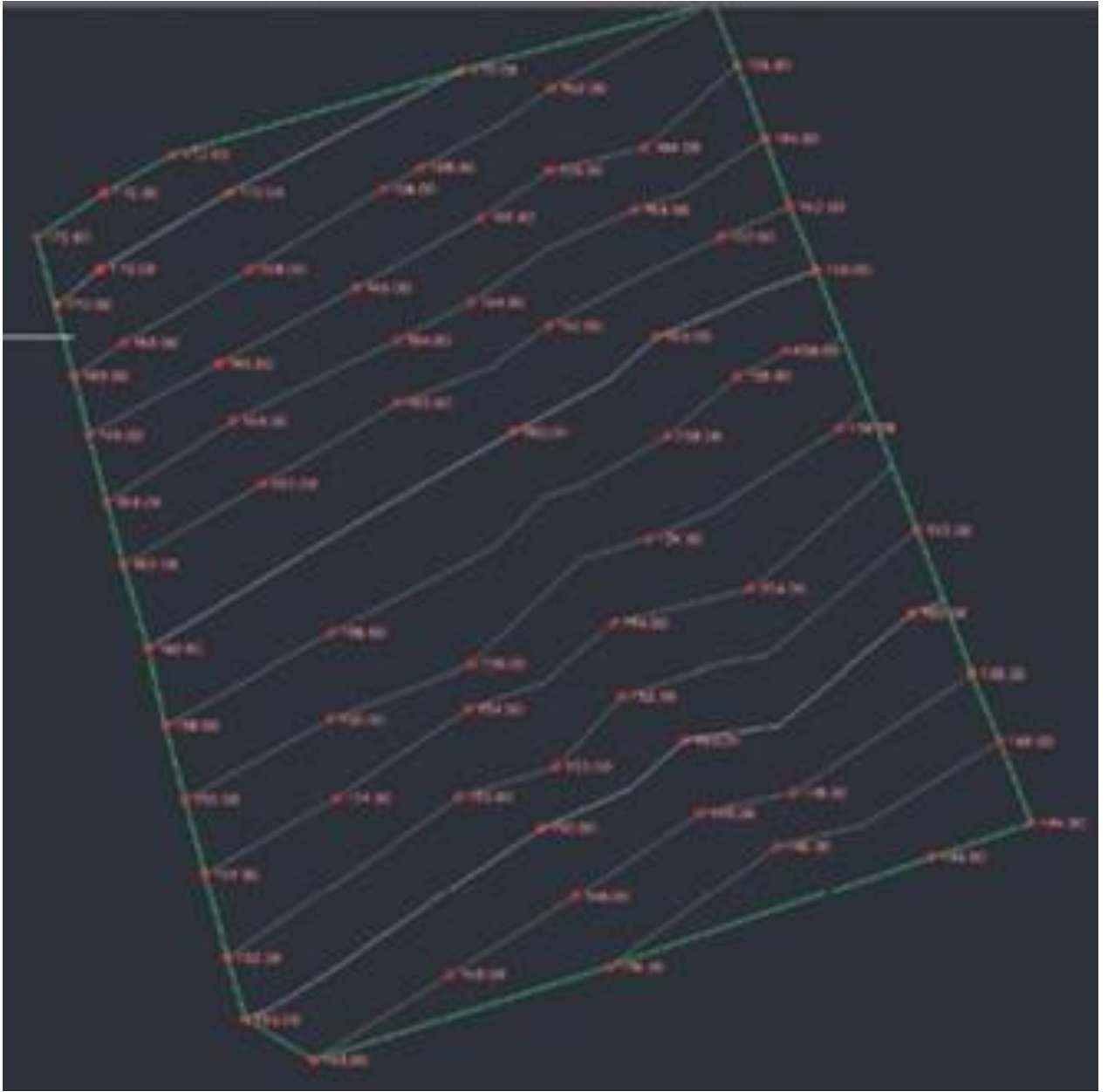
30. Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2019). UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling—current status and future perspectives. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(1)

Додаток В. 1.

Топографічний план території навчального корпусу 6 НУБіП України



Додаток В. 2.
Створено точки СОГО



Додаток В.3.
Контурні похибки



Додаток В.4.

Поверхня, створена з хмари точок



