

**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:
**«ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ
ЛІДАРНОГО ЗНІМАННЯ»**

Виконала: студентка IV курсу, групи ГСТ-20
За напрямком підготовки
193 «Геодезія та землеустрій»
Демченко М.А.

Керівник :
к.т.н. Горковчук Ю.В
Рецензент:
к.т.н. Медведський Ю.В.

КИЇВ – 2024р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями
Кафедра: геоінформатики і фотограмметрії
Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Напрямок підготовки: 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри проф. Карпінський
Ю.О.

(підпис)

«22» лютого 2024 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Демченко Марія Анатоліївна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема проекту (роботи): ВІМ моделювання забудованих територій за даними лідарного знімання

Керівник проекту (роботи):

к.т.н. Горковчук Ю.В.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “25” квітня 2024 року №712/3

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 24.05.2024

3. Вихідні дані до проекту (роботи): зшита хмара точок відзнята за допомогою лідарного знімання, щільністю 28 points/m² та позиційною точністю 5 см.

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

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.

1.1 Основні поняття ВІМ моделювання.

1.2 Досвід ВІМ моделювання забудованих територій.

1.3 ВІМ моделювання та ГІС

Висновок до розділу 1

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.

2.1 Технологія ВІМ моделювання.

2.2 Огляд інструментальних засобів ВІМ моделювання.

2.3 Технологія ВІМ моделювання забудованих території на основі лідарних даних

Висновок до розділу 2

РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ВІМ МОДЕЛІ.

3.1 Опис території.

3.2 Побудова ВІМ моделі (за допомогою ПЗ Revit)

Висновок до розділу 3

Висновки

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

5. Перелік графічного матеріалу: ВІМ-модель забудованої території міста Ельмста.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Номер розділу	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Горковчук Ю.В.		
Розділ 2	Горковчук Ю.В.		
Розділ 3	Горковчук Ю.В.		

7. Дата видачі завдання: 20.02.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	ВСТУП	20.02.2024	
2.	РОЗДІЛ 1. ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	22.02.2024	
3.	РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	19.02.2024	
4.	РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ВІМ МОДЕЛІ.	16.04.2024	
5.	Висновки	15.05.2024	
6.	Розробка графічного матеріалу	17.05.2024	
7.	Оформлення пояснювальної записки	17.05.2024	
8.	Подача проекту на попередній захист та рецензування	10.02.2024	

Студент: Демченко М.А.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник проекту (роботи): Горковчук Ю.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	8
1.1 Основні поняття ВІМ моделювання	9
1.2 Досвід ВІМ моделювання забудованих територій.....	16
1.3 ВІМ моделювання та ГІС	27
Висновки до розділу 1	31
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	32
2.1 Технологія ВІМ моделювання	33
2.1.1. Огляд інструментальних засобів ВІМ моделювання	37
2.2 Технологія ВІМ моделювання забудованих територій на основі лідарних даних	44
Висновки до розділу 2	50
РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ВІМ МОДЕЛІ	51
3.1 Опис території	52
3.2 Побудова ВІМ моделі (за допомогою ПЗ Revit)	53
Висновки до розділу 3	61
ВИСНОВОКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	63
ДОДАТКИ.....	67

ВСТУП

У сфері міського планування та розвитку інтеграція передових технологій докорінно змінила традиційні підходи. Серед них інформаційне моделювання будівель (Building Information Modeling, BIM) виділяється як ключовий інструмент для підвищення ефективності, точності та стійкості будівельних та інфраструктурних проєктів. Використання BIM у поєднанні з даними радіолокаційного виявлення та визначення дальності (LiDAR) привертає все більшу увагу завдяки своєму потенціалу для забезпечення детального і точного подання будівельного середовища.

Поява технології LiDAR відкрила нову еру збору даних, уможлививши швидкий і всебічний збір топографічної інформації з безпрецедентною деталізацією. Системи LiDAR випромінюють лазерні імпульси і вимірюють час їхнього повернення, що дозволяє створювати високоточні тривимірні хмари точок. У поєднанні з BIM ці набори даних полегшують створення детальних моделей, які точно відображають існуюче забудоване середовище.

Забудовані території створюють унікальні виклики для містобудівників і девелоперів через їхню складність і мінливість. Традиційні методи зйомки часто не можуть відобразити складну геометрію та структури, характерні для міських ландшафтів. На відміну від них, BIM-моделювання пропонує цілісний підхід, який інтегрує різні джерела даних для створення комплексних цифрових зображень. Включаючи дані LiDAR в робочий процес BIM.

Метою дипломної роботи було: вивчення та впровадження BIM технологій для забудованих територій на основі лідарних знімків.

Робота складається з трьох розділів, в межах яких розглядаються Основні поняття BIM моделювання, впровадження BIM в Україні, можливі рівні деталізації, особливості BIM моделювання, досвід BIM моделювання на прикладі smart city, який будується на основі digital twins. Інтеграцію BIM та GIS. Технологію BIM моделювання, та технологію BIM моделювання забудованих територій, а також було розглянуто та порівняно інструменті

засоби BIM. Третій розділ присвячений практичній апробації розглянутих методів та інструментів. Основним результатом дослідження є BIM модель забудованої території з рівнем деталізації LOD 300 точністю 5 см, та розробка рекомендацій щодо їх використання у практичних застосуваннях.

РОЗДІЛ 1. ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

1.1 Основні поняття BIM моделювання

Інформаційне моделювання об'єктів BIM (від англ. Building Information Modeling) – це цифрове подання фізичних і функціональних характеристик будівлі або інфраструктури. Це технологія, яка охоплює весь життєвий цикл будівельного проєкту, від проєктування і будівництва до експлуатації та обслуговування. BIM виходить за рамки традиційних 2D-креслень, створюючи 3D-модель, яка включає цінні дані та інформацію про кожен аспект будівлі або інфраструктурного проєкту.[1]

Впровадження BIM-технологій у світі відбувається зростаючими темпами, причому нерідко за державної підтримки. В Україні також спостерігається поглиблення інтересу до інформаційного моделювання будівельних систем, однак цей процес притаманний лише окремим інтегрованим підприємствам або компаніям із іноземними інвестиціями.

BIM-технології – це новий підхід до управління цифровою інформацією, що застосовується у будівництві та містобудуванні та передбачає збір і комплексну обробку всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про об'єкт. Завдяки їх застосуванню можна віртуально відтворити об'єкт ще до початку його будівництва, відслідковувати процеси життєвого циклу будівельного об'єкту – від проєктування до його зведення, експлуатації та демонтажу. Такий підхід дає змогу підвищити безпеку та надійність будівель і споруд, здійснювати оперативне керівництво процесами будівництва та контролю якості виконання будівельних робіт, суттєво зменшити ймовірність помилок у проєктах, зменшити вартість будівництва та оптимізувати витрати на стадії експлуатації.[3]

Кабінет Міністрів України затвердив розроблену Мінрегіоном Концепцію впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні, а також план заходів з її реалізації. Відповідне розпорядження було прийнято 17 лютого. Застосування BIM-технологій – один

із ключових кроків цифрової трансформації будівництва. Концепція визначає механізми впровадження BIM-технології у будівництві як інструменту для подальшої цифрової трансформації будівельної галузі України. Вона розрахована до 2025 року і буде реалізовуватись поетапно.[3]

На початковому етапі *протягом 2021 – 2022 років* передбачається:

- розробити та затвердити необхідні зміни в акти законодавства у сфері застосування BIM-технологій;
- прийняти нормативні документи (стандарти), гармонізовані з міжнародними та європейськими нормативними документами із будівельного інформаційного моделювання;
- прийняти національні стандарти, які визначають основні вимоги до проектної документації та проведення експертизи;
- затвердити Національний класифікатор будівель і споруд та Національний класифікатор будівельної продукції, матеріалів, робіт та послуг;
- розробити проекти повторного використання для пріоритетних об'єктів соціальної інфраструктури, створених із використанням BIM-технологій;
- розробити методику визначення та оцінювання життєвого циклу об'єктів будівництва;
- забезпечити умови для навчання (підвищення кваліфікації) щодо використання BIM-технологій у будівництві.[15]

На другому етапі з *2023 до 2025 року* передбачається:

- забезпечити повну актуалізацію будівельних норм з урахуванням особливостей застосування BIM-технологій;
- забезпечити реалізацію пілотних проектів будівництва з використанням будівельного інформаційного моделювання на рівні не менше ніж 10 відсотків проектів будівництва, що фінансуються за рахунок видатків державного бюджету.[15]

На разі в Україна вже має багато успішних проектів приватних компаній по роботі з BIM моделюванням.

Будівництво великих торговельно-розважальних центрів (наприклад Ocean Plaza, Республіка у Києві), мультифункціональних об'єктів зі складною внутрішньою інфраструктурою (наприклад укриття над ЧАЕС).

При цьому основними бар'єрами щодо впровадження BIM в Україні видаються наступні:

- Висока вартість програмних комплексів BIM порівняно із вартістю проектних послуг.
- Рентабельність тільки для великих, типових або закордонних проектів.
- Неврегульованість нормативної бази щодо статусу інформаційного моделювання та його впровадження у процес будівництва на всіх етапах.
- Недосконале законодавство, яке допускає виробництво конструкцій некваліфікованими учасниками.
- Невизначеність розподілу відповідальності та права інтелектуальної власності. [8]
- Неготовність інвесторів додатково вкладати у інформаційні моделі, що можуть бути використані не тільки при будівництві, але і при експлуатації об'єктів.
- Інерціальність та традиційність будівельної галузі, недостатнє розуміння переваг BIM.
- Сумісність між різними програмними продуктами, вироблення єдиних стандартів із передачі даних.
- Інерціальність будівельної галузі щодо впровадження BIM, неготовність виконавців проектування; асиметричність ризиків та винагород у будівництві; відсутність стандартизованих бізнес- та контракт моделей у будівництві, до яких міг би бути прив'язаний наскрізний процес BIM.[6]

У той же час можна позначити чинники, що в сучасних умовах стимулюють впровадження BIM в Україні:

- Орієнтація проектування на зовнішні західні ринки, для яких BIM є природним.

- Імплементация європейських будівельних норм, що органічні для BIM комплексів.

- Зростання вартості енергоносіїв, що змушує девелоперів та власників переходити на інформаційні технології проектування, будівництва та експлуатації з високим рівнем прогнозування та контролю.

- Впровадження енергоощадних програм та реформ, що спонукає державу виступати ефективним ощадним власником.

- Очікування закордонних інвестицій та програм і необхідність дієвого контролю за їх виконанням.[8]

Із метою популяризації BIM-технологій в Україні на початку 2014 р. Український Центр Сталевого Будівництва уклав партнерську угоду із компанією Tekla, що спеціалізується на розробленні програмного забезпечення архітектурного, інженерного і будівельного призначення. У рамках укладеної угоди сторони домовилися спільно здійснювати просування одностадійного проектування та BIM-моделювання на ринку України з метою підвищення ефективності сталого будівництва. Наступними перспективними кроками щодо розвитку BIM в Україні мають бути такі:

- Сучасні стандарти повинні містити опис та закріпити статус інформаційної моделі.

- Реалізація впровадження BIM на державному рівні, спеціальні програми нормативної адаптації BIM комплексів та розвитку власного спеціалізованого програмного забезпечення.

- Запущення пілотних проектів із розроблення інформаційних моделей типових об'єктів та оцифрування існуючих будівель та систем.

Відкриття геоінформаційних BIM баз даних міст, що також є елементом стійкого розвитку міського середовища та електронної демократії. [8]

Впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM) є складним завданням, оскільки проблеми включають неструктуровані дані та процеси, які часто призводять до перевитрати часу та коштів. Ясність щодо того, який рівень геометрії повинен бути змодельований і який обсяг

інформації повинен включати, відіграє важливу роль у будь-якому проєкті, що безпосередньо впливає на час і вартість. У цей момент LOD з'являється в картині, дає ясність, розвіює багато сумнівів і встановлює стандартні очікування.[3]

Рівень деталізації (LOD) в інформаційному моделюванні будівель (BIM) відноситься до рівня конкретності, точності та повноти інформації, включеної до віртуальної моделі будівлі. LOD варіюється від базової геометричної інформації до дуже детальної інформації про компоненти, системи та обладнання будівлі.

Кожен рівень деталізації надає різні типи інформації для підтримки різних етапів проєктування, будівництва та експлуатації будівлі.

Використання різних рівнів деталізації в BIM допомагає забезпечити надання потрібного обсягу інформації в потрібний час для підтримки прийняття обґрунтованих рішень протягом усього життєвого циклу будівлі. Це також допомагає керувати складністю віртуальної моделі будівлі та зменшувати ризик помилок або упущень.

Загалом, чим вищий рівень деталізації, тим повніша та точніша інформація у віртуальній моделі будівлі. Однак важливо дотримуватися балансу між деталізацією та ефективністю, оскільки створення надто деталізованих моделей може зайняти багато часу та бути складним в обслуговуванні.[4]

Американський інститут архітекторів (AIA) та Асоційовані генеральні підрядники Америки (AGC) створили загальноприйнятну структуру LOD, яка розбиває модель будівлі на певні 6 рівнів:

LOD 100 — концептуальне проєктування: На цьому етапі модель являє собою базову форму і розмір елементів без детальної інформації. Він використовується для передачі загального задуму дизайну.[3]

LOD 200 — схематичний дизайн: модель стає більш точною, включаючи приблизні величини, розміри, форми та розташування елементів. Це допомагає в аналізі просторових відносин і ранніх концепцій дизайну.

LOD 300 — робочий проект: На цьому етапі модель включає геометричну інформацію, конкретні розміри, форми та деталізовані компоненти об'єкта. Він використовується для виготовлення будівельної документації та координації різних дисциплін.

LOD 350 — будівельна документація: Модель включає детальні вузли та інформацію про виготовлення або будівництво на рівні конструкції. Використовується для формування проектно-кошторисної документації та креслень цеху.

LOD 400 — виготовлення та складання: Цей рівень передбачає створення детальних моделей із конкретними вузлами та з'єднаннями, придатних для виготовлення та складання.

LOD 500 — виконавчий або фасіліті менеджмент: Модель на цьому етапі включає інформацію про встановлені та експлуатаційні елементи будівлі, що відображають реальні умови обслуговування та управління об'єктом.

Рівні розробки (LOD) відстежуються в проектах за допомогою матриці LOD, важливого компонента плану виконання BIM (ВЕР). У матриці LOD команди проекту визначають і окреслюють вимоги LOD до конкретних будівельних елементів і систем на різних етапах проекту. Відповідальність за створення та підтримку моделей BIM на кожному рівні розробки покладено на відповідних зацікавлених сторін. Матриця LOD слугує еталоном, спрямовуючи створення BIM-моделей для відповідності визначеним вимогам LOD, і вона постійно контролюється на відповідність. [3]

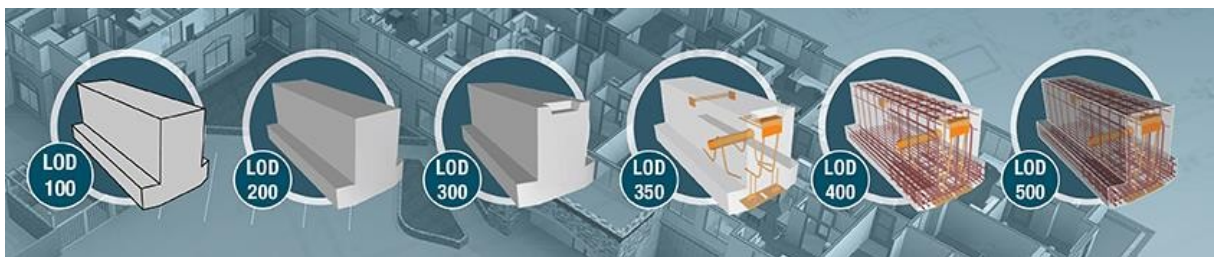


Рис.1.1 Візуальне відображення рівнів деталізації[37]

Також, можна зазначити особливості використання BIM моделювання.

Особливості BIM моделювання забудованих територій:

- Інтеграція даних: BIM моделювання дозволяє об'єднувати різні типи даних (архітектурні, інженерні, екологічні) в єдину модель. Це полегшує узгодження інформації та покращує координацію між різними аспектами проекту.[31],[30]
- Візуалізація та аналіз: BIM забезпечує високоякісну візуалізацію забудованих територій, допомагаючи краще розуміти просторові взаємозв'язки та потенційні проблеми на ранніх стадіях проектування, включаючи аналіз сонячного освітлення та потоків транспорту.[30]
- Планування інфраструктури: BIM моделі використовуються для детального планування інфраструктури, включаючи дороги, інженерні мережі, зелені зони і громадські простори. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів та створювати комфортні умови для мешканців.[31]
- Управління життєвим циклом: BIM охоплює весь життєвий цикл забудованих територій — від концептуального проектування до будівництва, експлуатації та демонтажу, що сприяє належному утриманню будівель та інфраструктури протягом їхнього використання.[31]
- Колаборація та координація: BIM полегшує співпрацю між різними учасниками проекту, що особливо важливо для складних міських проектів з багатьма зацікавленими сторонами.[30]
- Аналіз економічної ефективності: BIM дозволяє здійснювати точний аналіз витрат та бюджету на різних стадіях проекту, оптимізуючи витрати і підвищуючи економічну ефективність проектів.[31]
- Підтримка сталого розвитку: Використання BIM допомагає враховувати екологічні аспекти та сприяти сталому розвитку, знижуючи енергоспоживання та вуглецевий слід забудованих територій.[30]
- Безпека та управління ризиками: Моделі BIM допомагають виявляти потенційні ризики та проблеми безпеки на ранніх стадіях проекту, що

дозволяє своєчасно їх вирішувати і знижувати ймовірність нещасних випадків.[31]

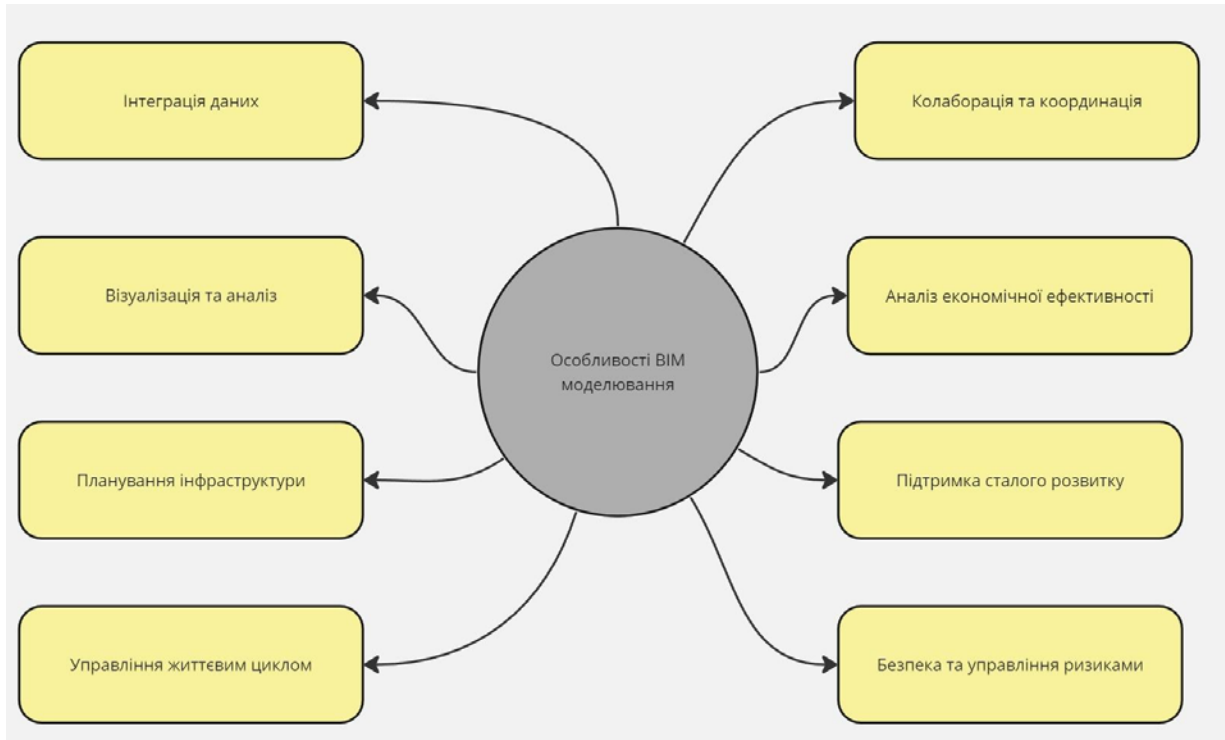


Рис.1.2 Особливості BIM моделювання

1.1 Досвід BIM моделювання забудованих територій

У міському плануванні BIM використовується як інструмент аналізу для створення насичених інформацією цифрових моделей вулиць, будівель, водопостачання, парків та іншої інфраструктури. Потім ці моделі візуалізуються та аналізуються для оцінки ефективності та впливу запропонованої розробки. Використовуючи моделі BIM, планувальники можуть будувати міські екосистеми, які базуються на даних, технологічно підживлюються, взаємопов'язані, інноваційні, [14],[12]орієнтовані на громадян. Яскравим прикладом є модель Smart City яка побудована на базі Digital twins.

Цифрові двійники та розумне місто: Прийнято вважати, що «цифровий двійник» - це процес моделювання, який повною мірою використовує фізичні моделі, датчики, історичні дані про експлуатацію і т.д. для інтеграції інформації про багатодисциплінарні, мультифізичні величини, багатомасштабність і

багатовимірність. Він служить процесом моделювання фізичних продуктів у віртуальному просторі. Дзеркальне тіло відображає весь процес життєвого циклу відповідного продукту фізичної сутності. Насправді, в даний час існує багато різних розумінь поняття цифрових двійників, і консенсусне визначення ще не сформовано. Однак прийнято вважати, що фізичні об'єкти, віртуальні моделі, дані, зв'язки та послуги є основними елементами цифрових двійників. Суть цифрових двійників полягає в двонаправленому відображенні відносин, який існує між фізичним і віртуальним простором. Це двонаправлене відображення відрізняється від односпрямованого відображення, яке відображає дані лише від фізичних об'єктів до цифрових об'єктів. Останню також називають цифровою тінню, тобто «зміна стану фізичного об'єкта призводить до зміни цифрового об'єкта, але не навпаки». Однак цифрові двійники дозволяють віртуальним об'єктам керувати фізичними об'єктами без втручання людини. Як ключовий спосіб реалізації двонаправленого відображення, динамічної взаємодії та зв'язку в реальному часі між віртуальним та реальним, цифровий двійник може відображати фізичні сутності та атрибути, структуру, стан, продуктивність, функції та поведінку систем у віртуальному світі, формуючи високоточну динамічну багатовимірну, багатомасштабну, багатофізичну кількісну модель, яка забезпечить ефективний спосіб спостереження, розпізнавання, розуміння, контроль і перетворення фізичного світу.[14],[12]

Цифрові двійники вперше з'явилися та відіграли певну роль у галузях продуктового та виробничого дизайну, а пізніше з'явилися в таких галузях, як аерокосмічна галузь, автоматизація, суднобудування, охорона здоров'я та енергетика. Останніми роками, зі швидким розвитком технологій та індустрій, таких як Інтернет, великі дані, хмарні обчислення та штучний інтелект (AI), будівельна основа розумного міста поступово еволюціонувала від початкового рівня статичного 3D-моделювання до рівня цифрового двійника, який поєднує динамічні цифрові технології та статичну 3D-модель, яка формує нову

Цифровий двійник спрямований на побудову складної гігантської системи між фізичним світом і віртуальним простором, які можуть відображати один одного і взаємодіяти один з одним в обох напрямках. Він може зіставляти фізичне місто з відповідним «містом-побратимом», формуючи модель співіснування обох та інтеграції фізичних міст у фізичному вимірі та цифрових міст в інформаційному вимірі. Побудова цифрового двійника вимагає фундаменту даних і технічного фундаменту. Під базою даних маються на увазі масивні міські великі дані, які безперервно генеруються щодня з різних датчиків і камер по всьому місту, а також цифрові підсистеми, послідовно створені муніципальними управліннями. Технічна основа стосується відповідних технологій, таких як Інтернет, хмарні обчислення, великі дані та штучний інтелект, включаючи 5G. У цифровому місті-побратимі дані про стан роботи інфраструктури, розміщення муніципальних ресурсів, потік людей, логістики та транспортних засобів збиратимуться за допомогою датчиків, камер та різних цифрових підсистем. Завдяки технологіям, включаючи 5G, які доставляють їх у хмару, і міській владі, місто стане більш ефективним.[14]

Будівництво цифрових двійників запустить великі інновації в міському інтелектуальному плануванні, управлінні та послугах, а також стане «новою відправною точкою» для будівництва розумних міст. Це допоможе досягти мети візуалізації все елементної інформації міста та елегантності міського планування, управління та послуг. Цифровий двійник – це не лише мета цифрового міста, а й ключовий елемент розумного міста. Це важливий об'єкт і базові можливості, які дозволяють місту реалізувати розум. Це також важлива вітка в трансформації міської інформатизації від якісних змін до кількісних змін, зумовлених технологіями, які надають будівництву розумних міст більше простору для інновацій.[14],[12]

Характеристика розумних міст на основі цифрових двійників:

З різних точок зору існують різні розуміння поняття цифрового двійника. Починаючи з різних вимірів, узагальнює та аналізує поточні кілька знань

розмірі моделі, вимірі даних, розмірі зв'язку, вимірі послуги/функції та фізичному вимірі, що є «п'ятивимірною моделлю» цифрового двійника, оскільки цифрові двійники на різних стадіях демонструють різні характеристики, розуміння та практики цифрових двійників не можуть бути відокремлені від конкретних об'єктів, конкретних застосувань та конкретних потреб. Таким чином, фактичне застосування не обов'язково вимагає, щоб встановлений «цифровий двійник» мав усі ідеальні характеристики, і прийнятно, щоб він відповідав конкретним потребам користувачів.

У поєднанні з існуючою дискусією, цифрові двійники мають чотири основні характеристики: точне картографування, віртуально-реальна взаємодія, визначення програмного забезпечення та інтелектуальний зворотний зв'язок. Точне картографування означає, що цифровий двійник реалізує комплексне цифрове моделювання міських доріг, мостів, кришок люків, ліхтарів, будівель та інших об'єктів інфраструктури шляхом розміщення датчиків на рівні повітря, землі та річок у фізичному місті, щоб повністю сприймати та динамічно контролювати операційний стан міста, і, нарешті, формувати точне інформаційне вираження та відображення віртуального міста з фізичним містом в інформаційному вимірі. Віртуально-реальна взаємодія означає, що всі види «слідів», такі як сліди людей, логістики та транспортних засобів, які можна спостерігати у фізичному місті, можуть бути знайдені у віртуальному місті після їх генерації. Визначення програмного забезпечення означає, що цифрові двійники створюють відповідну віртуальну модель на основі фізичного міста, а також моделюють поведінку міських людей, подій та об'єктів у віртуальному просторі за допомогою програмних платформ. Інтелектуальний зворотний зв'язок означає інтелектуальне раннє попередження про можливі несприятливі наслідки, конфлікти та потенційні небезпеки міста за допомогою планування та проектування, моделювання. На основі цифрового двійника інтеграція Інтернету, хмарних обчислень, великих даних, штучного інтелекту та інших ІТ-технологій нового покоління може спрямовувати та оптимізувати планування

та управління фізичними містами, що покращить надання послуг громадянам та більше сприятиме будівництву розумних міст. [14],[12]

Мозок розумного міста:

На основі цифрового двійника може бути створений Smart City Operation Brain (SCOB), і міська влада візьме на себе ініціативу зі створення Операційного центру розумного міста (SCOC) і призначить головного операційного директора (COO), який візьме на себе відповідальність. На рисунку 1.3 показана повна структура управління SCOB на основі цифрового двійника. SCOC знаходиться під юрисдикцією операційного директора, і між ними Комітет Об'єднаної конференції директора з інформаційних технологій (CIO) відповідає за координацію та управління. SCOC керує чотирма основними секторами міської інформації, включаючи Міський центр експлуатації та обслуговування ІТ, Центр великих даних, Центр моніторингу та командування міських операцій та Інтелектуальний сервісний центр (включаючи платформи відкритих даних, вітрини даних та інші компанії).

До основних функцій SCOB належать:

- Участь та перегляд дизайну міста на найвищому рівні;
 - Планування та перегляд загальних цілей, рамок, завдань, механізмів функціонування та управління розвитком інформатизації різних галузей;
 - Формулювання відповідної політики, положень і стандартів;
 - Відповідає за інтеграцію та спільне використання міських інформаційних ресурсів;
 - Моніторинг роботи міста, міжвідомча координація та командування;
 - Сприяння формуванню системи соціально орієнтованих відкритих додатків, сервісів та транзакцій великих даних.[14],[12]

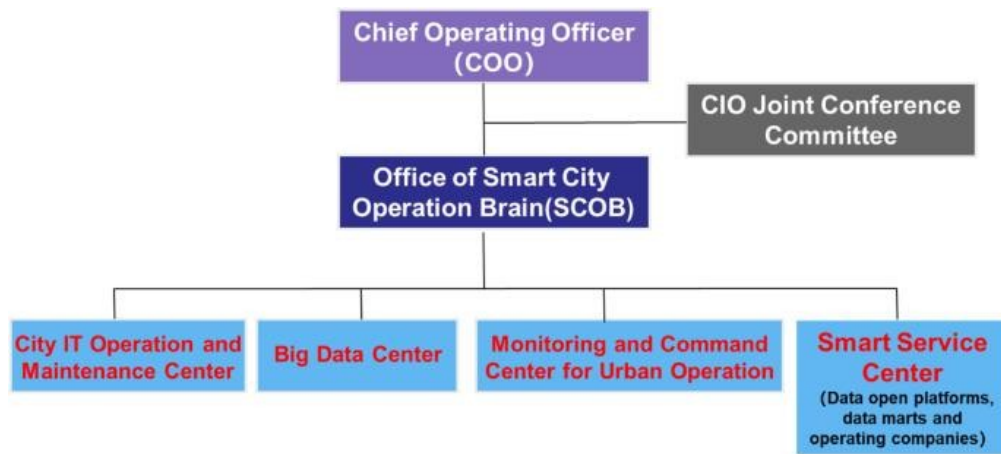


Рис.1.3 Архітектура управління БД, управління розумним містом на основі цифрового двійника [14]

Платформа хмарних сервісів публічної інформації (Public Information Cloud Service Platform) є інфраструктурною частиною SCOB. Після того, як буде створена платформа хмарних сервісів публічної інформації, офіс SCOB може почати працювати, а чиновники можуть просто використовувати «додатки» платформи, щоб взяти на себе відповідальність за управління розумним містом. На рисунку 1.4 представлено структуру платформи хмарних сервісів публічної інформації. Платформа складається з рівня інфраструктури, рівня платформи розробки та експлуатації програмного забезпечення та прикладного рівня.

Платформа використовує таку інфраструктуру, як сервери, мережі та сенсорне обладнання для збору даних, а також використовує хмарну інфраструктуру, дані, платформи та програмне забезпечення як послуги, і, нарешті, досягає застосування платформ хмарних послуг у різних сферах, таких як розумне управління містом, розумна громадська безпека та розумний туризм. Платформа може створити екологічний ланцюжок збору, обробки, зберігання, очищення, видобутку, застосування та зворотного зв'язку даних. Операційний центр розумного міста, заснований на цифровому місті-побратимі, є серцем розумного міста. Він керує та контролює роботу міста, а також всебічно отримує дані про роботу міста з метою реалізації ефективних

можливостей координації та реагування на надзвичайні ситуації міжвідомчими та міжрегіональними системами.[14],[12]

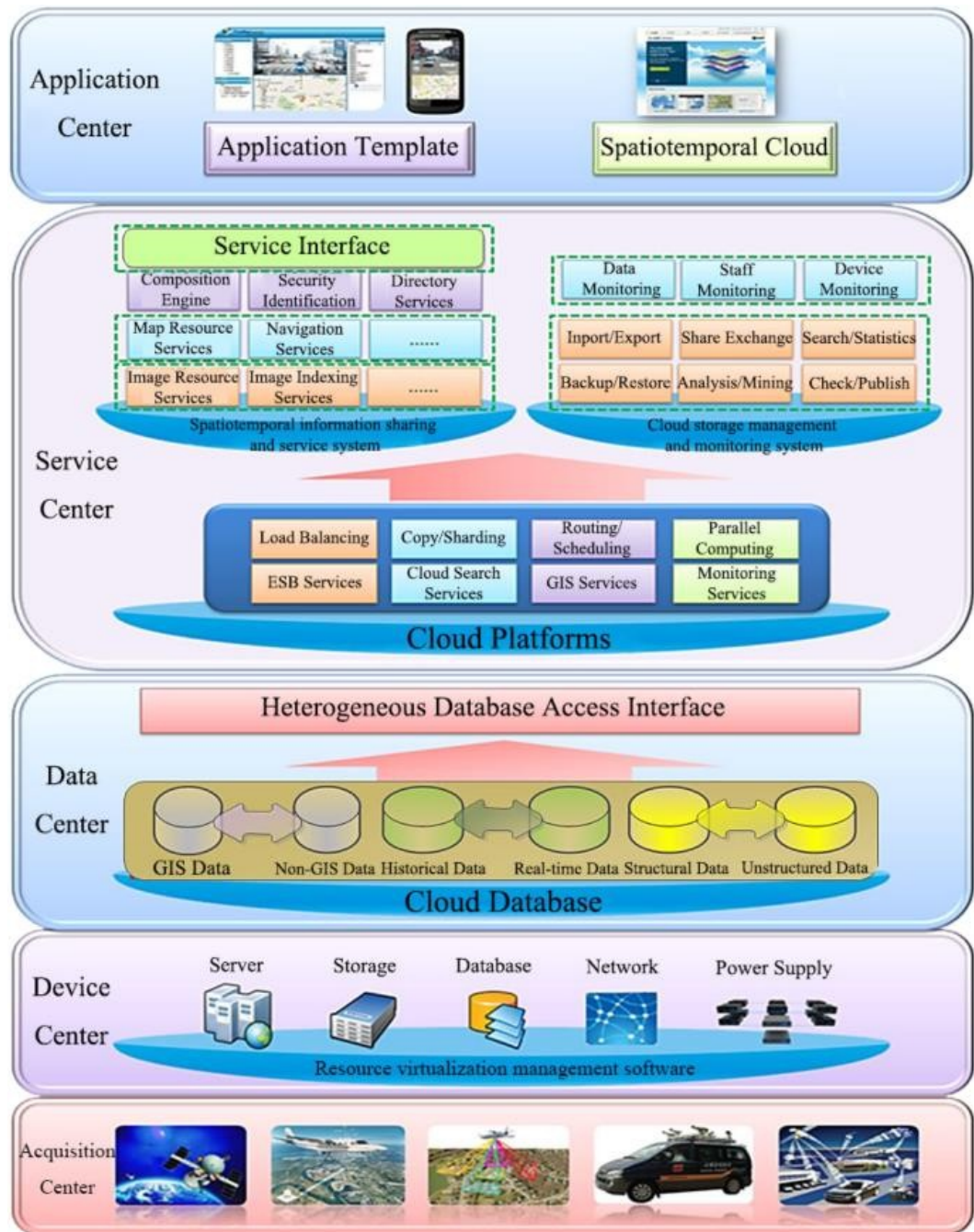


Рис.1.4 Принципова схема структури платформи хмарного сервісу публічної інформації розумного міста на основі цифрових двійників[14]

На рисунку 1.5 представлена принципова схема структури мозку роботи розумного міста, заснованого на цифровому двійнику. На основі мозку роботи розумного міста можна побудувати мультипортальний інтегрований

міський командно-рятувальний центр з інтеграцією даних хмарного центру обробки даних та цифрових підсистем різних підрозділів. Центр також використовує основні компоненти аналізу даних, такі як багатовимірний аналіз та інтелектуальний аналіз даних, а також аналітичні програми, такі як сприйняття LOD та моніторинг роботи в режимі реального часу. Цей центр може здешевити проекти міської інформатизації та її утримання, мінімізувати витрати на державні справи та підвищити ефективність міського руху.[14],[12]

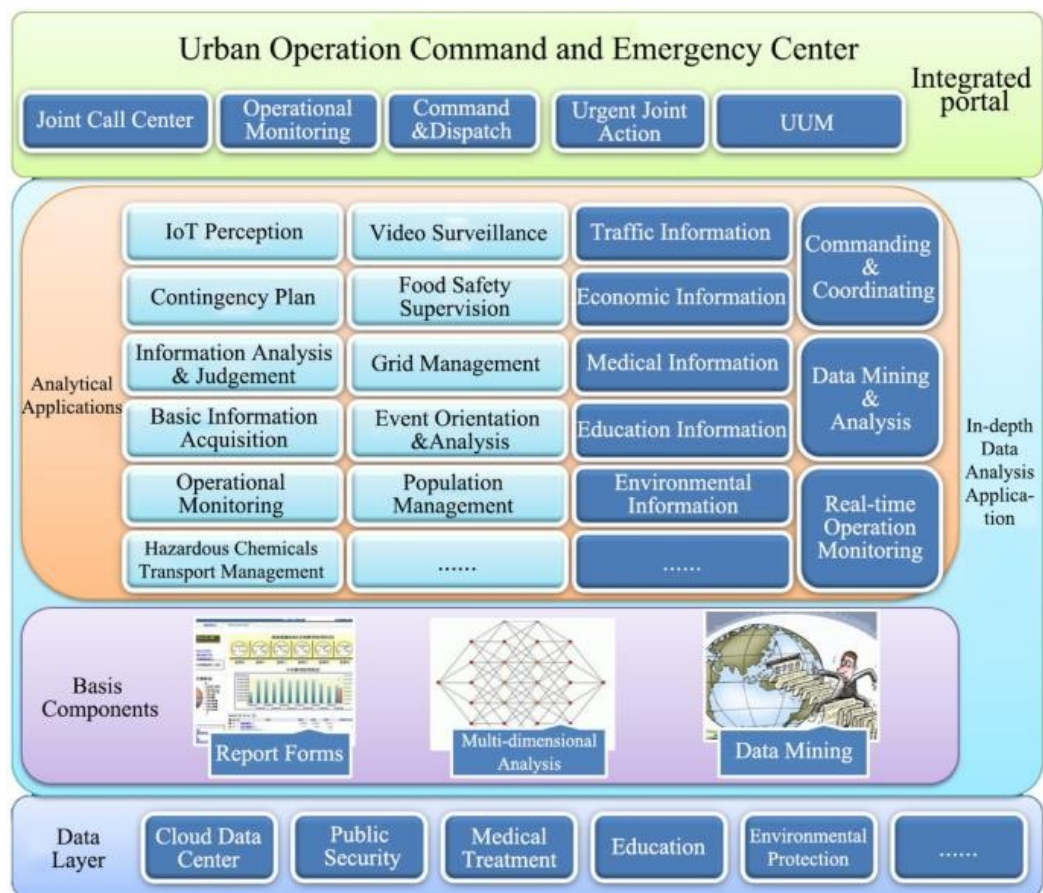


Рис. 1.5 Принципова схема роботи мозку розумного міста на основі цифрових двійників. (UUM: Уніфіковане керування користувачами)[14]

«Розумні міста» (англ., smart city) — це технологічно передові, сплановані міські райони, які використовують інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) для збору конкретних даних і їх використання для

оптимізації функціонування міста, одночасно покращуючи якість життя його громадян.[9]

Розумні міста є лише одним із прикладів того, як ВІМ може допомогти міським планувальникам побудувати оптимізовану та розумну інфраструктуру, яка відповідає потребам громадян і відповідає стандартам екологічного будівництва. З метою досягнення чистих нульових викидів, спочатку встановлених Паризькою угодою, у всьому світі докладаються зусилля для зменшення вуглецевого сліду будівельної галузі.

Як обговорювалося вище, проекти розвитку міст, як-от «розумні» міста, метро тощо, як правило, є великомасштабними та включають кілька проектних команд та агентств. ВІМ усуває комунікаційний проміжок, що сприяє посиленню співпраці між командами та агентствами та сприяє створенню середовища прийняття рішень на основі даних.

Кожен проект ВІМ базується на даних. Методи міського планування, такі як аналіз території та візуалізація даних у поєднанні з плавним обміном даними, дозволяють завчасно виявити помилки в складеному плані.

Візьмемо приклад Дубайського музею майбутнього, спроектованого архітектурною фірмою Killa Design. Використовуючи програмне забезпечення ВІМ, команда створила захоплюючі візуалізації на етапі планування та проектування, які дозволили всім професіоналам у всій галузі та особам, які приймають рішення (державним і приватним), пройти по всьому музею та перевірити кожен елемент на недоліки.[9] Подібним чином, містобудівники також можуть створювати візуальні моделі, знаходити недоліки проекту на ранніх стадіях, географічно аналізувати взаємодію проекту з навколишніми елементами та середовищем, включати спостереження та повністю оптимізувати генеральні плани з підвищеною точністю під час будівництва.

Раннє виявлення помилок означає, що виправлення плану вносяться до початку фактичного процесу будівництва. Використовуючи технологію ВІМ, міські планувальники можуть зменшити межу помилки та витрати ресурсів,

таких як гроші, праця та час, значно підвищуючи точність процесу проектування.

Містобудівні проекти здійснюються для покращення якості життя мешканців, але, враховуючи їх масштаби, сам процес будівництва може створювати незручності для користувачів. Обмежений доступ до розкопаних доріг і землі в міських інфраструктурних проектах може спричинити трафік, забруднення тощо. Технології BIM дозволяють міським дизайнерам і планувальникам досліджувати модульне збірне будівництво – метод, за якого компоненти антропогенного середовища будуються в інших місцях і переносяться лише на фактичний проект майданчик для складання. Це скорочує час будівництва на об'єкті та допомагає підтримувати якість життя та безпеку навколишніх мешканців.

Завдяки співпраці на основі BIM, точності, ранньому виявленню помилок, попередньому виготовленню, надійній візуалізації тощо наскрізний процес планування та будівництва стає дуже оптимізованим, коли кожна зацікавлена сторона знає про елементи проекту, які від них залежать. Спосіб планування та розвитку міської інфраструктури є більш видимим, прозорим і структурованим, що призводить до скорочення термінів реалізації проекту.[9]

Розглянемо цифрових двійників Smart Grid на базі Китаю.

Цифровий двійник Smart Grid – це процес моделювання з безліччю фізичних величин, безліччю часових і просторових масштабів і множинними ймовірностями, який повною мірою використовує фізичну модель, дані онлайн-вимірювань та історичні дані про експлуатацію енергосистеми, а також інтегрує міждисциплінарні знання, такі як електрика, комп'ютери, зв'язок, клімат та економіка. Він відображає весь процес життєвого циклу розумної мережі, відображаючи її у віртуальному просторі. У зв'язку зі збільшенням потреби людини в електроенергії масштаби ліній електропередач з кожним роком розширюються (рис. 1.6) у поєднанні з частим виникненням стихійних лих та погіршенням умов експлуатації обладнання, що призводить до збільшення навантаження на інспекції ліній

електромереж. Поточні інспекції ліній в основному покладаються на ручні способи. Однак цей метод не тільки неефективний, але і має сліпі зони огляду, які поступово не можуть повністю задовольнити потреби обстеження електромереж (рис. 1.7). Сучасним електромережам терміново необхідно встановити безпечний, ефективний та інтелектуальний режим перевірки.[14]

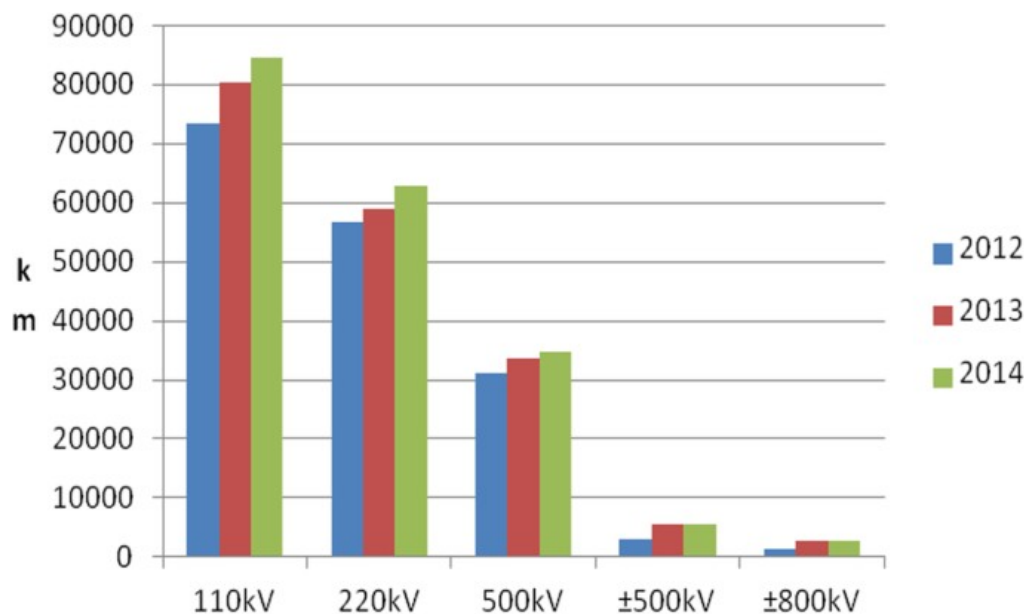


Рис.1.6 Зростання різних класів напруги в Китаї з 2012 по 2014 рік[14]

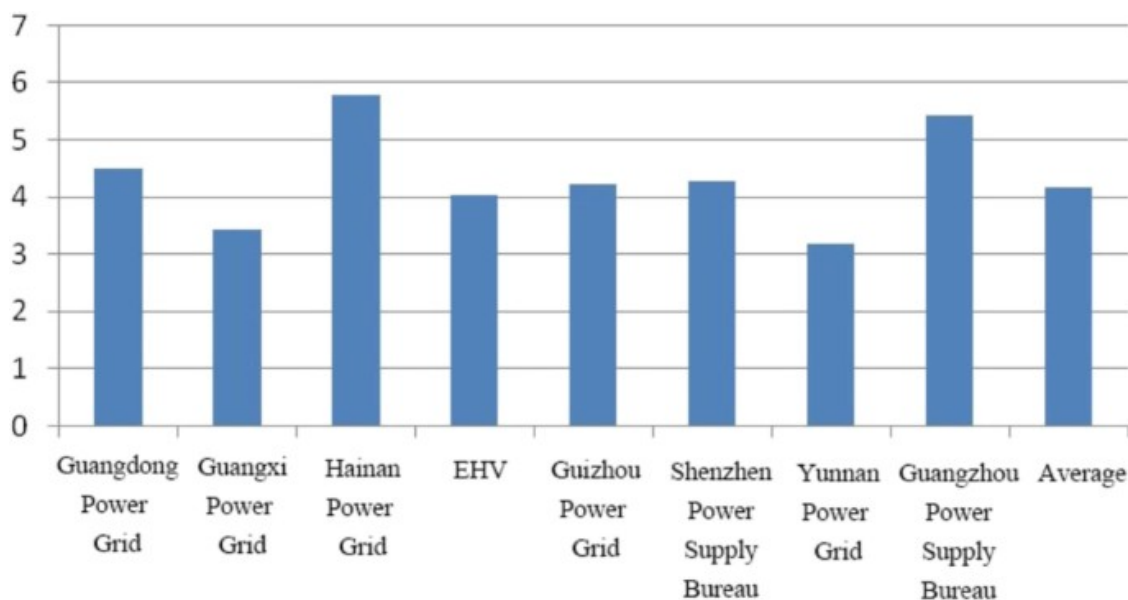


Рис.1.7 Кадрове становище відділення державної електромережі в 100 км [14]

На основі технології цифрової подвійної розумної мережі ми можемо розробити методику онлайн виявлення пошкоджень ізолятора в режимі

реального часу та онлайн-розрахунку відстані безпеки, буферної зони для дерев за допомогою штучного інтелекту (рис. 1.8). Ця техніка може реалізувати перевірку в режимі реального часу, інтерпретацію несправностей і повідомити про вихід, тим самим значно знижуючи трудомісткість. Крім того, спираючись на цю методику, може бути створена програмно-апаратна інтегрована система, заснована на багатоелементному точному позиціонуванні, ідентифікації та моделюванні енергетичного коридору, а також моделі розрахунку 3D просторових відносин, яка може бути використана для вирішення завдань позиціонування ризику безпеки енергетичного коридору та його раннього попередження. В даний час техніка досягла 15 провінцій, міст і регіонів Китаю, з інспекційною лінією близько 20 000 км і інспекційним пробігом понад 50 000 км, що приносить економічну вигоду в розмірі понад 200 мільйонів юанів.[14]



Рис.1.8 Патруль БПЛА та інтелектуальна система моніторингу коридору живлення[14]

1.3 ВІМ моделювання та ГІС

Як і BIM, ГІС використовує зібрані необроблені дані для візуального подання характеристик унікальних місць. Візуалізація цих даних здійснюється кількома способами, починаючи від даних точок (наприклад, точне розташування шпильки на карті) і закінчуючи багатокутниками (наприклад, відображення цілих міст або штатів).

Географічна інформаційна система (ГІС) — це комп'ютерна система, яка створює, зберігає, аналізує та наносить на карти географічні дані. Вона збирає просторові та атрибутивні дані (або табличні дані) і поєднує їх для найкращого візуального зображення будь-якої частини землі. Наприклад, місцезнаходження лікарні – це просторові дані. Додаткова інформація про лікарню, як-от її назва, лікування, яке вона пропонує, місткість тощо, є атрибутивними даними.[9]

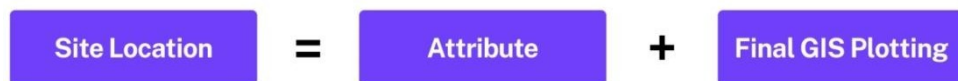


Рис.1.9 Алгоритм роботи ГІС[9]

В останні роки професіонали АЕС (Архітектура, інженерія, будівництво) все частіше почали використовувати BIM для будівництва або пропагувати його використання – починаючи від етапу планування до будівництва та обслуговування. І мета досягнення мережевого нейтралітету дає цьому додатковий поштовх. Природно, що використання BIM також набуває поштовх у міському проектуванні та плануванні.[9]

Наприклад, інструмент оцінки пропускнуої спроможності станції лондонського метро – програмне забезпечення, яке об'єднує BIM та ГІС, покращує керування пасажиропотоком. Він використовує дані BIM для створення 3D-моделей станцій і дані ГІС для моделювання пасажиропотоку, що дозволяє планувальникам оптимізувати дизайн станцій для зменшення заторів.

Найважливішою перевагою інтеграції BIM і ГІС є точність, з якою вона дозволяє міським планувальникам плавно переходити від аналізу з висоти

пташиного польоту до вивчення конкретних елементів і особливостей плану побудованої інфраструктури, а потім виходити за межі плану ділянки у великому місті, штаті, країні чи навіть у всьому світі – усе це підтверджується даними. [9]

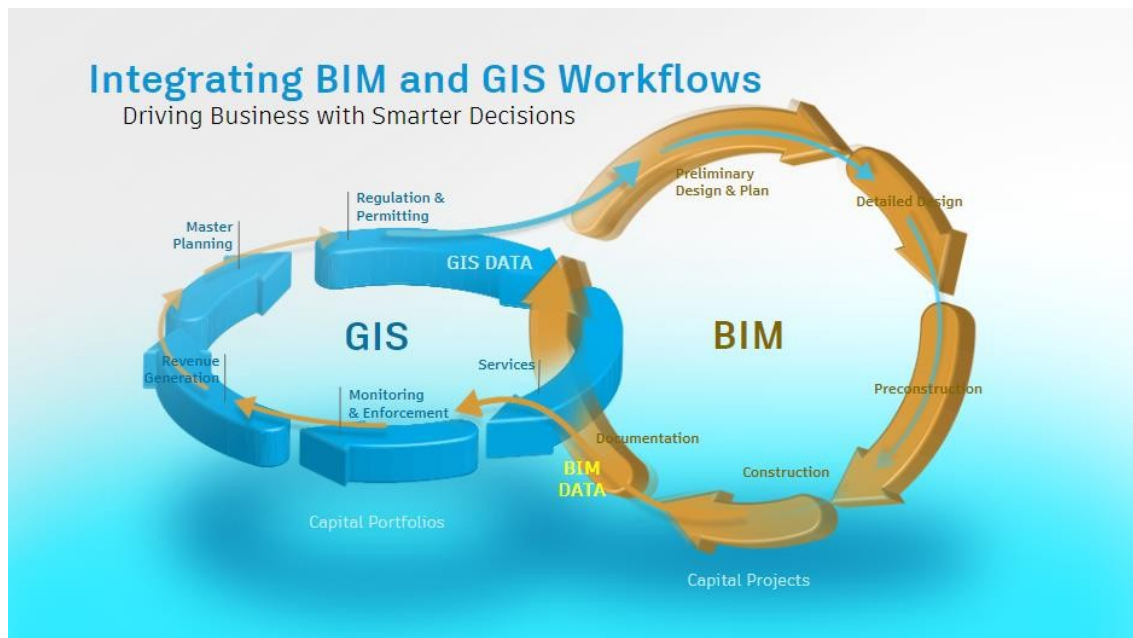


Рис.1.10 Інтеграція BIM та GIS для міського планування на основі даних[9]

Також Інтеграція BIM та GIS відбувається на рівні сервісу між компанією Esri та Autodesk.

Esri має широкий набір рішень для конкретної платформи та робочого процесу для керування транспортними даними, зберігання, візуалізації, аналізу та оперативного аналізу. Поєднання ArcGIS Pro для інтеграції та аналізу даних, ArcGIS Online для геопросторових хмарних сервісів, мобільні робочі процеси з Collector, залучення громадян за допомогою Survey 123 і Story Maps, а також ArcGIS Urban для концептуального дизайну. [10]

Autodesk має інженерні інструменти, які швидко вдосконалюють інженерні перевезення, включаючи багатомодальне моделювання. Одним із найцікавіших аспектів цього річного AU є безперервне вдосконалення концептуального дизайну з InfraWorks, інженерної деталізації з Civil3D, проектування будівель з Revit, а також спільних робочих процесів і аналізу

проектів з BIM360. Насправді симуляції транспорту InfraWorks продовжують удосконалюватися щодо зручності використання.

Співпраця між Esri і Autodesk підкреслює найкращі сторони обох компаній. Фахівці з розробки та проектування можуть збирати живі дані з ArcGIS, включаючи дані, що динамічно оновлюються з Collector, або з каналів за допомогою ArcGIS GeoEvent Server. Це не обмін файлами — це інтеграція даних на рівні сервісу.

Наприклад, будь-який користувач може зібрати розташування колодязів і атрибути для проекту за допомогою ArcGIS Collector. Результати визначення таких місць можуть бути використані інженером або дизайнером за допомогою Autodesk InfraWorks або AutoCAD Civil3D. Крім того, у міру розвитку дизайну ці зміни можна опублікувати в ГІС. Інформаційні панелі можна використовувати для візуалізації проектів у міру їх зміни та визначення ризиків.[10]

Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто основні поняття BIM моделювання, досвід BIM моделювання та BIM моделювання та ГІС.

BIM-моделювання (Building Information Modeling) - це сучасний підхід до управління будівельними проектами, який дозволяє ефективно планувати, проектувати, будувати і експлуатувати об'єкти. Основні концепції BIM включають створення та використання цифрової 3D-моделі будівлі, яка містить всю необхідну інформацію про об'єкт на всіх етапах його життєвого циклу. Це забезпечує високу точність, знижує витрати і ризики, а також покращує комунікацію між усіма учасниками проекту.

Досвід BIM-моделювання забудованих територій показує, що цей метод значно підвищує ефективність управління міським середовищем. Завдяки BIM ви можете створювати детальні моделі існуючих будівель та інфраструктури, точно оцінювати поточний стан об'єкта, планувати реконструкцію та модернізацію. Крім того, BIM-моделювання допомагає оптимізувати процес будівництва нових об'єктів, зменшити кількість помилок і витрат, а також поліпшити координацію між різними учасниками будівництва процес.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВІМ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

2.1 Технологія BIM моделювання

Інформаційна модель будівлі - це централізоване електронне сховище інформації, що стосується фізичних та функціональних аспектів проєкту. Сховище цієї інформації, яку можна обчислити, розвивається протягом життєвого циклу проєкту. Інформація використовується в процесі BIM різними способами деякі безпосередньо, а деякі похідні, обчислюються та аналізуються.

Першим етапом первинної обробки даних полягає в тому щоб зібрати всі необхідні вихідні дані для створення BIM моделі. Сюди входять:

- Архітектурні плани та креслення: 2D креслення, PDF файли або CAD файли.
- Геодезичні дані: хмара точок, топографічні плани, дані про рельєф та координати.
- Інженерні плани: Схеми електропостачання, водопостачання, каналізації, вентиляції та інших інженерних систем.
- Фотографії.

Наступним етапом який також входить до первинної обробки даних виступає. Оцифрування даних, якщо надані дані подані в друкованому варіанті, відбувається сканування документів та перетворення їх в файли формату (PDF, TIFF, DWG). Також в цей пункт входить векторизація, де відбувається перетворення растрових зображень в векторні файли для подальшого використання в CAD або BIM. [32],[33],[34],[35], [37]

На третьому етапі до BIM моделі йде створення архітектурної та конструктивної моделі. Першою створюється архітектурна до неї входять зовнішні та внутрішні стіни, визначаються атрибути для них: матеріал, висота та розташування. Перекриття та підлоги тут відбувається моделювання поверхів будинків з урахуванням їх атрибутів – структури і матеріалів. Вікна, двері розміщуються відповідно до архітектурного плану з атрибутами – розміри, типи конструкцій.

Після архітектурної моделі створюють конструктивну модель, на цьому етапі створюють – колони та балки, розміщуються несучі елементи будівлі з атрибутивними даними: розмір, матеріал, розташування. Далі йдуть плити та перекриття, відбувається моделювання плит з урахуванням їх характеристик та матеріалів. Останнім кроком в побудові конструктивної моделі виступає фундамент, він розробляється з урахуванням типу ґрунтів та навантажень.[32],[33],[34],[35], [37]

Всі вище перераховані атрибути мають мати чітко визначені матеріали (бетон, сталь, дерево, тощо), також мають бути зазначені властивості цих матеріалів(міцність, теплопровідність, стійкість до вогню, тощо).

Також до моделювання ВІМ може входити моделювання інженерних мереж:

- Систем опалення, вентиляція, кондиціонування повітря(HVAC):
 - Опалення - Розробка систем опалення з урахуванням розміщення котлів, радіаторів, трубопроводів та інших елементів. Визначення типу системи (централізоване або локальне опалення).
 - Вентиляція: Проектування вентиляційних каналів, повітропроводів, вентиляторів та інших елементів. Врахування типів приміщень та вимог до повітрообміну.
 - Кондиціонування повітря: Розміщення кондиціонерів, систем охолодження та їх інтеграція з іншими елементами HVAC.
- Систем водопостачання та каналізації: [32],[33],[34],[35], [37]
 - Водопостачання: Проектування системи подачі води, розміщення трубопроводів, насосів, баків для води та інших елементів. Врахування гарячого та холодного водопостачання.
 - Каналізація: Розміщення каналізаційних труб, стояків, колекторів та інших елементів системи водовідведення. Врахування вимог до ухилів труб та системи вентиляції каналізації.
- Систем електропостачання:

- Електричні розподільчі системи: Створення схеми розподілу електроенергії, розміщення електричних щитів, кабелів, розеток та вимикачів.
- Освітлення: Розробка системи освітлення з урахуванням розташування світильників, типу ламп та управління освітленням.
- Слабкострумові системи: Інтеграція систем сигналізації, інтернет-мереж, телефонії та інших слабкострумових систем.

Моделювання поверхні (рельєфу) в ВІМ є важливою частиною створення інтегрованої моделі будівлі, оскільки воно не тільки визначає правильне розташування об'єктів на місцевості, але й визначає їх інтеграцію з існуючою інфраструктурою та природними елементами. [32],[33],[34],[35], [37]

Процес складається з декількох етапів, які забезпечують точне і детальне подання місцевості.

Першим етапом є імпорт оцифрованих раніше даних (геодезичні дані, топографічні карти) у ПЗ(Autodesk Civil 3D, Bentley Systems, Revit, та інші) для роботи з ВІМ моделями. Далі йде створення поверхні, тут використовуються інструменти ВІМ для побудови поверхні рельєфу, процес може відбуватися автоматично на базі точок висоти, або ручне створення якщо це необхідно. Завершуючим загальним етапом створення моделі рельєфу є повторне використання точок для формування точної моделі рельєфу, визначення контурів та градієнтів схилів.

До фінальної моделі рельєфу мають бути додані: розташовані об'єкти на місцевості, сюди можуть входити будівлі, дороги, інженерні комунікації відносно рельєфу місцевості; водні об'єкти та рослинність: річки, озера, зелені насадження, та інші природні елементи; підпірні стінки та тераси: проектування штучних елементів рельєфу (підпірні стінки, тераси, насипи та котловани).

Також ВІМ моделювання не обходиться без заповнення атрибутних даних, вони є ключовими для детальної та точної інформації на кожному рівні деталізації, ще включають в себе інформацію про властивості елементів моделі,

в подальшому використовується для аналіз управління і прийняття рішень протягом всього життєвого циклу моделі.

На рівнях деталізації; LOD 100, атрибутивні дані включають в себе тільки основні параметри (приблизні розміри); LOD 200 включає в себе такі атрибути: приблизні розміри, матеріали, основні характеристики; LOD 300 : детальні характеристики матеріалів, специфікації, висоту, розміри, та інші технічні дані; LOD 400 : детальні креслення, специфікації виготовлення та монтажні конструкції; LOD 500 : цей рівень зобов'язує бувати моделі з остаточною геометрією ат атрибутами які необхідні дял управління об'єктом під час експлуатації, включає в себе інформацію про обслуговування, технічні характеристики, та інформацію про компоненти. [32],[33],[34],[35], [37]

Наповнення атрибутивних даних відбувається в декілька основних кроків, спочатку потрібно визначити необхідні атрибутивні дані для кожного елементу відповідно до рівнів деталізації з врахуванням стандартів, вимог замовника. Потім провести збір даних про матеріали, технічні характеристики, виробників, експлуатаційні вимоги, тощо. Використовуючи функції ПЗ в якому будується модель, внести всі необхідні атрибути. [32],[33],[34],[35], [37]

Після визначення рівня деталізації, наповнення атрибутами, йде робота по створенню BIM моделі. По закінченню роботи з моделюванням, яке має відповідати технічним вимогам відповідно до рівня деталізації та вимогам проекту (моделювання будівлі, ландшафту, інтер'єрів та інших об'єктів, які будуть відображені на зображеннях) починається робота над рендером візуалізації. Для рендеру можуть бути використовуватися такі ПЗ: V-Ray, Lumion, Enscape, Autodesk Raytracer (вбудований в Autodesk Revit), Blender Cycles тощо.

Під час рендеру додаються параметри освітлення, матеріалів та текстур, для бажаного відображення вигляду зображень. Додаються текстури до стін, підлоги, покрівель, меблів та інших елементів присутніх в завданні проекту, для надання точних текстур об'єктав використовуються фотографії реальних

матеріалів або створення вручну. На фінальному етапі рендеру налаштовуються освітлення(природне чи штучне), тіні, кольори, яскравість, розташування світла. [32],[33],[34],[35], [37]

Кінцева модель має відповідати рівням деталізації та рівням точності: геометрична точність – відповідність геометричних об’єктів реальним об’єктам; атрибутивній точності – правильність та повнота інформації для моделі (параметри матеріалів, властивості, розміри, технічні специфікації тощо); топологічна точність – правильне відображення взаємозв’язків між різними елементами моделі, такими як з’єднання стін, стикання різних матеріалів; синтаксична точність – відповідність моделі встановленим стандартам та правилам, які регулюють структуру та формат даних у BIM; відповідність специфікаціям та стандартам – для багатьох країн і галузей існують стандарти та специфікації, яким повинні відповідати BIM моделі. Відповідність цим вимогам забезпечує високу якість та надійність моделей. [32],[33],[34],[35], [37]

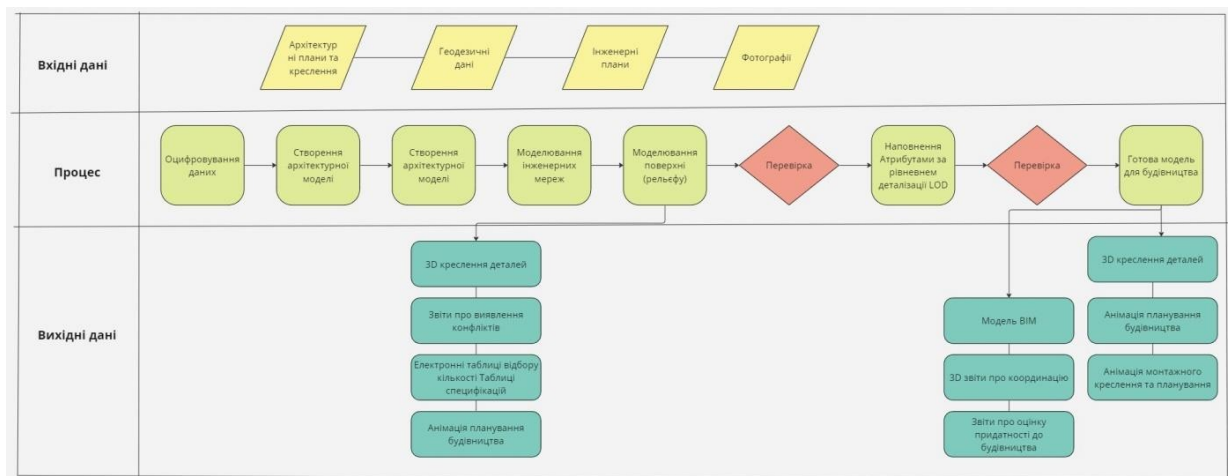


Рис.2.1 Блок-схема, технології BIM моделювання

2.1.1. Огляд інструментальних засобів BIM моделювання

Існує багато багато інструментальних засобів для створення BIM моделей. Деякі з них можуть більше підходити для комплексного управління,

інші для координації зіткнень, в окремих засобах простіше моделювати, або мають орієнтацію на координацію.

- Revit – найкраще рішення для BIM;
- Revizto – найкращий варіант для координації зіткнень;
- Navisworks – найкраще рішення для моделювання проекту;
- Vectorworks Architect – найкраще програмне забезпечення BIM, орієнтоване на координацію;

Revit — це добре відоме програмне забезпечення для будівництва BIM, яке призначене для вирішення різних архітектурних і проектних задач. Він був розроблений Autodesk і є одним із найпопулярніших рішень у галузі. Багато різних спеціалістів можуть скористатися переліком функцій Revit, зокрема архітектори, дизайнери, спеціалісти з механіки, електрики та сантехніки (MEP), підрядники тощо. Саме програмне забезпечення пропонує інтелектуальний підхід до різних етапів процесу будівництва за допомогою моделей.[13]

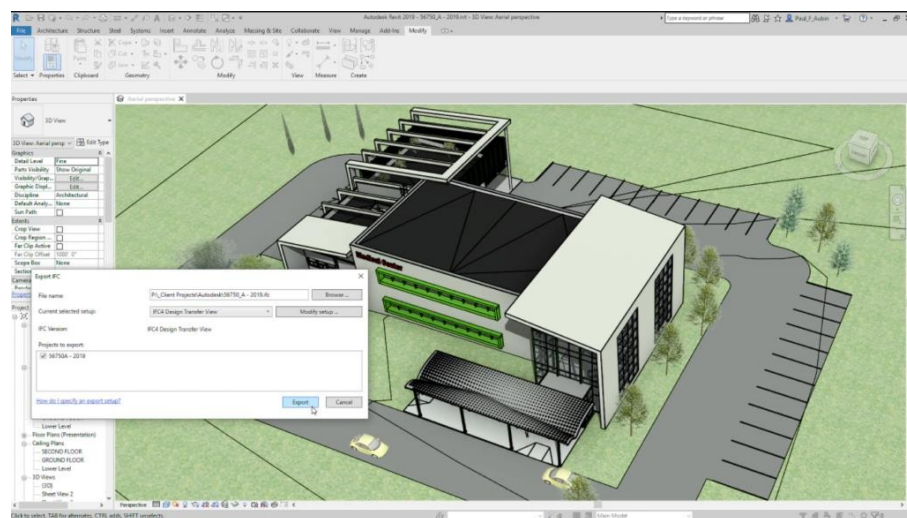


Рис.2.2 Інтерфейс ПЗ Revit[13]

Таблиця 1

Переваги та недоліки ПЗ Revit

Переваги	Недоліки
Детальні можливості створення моделі	Вищі за середні системні вимоги для версії програмного забезпечення для ПК
Велика кількість інтеграцій з іншими	Сумісність версій працює лише в один

рішеннями та типами інформації	спосіб – оновлення старих моделей можливе, але повернення до версії наявних ні, що може бути проблемою для деяких складніших моделей, які оновлюються не так часто, як решта
Універсальність рішення в цілому	Рішення не особливо зручне і має досить високий поріг входу
Гідна похвали підтримка клієнтів	Обмежені можливості автоматизації

Revizto – найкращий варіант для координації зіткнень. Основним варіантом використання Revizto є створення інтегрованої платформи для співпраці в середовищі BIM для робочих процесів 2D і 3D, що дозволяє користувачам спілкуватися з усіма учасниками та зацікавленими сторонами проекту в середовищі спільної роботи. Рішення Revizto можна використовувати на всіх етапах процесу будівництва та включають такі функції, як керування конфліктами, відстеження проблем, синергію 2D/3D моделей і навіть можливість досліджувати ваші моделі у VR. Цей інструмент є централізованою, зручною платформою, щоб усе, що вам потрібно, було під рукою. Він робить точні, важливі дані доступними для всіх зацікавлених сторін незалежно від рівня кваліфікації, дозволяючи їм приймати кращі, швидші та ефективніші рішення в реальному часі. [13]

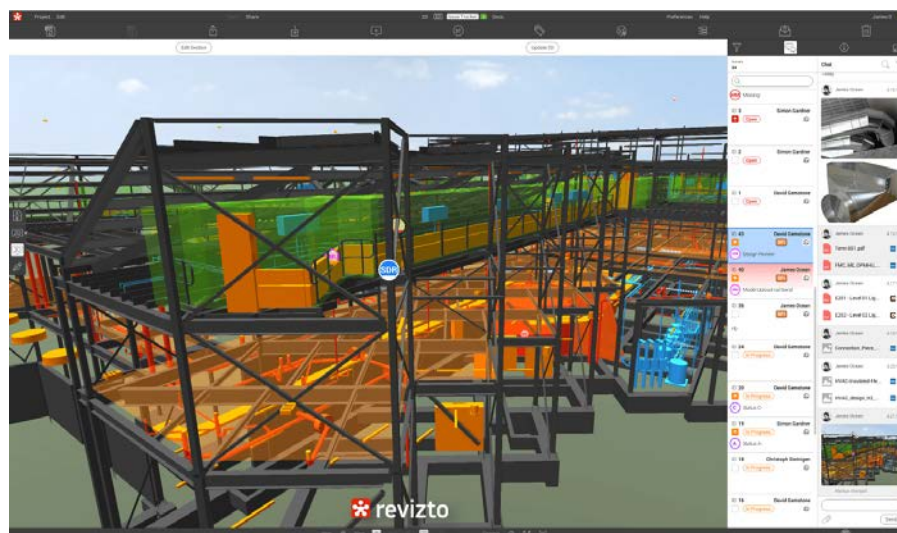


Рис.2.3 Інтерфейс ПЗ Revizto[18]

Переваги та недоліки ПЗ Revizto

Переваги	Недоліки
Чудові можливості відстеження проблем за всіма напрямками	Можуть виникнути певні труднощі з великими файлами проекту, що призведе до сповільнення програмного забезпечення або навіть збоїв
Можливість призначати конкретні зіткнення різному персоналу	Інтерфейс користувача може звикнути до нього після таких рішень, як Navisworks
Різноманітні інтеграції з популярними рішеннями BIM і CAD	Фільтрування даних складно правильно налаштувати
Корисний інструмент координації та співпраці з централізованим доступом до інформації	Функцію звітування можна було б краще налаштувати

Navisworks — ще одне рішення BIM, створене Autodesk. Основна відмінність між Navisworks і Revit полягає в тому, що Navisworks — це більше рішення для перегляду проектів для професіоналів у сфері архітектури, інженерії та будівництва (АЕС). Як і Revit, він працює з MS Windows, а також може працювати разом з іншими рішеннями Autodesk 3D, щоб відкривати та об'єднувати їх моделі, переглядати їх і переходити між ними без будь-яких труднощів.[13]

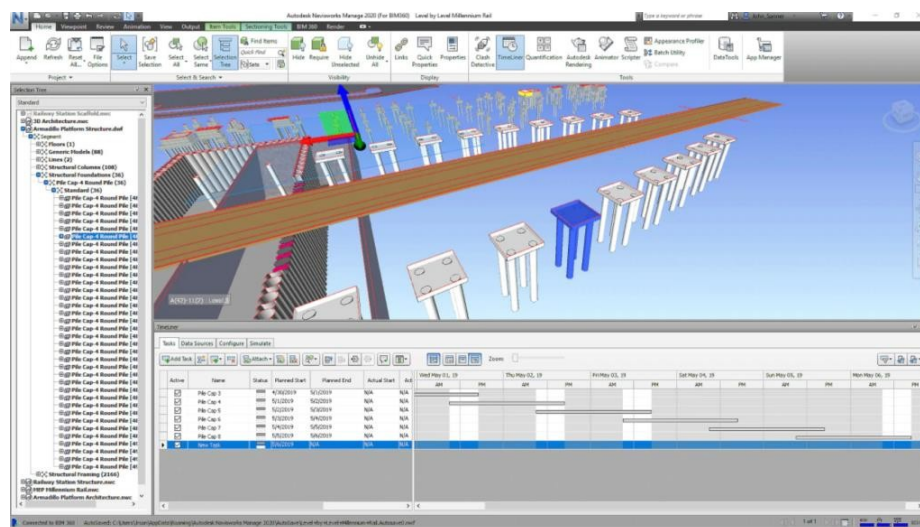


Рис.2.4 Інтерфейс ПЗ Navisworks[13]

Переваги та недоліки ПЗ Navisworks

Переваги	Недоліки
Велика кількість різних форматів файлів, які можна імпортувати в Navisworks	Може важко працювати з великими файлами проекту
Підтримка більшості існуючих «вимірів» BIM, включаючи 4D (час), 5D (вартість) і навіть 7D (екологічність)	Ціновий масштаб в цілому нелегко встигнути
Широкі можливості співпраці в рамках одного рішення	Високі вимоги до обладнання робочого столу
Координація зіткнень з іншими командами легка та проста	Важко потрапити без попереднього досвіду програмного забезпечення BIM

ArchiCAD — це програмне забезпечення для 3D BIM, основним призначенням якого є проектування та моделювання. Він був розроблений Graphisoft і може працювати як з настільними системами MS Windows, так і з Mac. ArchiCAD надзвичайно популярний у сфері містобудування, дизайну та архітектури, оскільки він покращує весь робочий процес цих професій. Усі функції ArchiCAD мають бути максимально корисними для цілей візуалізації як в естетичному, так і в технологічному аспектах.[19]

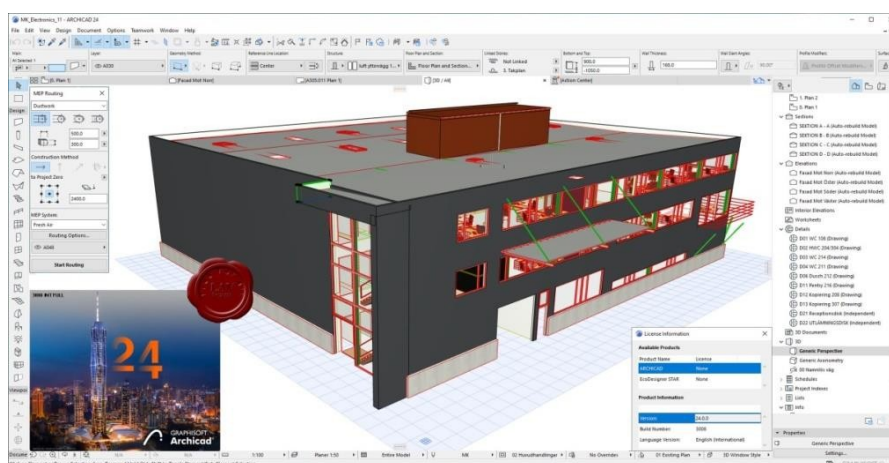


Рис.2.5 Інтерфейс ПЗ ArchiCAD [19]

Переваги та недоліки ПЗ ArchiCAD

Переваги	Недоліки
Може використовуватися протягом усього процесу реалізації проекту, від проектування до операцій після будівництва	Інструменти двовимірного малювання тьмяні
Широкі можливості створення 3D-моделей	Утомливий інструмент для деталізації
Може переглядати проекти як у 2D, так і в 3D	Оновлення креслення макета займає багато часу
Зручна навігація між різними інструментами	Бібліотека об'єктів може використовувати набагато більше параметрів налаштування

Vectorworks Architect — це пакет рішень, який включає інструменти CAD і BIM. Його головна мета — працювати з процесом проектування, як 2D, так і 3D, без шкоди для творчого бачення оригінальної моделі. Ви можете використовувати цей пакет для покращення всього робочого процесу, від концептуалізації до фактичного будівництва.[16],[17]

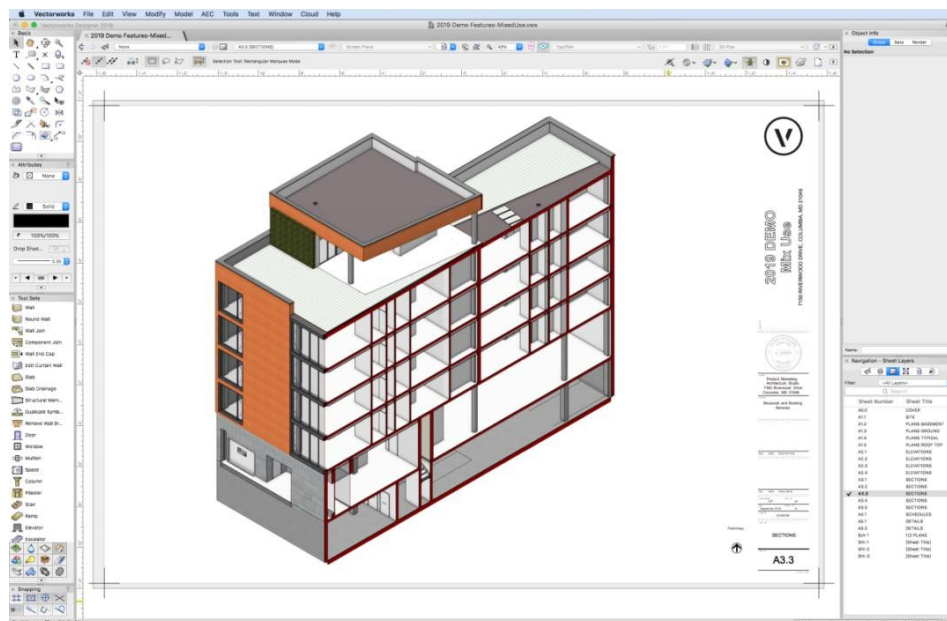


Рис.2.6 Інтерфейс ПЗ Vectorworks Architect [20]

Переваги та недоліки ПЗ Vectorworks Architect

Переваги	Недоліки
Відносно легко навчитися і звикнути	Можливості BIM дещо обмежені в порівнянні з іншими рішеннями на ринку
Чудово підходить для невеликих і середніх проектів	Деякі робочі процеси між 2D і 3D є дещо громіздкими та незручними для користувача
Вбудовані можливості точного відтворення	Потенційна несумісність зі старими версіями програмного забезпечення через випущені нові функції
Широко оцінюють загальний досвід користувача	Може виникнути проблема з великими файлами проекту

[16] , [17]

Порівняльна таблиця

	Вартість	Протсота використанн я	Функціонал	Інтеграція та сумісність	Підтримка та ресурси
Revit	Дорога ліцензія	Потребує більше часу на навчання	Широкий функціонал	Найкраща інтеграція з іншими програмами Autodesk	Велика кількість навчальних матеріалів та спільнот
Revizto	Недорога ліцензія	Потребує менше часу на навчання	Складний та недосконалий в роботі	Різноманітні інтеграції з популярними рішеннями BIM та CAD	Можна спілкуватися з іншими користувачами і з самого середовищі програми
Navisworks	Недорога ліцензія	Потребує більше часу на навчання	Складний за рахунок великої кількості функцій	Працює разом з іншими рішеннями Autodesk	Має менше ресурсів
ArchiCAD	Дорога ліцензія	Зручна навігація між різними	Широкий функціонал	Підтримка відкритих стандартів для	Достатня кількість навчальних

		інструменти		сумісності з іншими інструментами	матеріалів та спільнот
Vectorworks Architect	Недорога ліцензія	Відносно легко навчитися	Широкий функціонал	Різноманітні інтеграції з популярними рішеннями BIM та CAD	Менша кількість ресурсів

2.2 Технологія BIM моделювання забудованих території на основі лідарних даних

Рівень деталізації та точність:

Рівень деталізації (LOD): В BIM моделюванні, створеному на основі LiDAR даних, може бути досягнуто рівня деталізації до LOD 300. Це включає деталізоване подання таких елементів, як стіни, двері, вікна і дахи, що дозволяє точно відобразити структуру і архітектуру будівель. [21],[22]

Точність: Точність LiDAR даних може досягати одного міліметра або навіть менше, що забезпечує високу точність моделей і дозволяє використовувати їх для різноманітних інженерних і архітектурних завдань.[21]

Першим етапом побудови BIM є оцінка збору даних

Оцінка збору даних:

- Перевірка обладнання та методи сканування, що використовуються для збору даних, щоб переконатися, що вони відповідають вимогам проекту.
- Перевірити чи достатня роздільна здатність сканування для захоплення необхідного рівня деталізації для цілей моделювання.

Наступним кроком йде перевірка оформлення та вирівнювання

Оформлення та вирівнювання:

- Перевірка точності реєстрації та вирівнювання хмари точок, якщо зроблено кілька сканувань для покриття всієї області.

- Перевірка хмари точок чи правильно узгоджені зі встановленою системою координат і джерелом проекту.[21]



Рис.2.7 Реєстрація хмари точок[21]

Якщо зйомка була проведена успішно, реєстрація хмари точок була коректною, та хмара точок узгоджена з правильною системою координат, можна приступати до виконання роботи безпосередньо з самою хмарою точок

Очищення даних і зменшення шуму:

- Визначити та видалити будь-які шуми, викиди або небажані точки даних, які можуть виникнути в результаті артефактів сканування або факторів навколишнього середовища.
- Застосувати методи фільтрації даних для підвищення якості хмари точок і видалення нерелевантної інформації.
- Переконатися, що уточнені дані хмари точок представляють чистіше та точніше подання сканованого середовища.
- Очистити непотрібні скановані області та викиди з даних сканування.[21]



Рис.2.8 Вихідна хмара точок[21]



Рис.2.9 Хмара точок після чистки[21]

Перевірка повноти:

- Потрібно переконатися, що дані хмари точок охоплюють усі важливі елементи та особливості сканованого об'єкта чи середовища.
- Перевірити, що в даних хмари точок відсутні критичні області чи компоненти.
 - Перевірити, що щільність даних хмари точок достатня для початку вилучення геометрії.
 - Підтвердити розмір даних хмари точок на основі вимог моделювання, щоб пришвидшити час обробки системою

Перевірка точності:

- Перевірити точність даних хмари точок, порівнюючи їх із наземними вимірюваннями чи іншими надійними джерелами даних.
- Перевірити наявність будь-яких відхилень або розбіжностей між даними хмари точок і фактичною фізичною структурою.

Виявлення зіткнень і аналіз перешкод:

- Провести виявлення зіткнень для виявлення потенційних перешкод між різними елементами будівлі або системами в даних хмари точок.
- Вирішити зіткнення або конфлікти перед тим, як продовжити процес моделювання, щоб уникнути неточностей у остаточній моделі.[21]

Перевірка даних щодо САПР або дизайну:

- Перевірити дані хмари точок щодо існуючих креслень САПР або задуму проекту, щоб забезпечити узгодженість і відповідність вимогам проекту.
- За потреби відкоригувати дані хмари точок, щоб вони відповідали задуму проекту та уникали розбіжностей.

Перевірити дані щодо пілотної моделі:

- Створити попередню 3D-модель ВІМ на основі даних хмари точок і перевірте її точність на відсканованих даних.

- Налаштувати модель, щоб узгодити її з даними хмари точок і усунути неточності.

Перевірити дані хмари точок щодо умов на місці:

- Порівняти змодельовані елементи з фактичними умовами на місці та даними хмари точок, щоб переконатися, що модель точно представляє фізичне середовище.

Документація та звітність:

- Задokumentувати процес перевірки контролю якості та результати для подальшого використання та прозорості.

- Створення повного звіту з детальною інформацією про точність і повноту даних хмари точок для цілей моделювання.[21]

Проводячи процес перевірки ретельного контролю якості для моделювання від хмари точок до 3D Revit , дизайнери та інженери можуть впевнено використовувати дані для створення точних і надійних 3D-моделей, сприяючи прийняттю кращих рішень і покращуючи загальні результати проекту.

Точність хмари точок і підвищення щільності:

Алгоритм ICP сприяє оптимальній геореференції наборів даних LiDAR і фотограмметричних даних. Це зменшує розрив між відповідними точками та дає чудові результати в хмарах точок у міських районах.

Покращення кольору хмари точок:

Фільтри нейтральної щільності відіграють ключову роль у покращенні кольорів хмари точок. Застосовуючи ND фільтри різної щільності під час фотограмметричних польотів, радіометрія та текстури хмари точок розвиваються. Такі фільтри, як ND-8 і ND-16, пропонують чудові можливості для виділення складних деталей, оптимізуючи текстуру та контраст.

Удосконалення якості хмари точок:

Цей інноваційний підхід до об'єднання та вдосконалення значно покращує якість хмари точок. Поєднання атрибутів LiDAR і SfM покращує точність і щільність, що робить його важливим активом для складних міських

карт. Впровадження фільтрів ND відкриває новий вимір для покращення кольору хмари точок, що забезпечує детальну інтерпретацію та розширений аналіз текстури.

Метод, представлений GeoSpatial Laboratory, революціонує покращення якості хмари точок. Поєднання LiDAR і SfM у поєднанні з додатком фільтра ND обіцяє змінити форму додатків хмари точок у різних галузях.[21]

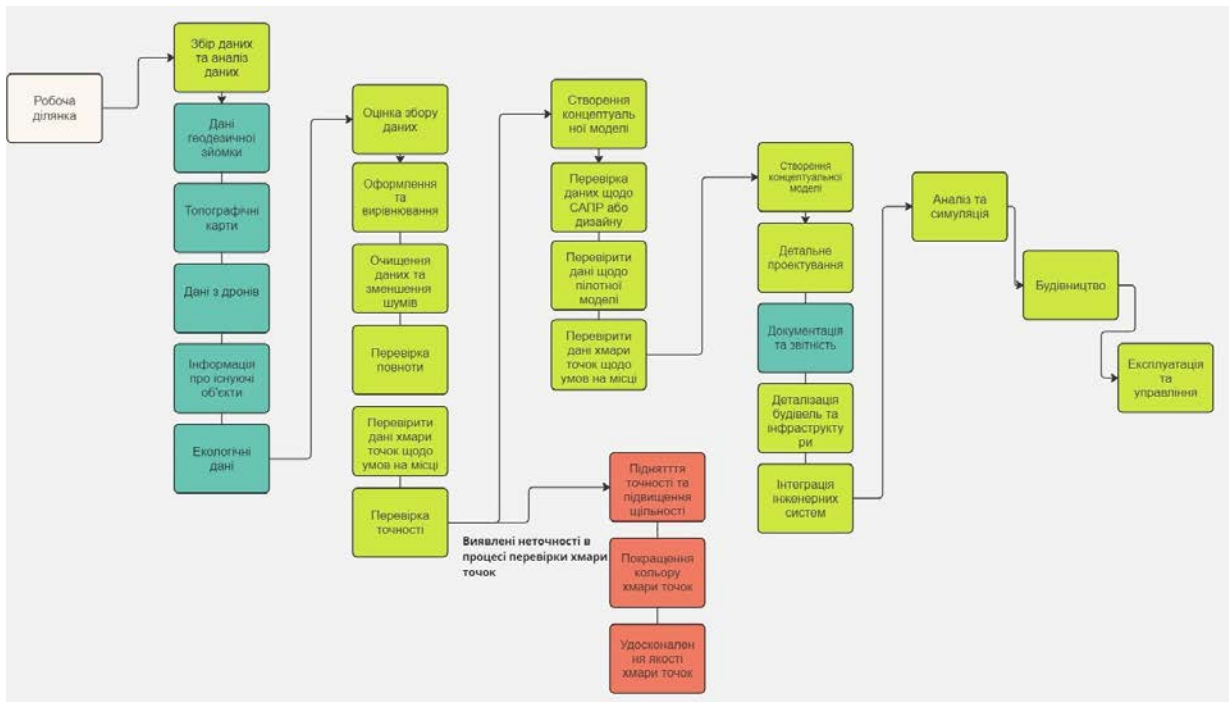


Рис.2.10 Блок-схема побудови BIM моделі

Висновки до розділу 2

У другому розділі, було розглянуто технологію BIM моделювання забудованих територій на основі лідарних даних, що включає наступні етапи: збір та аналіз даних, підготовка хмари точок до моделювання, створення концептуальних моделей, детальне проектування, аналіз та симуляцію, будівництво, експлуатацію та управління.

Вхідними даними для моделювання об'єктів є зшита відфільтрована хмара точок, а результатом – тривимірні моделі споруд точністю 5 см, та детальністю LOD300. Але точність та детальність залежать від точності та щільності вхідної хмари точок та можуть бути покращені за допомогою gps для позиційної точності та панорамних знімків для підвищення інформативності щодо атрибутів та деталей об'єктів.

РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ ВІМ МОДЕЛІ.

3.1 Опис території

Älmsta, також відоме як Елмста, розташоване в комуні Нортельє, повіті Стокгольм, Швеція. Це невелике поселення розташоване на північному кінці каналу Ведде, штучного каналу, вперше виритого в 16 столітті для забезпечення захищеного проходу між затоками Баггусф'ярден та Веддовікен. Канал неодноразово реконструювався і в даний час використовується приблизно 22 000 човнами щорічно.[23]

Частина території Älmsta знаходиться на острові Ведде, який відділений від материка цим каналом. Ведде є частиною історичного регіону Рослаген, відомого своїми мальовничими ландшафтами та багатою історією. Острів включає такі визначні місця, як Веддья церква та народний університет Ведде [24]

Станом на 2010 рік, населення Älmsta становило 1097 осіб, що показує зростання порівняно з 924 особами у 2005 році. Площа Älmsta становить приблизно 1,20 квадратних кілометрів, а густина населення складає близько 912 осіб на квадратний кілометр[23]

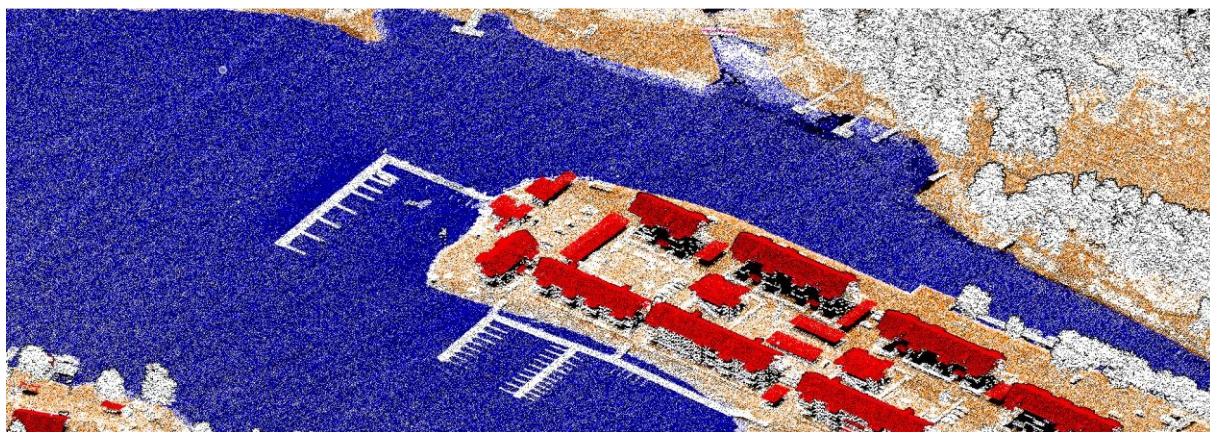


Рис.3.1 м. Ельмста знятий за допомогою лідарної зйомки [26]

Ельмста, розташована в шведському муніципалітеті Нордельє, має унікальні особливості рельєфу, обумовлені природними і антропогенними

факторами.Регіон розташований на острові Веде,відокремленому від материка протокою Веде,тому він має важливі географічні особливості.

Острів Веде є частиною регіону Рослаген і відомий своїми мальовничими ландшафтами, включаючи ліси та берегову лінію Балтійського моря. Рельєф місцевості здебільшого рівнинний, з невеликими пагорбами та численними водними шляхами, які впливають на екологічну систему та використання землі в регіоні. Висота території над рівнем моря невелика, середні показники близько 37 метрів[24]

Кліматичні умови у Älmsta також впливають на рельєф: територія має типово скандинавський клімат з холодними зимами і помірними літами. Зимові погодні умови можуть сприяти утворенню снігового покриву, що впливає на місцеву гідрологію і використання землі[25]

Щільність хмари точок 28 points/m² [26], точність зшивання 15 мм, найжича точка знаходиться на висоті 10 м навийща на висоті 40 м

3.2 Побудова BIM моделі (за допомогою ПЗ Revit)

Метою роботи є побудова тривимірної моделі забудованої території в масштабі 1:500 та детальністю об'єктів LOD 300

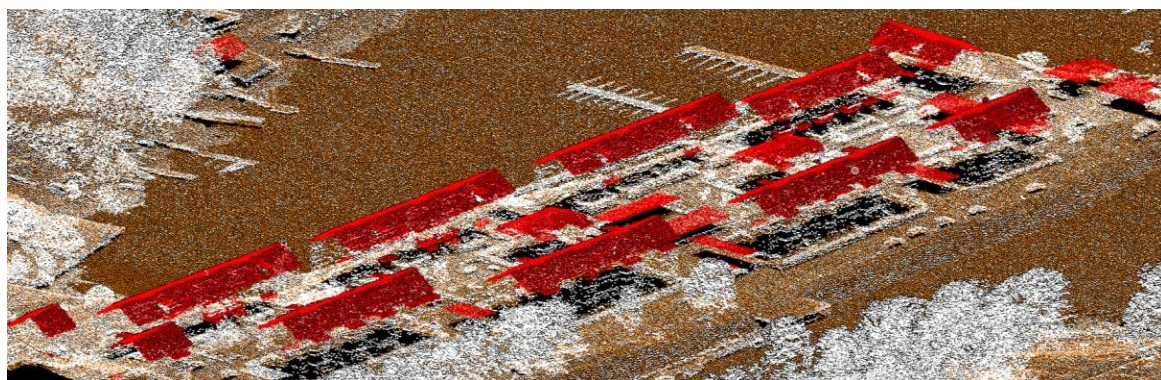


Рис.3.2 Видягд хмари точок в ПЗ MicroStation

Першочергово було додано хмару точок в ПЗ Revit за допомогою функцій : «Вставити» - «Хмару точок».

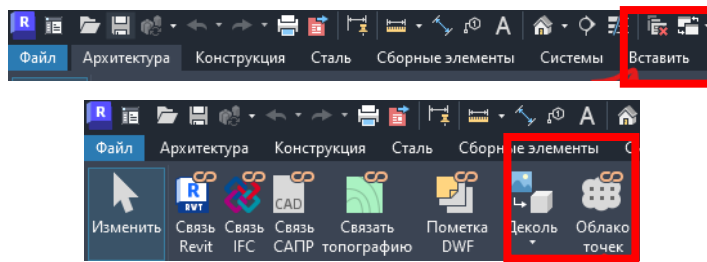


Рис.3.3 Функції для додавання хмари точок

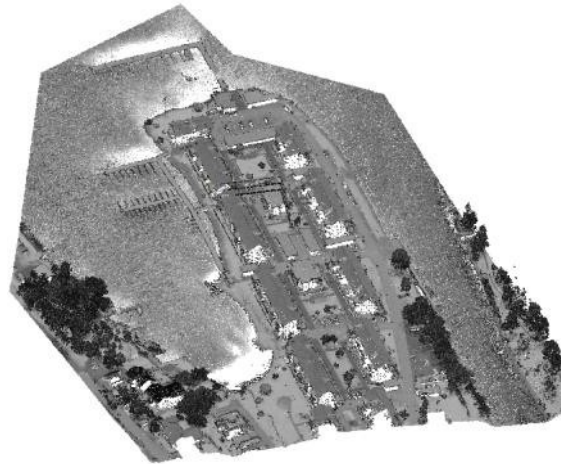


Рис.3.4 Додана робоча хмара точок в ПЗ Revit

В наступному етапі було побудовано стіни використовуючи «Архітектура»-«Стіни», в цьому випадку були використана «Стіна:несуча», оскільки маємо лише несучі стіни.

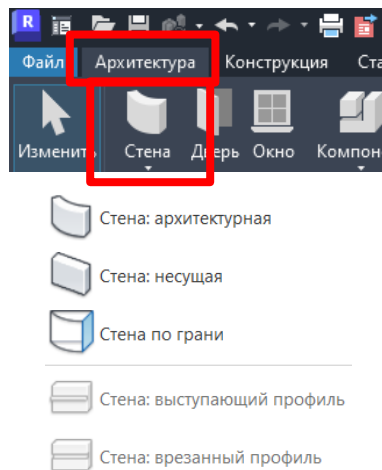


Рис.3.5 Функція для побудови стіни

Стіна:

- Архітектурна – створення не несучої стіни

- Несуча – створення несучої стіни або діафрагми жорсткості в моделі будівлі
- Стіна по грані – створення стін з використанням гарней формоутворюючого елемента або загальної моделі
- Стіна: виступаючий профіль – створення виступаючого профіля на стіні шляхом видавлювання профілю вздовж траєкторії
- Стіна: врізаний профіль – видавлення профілю вздовж траєкторії для створення вирізу в стіні

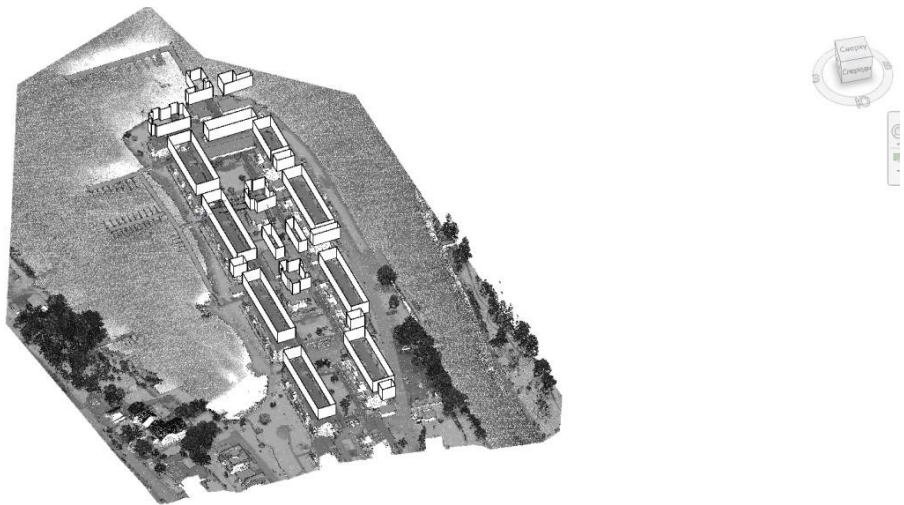
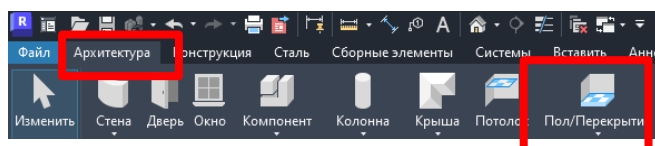


Рис. 3.6 Результат побудованих стін

Далі було побудовано підлогу першого поверху, були використані функції

«Архітектура»-«Підлога/Перекриття». Таким чином було створено всі 4 поверхи, були використані налаштування «Перекриття: архітектурне», тому що в завдання входило лише створення підлоги



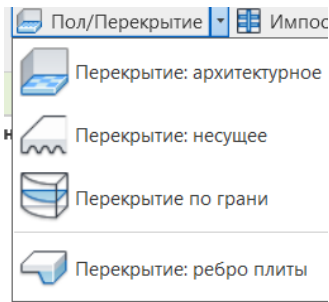


Рис.3.7 Функція для побудови перекриття

Перекриття:

- Архітектурне – створення етажного перекриття (підлоги) для використовуваного рівня
- Несуче – створення несучого перекриття плити для використовуваного рівня моделі будівлі
- По грані – перетворення формоутворюючого елемента – перекриття в поверхове перекриття моделі будівлі
- Ребро плити – формування горизонтального ребра поверхового перекриття

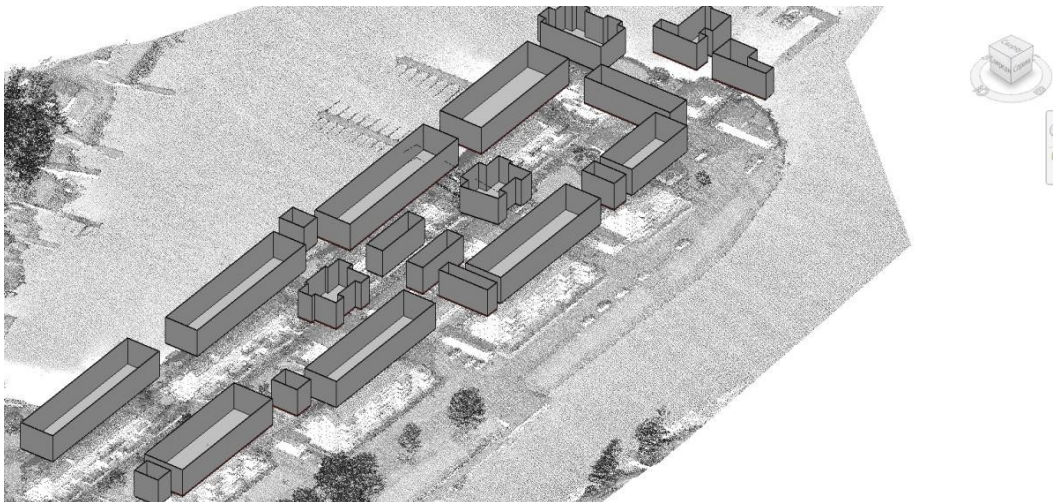


Рис.3.8 Модель зі стінами та підлогою першого поверху

Наступним кроком була побудовано дах та задано ухил «Архітектруа»-«Дах», оскільки маємо рівні дахи з ухилом були використанні налаштування «Дах по контуру»

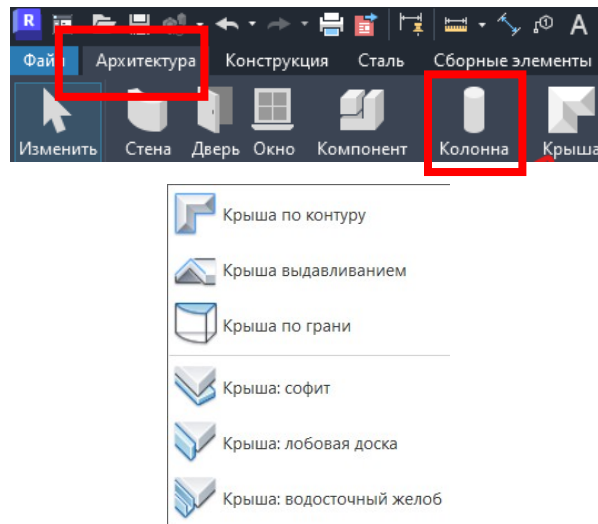
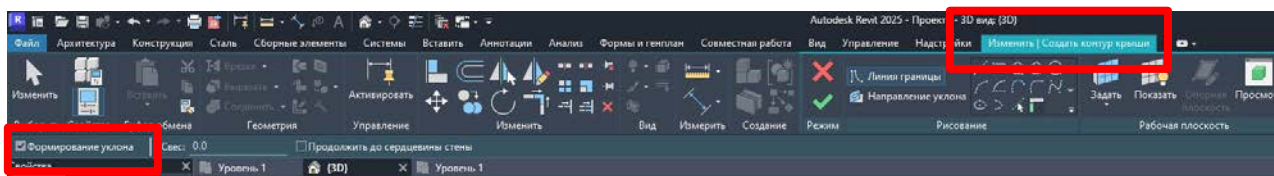


Рис.3.9 Функция для побудови даху

Дах:

- По контуру – Створення даху з використанням для визначення її меж контуру будівлі
- Видавлюванням – Створення даху шляхом видавлювання ескізу профілю
- По грані – Створення даху з використанням невертикальної грані формоутворюючого елемента
- Софіт – створення даху в моделі будівлі
- Лобова дошка – додавання бордюрної рейки до окромки даху, софіту або іншої бордюрної рейки, або ж до ліній моделі
- Водостічна ринва – додавання водостічної ринви до кромки даху, софіту або бордюрної рейки, або ж до ліній моделі

«Змінити/ Створити контур будівлі»-«Формування ухилу».



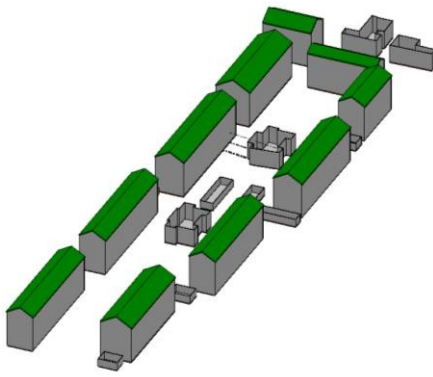


Рис. 3.10 Модель з дахом, стінами та підлогою

Далі було створено балкони, за принципом побудови підлоги.



Рис.3.11 Вигляд моделі зверху з балконами, стінами, та підлогою

В наступному етапі було зроблено огорожі для балконів, «Архітектура»-«Огорожа», маємо балкони прямокутної форми, для кращого відображення на моделі були використані налаштуваннями «Ескіз траєкторії»,

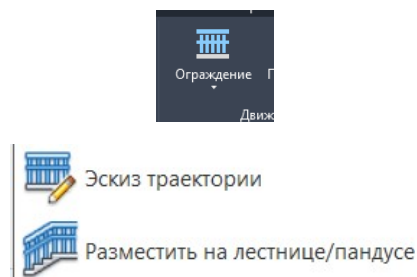


Рис.3.12 Функція для побудови огорожі балкону

Огорожа:

- Ескіз траєкторії – створення огорожі шляхом побудови траєкторії огорожі
- Розмістити на сходах/пандусі – розміщення огорожі на сходах або пандусі

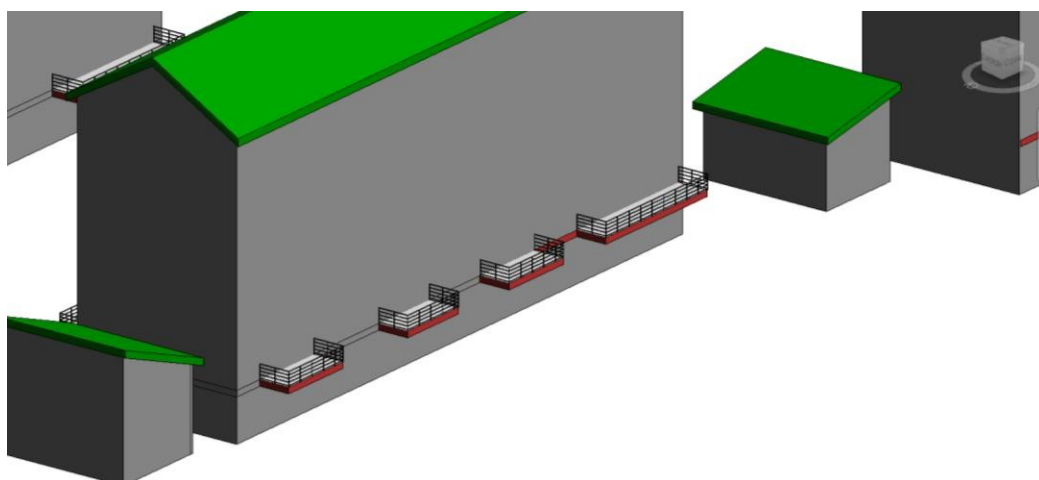


Рис. 3.13 Вигляд балконів збоку

Після балконів було створено вікна

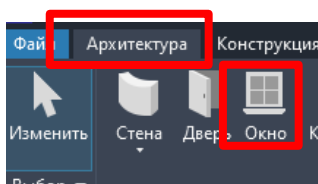


Рис.3.14 Функція для побудови вікон

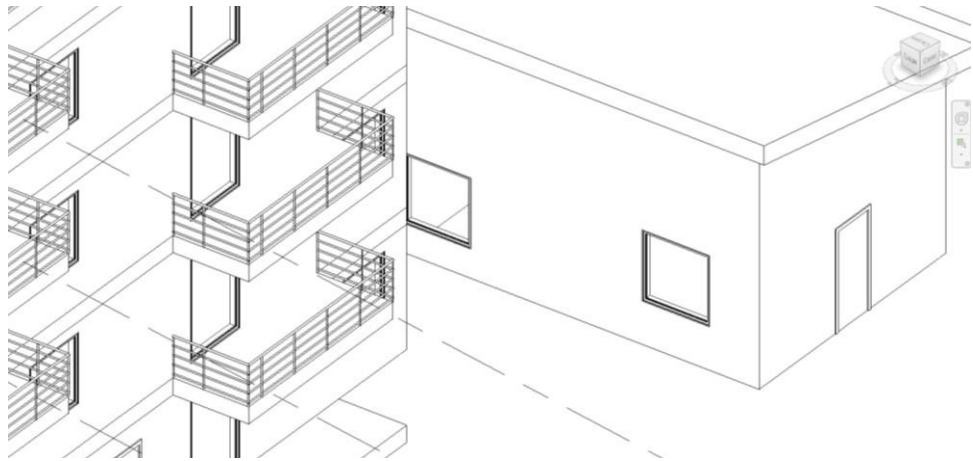


Рис.3.15 Вид готових вікон

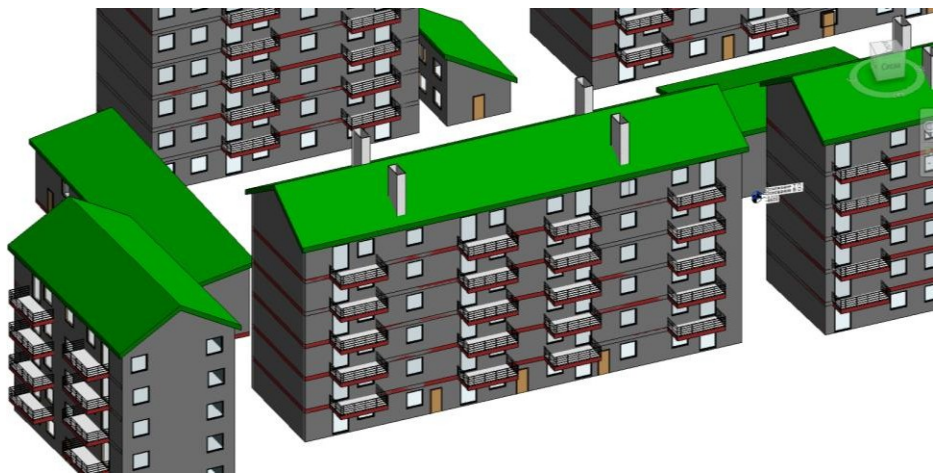


Рис.3.16 Модель в кольорі

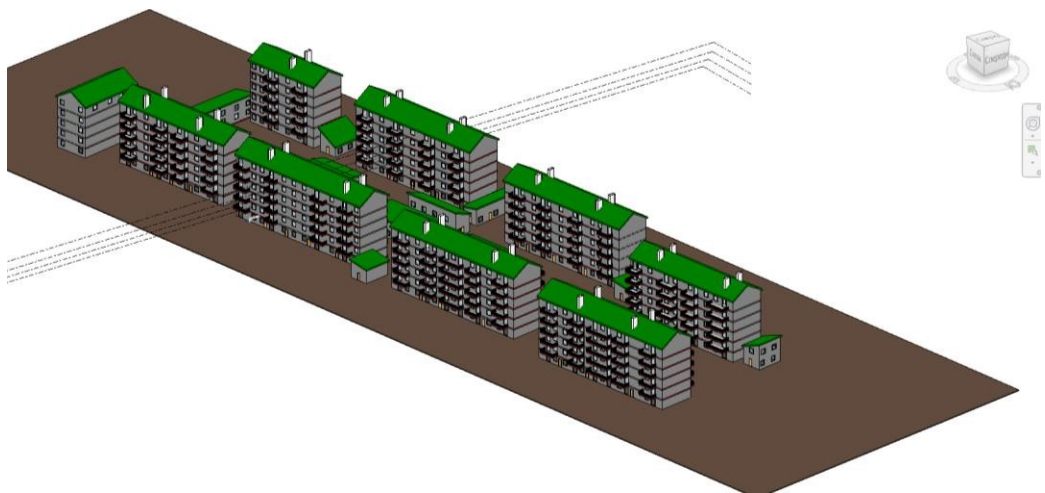


Рис.3.17 Готова BIM модель забудованої території

Висновки до розділу 3

У третьому розділі створено BIM моделі забудованої території міста Елмста точністю 5 см, детальністю LOD 300. Моделювання виконано інструментами «Архітектура» - «Стіни», «Підлога/Перекриття», «Дах», «Огорожа» та «Змінити/ Створити контур будівлі»-«Формування ухилу» програмного забезпечення Revit на основі результатів лідарного знімання – хмари точок щільністю 28 points/m² та позиційною точністю 5 см. Моделювання зайняло 10 робочих днів та потребувало спеціальних навичок роботи з просторово-розподіленими даними.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена BIM моделюванню забудованих територій на основі даних лідарного знімання, актуальність якої зумовлена доступністю створюванням точної та деталізованої моделі для планування та аналізу міських просторів.

В роботі три розділи, в яких розглянуті питання:

В першому розділі який має назву «BIM моделювання забудованих територій» було розглянуто такі підпункти: основні поняття BIM моделювання, особливості, та застосування BIM в Україні. Також було наведено застосування BIM для цифрових близнюків, та смарт сіті на основі цифрових близнюків, було наведено використання розумної мережі (Smart Grid) на прикладі Китаю. В останньому підпункті першого розділу було розглянуто інтеграцію BIM моделювання та ГІС.

В другому розділі «Технологія BIM моделювання забудованих територій» розглядались такі підпункти про: було описано повний цикл життя BIM моделі в загальному, а також окремо для забудованої території на основі лідарного знімання. Окремим підпунктом було розглянуто інструментальні засоби BIM моделювання

В третьому розділі «Створення BIM моделі»: описано м. Ельмста, його клімат, рельєф та описані вихідні дані для побудови BIM моделі.

Практична частина дипломної роботи присвячена моделюванню забудованої території міста Елмста точністю 5 см, детальністю LOD 300 в програмному забезпеченні Revit. Створена BIM модель буде інтегрована в ГІС міста Елмста для подальшого використання в системах прийняття рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поняття BIM.
URL: <https://www.linkedin.com/pulse/building-information-modeling-bim-making-smart-cities-bim-cafe-roryc/>
2. BIM- проектування в будівництві
URL:<https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/6807/1/pdf>
3. Рівні деталізації
URL:[Levels of Development \(LOD\) in BIM | Autodesk](#)
4. Типи LOD
URL:[thebimengineers.com/blog/view/importance-of-bim-level-of-details-lod-in-aec- projects](http://thebimengineers.com/blog/view/importance-of-bim-level-of-details-lod-in-aec-projects)
5. BIM технології в будівництві
URL:dedalsoft.com.ua
6. Стратегії впровадження BIM
BIM implementation strategies /Howard Ashcraft, Dennis R.Shelden/Gehry technologies 2007
7. Інтеграція BIM
Барабаш М.С., Бойченко В.В., Палиенко О.И. Информационные технологии интеграции на основе программного комплекса САПФИР Киев: издательство «Сталь», 2012. – 485 с.
8. Огляд можливостей та перспективи в Україні
URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Pbis_2015_2_4.pdf
9. BIM у міському плануванні
URL:<https://www.novatr.com/blog/benefits-of-bim-in-urban-planning>

10. Переваги BIM
URL:<https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/BIM-GIS-and-Smart-Cities-Challenges-and-Opportunities>
11. ПЗ для BIM моделювання
URL:[List of BIM Softwares: Top Tools for Building Information Modeling Professionals – BIMfinite](#)
12. Опис ПЗ Revit
URL: [Autodesk Revit Features | Revit Software Features](#)
13. Порівняння різних ПЗ для BIM
URL: <https://www.challenge.org/insights/digital-twins-and-smart-cities/>
14. Смарт сіті та цифрові двійники
URL: <https://www.challenge.org/insights/digital-twins-and-smart-cities/>
15. Концепція впровадження в Україні BIM-технологій у будівництві
URL: [Уряд затвердив Концепцію впровадження в Україні BIM-технологій у будівництві | Кабінет Міністрів України \(kmu.gov.ua\)](#)
16. Опис ПЗ Revizto
URL:<https://revizto.com/en/best-bim-software-tools-2023/>
17. Опис та порівняння ПЗ для BIM
URL:<https://projectmanagernews.com/tools/best-building-information-modeling-software/>
18. BIM технології в будівництві
URL:dedalsoft.com.ua
19. Інтерфейс ПЗ Revizto
URL:https://th.bing.com/th/id/R.08171d4b8ce645d9739122e91b85f3df?rik=XPTW_IТOBo6TXuA&riu=http%3a%2f%2flavteam.org%2fuploads%2fposts%2f2020-07%2f1594534522_archi24.jpg&ehk=wnr7b970EoPVZ5WU3E7O3XGg%2bSYh5KrPyW1aXDQRcHs%3d&risl=&pid=ImgRaw&r=0
20. Інтерфейс ПЗ Vectorworks Architect
URL: <https://gdm-catalog-fmapi-prod.imgix.net/ProductScreenshot/d201d3a4-bbe5-42d1-8c18-1927351a10d7.png>

21. Моделювання хмари точок

URL: <https://lidarmag.com/2023/09/28/point-cloud-to-3d-bim-modeling-ensuring-precision-of-point-cloud-data-to-build-robust-3d-bim-models/>

22. Лідарна зйомка для BIM

URL: <https://www.desapex.com/blog-posts/surveying-using-lidar-for-bim>

23. Опис міста Елмста

URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/%C3%84lmsta>

24. Місто Ельмста на карті

URL: <https://mapcarta.com/17677566>

25. Опис місцевості м. Елмста

URL: <https://studying-in-sweden.com/geography-topography/>

26. Дані про вихідну хмару точок

URL: <https://hmaragis.com/cases/building-and-water-classification-sweden/>

27. Концепція побудови BIM

URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/2/358>

28. Етапи побудови BIM

URL: <https://www.workyard.com/construction-management/bim>

29. Список програм BIM

URL: <https://bimfinite.com/list-of-bim-softwares/>

30. BIM моделювання забудованих територій

URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/1/202>

31. Використання BIM для транспортної інфраструктури

URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/20/7072>

32. Навчальні матеріали про BIM

"Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice" (Edited by Karen M. Kensek and Douglas E. Noble)

33. Навчальні матеріали для побудови BIM: BIM Handbook

"A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers" (by Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael

Sacks, and Kathleen Liston)

34. Документація ПЗ Revit

Autodesk Revit Documentation - Autodesk Revit

35. Навчальний посібник ПЗ

ArchiCAD ArchiCAD User Guide - Graphisoft ArchiCAD

36. Навчальна документація Bentley

Bentley Systems Resources - Bentley AECOsим

37. Графічне відображення рівнів деталізації

URL: <https://noventiq.by/about/blog/urovni-detalizatsii-bim-modeli--kak-dobitsya-predskazuemogo-rezultata>

ДОДАТКИ



Міністерство освіти та науки України
Київський національний університет
будівництва та архітектури



ВІМ моделювання забудованої території на основі лідарного знімання

Виконала: студентка 4 курсу, групи ГСТ-20
Спеціальності: 193 "Геодезія та землеустрій",
Спеціалізації: "Геоінформаційні системи та
технології"

Демченко М.А.

Керівник: к.т.н. Горковчук Ю.В.

Київ-2024

Мета роботи

Метою дипломної роботи було: вивчення та впровадження ВІМ технологій для забудованих територій на основі лідарних зніманих.

Об'єктом для побудови ВІМ моделі – забудована територія м. Ельмста.

Вхідними даними для моделювання об'єктів є зшита відфільтрована хмара точок.

Впровадження BIM в Україні

Бар'єри для впровадження BIM в Україні

- Висока вартість програмних комплексів
- Рентабельність тільки для великих та крупних компаній
- Неврегульованість нормативної бази
- Неготовність інвесторів додатково вкладати в інформаційні моделі
- Інерціальність та традиційність будівельної галузі
- Сумісність між різними програмними продуктами
- Інерціальність будівельної галузі щодо впровадження BIM

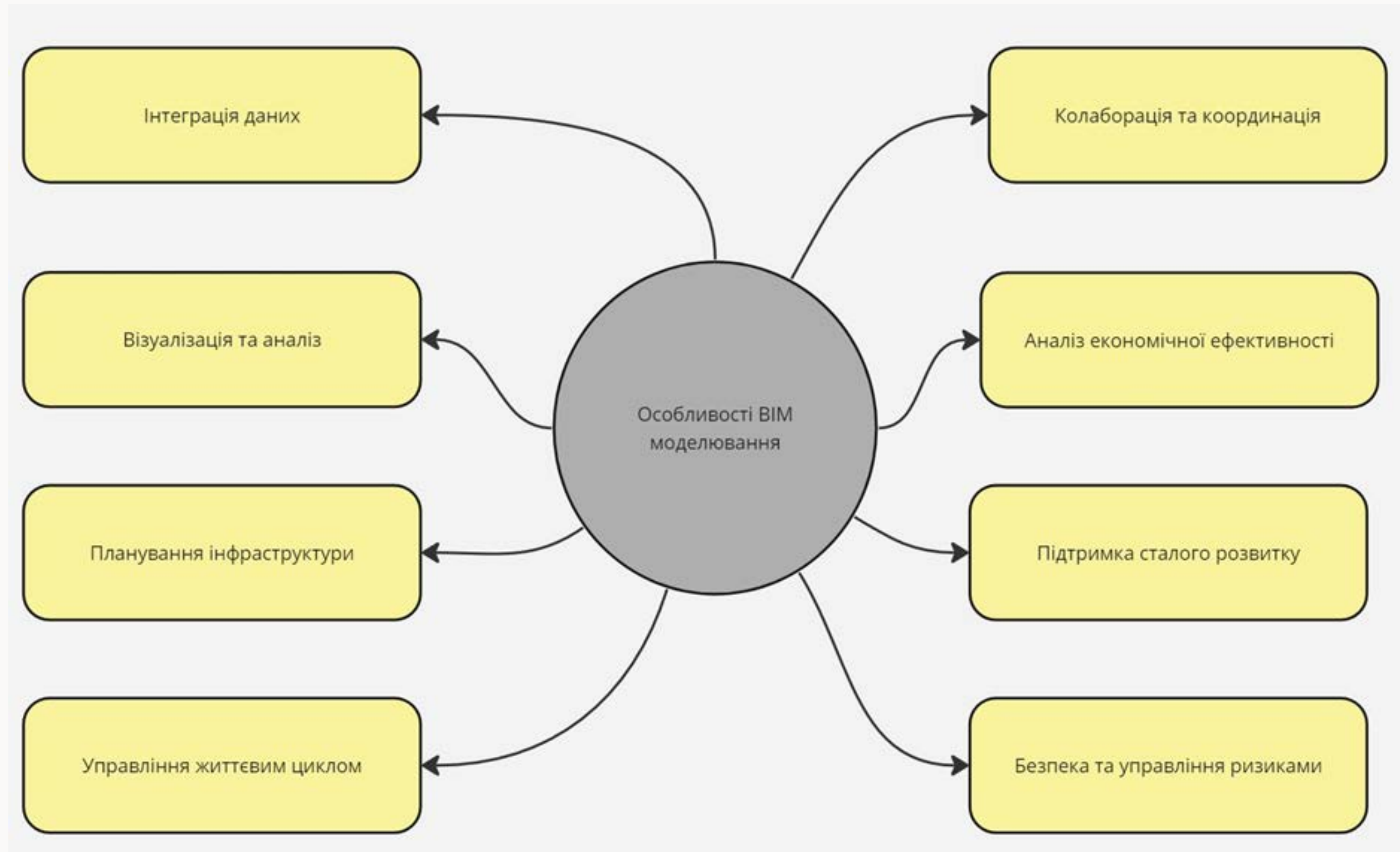
Чинники, що стимулюють впровадження BIM в Україні

- Орієнтація проектування на зовнішні західні ринки
- Імплементация європейських будівельних норм
- Зростання вартості енергоносіїв
- Впровадження енергоощадних програм та реформ
- Очікування закордонних інвестицій та програм

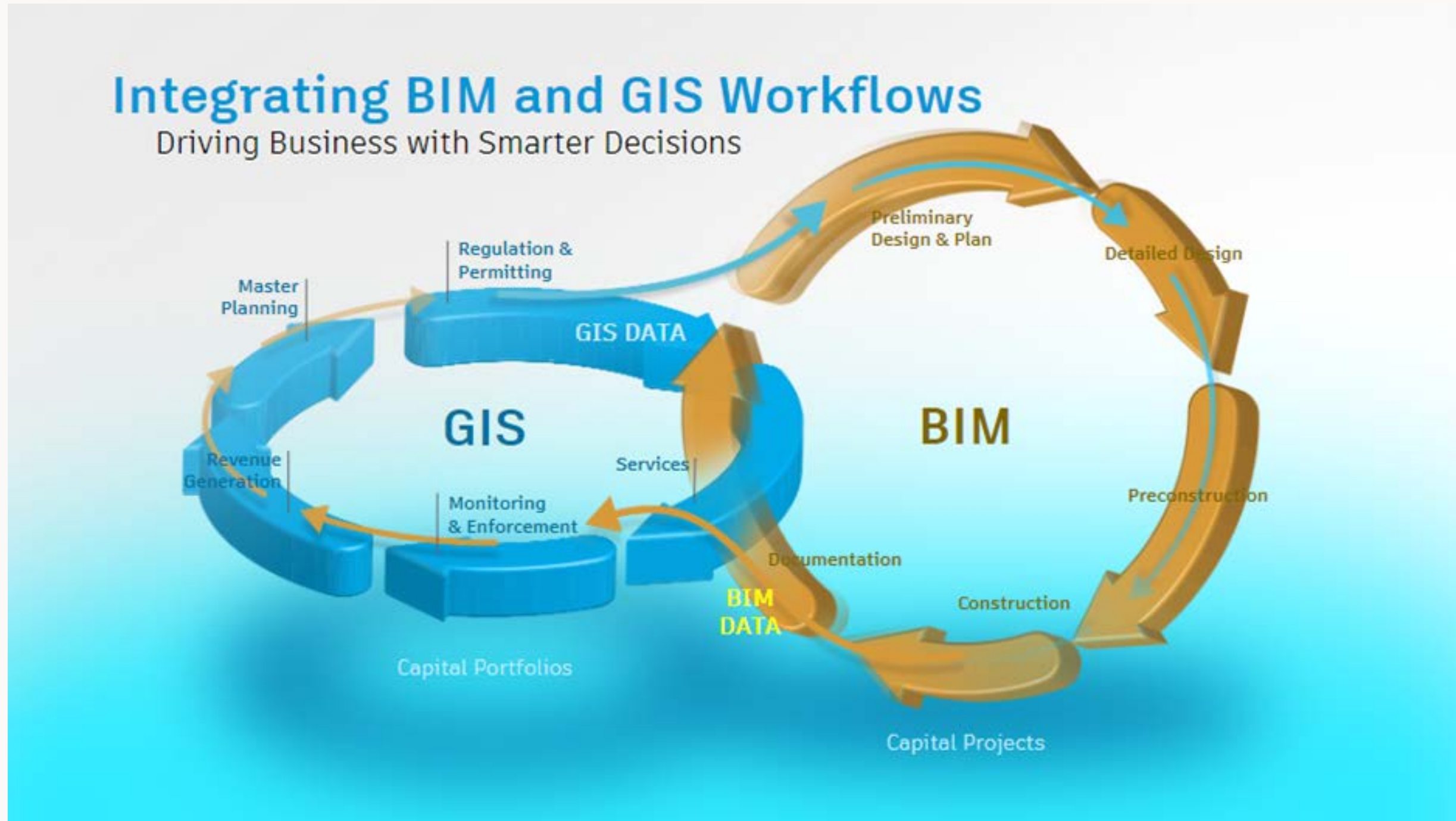
Рівні деталізації LOD



Особливості BIM моделювання

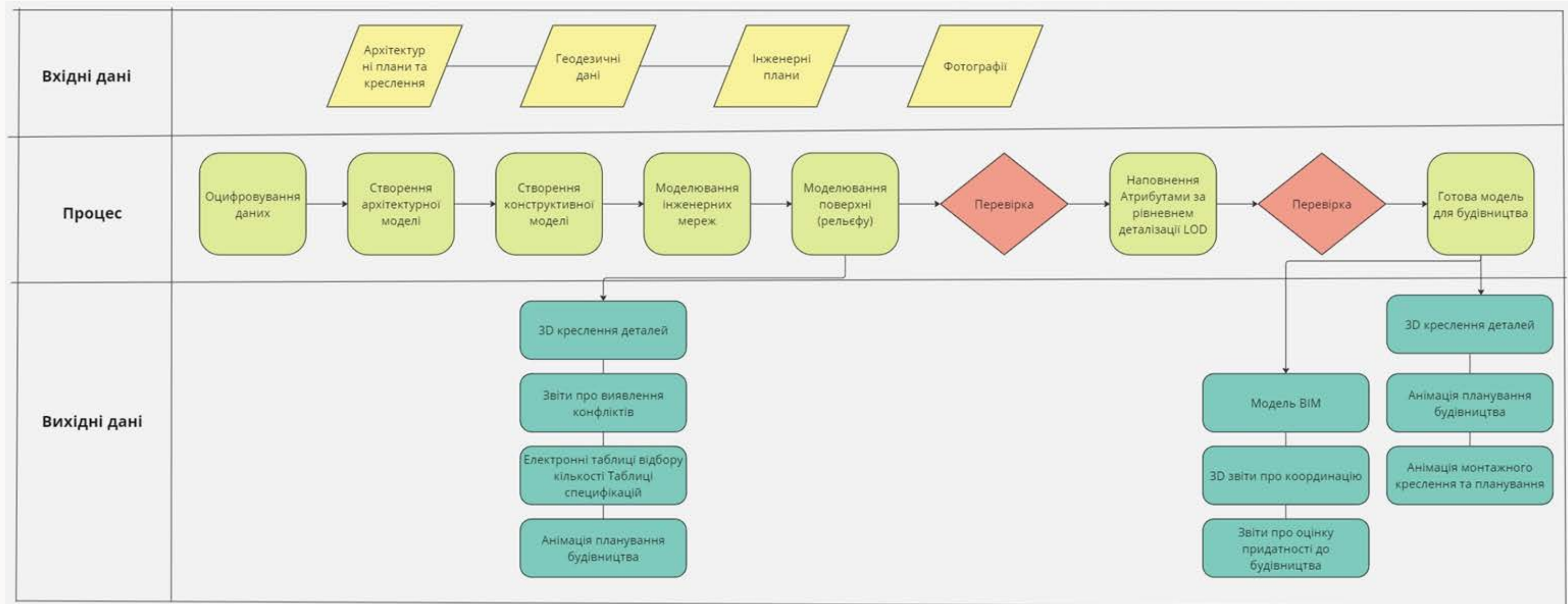


BIM моделювання та ГІС



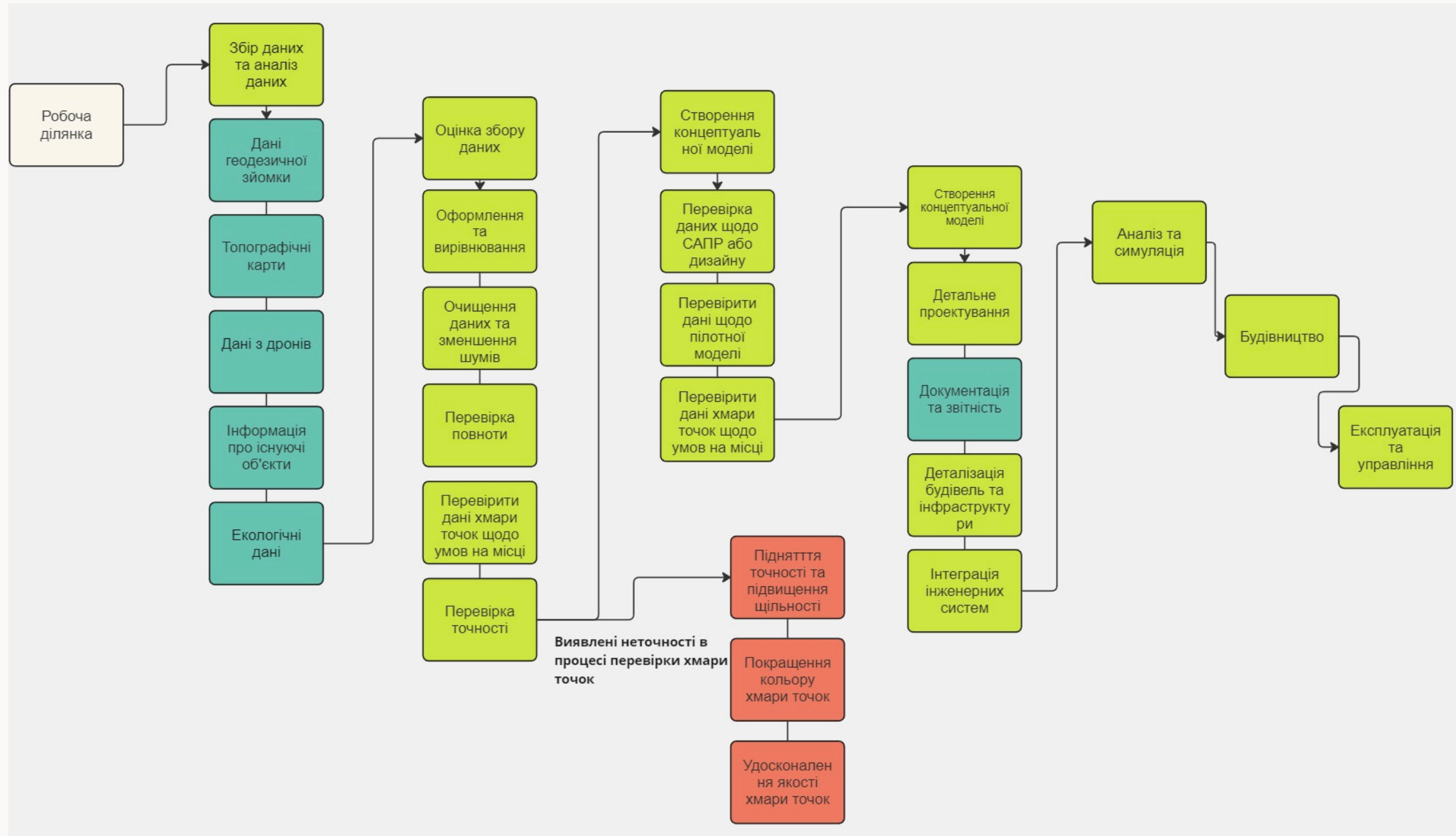
Інтеграція BIM та GIS для міського планування на основі даних

Технологія BIM моделювання



Блок-схема, технології BIM моделювання

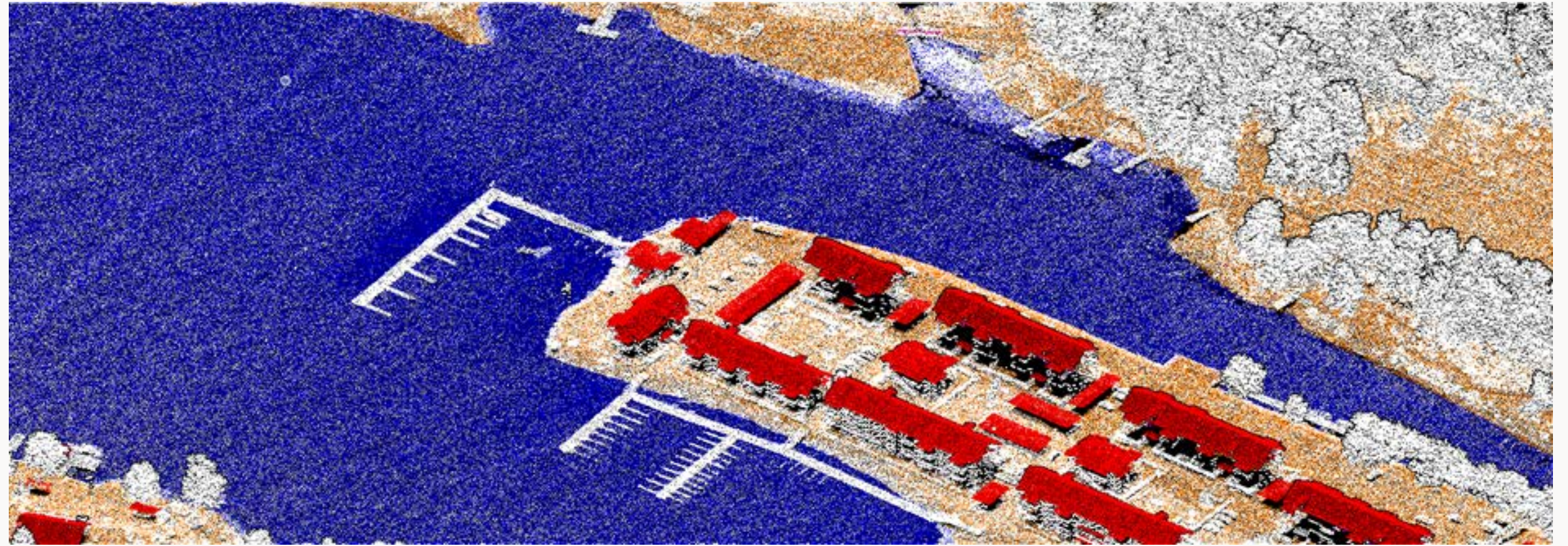
Технологія BIM моделювання забудованих території на основі лідарних даних



Блок-схема побудови BIM моделі

Опис території

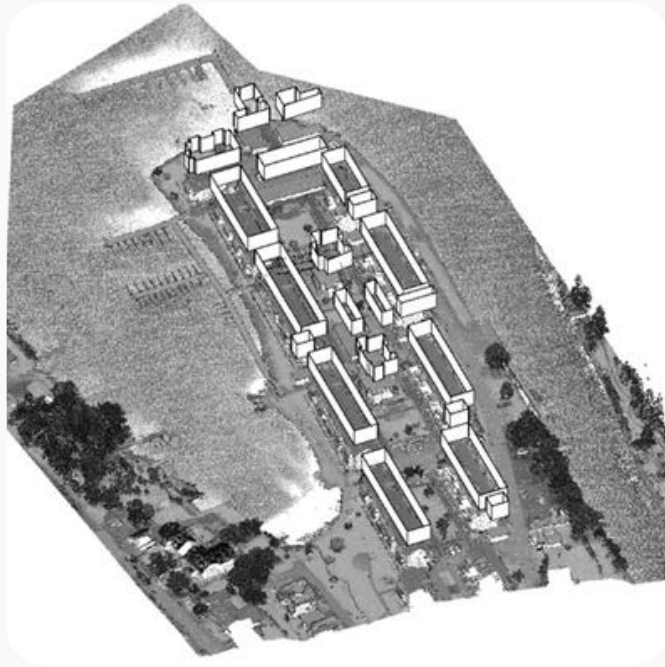
Älmsta, також відоме як Елмста, розташоване в комуні Нортельс, повіті Стокгольм, Швеція. Це невелике поселення розташоване на північному кінці каналу ВеддеРельсф місцевості здебільшого рівнинний, з невеликими пагорбами та численними водними шляхами, які впливають на екологічну систему та використання землі в регіоні. Висота території над рівнем моря невелика, середні показники близько 37 метрів. територія має типово скандинавський клімат з холодними зимами і помірними літами.



м. Ельмста знятий за допомогою лідарної зйомки

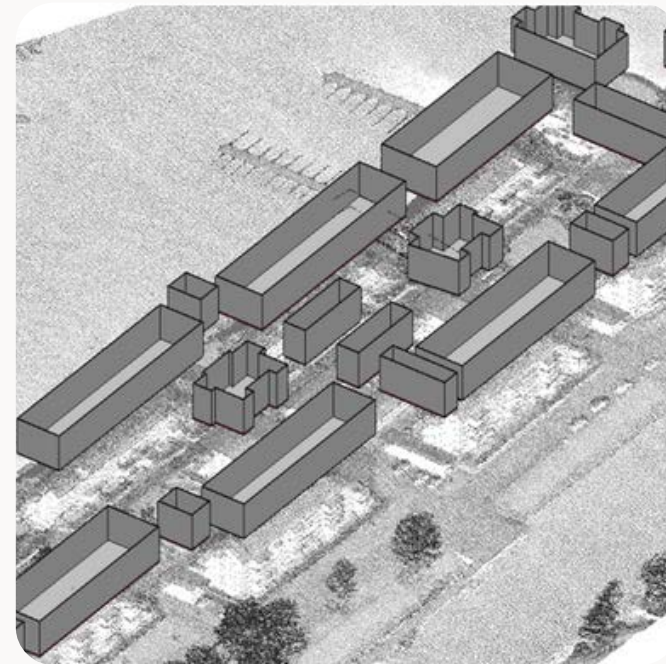
Щільність хмари точок 28 points/m², точність зшивання 15 мм, найжича точка знаходиться на висоті 10 м навийща на висоті 40 м

Проміжні етапи BIM моделювання



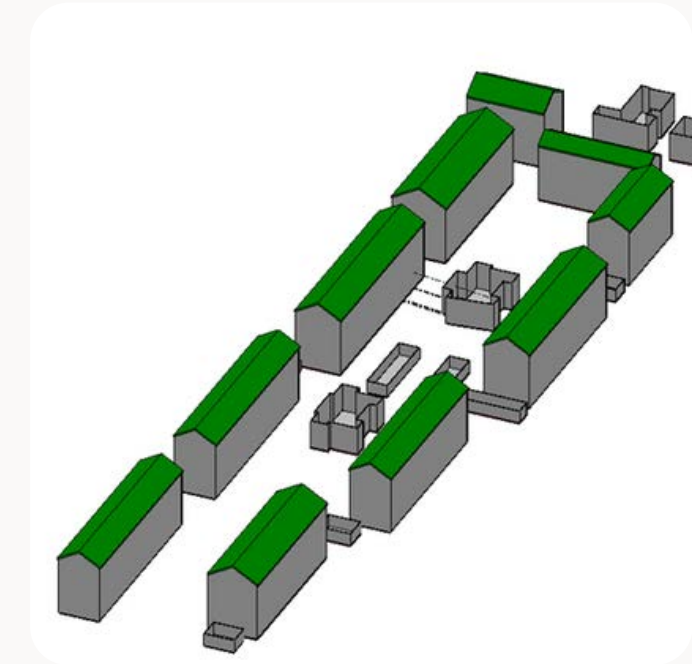
Стіни

Елемент стіна - функція «Архітектурна – Стіна», тип «Несуча» – створення несучої стіни або діафрагми жорсткості в моделі будівлі



Підлога

«Архітектура»-«Підлога/Перекриття». Таким чином було створено всі 4 поверхи. Тип «Архітектурне» - створення етажного перекриття (підлоги) для використовуваного рівня

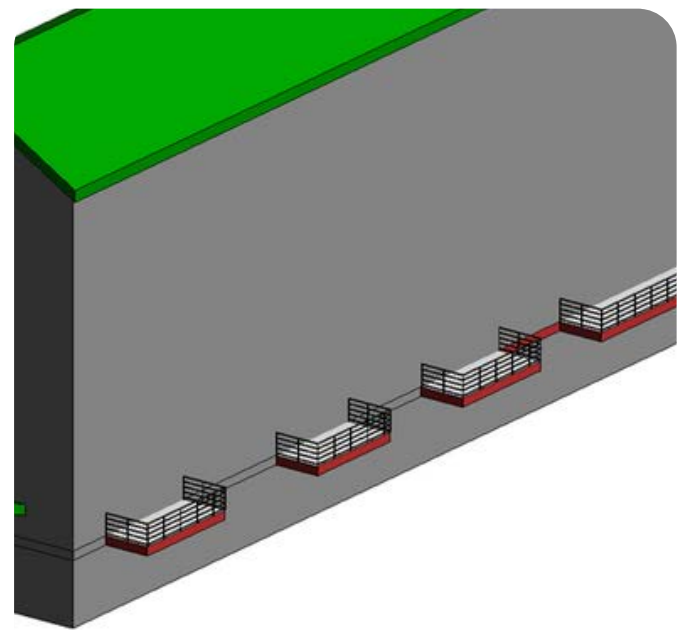


Дах

«Архітектурна»-«Дах», тип «Дах по контуру» - Створення даху з використанням для визначення її меж контуру будівлі

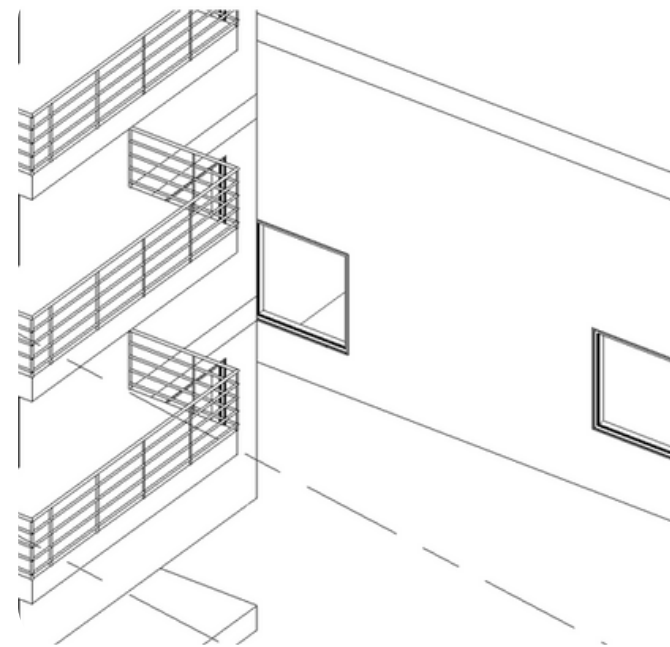
Проміжні етапи BIM моделювання

Першочергово були створені балкони за методом побудови підлоги, потім наступний елемент «Огорожі», тип «Ескіз траєкторії» – створення огорожі шляхом побудови траєкторії огорожі



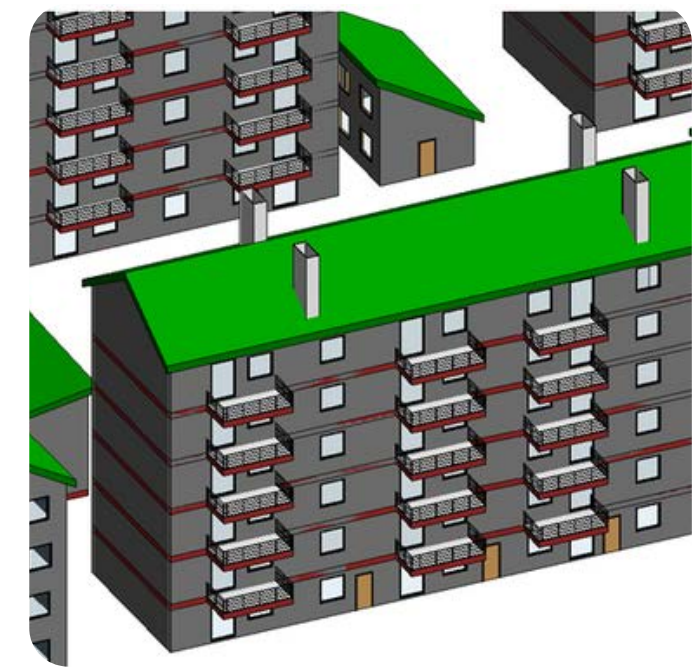
Огорожі

Елементи «Вікно» -«Архітектура»-
«Вікно»



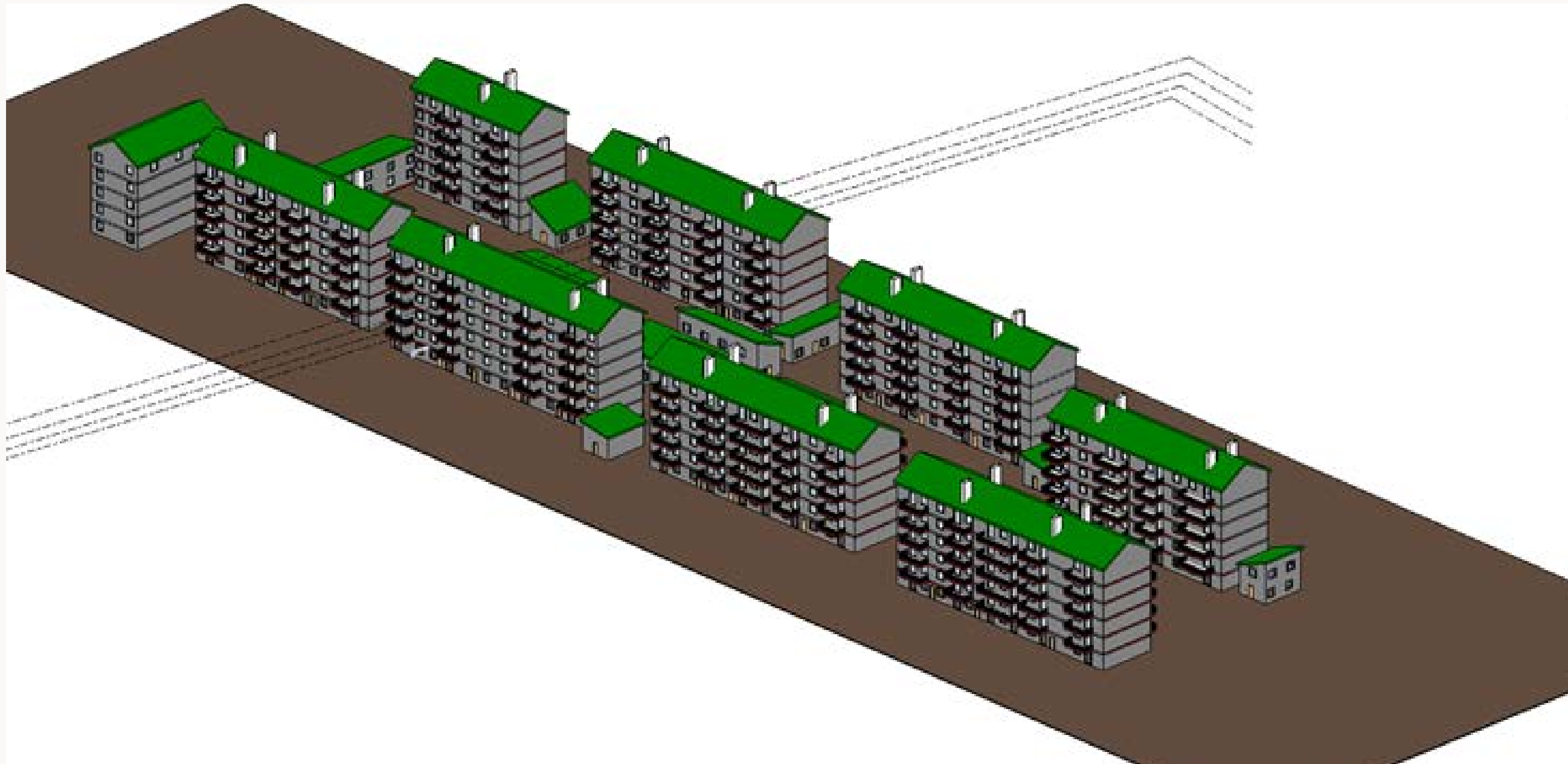
Вікна

Вид з боку, готової моделі з точністю 5 см, детальністю LOD 300



Модель в кольорі

Готова BIM модель



Висновки

- Розглянуто впровадження BIM в Україні досвід BIM моделювання та BIM моделювання та ГІС.
- Запропоновано технологію BIM моделювання забудованих територій на основі лідарних даних, що включає наступні етапи: збір та аналіз даних, підготовка хмар точок до моделювання, створення концептуальних моделей, детальне проектування, аналіз та симуляцію, будівництво, експлуатацію та управління.
- Створено BIM модель забудованої території міста Елмста в масштабі 1:500 точністю 5 см, детальністю LOD 300, термін моделювання 10 робочих днів.

**Дякую за
увагу!**