

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Використання даних ДЗЗ для побудови картографічних моделей
міста Івано-Франківськ»

ХАІ.407.465м.24О103.1804034 ПЗ

Виконав: студент(ка) 2 курсу групи № 465м

Спеціальність 103 Науки про Землю

(код та найменування)

Освітня програма Космічний моніторинг
Землі

(найменування)

Ісаєнко Т.О.

(прізвище та ініціали студента (ки))

Керівник: Андрєєв С.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Іващук Б.М.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

**Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»**

Факультет ракетно – космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 Науки про Землю

(код та найменування)

Освітня програма Космічний моніторинг Землі

(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Станіслав ГОРЕЛИК
(підпис) (ініціали та прізвище)

«23» жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ісаєнко Тарас Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної роботи «Використання даних ДЗЗ для побудови картографічних моделей міста Івано-Франківськ»

керівник кваліфікаційної роботи Андрєєв Сергій Михайлович, к. т. н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету №2001-уч від «15» листопада 2023 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 11.01.2024

3. Вихідні дані до роботи

1) Космічні знімки з супутника landsat 7, бази даних OpenStreetMap

2) Геоінформаційне програмне забезпечення (пакет ArcGIS Pro, Blender, City Engine)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

Науково методичні засади побудови картографічних моделей міста івано – франківськ. Використання даних дзз для побудови картографічних моделей міста івано-франківськ. Аналіз методів використання даних дзз та моделей штучного інтелекту. Інтеграція систем розумного міста. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу

Структурна схема роботи, Схема генерального плану міста Івано–Франківськ, Схема меж міста Івано–Франківськ та сіл міської ради, Методика використання даних дзз та геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст, Методика використання даних дзз та

геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст у розумного міста Івано–Франківськ в майбутньому.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Андреев С.М.	23.10.2023	11.01.2024
	<i>Доцент</i>		

Нормоконтроль Красовська І.Г. « 19 » 01 2024 р.

7. Дата видачі завдання 23.10.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Науково методичні засади побудови картографічних моделей міста Івано – Франківськ	23.10.23-31.12.23	
2	Аналіз методів використання даних дзз та моделей штучного інтелекту	01.11.23-09.11.23	
3	Вибір програмних додатків для створення картографічних моделей	10.11.23-19.11.23	
4	Створення картографічних моделей міста Івано-Франківська	20.11.23-08.12.23	
5	Аналіз основних напрямів і концепцій розумного міста	09.12.23-19.12.23	
6	Концепція формування архітектури цифрової платформи для функціонування системи розумного міста у івано-франківську	20.12.23-30.12.23	
7	Картографічні моделі Івано-Франківську для подальшого розвитку і інтеграції систем розумного міста	05.01.24-11.01.24	
8	Написання пояснювальної записки	06.01.24-11.01.24	

Студент

_____ (підпис)

Керівник дипломної (кваліфікаційної) роботи

_____ (підпис)

Тарас ІСАЄНКО

(ініціали та прізвище)

Сергій АНДРЕЄВ

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота містить: 67 сторінок, 49 рисунка, 17 посилань.

Об'єкт дослідження: методика побудови картографічних моделей міста.

Предмет дослідження: аналіз методів використання ДЗЗ та моделей штучного інтелекту

Ціль роботи: побудова картографічних моделей на основі даних ДЗЗ міста Івано – Франківськ.

Методи дослідження: створення картографічних моделей за допомогою програмних додатків ArcGIS Pro, Blender та City Engine.

У результаті роботи було створено 3D моделі міста Івано–Франківськ для впровадження системи смарт сіті. На основі картографічних даних Open Street Maps. За допомогою програмного продукту Blender було створено картографічну модель для використання у туристичних цілях а саме для віртуальних турів для пришвидшення розвитку туризму у регіоні. Також була створена 3D модель усього міста Івано–Франківськ за допомогою програмного продукту City Engine.

Ключові слова: КАРТОГРАФІЧНІ МОДЕЛІ, ДЗЗ, 3D МОДЕЛЬ, ARCGIS PRO, BLENDER, CITY ENGINE, РОЗУМНЕ МІСТО.

ABSTRACT

The master's thesis contains: 67 pages, 49 figures, 17 links.

The object of the study: the method of building cartographic models of the city.

Subject of research: analysis of methods of using DZZ and models of artificial intelligence

The goal of the work: construction of cartographic models based on the data of the DZZ of Ivano-Frankivsk.

Research methods: creation of cartographic models using ArcGIS Pro, Blender and City Engine software applications.

As a result of the work, 3D models of the city of Ivano-Frankivsk were created for the implementation of the smart city system. Based on map data from Open Street Maps. With the help of the Blender software, a cartographic model was created for use in tourism purposes, namely for virtual tours to accelerate the development of tourism in the region. A 3D model of the entire city of Ivano-Frankivsk was also created using the City Engine software product.

Keywords: MAP MODELS, DZZ, 3D MODEL, ARCGIS PRO, BLENDER, CITY ENGINE, SMART CITY.

ВСТУП

За останні роки галузь штучного інтелекту (ШІ) стрімко прогресувала, досягаючи або, в деяких випадках, навіть перевершуючи людську точність у таких завданнях, як розпізнавання зображень, розуміння прочитаного та переклад тексту. Перетин штучного інтелекту та ГІС створює величезні можливості, які були неможливі раніше. Штучний інтелект, машинне навчання та глибоке навчання допомагають нам робити світ кращим, наприклад, допомагаючи підвищити врожайність за допомогою точного землеробства, зрозуміти закономірності злочинності та передбачити, коли вдарить наступний сильний шторм, а також бути краще оснащеними для боротьби з ним.

У роботі буде застосовуватись інструмент машинного навчання який представляє собою підмножину машинного навчання, яка використовує нейронні мережі з кількома рівнями алгоритмів.

За допомогою глибокого навчання було проведено дешифрування об'єктів які потім в ручну розпізнано і проведено їх класифікацію за типом будівлі.

У роботі буде створено 3D моделі міста Івано–Франківськ для впровадження системи смарт сіті. На основі картографічних даних Open Street Maps. За допомогою програмного продукту Blender було створено картографічну модель для використання у туристичних цілях. Також буде створена 3D модель усього міста Івано–Франківськ за допомогою програмного продукту City Engine.

РОЗДІЛ 1 НАУКОВО МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ МІСТА ІВАНО – ФРАНКІВСЬК

1.1 Аналіз житлової забудови України

Під час військових дій в Україні змінились пріоритети розвитку міст України у зв'язку з міграцією населення та знищення та поширення житлових будинків.

Будівельна галузь - двигун економіки будь-якої країни, її розвиток стимулює розширення інших суміжних галузей та цілих бізнес-кластерів. у час війни галузь відіграє особливу стратегічну роль для заходу країни, який став економічним тилом держави. Військове вторгнення суттєво вплинуло на ринки первинної та вторинної житлової нерухомості. Попит з боку людей, що тікають від жахів війни, перенесений бізнес, курсові коливання валюти, паливна та енергетична кризи безпосередньо змінили ціни [10] на житло та темпи його будівництва.

На час широкомасштабного вторгнення загальна площа введеного в експлуатацію житла значно зменшилася. Так, 2022 року вона становила лише 7,1 млн кв. м (18 300 приватних будинків і 74 300 квартир), що на 38% менше, ніж 2021-го. Набагато скоротилися й інвестиції у житлову нерухомість.

Як результат, суттєво знизилися обсяги нового будівництва майже в усіх регіонах рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Інвестиції у новобудови

Івано-Франківщина серед регіонів держави за обсягом капітальних інвестицій у житлове будівництво Івано-Франківщина протягом 2014 – 2018рр
рисунок 1.2.

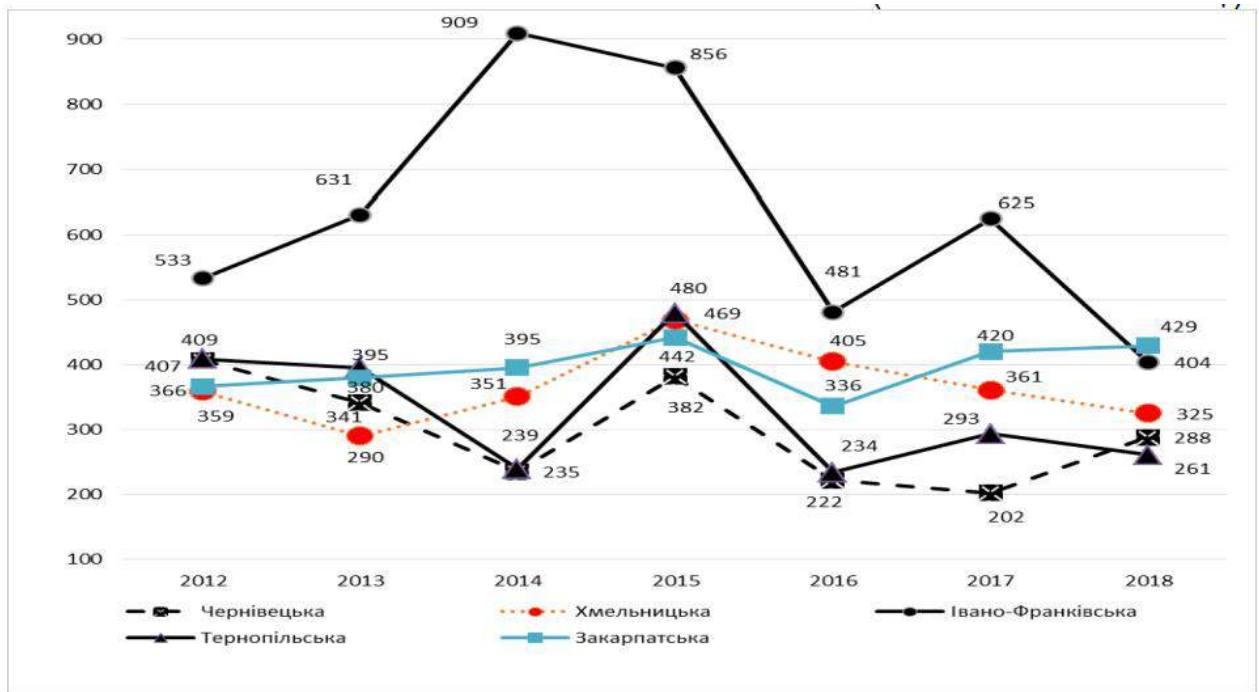


Рисунок 1.2 – Обсяг інвестицій у житлове будівництво

Впродовж 2018 року на території області прийнято в експлуатацію 404,2 тис.м² загальної площі житлових будівель нового будівництва (на 22,7% менше, ніж у 2017р.). Загальна кількість прийнятих в експлуатацію квартир нового будівництва у часи 2018 по 2023 роки рисунок 1.3.



Рисунок 1.3 – Загальна кількість квартир, прийнятих в експлуатацію

Схема меж міста Івано-Франківська та сіл Івано-Франківської міської ради

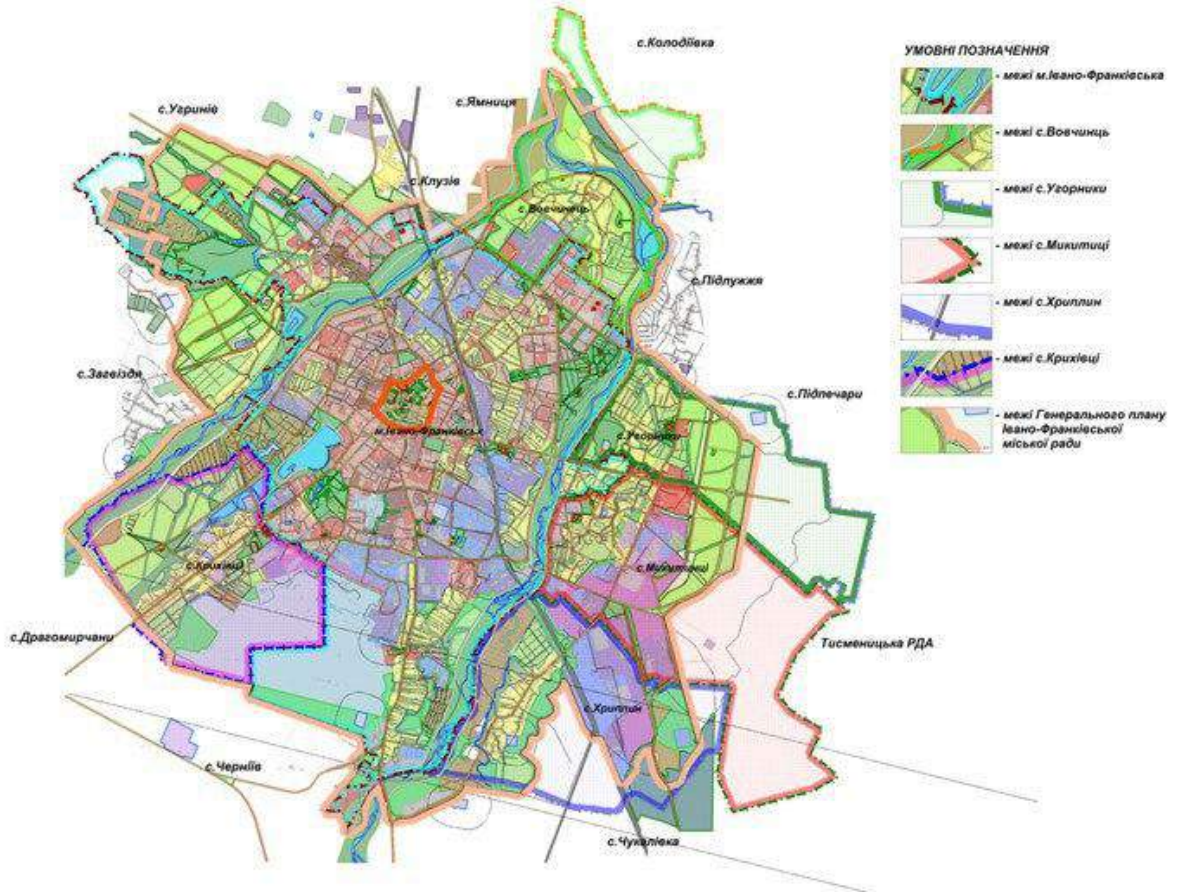


Рисунок 1.5 – Схема меж міста Івано–Франківськ та сіл міської ради

1.2 Мета та постановка задачі дослідження

Мета дослідження покращення якості візуалізації картографічних моделей міст за рахунок використання даних ДЗЗ і технологій ШІ

Покращення якості візуалізації картографічних моделей міст за допомогою даних дистанційного зондування (ДЗЗ) і технологій геоінформаційних систем (ШІ) може принести численні переваги в аналізі та відображенні географічної інформації. Основними шляхами покращення:

Використання високороздільних зображень, отриманих з ДЗЗ, дозволяє отримувати деталізовані дані про міську територію. Це допомагає побачити деталі, які можуть бути важко визначити на звичайних мапах.

Інтерактивні карти використання ШІ дозволяє створювати інтерактивні карти, які можуть взаємодіяти з користувачами. Це може включати різні шари

даних, можливість зумування та перетягування, а також відображення додаткової інформації при наведенні.

Аналіз територій використання геоінформаційного аналізу для визначення особливостей територій міста, таких як щільність населення, типи забудови, екологічні особливості і т.д., допоможе у створенні більш точних та інформативних карт.

Обробка та візуалізація даних в реальному часі застосування технологій, які дозволяють відслідковувати зміни в реальному часі, може бути корисним для вивчення динаміки міського розвитку та подій.

Загальною метою є поєднання цих технологій для створення більш точних, інтерактивних та інформативних картографічних моделей міст, які відповідають потребам користувачів і сприяють ефективнішому управлінню міськими ресурсами та Smart city рисунок 1.5.



Рисунок 1.5 – Структура роботи

РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ ПОБУДОВИ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬК

Місто Івано-Франківськ – сьогодні є одним із 24 обласних центрів України, адміністративний, економічний і культурний центр Івано-Франківської області, загальною площею 83,73 кв. км, з чисельністю населення понад 250 тисяч мешканців. Доскладу Івано-Франківської міської ради входить 5 сіл: Вовчинець, Угорники, Микитинці, Крихівці, Хриплин.

Сьогодні Івано-Франківськ є містом зі значним промислово-економічним та науковим потенціалом, [4]широкими можливостями для розвитку як внутрішніх міжрегіональних, так і зовнішніх міждержавних зв'язків. Великі перспективи міста пов'язані з близькістю Карпат як унікального регіону туризму, відпочинку та рекреації.

Розташоване місто на Покутській рівнинній території південного заходу України на відстані 150-300 км від кордонів Польщі, Румунії, Угорщини, Словаччини. Вигідне географічне розташування міста Івано-Франківська відносно сусідніх обласних центрів та деяких міст Європи, а також кордону з сусідніми державами.

Івано-Франківськ має розвинуту транспортну мережу. Повітряним, залізничним та автомобільним транспортом місто з'єднане з усіма обласними центрами України, деякими містами Молдови, Білорусі, Польщі, Словаччини, Чехії, Росії. Івано-Франківськ має радіальну систему дорожнього сполучення. У місті працює міжнародний аеропорт, сходяться залізничні та автомобільні магістралі.

Клімат на території міста має перехідний характер – від теплого вологого західноєвропейського до континентального східноєвропейського з характерною вертикальною біокліматичною поясністю. Середня температура січня становить -5°C , квітня — $+12^{\circ}\text{C}$, липня — $+25^{\circ}\text{C}$, жовтня — $+2^{\circ}$. Середня кількість опадів становить 657,7-1252,5 мм на рік.

Найвне населення Івано-Франківської міської ради станом на 01.01.2017 року складає 254,5 тис. осіб (чоловіків – 117642, жінок – 134118), у тому числі міське населення – 233,4 тис. осіб, сільське населення – 21,1 тис. осіб.

Тривимірна модель міської забудови є основою для створення віртуальної реальності, яка використовується для створення перспективних зображень міської обстановки та просторового моделювання у різних галузях, таких як обслуговування водоканалів, газових господарств, теплових та електромереж, ліній зв'язку, а також у землевпорядних комітетах, при проектуванні доріг і будівель та Smart city.

Появу глибокого навчання можна пояснити трьома основними подіями останніх років — доступністю даних, швидкими обчисленнями та вдосконаленням алгоритмів. Дані: тепер ми маємо величезну кількість даних завдяки Інтернету, датчикам навколо нас і численним супутникам, які щодня знімають увесь світ рисунок 3.1 та рисунок 3.2 структурна методика використання даних дзз та геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст.

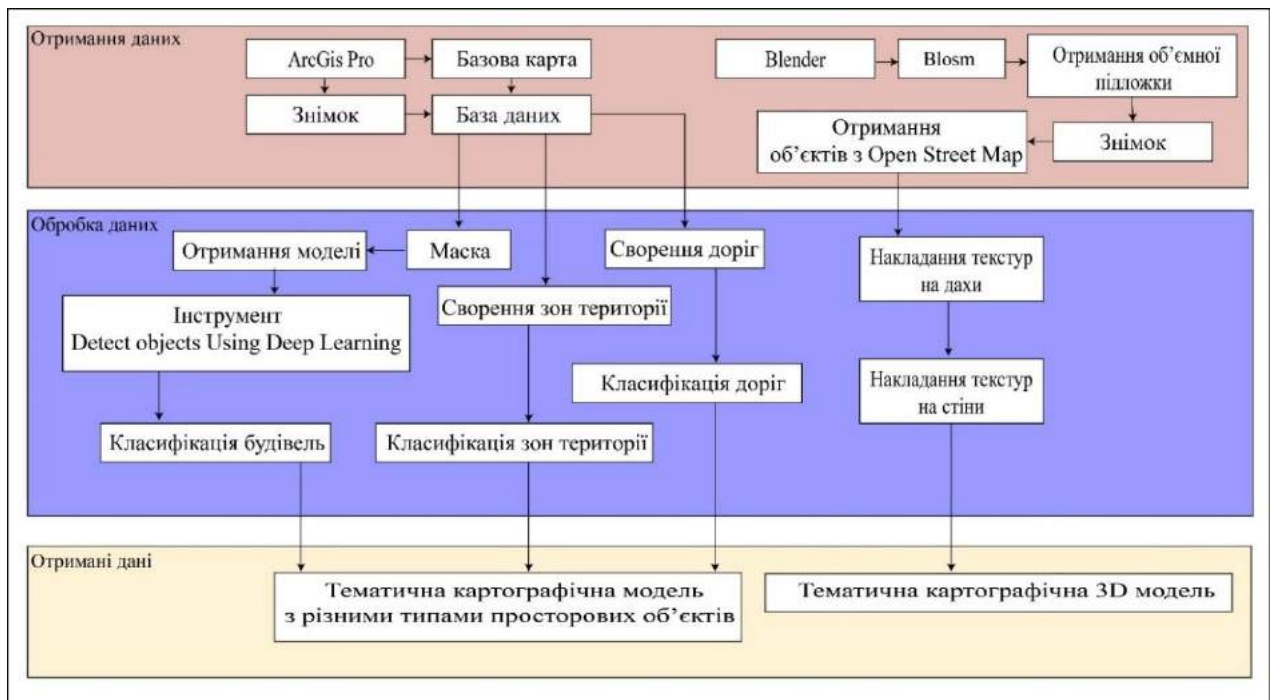


Рисунок 2.1 – Методика використання даних дзз та геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст

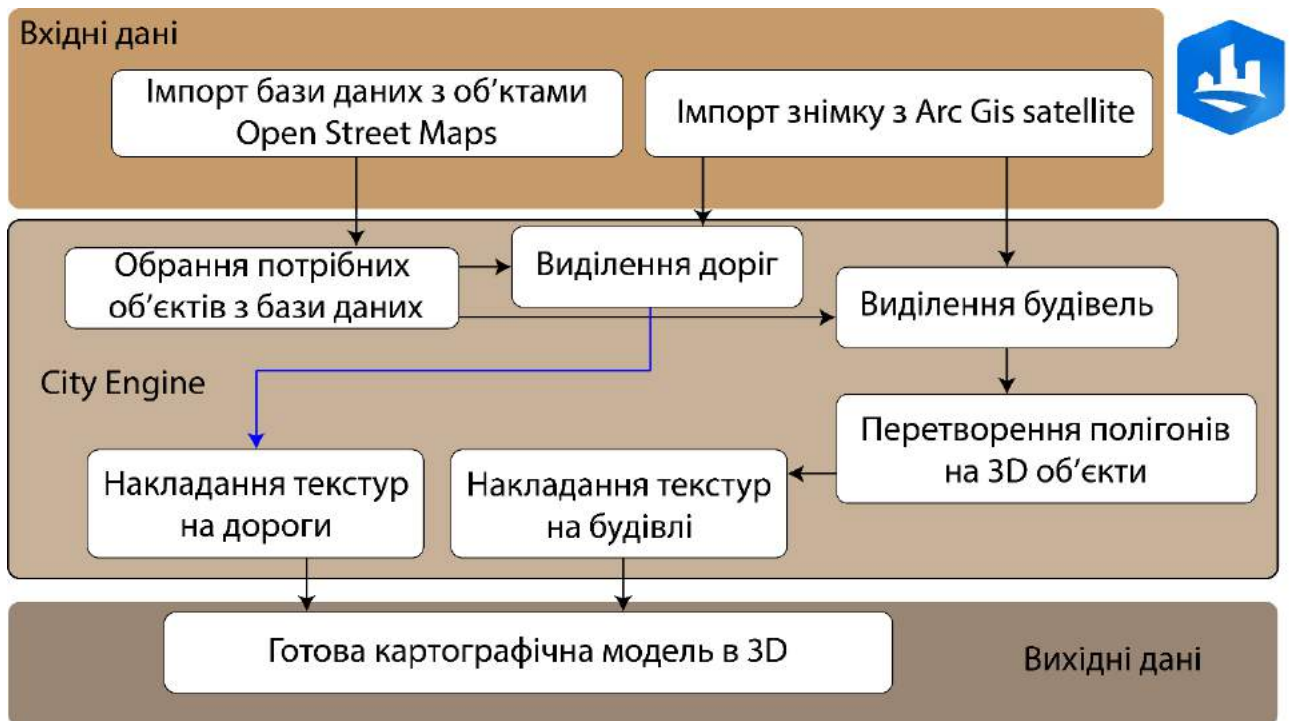


Рисунок 2.2 – Методика використання даних дзз та геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст у застосунку City Engine

2.1 Використання технологій штучного інтелекту та даних ДЗЗ для побудови картографічних моделей міст

Інструменти машинного навчання стали ключовим компонентом аналізу просторових даних в географічних інформаційних системах (ГІС). В ArcGIS можна використовувати машинне навчання для класифікації зображень, збагачення даних за допомогою кластеризації або моделювання просторових відносин. Машинне [7] навчання представляє собою галузь штучного інтелекту, в якій структуровані дані обробляються алгоритмами для розв'язання конкретних задач.

Deep Learning представляє собою підмножину машинного навчання, яка використовує нейронні мережі з кількома рівнями алгоритмів. У цьому підході вхідні дані проходять крізь різні шари мережі, при цьому кожен шар визначає специфічні особливості та закономірності в даних. Наприклад, якщо метою є ідентифікація об'єктів, таких як будівлі і дороги, модель Deep Learning може

бути навчена за допомогою зображень різних будівель і доріг. Проходження зображень через різні шари нейронної мережі дозволяє визначити унікальні ознаки, необхідні для класифікації будівлі чи дороги.

Esri розробила інструменти та робочі процеси для використання передових технологій у галузі Deep Learning, з метою вирішення складних питань, пов'язаних з застосуванням географічних інформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування. Комп'ютерне бачення, яке означає здатність комп'ютерів розуміти цифрові зображення або відео, є сферою, яка виходить за межі традиційних алгоритмів машинного навчання і охоплює методи Deep Learning.

Використання космічних знімків може надати значну кількість інформації - від кількості будівель у місті до типів культур, що вирощуються на полях. Проте вилучення цих даних з зображень є завданням складнішим, ніж робота з векторними даними. З покращеною обчислювальною потужністю та новими інструментами для Deep Learning у ArcGIS Pro тепер кожен може навчити комп'ютер розпізнавати та виділяти об'єкти на зображеннях.

На найвищому рівні Deep Learning, що є варіантом машинного навчання, користувач створює навчальні зразки, наприклад, шляхом малювання багатокутників над дахами. Комп'ютерна модель вивчає об'єкт навчання на основі цих зразків і аналізує інші частини зображення, щоб ідентифікувати подібні особливості. Цей пост в блозі є першим у серії з трьох частин, де ми детально розглянемо цей процес, розпочавши з вимог до програмного та апаратного забезпечення для запуску моделі Deep Learning у середовищі ArcGIS Pro.

2.2 Переваги та недоліки Deep Learning в ArcGIS Pro

Переваги використання Deep Learning для аналізу растрових зображень включають:

- Швидке виявлення та виділення об'єктів на будь-якому растрі, уникаючи витрат часу на деталізовану векторизацію.
- Можливість застосовувати одну модель на різних растрах без потреби в перенавчанні, якщо об'єкти схожі на ті, на яких була навчена система.
- Здатність моделей Deep Learning виявляти різні об'єкти, такі як дороги, застосовуючи відповідні типи моделей.
- Використання Deep Learning на знімках високої роздільної здатності може підвищити якість карт, уникнувши помилок, характерних для ручної векторизації.

Серед недоліків можна виділити:

- Потребу в продуктивному ПК з відеокартою не менше 4 гігабайт вбудованої пам'яті та підтримкою CUDA 6.0, а також наявність щонайменше 4 гігабайт оперативної пам'яті.
- Тривалий процес навчання нової моделі, який може займати від 30 хвилин до кількох днів, в залежності від кількості етапів навчання.
- Необхідність мати растр з роздільною здатністю принаймні 30 см для більш точного навчання та використання моделі.

2.3 Програмні та апаратні засоби необхідні для використання моделей Deep Learning

Deep Learning – це різновид машинного [5]навчання, який використовує кілька рівнів нелінійної обробки для виявлення ознак та розпізнавання образів, описаних у моделі. В ArcGIS Pro моделі Deep Learning можуть бути використані для виявлення та класифікації об'єктів на зображеннях.

Процес Deep Learning полягає в тому, що інформація, отримана в процесі навчання, використовується для виявлення подібних особливостей у наборах даних. Для інтеграції моделей Deep Learning у ArcGIS Pro використовується зовнішній фреймворк та файл визначення моделі (.dlpk).

Цей файл може бути використаний кілька разів для аналізу різних зображень в різних місцях і часах, використовуючи [11] одну і ту ж навчену модель.

З розвитком технологій, попередньо навчені пакети Deep Learning (dlpk) стають все доступнішими, що дозволяє простіше впроваджувати робочі процеси Deep Learning замість складних сценаріїв Python.

2.4 Встановлення бібліотек Deep Learning для ArcGIS Pro

ArcGIS Pro та ArcGIS* Server API для Python представляють інструменти для використання штучного інтелекту і [15] Deep Learning для розв'язання геопросторових завдань, таких як виділення об'єктів, класифікація пікселів і категоризація об'єктів.

Встановлюючи цей пакет, ви отримуєте широкий набір компонентів, таких як PyTorch, TensorFlow, Fast.ai і scikit-learn, які можна використовувати для вирішення завдань Deep Learning і машинного навчання. Всього у цьому пакеті 99 компонентів, які можна використовувати як з інструментами Deep Learning, так і для інтерактивного виявлення об'єктів, використовуючи модуль `arcgis.learn` в ArcGIS API для Python. Ці компоненти можуть бути імпортовані безпосередньо в власні скрипти та інструменти.

Більшість інструментів з цієї колекції будуть працювати на будь-якій машині, але для більш продуктивних процесів Deep Learning рекомендується використовувати оновлені графічні процесори (GPU) від NVIDIA. Розміри проблеми будуть залежати від доступної пам'яті GPU.

Цей установник додає всі включені пакети `arcgispro-py3` в середу за замовчуванням, з якої поставляються Pro Server, і ніяких додаткових середовищ не потрібно, щоб почати використовувати інструменти. Якщо ви створюєте користувальницькі середовища, ці пакети будуть включені, щоб ви могли використовувати ті ж інструменти і у своїх власних користувальницьких середовищах.

Після того як ви завантажили архів для свого продукту, розпакуйте Zip-файл в нове місце і запустіть інсталятор Windows (наприклад ProDeepLearning.msi) в Windows. Це призведе до встановлення фреймворків Deep Learning за замовчуванням arcgispro-py3 Середовище Python, але не будь-які користувацькі середовища, які ви створили до запуску цієї установки.

Після установки наступні клони також будуть включати повний набір пакетів Deep Learning.

Хоча цей пакет поширює версії пакетів на базі GPU, версії CPU все одно можна встановити і використовувати на будь-якій машині, підтримуваної Pro. Щоб встановити TensorFlow для процесора, з Python backstage ви можете встановити tensorflow-mkl пакет, щоб отримати версію тільки для процесора. Цей установник додає пакети arcgispro-py3 в середу за замовчуванням. Будь-які наступні клони цього середовища також будуть включати цю повну колекцію пакетів. Ця колекція пакетів перевіряється і тестується на відповідність версії Pro, встановленої поруч, і для оновлення Pro також потрібно переустановлення бібліотек Deep Learning. Слід звернути увагу, що при оновленні програмного забезпечення до нової версії вам необхідно видалити установку бібліотек Deep Learning, а також Pro або Server і перевстановити нову версію цього пакету для цієї версії.

Цей установник доступний тільки для ArcGIS Pro 2.6 і ArcGIS Server 10.8.1 – для більш ранніх випусків вам потрібно буде слідувати документації випуску при установці пакетів через Python backstage або командний рядок Python.

2.5 Опис моделі Deep Learning

Моделі сегментації виконують попиксельну класифікацію, класифікуючи пікселі за різними класами. [6] Класифіковані пікселі відповідають різним об'єктам або областям зображення. Ці моделі мають широкий спектр варіантів використання в різних сферах. При використанні з супутниковими та

аерофотознімками ці моделі можуть допомогти ідентифікувати такі об'єкти, як сліди будівель, дороги, водні об'єкти, поля сільськогосподарських культур тощо.

Як правило, будь-яку модель сегментації потрібно тренувати з нуля, використовуючи набір даних, позначений об'єктами, що цікавлять. Це може бути важким і трудомістким завданням. Модель Segment Anything Model (SAM) від Meta спрямована на створення базової моделі, яку можна використовувати для сегментації (як впливає з назви) будь-чого за допомогою навчання з нульовим пострілом і узагальнення в різних сферах без додаткового навчання приклад застосування рисунок 2.3.



Рисунок 2.3 – Приклад застосування модель Segment Anything Model

SAM навчається на наборі даних Segment Anything 1-Billion mask (SA-1B), який складається з 11 мільйонів зображень і понад 1 мільярда масок. Це робить модель дуже надійною у визначенні меж об'єктів і розрізненні різних об'єктів у різних областях, навіть якщо вона, можливо, ніколи раніше їх не

бачила. Використовуйте цю модель для вилучення масок різних об'єктів на будь-якому зображенні.

2.6 Використання тривимірних моделей

Покращення якості візуалізації картографічних моделей міст за рахунок використання даних ДЗЗ і технологій глибокого навчання

Необхідно побудувати картографічні моделі розподілення зон забудови об'єктів в зонах міста Івано – Франківськ для розуміння напрямів розвитку міста у подальшій перспективі.

Тривимірні моделі територій застосовуються при ситуаційному моделюванні, аналізі проектів та рішень, для виконання аналітичних розрахунків та як інструмент підтримки прийняття управлінських рішень.

Актуальність застосування тривимірного моделювання в області ГІС пояснюється, перш за все, тим, що воно забезпечує більшу наочність даних, надає можливість найбільш повно передавати інформацію про зміни об'єктів та досліджуваного середовища з часом, а також дозволяє реалізувати ряд прикладних завдань, недоступних для вирішення використанням двовимірних даних.

Використання тривимірних моделей дозволяє:

- Точно визначати просторові географічні координати об'єктів;
- Отримувати інформацію про висоту будівлі;
- комбінувати тематичні шари цифрової карти, а також дані знімка із впровадженими 3D об'єктами;
- Здійснювати реалістичне відображення території та віртуальне пересування за моделлю;
- Проводити аналіз зон видимості та визначення лінії погляду;
- Проводити інтерполяцію за точками висот.

Вибір програмних засобів для створення моделей об'єктів насамперед диктується доступними вихідними даними. Крім цього, важливим критерієм є

те, яким чином тривимірна модель впроваджується в ГІС: як умовний знак для точкових об'єктів; як 2,5-мірний вектор; як реальна 3D-геометрія.

В цій роботі було використано Blender – професійне вільне [9] та відкрите програмне забезпечення для створення тривимірної комп'ютерної графіки, що включає засоби моделювання, скульптингу, анімації, симуляції, рендерингу, пост обробки та монтажу відео зі звуком, компонування за допомогою «вузлів» (Node Compositing), а також створення 2D -анімацій.

До Blender використовується доповнення [8] Blosm який би дозволив за допомогою API ключів користуватися OSM даними Інтернет сервісів таких як: OpenStreetMap, AcrGis satellite, Mapbox, Open Topography, Google 3D cities. Це доповнення може здійснювати такі функції:

- Доповнення імпортує міста Google 3D.
- Доповнення імпортує будівлі з OpenStreetMap. Для створення фінальної сцени використовується висота будівлі та кількість поверхів. Також опрацьовується композиція в 3D частини для будівлі зі складною структурою. Підтримується велика кількість форм даху. Якщо вказано місцевість, будівлі розміщуються на місцевості автоматично.
- Доповнення завантажує та імпортує реальні дані місцевості з роздільною здатністю близько 30 метрів. Опція застосування геометричних вузлів до контурів OSM для отримання реалістичних 3D-будівель (додаткова інформація).
- Доповнення може імпортувати GPX-треки та проектувати їх на місцевість. Річки, озера, ліси, рослинність імпортуються у вигляді багатокутників. Якщо передбачено рельєф місцевості, вони проектуються на місцевість. Імпортні дороги, шляхи і залізниці мають ширину. Вони представлені кривими Blender з об'єктом профілю. Якщо передбачається місцевість, дороги проектуються на місцевості.

2.7 Використання технологій штучного інтелекту та даних ДЗЗ для побудови картографічних моделей міст

Автоматизовані підходи до створення карт, відомі як методи автоматичного мапінгу за допомогою ШІ або машинного навчання.

Автоматичне визначення об'єктів на супутникових знімках із застосуванням нейронних мереж. Цей підхід є найбільш перспективним способом автоматизації процесу додавання та оновлення інформації про дороги та будівлі на великих площах планети. Нейронні мережі навчаються на основі раніше розпізнаних сегментів на карті OpenStreetMap (OSM). Чудовим прикладом застосування нейромережі та даних ДЗЗ для побудови картографічних моделей міст є Facebook. У його роботі використовуються високоякісні комерційні дані від DigitalGlobe, але попередньо навчені на даних OSM нейромережі автоматично виявляють дороги на супутникових знімках. Технологію машинного навчання та нейромережі також застосовує DigitalGlobe у своєму комерційному продукті GBDX.

Головним недоліком застосування методу штучного інтелекту та даних ДЗЗ для побудови картографічних моделей міст є можливість появи значних помилок через унікальність вихідних знімків кожного регіону.

Також відмінності у стилі будівництва доріг та будівель у різних країнах може призвести до труднощів для штучного інтелекту, навченого на даних однієї країни. Крім того, якість супутникових знімків може бути недостатньою для розпізнавання дрібних об'єктів, таких як дорожні знаки, світлофори та ін. Зрештою, супутникові знімки не надають достатньої інформації для зчитування назв вулиць, організацій та іншої локальної інформації, що потребує "локального знання".

Автоматичний збір GPS-треків через мобільні програми. Цей метод використовується для виявлення відсутніх ділянок доріг, помилок у напрямку руху і закритих доріг. Комерційна компанія Марбох є лідером у цій галузі, надаючи API/SDK на базі OpenStreetMap. Марбох вкладає ресурси в обробку анонімізованих GPS-треків від користувачів, що сприяє покращенню точності карти, додаванню нових доріг та виправленню помилок у OSM. Це дозволяє

клієнтам Mapbox безпосередньо робити свій внесок у покращення даних OpenStreetMap.

З розглянутих методів видно, що розвиток технологій, таких як машинне навчання, нейронні мережі та комп'ютерний зір, дозволяє автоматизувати процеси створення та оновлення карт. У перспективі 5-10 років це може значно знизити трудомісткість на підтримку актуальних карт.

Процес створення та оновлення карт у майбутньому сильно залежить від розвитку технологій, таких як штучний інтелект, нейромережі та автоматизовані системи рисунок 2.4.



Рисунок 2.4 – Можливості використання штучного інтелекту та даних ДЗЗ в житті

Це підкреслює не лише важливість активної участі спільноти в OpenStreetMap, але й потенціал, що лежить в інноваційних технологіях для автоматизації створення та оновлення карт. Розвиток області самоврядних автомобілів, використання графічних процесорів та нейронних мереж, а також зниження вартості запусків геосупутників уможливають створення більш точних та актуальних карт. Відкриті проекти, такі як OpenStreetMap, продовжать відігравати ключову роль у збиранні та підтримці інформації про локальні об'єкти, які можуть бути втрачені більшими картографічними компаніями. Такі проекти з підходом спільноти можуть забезпечувати

актуальність і повноту даних навіть у віддалених або малонаселених регіонах. Майбутнє картографії, мабуть, визначатиметься балансом між автоматизацією та участю співтовариства, технологічними інноваціями та необхідністю підтримувати актуальність та повноту картографічних даних. З появою пристроїв доповненої реальності, таких як Google Glass та аналогічні, люди можуть стати активними учасниками в процесі збору даних, надаючи додаткову інформацію про місця та об'єкти, яку важко або неможливо збирати автоматично. Нейромережі та машинне навчання, що працюють у режимі реального часу, можуть значно покращити точність та ефективність цього процесу. Такі технологічні зміни обіцяють перетворити картографію, роблячи її динамічнішою, актуальнішою та повнішою.

2.8 Аналіз можливості використання Open Street Maps

Оскільки OSM є безкоштовним та відкритим, кожен може завантажити всі дані з цієї бази даних. Однак через його великий обсяг (понад 30 ГБ, навіть після стиснення), практично неможливо працювати з усіма даними одночасно.

Існують різні методи експорту та вибірки даних, які розглядаються в цьому розділі. Експорт полягає в перетворенні даних OpenStreetMap із їхнього власного формату в зручний для вас формат. Це відрізняється від вибірки даних, яка означає виділення інформації для конкретної території за вашим вибором. Це також може включати вибірку конкретних об'єктів, які вам потрібні, з певної території. Ці терміни часто використовуються як синоніми, і більше деталей про це можна знайти в розділі про дані OSM.

Для необізнаних користувачів географічних інформаційних систем (ГІС) важливо розрізняти програми для редагування OSM, такі як JOSM, від програм ГІС, таких як Quantum GIS і ArcGIS. Редактори, такі як iD або JOSM, спрощують редагування OpenStreetMap для користувачів, але не призначені для аналізу чи отримання даних на вимогу. Для цих завдань краще використовувати програмне забезпечення ГІС, таке як безкоштовний Quantum

GIS з відкритим вихідним кодом, яке дозволяє створювати мапи, виконувати складні запити, обробку та аналіз даних.

Розділ розглядає різні методи експорту даних OSM, зосереджуючись на основах. Проте для ефективного використання даних, ймовірно, буде потрібне програмне забезпечення ГІС, наприклад Quantum GIS.

Перед тим як розпочати, давайте розглянемо деяку термінологію. Експорт означає конвертацію даних OpenStreetMap з їхнього формату XML у формат, зручний для вас. Це відрізняється від вибірки даних, що означає виокремлення інформації для певної території на ваш вибір. Це також може включати вибірку конкретних об'єктів, які цікавлять вас на певній території. У цьому розділі ми часто використовуватимемо ці терміни, тому важливо розуміти їхню різницю.

Процес редагування OSM базується на API, яке дозволяє програмам для редагування взаємодіяти з центральним сервером. Наприклад, коли ви використовуєте JOSM і обираєте область для мапінгу, API відправляє запит на сервер для отримання всіх даних у вашій вибраній області. Фактично, коли ви завантажуєте дані в JOSM, ви отримуєте інформацію з певної частини світу у форматі .osm, який ви потім редагуєте.

2.9 Створення 3D моделі міста у програмному застосунку Blender

3D моделювання міста - це процес створення віртуальних або реалістичних тривимірних моделей, які дозволяють з максимальною геометричною точністю відображати розмір, форму, зовнішній вигляд та інші деталі характеристики об'єкта чи території за допомогою методів дистанційного зондування: космічними, повітряними або наземними (надводними, підводними), що дозволяє представити спостережуваний об'єкт чи територію з усіх ракурсів.

3D моделювання використовується: з метою картографування; ландшафтний дизайн. Для облаштування території необхідно знати форму рельєфу, щоб

визначити можливі місця накопичення води, де краще висаджувати рослини; проектування будівель і споруд, BIM будівництво; будівництво автомобільних доріг, магістралей, розв'язок, залізничних шляхів. Проводиться дослідження не тільки рельєфу, але й можливого рівня осідання, визначення ґрунтових вод, які можуть впливати на проведення будівельних робіт; природоохоронні заходи; наукові дослідження: вчені багатьох спеціальностей обирають 3D модель як об'єкт дослідження; побутове використання в мобільних телефонах, навігаторах і т.п. в військовій справі та мореплавстві; інформаційної підтримки проектних рішень; створення моделей об'єктів за проектною документацією та моделей території за даними ДЗЗ; оптимізації розташування проєктованих об'єктів з урахуванням оточуючого середовища та інфраструктури; візуалізації змін місцевості; моделювання НС та управління персоналу при НС та інше.

Для початку було вибрано місце створення моделі а саме центральна площа міста Івано – Франківськ та прилеглі території разом з міською радою, на сайті prochitecture було вибрано зону розмірами 0,5 на 0,3 кілометра рисунок 2.5.

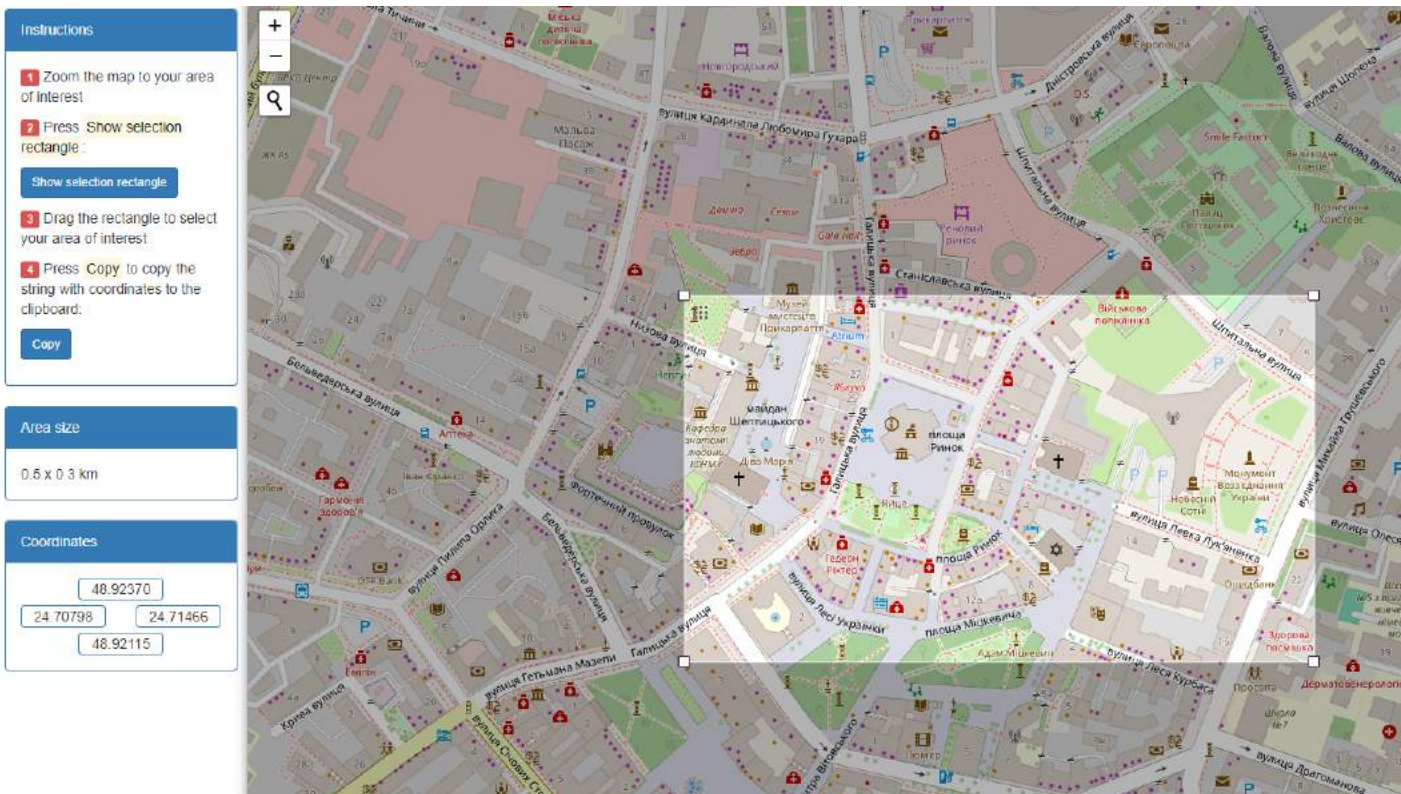


Рисунок 2.5 – Вибір зони моделі

Наступним кроком було встановлено додаток Blosm для Blender та було отримано та введено API ключі для доступу до картографічних сервісів.

Далі введено координати зони моделі після чого було імпортовано дані SRTM для майбутньої моделі рисунок 2.6

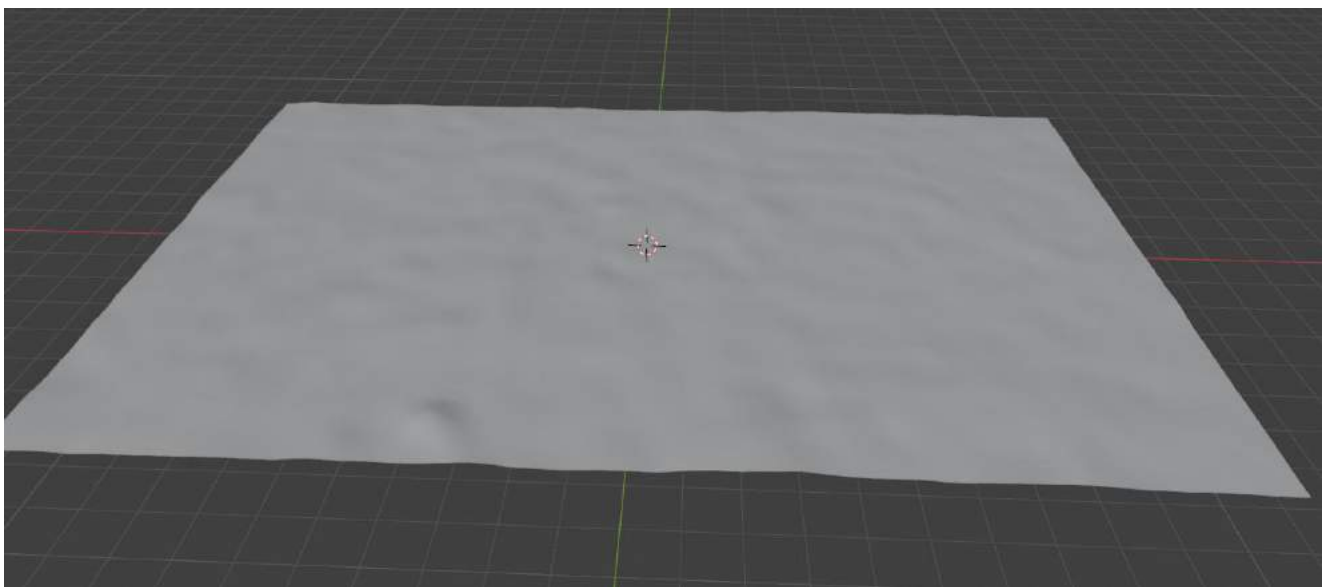


Рисунок 2.6 – Дані SRTM

Отримання даних з супутника esri Landsat 7 та накладання знімку на отримані раніше SRTM дані рисунок 2.7

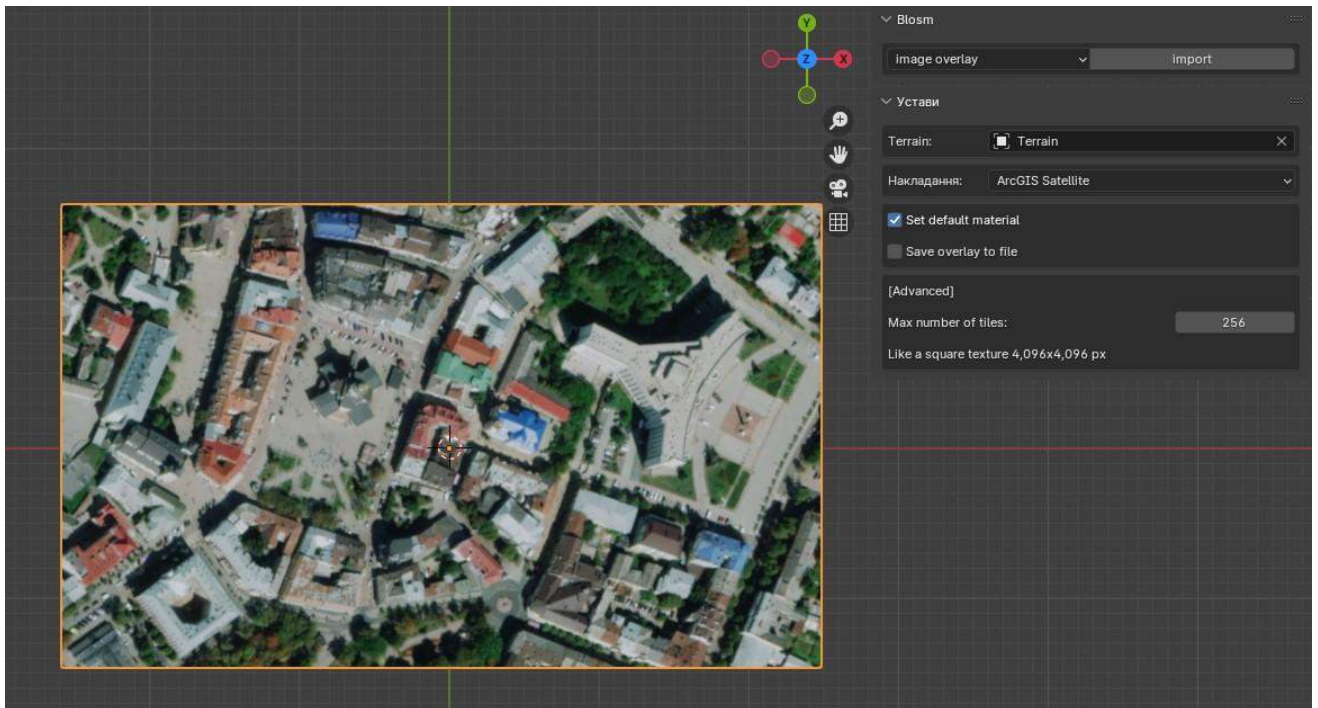


Рисунок 2.7 – Отримання знімку

Після цього було імпортовано дані забудови без текстур з картографічного сервісу OpenStreetMap (OSM) рисунок 2.8

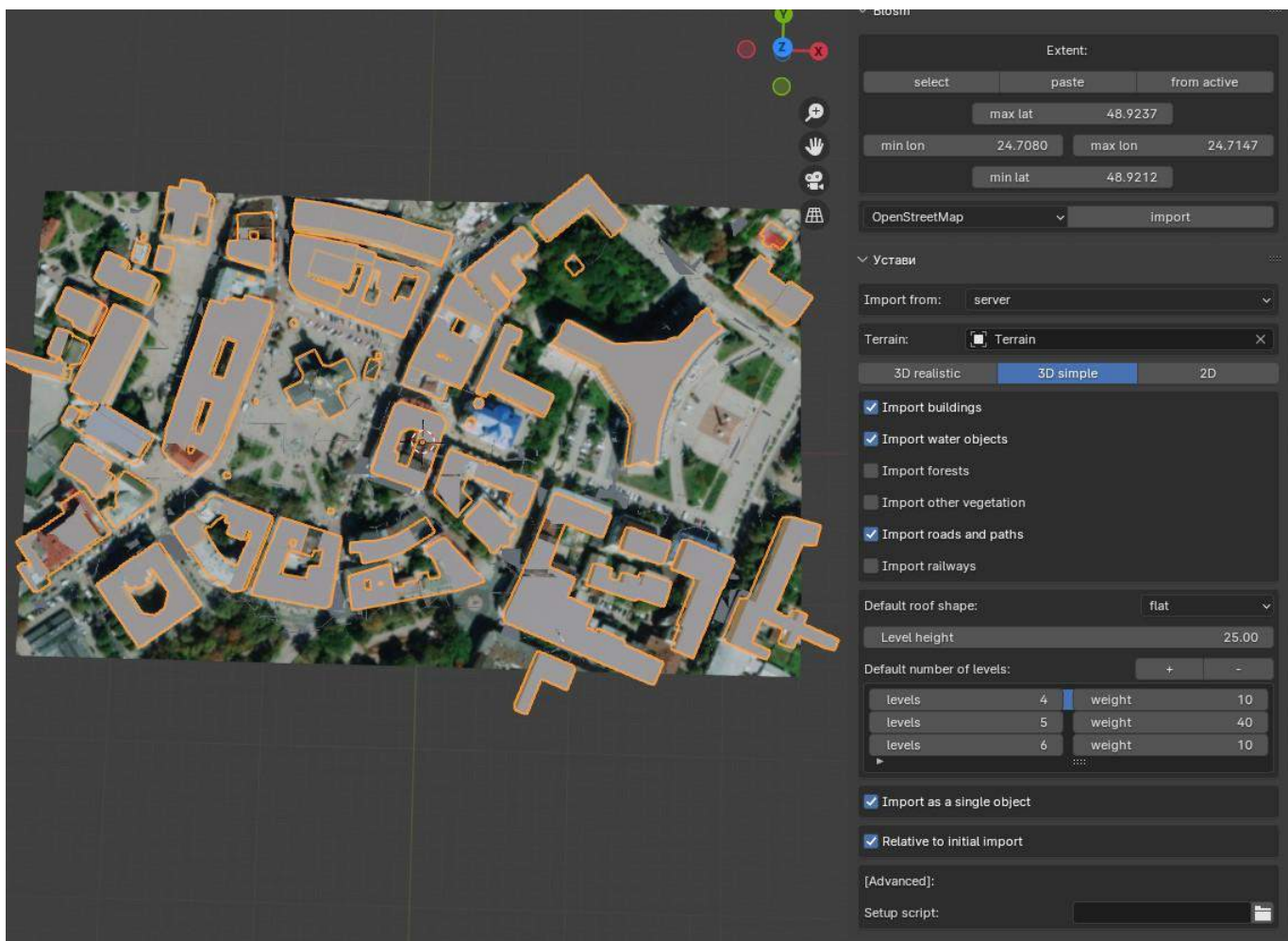


Рисунок 2.8 – Імпортовані забудови

Наступним кроком був етап накладання текстур на дахи та стіни імпортованої забудови за допомогою інструмента UV Editing для роботи з текстурами рисунок 2.9



Рисунок 2.9 – Накладання текстур

В результаті накладання текстур було отримано 3D модель центра міста Івано – Франківськ рисунок 2.10, потім цю модель було експортовано в формат .DAE для візуалізації у програмному застосунку Google Earth Pro рисунок 2.11



Рисунок 2.10– Модель у Blender

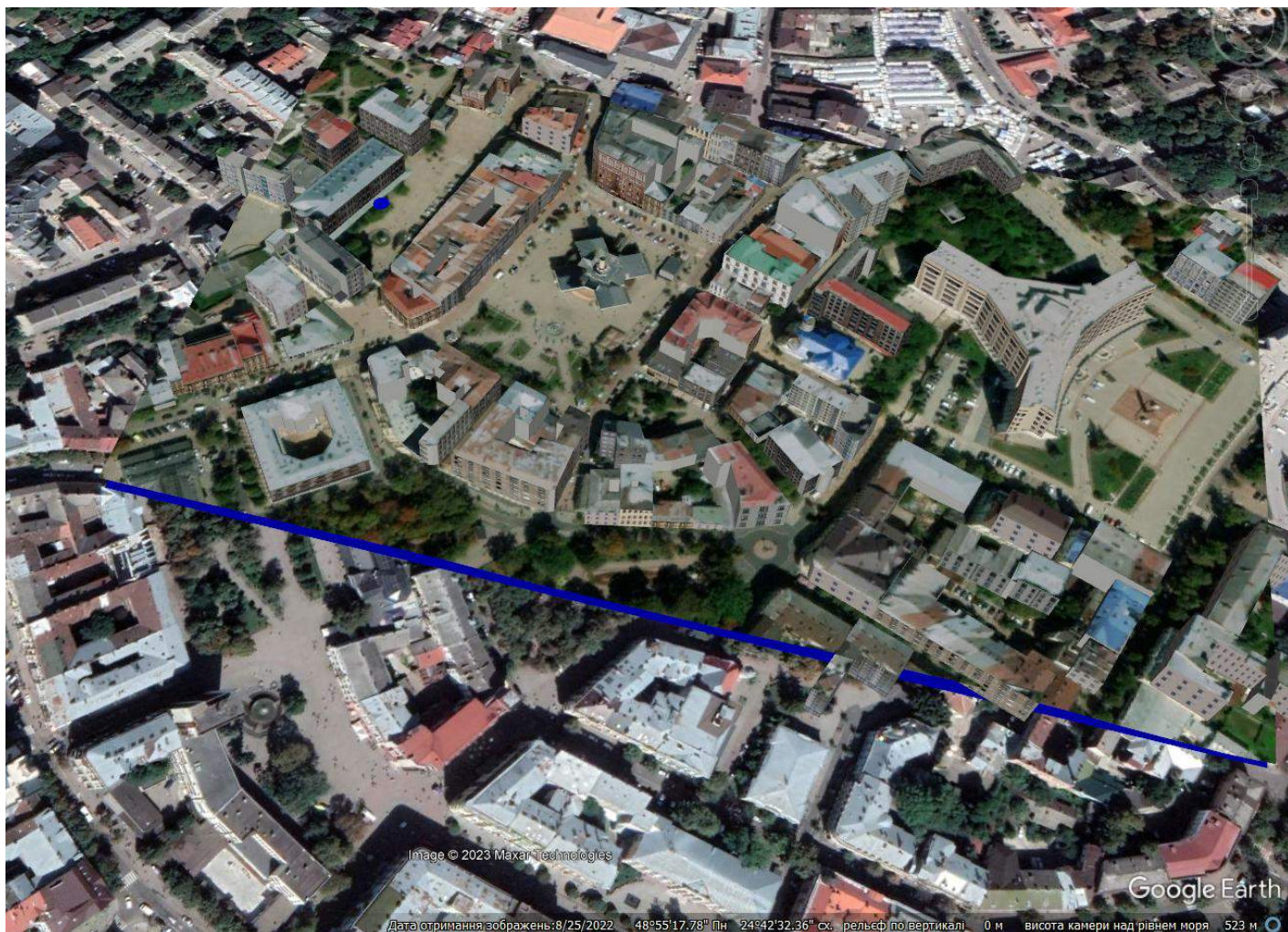


Рисунок 2.11– Модель візуалізовано у Google Earth Pro

2.10 Створення картографічної моделі міста за допомогою Deep Learning та класифікації даних

На початку роботи було завантажено базові карти на які було нанесено маску рисунок 2.12



Рисунок 2.12– Базові карти з нанесеною маскою

Потім слід запустити інструмент Detect Objects using Deep Learning в ArcGIS Pro та вказати дані зображення у полі вхідний растр. Після цього слід вказати заздалегідь завантажену модель Deep Learning SAM, введену у поле ім'я файлу. Аргументи автоматично завантажатся з моделі але краще вписати у параметр `batch_size` цифру 6 для більшої швидкості обробки. Якщо встановлено прапорець Non Maximum Suppression, система може об'єднувати дублікати при виявленні об'єктів рисунок 2.13.

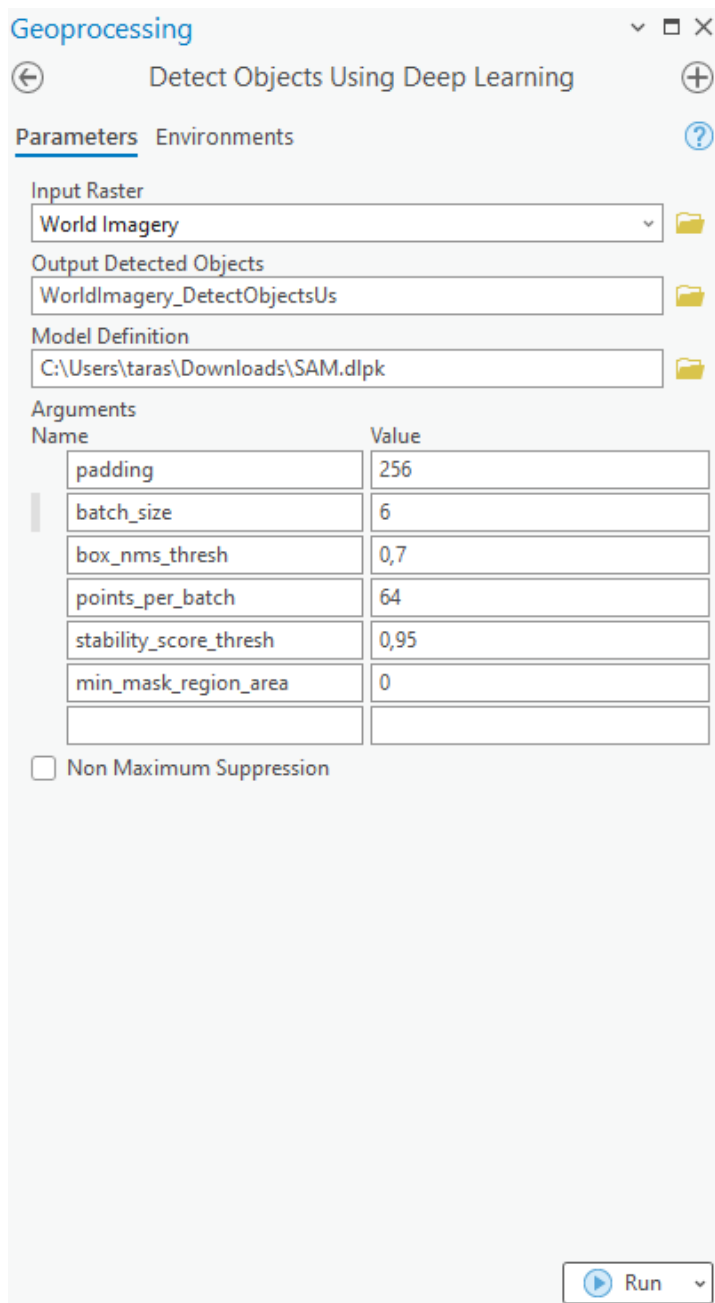


Рисунок 2.13– Параметри інструменту

В результаті використання моделі Deep Learning отримано об'єкти які було від класифіковано по кольору та приналежністю об'єкта рисунок 2.14 та рисунок 2.15

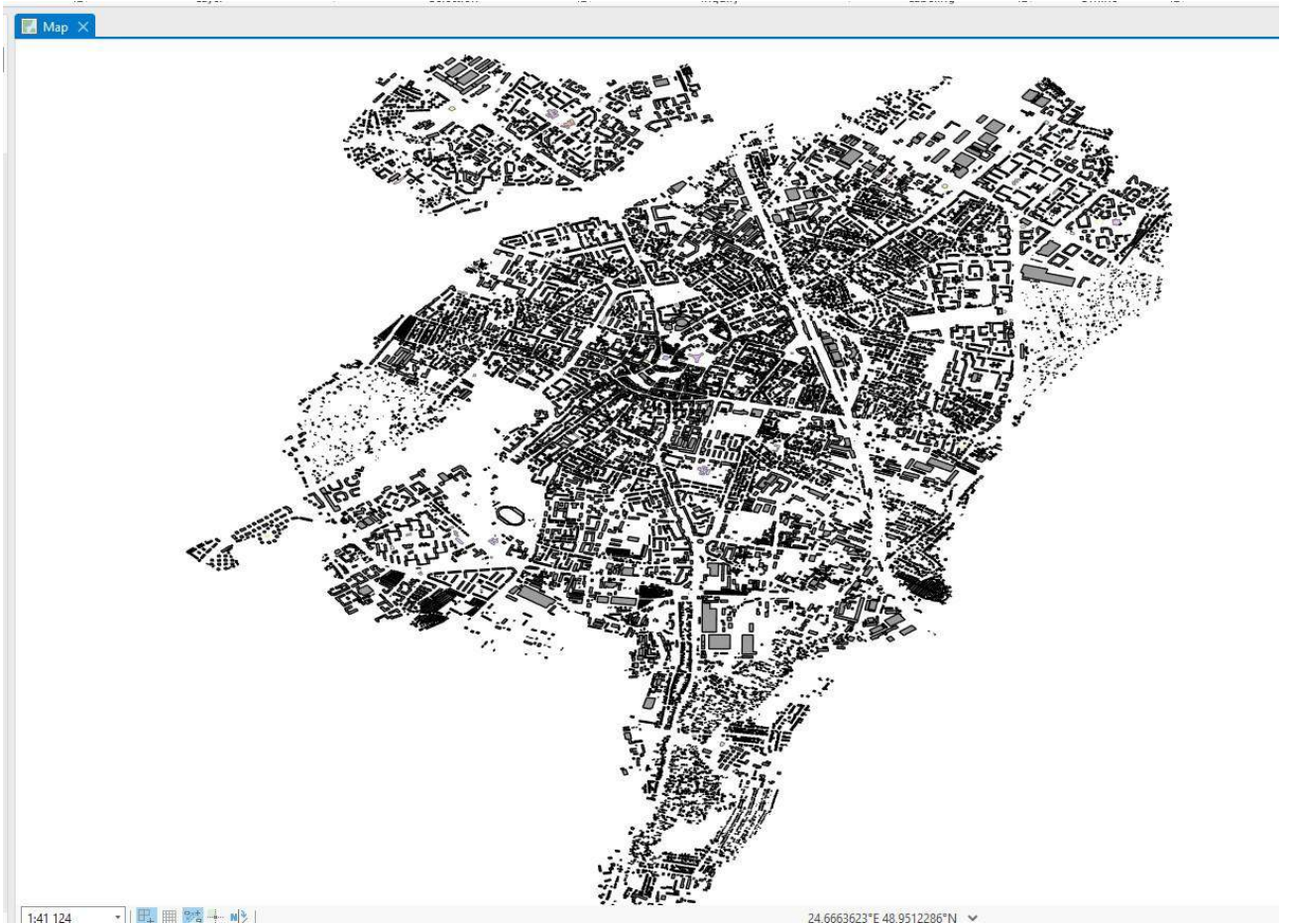


Рисунок 2.14– Виявлені об'єкти

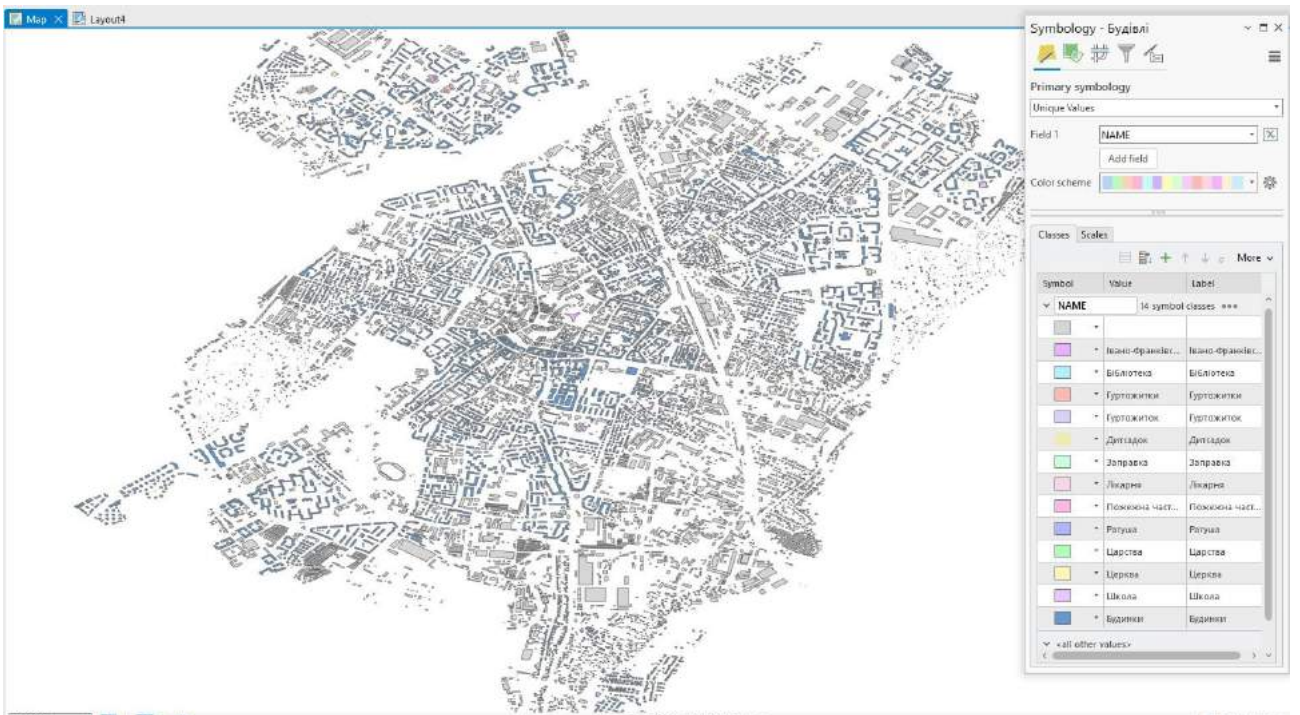


Рисунок 2.15 – Від класифіковані будівлі по кольору і назві

Далі в Arcgis pro було створено діаграму кількість відкласифікованих об'єктів будівель рисунок 2.16

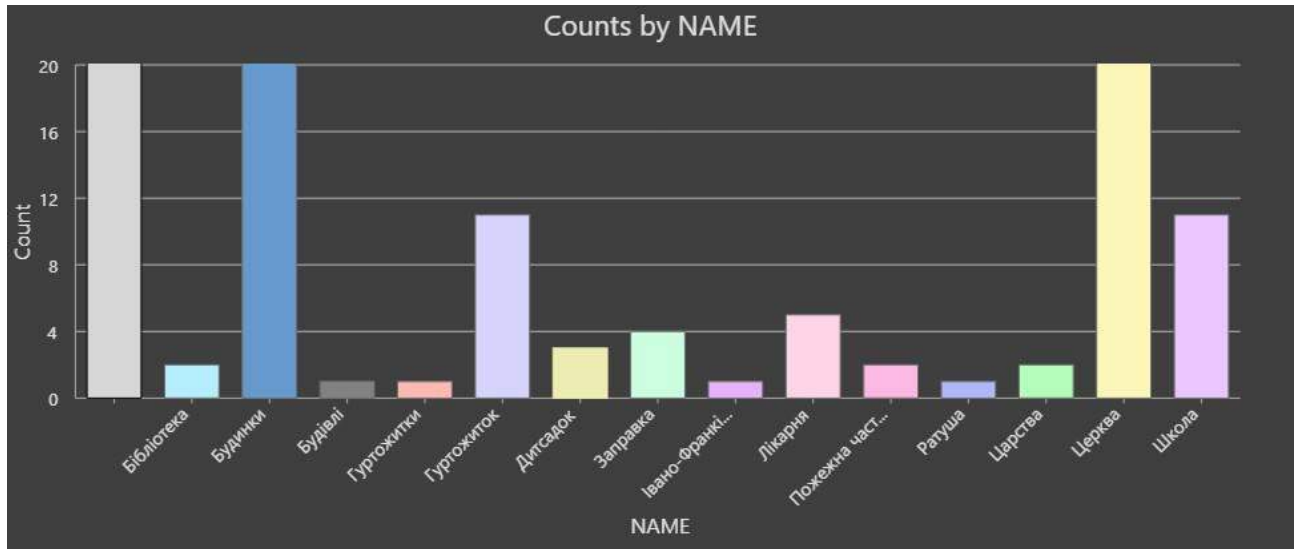


Рисунок 2.16– Від коласифіковані будівлі

Наступним кроком було створено шар з дорогами у якому були відвекторизовані всі дороги рисунок 2.17



Рисунок 2.17– Від векторизовані дороги

Потім було від класифіковано дороги які були створені раніше за типами та кольором рисунок 2.18

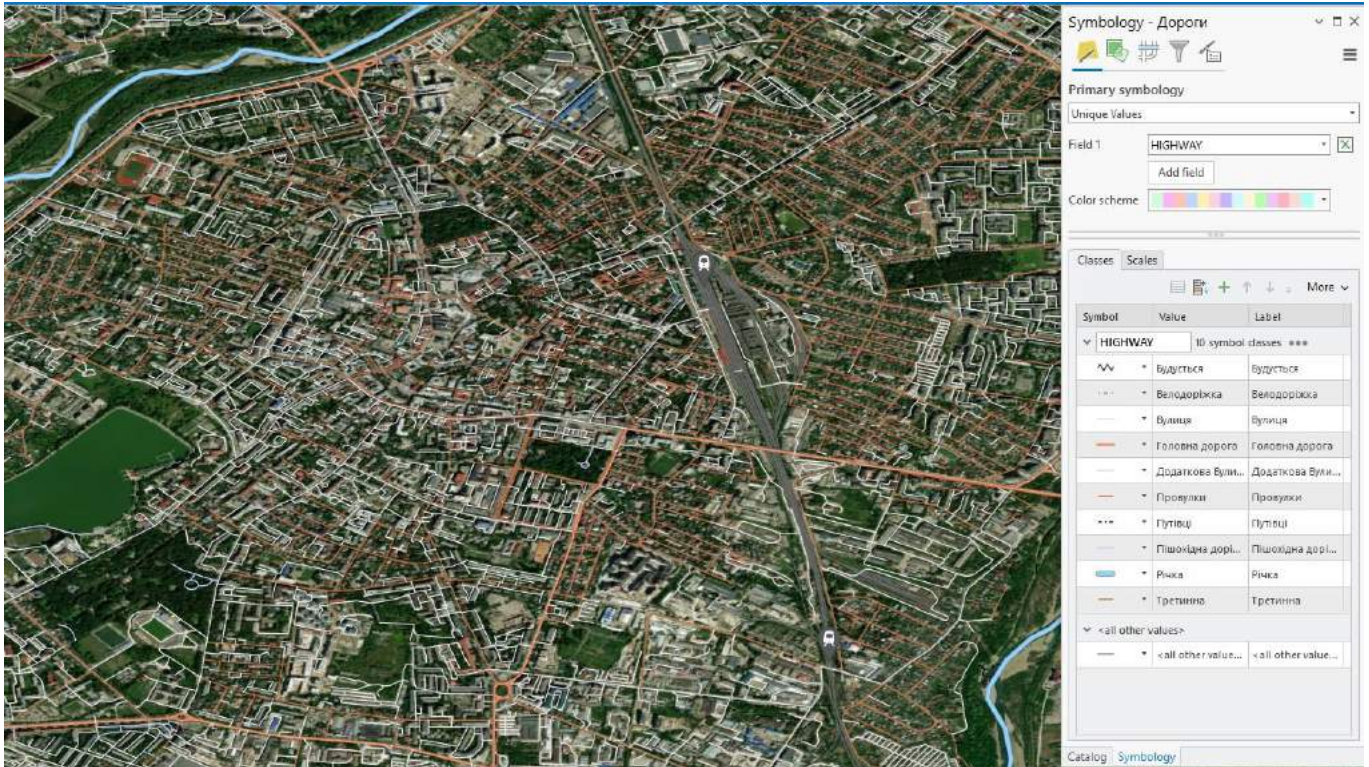


Рисунок 2.18– Від класифіковані дороги

Наступним кроком було створено діаграму у програмі Arcgis pro рисунок 2.19

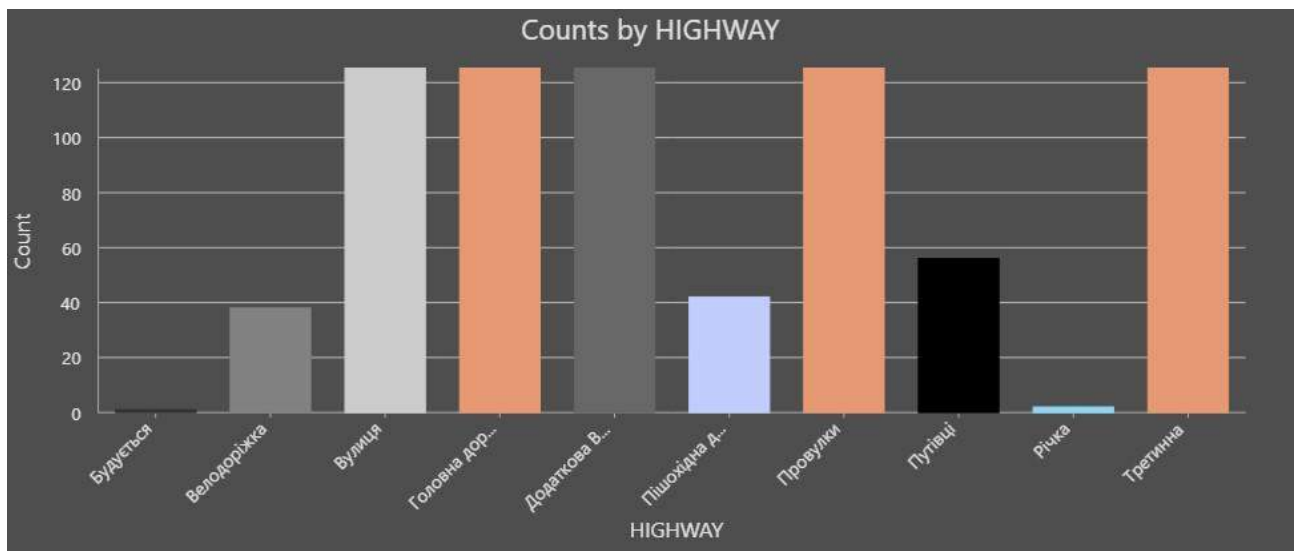


Рисунок 2.19– Від класифіковані дороги

Далі було створено два класи з залізною дорогою та станціями рисунок 2.20



Рисунок 2.20– Залізні дороги

Створено шар з територіальними зонами та від класифіковано його по типам зони рисунок 2.21 та побудовано діаграму у Arcgis pro кількості зон рисунок 2.22

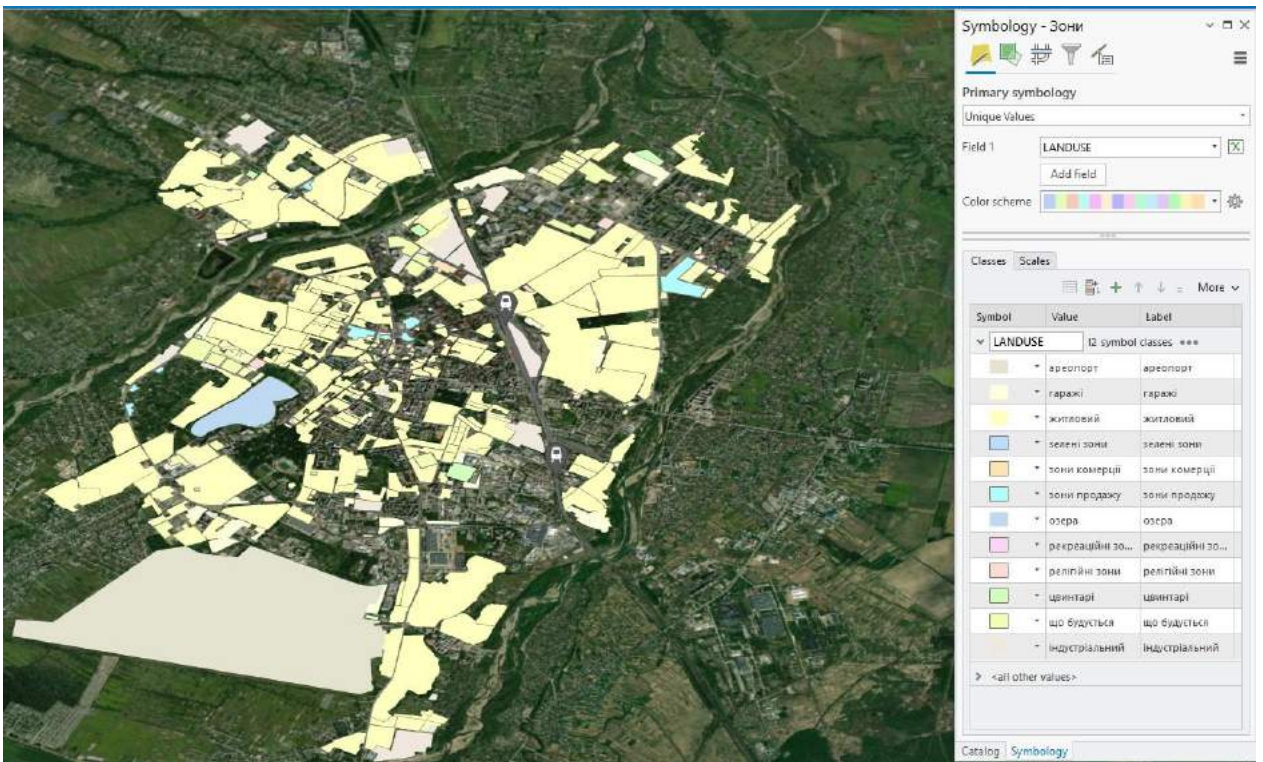


Рисунок 2.21– Від класифіковані зони

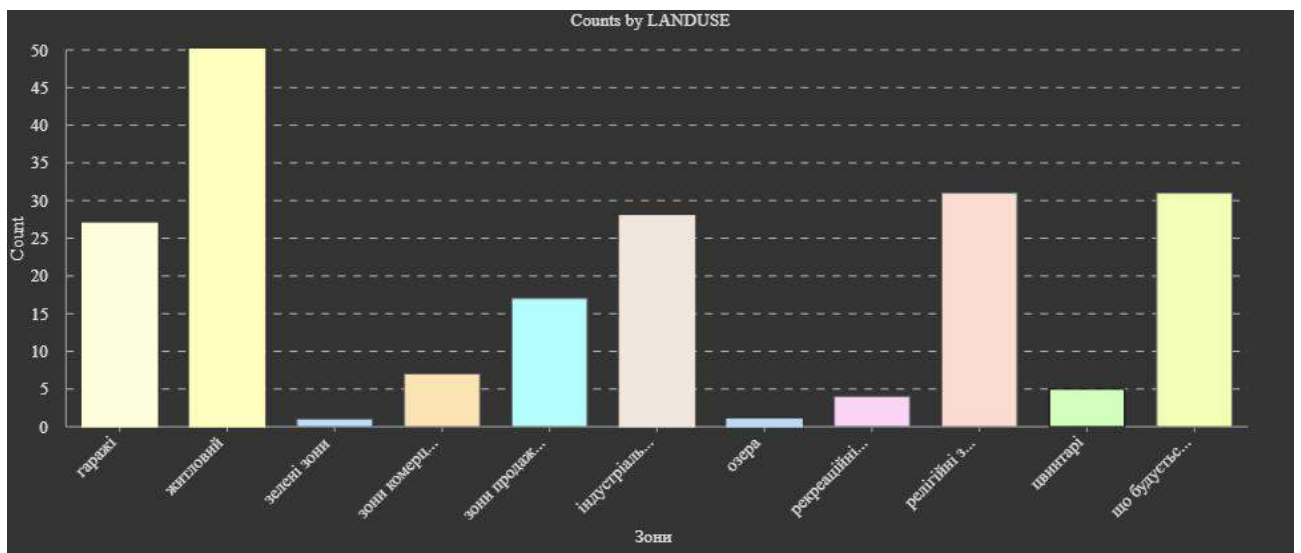


Рисунок 2.22– Кількість від класифікованих зон

В результаті було отримано картографічну модель міста Івано – Франківськ рисунок 2.23, рисунок 2.24

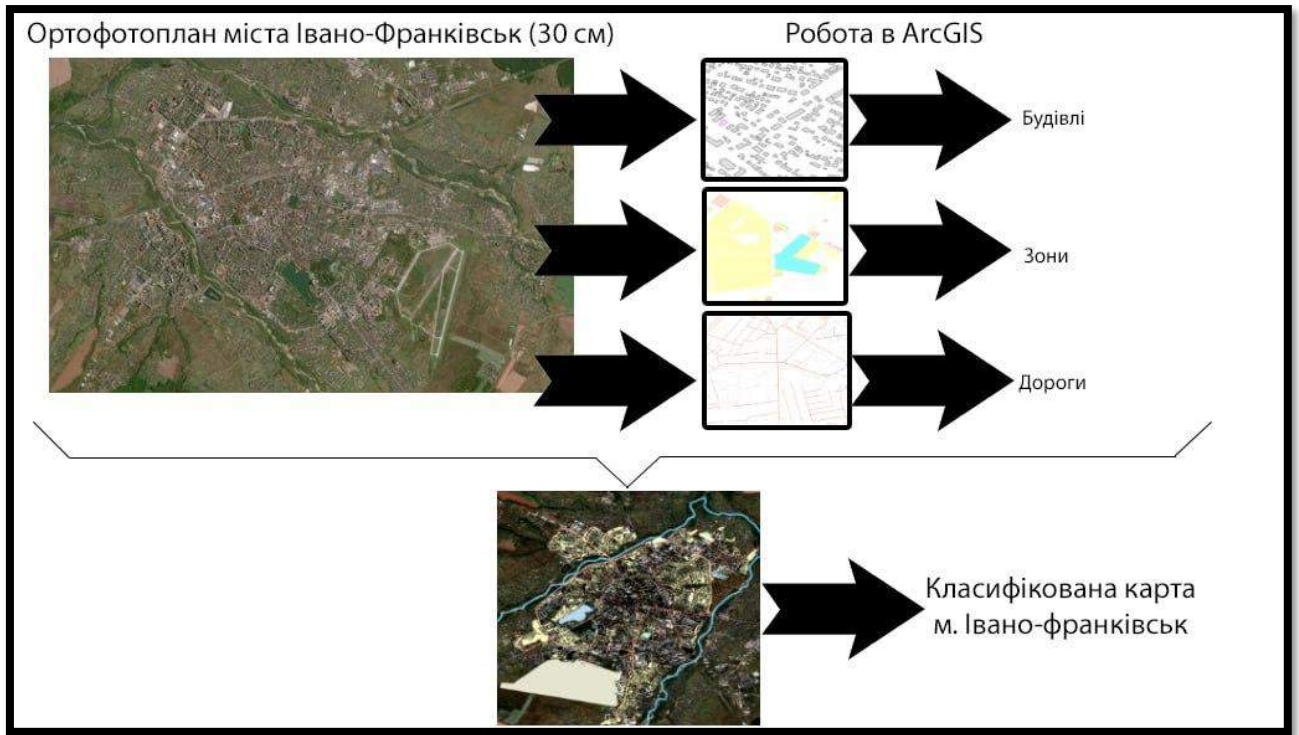


Рисунок 2.23– Схема побудови моделі

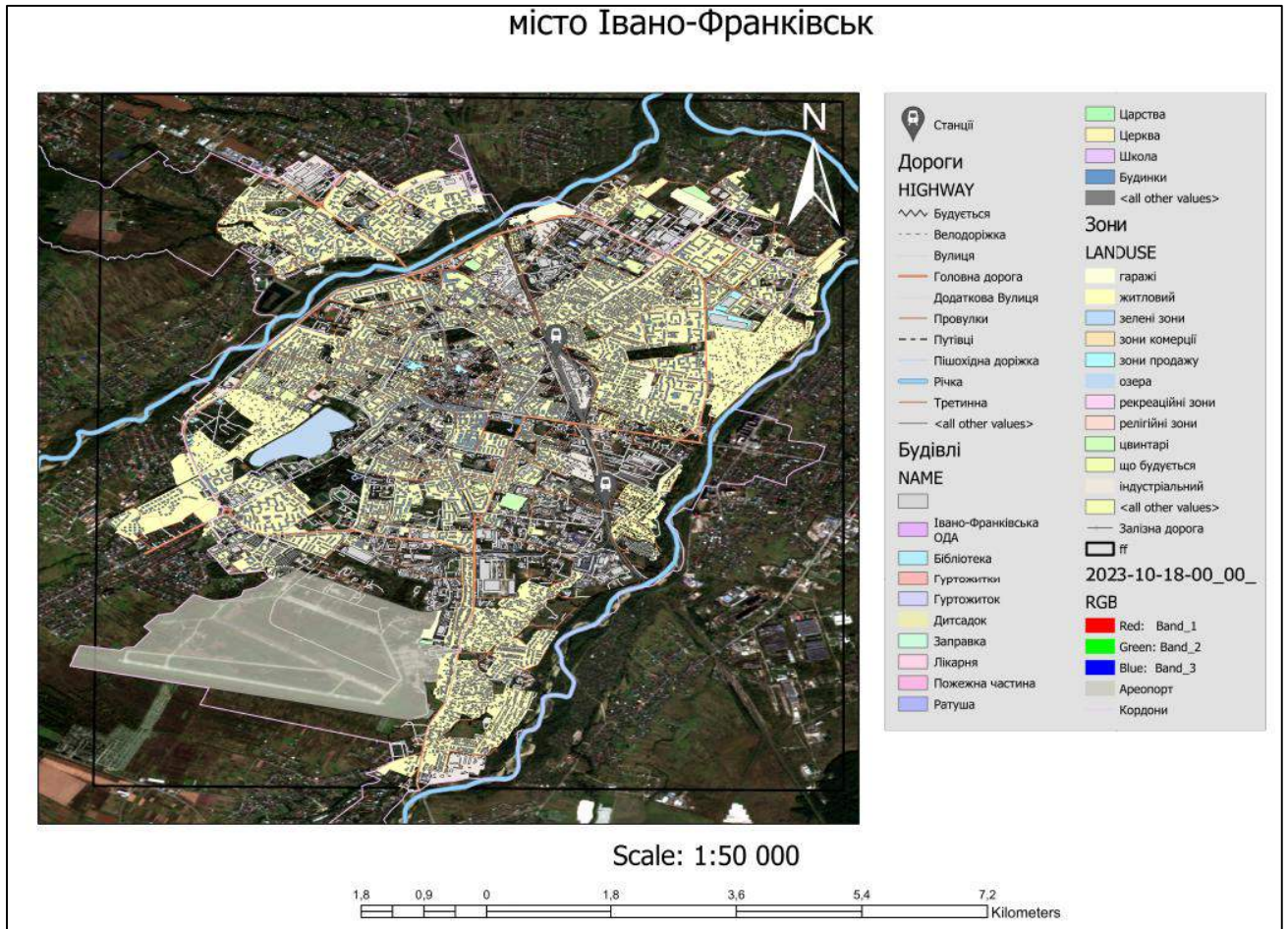


Рисунок 2.24– Картографічна модель

2.11 Створення картографічної моделі міста за допомогою програмного забезпечення City Engine

«CityEngine — це потужний інструмент, який дуже простий у використанні, — сказав він. «Мені подобається простота мови CityEngine CGA. Є високий рівень абстракції. Ви можете розгорнути генерацію, яка є багатопоточною та багатопроцесорною».

Перш ніж почати використовувати CityEngine, займався моделюванням вручну. Тепер для кожного проекту він збалансовує трудомістку роботу ручного моделювання з роботою, яку можна виконати процедурно. CityEngine дозволяє йому підтримувати високий рівень реалістичності та простоти. Це економить значну кількість часу, особливо для проектів, які включають велике місто з сотнями будівель і цікавою топологією, а також полем зору до 50 кілометрів.

Для початку було отримано знімок у високій роздільній здатності з arcgis satellite та базу даних OpenStreetMap (OSM) рисунок 2.25



Рисунок 2.25– Отримання даних

Наступним кроком було вибрано об'єкти для імпорту з бази даних OpenStreetMap (OSM) рисунок 2.26

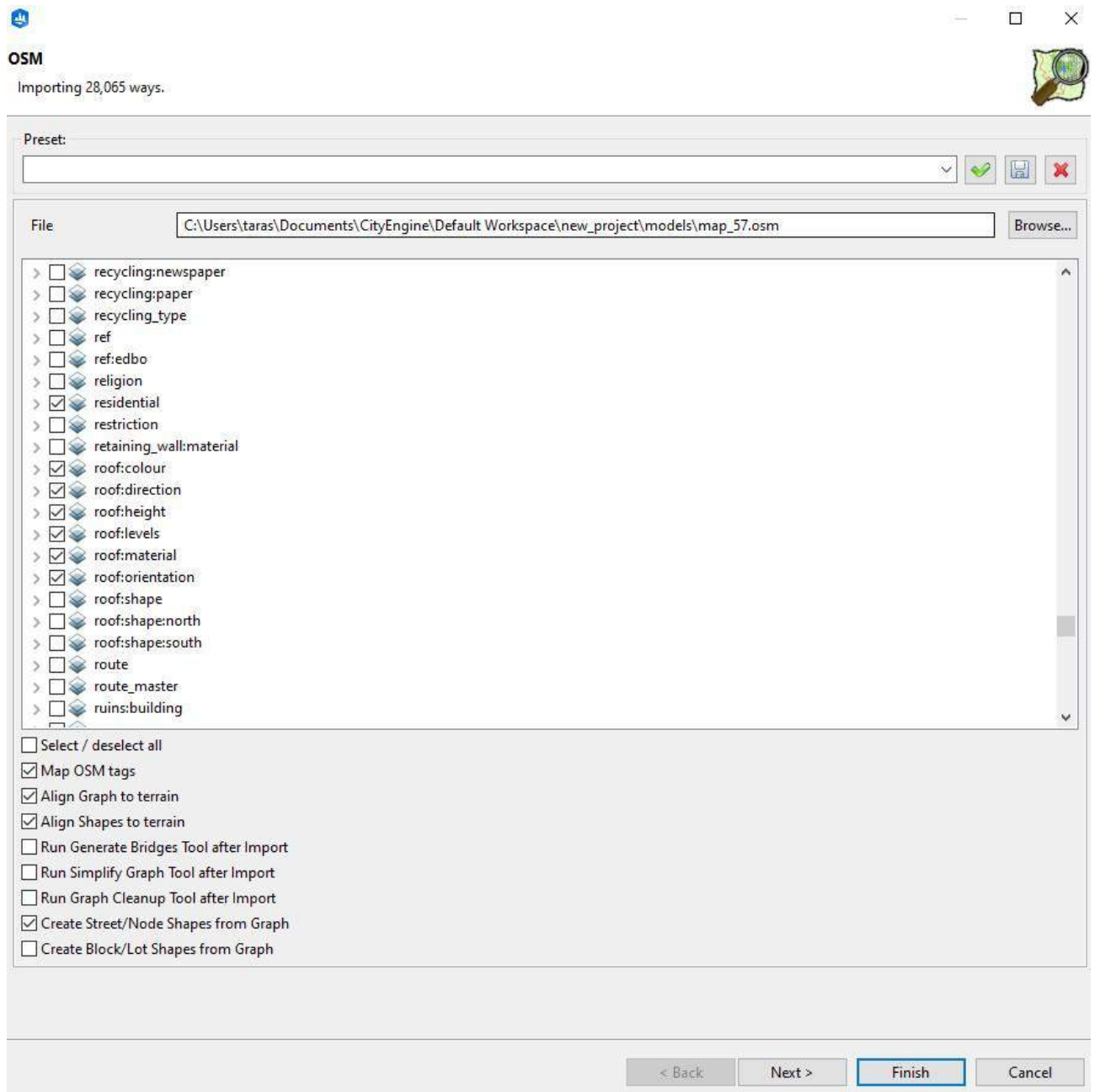


Рисунок 2.26 – Вибір даних для імпорту

Імпортовані об'єкти з OpenStreetMap (OSM) візуалізовано на моделі у 2D вигляді рисунок 2.27



Рисунок 3.27 – Візуалізація на моделі у 2D вигляді

Вибір усіх об'єктів типу дороги для подальшого накладання текстур на них рисунок 2.28

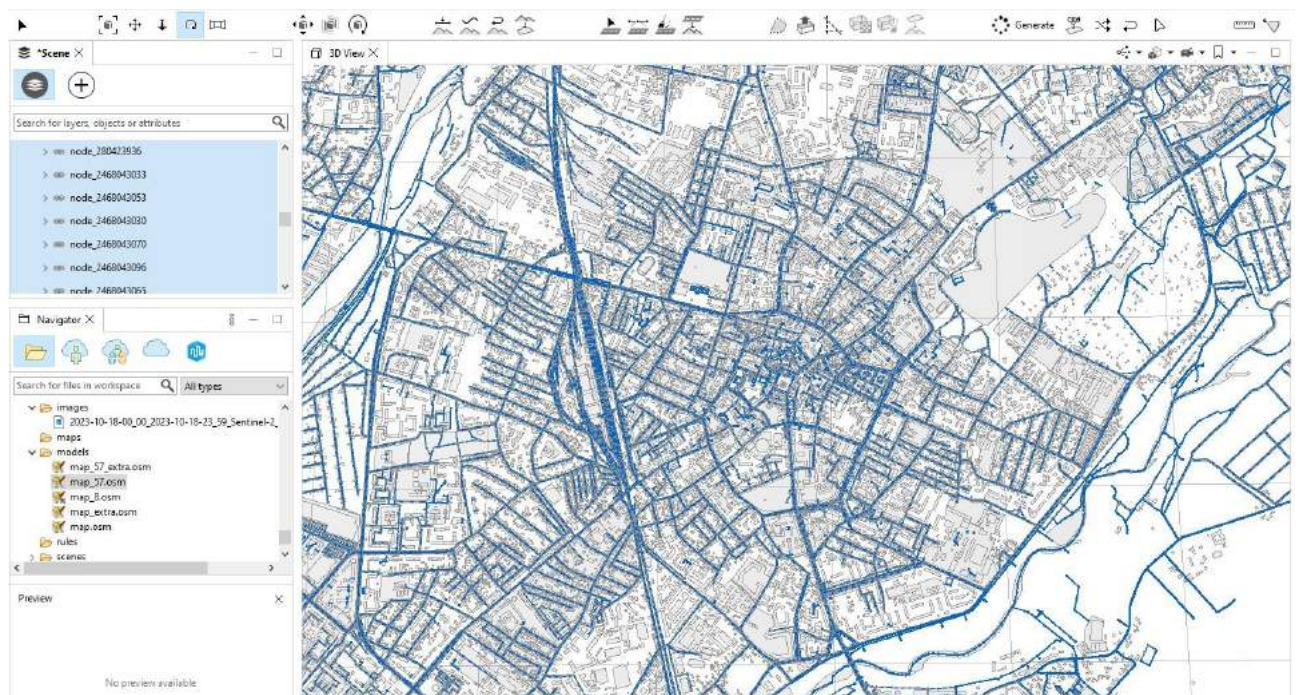


Рисунок 2.28 – Виділення об'єктів доріг

Візуалізація накладання текстур на дороги, накладені текстури зображені на рисунку 2.29



Рисунок 2.29– Накладені текстури на дороги

Далі було виділено усі об'єкти будівель рисунок 2.30

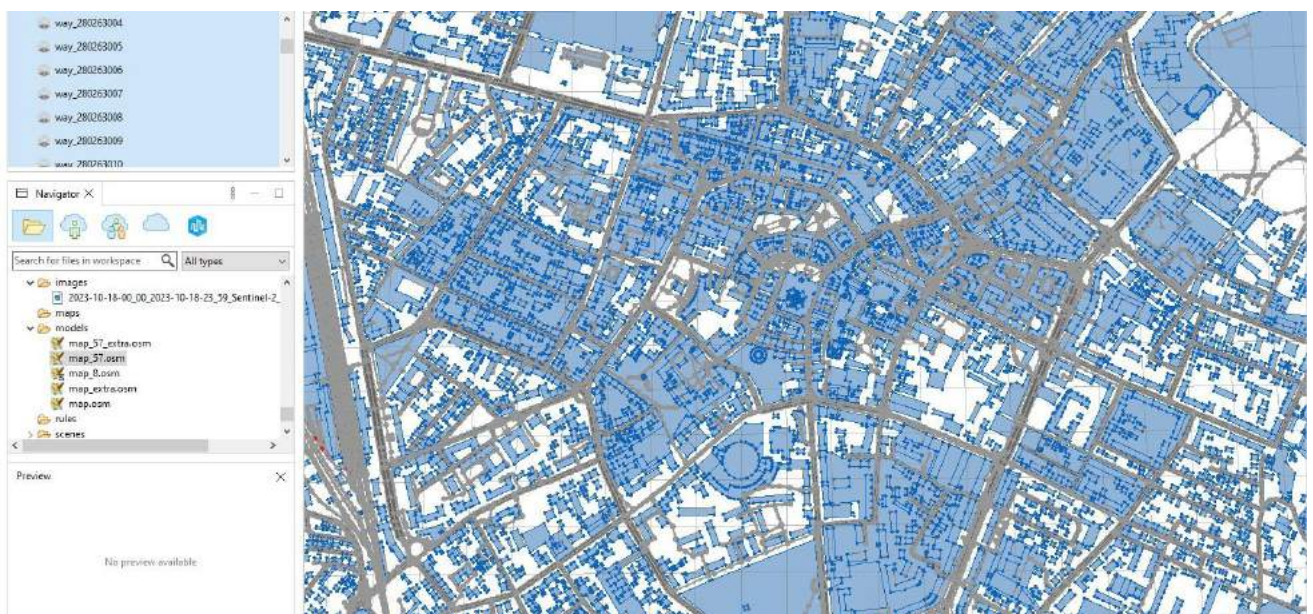


Рисунок 2.30– Виділені об'єкти будівель

Подальшим кроком було перетворено пласкі 2D полігони на 3D будівлі за допомогою даних висот будівель які було імпортовано з бази даних OpenStreetMap (OSM) рисунок 2.31

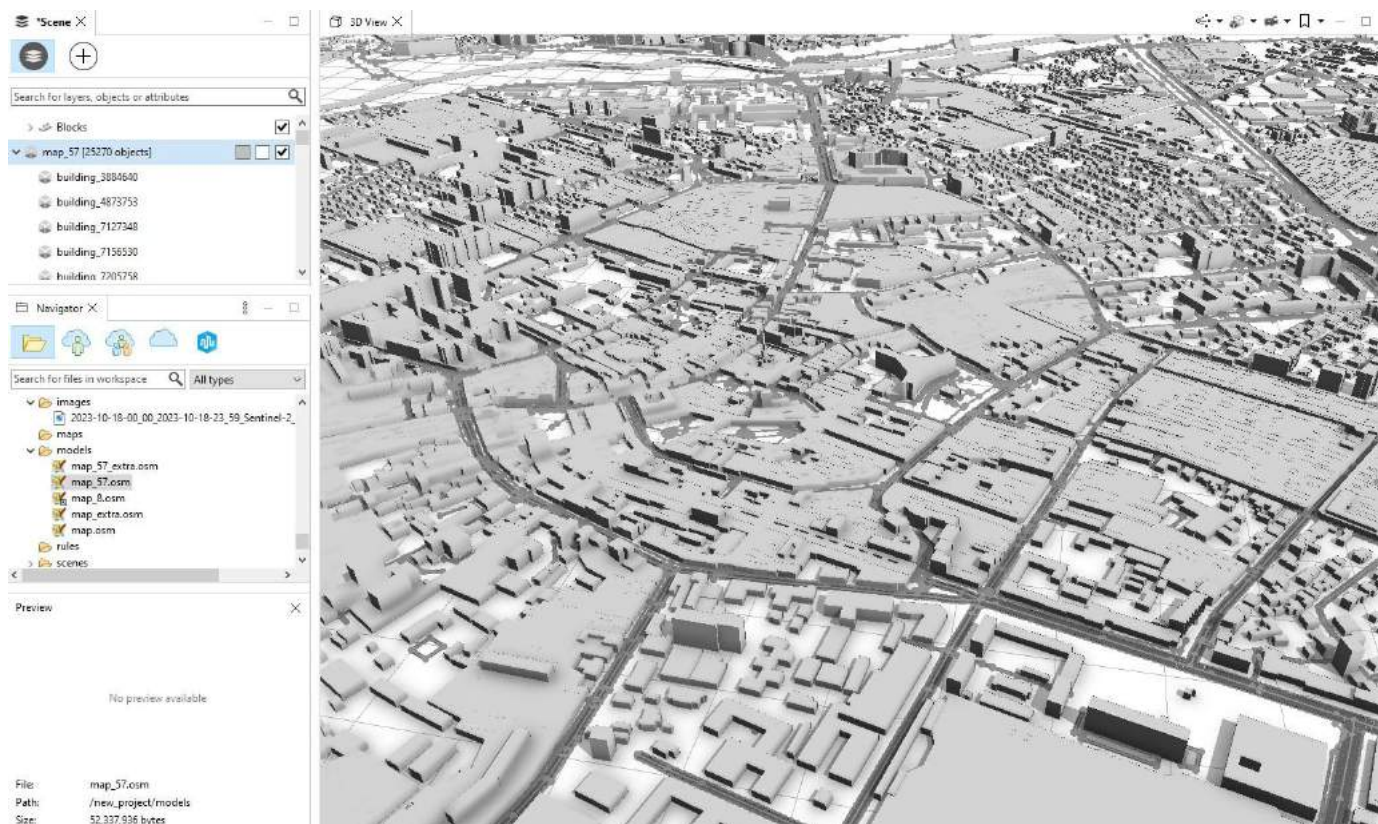


Рисунок 2.31– 3D візуалізація об'єктів будівель

Наступним кроком було накладено текстури міста Цюріх з базового набору текстур так як вони найбільше підходять пуд тутешню забудову рисунок 2.32 в результаті було отримано 3D модель міста Івано – Франківськ рисунок 2.33, та рисунок 2.34 у загальному вигляді

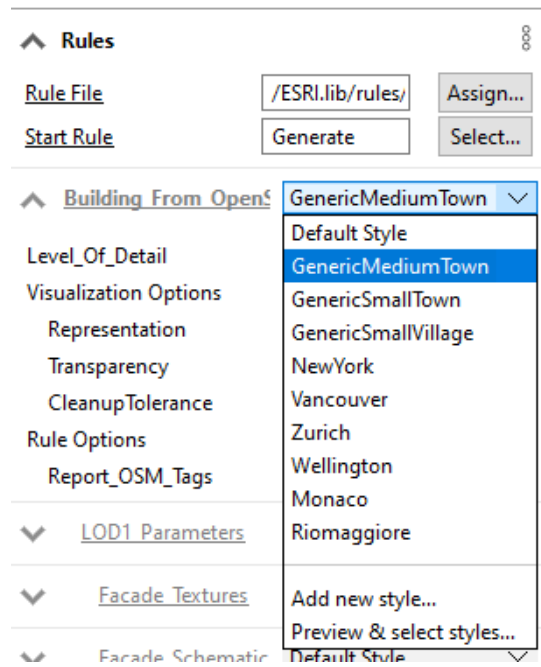


Рисунок 2.32 – Базові набори текстур

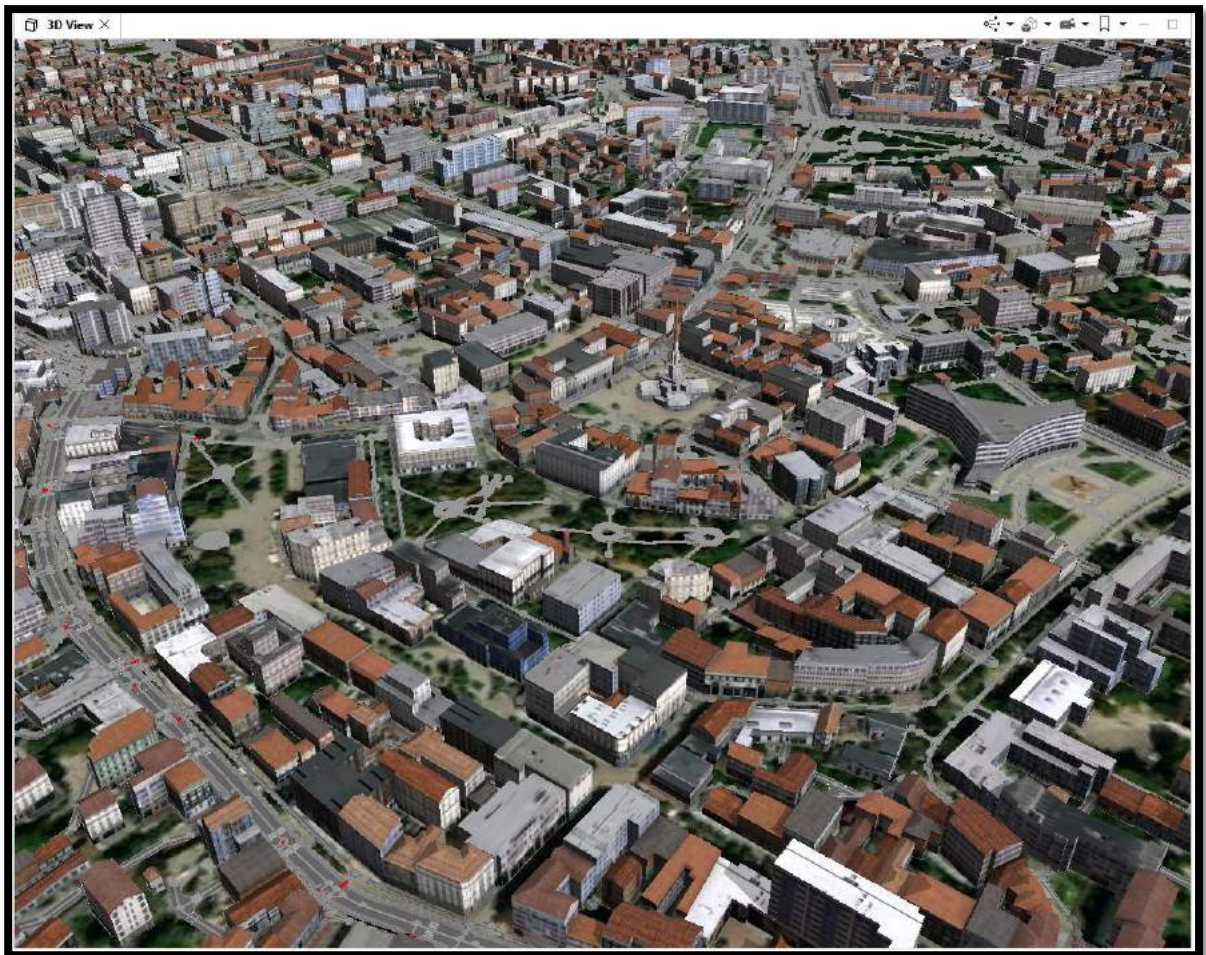


Рисунок 2.33 – Центр міста Івано – Франківськ

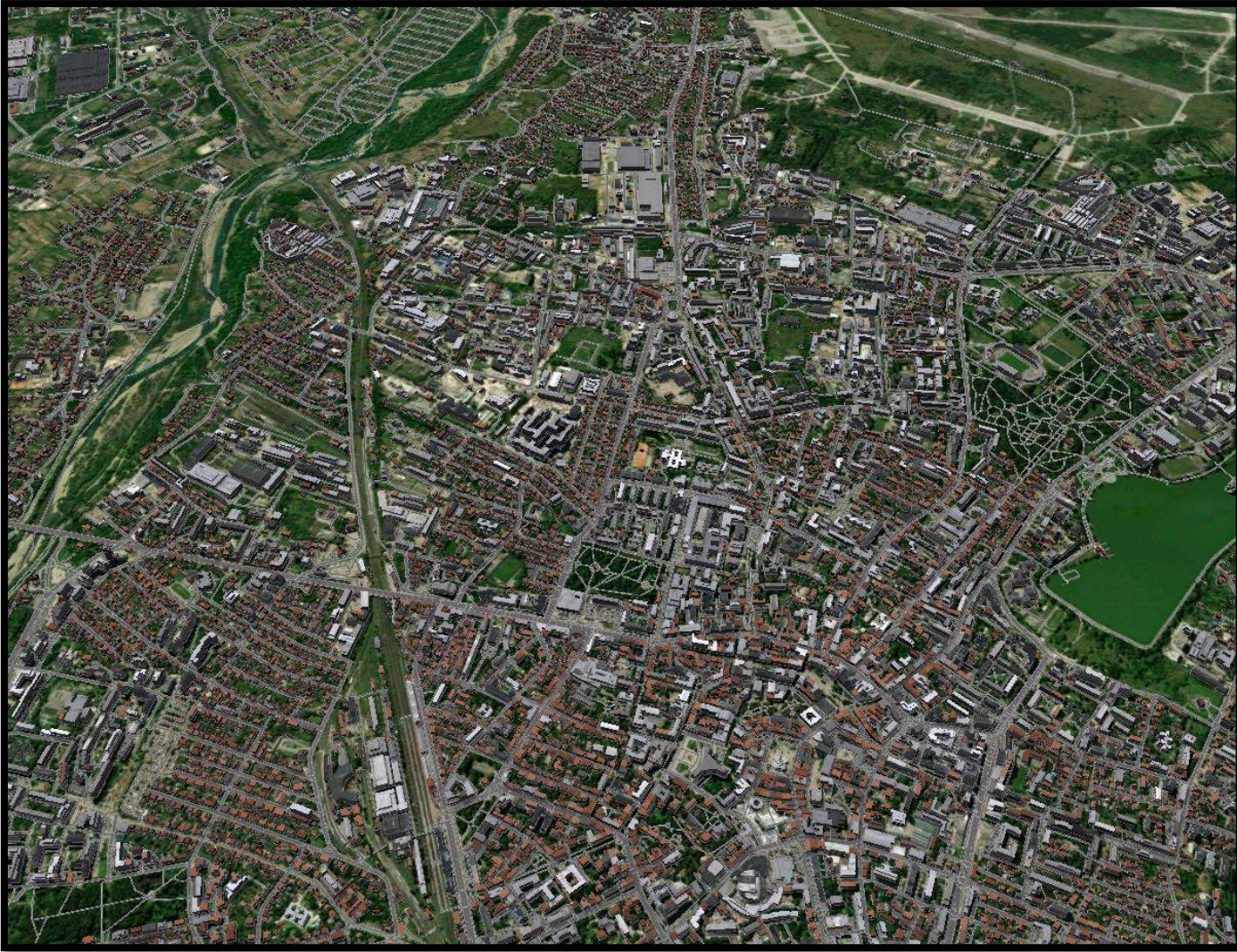


Рисунок 2.34 – Загальний вид моделі міста Івано – Франківськ

РОЗДІЛ 3 ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ РОЗУМНОГО МІСТА

3.1 Формування моделей міських територій

Формування моделей міських територій є завданням великих розмірів, оскільки воно включає великі об'єми початкових картографічних даних та генерує значну кількість точок для опису цифрової моделі рельєфу, тому використання сучасних технологій для полегшення та пришвидшення усіх процесів є фактично обов'язковим та безперспективним. Однією з технологій, що значно просунула галузь моделювання територій міст є штучний інтелект. Схема використання ШІ у моделюванні міст представлена на рисунку 3.1.

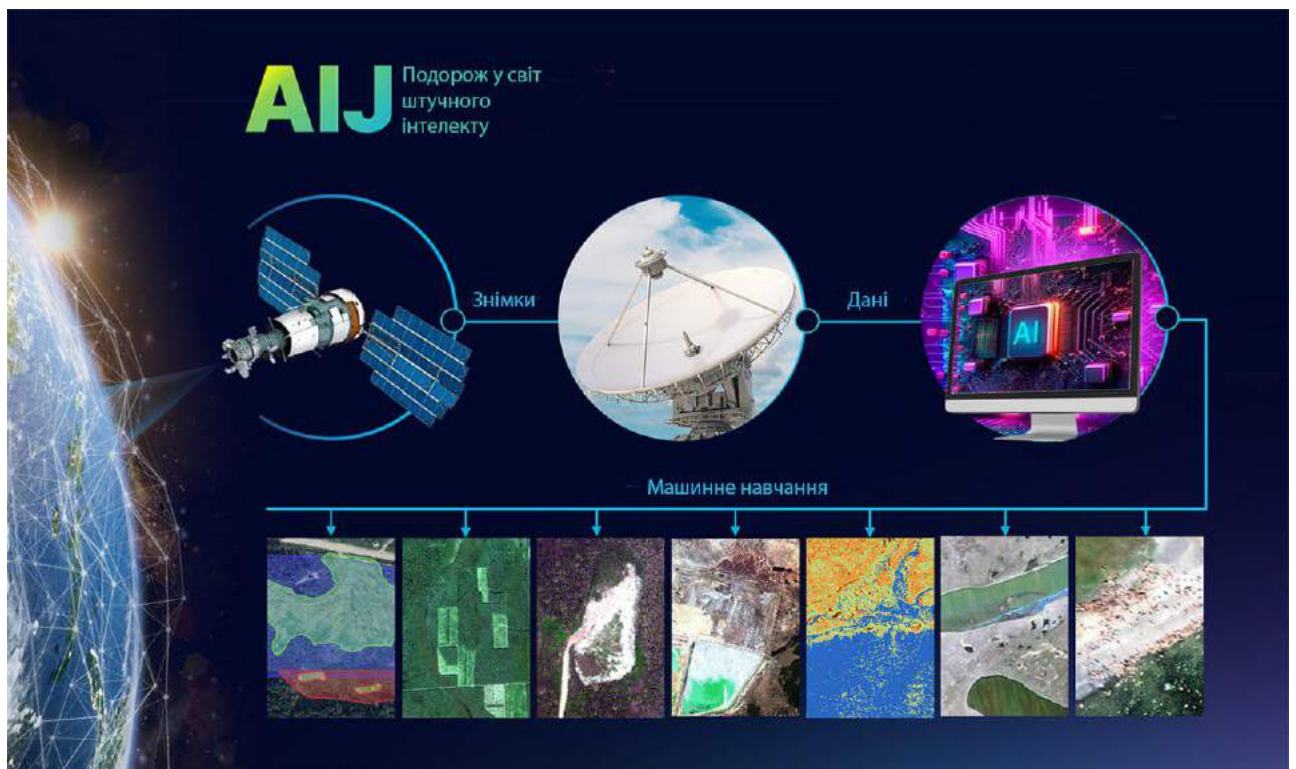


Рисунок 3.1 – Схема використання ШІ у моделюванні міст

За останні роки галузь штучного інтелекту (ШІ) стрімко прогресувала, досягаючи або, в деяких випадках, навіть перевершуючи людську точність у таких завданнях, як розпізнавання зображень, розуміння прочитаного та переклад тексту. Перетин штучного інтелекту та ГІС створює величезні

можливості, які були неможливі раніше. Штучний інтелект, машинне навчання та глибоке навчання допомагають нам робити світ кращим, наприклад, допомагаючи підвищити врожайність за допомогою точного землеробства, зрозуміти закономірності злочинності та передбачити, коли вдарить наступний сильний шторм, а також бути краще оснащеними для боротьби з ним.

Загалом кажучи, штучний інтелект – це здатність комп'ютерів виконувати завдання, яке зазвичай потребує певного рівня людського інтелекту. Машинне навчання є одним із типів двигуна, який робить це можливим. Він використовує керовані даними алгоритми, щоб вивчати дані, щоб надати вам потрібні відповіді. Одним із типів машинного навчання, який нещодавно з'явився, є глибоке навчання. Глибоке навчання використовує згенеровані комп'ютером нейронні мережі, які надихаються людським мозком і приблизно нагадують його, щоб розв'язувати проблеми та робити прогнози.

Сучасні технології цифрової фотограмметрії дозволяють досягти високої точності в 3D моделях на рівні сантиметрів, проте вони залишаються високо затратними та великими за об'ємом у часі. Розповсюдження геоінформаційних систем (ГІС) та доступність цифрових детальних планів міських територій дозволяють отримувати 3D моделі з точністю в метрах за відносно невеликі витрати. Ці моделі задовольняють вимоги багатьох інженерних завдань у сфері просторового моделювання.

Процес створення моделі займає невеликий проміжок часу, від декількох секунд до кількох хвилин, при обробці інформації з векторних карт, матриць висот, триангуляційних моделей рельєфу (TIN) та цифрових фотознімків місцевості. Наявність всіх цих складових не є обов'язковою, і їх можна використовувати в різних комбінаціях, залежно від поточних потреб.

3.2 Аналіз основних напрямів і концепцій розумного міста

В наш час стало зрозумілим те, що для покращення життєвого досвіду населення у містах необхідна одна велика екосистема. На щастя таку систему створили і назвали «**Smart City**» або «**Розумне місто**». **Smart City** – це міський центр, який містить широкий спектр цифрових технологій у своїй екосистемі. Розумне місто використовує ці дані про людей, транспортні засоби, будівлі тощо, щоб не лише покращити життя громадян, а й мінімізувати вплив самого міста на навколишнє середовище, постійно контактуючи і спілкуючись із собою для досягнення максимальної ефективності. На рисунку показана схема можливостей **Smart City**.

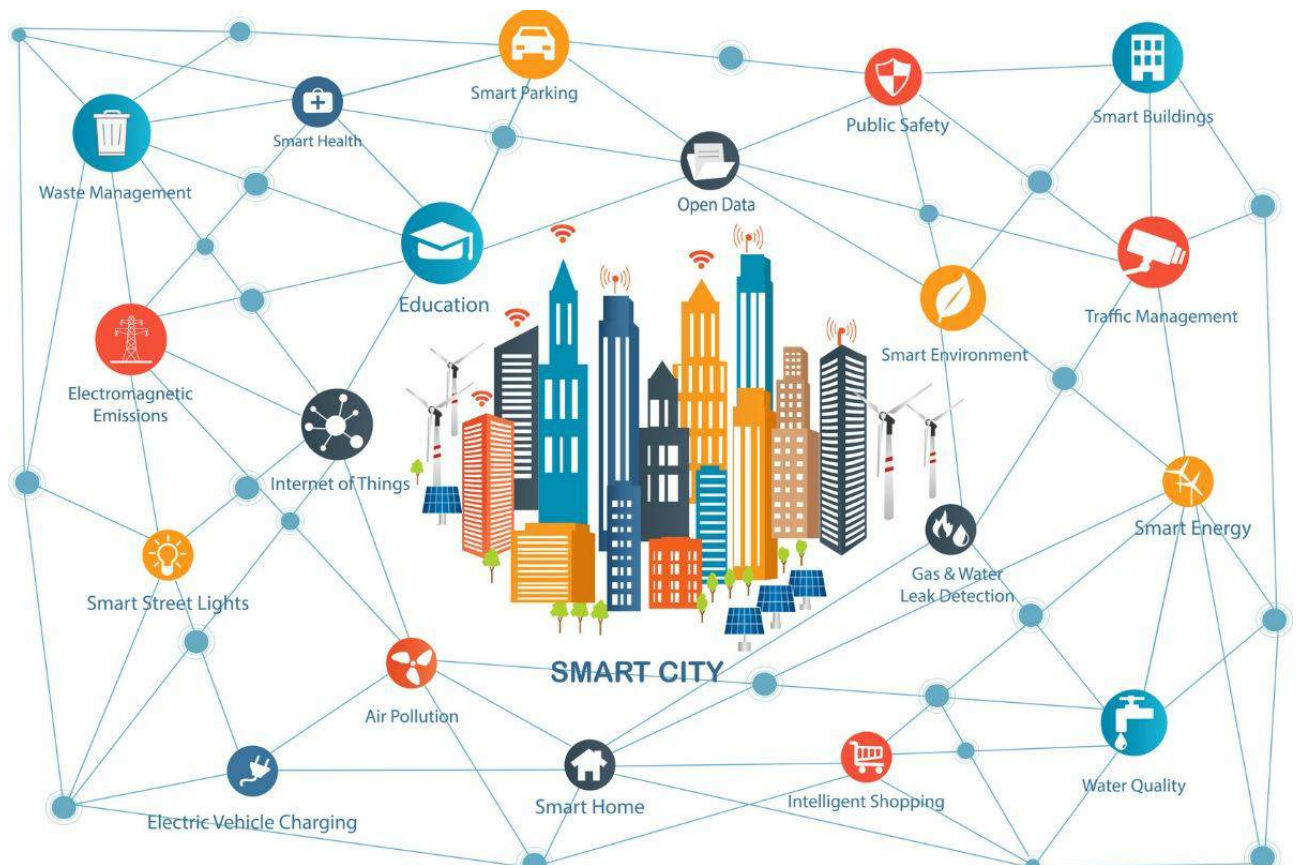


Рисунок 3.2 – Схематичне відображення можливостей **Smart City**

Основні компоненти **Smart City**:

- Розумні дані (Розумне місто збирає дані від жителів, транспортних засобів та інфраструктури міста. Мета – постійно оцінювати закономірності чи неефективність для покращення життєвого рівня громадян. У **Smart City**

можна буде отримати інформацію про найкращий час подорожі, власне особисте споживання енергії, найбезпечніші часи поїздок, інформацію про вдосконалення своїх харчових звичок тощо. Також можна буде знати все, що потрібно про місто, в режимі реального часу – все як на долоні.)

- Розумна енергія (Майбутнє розумне місто буде включати безліч чистих джерел енергії для живлення міста. Енергія в розумних містах ефективна і витрачається менше енергії через постійний збір та аналіз даних у реальному часі. Ці «розумні мережі» постійно спілкуватимуться між собою, направляючи енергію в райони міста, які, можливо, потребуватимуть ще більшої енергії, зберігаючи енергію в місцях міста, які можуть не потребувати її. Сонячну та вітрову енергію можна було збирати протягом дня та направляти у відповідну зону. Сама сонячна енергія буде поширеною і повністю інтегрованою в дороги, будівлі та житлові масиви. Подальший розвиток технологій інтелектуальної мережі, а також збереження чистих енергетичних рішень допоможуть привести розумне місто в дію.)

- Розумна інфраструктура (Зі зібраними даними містобудівники та архітектори могли б створити будівлі, оптимізовані для потреб людей. Міські райони чи технології, які до цього не існували, можна перевірити на громадянах, щоб переконатися, що вони справді приносять їм користь. Розумна інфраструктура дозволяє запобігати проблемам охорони здоров'я, потенційно зупиняючи повітряні захворювання або забруднення води, перш ніж вони, навіть, трапляться.)

Через такий глобальний проект в звичайних ГІС з'явилась потреба в розширених 3D-моделях міст.

Спочатку переважна більшість ГІС пропонувала 2D-дисплеї, але з розвитком технологій багато систем тепер мають 3D-дисплеї, здатні чіткіше візуалізувати геопросторову інформацію для різних цілей. Тепер послуги 3D-відображення легко доступні, наприклад, у додатках для карт смартфонів.

Однак 3D-дисплеї в типових службах є геометричними моделями з 3D-багатокутниками, що містять геометричні зображення (трикутники або

багатокутники) стану поверхні землі – дисплеї не розрізняють топографічні об'єкти, будівлі, прилеглі будівлі, вулиці та інші об'єкти. Таким чином, важко пов'язати позиційну інформацію з 3D-даними та детальною геопросторовою інформацією зі значною точністю рисунок 3.3.



Рисунок 3.3 – Використання геоінформаційних технологій та даних дзз для створення розумних міст

Наприклад, для створення точних, детальних 3D-даних для розширених додатків, таких як детальний аналіз і моделювання для планування міст і планування зменшення ризику стихійних лих, а також для створення цифрових двійників міст, які є важливими, потрібна величезна кількість часу та грошей. для досягнення розумних міст.

Спільна платформа має важливе значення для того, щоб національні та місцеві органи влади, а також корпорації та окремі особи могли використовувати 3D-дані для різноманітних цілей. У відповідь на це Японія прийняла CityGML — міжнародний стандарт, створений Відкритим геопросторовим консорціумом (OGC), міжнародною організацією стандартизації в галузі геопросторової інформації, що дозволяє

використовувати дані з її 3D-моделей міст у широкому діапазоні додатків у Японії та в усьому світі.

3.3 Аналіз можливостей 3D моделей міст на прикладі сервісу Plateau

Plateau — це відкрита 3D-модель міста, сумісна з CityGML, створена Міністерством землі, інфраструктури, транспорту та туризму Японії з метою реалізації концепції Society 5.0. Незважаючи на те, що Plateau було запущено пізніше, ніж моделі, сумісні з CityGML інших країн, зараз це наймасштабніша у світі відкрита 3D-модель міста, яка охоплює 56 міст, площу 10 000 км² і 10 мільйонів будівель по всій Японії з постійними оновленнями та розширеними варіантами використання.

Plateau в основному містить три типи даних:

- Дані, зібрані за допомогою основного засобу створення звичайних 2D-даних: літака. Зокрема, це стосується даних про висоту з аерофотозйомки за допомогою лазерних профайлерів і даних зображень з аерофотозйомки.

- Тип даних – це базові карти планування міста: 2D-карти, надані місцевими та муніципальними органами влади.

- Тип даних – це багаті дані: атрибути, структури, специфікації, класифікації, вік та інші властивості окремих будівель із законодавчо обов'язкових основних обстежень містобудування, які в минулому в основному використовувалися на місцевому рівні.

Зокрема, Plateau пропонує завантажуванні відкриті дані, сумісні з низкою програмного забезпечення 3D-графіки, на додаток до Plateau View , онлайн-програми, яка дозволяє користувачам переглядати 3D-моделі та пов'язані дані для будь-якої області чи точки (рис.3.4, 3.5).



Рисунок 3.4 – Приклад інформації яку збирає Plateau View

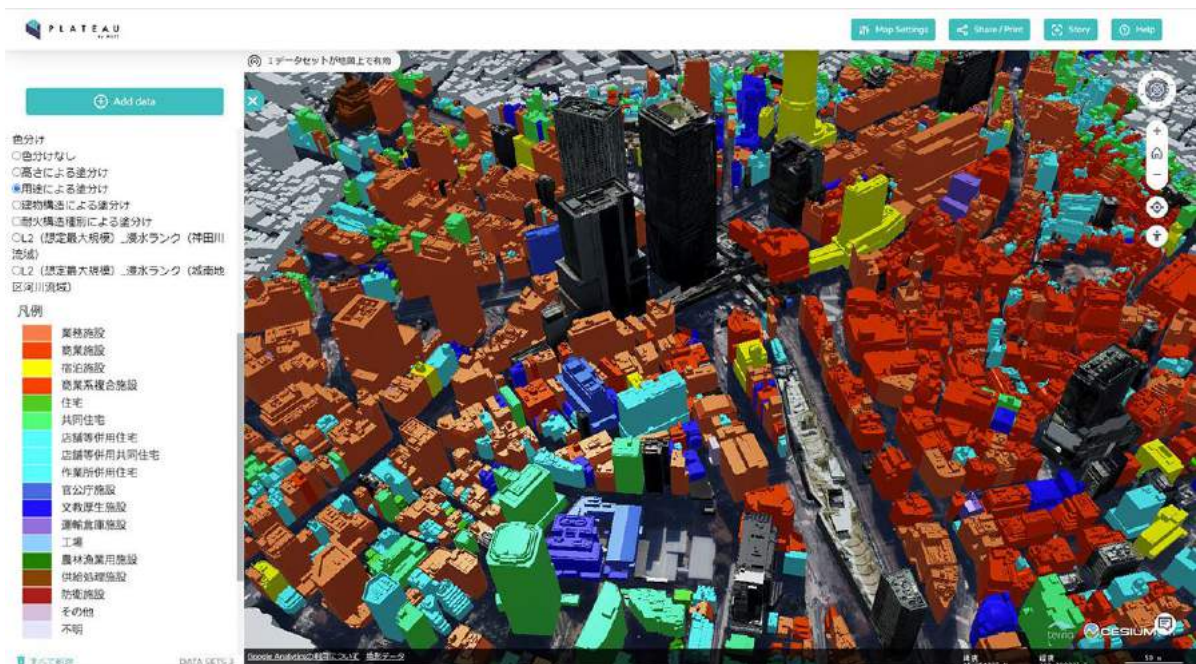


Рисунок 3.5 – Plateau View надає відображення будівель навколо станції Shibuya, позначених кольорами за використанням.

Приклади застосування 3D моделей міст включають:

— Аналіз та моделювання для планування міста передбачає детальне зонування можна вивчити, використовуючи дані окремих будівель, навіть якщо комерційні та житлові зони межують одна з одною. Здатність аналізувати інформацію про атрибути будівлі та інші багаті дані, щоб

визначити, наскільки територія є сприятливою для виховання дітей, наприклад, корисна при розгляді міської політики.

У містах, розташованих [1]так, що вони чутливі до високих температур протягом літа, візуалізація руху та застою гарячого повітря дозволяє користувачам імітувати, візуалізувати та розглядати, як зробити міські райони більш комфортними для проживання людей.

Візуалізація та аналіз змін в містах від минулого до теперішнього. Точність планування міста можна покращити, дізнавшись, як змінюється рух людей і транспортних засобів, коли змінюються міські тротуари та дороги.

— Симуляції для оцінки ризиків катастроф і [2]планування запобігання катастрофам. Використання 3D-моделей міста, які включають дані про висоту, для моделювання та аналізу ризику лиха в певній місцевості полегшує розгляд високоточних, більш складних планів евакуації та запобігання лихам.

Проведення симуляцій для візуалізації повеней, цунамі та інших лих дає змогу спрогнозувати збитки для кожної будівлі. Наприклад, можна запланувати вертикальну евакуацію — евакуацію у високі будівлі, — що є ефективним для людей похилого віку, які не можуть швидко евакуюватися, і коли люди не можуть отримати доступ до евакуаційних центрів зі своїх місць проживання чи роботи. Міста використовують ефективні дані про висоту та характеристики будівель (наприклад, чи зроблені вони з армованої сталі чи дерева) для вертикальної евакуації, щоб розглянути можливість диверсифікації способів евакуації, зокрема, заохочуючи включення приватних будівель на додаток до громадських об'єктів.

— Моніторинг благоустрою міських територій, візуалізація та аналіз міської діяльності за допомогою даних з камер і датчиків дає змогу ефективно моделювати, як люди пересуваються, щоб покращити тротуари та інші шляхи пересування в містах. Іншим методом дослідження є ініціативи, коли люди носять розумні годинники, щоб візуалізувати дані про шляхи, якими вони

йдуть (які неможливо повністю зрозуміти за допомогою датчиків або камер), щоб визначити та вирішити проблеми в містах.

На головних станціях високошвидкісних залізниць та інших великих об'єктах, де шляхи пересування людей мають тенденцію бути складними, LOD4 можна зв'язати з внутрішніми даними будівлі, щоб візуалізувати, як люди пересуваються всередині та поза станціями, і накладати моделювання руху на 3D-міські моделі. Візуалізація точок, де люди, як правило, губляться або де виникають затори, може допомогти покращити лінії потоку та інші аспекти просторового дизайну.

Моніторинг атрибутів будівлі та того, як люди переміщуються навколо певної точки, дає змогу спланувати найкраще та найефективніше розміщення зовнішньої реклами відповідно до вмісту майданчика.

— Використання в спілкуванні та розвагах. Сумісні з CityGML 3D-моделі міст дозволяють користувачам гуляти містами або брати участь у обслуговуванні клієнтів і спілкуватися в містах і комерційних об'єктах у 3D-віртуальних просторах, які пов'язують внутрішні та зовнішні дані будівлі. Цифрові близнюки на основі відкритих даних можна використовувати для продажу продуктів і демонстрації міст за зниженою ціною.

Обмін даними про координати дає змогу як користувачам доповненої реальності (AR) у містах реального світу, так і користувачам віртуальної реальності (VR) у віддалених місцях оглядати визначні пам'ятки, гуляти містом, робити покупки та ділитися [3]іншими враженнями в тому самому місці. Крім того, використання атрибутів даних, за якими класифікуються будівлі, дає змогу використовувати AR для надання інформації та спрямування клієнтів через магазини в торгових районах. Зусилля, щоб залучити туристів і відродити громади, також вживаються, рекламуючи міста людям в Японії та решті світу за допомогою ігор, які включають реальні 3D-дані з міст.

— Ефективна робота електронного обладнання має важливе значення для моніторингу міст та збору даних, [12]автоматизації операцій і передачі даних, необхідних для цієї діяльності. Симуляції та дані з 3D-моделей

міст можна використовувати для вивчення ефективного розгортання електронного обладнання.

Наприклад, не можна встановити необмежену кількість датчиків і камер, щоб стежити за тим, як люди пересуваються. Натомість можна використати 3D-дані міста для проведення симуляцій, щоб розглянути плани розміщення датчиків і камер, і використовувати результати для оптимізації зондування та збору даних за допомогою обмеженої кількості одиниць.

Аналіз і моделювання на основі тривимірної моделі міста також можна використовувати для планування розміщення базових станцій, необхідних для бездротового зв'язку. Очікується також, що 3D-моделі міст будуть використовуватися в моделюванні польотів для безпілотних літальних апаратів доставки, які, як очікується, набудуть більшого поширення найближчим часом. Якщо безпечні маршрути польоту можна вибрати з 3D-моделей міста з даними про висоту окремих будівель, не потрібно буде витрачати стільки часу на польові дослідження.

Як було продемонстровано, CityGML-сумісні 3D-моделі міст повинні бути корисними не тільки для розробки політики, планування та надання послуг, але й для багатьох інших додатків, таких як розгляд необхідних специфікацій і методів експлуатації обладнання та пристроїв. 3D-моделі міст є важливим кроком до популяризації та розширення використання цифрових двійників, і в міру збільшення випадків використання відкриті дані ставатимуть багатшими та доступнішими для людей у всіх галузях промисловості та на будь-яких посадах для застосування своїх нових ідей.

3.4 Аналіз можливостей платформ 3D моделювання на прикладі інструменту менеджменту 3D-геопросторових карт AROUND

AROUND – високоточна платформа [13] геопросторових 3D-карт високої роздільної здатності, розроблена компанією Techtree Innovation, і яка значно підвищує якість та точність існуючих 3D-карт. Компанія заявила, що

«AROUND» заснований на її запатентованій технології створення та рендерингу 3D-карт та включає в себе чотири рішення для різних промислових додатків, таких як міське чи розумне міське планування, моделювання, військові дії та управління стихійними лихами. AROUND надає високоточні тривимірні геопросторові карти з високою роздільною здатністю, створені з використанням супутникових карт, даних ГІС, тривимірного сканування з використанням методу PSM (фотограмметричне програмне забезпечення для картографування) та високоякісної технології виробництва графіки з використанням Unreal Engine.

Зокрема, він підвищив реалістичність за рахунок реалізації різних візуальних геопросторових інформаційних даних, таких як місцевість, будівлі, рослинність, дороги, опори електропередач, світлофори, знаки та вивіски, погодні умови, сонячне світло, дані координат, перепади висот тощо. у реальний світ. Він характеризується точністю та роздільною здатністю в межах 5 см, а також уніфікацією всіх роздільних здатностей на великій і низькій висоті.

AROUND пропонує чотири рішення для геопросторових 3D-карт, адаптованих до потреб клієнтів: AROUND.city, AROUND.real, AROUND.sim, AROUND.map.

AROUND.city – це рішення, яке моделює будівництво та забудову міських територій або будівель, тим самим сприяючи міському розвитку. Завдяки міському моделюванню, 3D-візуалізації та даним AROUND.city його можна використовувати для аналізу різних середовищ, таких як комерційні, культурні та житлові об'єкти, а також для аналізу простору, навколишнього середовища, планування, дизайну та ландшафтного дизайну. Це дозволяє створювати та вивчати альтернативні плани, а також прогрес у розробці та оцінці. Приклад подібної 3D моделі представлено на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – 3D модель менеджменту забудови, створена за допомогою
AROUND.city

Це також дозволяє заощадити час, зусилля та витрати при плануванні проектів міського розвитку та інфраструктури, що відповідають умовам та ситуаціям розташування, а також забезпечує безперешкодне спілкування, аналіз та прийняття рішень з різними ключовими державними установами, спільнотами, клієнтами та іншими внутрішніми організаціями. /Зовнішні зацікавлені сторони.

AROUND.real – це рішення, що надає високоякісні картографічні дані 3D-візуалізації з усіма зіткненнями та розміщеними блоками, які можна використовувати у симуляторах літальних апаратів, таких як БПЛА, гелікоптери, літаки, автономні автомобілі та різні транспортні засоби на основі розробленої платформи. Цифрові двійники, реалізовані за допомогою AROUND.real, дозволяють проводити безпечне тестування без ризику в районах, де реальна посадка та навчання супроводжуються ризиком. Зокрема, він реалізує безліч точних та докладних даних візуальної просторової інформації, таких як реальна місцевість та будівлі, трава, дороги, опори, світлофори, знаки та вивіски, погодні умови та сонячне світло, як і у реальності, тому він може надати користувачам захоплюючий досвід управління. Приклад використання такої 3D-візуалізації представлено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – 3D-візуалізації, створені за допомогою AROUND.real

AROUND.sim – це рішення, яке візуалізує уточнені дані про різні фізичні явища, такі як вітер, повінь та щільність населення у певній галузі, з використанням високоточної реальної місцевості та структур, що надаються платформою AROUND. Завдяки цьому можна передбачити складнощі, пов'язані зі складними майбутніми ситуаціями у тому ж середовищі, що й у реальності, отримати уявлення про перебіг явища чи запропонувати рішення. Крім того, він забезпечує більш інтуїтивні результати інтерпретації порівняно з існуючими результатами моделювання CFD, тому нефахівці можуть спостерігати за результатами відразу у 3D, що значно сприяє легкому сприйняттю.

AROUND.map, запущена в 2020 році, є 3D-рішенням для маркетингу нерухомості, що вже має досягнення в комерціалізації на ринку будівництва

та земельних ділянок. AROUND.map привернув увагу різних будівельних компаній, таких як Hyundai Construction, Hyundai Industrial Development, SK Eco Plant і т. д., і в основному використовується як маркетингове рішення на заходах для просування продажів квартир.

Він візуально представляє бачення та будівлі майбутнього, яких не існує на момент попереднього продажу, усуваючи недоліки існуючого ринку попереднього продажу, і реалізує всі візуальні вирази, такі як віртуальні тури всіма навколишніми місцями та попередній продаж комплексів, трафік, плани забудови, переваги забудови, права перегляду та права на сонячне світло, як у реальному світі. Моделі створені у AROUND.map представлені на рисунку 3.8.

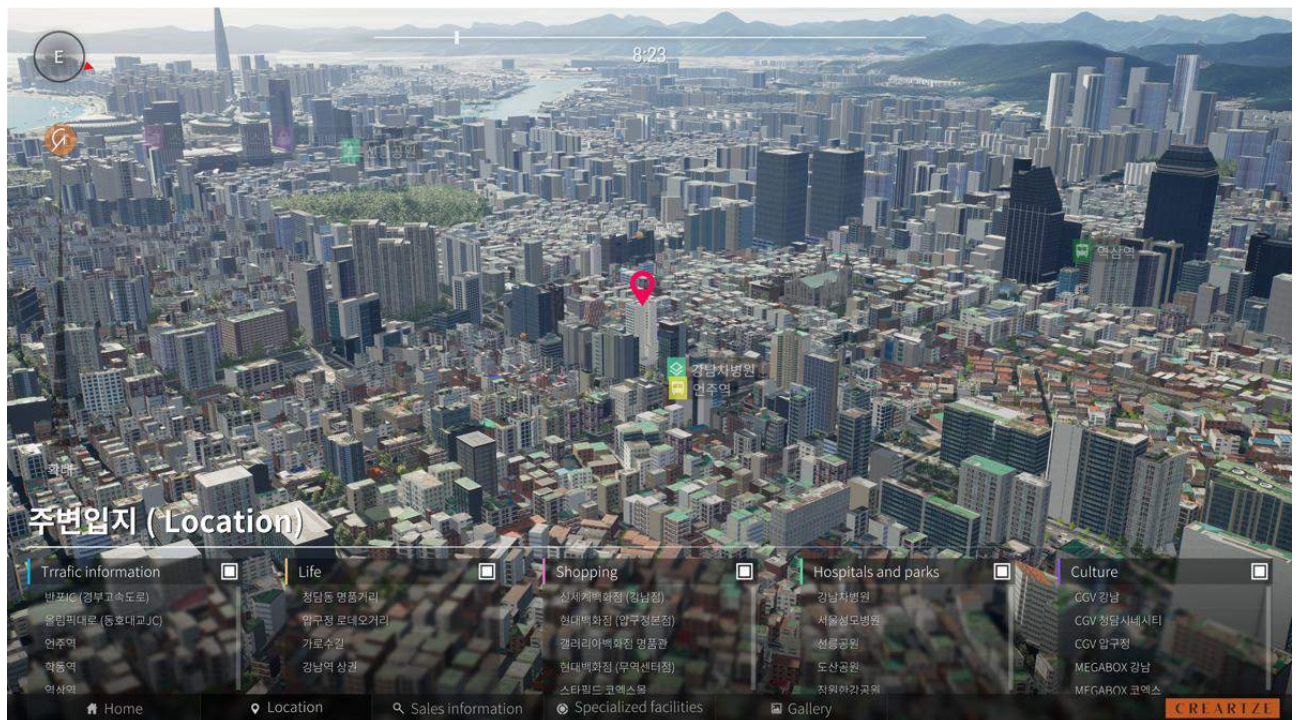


Рисунок 3.8 – 3D модель для віртуального туру, з основними точками інтересу, створена у AROUND.map

Techtree Innovation очікує, що ці рішення будуть використовуватися по-різному в таких областях, як цифрові двійники, будівництво розумних міст, автономне водіння, авіація, військова підготовка та освіта, прогнозування

стихійних лих, розумне місто або міське планування, аналіз, архітектура, дизайн тощо.

3.5 Концепція формування архітектури цифрової платформи для функціонування системи розумного міста у Івано-Франківську

Створені за даною концепцією картографічні моделі дозволять оперувати великими об'ємами даних, що до міст та забудов. Усе це разом дає можливість інтеграції моделей у системи розумного міста. Створені моделі були б корисні для використання міською владою та для покращення розвитку туризму.

В майбутньому на основі цих моделей можна створити платформу яка буде здійснювати всі вище перераховані процеси в результаті вийде така схема яка представляє собою результат аналізу існуючих методик смарт сіті для побудови їх у місті Івано –Франківськ рисунок 3.7



Рисунок 3.9 – Методологія концепції побудови розумного міста Івано–Франківськ в майбутньому

ВИСНОВКИ

У роботі широко застосовувались інструмент машинного навчання який представляє собою підмножину машинного навчання, яка використовує нейронні мережі з кількома рівнями алгоритмів. У цьому підході вхідні дані проходять крізь різні шари мережі, при цьому кожен шар визначає специфічні особливості та закономірності в даних. Був використаний для ідентифікації таких об'єктів, таких як будівлі.

За допомогою глибокого навчання було проведено дешифрування об'єктів які потім в ручну розпізнано і проведено їх класифікацію за типом будівлі. На основі створених класів об'єктів була створена картографічна модель районів та побудови міста.

У цій роботі було створено 3D моделі міста Івано–Франківськ для впровадження системи смарт сіті. На основі картографічних даних Open Street Maps. За допомогою програмного продукту Blender було створено картографічну модель для використання у туристичних цілях а саме для віртуальних турів для пришвидшення розвитку туризму у регіоні. Також була створена 3D модель усього міста Івано–Франківськ за допомогою програмного продукту City Engine. Данна модель може бути використана для подальшого впровадження системи розумного міста у Івано–Франківськ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Smart City Technology Trends & Examples. *Euristiq*.
URL: <https://euristiq.com/smart-city-technology/> (date of access: 21.01.2024).
2. Розумне місто майбутнього: 5 ключових технологій. *FutureNow*.
URL: <https://futurenow.com.ua/rozumne-misto-majbutnogo-5-klyuchovyh-tehnologij/> (дата звернення: 21.01.2024).
3. Цифровые платформы для умного города. *Telecom & IT*.
URL: <https://shalaginov.com/2020/10/17/digital-smart-city/> (дата звернення: 21.01.2024).
4. Учасники проєктів Вікімедіа. Івано-Франківськ – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Івано-Франківськ> (дата звернення: 21.01.2024).
5. Where Deep Learning Meets GIS. *Esri*.
URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcwatch/where-deep-learning-meets-gis/> (date of access: 21.01.2024).
6. SAM model Segment Anything
URL: https://www.arcgis.com/home/item.html?id=9b67b441f29f4ce6810979f5f0667ebe&utm_campaign=later-linkinbio-esrigram&utm_content=later-34813130&utm_medium=social&utm_source=linkin.bio (дата звернення: 21.01.2024).
7. Use the model–ArcGIS pretrained models | Documentation. *ArcGIS*.
URL: <https://doc.arcgis.com/en/pretrained-models/latest/imagery/using-segment-anything-model-sam-.htm> (date of access: 21.01.2024).
8. Import of Google 3D Cities. *GitHub*.
URL: <https://github.com/vvoovv/blosm/wiki/Import-of-Google-3D-Cities> (date of access: 21.01.2024).
9. Blosm for Blender (premium). *Gumroad*.
URL: https://prochitecture.gumroad.com/l/blosm?layout=profile&recommended_by=library (date of access: 21.01.2024).

10. Сімонова Л. Чому, попри війну, нерухомість залишається об'єктом для інвестування. *Зеркало недели | Дзеркало тижня | Mirror Weekly*. URL: <https://zn.ua/ukr/finances/chomu-popri-vijnu-nerukhomist-zalishajetsja-objektom-dlja-investuvannja.html> (дата звернення: 21.01.2024).
11. Exploring Earth's artificial satellites. *ArcGIS Blog*. URL: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/js-api-arcgis/3d-gis/earths-satellites/> (date of access: 21.01.2024).
12. Івано-Франківськ Розумне місто. URL: <https://smartcity.mvk.if.ua/aboutz> (дата звернення: 21.01.2024).
13. Helicopter Simulation Made Realistic with 3D Modeling Software. *Esri*. URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/helicopter-simulation-made-realistic-with-3d-modeling-software/?rmedium=arcnews&rsourc=https://www.esri.com/esri-news/arcnews/spring17articles/helicopter-simulation-made-realistic-with-3d-modeling-software> (date of access: 21.01.2024).
14. Tech Tree Innovation Co., Ltd. Tech Tree Innovation Co., Ltd. URL: <https://tt-inno.com/> (дата звернення: 21.01.2024).
15. GitHub - Esri/deep-learning-frameworks: Installation support for Deep Learning Frameworks for the ArcGIS System. *GitHub*. URL: <https://github.com/Esri/deep-learning-frameworks/tree/master> (date of access: 22.01.2024).

ДОДАТОК А Плакат на тему «Використання даних ДЗЗ для побудови картографічних моделей міста Івано-Франківськ»



ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ ПОБУДОВИ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬК

Спеціальність: 103 – Науки про землю
Космічний моніторинг Землі

Виконавець:
 Студент гр.465М Ісаєнко Т.О.

Керівник:
 к.т.н., доцент Андреев С.М.

Мета роботи: Мета дослідження покращення якості візуалізації картографічних моделей міст за рахунок використання даних ДЗЗ і технологій ШІ. Покращення якості візуалізації картографічних моделей міст за допомогою даних дистанційного зондування (ДЗЗ) і технологій геоінформаційних систем (ШІ) може принести численні переваги в аналізі та відображенні географічної інформації.

Ціль роботи: побудова картографічних моделей на основі даних ДЗЗ міста Івано – Франківськ.

Об'єктом досліджень є методика побудови картографічних моделей міста Івано – Франківськ.

Предметом досліджень є концепція формування архітектури цифрової платформи для функціонування розумного міста.

Отримані результати:



Структурна схема роботи



Методика використання даних дзз та геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст



Методика використання даних дзз та геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст у застосунку City Engine



Картографічна модель Blender



Картографічна модель ArcGis Pro



Картографічна модель City Engine

ДОДАТОК Б Презентація на тему «Використання даних ДЗЗ для побудови картографічних моделей міста Івано-Франківськ»

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

факультет ракетно-космічної техніки

кафедра геоінформаційних технологій і космічного моніторингу Землі

кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю «103 Науки про землю»
Освітня програма «Космічний моніторинг Землі»

**Використання даних ДЗЗ для побудови картографічних
моделей міста Івано-Франківськ**

Виконав: студент групи 465

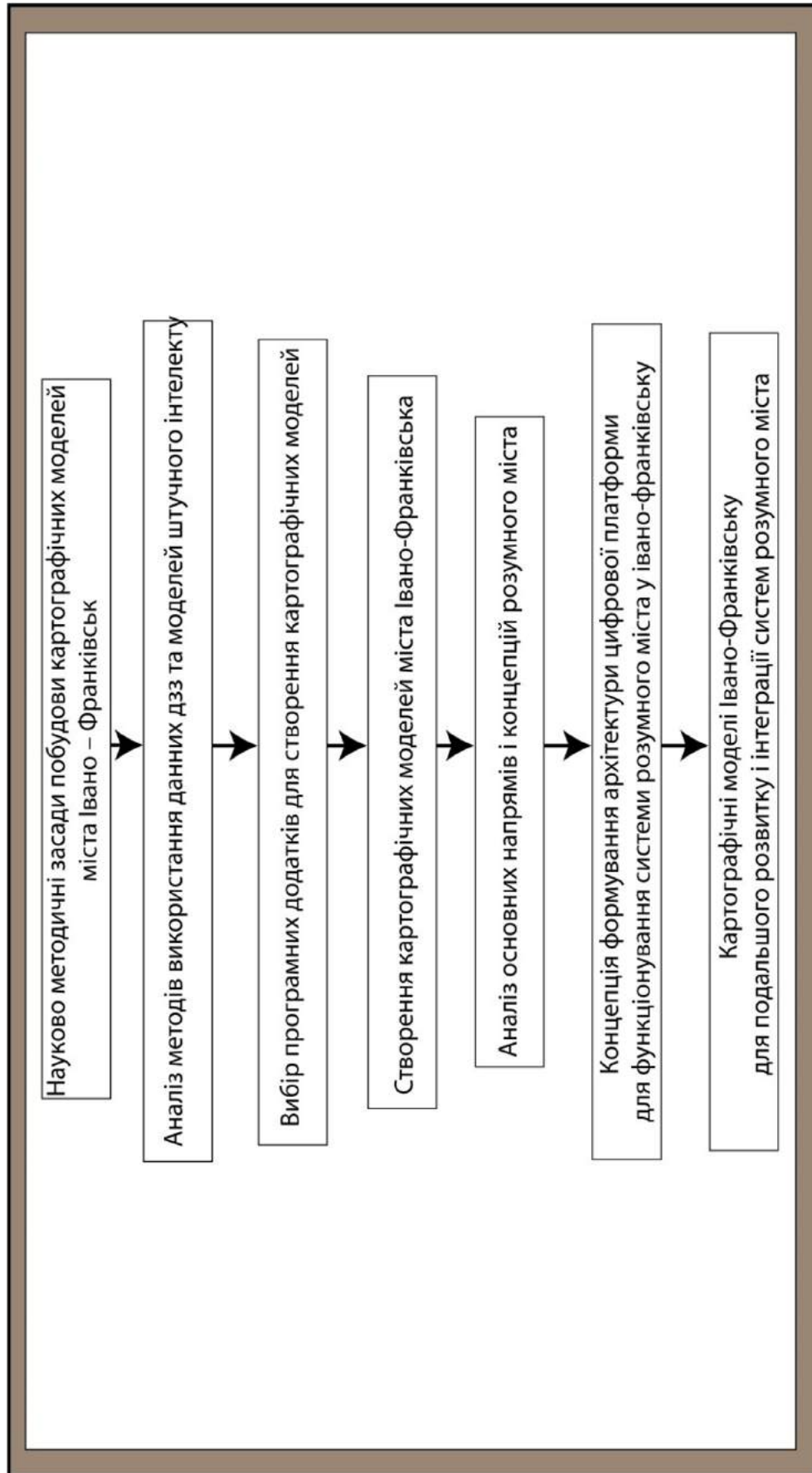
Ісаєнко Т.О.

Керівник: к.т.н., доцент

Андреев С.М.

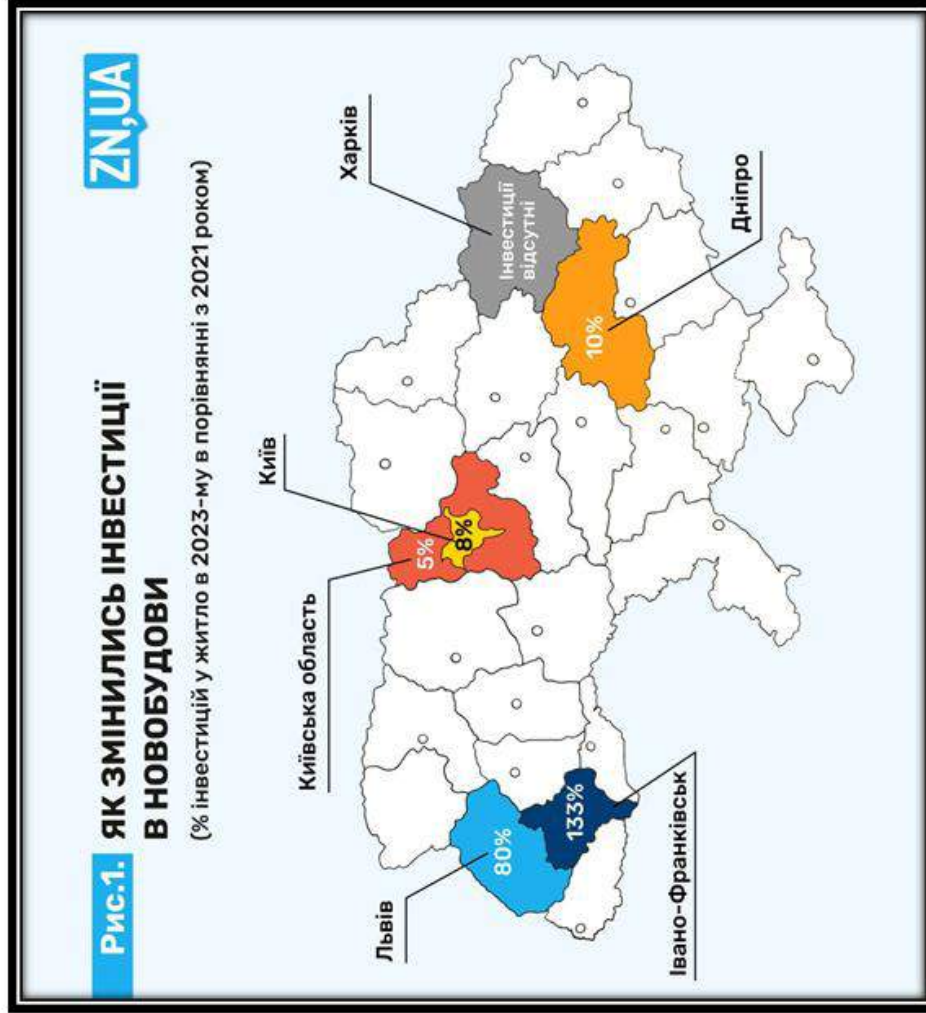
Харків 2024

Схема алгоритму роботи

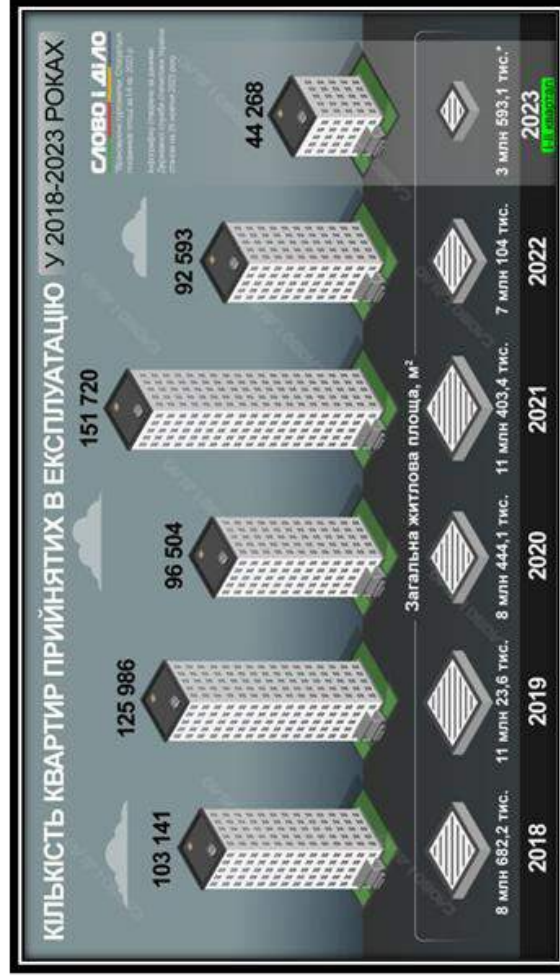


Аналіз житлової забудови України

3



Інвестиції у новобудови



Кількість квартир прийнятих в експлуатацію у 2018-2023 роках

Можливості використання штучного інтелекту та даних ДЗЗ

4

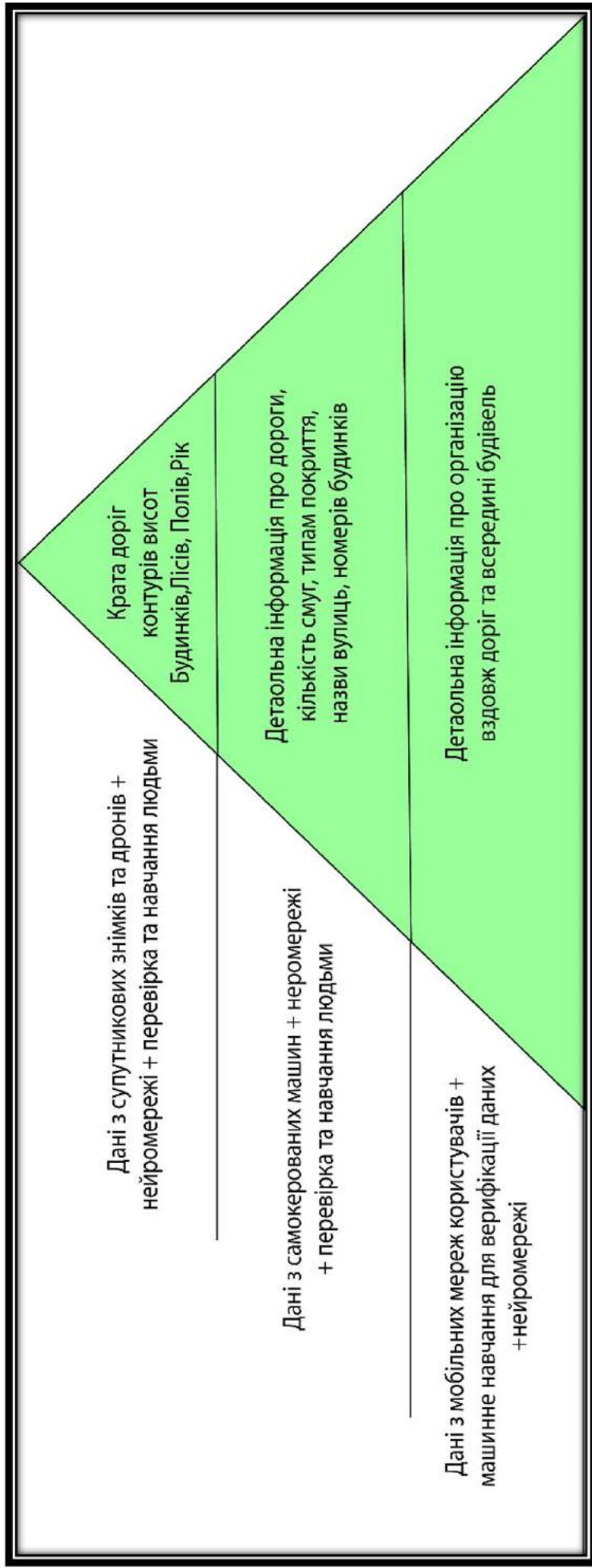
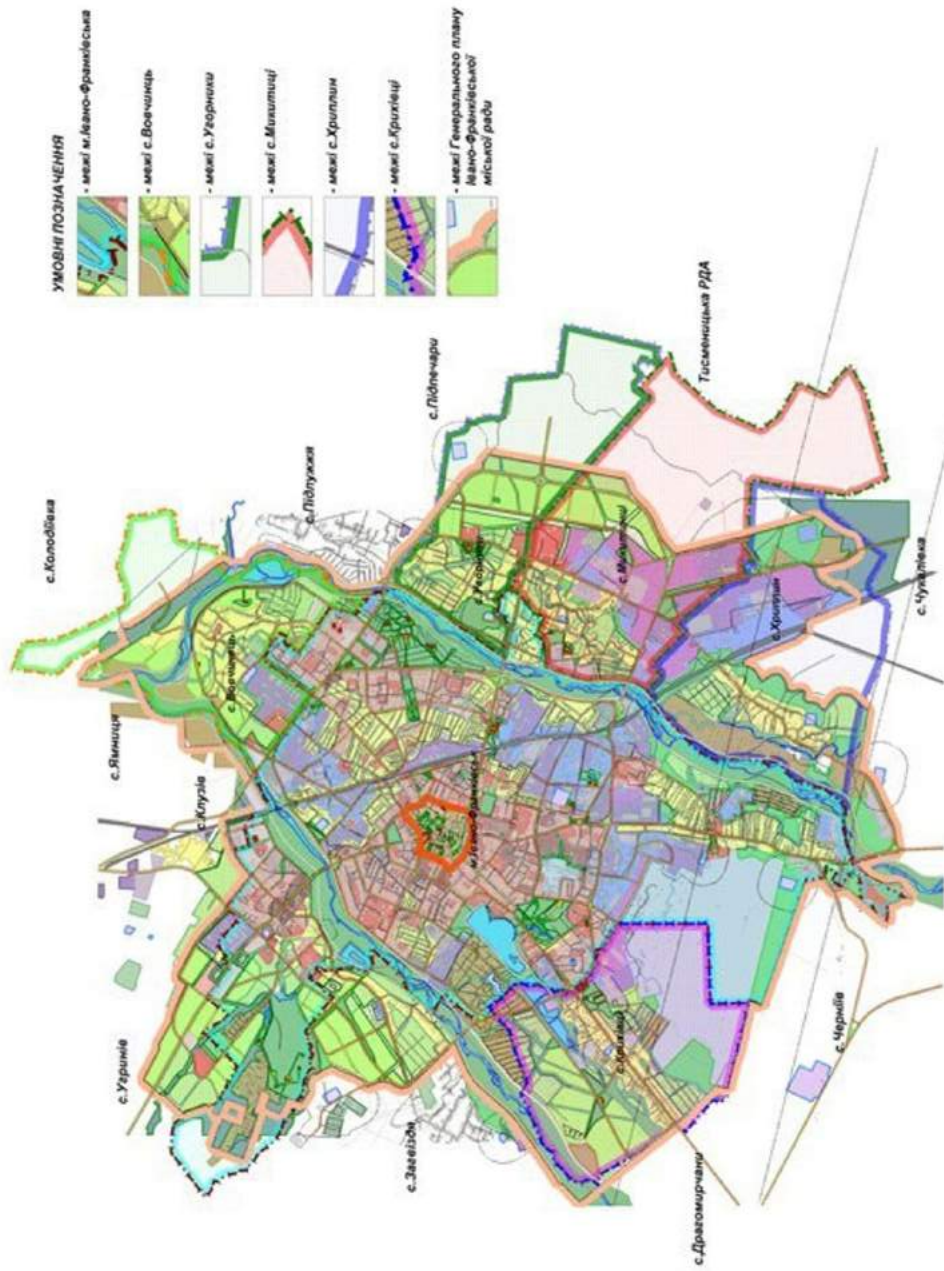


Схема генерального плану



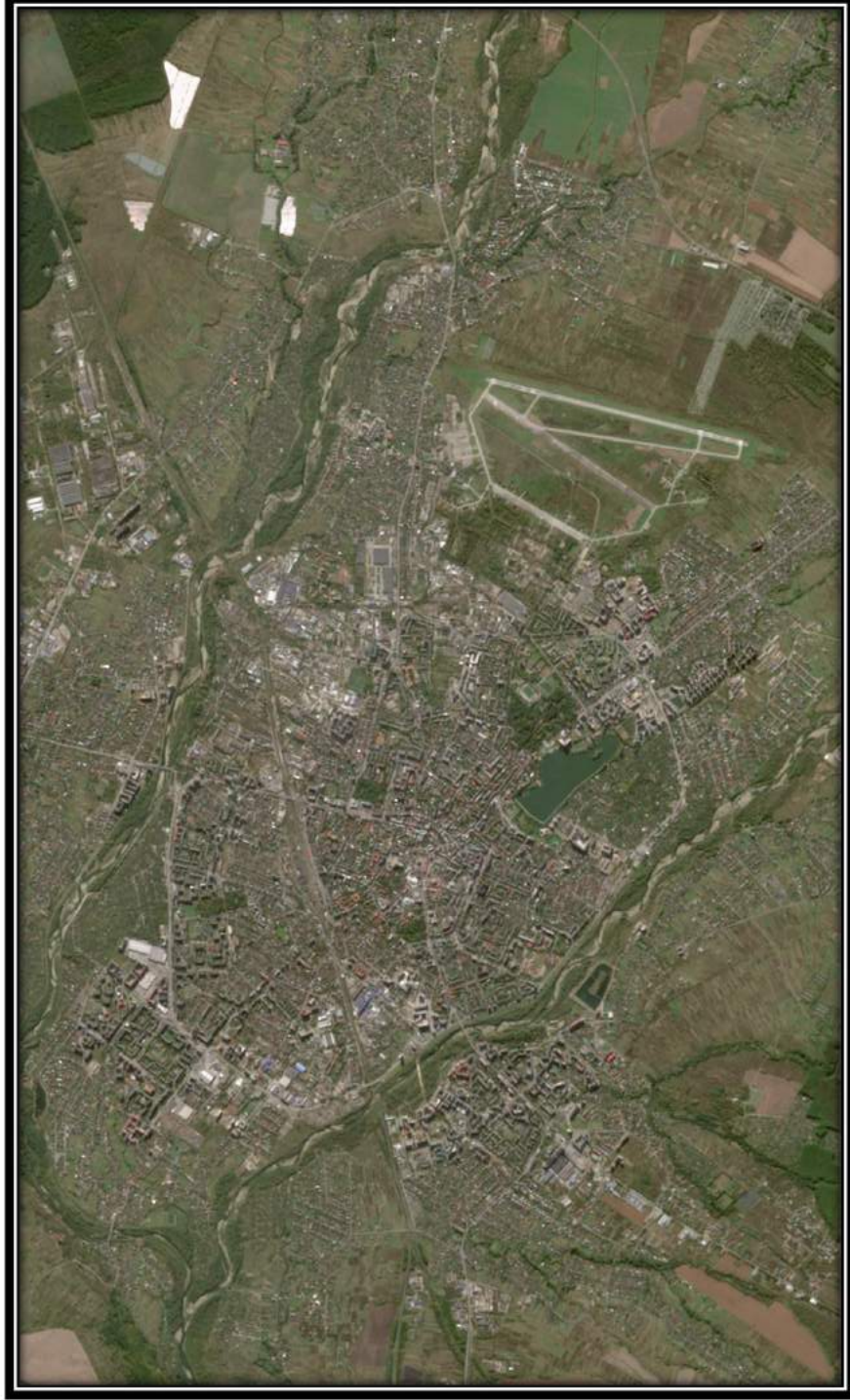
Схема меж міста

Схема меж міста Івано-Франківська та сіл Івано-Франківської міської ради



Вхідні знімки використані у роботі

7



Супутник: Sentinel-2

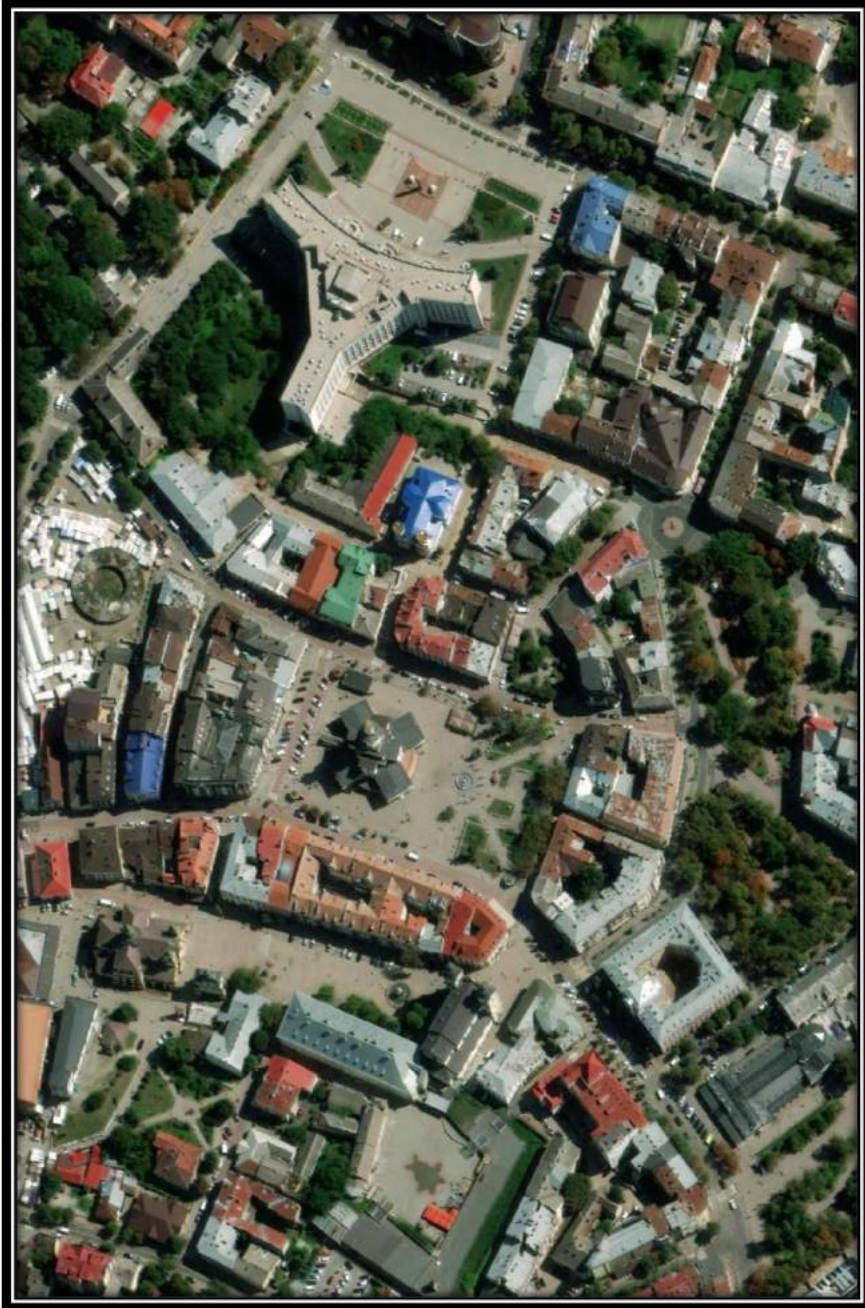
Дата знімку: 10.2023 рік

Формат: TIFF

Просторова прив'язка: WGS 1984 Web Mercator

Вхідні знімки використані у роботі

8



Супутник: Landsat 7

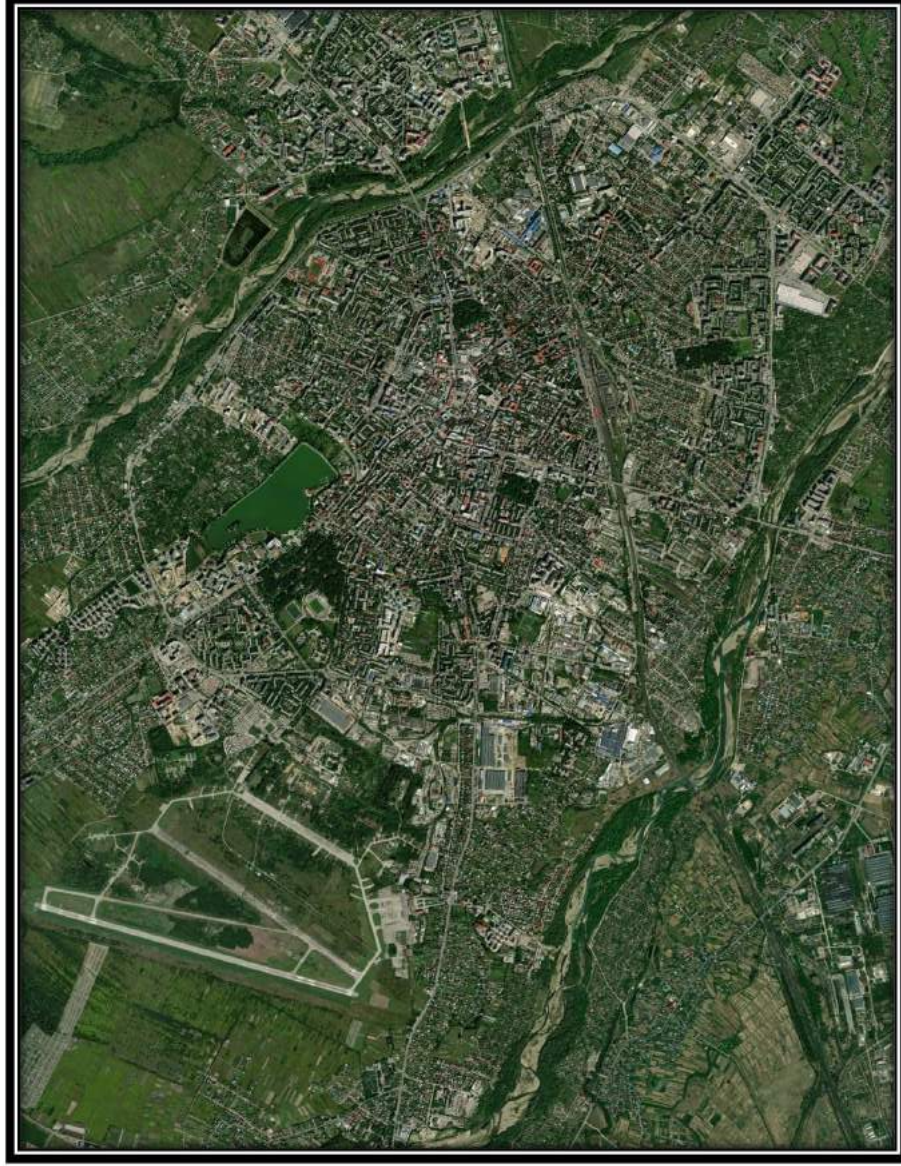
Дата знімку: 08.2022 рік

Формат: TIFF

Просторова прив'язка: WGS 1984 Web_Mercator

Вхідні знімки використані у роботі

9



Супутник: Landsat 7

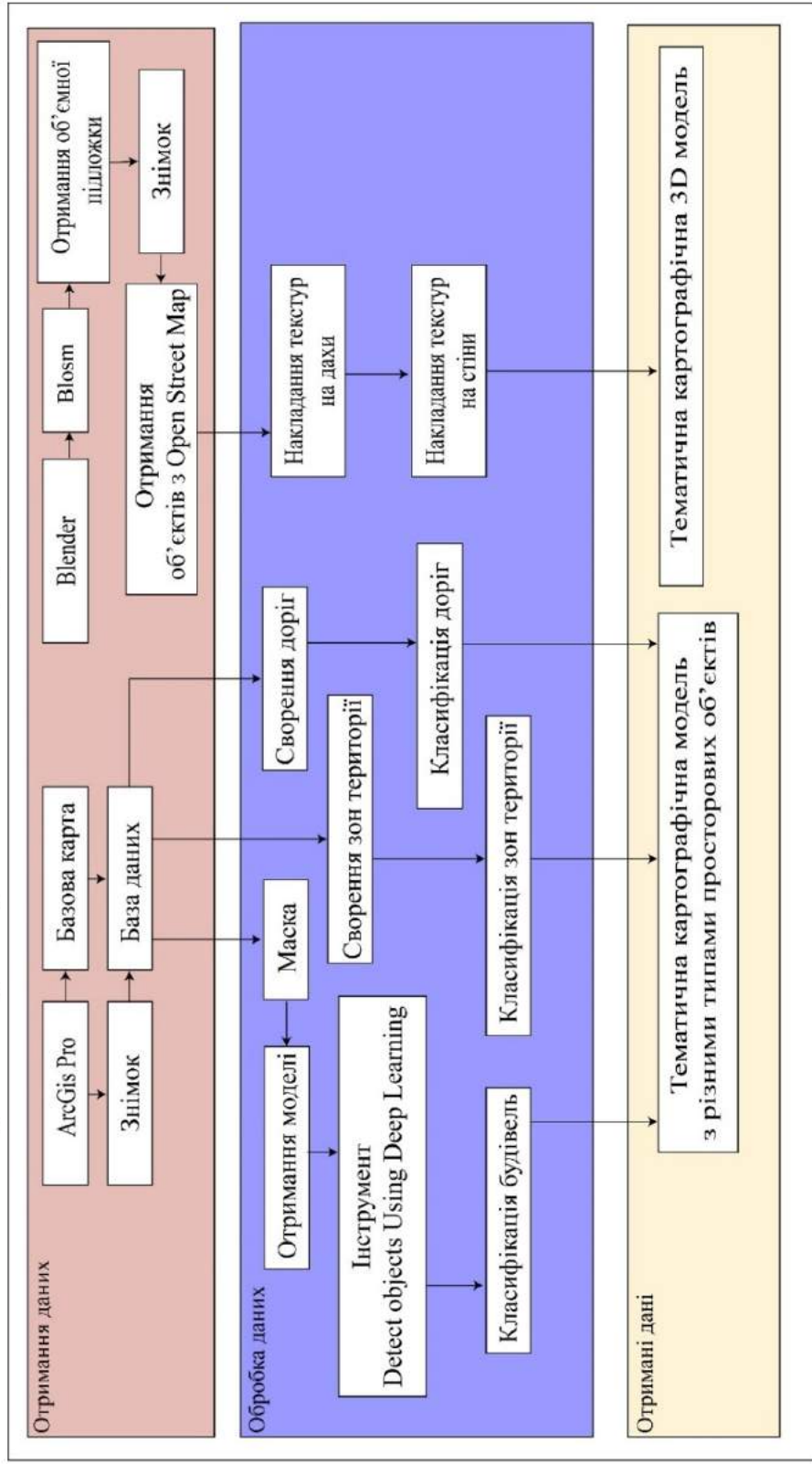
Дата знімку: 06.2023 рік

Формат: TIFF

Просторова прив'язка: WGS 1984 Web Mercator

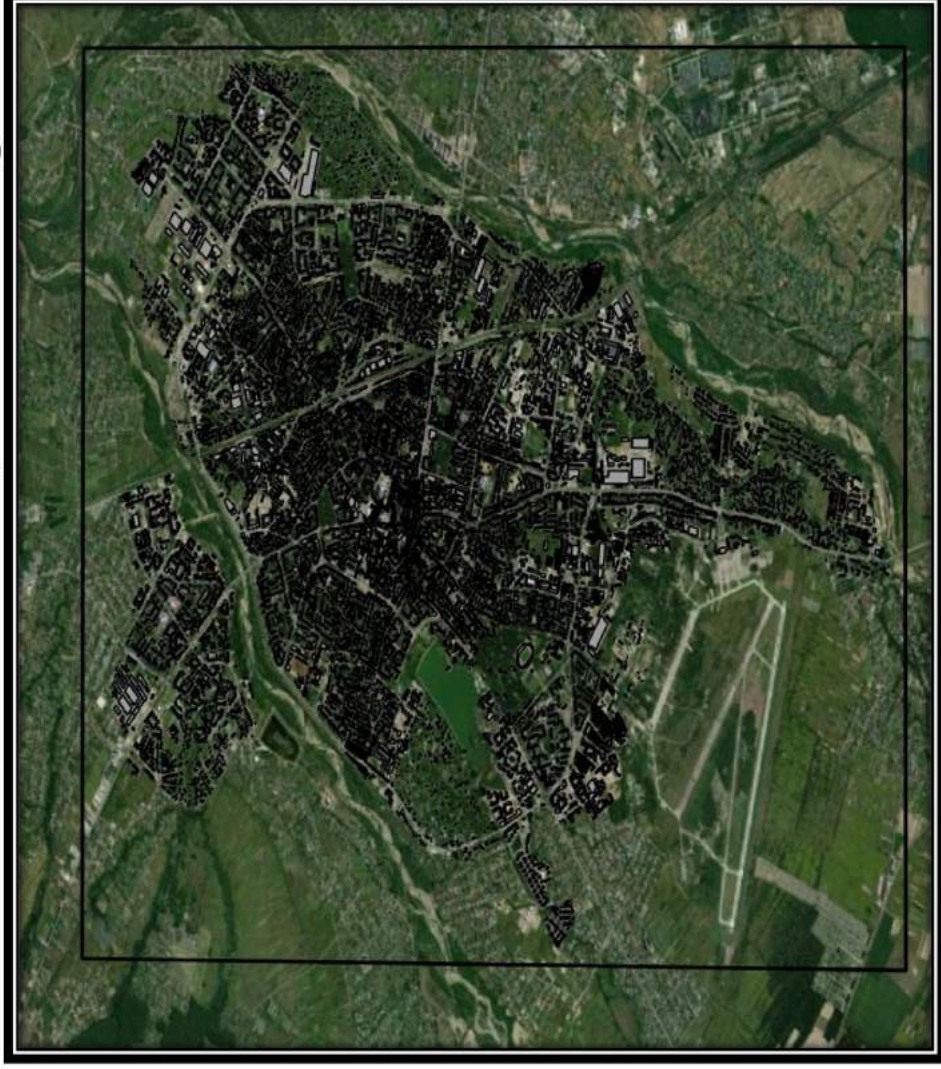
Методика використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст

10



Використання моделі Deep Learning ArcGIS Pro

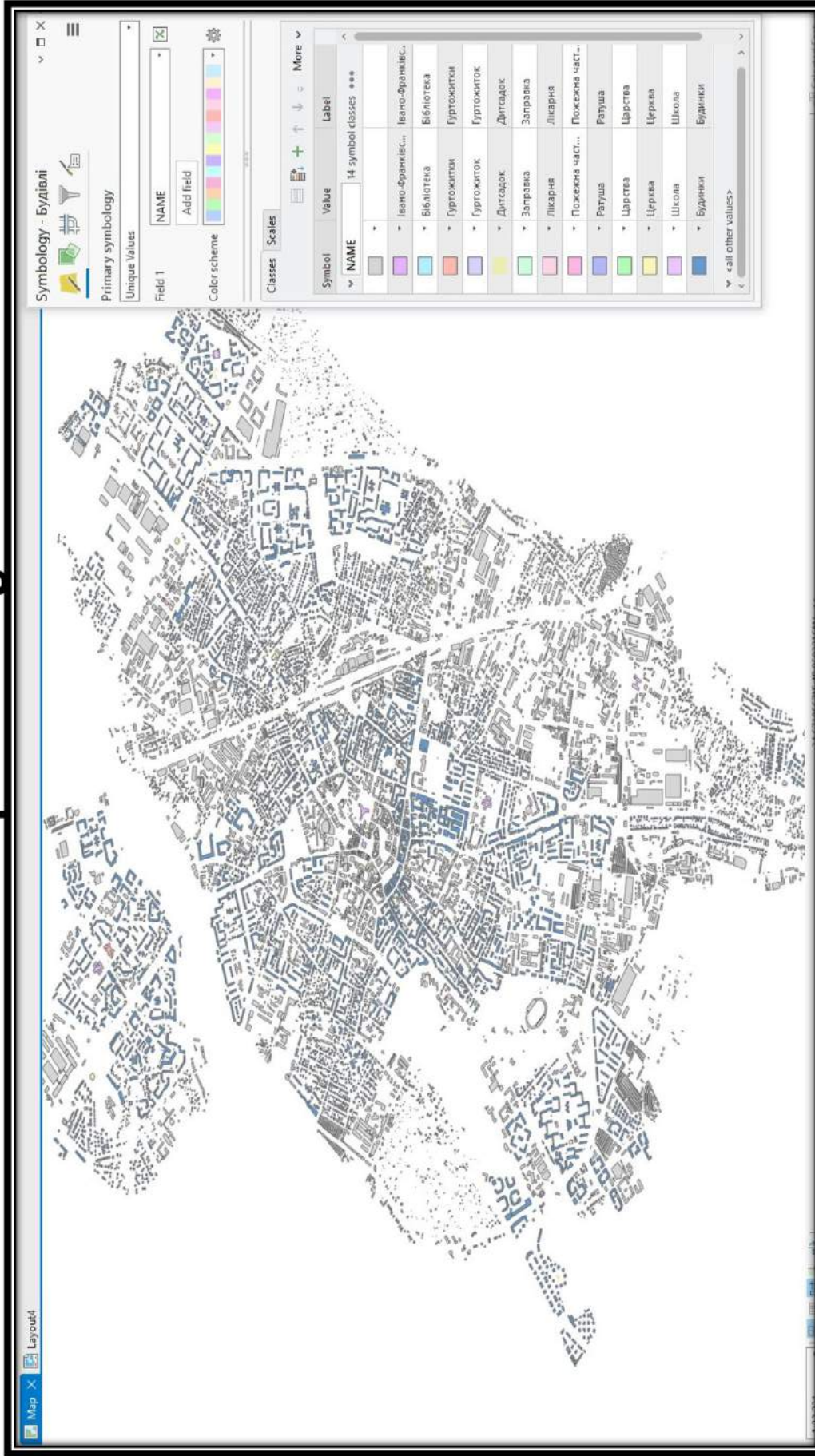
11



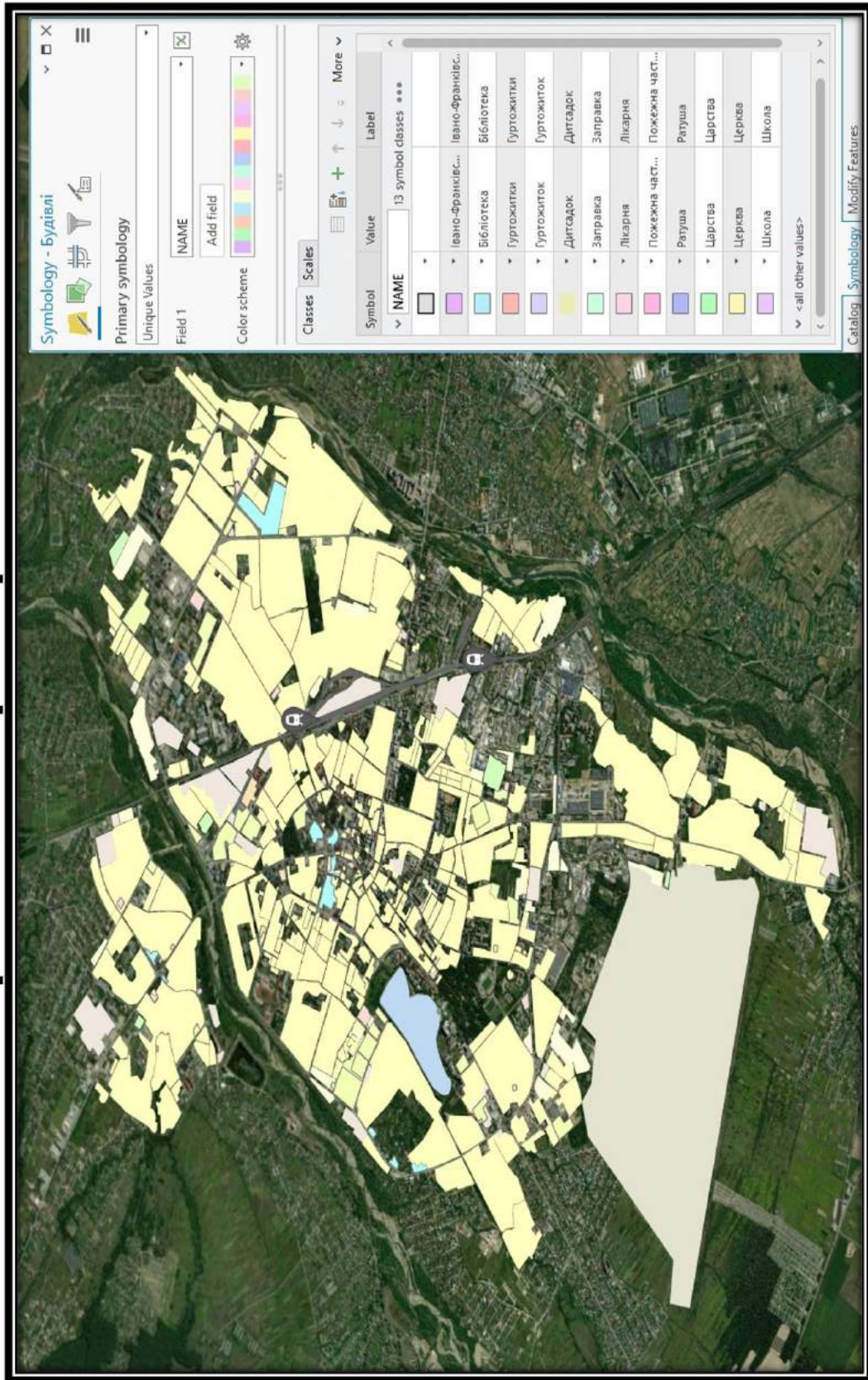
Отримані будівлі після використання моделі Deep Learning

Від класифіковані будівлі отримані після використання моделі Deep Learning

12

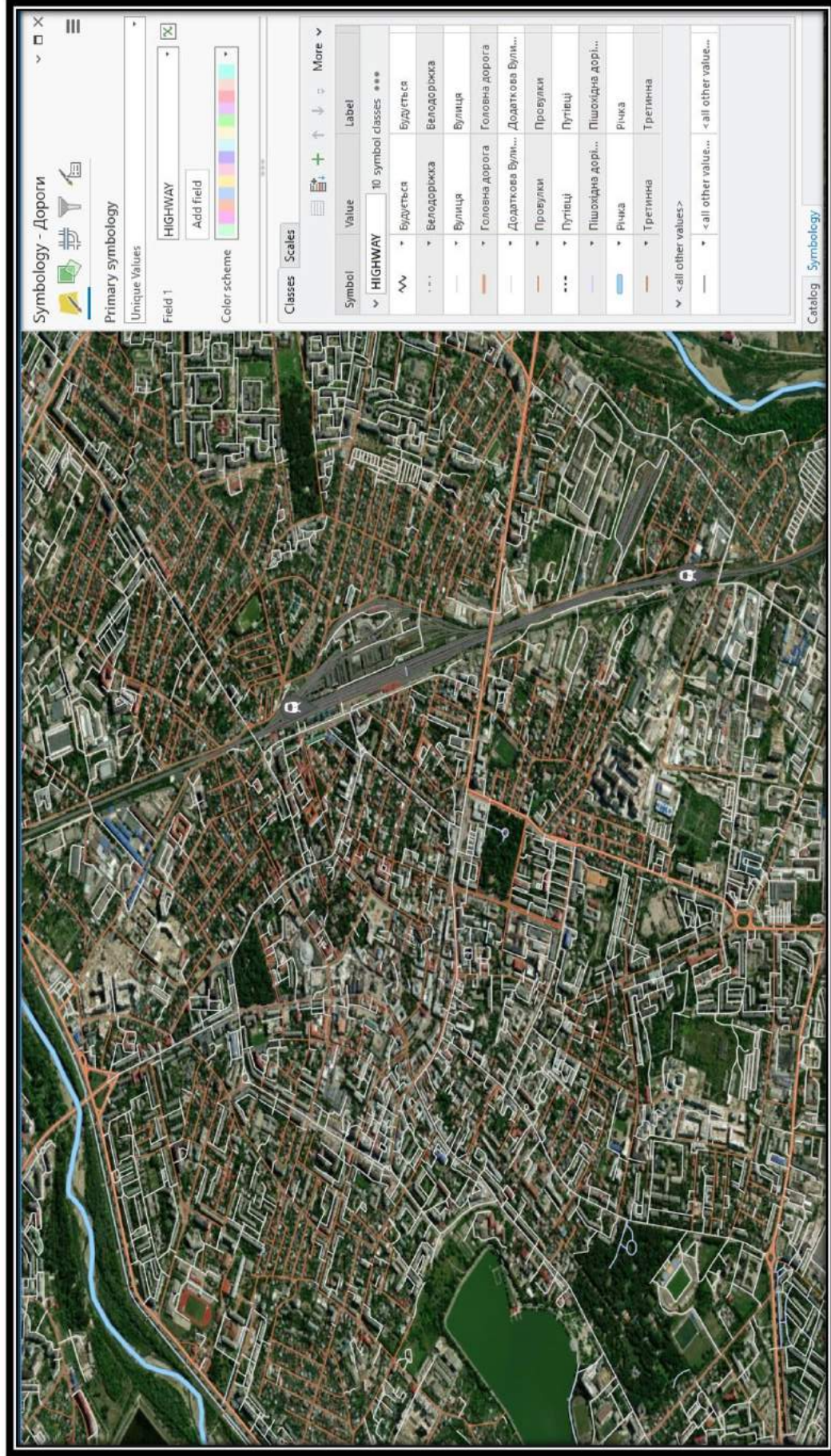


Класифікація територіальних зон



Класифікація доріг

14



Тематична картографічна модель з різними типами просторових об'єктів

15

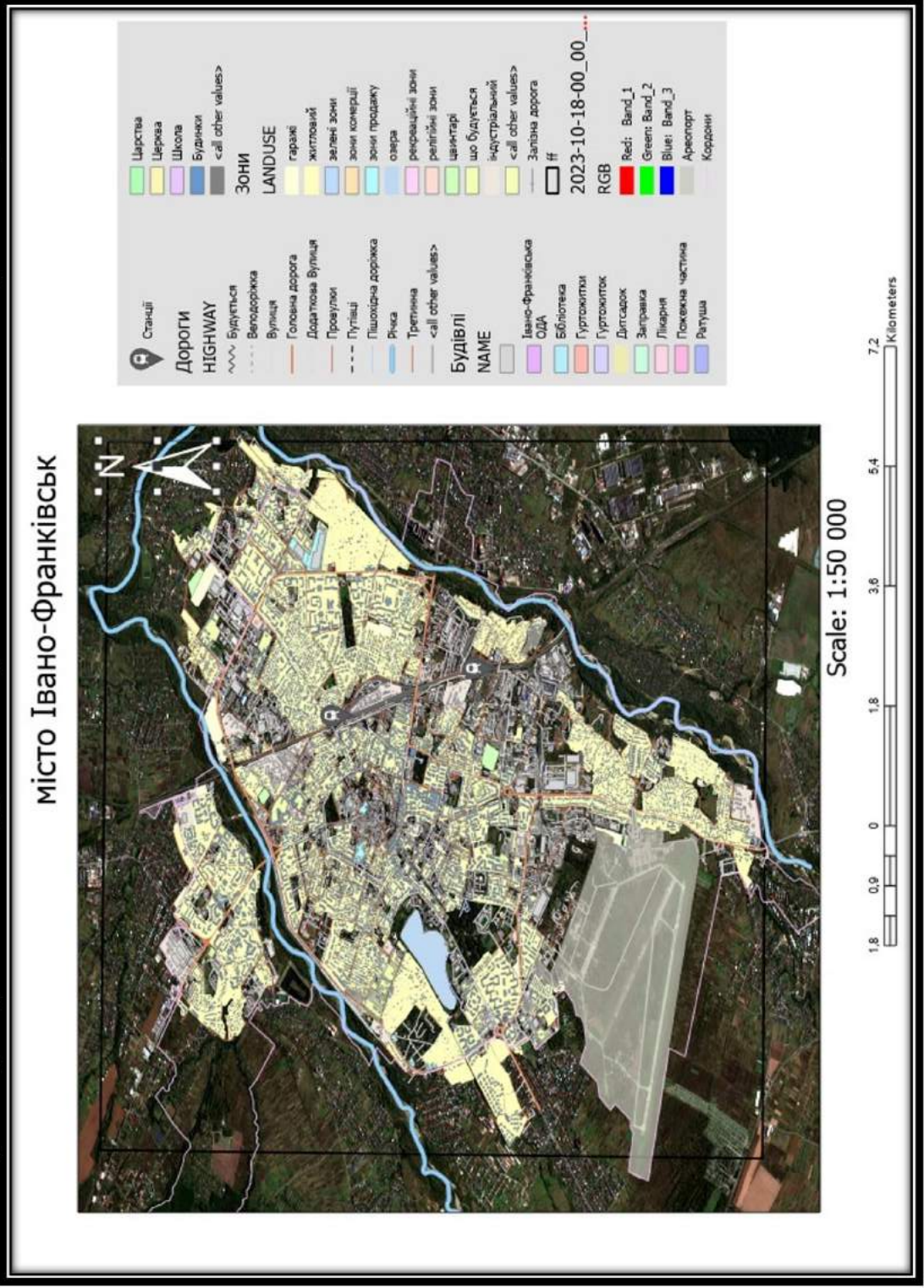
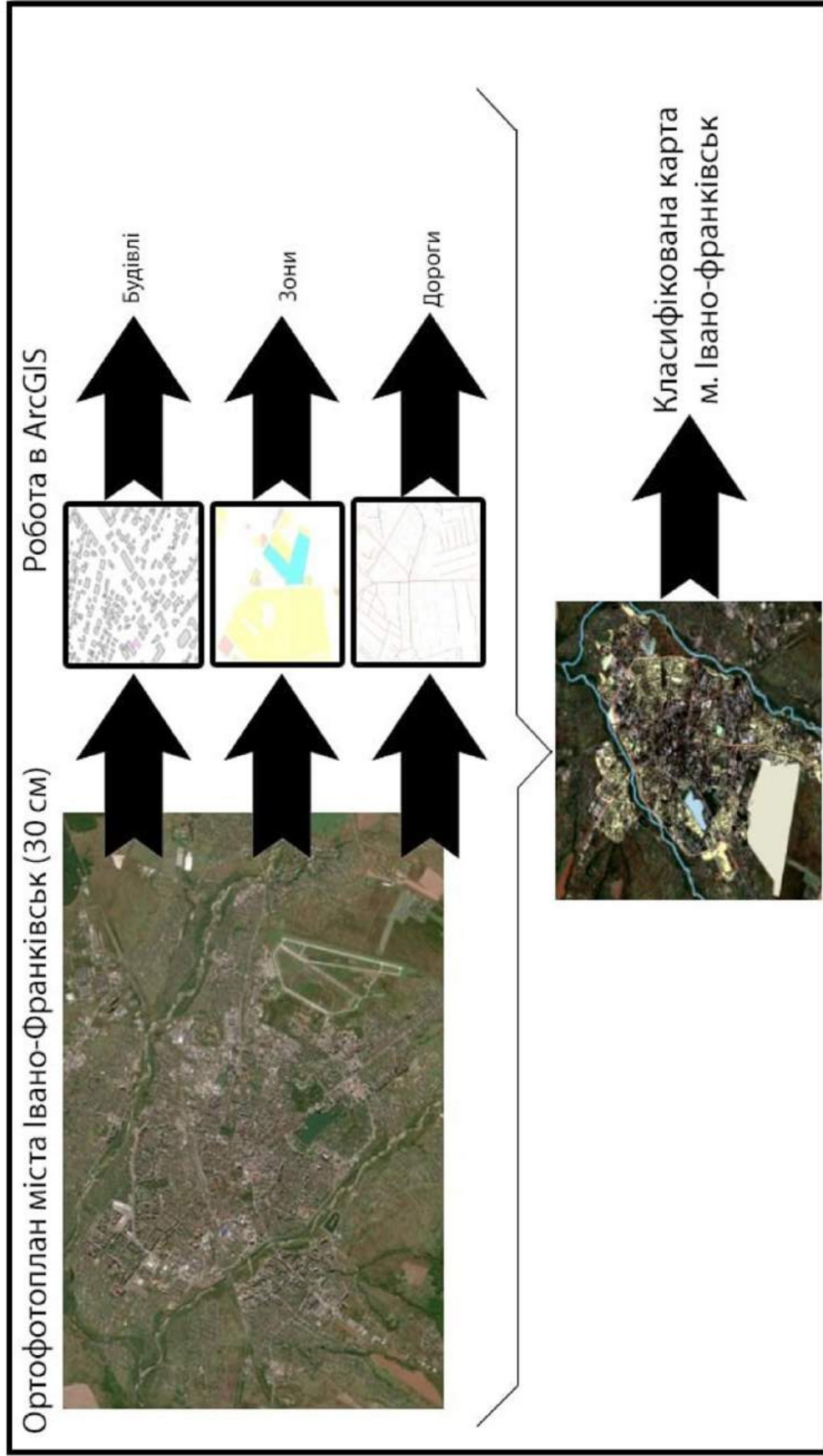
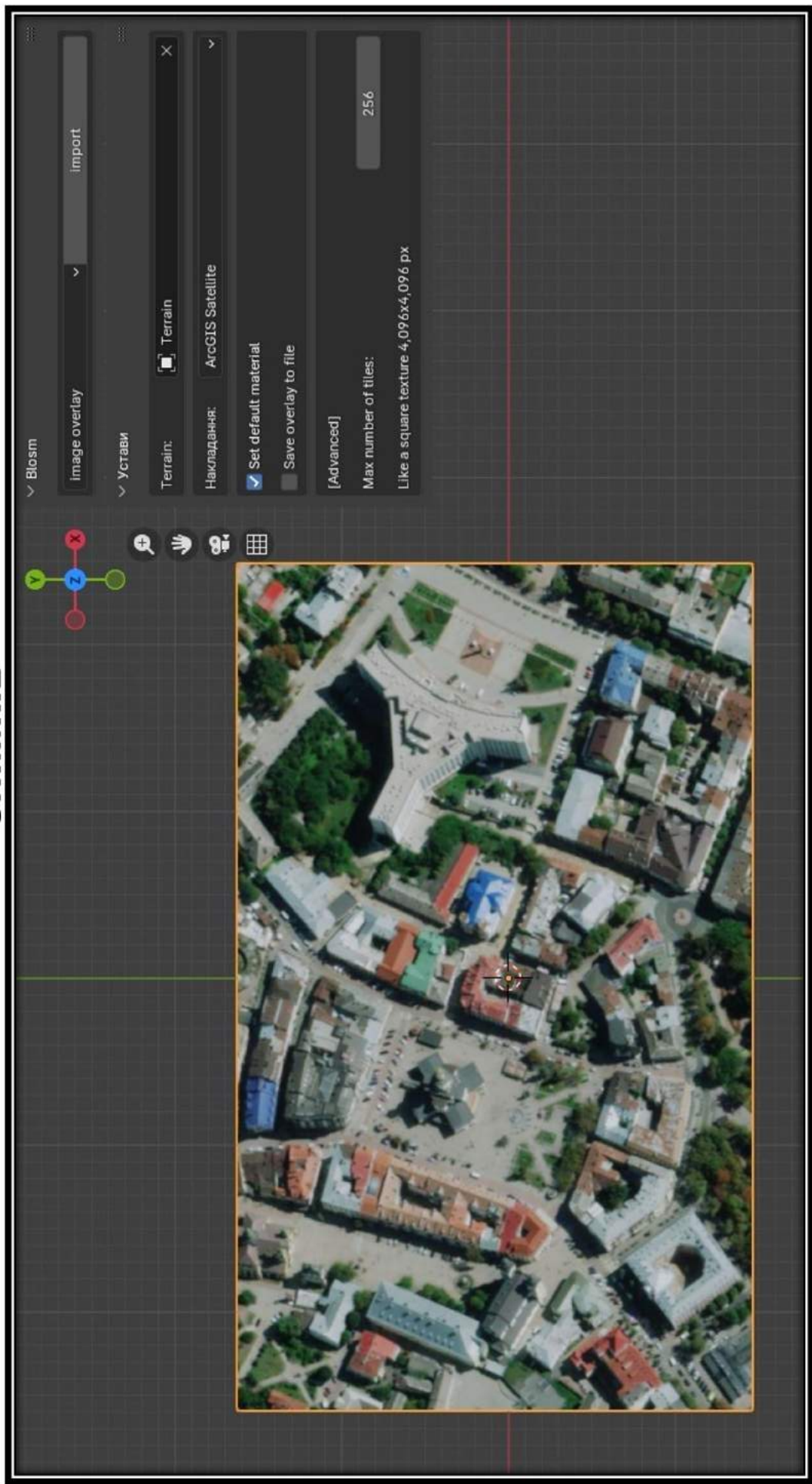


Схема побудови картографічної моделі ArcGIS Pro



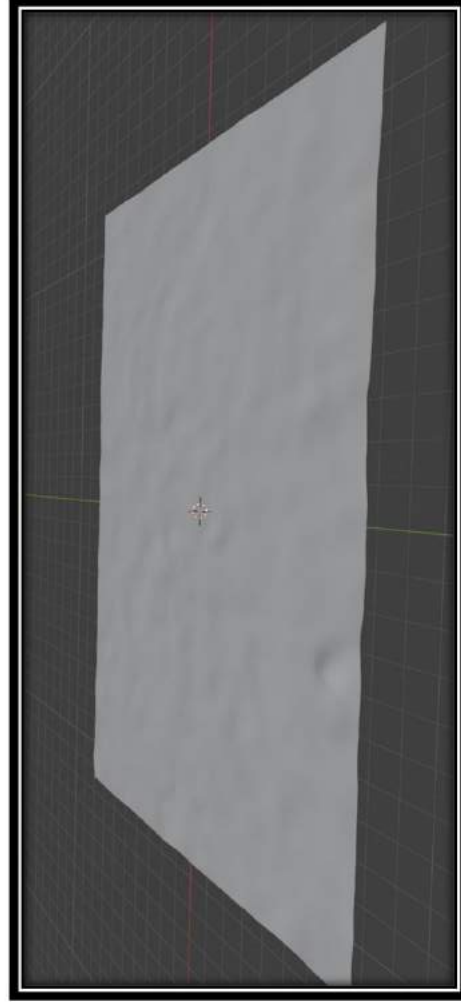
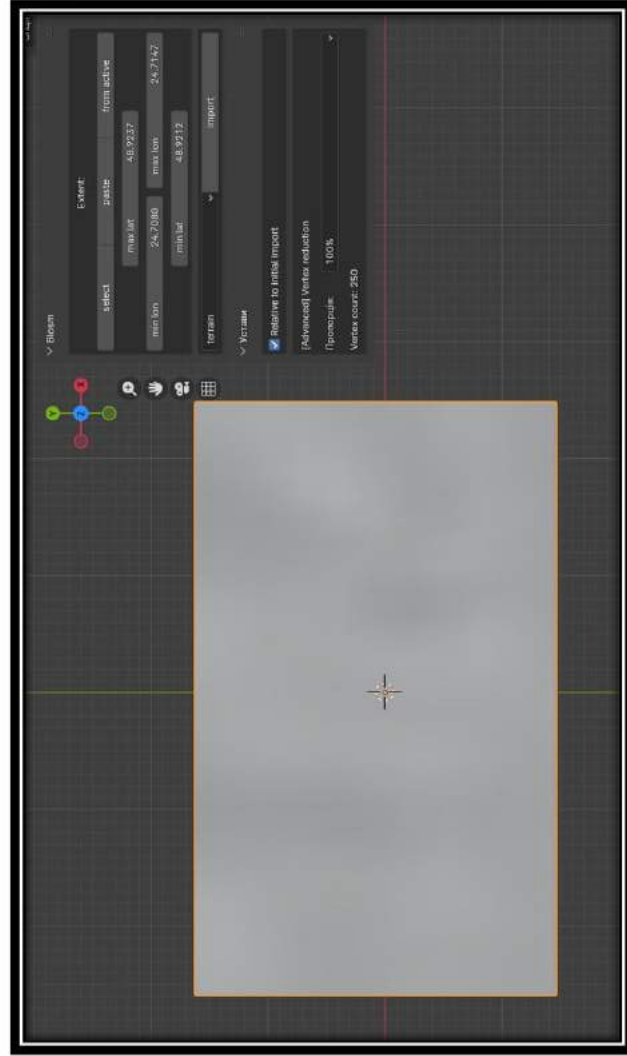
Створення картографічної моделі у Blender отримання даних ЗНІМКІВ

17



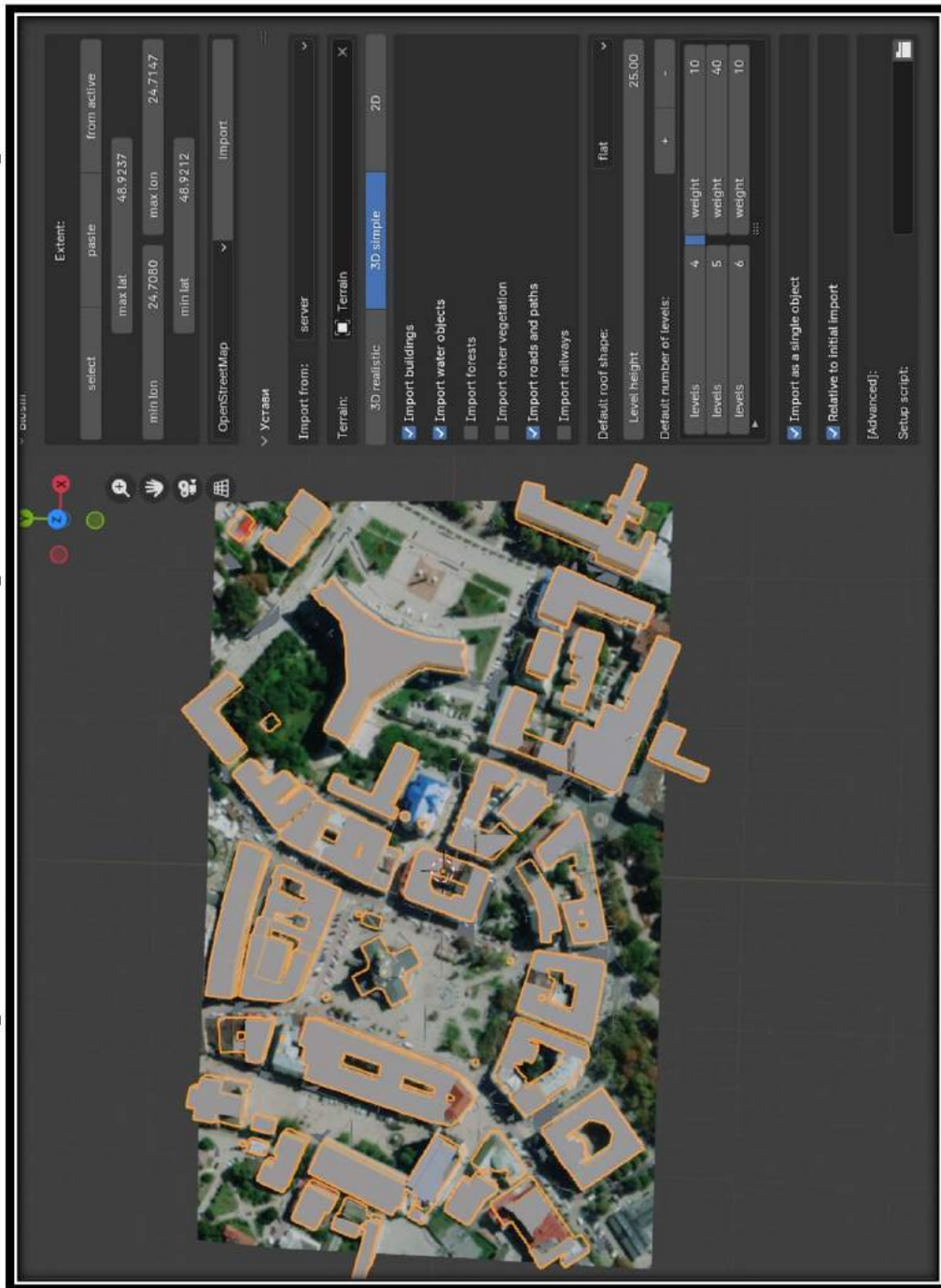
Створення картографічної моделі у Blender отримання рельєфу

18



Модель з SRTM даними

Імпорт даних з Open Street Map

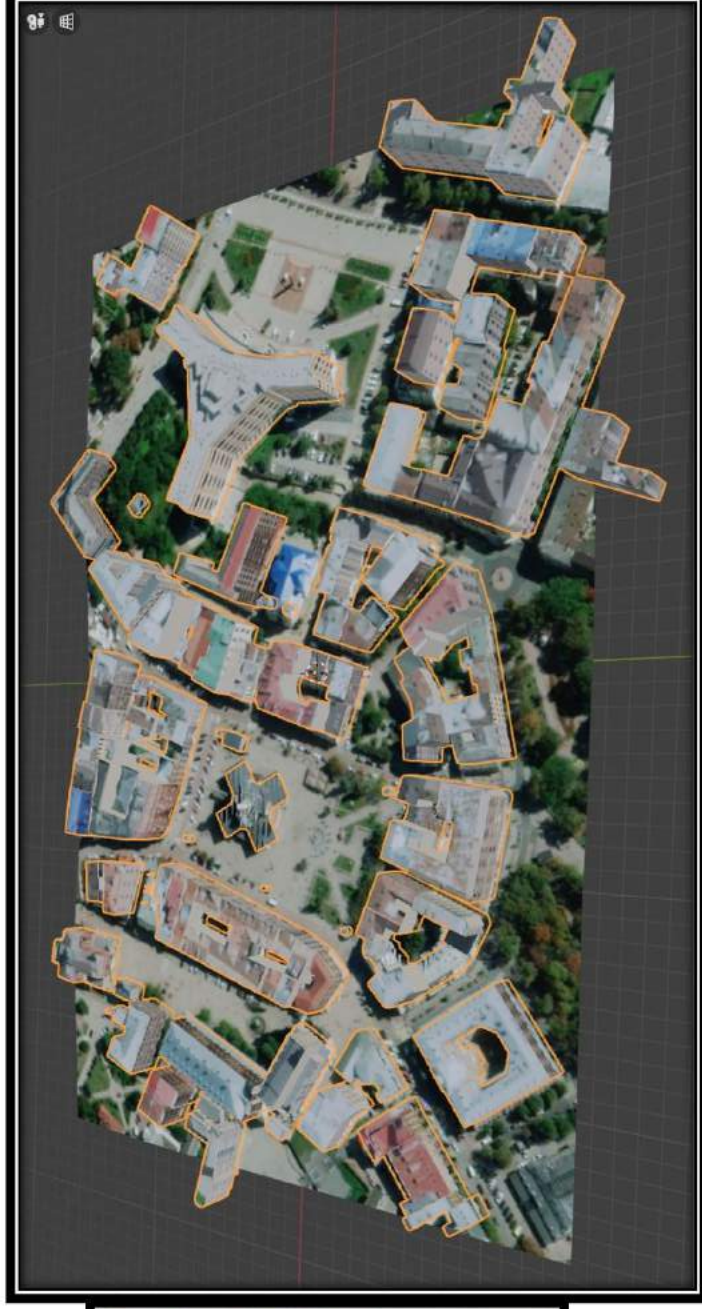


Накладання текстур моделі та отримана модель з текстурами

20

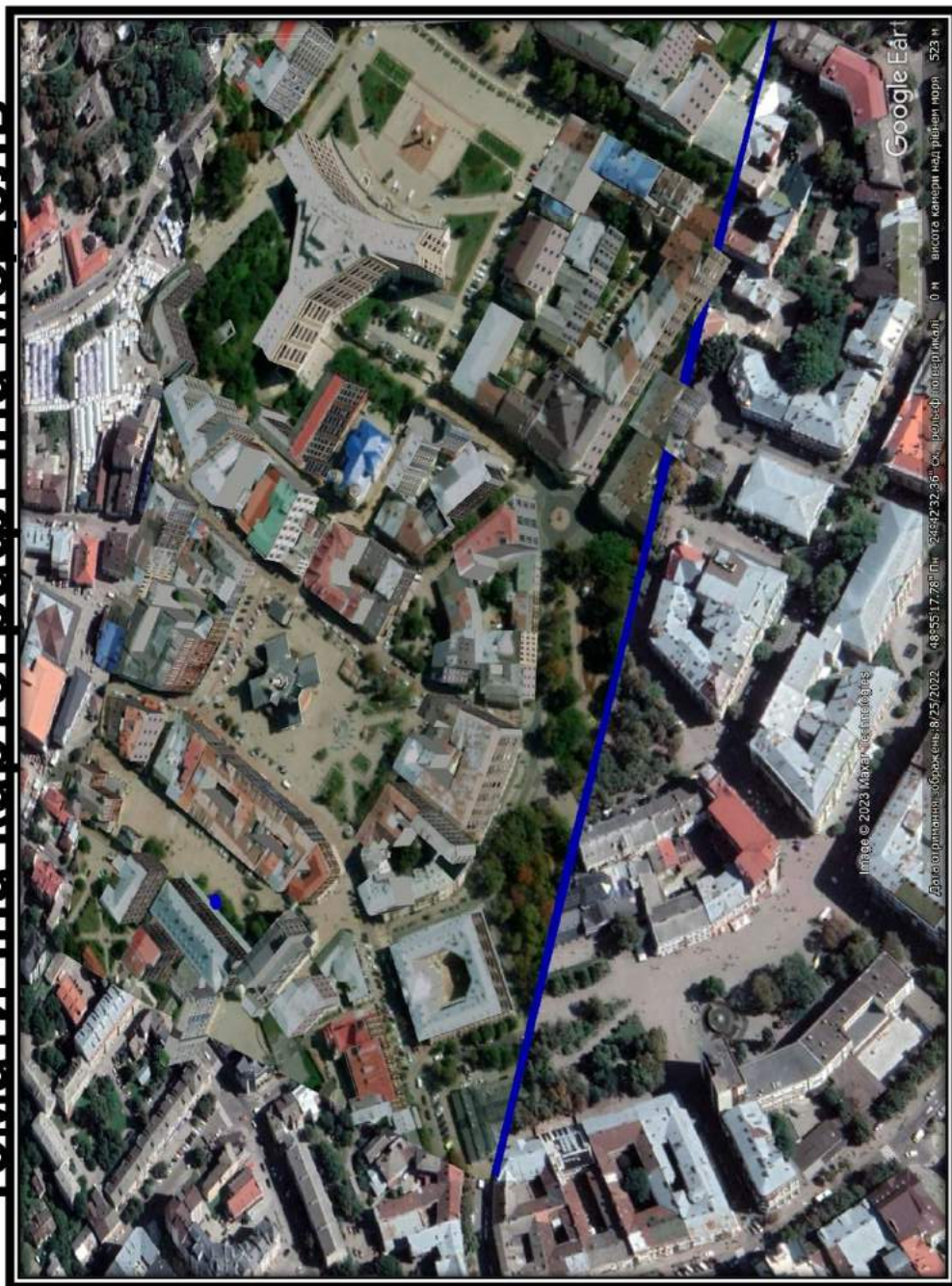


Накладання текстур



Модель з текстурами

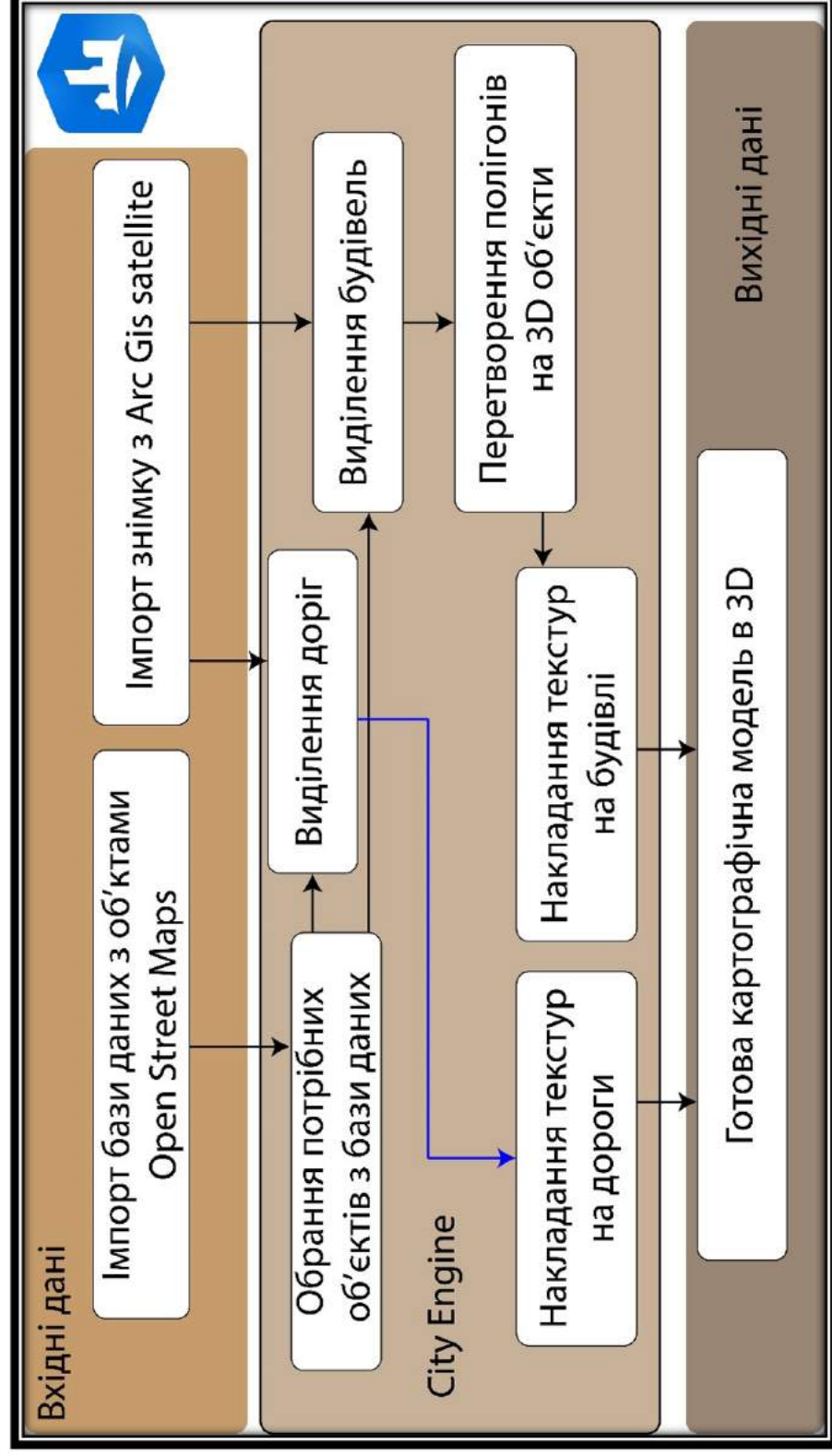
Тематична картографічна модель



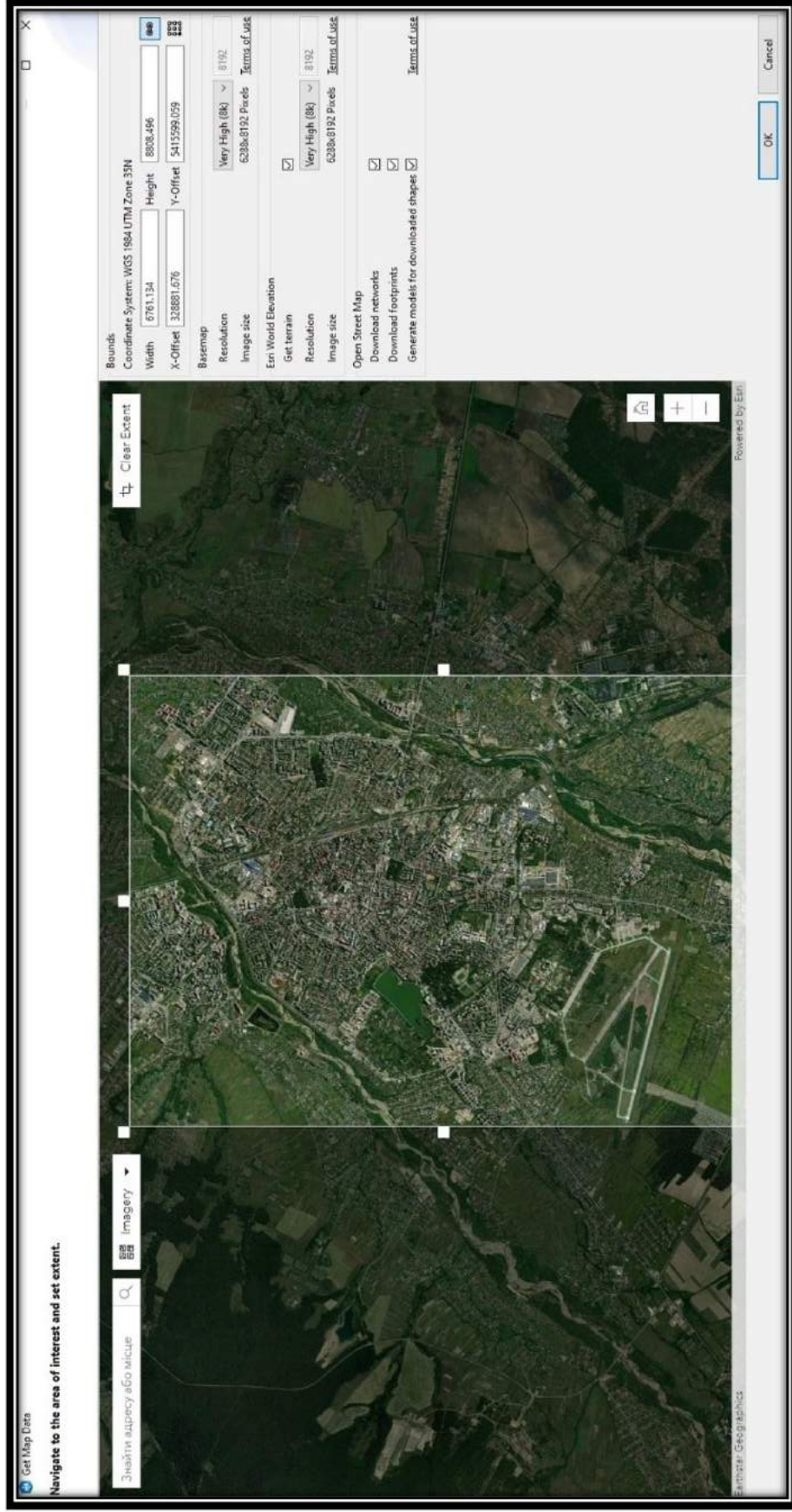
Модель з текстурами експортована у застосунок Google Earth Pro

Методика використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей міст у застосунку City Engine

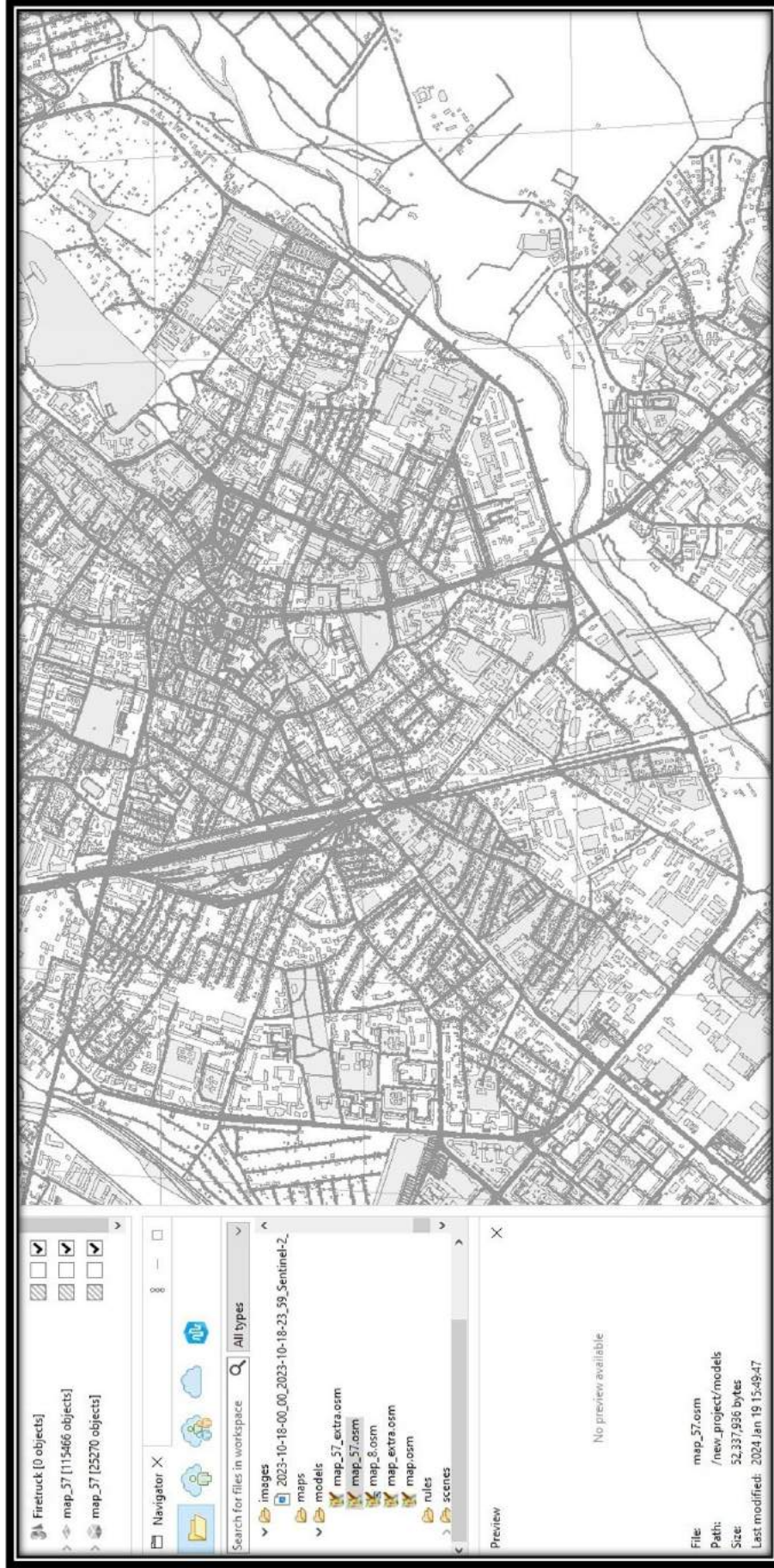
22



Отримання даних з Arcgis satellite та Open Street Map

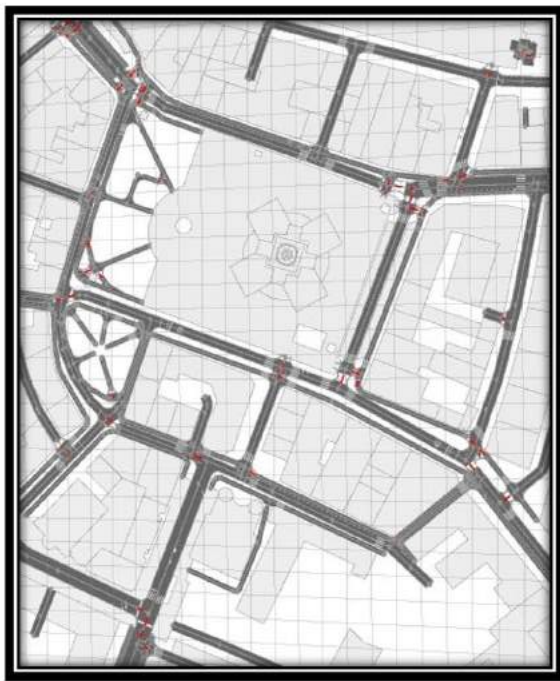
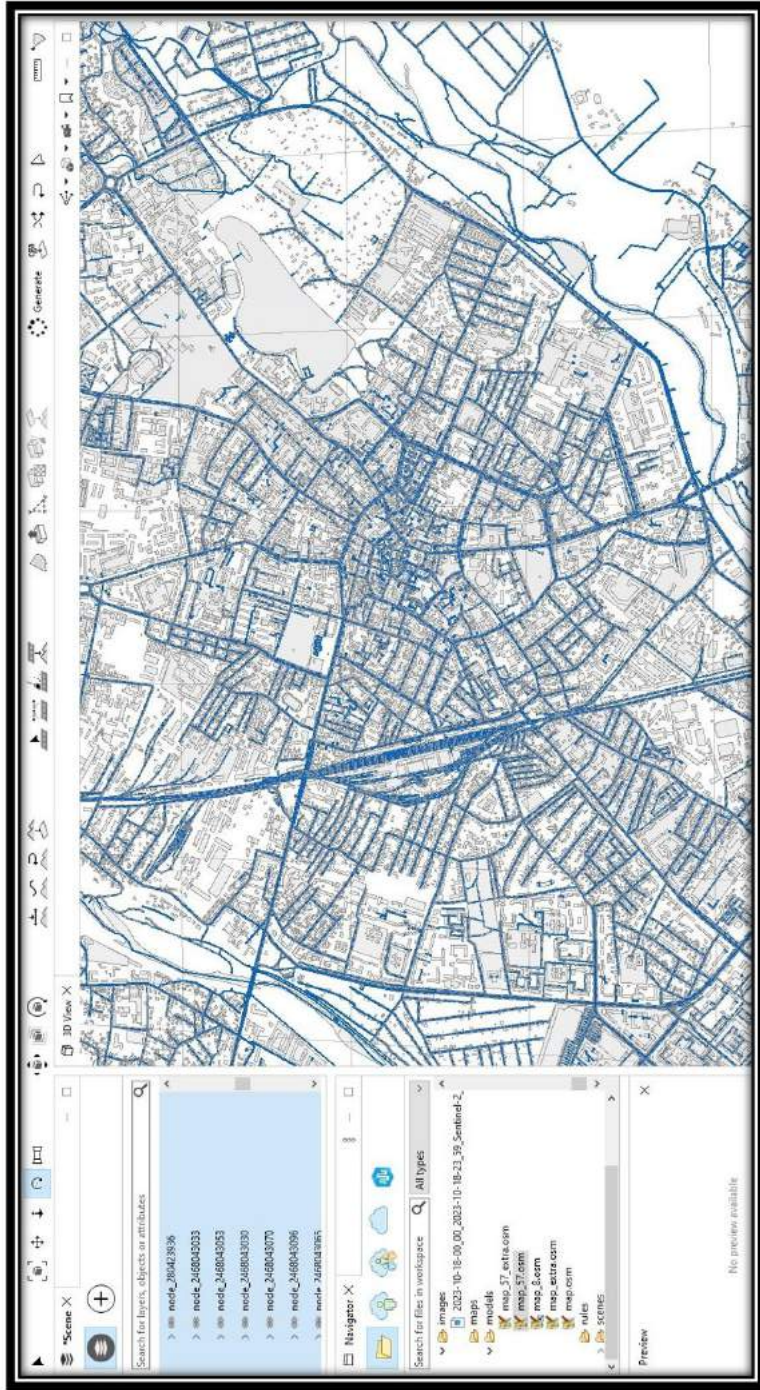


Вигляд моделі у 2D без текстур

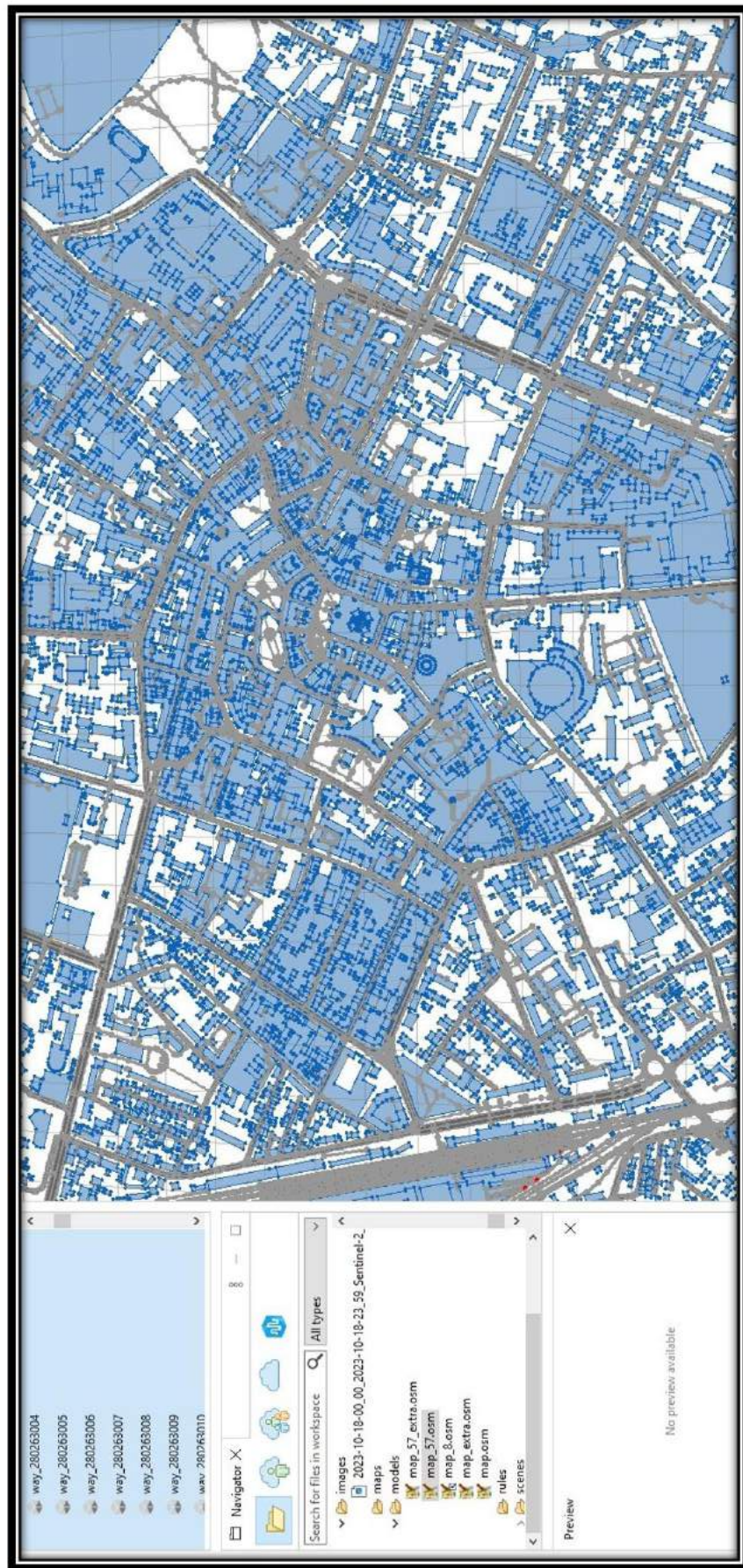


Виділення доріг та автоматичне накладання текстур

25

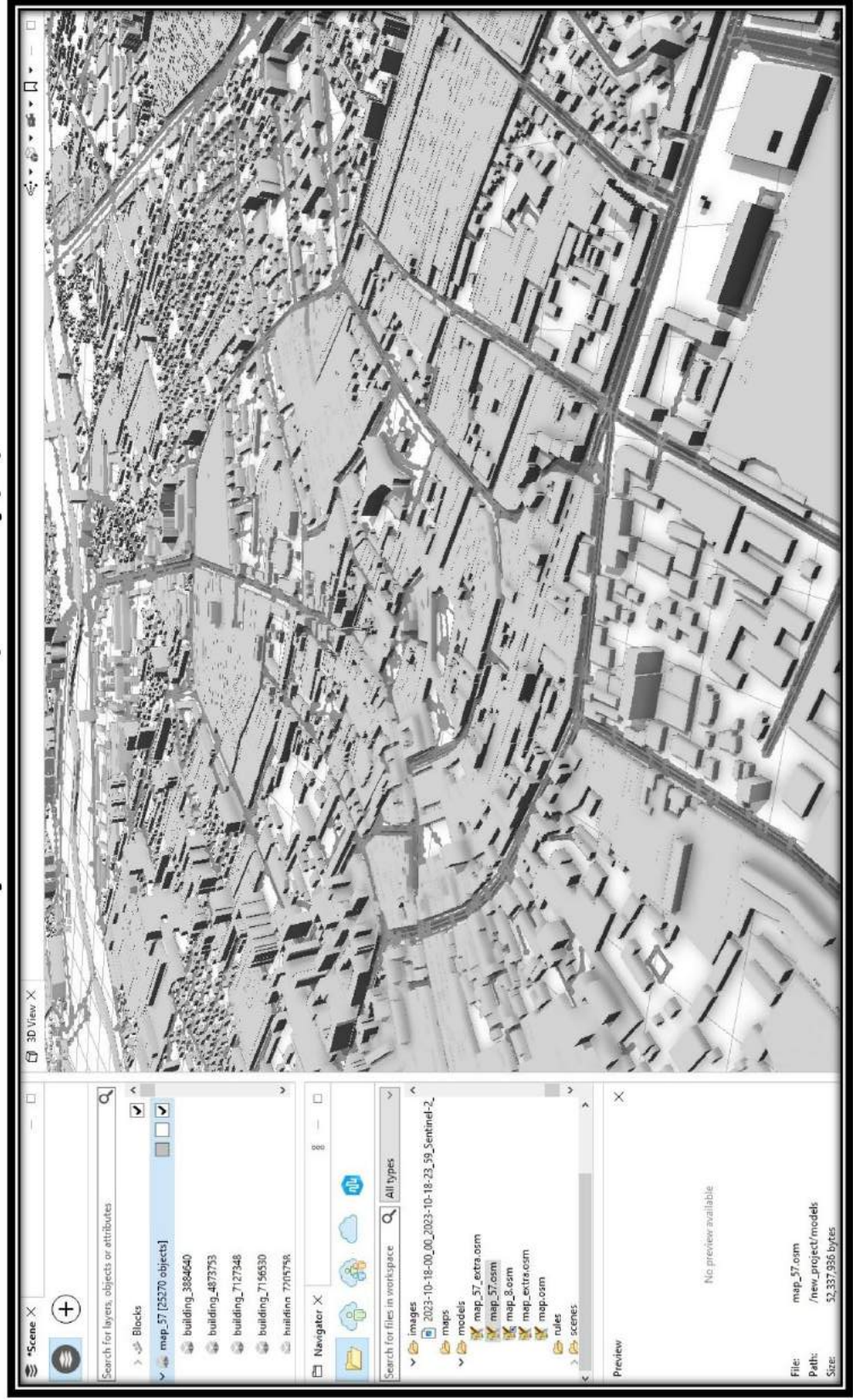


Виділення будівель



3D візуалізація будівель

27



Отримана картографічна модель

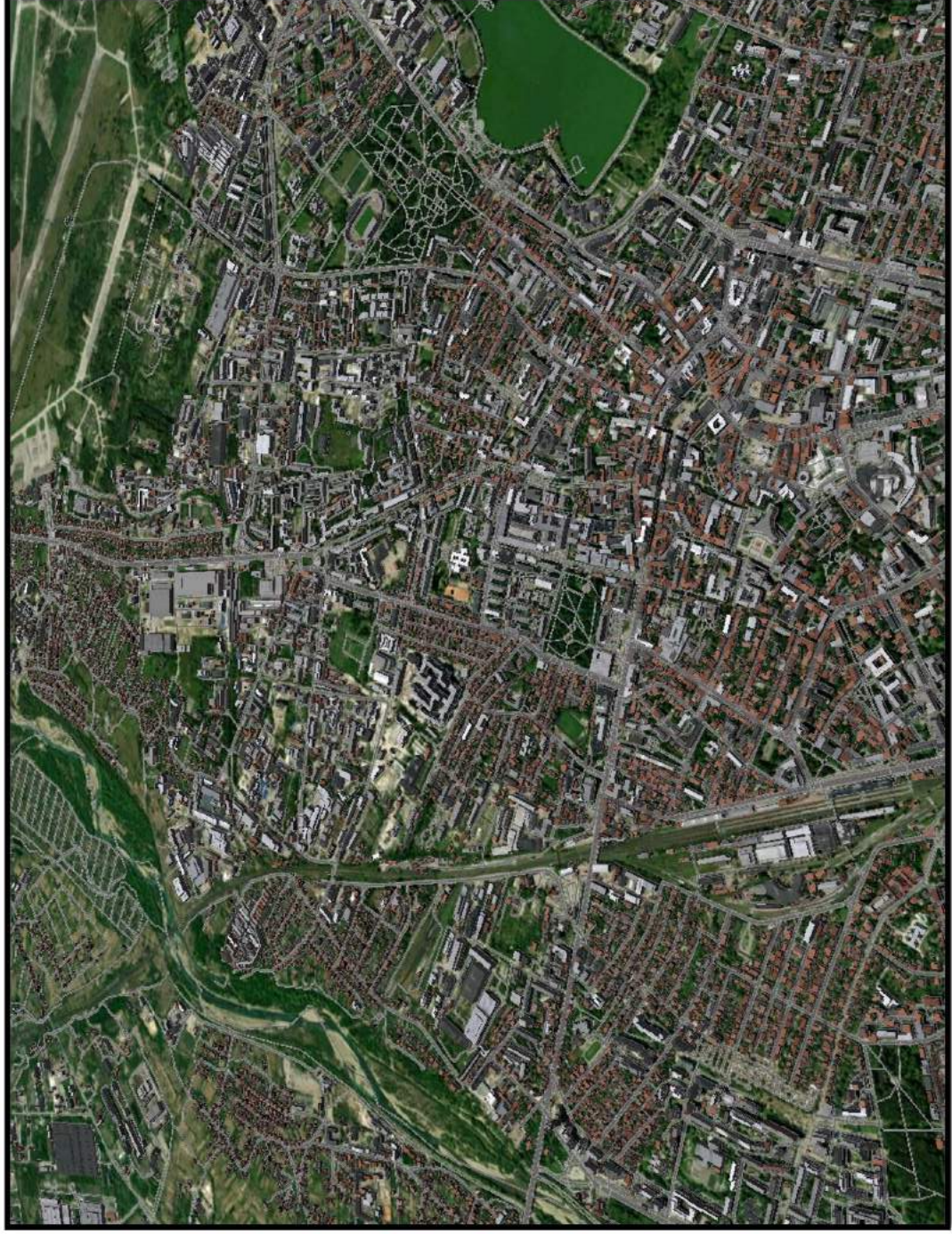
28



Центр міста Івано Франківськ

Загальний план отриманої картографічної моделі

29

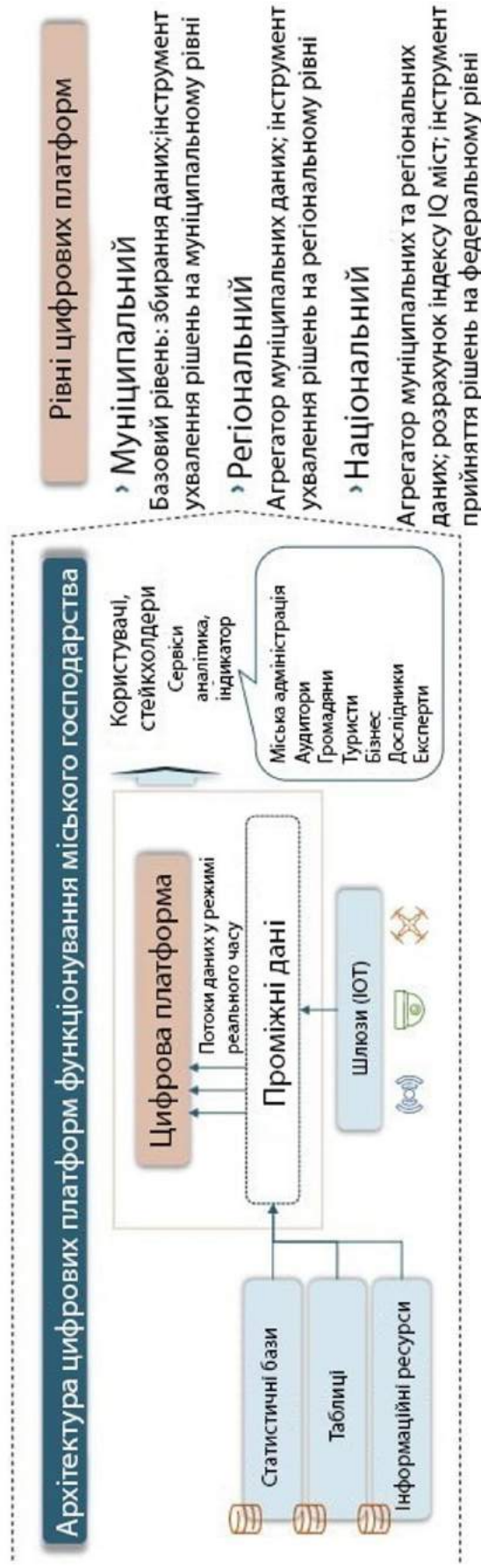
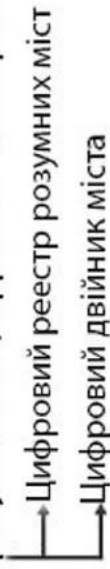


Використання геоінформаційних технологій та даних ДЗЗ для створення розумних міст



Концепції побудови архітектури системи розумного міста Івано–Франківськ в майбутньому

Формування цифрових інтегрованих платформ функціонування міста



Результати роботи

У роботі широко застосовувались інструмент машинного навчання який представляє собою підмножину машинного навчання, яка використовує нейронні мережі з кількома рівнями алгоритмів.

За допомогою глибокого навчання було проведено дешифрування об'єктів які потім в ручну розпізнано і проведено їх класифікацію за типом будівлі. На основі створених класів об'єктів була створена картографічна модель районів та побудови міста.

У цій роботі було створено 3D моделі міста Івано—Франківськ для впровадження системи смарт сіті. На основі картографічних даних Open Street Maps. За допомогою програмного продукту Blender було створено картографічну модель для використання у туристичних цілях а саме для віртуальних турів для пришвидшення розвитку туризму у регіоні. Також була створена 3D модель усього міста Івано—Франківськ за допомогою програмного продукту City Engine. Данна модель може бути використана для подальшого впровадження системи розумного міста у Івано—Франківськ.

Публікації та апробації

33

- Ісаєнко Т.О. Використання даних ДЗЗ для розвитку міст за концепцією смарт-сіті // XXII-ї Міжнародна науково-практична конференція: Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток. 14-15 листопада 2023 р. м.Київ.