

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 дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для реконструкції та реставрації історичних будівель у місті Харків»

ХАІ.407.465м.22О103.9793985 ПЗ

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

Спеціальність 103 Науки про Землю
(код та найменування)

Освітня програма Космічний моніторинг Землі
(найменування)

Воронкіна О.О.

(прізвище та ініціали студента (ким))

Керівник: Андрєєв С.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Іващук Б.М.
(прізвище та ініціали)

Харків – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. М.С. ЖУКОВСЬКОГО
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 103 Науки про Землю
(назва і шифр)

Освітня програма Космічний моніторинг

Землі
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії

к.т.н. Горелик С.І.

“ ” _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТКИ

Воронкіної Олександри Олегівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної роботи: Використання даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для реконструкції та реставрації історичних будівель у місті Харків

керівник випускної роботи: Андрєєв Сергій Михайлович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом Університету №1546-уч від «03» листопада 2022 року

2. Строк подання студентом випускної роботи 15.12.2022

3. Вихідні дані до випускної роботи Дані зйомки з безпілотної літальної апарату будівлі «Будинок Сурукчі», дані лазерного знімання будівлі «Будинок Сурукчі».

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

Визначення основних переваг та недоліків процесу відбудови Українських міст після Першої та Другої світових війн, аналіз стану історичних будівель сучасної України, дослідження можливостей використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій при реставрації історичних будівель, дослідження процесу розробки реставраційного проекту, дослідження ступеню руйнувань українських міст та окремо Харкова, розробка інтерактивної картографічної моделі пошкоджених історичних будівель Харківської області, дослідження можливостей використання тривимірних моделей історичних будівель для покращення процесу реставрації

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Структурна схема проблематики відбудови України після Другої світової війни, структурна схема переваг використання даних ДЗЗ при роботі з історичними будівлями, структурна схема

розробки інтерактивної онлайн-карти, структурна схема методики побудови реалістичної моделі на основі поєднання хмари точок лазерного сканера та знімків.

6. Консультанти розділів випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Андрєєв С.М.	31.12.2022	15.12.2022
	<i>доцент</i>		

Нормоконтроль Красовська І.Г. « 15 » 12 2022 р.

7. Дата видачі завдання 31.10.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів випускної роботи	Примітка
1	Аналіз процесу відбудови Європейських міст та окремо України після подій Першої та Другої світових війн	01.11.2022 – 05.11.2022	
2	Аналіз значення історичних будівель в економічнову рівні країн світу.	05.11.2022 – 10.11.2022	
3	Аналіз особливостей використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій при роботі з історичними будівлями	10.11.2022 – 15.11.2022	
4	Розробка методики створення інтерактивної онлайн-карти пошкоджених будівель Харківської області в ArcGIS Online.	15.11.2022– 25.11.2022	
5	Аналіз можливостей застосування даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій при реконструкції історичних будівель, розробка методики застосування.	25.11.2022– 30.11.2022	
6	Дослідження об'єкту «Будинок Сурукчі». Побудова хмар точок будівлі. Створення тривимірної моделі будівлі к Autodesk Revit.	30.11.2022– 09.12.2022	
7	Написання пояснювальної записки	09.12.2022 – 14.12.2022	

Студент _____ Воронкіна О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Андрєєв С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: 78 сторінок, 79 рисунків, 4 таблиці, 2 додатки, 13 джерел посилань.

Об'єкт дослідження: методика створення картографічних моделей з використанням даних ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу стану історичних будівель, а також методика створення тривимірних моделей історичних будівель для аналізу стану побудов та розробки планів реконструкції та реставрації.

Предмет дослідження: порівняльний аналіз різних методів розробки проектів реконструкції історичних будівель та самого процесу реконструкції.

Ціль роботи: покращення процесу реставрації історичних будівель за рахунок побудови картографічних та тривимірних архітектурних моделей з використанням даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій.

Методи дослідження – статистичний аналіз, класифікація, візуальний аналіз знімків, реєстрація хмари точок лазерного сканера, урівнювання знімків з БПЛА, тривимірне моделювання.

Отримані результати: інтерактивна онлайн-карта пошкоджених історичних будівель Харківської області на основі ArcGIS Online та Excel, методика застосування даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій при роботі з архітектурними пам'ятками, методика створення моделі поєднання хмари точок лазерного сканера та знімків з БПЛА, методика побудови тривимірної моделі будівлі у програмі Autodesk Revit.

Перелік ключових слів: ДЕФЛЯЦІЯ, РЕСТАВРАЦІЯ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, ІНДУСТРІАЛІЗАЦІЯ, ПРОФІЛЬ, РЕЄСТРАЦІЯ, ЗШИВАННЯ, АРХІТЕКТУРНА ПАМ'ЯТКА, КАРНИЗ, ФРОНТОН, ЛАНТЕРНА, КАПІТЕЛЬ, РОТОНДА, РЕНДЕРИЗАЦІЯ, РЕНДЕР.

REVIEW

Explanatory note for the diploma: 78 pages, 79 figures, 4 tables, 2 appendices, 13 references to the used literature.

The object of the research: the method of creating cartographic models using the Remote sensing data and GIS technologies for monitoring the condition of historical buildings, as well as the method of creating three-dimensional models of historical buildings for the analysis of the condition of buildings and the development of reconstruction and restoration plans.

The subject of the study: comparative analysis of various methods of developing projects for the reconstruction of historical buildings and the reconstruction process itself.

The purpose of the work: improvement of the process of restoration of historical buildings due to the construction of cartographic and three-dimensional architectural models using the data of DZZ and geo-information technologies.

Research methods – statistical analysis, classification, visual analysis of images, laser scanner point cloud registration, alignment of Remote sensing images, three-dimensional modeling.

The results obtained: an interactive online map of damaged historical buildings of Kharkiv region based on ArcGis Online and Excel, a method of using Remote sensing data and geoinformation technologies while working with architectural monuments, a method of creating a model of a combination of laser scanner point clouds and Remote sensing images, a method of building a three-dimensional building models in Autodesk Revit.

Key word list: DEFLATION, RESTORATION, RECONSTRUCTION, INDUSTRIALIZATION, PROFILE, REGISTRATION, STITCHING, ARCHITECTURAL LANDMARK, CORNICE, PEDANT, LANTERN, CAPITAL, ROTUNDA, RENDERING, RENDER.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ІСТОРИЧНІ БУДІВЛІ ЯК НЕВІД’ЄМНА ЧАСТИНА КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ ТА ЕКОНОМІЧНОГО РІВНЯ КРАЇН СВІТУ.....	9
1.1 Аналіз відбудови міст у країнах Західної Європи після Першої та Другої світових війн.....	9
1.2 Відбудова України після першої та Другої світових війн.....	11
1.3 Стан історичних будівель у сучасній Україні.....	13
1.4 Аналіз залежності ВВП країн світу від стану історичних будівель...	17
1.5 Постановка задачі дослідження.....	20
РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ РОБОТІ З ІСТОРИЧНИМИ БУДІВЛЯМИ.....	22
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ОНЛАЙН-КАРТИ ПОШКОДЖЕНИХ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ ДАНИХ ДЗЗ.....	26
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС РЕСТАВРАЦІЇ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ.....	33
РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ НА ПРИКЛАДІ «БУДИНКУ СУРУКЧІ» У ХАРКОВІ.....	39
5.1 Загальні відомості про об’єкт.....	39
5.2 Польовий етап.....	42
5.3 Камеральний етап.....	43
5.3.1 Реєстрація станцій з лазерного сканера у програмі Leica Cyclone Register.....	43
5.3.2 Створення реалістичної моделі у програмі Reality Capture.....	44
5.4 Обґрунтування вибору програмного забезпечення для моделювання	48
5.5 Архітектурне обстеження «Будинку Сурукчі» у місті Харків на основі хмари точок лазерного знімання.....	49
5.6 Моделювання «Будинку Сурукчі» у Revit.....	53
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	67
ДОДАТКИ.....	68

ДОДАТОК А Плакат за темою « <u>Використання даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для реконструкції та реставрації історичних будівель у місті Харків</u> ».....	68
ДОДАТОК Б Презентація за темою « <u>Використання даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для реконструкції та реставрації історичних будівель у місті Харків</u> ».....	69

ВСТУП

На сьогодні питання реставрації історичних об'єктів України дуже актуальне. Насамперед через воєнні дії, що відбуваються на території нашої держави. Кожного дня знищується інфраструктура міст та сіл, у тому числі архітектурні пам'ятки.

За даними ООН, станом на 26 листопада 2022 року тільки у Харківській області було пошкоджено близько 51 історичну пам'ятку.

Важливість архітектурних пам'яток важко переоцінити, адже вони є відображенням нашої історії та культури, а також є прикладами різних архітектурних течій.

Відновлення історичних пам'яток завжди було проблемним питанням для України через важкість процесу реставрації. Великий об'єм робіт, їх складність та ціна - головні причини, чому місцева влада не займається відновленням архітектури.

Дані ДЗЗ та геоінформаційні технології надають широкий спектр інструментів, що можуть бути використані при роботі з історичними об'єктами на усіх етапах їх обстеження та реставрації.

У даній роботі було проаналізовано процес реставрації історичних будівель та розроблено методики використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій для його покращення.

РОЗДІЛ 1 ІСТОРИЧНІ БУДІВЛІ ЯК НЕВІД'ЄМНА ЧАСТИНА КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ ТА ЕКОНОМІЧНОГО РІВНЯ КРАЇН СВІТУ

1.1 Аналіз відбудови міст у країнах Західної Європи після Першої та Другої світових війн

Людство проходило не через одну війну. Загалом кількість воєнних конфліктів, що відбувалися у світі незлічима. Це і внутрішні громадянські війни, і глобальні конфлікти, участь у яких приймала не одна держава.

Після подій Першої світової війни (28 липня 1914 - 11 листопада 1918), у якій приймало участь близько 38 країн, та Другої світової війни (1 вересня 1939 - 2 вересня 1945), участь у якій приймало понад 60 країн, людство зазнало величезних збитків та втрат. Насамперед це життя людей. У даній роботі було виокремлено та проведено аналіз збитків саме економіки та шляхів її відновлення.

Загалом відновлення архітектури було більш стрімким і вдалим після Другої Світової Війни, ніж після Першої, не дивлячись на те, що країни зазнали більших збитків.

Виробництво та торгівля зростали значно швидше наприкінці 1940-х років, ніж на початку 1920-х, а також було закладено основу для майбутнього міжнародного економічного співробітництва, на відміну від розколів і невдач міжнародного менеджменту, які відзначали період після 1918 року.

Відбудова після Другої світової війни започаткувала «золотий вік» 1950-1960-х років. Відбудова після Першої світової війни супроводжувалася катастрофічним десятиліттям 1930-х років.

Основна різниця між двома періодами полягала в політиці.

Після Першої світової війни державні діячі озиралися назад і більше сподівалися, ніж намагалися відновити економіку.

Комітет економічних експертів, який готував Брюссельську міжнародну конференцію 1920 року, рекомендував країнам збалансувати свої бюджети, припинити запозичення, консолідувати борг, скоротити державні витрати і підняти відсоткові ставки, щоб відобразити реальний дефіцит капіталу, все це для того, щоб зробити можливим повернення до золотого стандарту 1913 року.

Цікаво, що хоча Конференція вважала таке повернення дуже бажаним, вона також визнала, що повернення до ефективного золотого стандарту у багатьох випадках вимагало б величезної дефляції, що не було можливим.

Дефляція - економічний процес, коли впродовж певного періоду часу рівень цін в економіці знижується [1].

У свою чергу після Другої світової війни країни взяли курс на оновлення економічної та політичної моделей. Тобто, різниця полягала у тому, що світ після Першої світової війни мав на меті повернути успіхи минулого, довоєнного часу, а після Другої - на пришвидшенні виробництва та відбудови, створенні більшої кількості робочих місць та побудові нової успішної політики та економіки.

Загалом Європа 1946 року мала дві значні переваги порівняно з Європою 1919 року щодо потенціалу зростання: більший рівень виробництва на початку війни та більша здатність швидко його заповнити.

Найважливішим фактором, який чітко розрізняє досвід двох періодів, є ступінь і характер державного втручання в економіку.

З одного боку стояло переконання 1918 року, що повернення до минулих ліберальних практик можливе, незважаючи на величезні зміни, спричинені війною, а з іншого - що огляд назад є рецептом невдачі і щодо економіки необхідно було внести серйозні та ще не досліджені зміни були дуже актуальними після 1945-го року.

Наприклад, у Великій Британії основною метою після Першої світової війни було повернення до довоєнного золотого стандарту, після Другої - створення держави загального добробуту та нової економічної системи.

У Франції головною метою після Першої світової було відновлення зруйнованих війною територій за довоєнним зразком, після Другої - збільшити випуск продукції, продуктивність праці, забезпечити повну зайнятість, підвищити рівень життя.

Також важливим фактором була співпраця між країнами світу, що виявилася набагато сильнішою у другий період.

Холодна війна між Америкою та Радянський Союзом нав'язала співпрацю як у Західній Європі, так і між Західною Європою та Сполученими Штатами.

У період після 1945 року частіше можна було простежити експерименти та певні ініціативи, аніж чіткий план дій. Проте зміщення акценту на інвестиції, зростання та високу зайнятість стало більш помітним одразу після війни.

Структурна схема основних тенденцій відбудови після Першої та Другої світових війн (рис.1.1).



Рисунок 1.1 - Структурна схема тенденцій відбудови у країнах Західної Європи

1.2 Відбудова України після Першої та Другої світових війн

У період після Першої Світової Війни Україна входила до складу Чехословаччини, Польщі та Румунії, тому загальні тенденції відбудови історичних будівель співпадають з описаними вище процесами у Західноєвропейських країнах.

Після Другої світової війни, на відміну від країн Західної Європи, відбудова на території України не була такою ж продуктивною та вдалою.

Основна причина була у тому, що Україна входила до складу Радянського Союзу, де на той час йшла Холодна Війна з США, тому були відсутні соціальні зв'язки з іншими країнами та інвестиції. Використовувалися власні фінансові та технічні ресурси, які були дуже виснажені після війни.

Україна - одна з країн, що зазнала найбільших збитків. Військовозобов'язані люди, що загинули, склали найбільшу частину працездатного населення країни, тому відбудова відбувалася в основному за рахунок жінок та підлітків.

Отже, друга причина невдалої повільної відбудови - недостатня кількість робочої сили, кваліфікованого сучасного устаткування та технологій.

Влада Української Радянської Соціалістичної Республіки (УРСР) у 1946 році оприлюднила п'ятирічний план відбудови, у основі якого було покладено індустріалізацію з усіма її недоліками.

Індустріалізація - це комплекс заходів з прискореного розвитку промисловості, вжитих Всесоюзною комуністичною партією (більшовиків) у період з другої половини 1920 років до кінця 1930 років і здійснених переважно американськими компаніями із залученням дешевої робочої сили з СРСР [2].

Індустріалізація здійснювалася за рахунок селян, супроводжувалася масовими репресіями.

Не було підвищено рівень життя населення, а навпаки значно ускладнено житлову та продовольчу проблеми. У період 1930 років з'явилися черги та дефіцит необхідних товарів.

Метою плану було за п'ять років відновити довоєнний рівень промислового та сільськогосподарського розвитку та навіть перевищити його. За умов недостатньої кількості робочої сили, виснажене війною населення повинно було працювати за межами фізичних можливостей.

Було продубльовано усі недоліки невдалої відбудови після Першої світової війни: основною метою було повернення довоєнної економічної моделі, а не залучення інвестицій, нових технологій та новаторських проектів. Усе відбувалося за чітким державним планом, що не можна назвати вдалим.

Значний вплив мав голод 1946 - 1947 років, штучно влаштований Радянською владою для геноциду українського народу. Велика кількість населення загинула. Це не могло не мати вплив на процес відбудови. Люди були виснажені та занепокоєні тільки тим, як знайти їжу. У таких умовах неможливо було провести вдалу політику відбудови.

На жаль, Україна опинилася у руках неосвічених людей, які на той час знаходилися при владі та віддавали накази, що не мали ніякого позитивного впливу на процес відбудови.

За певний час народ України відбудував свою державу та повернув її до більш-менш довоєнного стану, але ціна було занадто висока - дуже тяжкі житлові умови населення та зниження реального рівня життя.

Під час Другої Світової війни тільки у Києві на Хрещатику було знищено близько 325 історичні архітектурні пам'ятки, деякі з них без можливості відновлення.

Для того, щоб відбудувати Хрещатик знадобилося близько десяти років, це був період з 1944 по 1955 роки. Який вигляд мав Хрещатик після Другої світової війни показано на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 - Хрещатик після Другої світової війни
Проблематика відбудови України після Другої світової війни (рис.1.3).

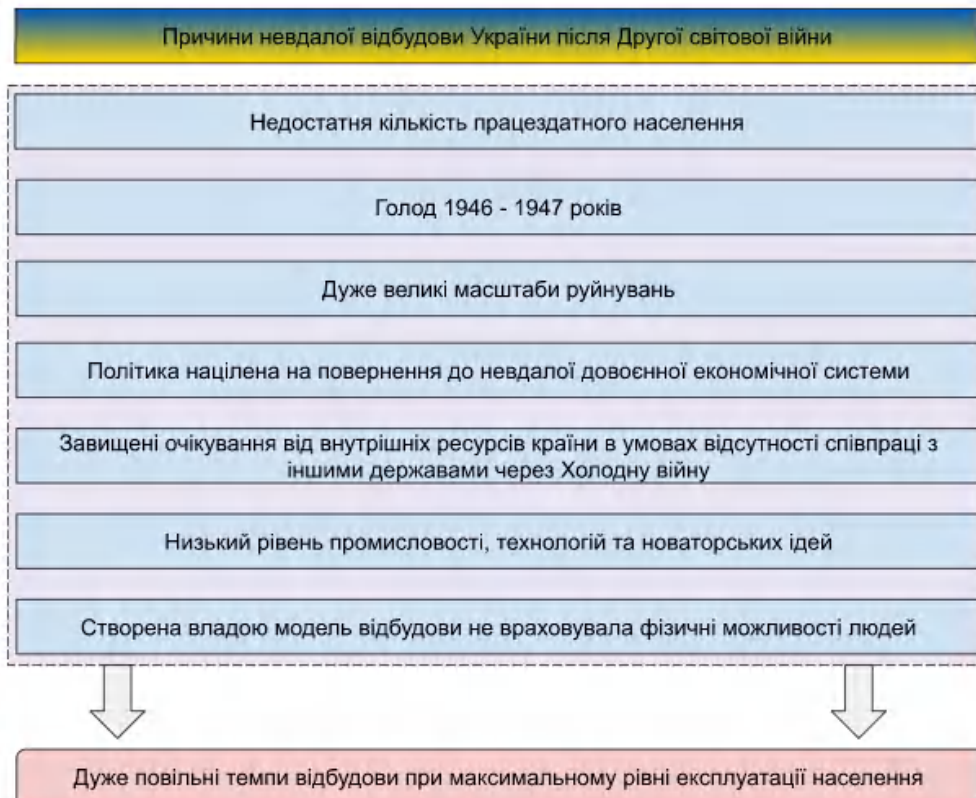


Рисунок 1.3 - Причини невдалої відбудови та їх наслідки

1.3 Стан історичних будівель у сучасній Україні

На сьогодні в Україні триває повномасштабне вторгнення зі сторони Росії. Кожного дня військовими Росії руйнується інфраструктура нашої країни, і у тому числі історичні пам'ятки.

Згідно з Законом України «Про охорону культурної спадщини», архітектурна пам'ятка - це занесені до Державного реєстру нерухомих пам'яток України окремі будівлі, архітектурні споруди, що повністю або частково збереглися в автентичному стані й характеризуються відзнаками певної культури, епохи, стилів, традицій, будівельних технологій або є творами відомих авторів.

Чому так важливо приділяти увагу історичним пам'яткам?

В основі реставрації будівель лежить збереження національної ідентичності з ціллю підвищення рівня освіти майбутніх поколінь у галузі історичного спадку власної держави, привернення уваги громадськості до архітектурних скарбів, покращення ідентифікації власної держави серед інших [3].

Історичні пам'ятки це не просто унікальні будівлі з точки зору архітектури, це об'єкти, що відображають у собі історичні події, наповнені сенсом та національною ідентичністю, саме тому дуже важливо приділяти увагу їх реставрації.

Варто зазначити, що реставрація та реконструкція - це два різних процеси.

Реставрація - сукупність науково обґрунтованих заходів щодо укріплення (консервації) фізичного стану, розкриття найбільш характерних ознак, відновлення втрачених або пошкоджених елементів об'єктів культурної спадщини із забезпеченням збереження їхньої автентичності [4].

Реконструкція у свою чергу це перебудова вже введеного в експлуатацію об'єкта зі зміною його геометричних розмірів, функціонального призначення, в результаті чого змінюються його основні техніко-економічні показники [5].

Тобто реконструкція будівлі передбачає її зміну, а згідно до Закону України “Про охорону культурної спадщини” зміна об'єкта культурної спадщини - дії, що призводять чи можуть призвести до часткового або повного зникнення предмета охорони об'єкта культурної спадщини.

Будівлі повинні зберігати свою автентичність і бути пов'язані з відомими діячами або подіями історії для того, щоб мати статус історичного об'єкту. У разі зміни зовнішнього вигляду, будівля втрачає свій статус [6].

Основною проблемою у сфері охорони історичних будівель до початку воєнних дій було те, що фізичні особи, яким належить земельна ділянка під історичною будівлею, виконували її реконструкцію задля потреб власного бізнесу, не маючи при цьому паспорту будівлі та маскуючи даний процес під реставрацію. У результаті історичні будівлі втрачали свій статус. Дана проблема досі не є вирішеною.

Якщо проаналізувати місто Харків, можна дійти висновку, що дві третини усіх історично важливих будівель знаходиться у місті та особлива концентрація у його центрі. Дане розположення є найбільш привабливим для різноманітних бізнесів.

Історичні будівлі разом із земельною ділянкою за законом можна придбати на рівні купівлі-продажу та перевести ділянку із комунальної власності в приватну.

Але після купівлі часто новим власником земельної ділянки виконувалася реконструкція, при тому що необхідні за законом документи відсутні.

Ці документи повинні узгоджуватися з місцевими органами влади, після чого їх подають до Державної Архітектурно-Будівельної Інспекції (ДАБІ). А якщо мова йде про пам'ятку архітектури, то дозвіл дає не місцева ДАБІ, а столична.

Сьогоднішні забудовники ці правила ігнорують, а після їх "реставрації" будівля змінюється до невпізнання і втрачає статус пам'ятки епохи, повернути який практично неможливо. Хіба лише за рішенням суду про знесення незаконних надбудов, але такого прецеденту в Харкові не було [6].

Прикладом незаконної реконструкції є будівля за адресою вулиця Гоголя, 2 у Харкові (рис 1.4).



Рисунок 1.4 - Історична будівля до незаконної реконструкції

Будинок було побудовано у 1818 році та реконструйовано у 1840, після цього зовнішній вигляд не змінювався, саме цим була цікава дана побудова. Останній її власник незаконно почав добудову другого поверху (рис.1.5).

Після звернення до прокуратури, будівництво мало припинитися, але після деякого часу на об'єкті були помічені будівники, що дофарбовували надбудову.



Рисунок 1.5 - Незаконно побудований поверх

Подібні ситуації, на жаль, зустрічаються дуже часто та майже не регулюються.

Таким чином втрачається культурна спадщина по всій Україні. Проблема у тому, що на сьогодні немає апарату контролю за станом історично важливих споруд.

Більшу частину роботи виконують небайдужі люди та волонтерські організації. На жаль, в Україні немає архітектурної поліції, та увага органів влади до процесу занепаду історичних будівель недостатня.

Це насамперед проблема українського народу, нашої культурної спадщини, але якщо розглянути дане питання з боку економіки, можна дійти висновку, що більша увага до архітектурних пам'яток та створення апарату їх захисту може значно підвищити інтерес громадян інших країн.

Таким чином можна збільшити рівень туризму, що мало б позитивний вплив на економіку, а отже і на рівень життя людей.

Основні проблеми, пов'язані зі збереженням історичних будівель України представлено на рисунку 1.6.

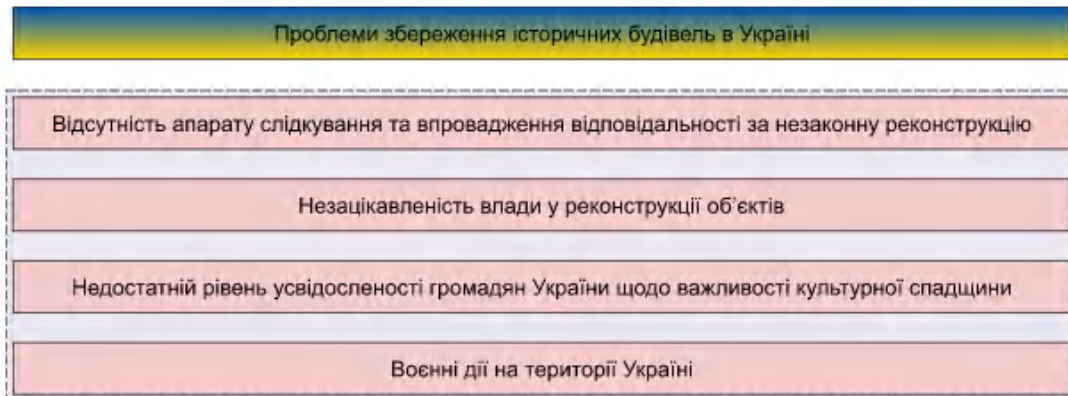


Рисунок 1.6 - Структурна схема проблем у галузі збереження історичних будівель України

Отже, величезна кількість історичних будівель України знаходиться у занедбаному стані, а ще більша частина зараз знищується, тому необхідно заохочувати інвесторів з інших країн, максимально консолідувати спеціалістів нашої країни та розробляти плани реконструкції та реставрації вже зараз.

1.4 Аналіз залежності ВВП країн від стану історичних будівель

У таблиці 1.1 наведено кількість об'єктів культурної спадщини різних частин світу відповідно до статистичних даних списку Всесвітньої спадщини, опублікованих Організацією Об'єднаних Націй (UNESCO) [7].

Таблиця 1.1 - Кількість об'єктів культурної спадщини різних країн світу

Частина світу	Кількість об'єктів культурної спадщини	Частка від загальної кількості об'єктів, %
Арабські держави	80	8,92
Латинська Америка та Карибські острови	100	11,15
Африка	54	6,02
Азія	195	21,74
Європа та Північна Америка	468	52,17
Усього	897	100

Об'єкти «Uvs Nuur Basin» і «Landscapes of Dauria» (Монголія) є міжрегіональними об'єктами, розташованими в Європі, Азії та Тихоокеанському регіоні. Тут їх зараховано до Азіатсько-Тихоокеанського регіону.

Історичні будівлі комплексу «Архітектурна робота Ле Корбюзьє, видатний внесок у сучасний рух» (Аргентина, Бельгія, Франція, Німеччина, Індія, Японія, Швейцарія) є міжрегіональною власністю, розташованою в Європі, Азії, Тихоокеанському регіоні, Латинській Америці і Карибському регіоні. Тут зараховується до пункту Європа та Північна Америка [8].

Було побудовано діаграму для демонстрації частки, яку складають історичні будівлі кожного блоку країн від загального фонду(рис.1.7).



Рисунок 1.7 - Частка об'єктів культурної спадщини частин світу

Для того, щоб визначити, чи є залежність між кількістю історичних споруд та економічним рівнем країн світу, першим кроком було проаналізовано значення витрат на міжнародний туризм та часткою історичних споруд у різних частинах світу (від загальної кількості споруд) (рис.1.8). Усі дані було преведено до відсоткового формату.

Витрати на міжнародний туризм - це витрати міжнародних відвідувачів, які виїжджають в інші країни, включаючи платежі іноземним перевізникам за міжнародні перевезення. У даному випадку витрати на міжнародний туризм - рівень туризму [9].

Діаграма представлена на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 - Діаграма залежності рівня туризму від кількості історичних споруд

Залежність між кількістю історичних споруд та рівнем туризму дійсно присутня - зі збільшенням першого параметру збільшується і другий.

Виключенням є блок Арабських держав, де розбіг між значеннями двох параметрів значний. При невеликій кількості історично важливих споруд, рівень туризму є досить високим. Дане явище можна пояснити тим, що рівень туризму у розвинених арабських країнах значно збільшився за останні 50 років за рахунок диверсифікація ресурсо орієнтованої економіки та заохочення іноземних інвестицій. У країнах арабського сектору значною мірою розвинена рекреаційна інфраструктура - готелі, торгівельні центри, а також офісні комплекси.

Наступним кроком було проведено аналіз ВВП від рівня туризму, використавши вибірку з чотирнадцяти країн (рис.1.9).

Було взято дані за 2021 рік [10].

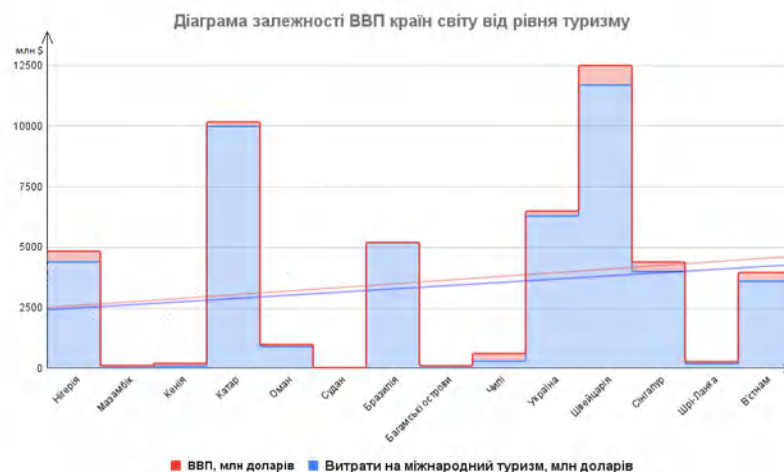


Рисунок 1.9 - Діаграма залежності ВВП від рівня туризму

На діаграмі 1.9 можна побачити, що значення двох параметрів прямо пропорційні - зі збільшенням першого, росте другий, а отже значення ВВП дійсно залежить від рівня туризму.

Отже, контроль за станом історичних будівель, як архітектурних пам'яток нашої держави, є вкрай важливим для збільшення рівню міжнародного туризму, завдяки чому можна покращити економіку держави та рівень життя українців.

На сьогодні відбудова історичних пам'яток архітектури є не тільки шляхом покращення економіки, а й одним із найважливіших заходів боротьби з політикою геноциду та повного руйнування культурної спадщини України.

Станом на 24 жовтня Організація Об'єднаних Націй "ЮНЕСКО" підтвердила руйнування близько 204 історичних об'єктів України. Більша їх частина знаходиться на території Донецької області - 58 об'єктів. На території Харківської області - 51 об'єкт.

Кількісне співвідношення зруйнованих історичних об'єктів станом на 26 листопада 2022 року по областях України (рис.1.10).



Рисунок 1.10 - Кількість руйнувань по областях України

Велику кількість історичних будівель було зруйновано у Донецькій, Харківській, Луганській, Київській та Чернігівській областях.

1.5 Постановка задачі дослідження

Об'єкт дослідження: методика створення картографічних моделей з використанням даних ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу стану історичних будівель, а також методика створення тривимірних моделей історичних будівель для аналізу стану побудов та розробки планів реконструкції та реставрації.

Предмет дослідження: порівняльний аналіз різних методів розробки проектів реконструкції історичних будівель та самого процесу реконструкції.

Ціль роботи: покращення процесу реставрації історичних будівель за рахунок побудови картографічних та тривимірних архітектурних моделей з використанням даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій.

Загальну структуру роботи зображено на рисунку 1.11.

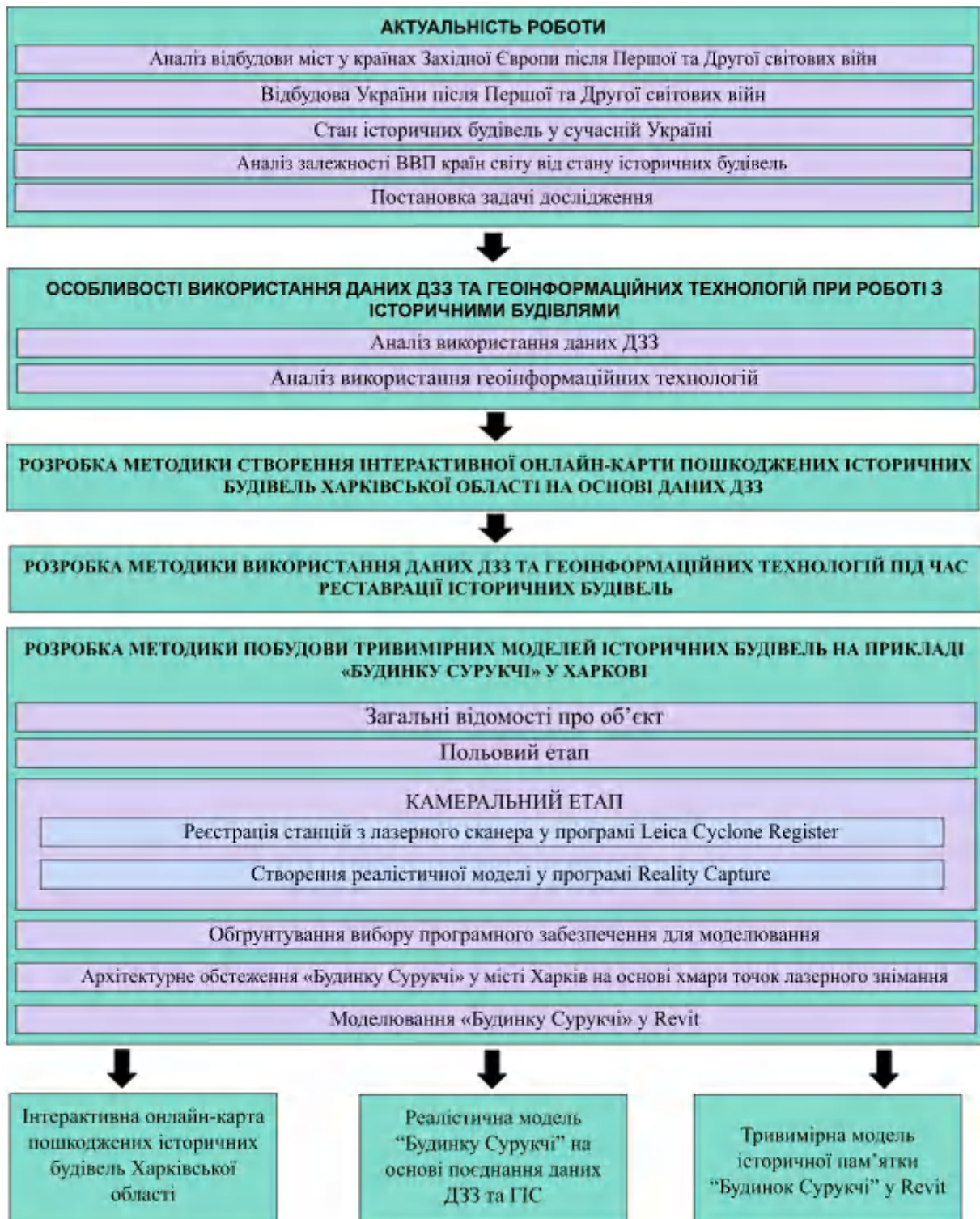


Рисунок 1.11 - Загальна структура дипломної роботи

РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ

На території Харківської області та міста Харків на даний момент вже нараховується 51 об'єкт історичного значення, що потребує реставрації або реконструкції. Досвід минулих літ показує, що основним недоліком при відбудові Українських міст була нестача робочої сили та технологій, що могли б пришвидшити процес та підвищити якість роботи.

Використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційних систем (ГІС) та технологій має багато переваг при роботі з історичними будівлями.

Дистанційне зондування Землі - це процес виявлення та моніторингу фізичних характеристик місцевості шляхом вимірювання її відбитого та випущеного випромінювання на відстані (зазвичай із супутника чи літака).

Дані ДЗЗ представляють собою знімки, виконані на певній висоті. В залежності від виду знімання це можуть бути космічні або аерокосмічні знімки та знімки з безпілотного літального апарату.

Космічні знімки можна використовувати для аналізу стану історичних будівель міст у разі їх високої розподільної здатності. Такої, щоб на знімках можна було чітко дешифрувати стан об'єкта - чи має він ознаки часткового або повного руйнування, чи ні.

На сьогодні ринок космічних знімків стає більш гнучким. Ще у 2014 році знімки надвисокого просторового розрізнення стали доступні для комерційних цілей, насамперед завдяки тому, що компанія «Digital Globe» отримала дозвіл на їх продаж.

Дані дистанційного зондування Землі використовуються для моніторингу прогресу будівництва або реконструкції будь-яких об'єктів, які знаходяться на поверхні землі та мають достатній розмір для дешифрування їх на знімках.

Дані ДЗЗ надають великі можливості для управління та інвентаризації об'єктів, проектно-вишукувальних робіт, для будівництва, а також для планування ремонтних заходів.

Перевага використання аерокосмічних знімків полягає у можливості автоматизації аналізу об'єктів. У сучасному програмному забезпеченні присутні готові алгоритми дешифрування, тому спеціалісти мають можливість швидко проводити інвентаризацію зруйнованих історичних будівель, а також розробляти план ремонтних або реставраційних робіт на певний час.

Це дуже актуально для сучасної України, де після закінчення війни, необхідно буде розробити план відновлення об'єктів інфраструктури.

Командою волонтерів було розроблено карту, де зображено точкові об'єкти, що відображають зруйновані об'єкти інфраструктури Харкова(рис.2.1). Дана карта демонструє, як на сьогодні можна використовувати дані ДЗЗ.



Рисунок 2.1 – Карта зруйнованих будівель Харкова

Знімки можуть бути використані для комплексного контролю за прогресом реконструкцій інфраструктури, а також для економічної оцінки інфраструктури з повною візуалізацією та можливістю моделювання для оперативних логістичних операцій.

Дані ДЗЗ та результати їх обробки у вигляді електронних карт значно спрощують процес дешифрування та інвентаризації будівель, а також розробки планів реконструкції та реставрації, дозволяють легко слідкувати за перебігом будівництва або відбудови.

У свою чергу зйомка з безпілотного літального апарату (БПЛА) дозволяє виконувати знімання під певним кутом, щоб детально проаналізувати стан стін, вікон та загалом фасадів будівель. А також створювати високоточні, деталізовані моделі будівель у комплексі з геоінформаційними технологіями.

Приклад знімка з БПЛА, виконаний під кутом (рис.2.2).

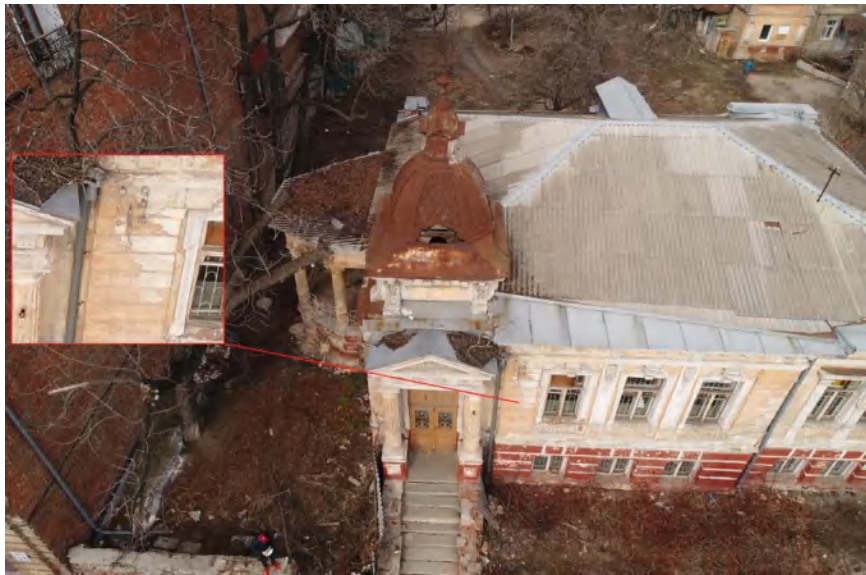


Рисунок 2.2 - Знімок з БПЛА

Останнім часом активно використовується технологія лазерного знімання місцевості за допомогою лазерного сканера.

Лазерний сканер - геодезичний прилад, принцип роботи якого полягає у вимірі часу проходження променя від випромінювача до об'єкта та назад. Знаючи швидкість та час поширення сигналу, можна визначити відстань від випромінювача до знятої точки та зафіксувати її положення на хмарі. Таким чином виконується безперервна зйомка місцевості з результатом у вигляді тривимірної хмари точок, що повністю відповідає реальному вигляду об'єкта знімання.

Лазерне сканування набуло великого розповсюдження через велику кількість переваг над іншими видами геодезичних робіт. Це такі переваги, як:

1. Зниження витрат при виконанні виконавчої і топографічної зйомки;
2. Зниження або повне виключення повторних додаткових зйомок об'єкта
3. Отримання більш точних і повних результатів виконавчої зйомки і як наслідок - усунення неоднозначностей при проведенні камеральних робіт
4. Мінімізація часу польових робіт
5. Швидке отримання результатів
6. Зменшення загального циклу робіт над проектом
7. Високий рівень деталізації і підвищення якості результату
8. Безпека робіт при зйомці
9. Хмари точок можуть бути використані фахівцям різних галузей, що підвищує ефективність методики в цілому.

При роботі над проектами, пов'язаними з реконструкцією або реставрацією будівель, спеціалістам необхідно отримувати якісні вихідні дані для подальшої роботи. Результатом лазерного сканування є хмара точок, що є точним відображенням реального об'єкту. Точність отриманих даних може досягати 1 міліметра.

Крім координат точок об'єкту, під час лазерного сканування відбувається також фіксація кольорових RGB характеристик. Колір отримують в результаті фотографування об'єкту цифровою фотокамерою.

Таким чином результатом наземного лазерного сканування є масив або хмара точок сканованого об'єкту, які мають наступні параметри: координати X, Y, z в просторовій системі координат і RGB параметри кольору.

У поєднанні зі зйомкою з БПЛА можна виконати колоризацію хмари точок на більш якісному рівні та текстуризацію, що робить модель максимально реалістичною.

Отже, при роботі з реконструкцією чи реставрацією будівель дані ДЗЗ та геоінформаційні технології значно пришвидшують роботу, підвищують її якість та відкривають широкий спектр різноманітних можливостей для вирішення конкретних поставлених задач (рис.2.3).

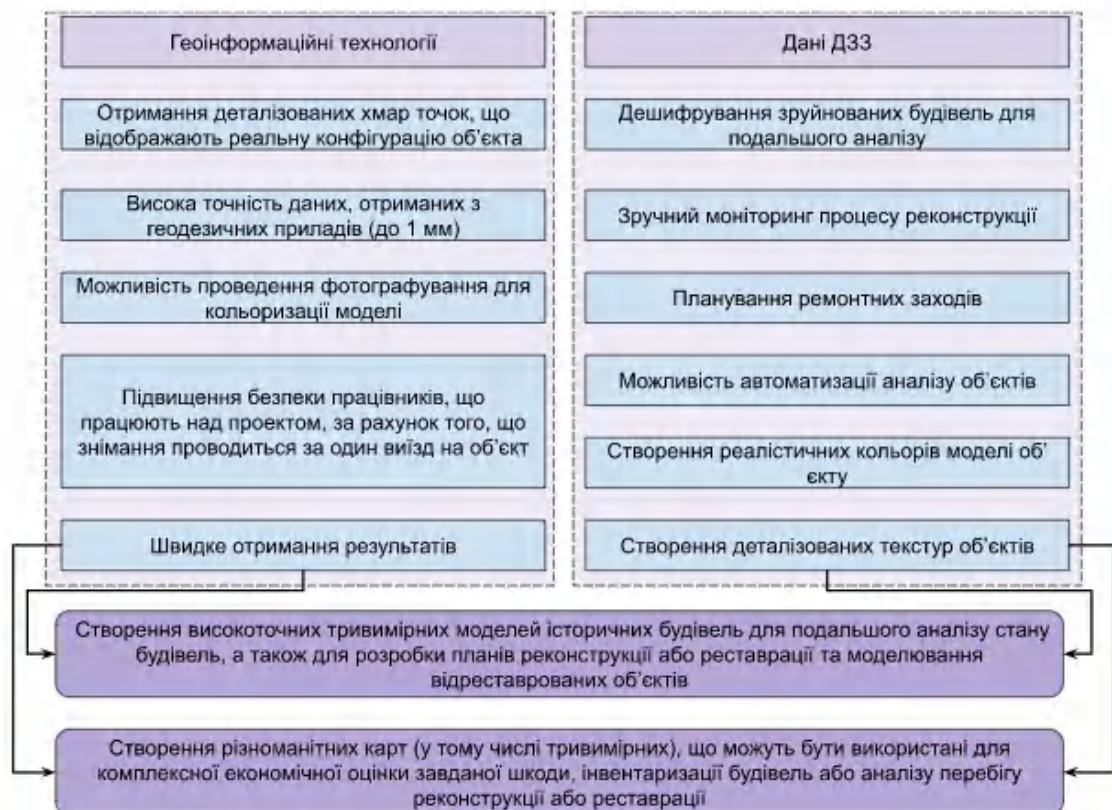


Рисунок 2.3 - Переваги використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій при роботі з історичними будівлями

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ОНЛАЙН-КАРТИ ПОШКОДЖЕНИХ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ ХАРКОВА

Враховуючи те, що на сьогодні військові дії продовжуються та кількість пошкоджених пам'яток архітектури може збільшуватися, було вирішено розробити методику створення онлайн-карти, яку можна актуалізувати у будь-який момент часу та додавати нові дані.

Для розробки картографічної моделі було обрано програмне забезпечення ArcGIS Online.

ArcGIS Online – програмне забезпечення для створення картографічних моделей та додатків. Перевагою даної платформи є можливість швидко підключати нові шари даних, більш висока їх якість та широкий спектр можливостей для аналізу. Також у програмі є можливість сумісної роботи над проектами. Карти та додатки можуть бути доступні для загального використання групою людей та постійно оновлюватися.

Для створення карти пошкоджених від російської агресії будівель було використано дані Організації Об'єднаних Націй, згідно яких у Харкові станом на 26.11.2022 вже нараховувалося 51 історична пам'ятка, що потребує реставрації.

Повний перелік об'єктів, пошкоджених або зруйнованих російськими військовими у Харківській області надано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Перелік пошкоджених історичних об'єктів у Харківській області

Назва об'єкту	Місцезнаходження
Православна церква	Ізюм, село Кам'янка
Успенський собор	Харків
Будівля Харківського апеляційного суду	Харків
Історична будівля "Слово"	Харків
Харківський художній музей	Харків
Церква Святої цариці Тамари	Харків
Харківський національний академічний театр опери та балету	Харків
Жіноча гімназія (1870)	Харків
Житловий історичний будинок	Харків

Житловий історичний будинок	Харків
Харківська Державна наукова бібліотека ім. Короленка	Харків
Будівля економічного факультету Харківського національного університету	Харків
Церква Святих Жінок-Мироносиць	Харків
Будівля колишнього центрального лекційного залу на Площі Конституцій	Харків
Історичний житловий будинок XIX століття	Харків
Меморіальний комплекс Слави	Харків
Пам'ятка архітектури «Будинок колишнього магазину «Люкс» (XIX століття)	Харків
Меморіал жертвам Голокосту «Дрогобицький Яр»	Харків
Харківська школа № 7 (1906-07 рр. побудови)	Харків
Церква Різдва Пресвятої Богородиці (1838 року)	Харківська область
Храм 2000-річчя Різдва Христового в Харкові (побудований у 1999-2001 роках)	Харків
Харківський державний академічний театр ляльок імені В. А. Афанасьева (збудований у 1906-1907 рр.)	Харків
Свято-Вознесенський собор (Всесвятська церква) в Ізюмі (побудований у 1826 році, добудований 1902-1903 роках)	Харківська область
Хрестовоздвиженська церква (1809-1823 роки)	Харківська область
Церква Святого Димитрія Солунського	Харківська область
Колишній Палац культури залізничників у Харкові (ЦБТ Південної залізниці)	Харків
Меморіал жертвам тоталітаризму (збудований у 1991-2000 роки)	Харків
Харківський обласний палац дітей та юнацтва (Будинок дитячої та юнацької)	Харків

творчості, збудований у 1851-1853 роках)	
Спасо-Преображенська церква (2011-2013 роки)	Харків
Церква Георгія Побідоносця	Харків
Стрітенська церква в Лісному (2018 року побудови)	Харків
Храм Святого Миколая Чудотворця (побудований у 1991-1996 роках)	Харків
Національний літературно-меморіальний музей Григорія Сковороди – Сковородинівка	Харківська область
Міський будинок культури	Дергачі, Харківська область
Андріївська церква	Харків
Свято-Успенська церква	Коробочкине, Харківська область
Будинок культури	Лозова, Харківська область
Садиба (1832 року побудови)	Харків
Мечеть “Сунна”	Харків
Чугуївський будинок культури	Чугуїв, Харківська область
Будинок культури	Прудянка, Харківська область
Корпус Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенко	Харків
Музична школа (будівля другої половини 19 ст.)	Ізюм, Харківська область
Пам’ятка архітектури місцевого значення – колишнє реальне училище 1882 року побудови (ліцей № 4)	Ізюм, Харківська область
Половецькі кам’яні баби (9-13 ст.)	Ізюм, Харківська область
Свято-Троїцька церква (1826 року побудови)	Мала Комишуваха, Харківська область
Церква Святого Миколая	Куп’янськ, Харківська область
Будинок культури «Залізничник» (1926 року побудови)	Ізюм, Харківська область

Було вирішено створити файл даних про кожний об'єкт таким чином, щоб у будь-який момент його можна було оновити та додати актуальну інформацію.

Для цього було обрано програму Microsoft Excel (програма для розробки електронних таблиць).

Було створено чотири стовпці даних – назва будівлі, адреса, місто та рік побудови. Заповнену таблицю зображено на рисунку 3.1

	A	B	C	D
1	Historical building	Address	City	Рік побудови
2	Успенський собор	Universytets'ka St, 11	Kharkiv	1892
3	Будівля Харківського апеляційного суду	Geroev Nebesnoj Sotni Square, 36	Kharkiv	дані відсутні
4	Історична будівля "Слово"	Kul'tury St, 9	Kharkiv	1920
5	Харківський художній музей	Zhon Myronosyts St	Kharkiv	1903
6	Церква Святої царині Тамари	Akademika Kurchatova Ave, 16	Kharkiv	2012
7	Харківський національний академічний театр опери та балету	Sumska St, 25	Kharkiv	1925
8	Жіноча гімназія	Тумиґязєва St, 45? Kharkiv	Kharkiv	1870
9	Харківська Державна наукова бібліотека ім. Короленка	Korolenka Ln, 18, Kharkiv	Kharkiv	1886

Рисунок 3.1 – Фрагмент заповненої таблиці

Таким чином було додано дані про кожний об'єкт.

Наступним кроком було завантажено додаток ArcGIS для Excel. Для цього було відкрито електронний ресурс «Windows Apps - Microsoft Store» та завантажено необхідний файл. Наступним кроком було відкрито програму Excel та підтверджено додавання додатку. У результаті модуль ArcGIS з'явився у переліку наборів інструментів Excel (рис.3.2).

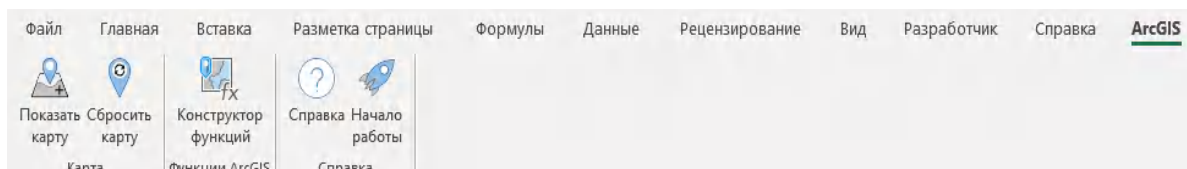


Рисунок 3.2 – Модуль ArcGIS для Excel

Після налаштування усіх необхідних інструментів було розпочато процес створення картографічної моделі. Першим кроком було натиснуто «Показати карту», після чого у правій частині робочого вікна було відображено онлайн-карту світу. Далі було натиснуто на кнопку «Слої» та обрано варіант даних Excel. Правою кнопкою миші було виділено усі необхідні дані, у даному випадку усю

таблицю. У наступному вікні було встановлено усі необхідні налаштування – тип місцезнаходження у форматі адреси, країна – Україна; для зчитування значення адреси було обрано стовпчик «Address».

Усі попередні налаштування зображено на рисунку 3.3.

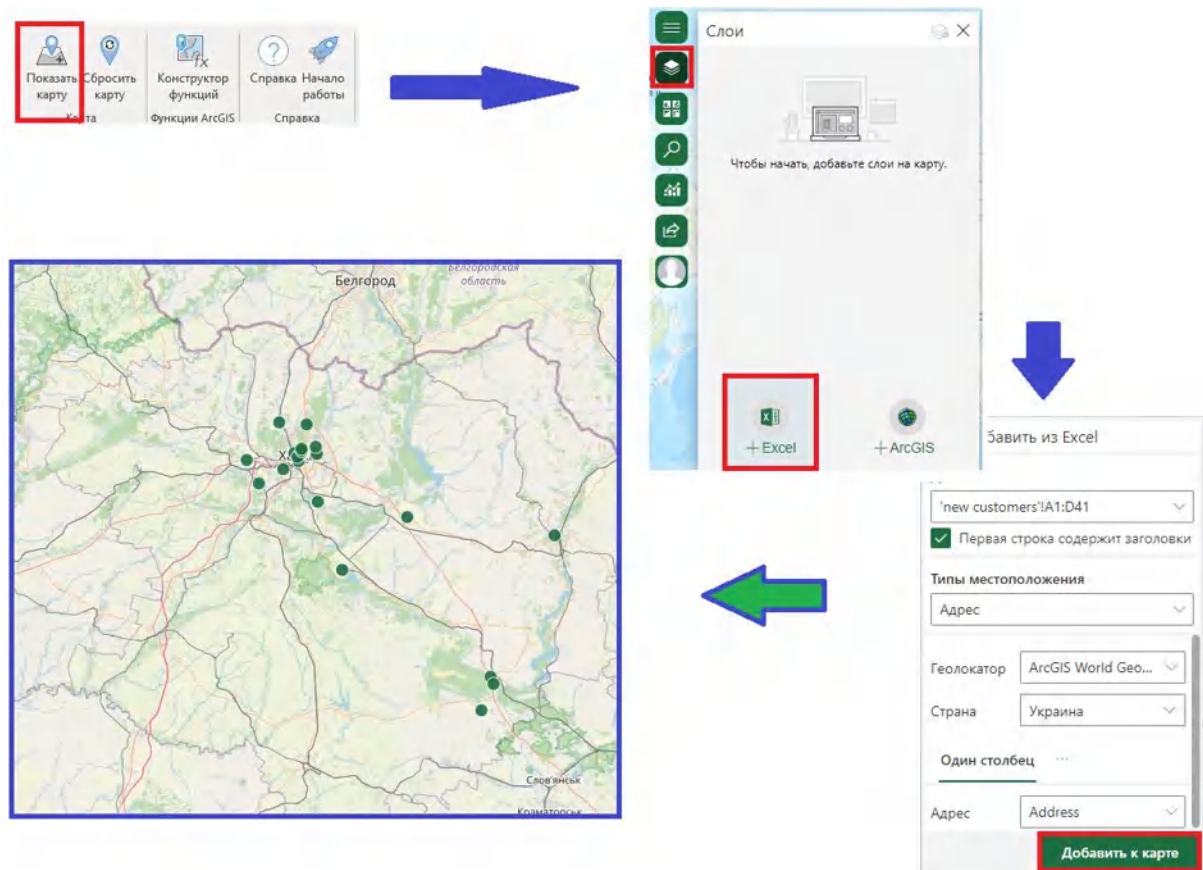


Рисунок 3.3 – Порядок додавання даних до онлайн-карти

Наступним кроком було змінено стиль відображення точкових об'єктів на інтенсивність, таким чином у разі зменшення масштабу карти, місце з більшим скупчення об'єктів (у моєму випадку це центр Харкова) було відображено червоним кольором.

Останнім кроком було додано до карти векторний слой меж Харківської області. Для цього було знову натиснуто на інструмент «Слої» але на цей раз обрано пункт «ArcGIS». У пошуковому рядку було вписано «Kharkiv region» та обрано найбільш доречний слой. Після додавання слою було змінено його стиль – видалено заливку полігону, змінено колір кордону та його товщину.

У результаті було отримано онлайн-карту Харківської області, де у вигляді точкових об'єктів нанесено історичні будівлі та архітектурні пам'ятки, що були пошкоджені у результаті російської агресії на території України.

Як було зазначено раніше, немає гарантій, що кількість будівель не буде збільшуватися, саме тому було використано програму Excel та модуль ArcGIS.

Зручність такого варіанту створення карти полягає у тому, що користувач може збільшувати кількість даних просто додаючи додаткові рядки до таблиці і одразу бачити зміни на онлайн карті, що знаходиться поруч із таблицею.

Також є можливість не тільки додавання даних у вже існуючі стовпці, а й створення нових.

Побудована онлайн-карта демонструє положення пошкоджених історичних пам'яток, а також дані про назву міста та рік її побудови (рис.3.4). Для того щоб отримати атрибутивні дані необхідно навести курсор на об'єкт та натиснути на нього правою кнопкою миші.

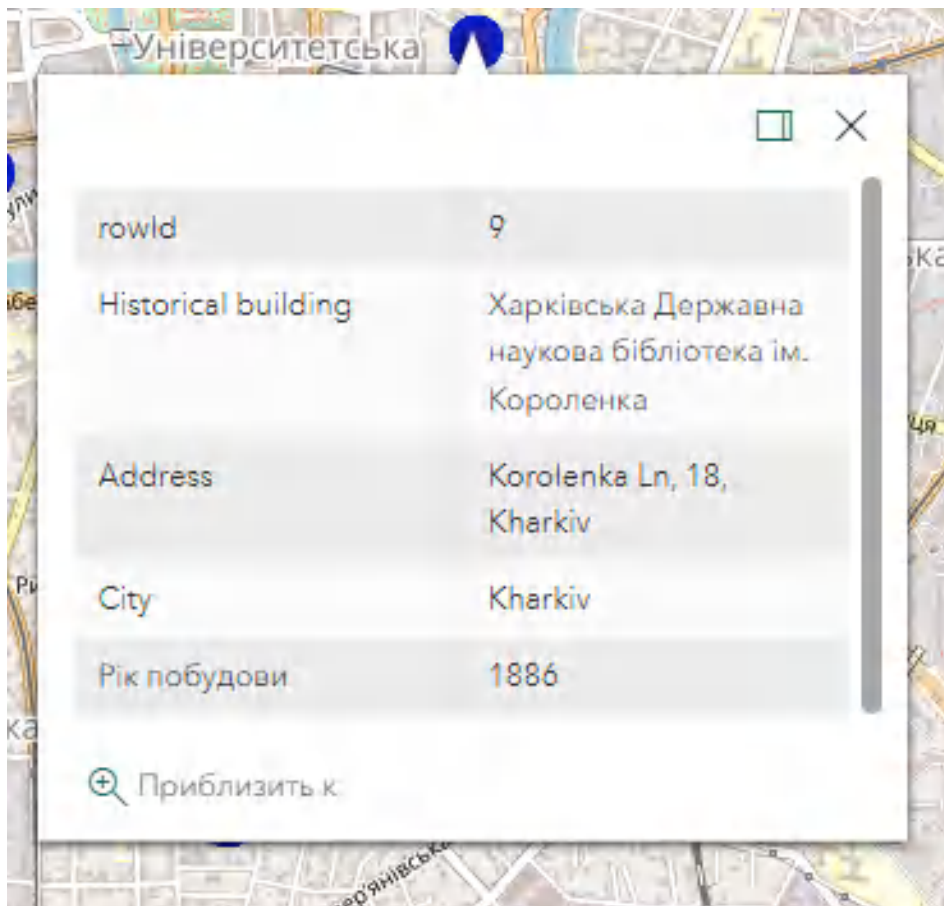


Рисунок 3.4 – Атрибутивні дані про об'єкт

Таким чином у майбутніх допрацюваннях карти можна додати дані про ступінь руйнувань, можливість відновлення, присутність реставраційних робіт та будь-яку іншу кількісну або якісну інформацію про об'єкти.

Результат роботи було збережено у вигляді електронної таблиці формату *xlsx.

Результат побудови картографічної моделі зображено на рисунку 3.5.

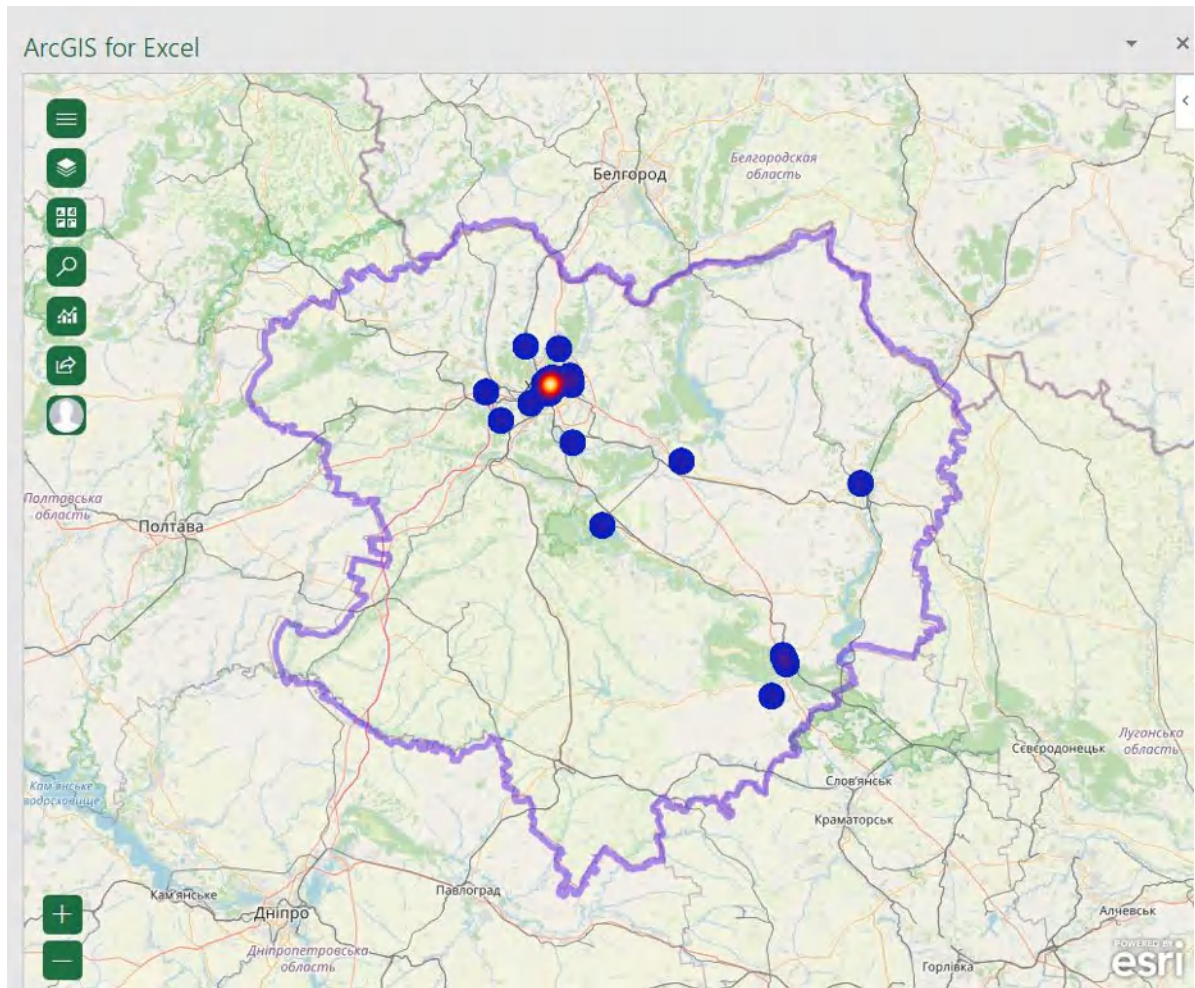


Рисунок 3.5 – Інтерактивна онлайн карта пошкоджень інфраструктури Харківської області

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС РЕСТАВРАЦІЇ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ

У даному підрозділі було проаналізовано основні етапи розробки проекту реставрації історичної будівлі та виявлено як можна використовувати дані ДЗЗ та геоінформаційні технології для полегшення та пришвидшення роботи з архітектурними пам'ятками .

Загалом процес роботи з розробки реставраційного проекту можна поділити на три основні етапи:

- 1) історико-архівні та бібліографічні дослідження;
- 2) натурні дослідження та вишукування;
- 3) прийняття проектних рішень щодо будівлі.

Першим етапом роботи з історичною будівлею є попередні роботи, що включають історико-архівні та бібліографічні дослідження (рис.4.17), результатом яких є:

- 1) короткі історичні відомості;
- 2) схематичний обмір;
- 3) визначення фізичного об'єму пам'ятки;
- 4) схема фотофіксації;
- 5) фотографії загального вигляду та елементів пам'ятки з анотаціями;
- 6) акт огляду технічного стану пам'ятки;
- 7) акт визначення рівня складності робіт з розроблення документації;
- 8) акт визначення втрат пам'ятки ;
- 9) програма виконання науково-дослідних робіт;
- 10) схеми місць улаштування зондажів, шурфів, встановлення будівельних риштувань, розкриття конструкцій, відбору зразків матеріалів.
- 11) програма виконання протиаварійних або невідкладних консерваційних робіт (за потреби);
- 12) кошторисний розрахунок на виконання науково-дослідних, науково вишукувальний та науково-проектних робіт (за потреби);
- 13) розрахунок орієнтовної вартості ремонтно-реставраційних робіт (за потреби);
- 14) пропозиції щодо необхідності визначення стану забруднення атмосферного повітря, ґрунту, водних об'єктів, акустичного, радіаційного електромагнітного, радіаційного забруднення тощо на ділянці пам'ятки (за потреби);

15) реставраційне завдання [11].

Види історико-археологічних досліджень та їх результати зображено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 - Види історико-археологічних досліджень та документів, що необхідно розробити на їх основі

Історико-архівні та бібліографічні дослідження включають: збір та вивчення опублікованих джерел, виявлення архівних матеріалів та їх систематизацію, що стосуються пам'ятки та прилеглих до неї об'єктів. Результати історико-архівних та бібліографічних досліджень оформлюють у вигляді історичної (історико-архітектурної) довідки [11].

Натурні дослідження та вишукування проводяться з метою аналізу об'єкту, визначення зруйнованих частин, нашарувань. Загалом даний етап - це повне детальне обстеження історичної пам'ятки та визначення усіх її фізичних властивостей.

Натурні дослідження можуть включати наступні елементи:

- 1) обміри будівлі;
- 2) дослідження елементів архітектури;
- 3) архітектурно-археологічні дослідження;
- 4) інженерні дослідження;
- 5) конструкторські дослідження;
- 6) науково-технологічні дослідження;
- 7) дослідження прилеглої до будівлі архітектури;
- 8) звіт на основі фотографій об'єкту.

В залежності від того, які етапи включають натурні дослідження, надаються відповідні звіти [4].

Обов'язковим результатом натурних досліджень є плани, фасади, перерізи - дані креслення є основою документації яка розробляється для збереження пам'ятки та невід'ємною складовою результатів натурних досліджень.

На основі попередніх робіт - історико-археологічних та натурних досліджень - розробляються та приймаються проектні рішення щодо процесу реставрації історичної будівлі.

На даному етапі враховуються усі історичні особливості будівлі, а також елементи, що складають об'єкт охорони архітектурної пам'ятки. Даний етап дуже важливий, адже саме на основі історико-археологічних та бібліографічних даних можна розробити план реставрації так, щоб зберегти автентичність споруди.

Види натурних досліджень та документи, що є їх результатом, зображено на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 - Перелік видів натурних досліджень та документів, які необхідно розробити на їх основі

Після проведення попередніх робіт та створення усіх необхідних креслень, звітів та схем, на основі отриманих даних розробляється проект реставрації, що включає наступні елементи:

- 1) пояснювальна записка;
- 2) креслення;
- 3) технологія виконання робіт;
- 4) основні положення організації реставрації;
- 5) відомості про обсяги робіт;
- 6) кошторисна документація.

Загальний процес розробки проекту реставрації історичних будівель представлено на рисунку 4.3.

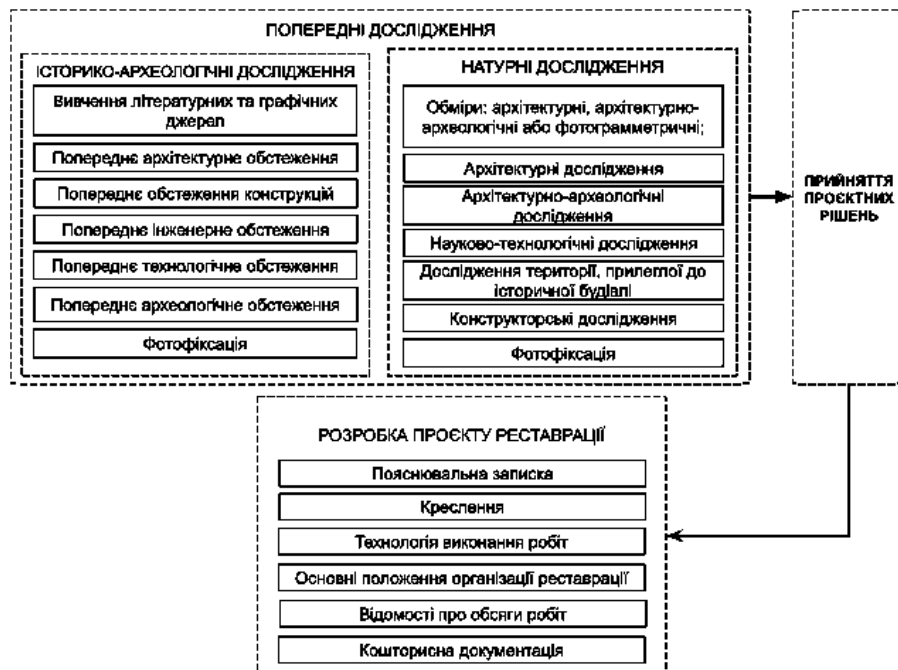


Рисунок 4.3 - Структурна схема процесу розробки проекту реставрації історичних будівель

Однією з причин занедбаності багатьох архітектурних пам'яток України є важкість розробки документів на реставрацію, а також ціна на дані послуги. Дані ДЗЗ та геоінформаційні технології можуть вивести процес розробки документації на новий рівень.

На даному етапі дипломної роботи було проаналізовано, у який спосіб можна використовувати отримані польовим та камеральним етапами дані для полегшення та пришвидшення розробки необхідної документації щодо реставрації історичних будівель.

Аналіз можливостей використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій при реставраційних роботах на історичних будівлях надано у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Можливості використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій при реставраційних роботах на історичній будівлі

Етап розробки плану реставрації	Вид даних ДЗЗ або геоінформаційних даних	Спосіб використання
Історико-	Знімки з	Аналіз фізико-географічних характеристик

археологічні дослідження	супутника, літака чи БПЛА	історичної будівлі; Виявлення видозмінення ділянки під будівлею або самої будівлі з часом, за допомогою порівнянь знімків за різні періоди
Попередні обстеження конструкції	Знімки з БПЛА, хмара точок лазерного сканера або модель у форматі *.obj	Обстеження загального стану об'єкту та його окремих елементів, виявлення руйнувань, інвентаризація архітектурних елементів на основі обстеження знімків або тривимірної моделі будівлі
Попередні технологічні обстеження	Знімки з БПЛА, хмара точок лазерного сканера або модель у форматі *.obj	Виявлення існуючих дефектів та можливих пошкоджень конструкцій, що можуть призвести до аварійних ситуацій шляхом обстеження тривимірної моделі об'єкта та її обмірів
Попередні інженерні обстеження	Знімки з БПЛА, хмара точок лазерного сканера або модель у форматі *.obj	Аналіз кількості інженерних мереж, їх розташування та якості на основі тривимірної моделі будівлі, знімків з БПЛА, створення розрізів та креслень інженерних мереж на основі хмари точок лазерного сканера у програмі AutoCAD або Revit
Фотофіксація	Знімки з БПЛА, хмара точок лазерного сканера або модель у форматі *.obj	Знімки з БПЛА можна використовувати для складання фотографічних звітів, також можна використовувати модель поєднання знімків та хмари точок лазерного сканера для створення знімків будівлі. Хмару точок використовується для креслення планів, на основі яких складаються фотофіксаційні схеми
Схематичний обмір, визначення фізичного об'єму	Хмара точок лазерного сканера або модель у форматі *.obj	Обміри будь-яких елементів садиби на основі хмари точок з похибкою у 2 мм. Використання хмари точок для створення креслень.

Обміри фотограмметричні	Хмара точок лазерного сканера або модель у форматі *.obj	Вимірювання усіх необхідних елементів садиби за допомогою хмари точок або моделі поєднання хмари точок зі знімками з точністю у 2 мм у програмі Leica Cyclone, AutoCAD, Revit, 3D Max, Blender
Дослідження території, прилеглої до будівлі	Знімки з БПЛА, хмара точок лазерного сканера або модель у форматі *.obj	Аналіз прилеглих до ділянки об'єктів за допомогою дешифрування їх на знімках або на хмарі точок
Усі види обмірів	Тривимірна модель у форматі *.rfa (Autodesk Revit)	Створення креслень планів, перерізів, фасадів або окремих елементів на основі тривимірної моделі будівлі у програмі Revit.
Застосування та візуалізація прийнятих рішень щодо реставрації	Тривимірна модель у форматі *.rfa (Autodesk Revit)	Створення тривимірних моделей елементів із застосуванням вказівок про їх реставрацію. Застосування змін та візуалізація її на загальному вигляді садиби.

Таким чином, дані ДЗЗ та геоінформаційні технології можна застосовувати на кожному з етапів розробки реставраційних планів історичних будівель.

Хмара точок лазерного сканера або модель поєднання її зі знімками є точним детальним відображенням об'єкта в натурі (на місцевості) та може слугувати для проведення архітектурних, технологічних, інженерних, фотограмметричних, фізико-географічних.

Дані обстеження можуть відбуватися як на перших етапах роботи так і на етапі натурних досліджень, що потребують більшої точності та деталізації.

Реалістичність моделі формату *.obj дозволяє проводити обстеження матеріалів, текстур та кольорів не виїжджаючи на місцевість, що зберігає ресурси проєктів та дозволяє перенаправити їх на покращення якості та швидкості реставрації архітектурних пам'яток України.

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ІСТОРИЧНОХ БУДІВЛІ НА ПРИКЛАДІ «БУДИНКУ СУРУКЧІ» У ХАРКОВІ

5.1 Загальні відомості про об'єкт

Для розробки плану реставрації було взято історичну будівлю у центрі Харкова - “Будинок Сурукчі”.

Дана будівля знаходиться на вулиці Садовій, 7 (рис.5.1) та є прикладом занедбаності історичних пам'яток Харківської області.

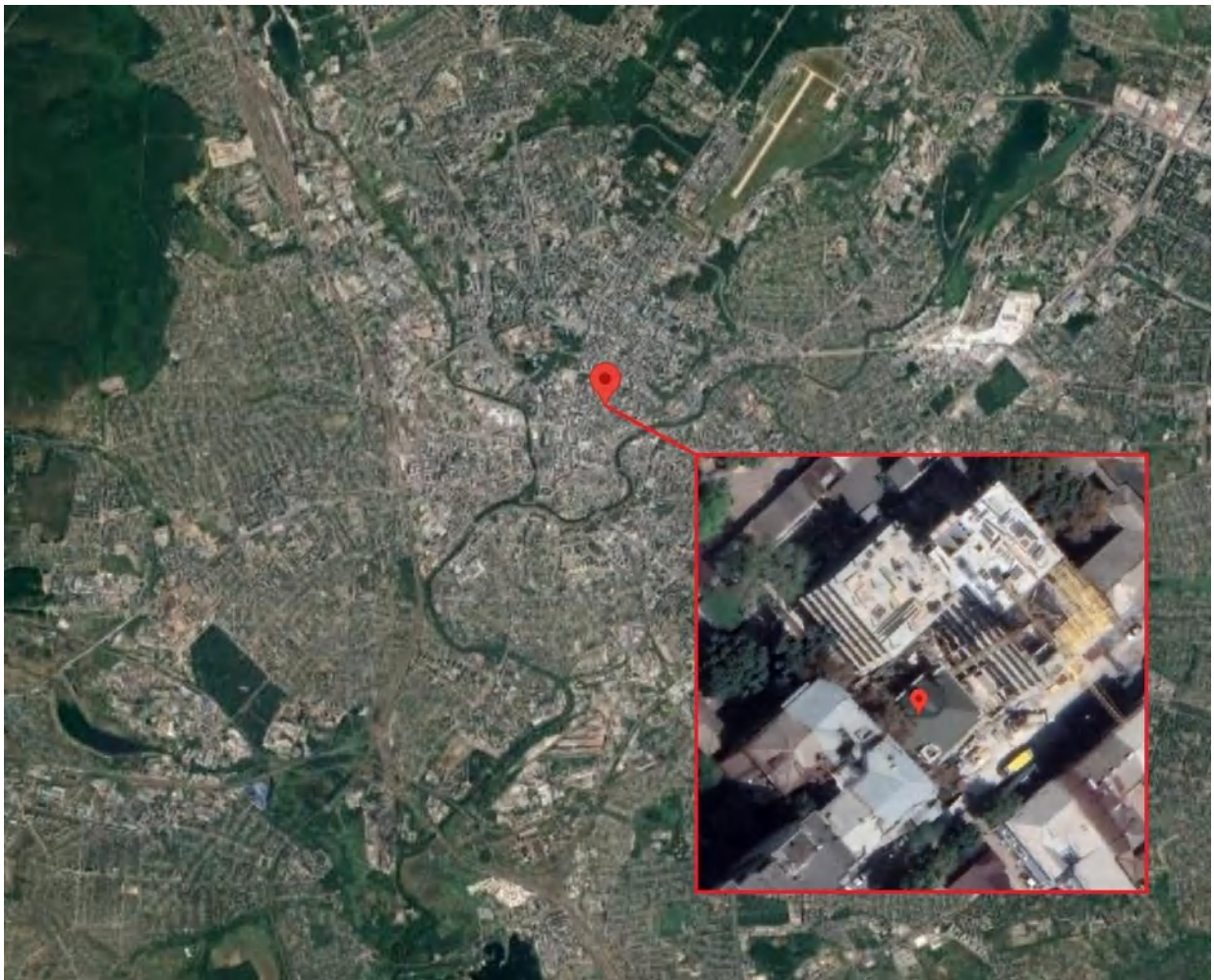


Рисунок 5.1 - “Будинок Сурукчі” на космічному знімку міста Харків

Будинок належав українському лікарю-офтальмологу Степану Сурукчі, на початку двадцятого століття там відбувалися зустрічі Харківської інтелігенції.

У 1903 - 1916 роках у цих зустрічах приймав участь оперний співак із світовим ім'ям Федір Іванович Шаляпін (рис.5.2).



Рисунок 5.2 - Зустріч Харківської інтелігенції у “Будинку Сурукчі” 1910 рік

За радянський часів на території будинку був дитячий садок. потім районна бухгалтерія, наразі будівля пустує вже близько десяти років. Архітектурні елементи руйнуються від часу, вологи та відсутності реставраційних заходів. На даний момент будівля знаходиться у занедбаному стані (рис.5.3).

На актуальних фотографіях можна спостерігати тріщини у стінах, відбиті частини сходів, колон, підвіконь, занедбані огорожі, боковий фасад будівлі гние через відсутність сонячного проміння (через прилеглу багатоповерхівку).



Рисунок 5.3 - Актуальний вигляд будівлі

У 2019 році розпочалася реставрація даної будівлі під керівництвом будівельної компанії “Житлобуд-2”. Попередній вигляд відреставрованої будівлі компанія надала у вигляді цифрової візуалізації (рис.5.4).



Рисунок 5.4 – Візуалізація, розроблена компанією “Житлобуд-2”

“Будинок Сурукчі” входить до архітектурних пам’яток місцевого значення міста Харків, тому розпочаті реставраційні роботи одразу привернули увагу громадськості.

Було помічено, що на розробленій моделі відсутня огорожа (рис.5.5). Садиба - це комплекс архітектурних елементів, кожен з яких має значення та створює предмет охорони об’єкту, тому навіть невеликі елементи, що мають виключно декоративний характер, є важливими об’єктами в архітектурному та історичному планах. За допомогою деталей створюється автентичний вигляд історичного об’єкту.



Рисунок 5.5 - Огорожа на території будівлі

У 2020 році було оприлюднено новий проект, за яким “Будинок Сурукчі” мав увійти до складу елітного житлового комплексу, будівництво якого було розпочато поруч з пам’яткою.

Дане рішення викликало додаткові запитання: функціональне призначення будівлі після реставрації не було визначено.

Будівництво та реставраційні роботи мали бути завершені у третьому кварталі 2022 року, але план не було виконано через початок воєнних дій.

Загальні відомості про об’єкт систематизовано у вигляді таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Загальні відомості про садибу “Будинок Сурукчі”

Назва	Будинок Сурукчі
Адреса	Вулиця Садова, 7, Харків, Харківська область, Україна, 61000
Тип будівлі	Громадська будівля і пам’ятка архітектури
Архітектурний стиль	Неоренесанс або модерн
Статус	Пам'ятка архітектури місцевого значення
Стан	У процесі реставрації

5.2 Польовий етап

Для побудови тривимірної моделі першим кроком було виконано збір даних про об’єкт.

На території даного об’єкту було проведено два види знімань - зйомка з БПЛА та лазерного сканера.

Першим етапом було проведено лазерне знімання садиби за допомогою сучасного портативного лазерного 3D сканеру RTC360. Було виконано знімання з 16 станцій та отримано 16 окремих сканів відповідно.

На основі отриманих зі сканера даних вже можна було б побудувати точну модель будівлі та створити план реставрації, але для того, щоб отримати більш повні дані було виконано знімання з безпілотного літального апарату DJI Phantom Advanced. Було проведено панорамне знімання та отримано 350 фотографій.

Безпілотний літальний апарат було використано у першу чергу для створення більш точної моделі даху конструкцій, адже лазерним сканером було неможливо зняти усі елементи даху через їх положення. За допомогою знімання з висоти було отримано додаткові дані про архітектурні елементи даху.

Також додаткові фотографії з БПЛА було отримано з ціллю покращення колоризації та текстуризації майбутньої моделі.

5.3 Камеральний етап

5.3.1 Реєстрація станцій з лазерного сканера у програмі Leica Cyclone Register

Зшивання або реєстрація - це процес поєднання окремих сканів, отриманих на кожній точці стояння, у цілісну хмару точок.

Для реєстрацій хмари точок з лазерного сканера було використано програмне забезпечення Leica Cyclone, а саме модуль для зшивання - Leica Cyclone Register.

Візуальна реєстрація - це поєднання станцій за допомогою візуального аналізу сканів людиною.

Принцип дії візуальної реєстрації - два окремих скани суміщаються між собою по спільному елементу. Даним елементом може виступати предмет, положення якого не змінюється від зовнішніх факторів. Приклад вдалих об'єктів для поєднання це стіна або кут будівлі, дорога, бордюр.

Після візуального поєднання станцій виконується автоматичний розрахунок похибки реєстрації.

За допомогою інструментів переміщення та повороту скани орієнтуються один відносно одного як у плані - площині координат x y , так і по висоті.

Наступним кроком було виконано прив'язку хмари точок до звичної для Харківської області системи координат - СК-63.

Методику прив'язки хмари точок до марок зображено на рисунку 5.6.



Рисунок 5.6 - Методика прив'язки хмари точок до системи координат

У результаті було отримано цілісну хмару точок у системі координат СК-63 (рис.5.7).

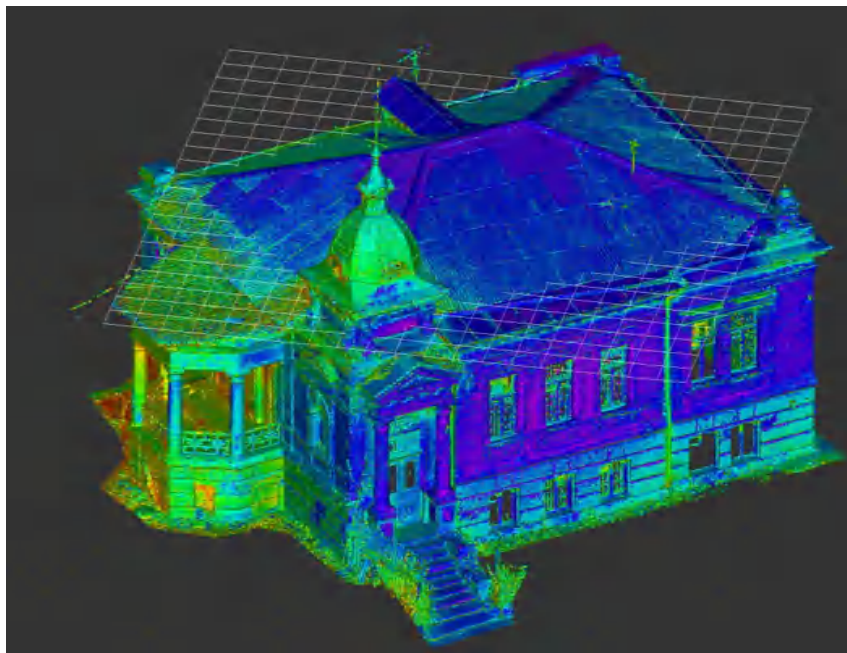


Рисунок 5.7 - Об'єднана хмара точок

5.3.2 Створення реалістичної моделі у програмі Reality Capture

Наступним кроком було створено тривимірну модель високої якості за допомогою поєднання сканів з лазерного сканера та знімків з БПЛА у програмі Reality Capture.

Reality Capture - це програмний продукт що дозволяє на базі фотограмметрії створювати високо реалістичні моделі на основі самостійних наборів зображень або поєднанню зображень (знімків) та сканів з лазерного сканера.

Для того, щоб створити модель, першим кроком було завантажено дані з лазерного сканера як 16 окремих станцій (рис.5.8).

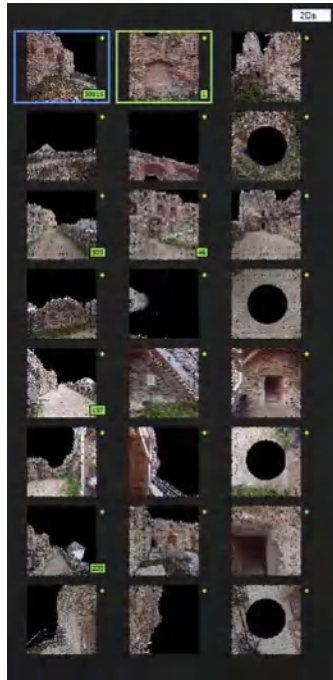


Рисунок 5.8 - Завантажені до програми станції з лазерного сканера

Наступним кроком було виконано суміщення сканів у єдину модель за допомогою інструменту “Create Model”. Після завершення обробки було отримано модель будівлі (рис.5.9), точність якої 2 мм.

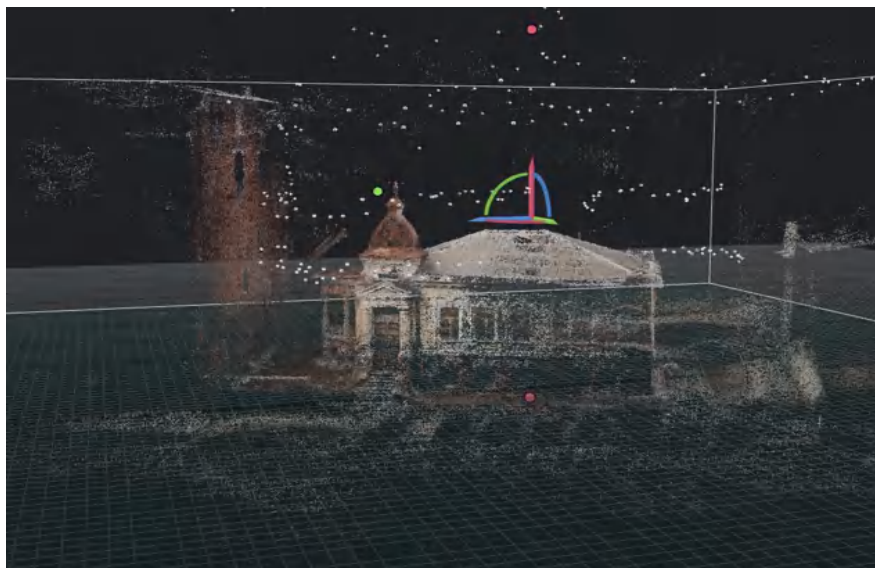


Рисунок 5.9 - Модель на основі даних лазерного сканування

Далі до проєкту було завантажено знімки з БПЛА та виконано їх вирівнювання відносно створеної моделі на основі даних лазерного сканування. Для цього було використано інструмент “Align Images”. Таким чином дані лазерного сканера було зорієнтовано відносно знімків і навпаки.

Наступним кроком за допомогою переміщення граней куба, що обмежує видимість точок, було виділено будівлю та обрізано зайві шумові точки, що не несуть у собі корисної інформації, та запущено процес створення моделі за допомогою інструменту “Create Model”.

Результат обробки зображено на рисунку 5.10.

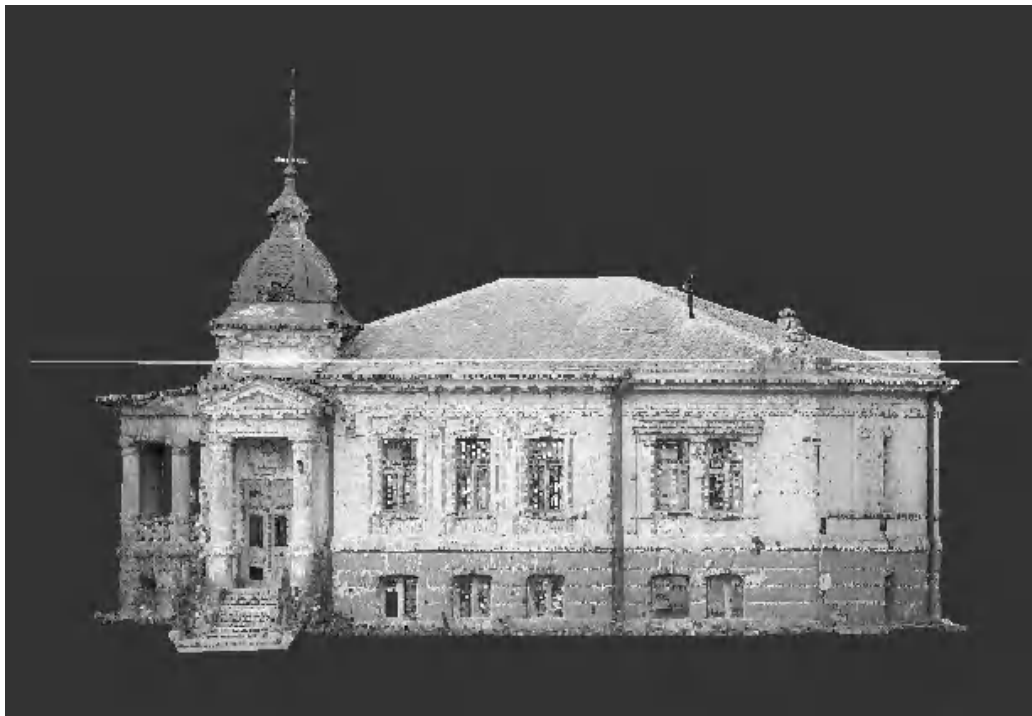


Рисунок 5.10 - Модель на основі поєднання знімків та даних лазерного сканера

Останнім кроком було виконано текстуризацію та колоризацію моделі для того, щоб надати їй максимально реалістичного вигляду. Було використано інструменти Texture та Colorize відповідно (рис.5.11).

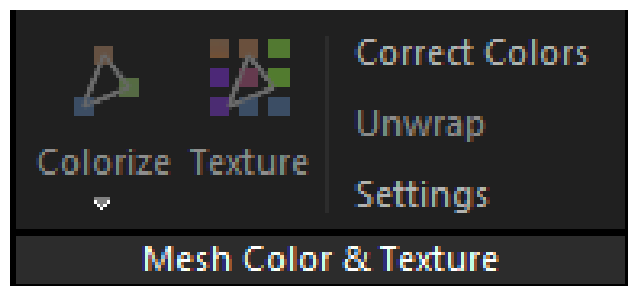


Рисунок 5.11 - Інструменти для текстуризації та колоризації моделі

Готову модель зображено на рисунку 5.12.



Рисунок 5.12 - Готова модель будівлі “Будинок Сурукчі”

Таким чином було отримано високоточну модель історичної будівлі з реальним відображення текстур та кольорів, що є важливим для аналізу садиби при розробці плану реставрації. Було отримано файл формату *obj.

Методику побудови високоточної моделі будівлі на основі даних лазерного сканера та знімків з безпілотної літака у програмі Reality Capture зображено на рисунку 5.13.

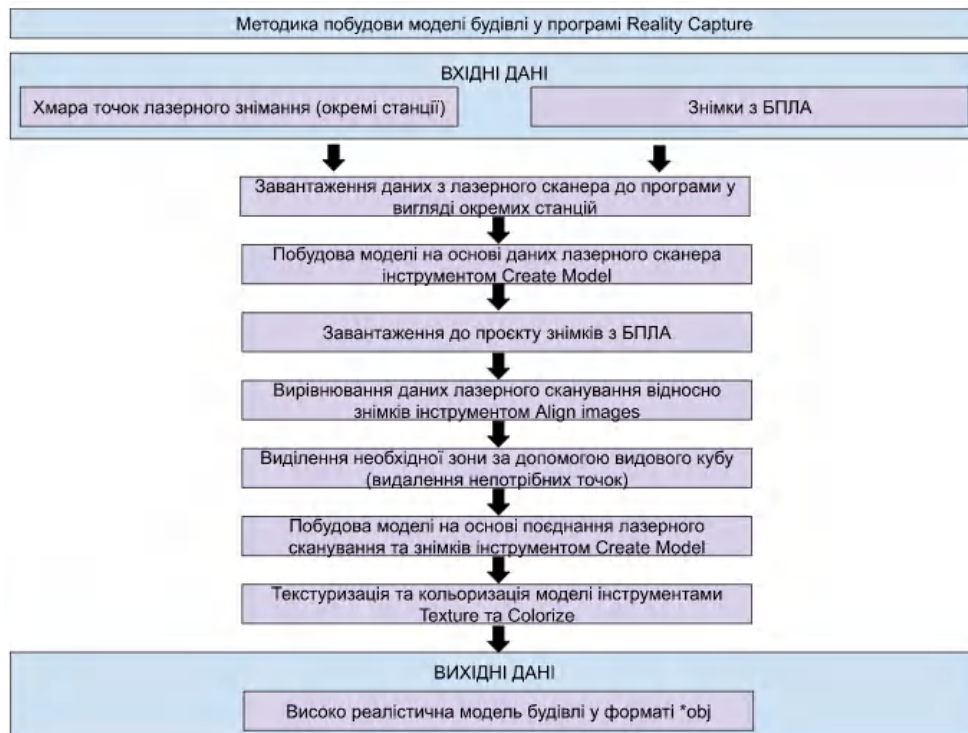


Рисунок 5.13 - Методика побудови високоточної моделі будівлі на основі даних лазерного сканера та знімків з безпілотної літака у програмі Reality Capture

5.4 Обґрунтування вибору програмного забезпечення для моделювання

Велика кількість етапів розробки плану реставрації та його втілення потребують створення планів, розрізів, креслень фасадів або окремих елементів будівлі.

Після переходу до цифрових креслень, найбільш популярним програмним продуктом для їх створення був AutoCAD.

На сьогодні геоінформаційні технології дозволяють завантажувати хмару точок лазерного сканера до програми AutoCAD та створювати високоточні креслення будь-яких необхідних елементів.

Але у випадку історичних будівель, на початку розробки необхідної документації замовник не завжди знає, які саме креслення можуть знадобитися. Окрім джерела інформації про кількісні та якісні характеристики архітектурних елементів будівлі, тривимірні моделі історичних будівель можуть виступати мультифункціональним джерелом креслень.

На сьогодні існує широкий спектр програмних продуктів, що дозволяють будувати тривимірні моделі будівель. У даній роботі було обрано програму Autodesk Revit.

Даний продукт дозволяє будувати «розумні» тривимірні моделі будівель (BIM-моделі). «Розумними» їх робить присутність топологічних зв'язків між класами об'єктів та об'єктами.

У разі редагування одного об'єкта, програмою буде автоматично змінено і другий, якщо між ними присутні відповідні зв'язки.

Дана можливість програми Autodesk Revit значно полегшує роботу при реконструкції історичних будівель: користувач має можливість видозмінювати об'єкти будь-яку кількість разів та візуально оцінювати будівлю на загальній моделі.

Окрім розумних алгоритмів редагування, в обраному для моделювання програмному забезпеченні присутні бібліотеки архітектурних елементів, матеріалів, текстур, що значною мірою економить час та збільшує продуктивність роботи, також присутні інструменти для самостійного створення складних форм.






Також Revit має можливість створення топографічних поверхонь, за допомогою чого можна моделювати рельєф.



5.5 Архітурне обстеження “Будинку Сурукчі” у місті Харків на основі хмари точок лазерного знімання





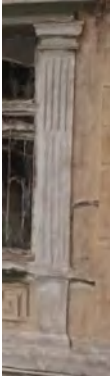
“Будинок Сурукчі” є складним архітурним об’єктом та складається з таких елементів як стіни, підлога, дах, ротонда, колони, капітелі, карнизи, балясини, огорожі, фронтон, маркіза, сходи, вікна, двері, фігурні підвіконня.





Для зручності усі елементи було систематизовано у вигляді таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Класифікація архітурних елементів “Будинку Сурукчі”

Назва	Фото
Стіни	
Дах	
Ротонда - архітурна споруда, що має круглу форму у плані	
Огорожа	
Вікно тип 1	

Вікно типа 2	
Вікно тип 3	
Маркіза - невеликий навіс над ганком, вітриною, вікном, що знаходиться на фасаді будівлі	
Декор тип 1	
Декор тип 2	
Декор тип 3	

<p>Люкарна - вид дахового вікна</p>	
<p>Купол з лантерною (невеликою вежею на вершині купола)</p>	
<p>Колонна тип 1</p>	
<p>Колонна тип 2</p>	
<p>Колонна тип 3</p>	

<p>Колонна тип 4</p>	
<p>Міжповерховий карниз - горизонтальний декоративний елемент, що являє собою виступаючий фігурний профіль на фасаді будівлі</p>	
<p>Фронтон - зазвичай трикутний виступаючий елемент на фасаді будівлі</p>	
<p>Двері</p>	
<p>Сходи тип 1</p>	
<p>Сходи тип 2</p>	

5.6 Моделювання «Будинку Сурукчі» у Revit

Процес моделювання “Будинку Сурукчі” у програмі Autodesk Revit можна розділити на такі основні етапи:

1) Завантаження хмари точок лазерного сканера до програми (рис.5.14)

Для додавання хмари точок лазерного знімання було натиснуто на вкладку Insert та пункт Point Cloud, у наступному вікні було обрано варіант розміщення By Shared Coordinates.

Даний вид розміщення хмари точок розміщує її у правильних координатах.

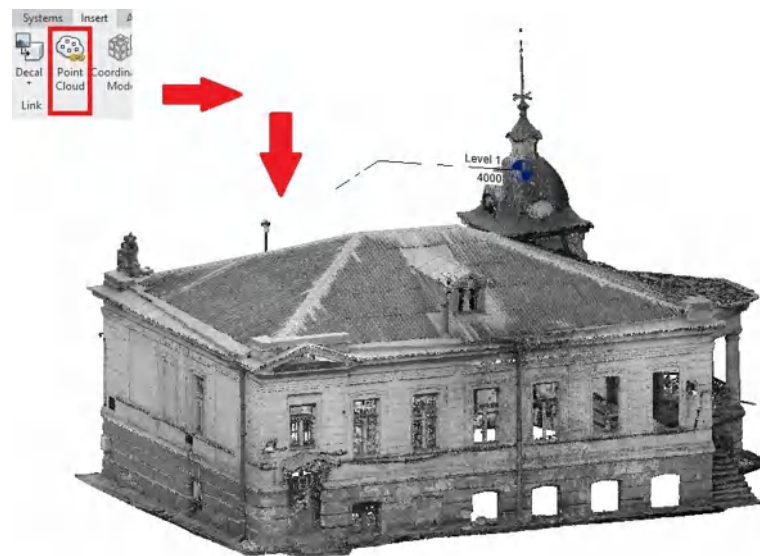


Рисунок 5.14 – Завантаження хмари точок до програми

2) Створення необхідних для роботи рівнів та осей, налаштування видів

Для створення рівнів було перейдено до вкладки Architecture та обрано інструмент Level. Після створення необхідних осей, відповідні плани було відображено у вікні Project Browser (рис.5.15).



Рисунок 5.15 - Створення рівнів та відповідних видів

3) Моделювання основних архітектурних елементів - стін, підлоги, даху

Для моделювання стін було використано інструмент Walls.

Стіни “Будинку Сурукчі” складаються з двох різних частин (рис.5.16), на висоті 2000 міліметрів стіна змінює свій вигляд, тому базове сімейство стіни було відредаговано за допомогою інструменту Split Region та застосовано необхідні матеріали для верхнього шару.



Рисунок 5.16 - Відмінність двох частин стіни

Для моделювання підлоги було використано інструмент Floor. Створення підлоги у Revit це процес рисунка її контуру на відповідному рівні (рис.5.17).

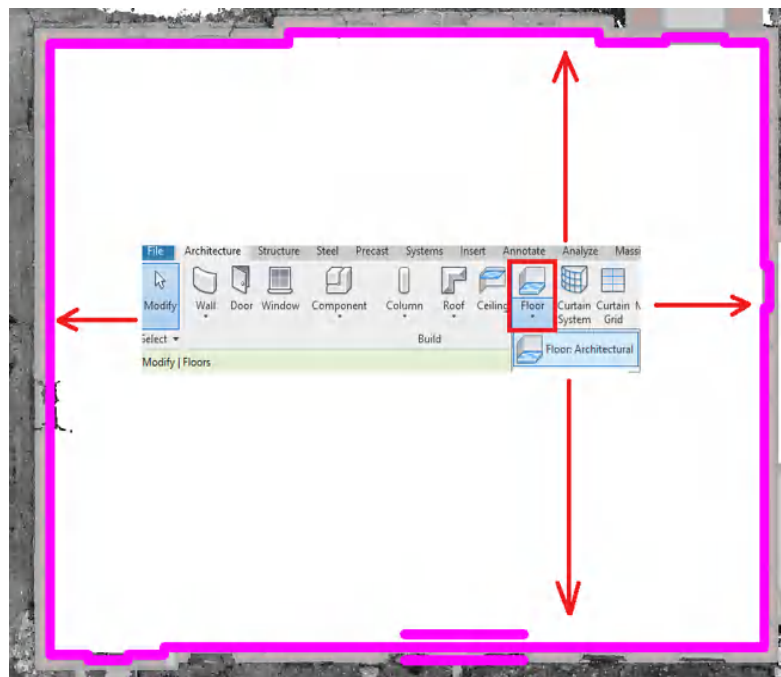


Рисунок 5.17 - Процес створення підлоги

Для створення даху було використано інструмент Roof by Footprint. На відповідному рівні було створено контур даху (рис.5.18), після чого змінено кути нахилу з обох боків, щоб модель відповідала реальному об'єкту (рис.5.19).

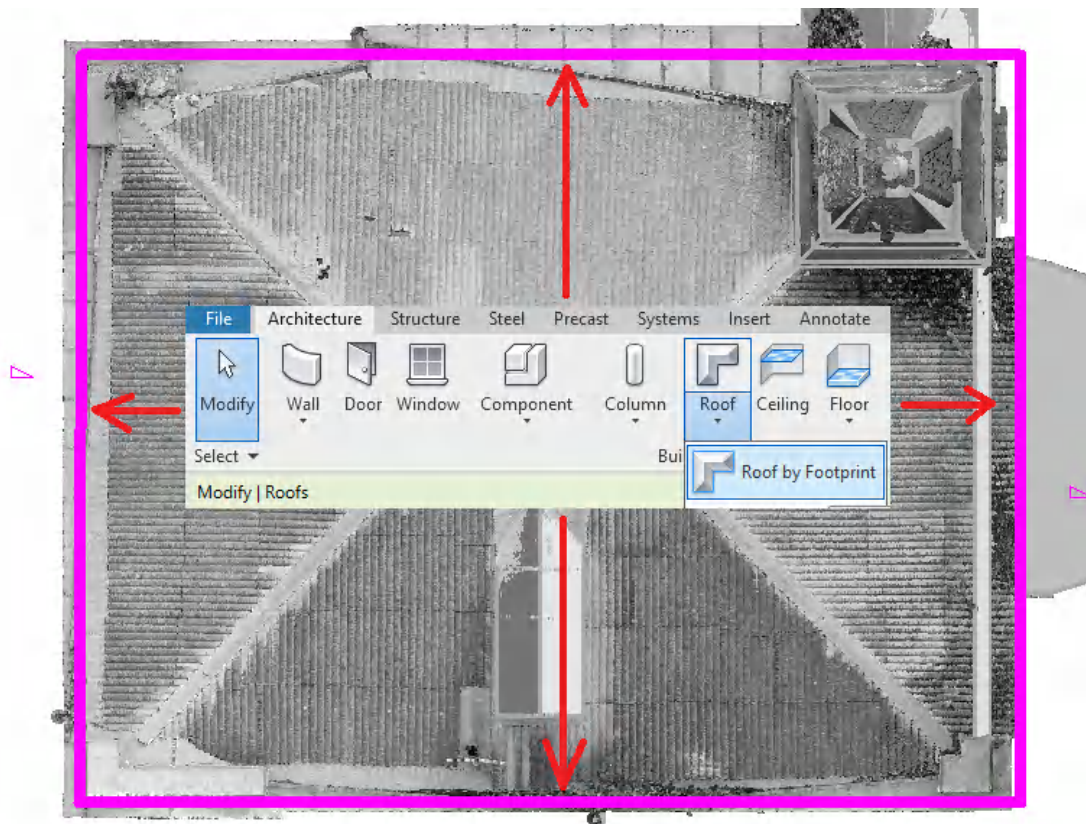


Рисунок 5.18 - Створення контуру даху

У верхній частині рисунку зображено дах до виправлення значень нахилу, а у нижній частині - після виправлення (рис.5.19).

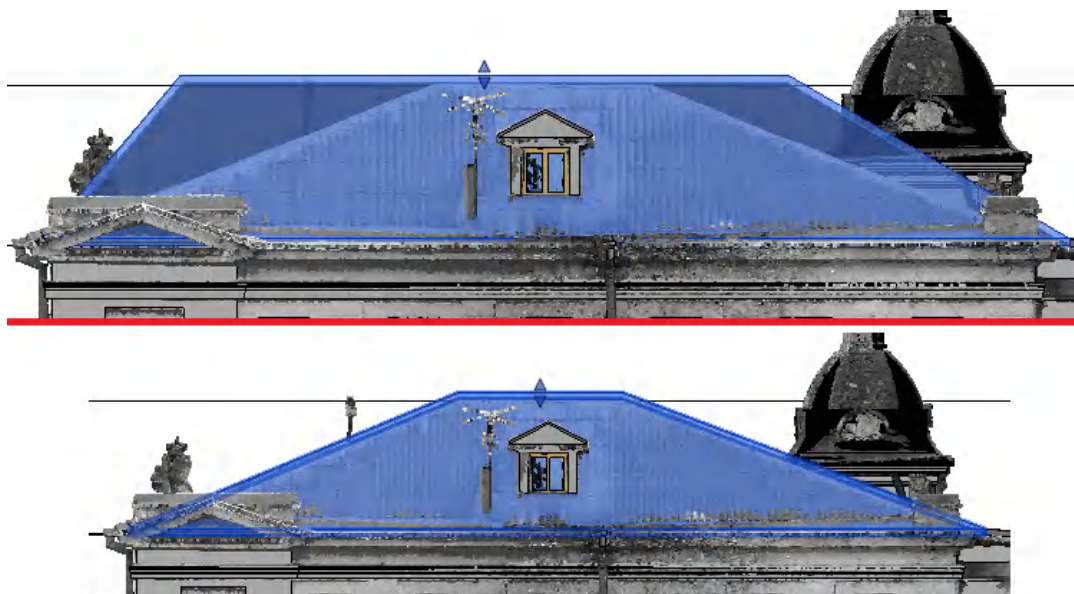


Рисунок 5.19 - Зміна кутів нахилу даху

4) Моделювання ротонди

Ротонда “Будинку Сурукчі” - це складний елемент, що має у своєму складі колони, огорожу, сходи, стіни, підлогу та дах.

Першим кроком було побудовано основу - стіни, дах та підлогу, було використано інструменти Wall, Roof та Floor відповідно за принципом, описаним у пункті 3.

Сходи було побудовано за допомогою інструменту Stair (рис.5.20).

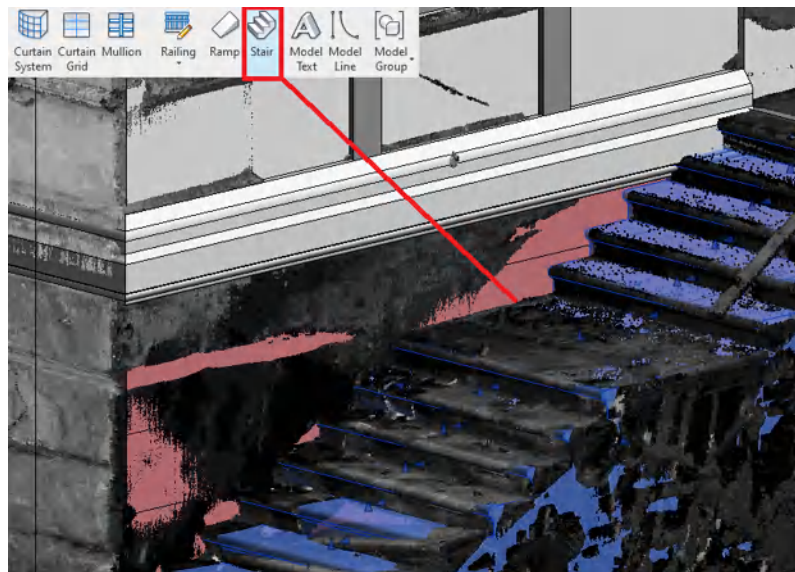


Рисунок 5.20 - Створені сходи

Огорожа, присутня у даній частині об’єкту, не є стандартною, тому її було створено як нове сімейство.

Для цього було створено новий елемент огорожі - модель у контексті (рис.5.21).

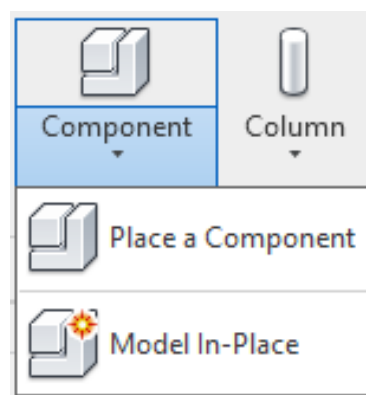


Рисунок 5.21 – Інструмент створення моделі у контексті

Модель у контексті - модель об’єкту, яка створюється безпосередньо у проєкті на основі базових інструментів моделювання тривимірних тіл у Revit.

Дані інструменти мають назви Extrusion, Blend, Revolve, Sweep, Swept Blend, Void Forms. Опис кожного з інструментів надано на рисунку 5.22.

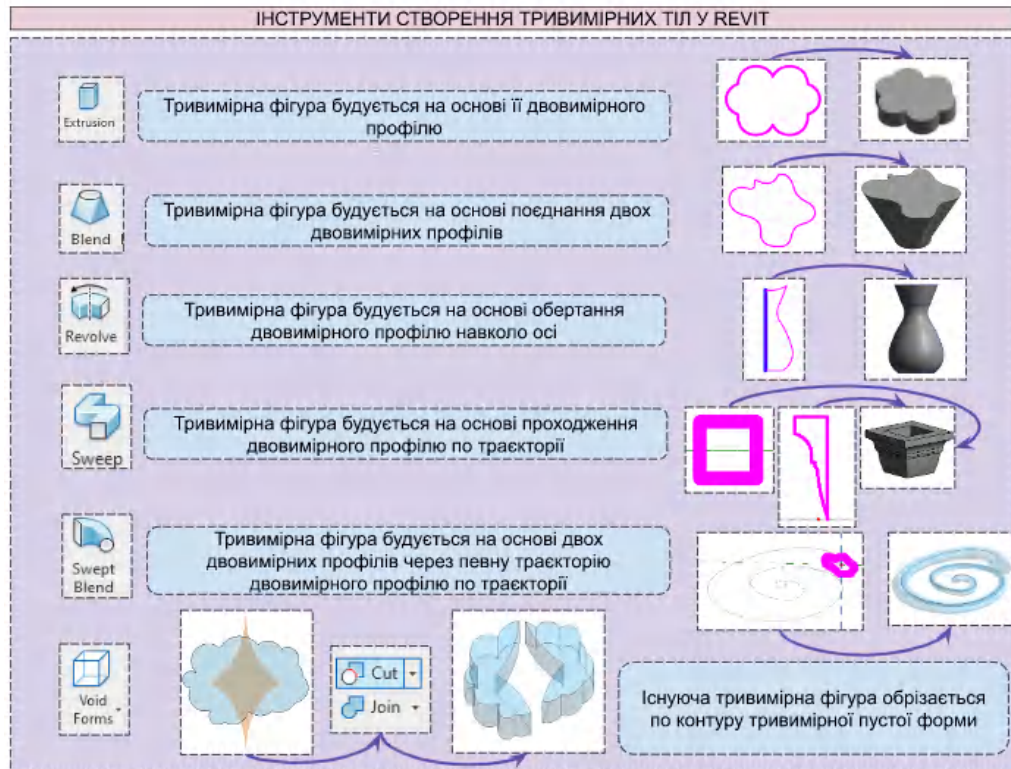


Рисунок 5.22 - Основні інструменти створення тривимірних тіл

Для створення огорожі було використано інструмент Sweep та Extrusion (рис.5.23).

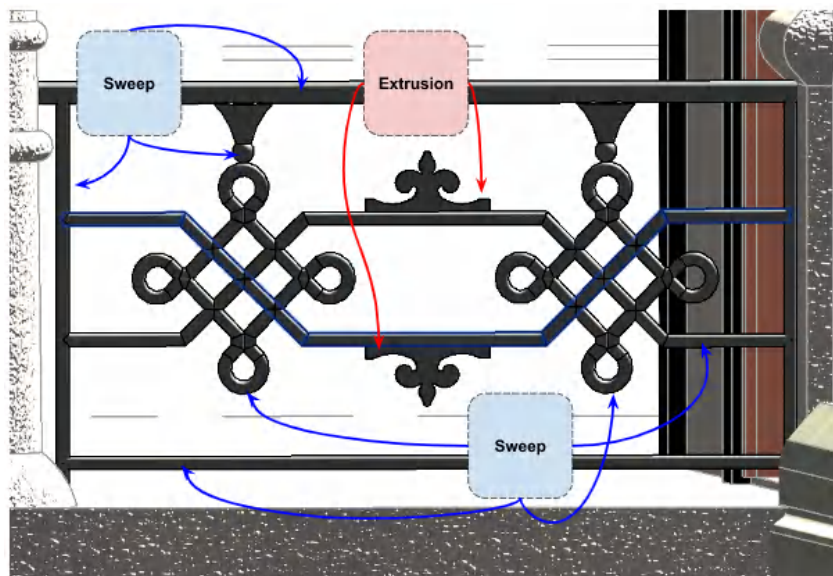


Рисунок 5.23 - Схема створення моделі в контексті на основі шаблону огорожі

Після створення моделі її було збережено у форматі сімейства та скопійовано в усіх необхідних місцях. Таким чином було створено модель огорожі ротонди.

5) Моделювання куполу з лантерною

Моделювання даного об'єкту було виконано через створення моделі в контексті. Для створення куполу та його основи (бетонного низу) було використано інструмент Sweep. Лантерну було побудовано інструментами Sweep та Extrusion. Загальну схему інструментів для побудови куполу зображено на рисунку 5.24.

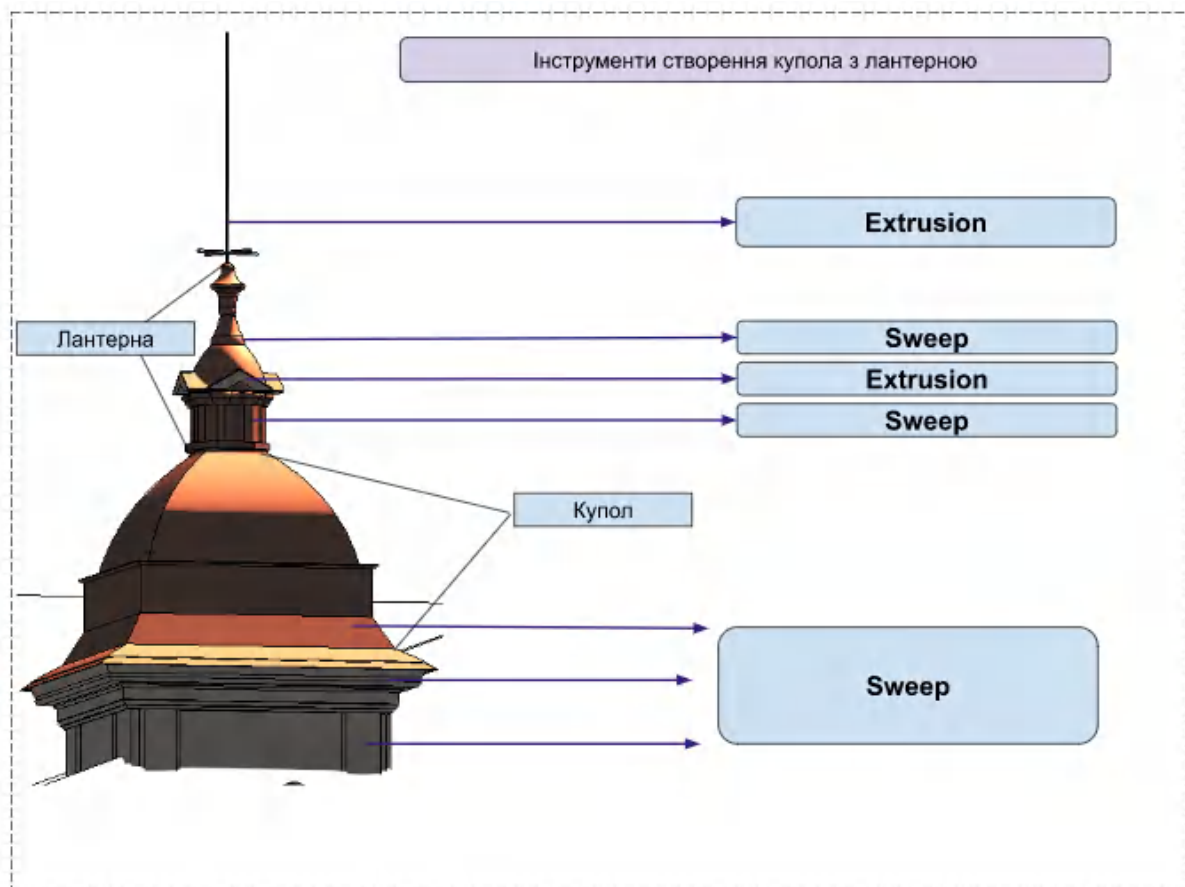


Рисунок 5.24 - Схема побудови куполу з лантерною

б) Моделювання вікон та дверей

У якості дверей було побудовано стандартні екземпляри, що містяться у бібліотеці програми. Для цього було перейдено до вкладки Insert та обрано кнопку Load Families, після чого завантажено необхідне сімейство дверей до проекту.

Процес створення дверей показано на рисунку 5.25.

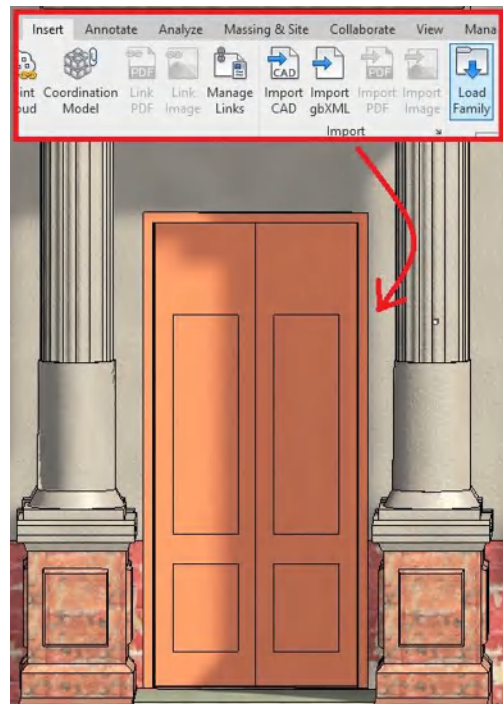


Рисунок 5.25 – Завантаження сімейства дверей

7) Моделювання карнизів

Карнизи на фасадах будівель – складні елементи, які є результатом створення тривимірного тіла на основі двовимірного профілю (рис.5.26).

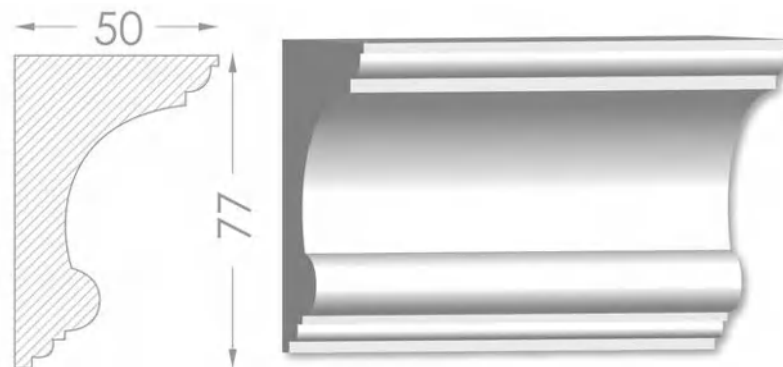


Рисунок 5.26 – Приклад карнизу створеного на основі двовимірного профілю

Профілі карнизів не є стандартними, вони різняться своєю формою та розмірами. «Будинок Сурукчі» нараховує 8 різних видів карнизів, профілі для кожного з них було створено самостійно. Для цього було обрано File, New, Family, Metric Profile, після чого завантажено зображення профілю та виконано векторизацію його меж.

Алгоритм роботи та результат зображено на рисунку 5.27.

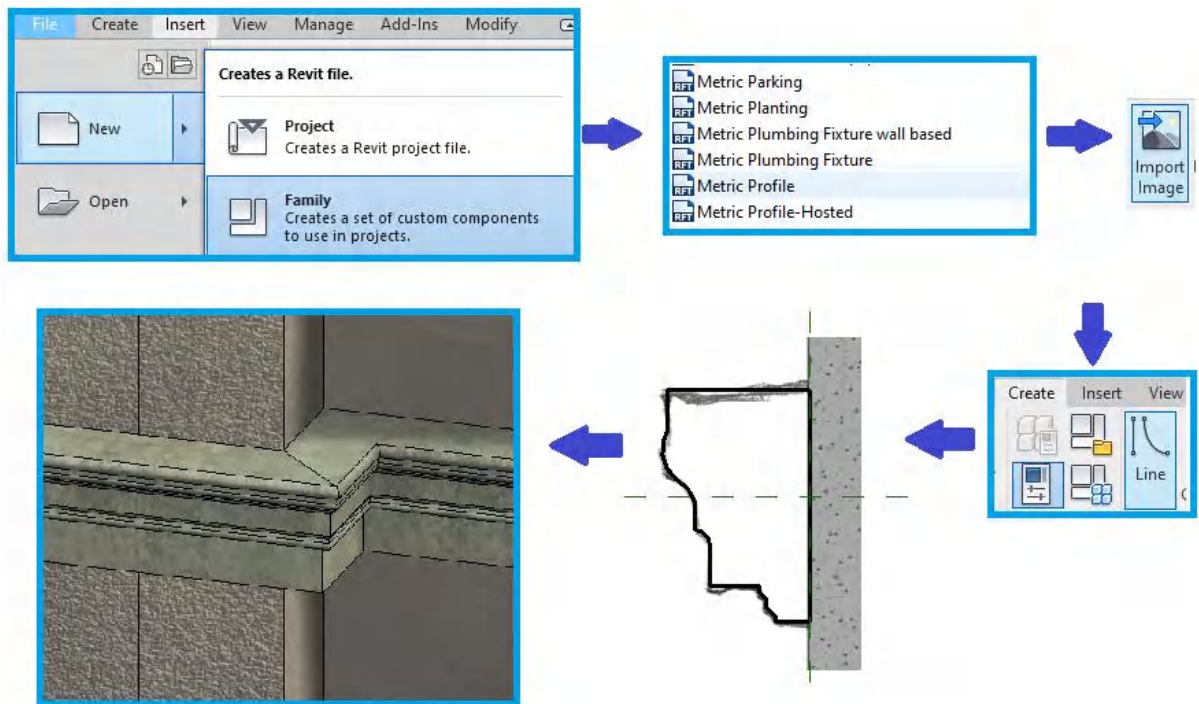


Рисунок 5.27 – Алгоритм створення карнизу на основі профілю

8) Моделювання сходів

На об'єкті присутні три елементи типу сходи. Два з них було створено на основі існуючого сімейства, третій – за допомогою моделі у контексті. Результат показано на рисунку 5.28.

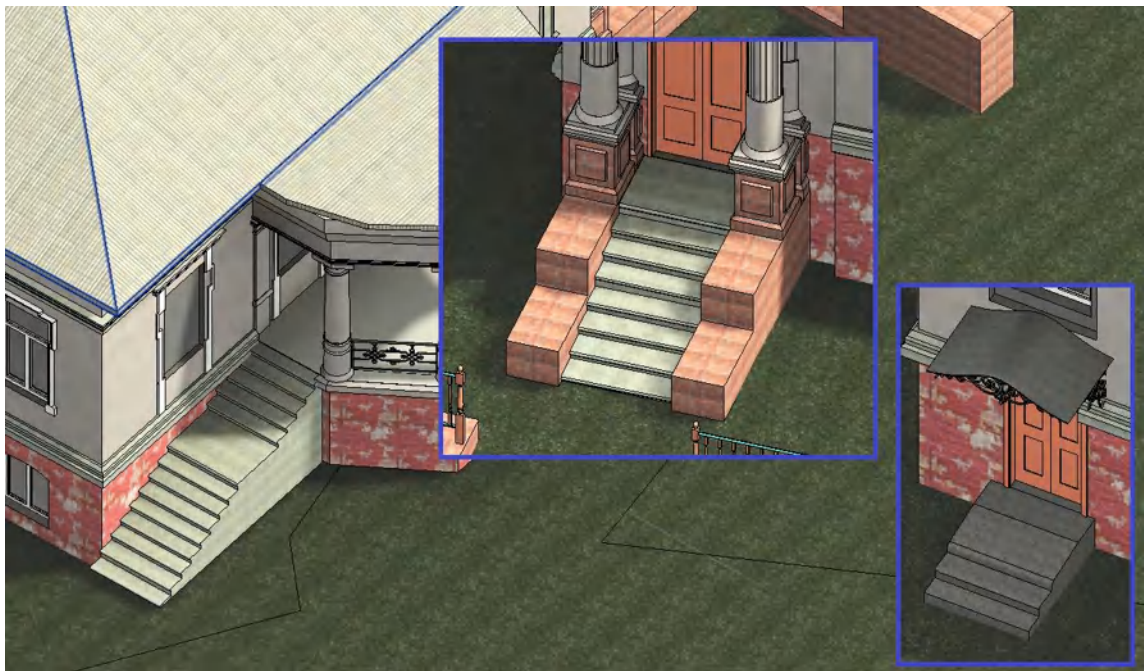


Рисунок 5.28 – Створені екземпляри сходів

9) Моделювання колон

Колона – складний архітектурний елемент, що складається з основи, валу (основна частина колони) та капітелі. У проекті присутні 4 типи колон, кожен з яких було створено самостійно у вигляді моделі в контексті. На прикладі однієї колони показано інструменти, які було використано (рис.5.29).

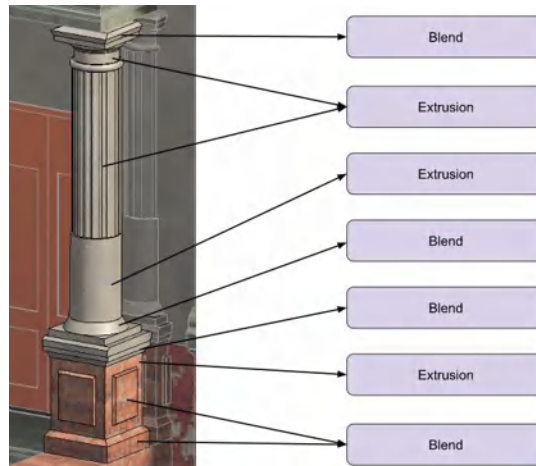


Рисунок 5.29 – Інструменти для створення колони

10) Налаштування матеріалів та відображення об'єктів

При створенні кожного об'єкту було виконано налаштування його матеріалу та візуалізації. Для цього було натиснуто на необхідний об'єкт та у вікні Properties обрано Edit, у наступному вікні обрано Material та у списку запропонованих матеріалів обрано необхідний (рис.5.30). Прийняття рішень про використання того чи іншого матеріалу виконувалися на основі аналізу хмари точок лазерного сканера та знімків з БПЛА.

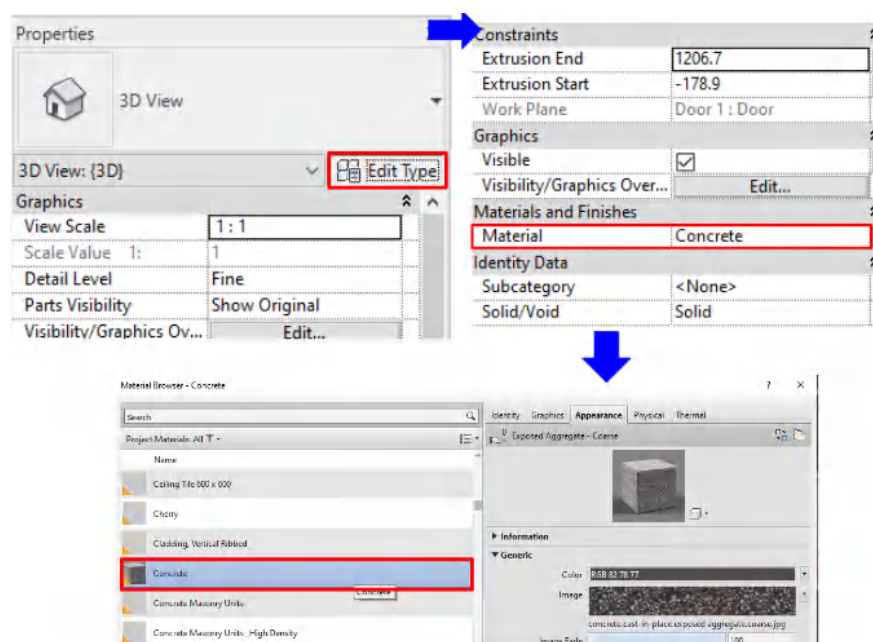


Рисунок 5.30 – Алгоритм присвоєння об'єкту необхідного матеріалу

Також налаштування деяких матеріалів було виконано самостійно через їх нестандартність. Таким чином було створено матеріали для нижньої частини стін, огорожі, колон, криші та віконних брам.

11) Побудова моделі рельєфу

Першим кроком було визначено значення висоти поверхні землі у різних точках. Дані про висоти було отримано з хмари точок лазерного сканера. Для побудови моделі рельєфу у Revit було обрано вкладку Massing and Site, Toposurface та Place Points, після чого було послідовно додано необхідну кількість точок для отримання точного рельєфу. Інструмент Toposurface визначає топографічну поверхню на плані місцевості.

Результат побудови зображено на рисунку 5.31.

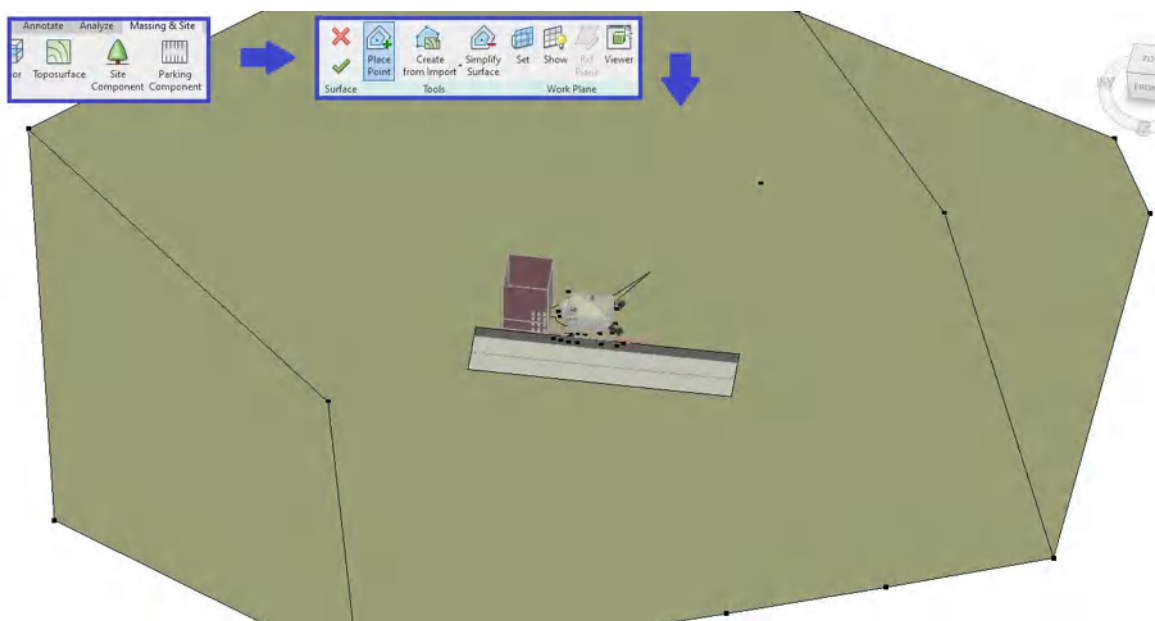


Рисунок 5.31 – Поверхня, що відображає рельєф під будівлею

12) Додавання об'єктів антуражу

Для більш реалістичної візуалізації моделі було додано об'єкти антуражу – дерева, газон та тіні.

13) Створення рендеру

Рендеринг - процес створення фотореалістичного або нефотореалістичного зображення з 2D або 3D моделі за допомогою комп'ютерної програми. Отримане зображення є рендер або візуалізація [13].

Для створення візуалізації моделі було натиснуто View та Render, після чого встановлено необхідні налаштування та натиснуто Render. Було обрано найвищий рівень деталізації для створення реалістичного відображення.

На виході було отримано зображення формату *.jpg (рис.5.32).

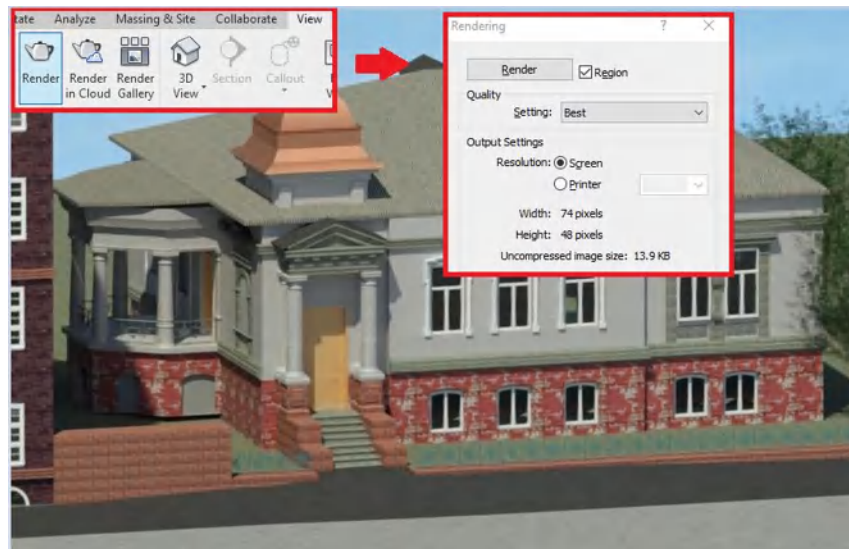


Рисунок 5.32 – Процес створення візуалізації моделі

Отже, у результаті усіх побудов було отримано точну тривимірну модель історичної будівлі «Будинок Сурукчі» у Харкові.

Дану модель, так само як і хмару точок, можна використовувати для обмірів об'єктів, а також для створення необхідних креслень. У програмі Revit присутня можливість експорту креслень у форматах *.dwg *.dxf (формати файлів для AutoCAD), а також у вигляді простих зображень.

Для того, щоб створити креслення, необхідно нанести на план поверху січення та перейти до його відображення натисканням правої кнопки миші та Go To View. У наступному відкритому січенні необхідно видалити зайві елементи, що не є необхідними для відображення на кресленні, та натиснути File, Export. Результатом є креслення будівлі у необхідному форматі. Методику створення креслень на основі моделі зображено на рисунку 5.33.

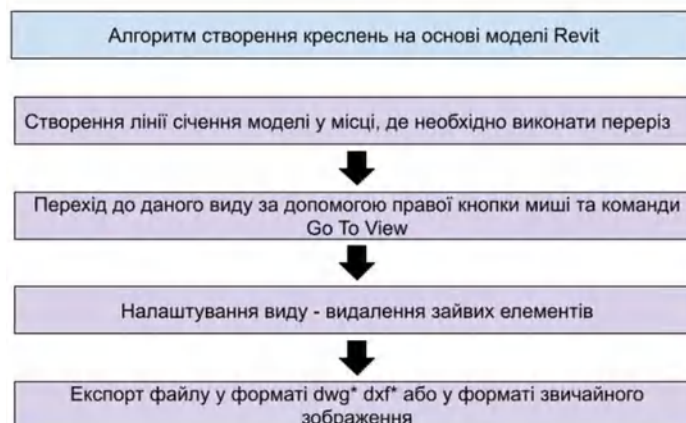


Рисунок 5.33 – Методика створення креслень на основі моделі Revit

Приклад креслення, що можна отримати на основі моделі зображено на рисунку 5.34.



Рисунок 5.34 – Креслення, створене на основі моделі «Будинку Сурукчі»

ВИСНОВКИ

Було проведено аналіз тенденцій відбудов країн світу після Першої та Другої світових війн та визначення основні недоліки та переваги кожного з них.

Відбудова архітектурних пам'яток після Другої світової війни була більш вдалою завдяки концентрації влади країн на нових технологіях, якості робіт та переходу до нових економічних та політичних моделей. На основі досліджень було створено порівняльну схему тенденцій відбудови після двох періодів.

Було проведено аналіз України як учасниці Першої та Другої світових війн, та виявлено, що через низку причин, таких як недостатня кількість робочої сили, голод, неправильна політика, перенавантаження населення та нестача технологій, процес відбудови нашої країни відбувався дуже довго та при цьому паралельно з наднизьким рівнем життя населення. Для прикладу відбудова Хрещатику відбувалася протягом 10 років.

На основі досліджень було побудовано структурну схему недоліків відбудови України після війни.

Було проведено розрахунки та на їх основі побудовано графіки залежності рівня туризму від кількості історичних пам'яток країн світу, а також ВВП від рівня туризму. Було визначено, що економічний стан країн напряму залежить від рівня туризму. Стан історичних пам'яток та їх кількість впливає на інтерес людей до певної країни, а тому і на рівень туризму.

Враховуючи помилки минулих періодів, було запропоновано використання даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем та технологій при роботі з історичними будівлями. По результатам аналізу було створено структурну схему переваг використання технологій при роботі з архітектурними пам'ятками. Це насамперед підвищення якості даних, пришвидшення їх отримання, збереження часу та грошових ресурсів, в умовах воєнних дій підвищення безпеки працівників та можливість працювати з будь-якої точки світу.

На основі даних ДЗЗ у вигляді онлайн-карти було створено інтерактивний додаток інвентаризації пошкоджених історичних пам'яток Харківської області. Для створення карти було використано програми ArcGIS Online та Excel. За допомогою електронних таблиць та додатку ArcGIS для Excel було розроблено методики актуалізації даних про історичні будівлі міста Харків з можливістю додавання будь-яких кількісних або якісних даних. У результаті було отримано додаток формату *xlsx. Дані ДЗЗ, що були використані – космічні знімки загального доступу на платформі ArcGIS Online.

Дану карту можна застосовувати для ведення обліку пошкоджених будівель, ступеню їх руйнувань, статусу перебігу відбудови або реставрації.

Було проведено аналіз процесу розробки проекту реставрації історичних будівель та систематизовано усі дані у вигляді структурних схем.

Було розроблено методику використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій для покращення розробки проєкту реставрації. Було визначено, що дані ДЗЗ та геоінформаційні технології можуть значно покращити усі етапи розробки проєкту реставрації історичних будівель. Насамперед завдяки високій реалістичності хмари точок, отриманої з лазерного сканера, а також її поєднанню зі знімками з БПЛА. Отримані дані є точним відображенням реального об'єкту, а тому можуть слугувати повною заміною виїздам на місцевість для отримання інформації про стан або розмір елементів будівель.

На основі хмари точок та знімків можна проводити будь-які види обмірів та створювати усі необхідні креслення.

На прикладі будівлі «Будинок Сурукчі», що є історичною пам'яткою місцевого значення міста Харків, було розроблено методику побудови тривимірної розумної моделі у програмі Autodesk Revit.

Першим кроком було виконано поєднання станцій, отриманих у результаті лазерного знімання у програмі Leica Cyclone Register. Результатом поєднання була єдина хмара точок об'єкту.

Для покращення хмари точок та збільшення її реалістичності та наглядності було поєднано хмару точок лазерного сканера та знімки, виконані на об'єкті з БПЛА. Даний процес було виконано у програмі Reality Capture. Було отримано високоточну реалістичну модель формату *.obj. Дану модель було використано для проведення архітектурного аналізу об'єкту та створення класифікатору елементів садиби «Будинку Сурукчі».

На основі отриманих даних, тобто хмари точок лазерного знімання (яку було завантажено до Revit та використано як основу моделювання), моделі поєднання хмари точок і знімків з БПЛА та класифікатору архітектурних елементів, було побудовано точну тривимірну модель будівлі «будинок Сурукчі». Дану модель можна безпосередньо використовувати при застосуванні реставраційних заходів та отримати реалістичну модель потенційного вигляду будівлі. Візуалізації такого типу на сьогодні активно використовуються для того, щоб населення мало уяву про вигляд архітектурної пам'ятки після реставрації, щоб запобігати кардинальним змінам об'єктів, у разі яких історична пам'ятка втрачає свій статус.

На основі моделі Revit також можна створювати креслення. Це можуть бути плани, розгортки, окремі елементи. При розробці проєкту реставрації обмірні креслення є обов'язковими.

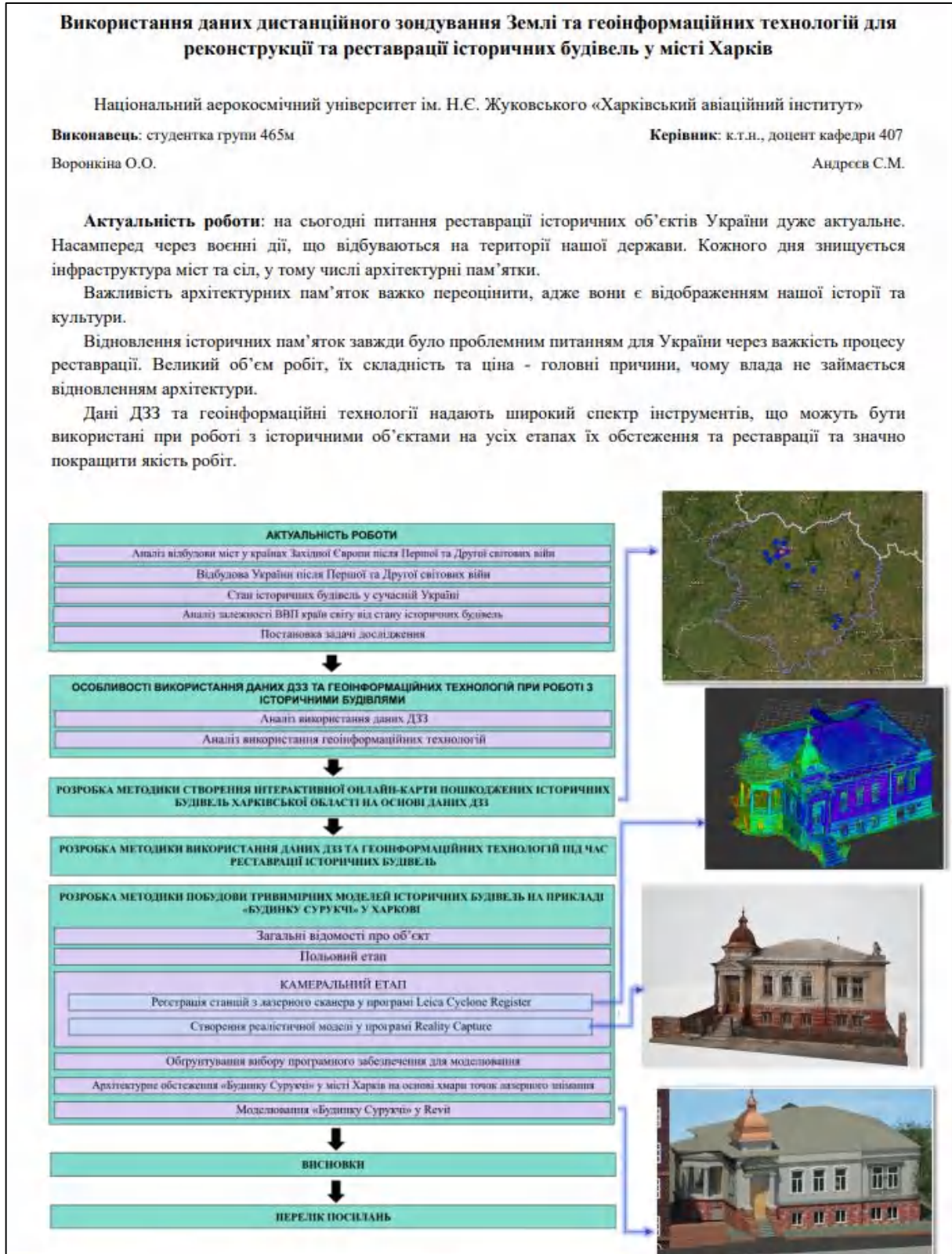
Модель формату *.rvt є джерелом отримання планів за лічені хвилини. Це значною мірою економить ресурси проєктів та дозволяє перенаправляти їх у потрібну сторону. Адже до початку воєнних дій найбільшою проблемою, чому влада не займалася реставрацією, була висока складність розробки проєктів та їх висока ціна. Запропоновані методи можуть мінімізувати дані проблеми та якісно вплинути на стан архітектурних пам'яток нашої країни.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Учасники проектів Вікімедіа. Дефляція (економіка) – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Дефляція_\(економіка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Дефляція_(економіка)) (дата звернення: 11.11.2022).
2. Учасники проектів Вікімедіа. Індустріалізація СРСР – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Індустріалізація_СРСР (дата звернення: 15.11.2022).
3. Bing L., Jian H. Conservation and regeneration of historical buildings. ResearchGate. 2021. P.2. - [Електронний ресурс] – Режим доступу - https://www.researchgate.net/publication/352300016_Conservation_and_regeneration_of_historical_buildings - 05.11.2022
4. Про охорону культурної спадщини: Закон України від 23.09.2008 р. № 574-VI. URL: https://ips.ligazakon.net/document/view/t001805?an=605347&ed=2008_09_23 (дата звернення: 01.12.2022).
5. Учасники проектів Вікімедіа. Реконструкція (значення) – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Реконструкція_\(значення\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Реконструкція_(значення)) (дата звернення: 02.12.2022).
6. Ukrinform. Архітектурна катастрофа в центрі Харкова. *Укрінформ - актуальні новини України та світу*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3124268-arhitekturna-katastrofa-v-centri-harkova.html> (дата звернення: 04.12.2022).
7. "UNESCO". Н. UNESCO World Heritage Centre - World Heritage List Statistics. *UNESCO World Heritage Centre*. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/stat/#s2> (дата звернення: 09.12.2022).
8. UNESCO. The Architectural Work of Le Corbusier, an Outstanding Contribution to the Modern Movement. *UNESCO World Heritage Centre*. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/1321/> (дата звернення: 09.12.2022).
9. World Development Indicators | DataBank. *DataBank | The World Bank*. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/Series/ST.INT.XPND.MP.ZS> (дата звернення: 10.12.2022).
10. The World Bank. Gross domestic product 2021. 2022. 4 р. URL: <https://databankfiles.worldbank.org/data/download/GDP.pdf> (дата звернення: 10.12.2022).
11. СКЛАД ТА ЗМІСТ НАУКОВО-ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА РЕСТАВРАЦІЮ ПАМ'ЯТОК АРХІТЕКТУРИ ТА МІСТОБУДУВАННЯ : ДЕРЖ. БУД. НОРМИ УКРАЇНИ від 23.10.2013 р. № ДБН А.2.2-Х-20XX. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/11/DBN-nachalo-02.11.2016.pdf> (дата звернення: 11.12.2022).
12. Contributors to Wikimedia projects. Rendering (computer graphics) - Wikipedia. *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_\(computer_graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_(computer_graphics)) (дата звернення: 13.12.2022).
13. Воронкіна О. Використання геоінформаційних технологій для реставрації будівель історичного значення. *Колективна монографія за матеріалами V Всеукраїнської науково-технічної конференції*, м. Житомир, 1–2 груд. 2022 р. Житомир, 2022. С. 25.

ДОДАТКИ

Додаток А – Плакат за темою «Використання даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для реконструкції та реставрації історичних будівель у місті Харків»



Додаток Б – Презентація за темою «Використання даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для реконструкції та реставрації історичних будівель у місті Харків»



Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
 «Харківський Авіаційний Інститут»
 факультет ракетно-космічної техніки
 кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

кваліфікаційна робота магістра
 Спеціальність 103 «Науки про Землю»
 Освітня програма «Космічний моніторинг Землі»

Використання даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для реконструкції та реставрації історичних будівель у місті Харків

Виконала: студентка групи 465
 Воронкіна О.О.,
 Керівник: к.т.н., доцент
 Андрєєв С.М..

Харків 2022

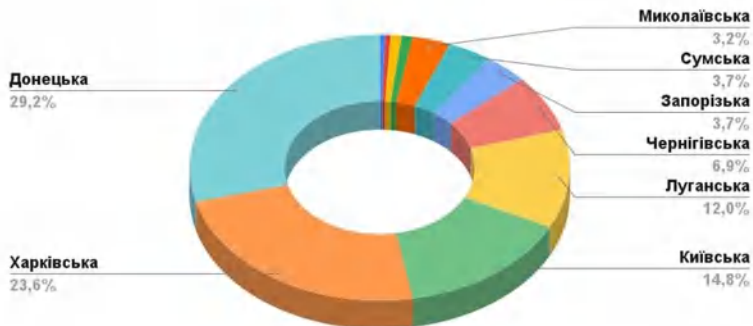
Актуальність роботи

2

Пам'ятки архітектури – важливі елементи культурної спадщини країни, відображення минулих епох та історії в цілому.

Станом на 26.11.2022 Організація Об'єднаних Націй "ЮНЕСКО" підтвердила руйнування близько 204 історичних об'єктів України.

Кількість зруйнованих історичних будівель по областях України станом на 26.11.2022



Визначення залежності ВВП країн світу від стану історичних будівель



Коефіцієнт кореляції між двома показниками близький до 1. Між величинами присутній міцний прямопропорційний зв'язок.

$r_{xy} = 0,9846$

ВВП країн світу напряму залежить від стану історичних будівель

Стан архітектурних пам'яток впливає на рівень туризму, а отже і на загальний економічний рівень країни, саме тому дуже важливо налагоджувати та розвивати пам'ятко охоронну систему.



Основні етапи роботи

Мета роботи: покращення процесу реставрації історичних будівель за рахунок побудови картографічних та тривимірних архітектурних моделей з використанням даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій



Стан архітектурних пам'яток України



«Дах світу» Харків



Проблеми збереження історичних будівель в Україні

- Відсутність апарату слідування та впровадження відповідальності за незаконну реконструкцію
- Незацікавленість влади у реконструкції об'єктів
- Недостатній рівень усвідомленості громадян України щодо важливості культурної спадщини
- Воєнні дії на території України



Історична будівля колишньої школи, Львів



Будинок авіаконструктора Сікорського, Київ



Будинок Русова, Одеса



Переваги використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій при роботі з історичними будівлями

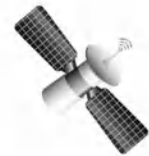


Геоінформаційні технології

- Отримання деталізованих хмар точок, що відображають реальну конфігурацію об'єкта
- Висока точність даних, отриманих з геодезичних приладів (до 1 мм)
- Можливість проведення фотографування для кольоризації моделі
- Підвищення безпеки працівників, що працюють над проектом, за рахунок того, що знімання проводиться за один виїзд на об'єкт
- Швидке отримання результатів

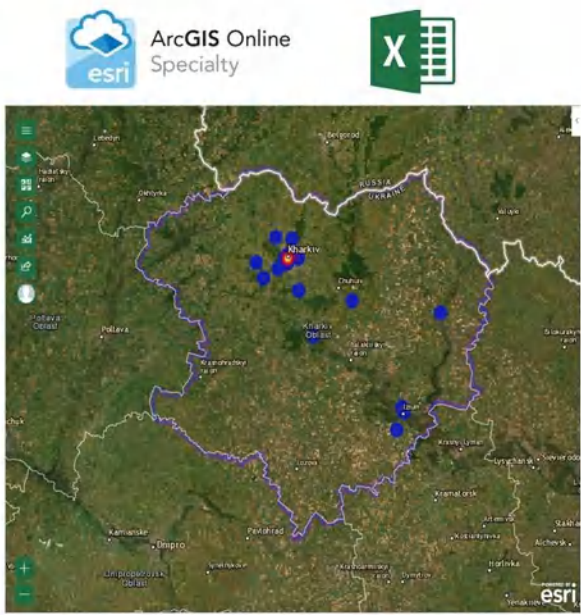
Дані ДЗЗ

- Дешифрування зруйнованих будівель для подальшого аналізу
- Зручний моніторинг процесу реконструкції
- Планування ремонтних заходів
- Можливість автоматизації аналізу об'єктів
- Створення реалістичних кольорів моделі об'єкту
- Створення деталізованих текстур об'єктів

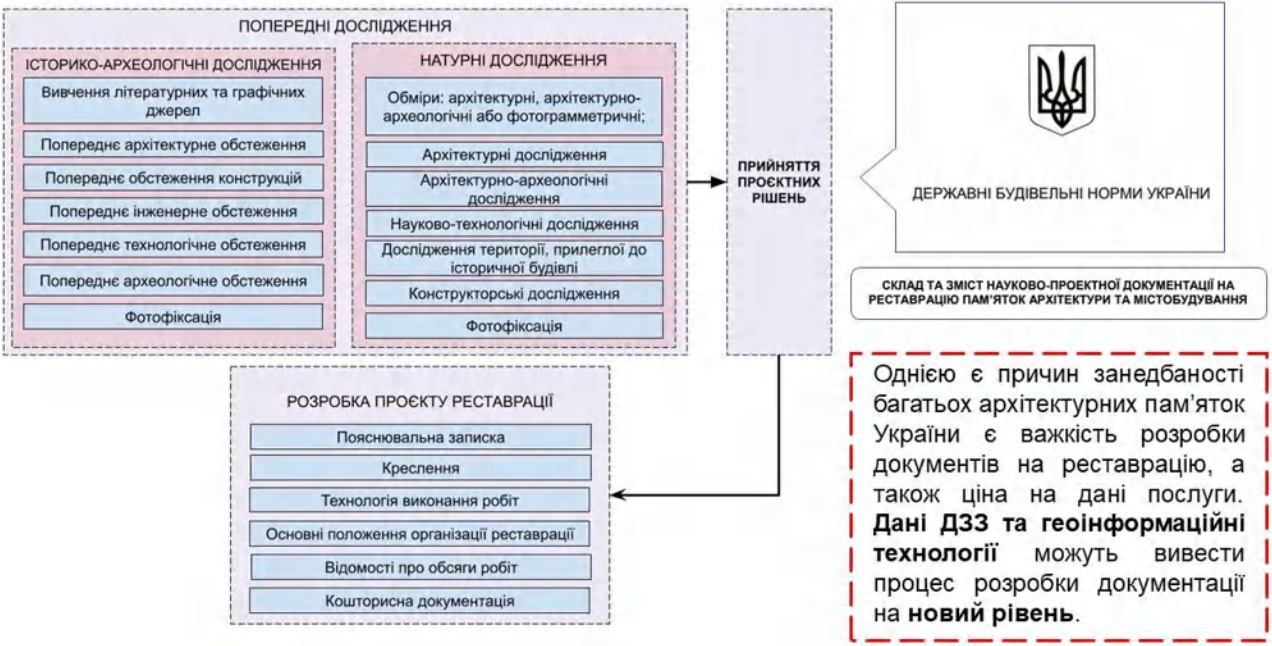


- Космічні знімки
- Аерокосмічні знімки
- Знімки з БПЛА

Методика створення інтерактивної картографічної моделі пошкоджених історичних будівель Харківської області на основі даних ДЗЗ у програмі ArcGIS Online



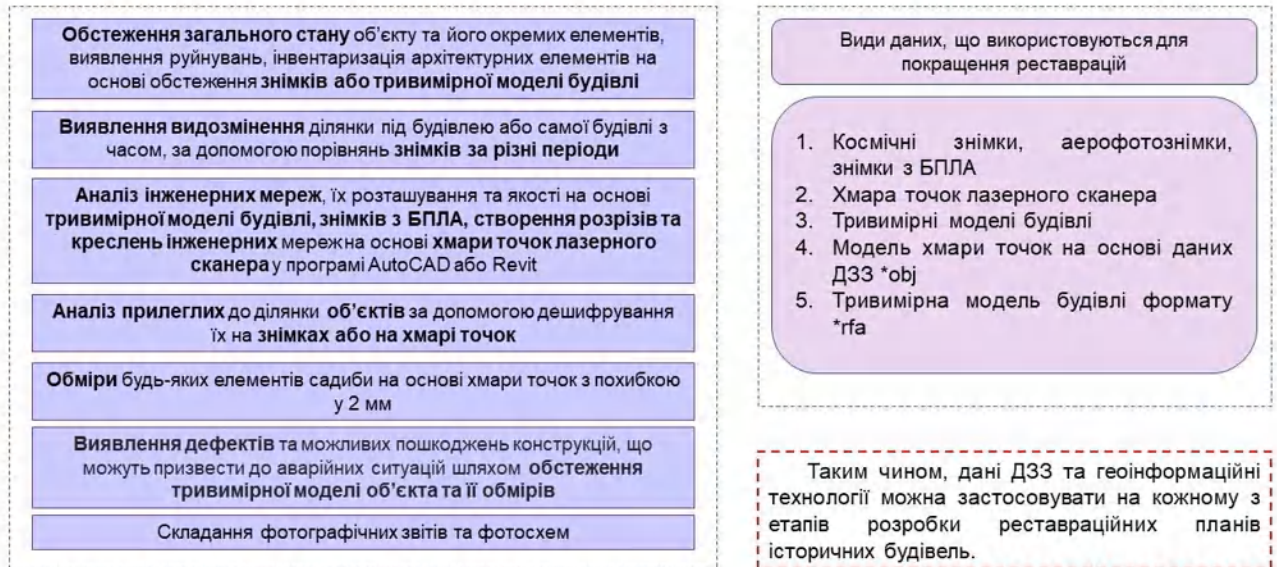
Порядок розробки проєкту реставрації історичної будівлі



Однією з причин занедбаності багатьох архітектурних пам'яток України є важкість розробки документів на реставрацію, а також ціна на дані послуги. Дані ДЗЗ та геоінформаційні технології можуть вивести процес розробки документації на новий рівень.

Використання даних ДЗЗ та геоінформаційних технологій на усіх етапах реставрації історичних будівель

9



РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ІСТОРИЧНОЇ БУДІВЛІ НА ПРИКЛАДІ "БУДИНКУ СУРУКЧІ" У МІСТІ ХАРКІВ

10

Характеристика об'єкту дослідження

Назва	Будинок Сурукчі
Адреса	Вулиця Садова, 7, Харків, Харківська область, Україна, 61000
Тип будівлі	Громадська будівля і пам'ятка архітектури
Архітектурний стиль	Неоренесанс або модерн
Статус	Пам'ятка архітектури місцевого значення
Стан	У процесі реставрації



ПОЛЬОВІ РОБОТИ

Зйомка з БПЛА

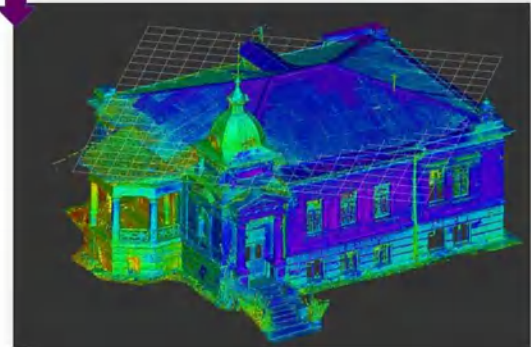


Знімання з безпілотного літального апарату DJI Phantom Advanced



Лазерна зйомка

Лазерне знімання садиби за допомогою сучасного портативного лазерного 3D сканеру RTC360



Створення реалістичної моделі на основі поєднання знімків з БПЛА та хмариточок лазерного сканера



Reality Capture - це програмний продукт що дозволяє на базі фотограмметрії створювати високо реалістичні моделі на основі самостійних наборів зображень або поєднанню зображень (знімків) та сканів з лазерного сканера.



Методика розробки тривимірної моделі для покращення процесу реставрації на прикладі «Будинку Сурукчі» у Харкові

13



Інструменти моделювання будівлі у Revit

14



R
RVT

Стандартні бібліотеки сімейств дверей, вікон, карнизів, сходів, даху, підлоги, рельєфу, матеріалів та текстур

Стандартні набори інструментів для створення об'єктів

Інструменти створення трубопроводів для моделювання стоку води

Використання стандартних сімейства та інструментів

Wall Door Window Component Column Roof Ceiling Floor

Приклад використання інструментів для моделювання нестандартних тривимірних тіл

Інструменти створення купола з лантерною

Лантерна

Купол

Extrusion

Sweep

Extrusion

Sweep

Sweep

Модель у контексті - модель об'єкту, яка створюється безпосередньо у проєкті на основі базових інструментів моделювання тривимірних тіл у Revit - Extrusion, Blend, Revolve, Sweep, Swept Blend, Void Forms.

Візуалізація тривимірної моделі «Будинку Сурукчі» у місті Харків



Створення креслень на основі моделі

17

Модель будівлі у Revit, так само як і хмару точок, можна використовувати для обмірів об'єктів, а також для створення необхідних креслень. У програмі Revit присутня можливість експорту креслень у форматах *.dwg *.dxf (формати файлів для AutoCAD), а також у вигляді простих зображень.



Алгоритм створення креслень на основі моделі Revit

Створення лінії січення моделі у місці, де необхідно виконати переріз



Перехід до даного виду за допомогою правої кнопки миші та команди Go To View



Налаштування виду - видалення зайвих елементів



Експорт файлу у форматі dwg* dxf* або у форматі звичайного зображення

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

18

Отже, було проведено аналіз залежності ВВП від кількості історичних будівель у країнах світу, який показав, що **у країнах з більшою часткою архітектурних пам'яток, більший рівень туризму, а отже й ВВП.**

Створена на основі **даних ДЗЗ** картографічна модель зруйнованих історичних пам'яток Харкова може бути використана при **економічній оцінці збитків міста під час воєнних дій**, а також для інвентаризації будівель.

На основі даних лазерного знімання та зйомки з безпілотного літального апарату було побудовано **високоточну реалістичну модель будівлі** у програмі Reality Capture. Дану модель можна використовувати для обмірів елементів садиби, оцінки ушкоджень будівлі, аналізу прилеглих ділянок, та загалом для отримання будь-яких кількісних ао якісних характеристик будівлі.

На сьогодні дані ДЗЗ та геоінформаційні технології можуть значно покращити та пришвидшити процес реставрації за рахунок підвищення якості даних, мінімізації виїздів спеціалістів на об'єкт, можливості створення мультифункціональних тривимірних моделей, а на їх основі усі необхідні обмірні креслення.

Розроблені методики роботи з історичними будівлями на прикладі «Будинку Сурукчі» у Харкові можна використовувати як станжартний алгоритм роботи з подібними архітектурними об'єктами. Застосування розроблених методик може значно покращити процес реставрації історичних пам'яток України та вплинути на загальний стан пам'яток України.

ТЕЗИ

19

Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення // Колективна монографія за матеріалами V Всеукраїнської науково-технічної конференції // Андреев С. М., к.т.н., Воронкіна О.О., студентка "Використання геоінформаційних технологій для реставрації будівель історичного значення", (Житомир, 1 - 2 грудня 2022)