



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ НАЗЕМНОЇ ФОТОГРАММЕТРІЇ НА ПРИКЛАДІ ОБ'ЄКТУ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

Виконав: студент 4 курсу, групи ГІСТ-20
Напрямок підготовки 193 «Геодезія та землеустрій»
Спеціалізація «Геоінформаційні системи і технології»
Волков Ю. О.

Керівник: асистент, **Кінь Д.О**

Київ 2024

Мета, об'єкт, предмет дослідження

Мета бакалаврської роботи:

Метою роботи є створення тривимірної моделі об'єкта культурної спадщини методом наземної фотограмметрії для подальшого її використання під час розроблення облікової документації про пам'ятку архітектури місцевого значення.

Об'єкт дослідження

Об'єкт культурної спадщини.

Предмет дослідження

Дослідження: тривимірне моделювання об'єкта методом наземної фотограмметрії



Особняк Івана Миколайовича Терещенка



Особняк Івана Миколайовича Терещенка

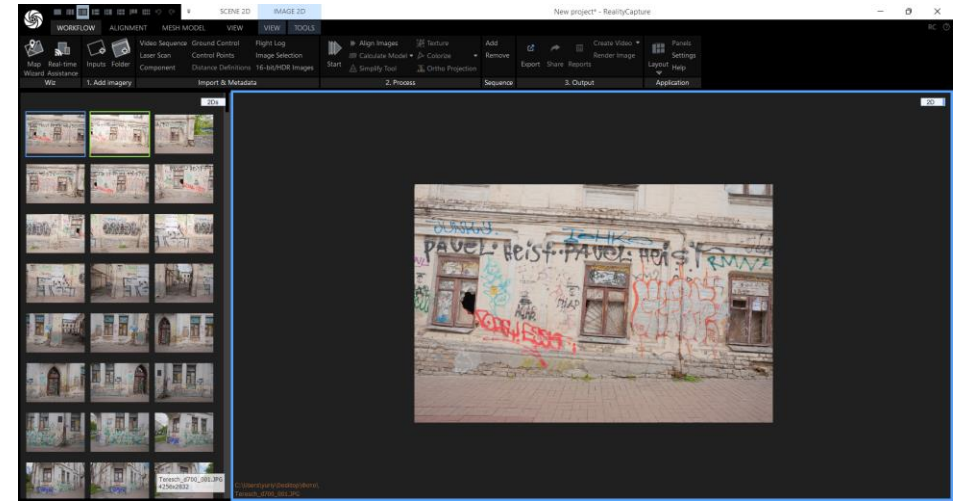
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

Аналіз нормативно-правового забезпечення щодо цифровізації об'єктів культурної спадщини

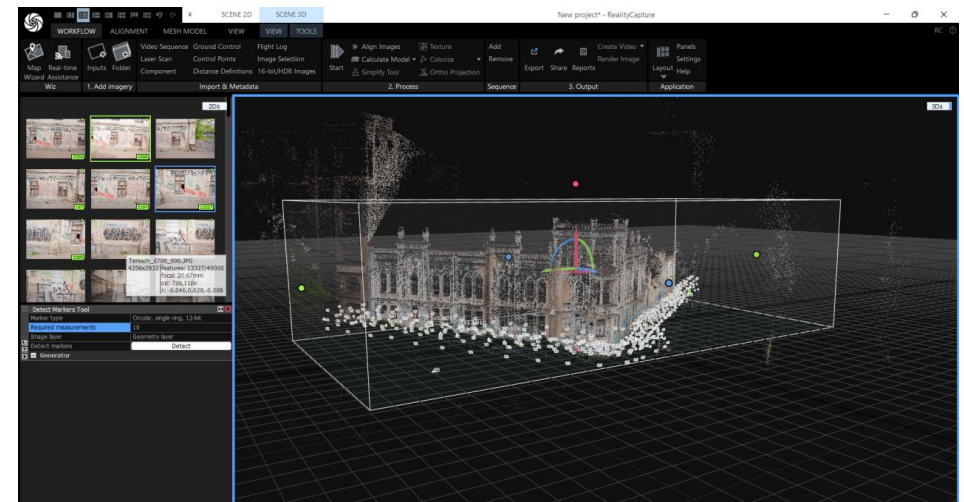
Пам'ятка культурної спадщини — це об'єкт культурної спадщини, який має історичну, культурну, художню, наукову або археологічну цінність і внесений до Державного реєстру нерухомих пам'яток України або взятий на державний облік відповідно до законодавства.

Розвиток цифрових технологій та їх все ширше впровадження в галузь збереження культурного надбання спричинив потребу в оновленні та розширенні нормативно-правової бази. Зокрема, актуальними залишаються питання правового регулювання процесів тривимірного сканування, моделювання, архівування цифрових моделей тощо.

Цифровізація об'єктів культурної спадщини (КС) стає невід'ємною частиною сучасного підходу до їх збереження, дослідження та популяризації. Вона передбачає створення цифрових моделей, що описують геометричні, візуальні та інші характеристики об'єктів КС. Цей процес ґрунтується на розгалуженій нормативно-правовій базі, яка визначає його рамки, принципи та відповідальність.



Вікно програми з завантаженими даними



Результат виконання вирівнювання фотографій

Нормативно-правові акти

НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АКТИ

ЗАКОНИ

Закон України "Про культуру" (від 04.09.2000 р. № 1798-IV) визначає завдання щодо збереження та популяризації КС, а також заохочує використання сучасних технологій.

Закон України "Про охорону культурної спадщини" №1805-III від 02.10.2023 [1], одним із принципів державної політики у цій сфері є "сприяння збереженню культурної спадщини шляхом її наукового дослідження, реставрації, ремонту,

ПОСТАНОВИ

Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Положення про Державний реєстр нерухомих пам'яток України" [№ 1760 від 27.12.2001](#)

МІЖНАРОДНІ ТА ДЕРЖАВНІ СТАНДАРТИ

- ДСТУ 8259:2016 "Інформація. Документація. Цифрові копії документів. Загальні положення" визначає вимоги до створення цифрових копій документів, що входять до складу КС.

ДСТУ ISO/IEC 27001:2013 "Інформаційні технології. Системи менеджменту інформаційної безпеки. Вимоги до систем менеджменту інформаційної безпеки" встановлює вимоги до інформаційної безпеки при digitization КС.

ДСТУ EN 16757:2012 "Збереження культурної спадщини. Цифрове документування культурних цінностей" визначає методологію та технічні вимоги до digitization КС.

МІЖНАРОДНІ ДОГОВОРИ

Картахенська Конвенція про захист підводного культурного надбання (1997р.) встановлює вимоги та процедури тривимірного моделювання артефактів підводного походження.

Технічне забезпечення для виконання робіт

Огляд обладнання для наземної фотограмметрії

Для успішного виконання робіт із наземної фотограмметрії та створення високоякісних тривимірних моделей об'єктів культурної спадщини необхідне відповідне технічне забезпечення. Основне обладнання, яке використовується для цих цілей, включає:



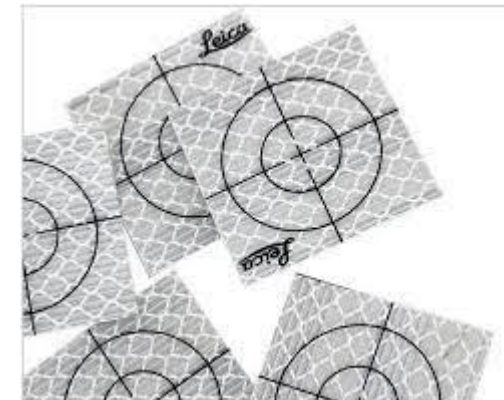
Цифрова камера високої роздільної здатності



Лінійка або вимірювальна рулетка для масштабування моделі.

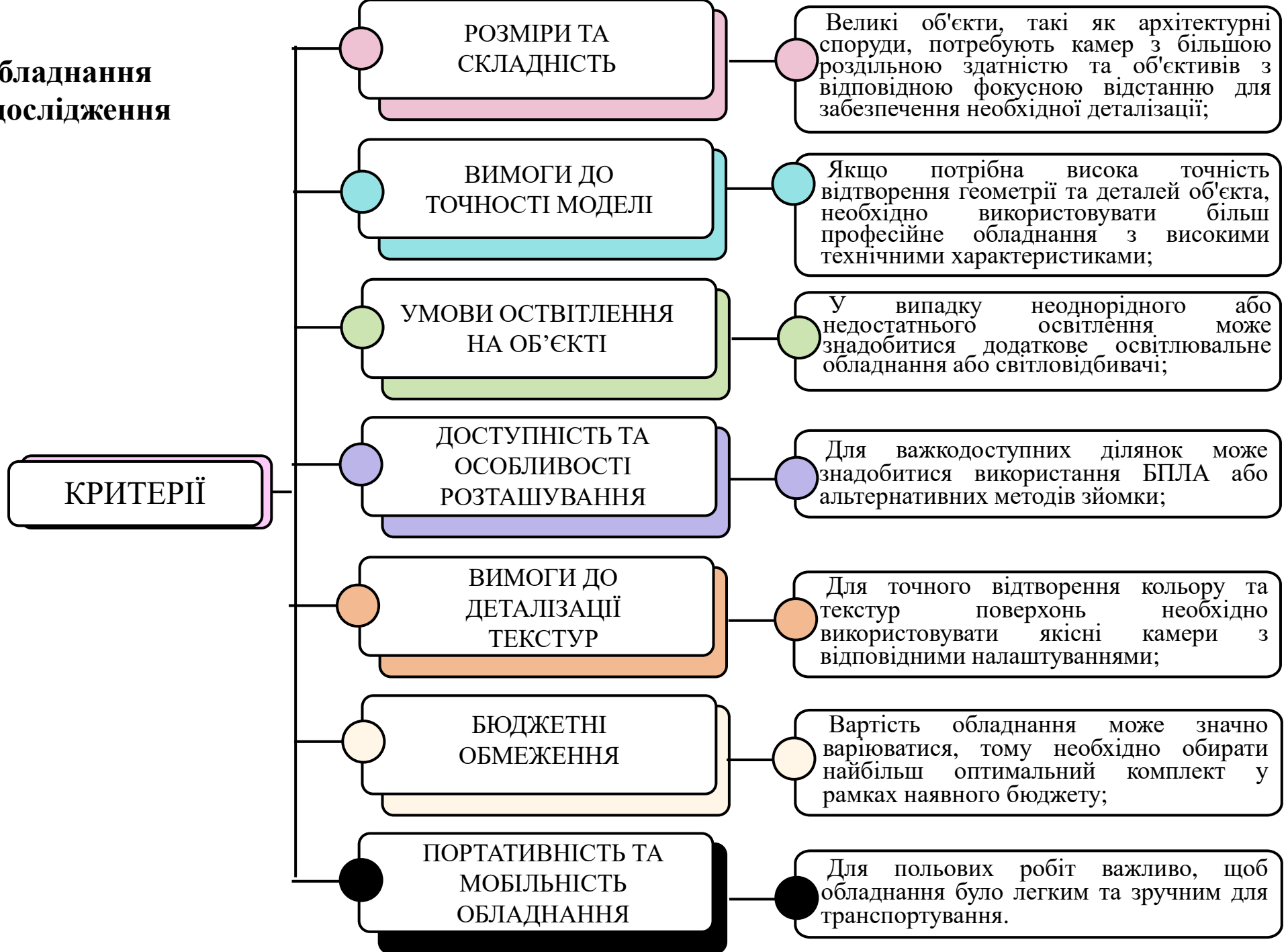


Штатив для камери



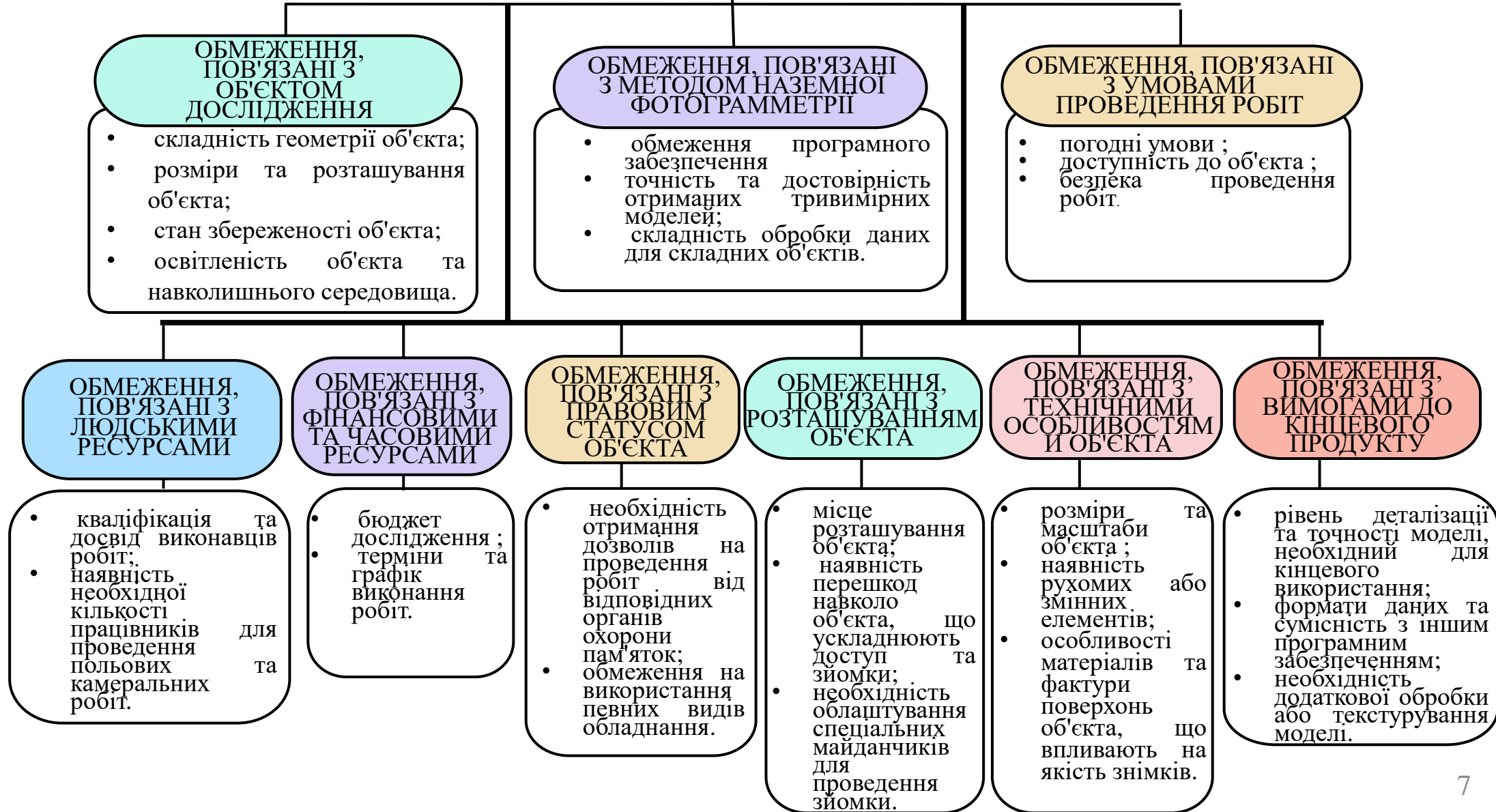
Маркери для позначення опорних точок на об'єкті, які допомагають програмному забезпеченню розпізнавати та вирівнювати фотографії.

Критерії вибору обладнання для конкретного дослідження



Визначення обмежень дослідження

ВИЗНАЧЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ



ВИКОНАННЯ ЗЙОМКИ ОБ'ЄКТУ МЕТОДОМ НАЗЕМНОЇ ФОТОГРАМЕТРІЇ

Підготовчі роботи та виконання зйомки

Мета зйомки: створення цифрової тривимірної моделі об'єкта для подальшого використання її у роботах з відновлення споруди або реконструкції фасаду.

Метод зйомки: було виконано фотографування об'єкта культурної спадщини з дотриманням основних правил фотографування, тобто метод наземної фотограметрії.



Обладнання: цифровий дзеркальний
фотоапарат Nikon D700.



Будинок на бульварі Тараса Шевченка, 34, належить Івану
Миколайовичу Терещенку.

Виконання зйомки

1. Перед початком фотограметричної зйомки необхідно підготувати фотоапарат та пристрої до нього:

- вибір правильного об'єктива для зйомки.

В даному випадку було обрано світлосильний надширококутний об'єктив Nikon AF-S NIKKOR 20mm f/1.8G ED формату FX з фіксованою фокусною відстанню 20 мм та максимальною діафрагмою f/1,8. Діафрагма означає, що об'єктив може відкритися дуже широко.



Об'єктив Nikon AF-S NIKKOR 20mm



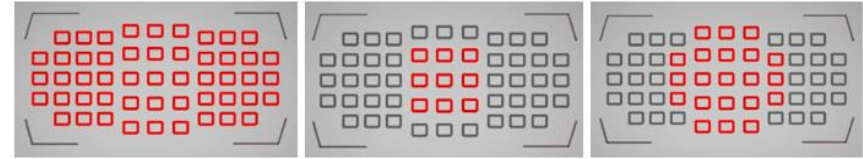
Приклад фото з Nikon D700



Меню налаштувань Nikon D 700

- налаштування параметрів зйомки: Налаштовано фокусування так, щоб камера захоплювала 51 точку фокусування. А потім для деяких знімків, які потребують особливого фокусу, зробити мінімальною до 9 точок.

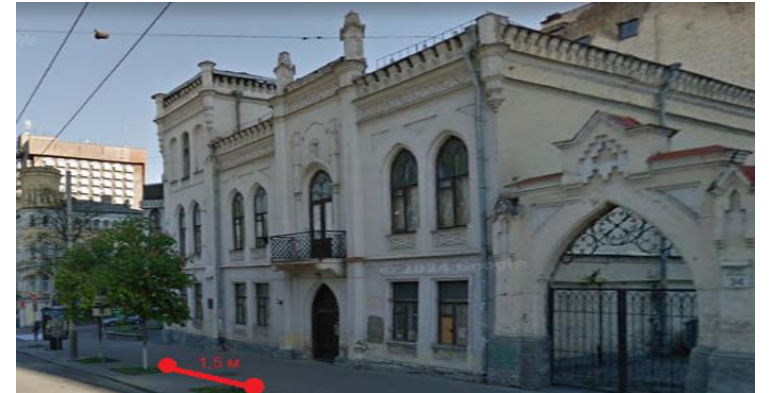
Nikon D700 відрізняється одним із найкращих датчиків фокусування який складається з 51 точки з можливістю зменшення зони покриття до 9 чи до 21 точки.



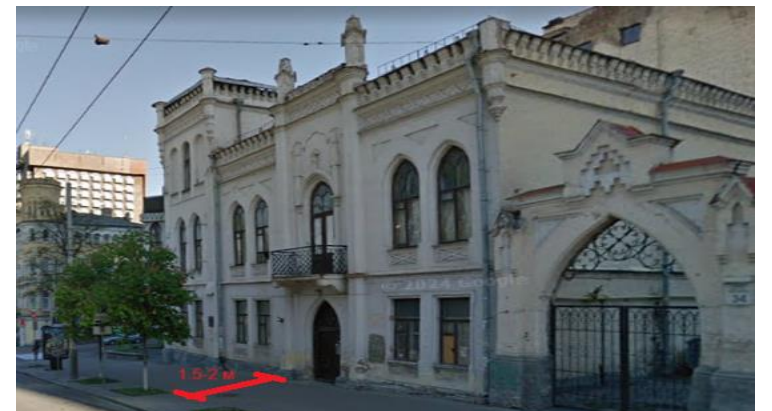
Зображення зміни фокусування

2. Планування зйомки

Визначено місця, з яких фотографувати, щоб зробити детальну і точну тривимірну модель об'єкта. Це може включати вибір оптимальної висоти і кутів зйомки, розташування контрольних точок для підвищення точності моделі, а також планування маршруту переміщення з фотоапаратом.

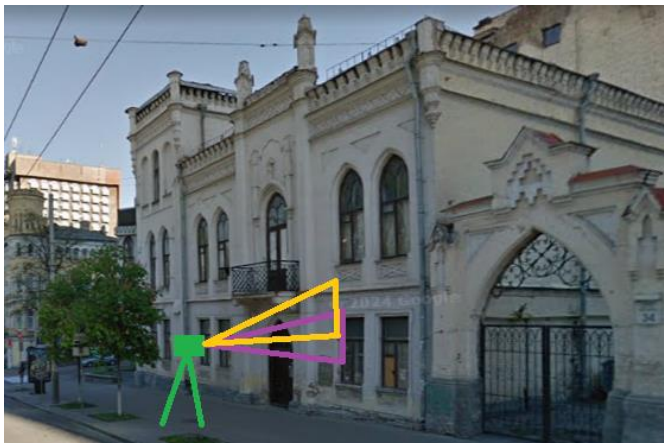


Зображення дистанції



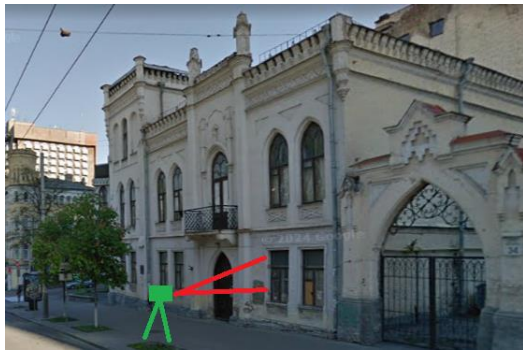
Зображення інтервалу між фотографуванням

3. Зйомка

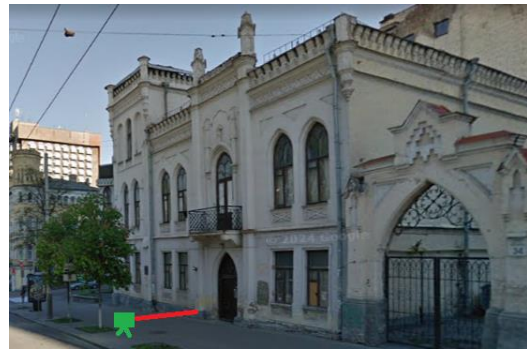


Зображення 60% перекриття між фото

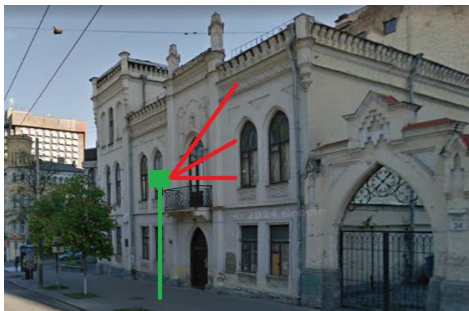
Моделювання того, як проводилася зйомка наводиться на зображеннях:



Зображення оптимальної висоти і кута зйомки, стоячи на землі



Зображення оптимальної висоти і кута зйомки, при охопленні земної поверхні і цокольної частини споруди



Зображення оптимальної висоти і кута зйомки

4. Контроль якості знімків



Перевірка знімків



Приклад засвічування камери сонцем



Зображення, яке вийшло при засвічуванні камери сонцем [Nikon D700]

5. Обробка зображень



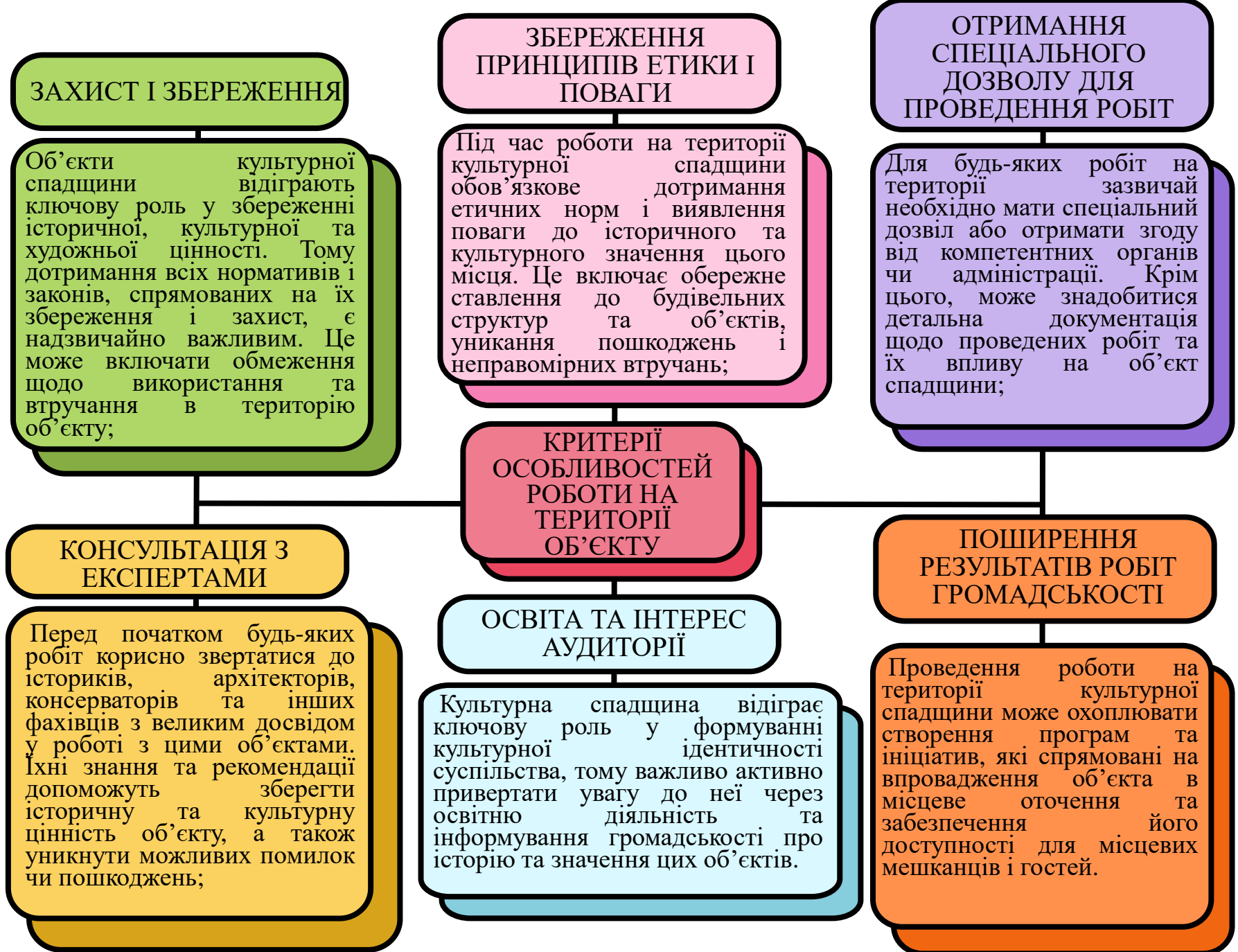
Нотування розмірів у натурі між точками

6. Перевірка та розгляд отриманих результатів

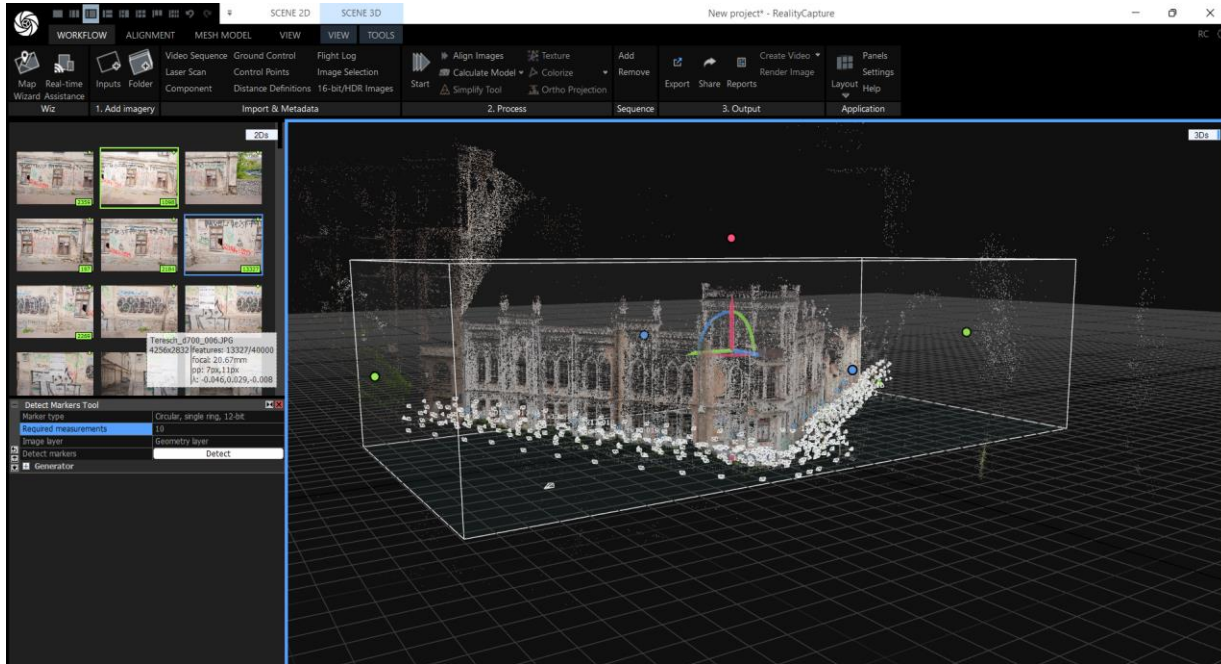
Перевірено тривимірні моделі, щоб побачити, наскільки вони точно відображають оригінальний об'єкт, і вивчено дані, щоб вирішити конкретні завдання або проблеми.

Особливості роботи на території обраного об'єкту культурної спадщини

Робота на території об'єкту вимагає дотримуватись певних правил, особливостей і ряду підходів через особливий статус та значення культурної спадщини.



Результати виконання вирівнювання



Перевірка знімків [Reality Capture 1.4]

Після того, як модель вирівнялась, можемо бачити, що тепер вона показана у хмарі точок.

Регульовано область, у якій будуть проходити розрахунки моделі. Це можна зробити по контрольним точкам, щоб була більша точність.

Додано розміри між нашими маркерами задля більшої точності побудови моделі у правильному масштабі.

Побудовано полігональну модель

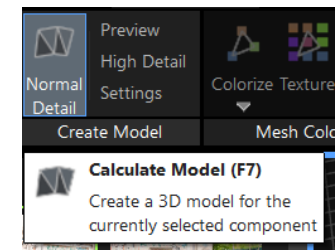
Обрано якість обробки Normal Detail. Ця модель може бути зроблена близько з 10 мільйонів трикутників.



Перевірка знімків [Reality Capture 1.4]

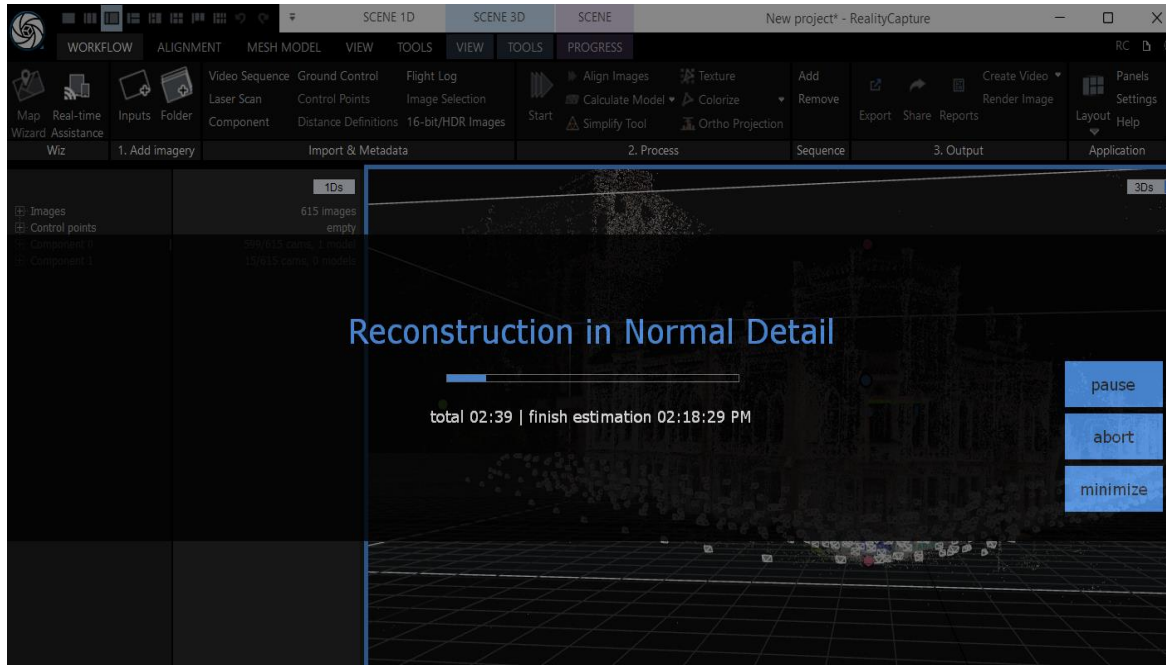


Додавання розмірів [Reality Capture 1.4]

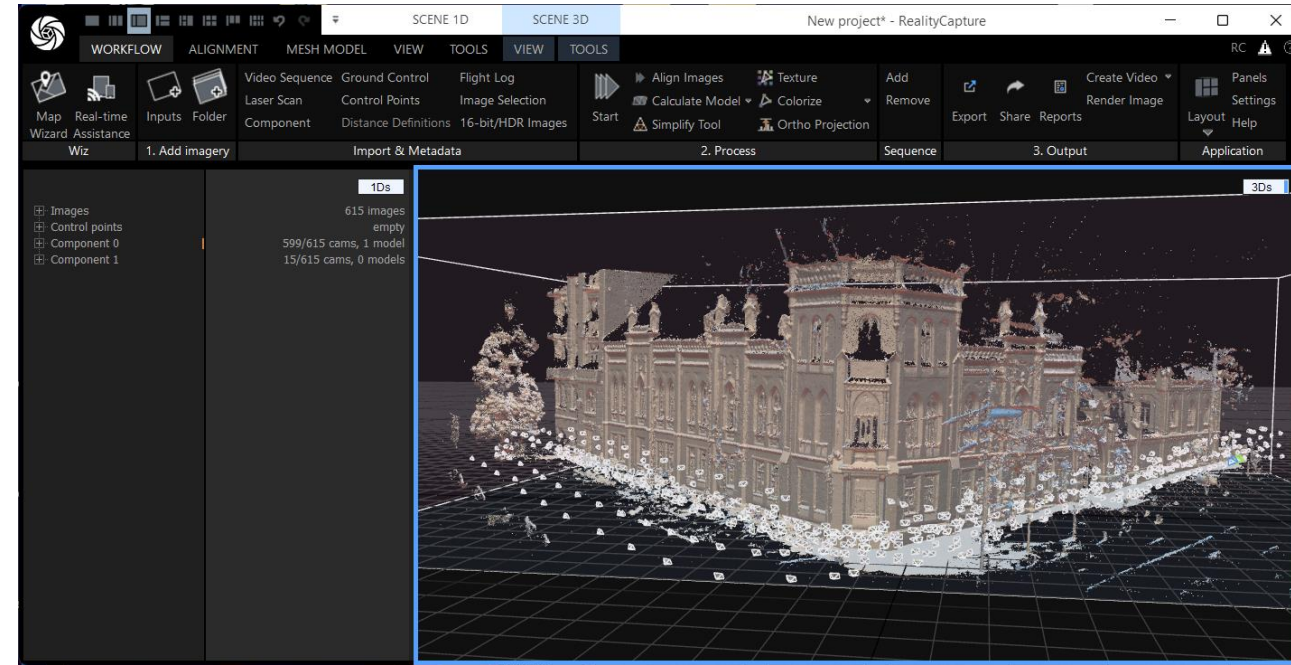


Виконання функції «Побудова моделі» [Reality Capture 1.4]

Результати виконання реконструкції



Процес обробки реконструкції

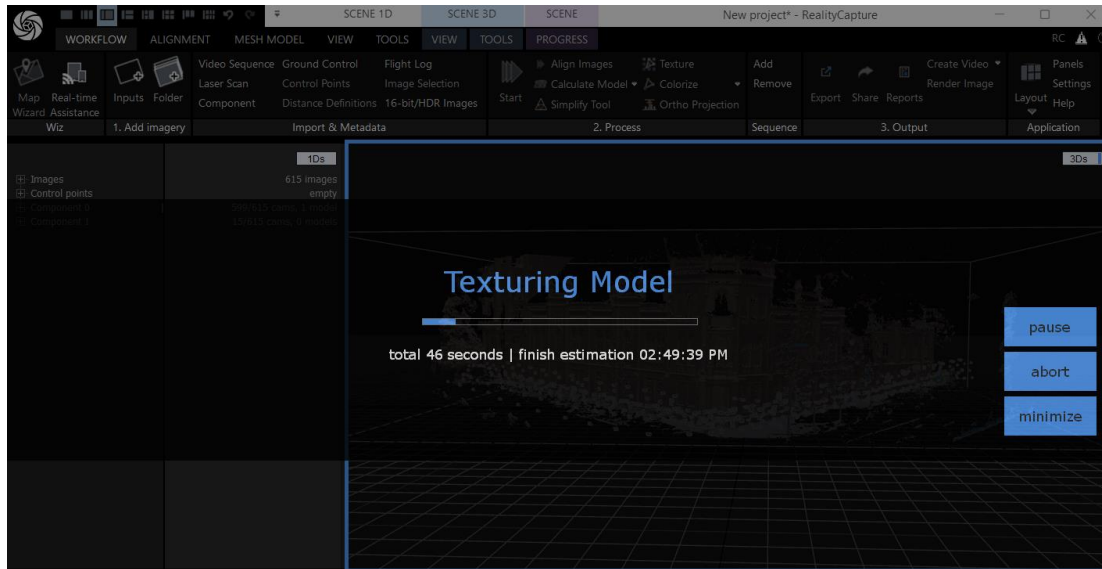


Результат обробки

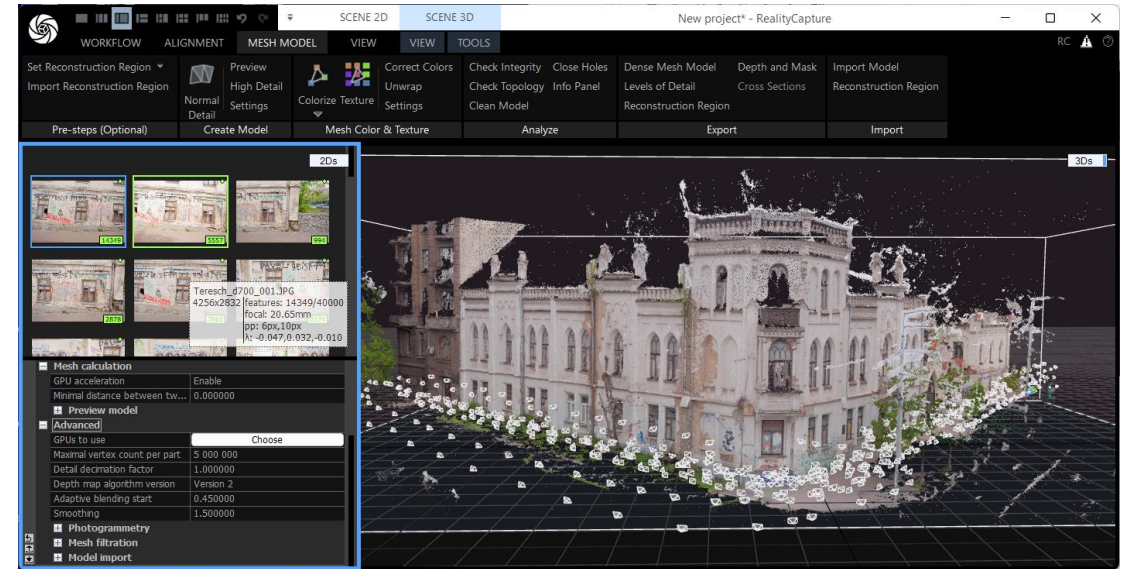
Вийшов ось такий Mesh з 22 мільйонів трикутників. Розглядаючи модель зі сторін, можемо бачити, що вона вийшла досить непоганою.

Опрацювання та аналіз отриманих даних зйомки

Побудовано текстуровану модель



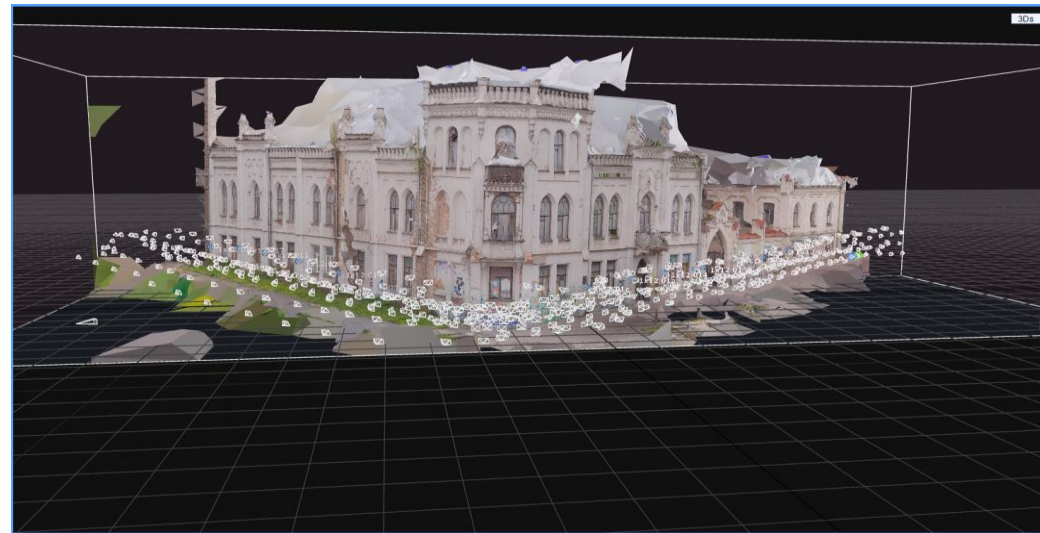
Побудова текстури моделі [Reality Capture 1.4]



Результат побудови текстури [Reality Capture 1.4]

Кольоризація зображення

Ця функція корисна для наборів даних з варіативністю яскравості в екстремально широких межах



Результат обробки в кольоровому вигляді [Reality Capture 1.4]

Опрацювання та аналіз отриманих даних зйомки

Після ще деяких поглиблених налаштувань і оброблень моделі, можемо побачити ось такий гарний результат



Результат обробки моделі в поглиблених налаштуваннях [Reality Capture 1.4]

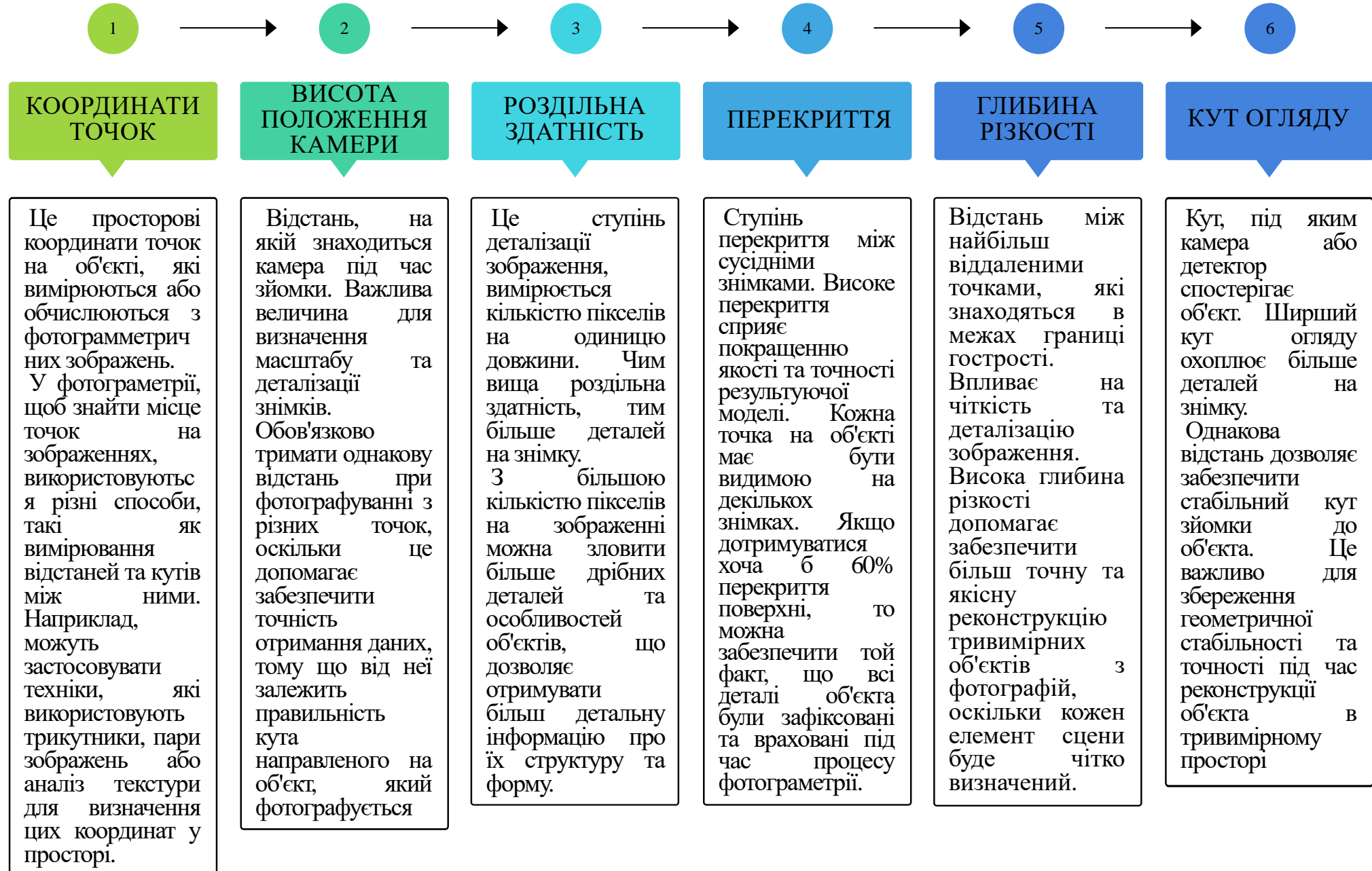


Результат обробки моделі в поглиблених налаштуваннях [Reality Capture 1.4]



Результат обробки моделі в поглиблених налаштуваннях [Reality Capture 1.4]

Визначення основних параметрів та характеристик об'єкту



Виконання оцінки точності отриманих даних

Виконано заміри у натурі марок (контрольних точок), які закріплені на будівлі:



Зображення відстані між контрольними точками в натурі [Paint]



Зображення відстані між контрольними точками в натурі [Paint]



Зображення відстані між контрольними точками в натурі [Paint]

Зображення висоти споруди



Зображення висоти споруди [Paint]

Виконано заміри контрольних точок у програмному забезпеченні Reality Capture 1.4

Наведено приклад з окремими скріншотами, як має виглядати ця процедура:

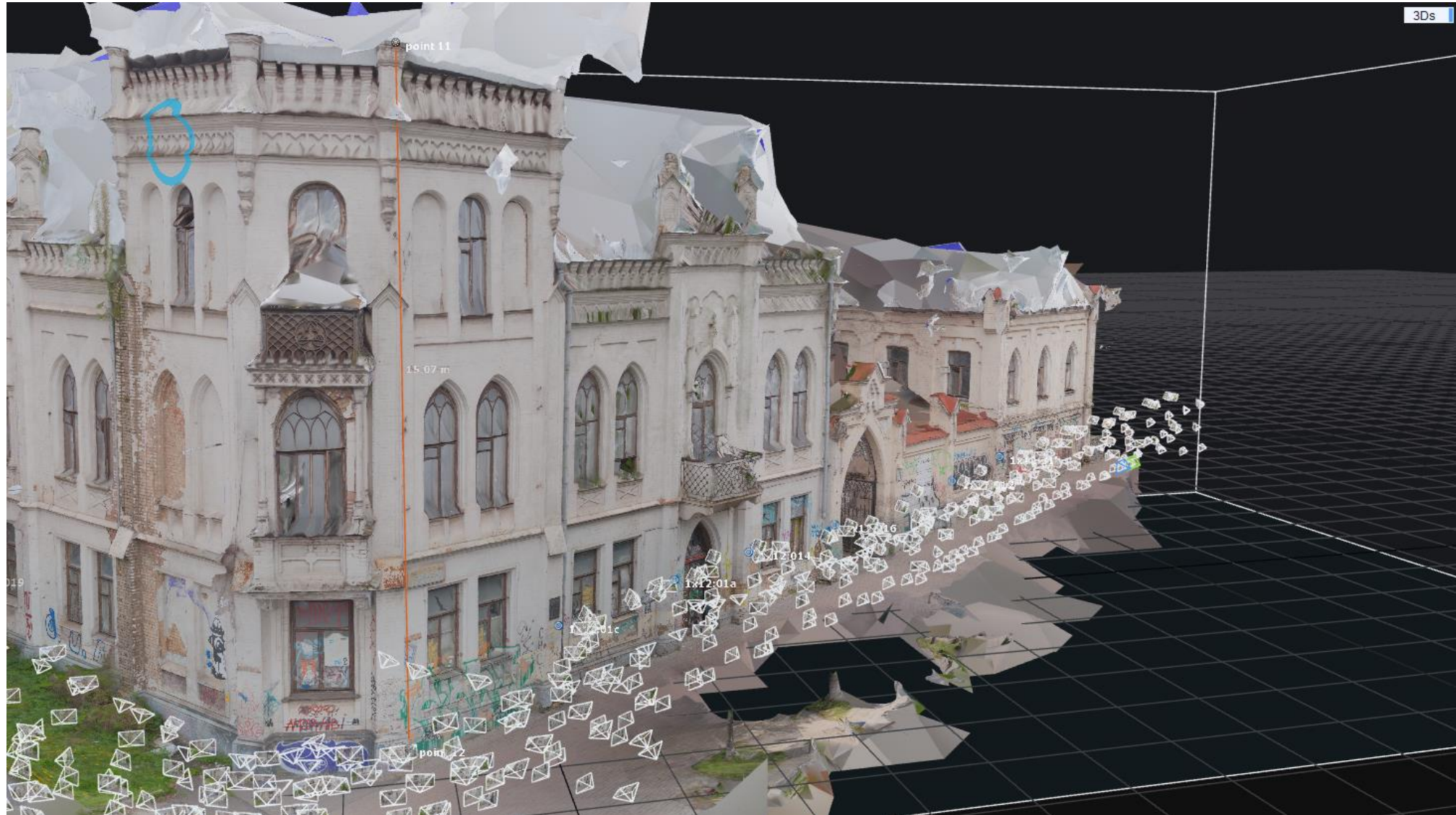


Результат вимірів відстані в програмі Reality Capture 1.4



Результат вимірів відстані в програмі Reality Capture 1.4

Відображення контрольних точок висоти споруди у програмі Reality Capture 1.4 (15,07 м)



Відображення контрольних точок висоти споруди у програмі Reality Capture 1.4

Відносна похибка (δ) результату вимірювання дорівнює відношенню абсолютної похибки до виміряного значення фізичної величини.

Результати порівняння довжин, виміряних в натурі та на моделі представлені нижче (табл. 3.1):

Таблиця 3.1

Результати порівняння довжин, виміряних в натурі та на моделі

№	Номери відстаней	Довжини, виміряні в натурі	Довжини, виміряні на моделі	dX	dY	СКП
1	3-6	4.692	4.582	-0.110	-0.110	0.0002722
2	6-1	3.529	3.444	-0.085	-0.085	0.0003556
3	1-10	4.484	4.421	-0.063	-0.063	0.0024969
4	10-5	4.933	4.850	-0.083	-0.083	0.0004702
5	12-9	4.847	4.796	-0.051	-0.051	0.0044809
6	9-8	3.560	3.498	-0.062	-0.062	0.0026402
7	8-4	4.895	4.745	-0.150	-0.150	0.0053389
8	2-11	4.017	3.979	-0.038	-0.038	0.0072802
9	1-9	15.322	15.079	-0.243	-0.243	0.0418569
Середнє арифметичне значення відхилення довжин, м				-0.008	-0.008	
СКП одиниці ваги, м				0.008		

За результати дослідження встановлено, що середня квадратична похибка одиниці ваги складає 0,085 метра. Довжини, виміряні в натурі, були визначені з точністю до 0.001 м за допомогою рулетки першого класу точності. Отже, можна зробити висновок, що відстані, виміряні програмою, в цьому конкретному випадку є придатними для використання. Це можна пояснити тим, що обробка програмним забезпеченням була виконана на середньому рівні продуктивності. Також важливим фактором було те, що для оптимального розрахунку одиниці СКП потрібно мінімум від 13 вихідних значень для отримання кращих результатів. Але за браком марок було отримано 9 вихідних значень.

Практичні рекомендації щодо подальшого використання отриманих результатів



Фотограмметрію активно використовують у роботі архітектори, геодезисти, картографи, вчені, спеціалісти з виготовлення макетів.



Приклад оформлення креслення споруди за отриманими результатами з програми Reality Capture 1.4

Висновки

Наземна фотограмметрія являється одним з найбільш ефективних та доступних методів цифрової фіксації стану архітектурних та археологічних пам'яток. Застосування її технології дозволить охопити більшу кількість об'єктів та забезпечити високу деталізацію їх тривимірного моделювання, що сприятиме подальшим дослідженням та якісним реставраційним роботам.

Для цього у змісті роботи були розкриті основні характеристики предметної сфери моделювання об'єктів культурної спадщини.

А саме був зроблений:

- аналіз нормативно-правового забезпечення щодо цифровізації об'єктів культурної спадщини;
- аналіз методів наземної фотограмметрії для моделювання тривимірних об'єктів;

Були проведені обґрунтування методу наземної фотограмметрії та технічного забезпечення для виконання робіт. Визначені основні етап дослідження. А також обґрунтування вибору методу наземної фотограмметрії.

Розкриті значення технічного забезпечення для виконання робіт. Були проведені практичні роботи по зніманню.

Збереження та відновлення об'єктів культурної спадщини є важливим завданням для будь-якої держави, оскільки вони становлять неоціненну історичну та культурну цінність.

Фотограмметрія як метод вимірювання об'єктів за допомогою фотографій відіграє все більш значну роль у цій галузі. Збереження та відновлення об'єктів культурної спадщини є важливим завданням для будь-якої держави, оскільки вони становлять неоціненну історичну та культурну цінність.

Дякую за увагу!