

ВИЗНАЧЕННЯ АСИМЕТРІЇ У ДЕТАЛЯХ АРХІТЕКТУРНИХ ПАМ'ЯТОК

В. Глотов, Ю. Кордуба

Національний університет "Львівська політехніка"

Ключові слова: архітектурні пам'ятки, цифрове знімання, цифрова фотограмметрична станція, асиметрія архітектурних деталей.

Постановка проблеми

Архітектурні пам'ятки постійно зазнають руйнівного впливу сил природної цивілізації, а тому вимагають ремонту через певні проміжки часу. Якщо йдеться про пам'ятки архітектури, то реставраційні роботи потрібно виконувати з особливою старанністю й робити це з урахуванням ряду моментів. Потрібно вести інвентарне знімання відповідно до чинного стандарту.

Великого значення набуває системність ведення документації на наявні пам'ятки архітектури, не пов'язаної з потребами будівництва, а швидше необхідної для інвентаризації. Отримані матеріали утворюють основу для проведення ремонтних або відновлювальних будівельних робіт у випадку руйнувань.

Матеріали для виконання зазначених вище завдань швидко, з невеликими матеріальними витратами та ручної праці, можна отримати за допомогою наземних фотограмметричних методів. Порівняно з класичним геодезичним зніманням, фотограмметрія має численні переваги [3]:

- не потрібно підніматися на будівельні споруди;
- немає необхідності у будівництві риштування;
- тривалість польових робіт скорочується;
- цифрові знімки є документами, що характеризують реальний стан і демонструють всі видимі деталі та пошкодження;
- обробити знімки можна вдруге, якщо виникають сумніви або потрібно більше інформації.

Застосування фотограмметричних методів має великі економічні переваги, які залежать від характеру об'єкта і насамперед від технічних характеристик використовуваних знімальних приладів.

Одним із основних завдань фотограмметрії в архітектурі є виконання архітектурно-будівельних обмірювань із метою реконструкції й реставрації будинків, а також в науково-дослідних цілях. Прийнято в практиці, що залежно від призначення архітектурно-будівельні обмірювання поділяються на схематичні, архітектурні й архітектурно-археологічні.

Продуктивність праці щодо обмірних робіт зі складними спорудами із застосуванням фотограмметрії зростає до 10–15 разів і більше, причому чим складніша споруда, тим більше підвищується продуктивність робіт. Порівняльний аналіз планів і фасаду споруд, отриманих фотограмметричним методом, із планами, здобутими за натурними вимірюваннями, показує повну перевагу фотограмметричного методу за всіма техніко-економічними показниками: точніс-

тю, повнотою зображень, культурою й безпекою праці тощо. Отже, перевага застосування фотограмметрії для обмірних робіт в архітектурі беззаперечна.

Зв'язок із важливими науковими й практичними завданнями

Ця задача передовсім пов'язана з виконанням архітектурних обмірів, які необхідні для встановлення втрачених креслень пам'ятки, реконструкції та реставрації споруд, а також при вивченні цих об'єктів, виготовленні моделей та макетів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, що стосуються вирішення цієї проблеми

У запропонованій роботі [6] цифрове знімання застосовується з метою складання планів споруди (фронтальний план та інтер'єр церкви XII ст.) для реставраційних робіт. Наведено результати досліджень під час реконструкції церкви Св. Домінго в Іспанії. Сьогодні вона майже зруйнована. Для реконструкції використовувалось декілька фотограмметричних методів та приладів: аналітичні та цифрові плотери, метричні, напівметричні та неметричні камери (аналогові та цифрові). Виконане стереоскопічне знімання нормального та конвергентного випадків. Використано фотограмметричний та неметричний сканери. У результаті створено фронтальні та площинні плани з монтажу трансформованих знімків. Моделювання та структурний аналіз деформацій стін та зводів виконані для підтримки остаточного проекту реставрації.

Автори здійснили досить об'ємний та коректно поставлений експеримент: порівняльний аналіз цифрової неметричної камери з фототеодолітом УМК. Однак і в цьому випадку результати, отримані цифровою камерою, не могли конкурувати з метричною, оскільки не повністю була врахована дисторсія об'єктива.

Ефективною технологією для забезпечення відсутніх даних про фасади будинків є отримання зображень з наземних знімків і проектування їх на полігонально побудовані фасади створених моделей, що підкреслено в працях [4, 5]. Оскільки ручний метод отримання планів та їх відповідне розміщення займає багато часу, то пропонується автоматичний метод, що використовує візуалізацію сучасних 3-D графічних електронних планів. Отже, проблема отримання планів може розв'язуватись з використанням графічних алгоритмів, які сьогодні реалізуються за допомогою програмного забезпечення і тому доволі оперативні. Як тільки частина будівлі або навіть фасаду відображена на поодинокому знімку, визначають самооклюзії будівель і виконують знімання декількох фотографій з різних положень для того, щоб відтворити кінцеві зображення текстур. Для досягнення високої якості

текстур оперативно враховують дисторсію об'єктива камери, використовуючи програми піпксельного врахування, які виконуються у програмних модулях графічної обробки.

Невирішені частини загальної проблеми

Під час реставраційних робіт часто виникає завдання поновлення симетричних елементів пам'яток, зокрема скульптурних груп, ліпнини, колонад віконних прорізів тощо. Для цього здебільшого застосовують безпосередні виміри, що значно зменшує ефективність робіт та технологічність процесів. Один із відомих – спосіб визначення асиметрії елементів оздоблення архітектурних пам'яток під час реставраційних робіт, який полягає у тому, що проміри елементів на фасадах або інтер'єрах будівель виконують мірною стрічкою [7]. У цьому способі на фасаді або інтер'єрі вимірюють послідовно розміри об'єктів (вікна, ліпнина тощо), порівнюючи отримані виміри між собою або з розмірами на кресленні.

Інший спосіб ефективніший, оскільки застосовується стереофотограмметричний метод: на стереомо-

делі провадять безпосередні вимірювання кількісних параметрів симетричних об'єктів. Але і цей спосіб має недолік, який полягає у відсутності безпосереднього порівняльного аналізу елементів.

Постановка завдання

Запропонувати методику виявлення асиметричності архітектурних елементів та виконати порівняльний аналіз точності запропонованого способу.

Виклад основного матеріалу

Щоб правильно розв'язати поставлену задачу, необхідно передовсім провести попередній розрахунок точності й теоретично довести дієвість запропонованої технології.

Попередній розрахунок точності виконаємо, щоб довести можливості застосування цифрового стереофотограмметричного методу для складання топографічних планів у масштабі 1:50. Відповідно у нашому випадку скористаємося формулами [2]:

$$\begin{aligned}
 m_{x\phi} &= \frac{Y_\phi}{f} x_l \cdot \left[\left(\frac{m_{x_l}}{x_l} \right)^2 + \left(\frac{m_p}{p} \right)^2 + \left(\frac{x_l}{pf} \cdot m_{\Delta\alpha} \right)^2 + \left(\frac{x_l z_l}{fp} \cdot m_{\Delta\omega} \right)^2 + \left(\frac{z_l}{p} \cdot m_{\Delta\chi} \right)^2 + \left(\frac{x_l}{f} \cdot m_v \right)^2 \right]^{1/2}, \\
 m_{Y_\phi} &= Y_\phi \cdot \left[\left(\frac{m_p}{p} \right)^2 + \left(\frac{x_l^2}{fp} \cdot m_{\Delta\alpha} \right)^2 + \left(\frac{x_l z_l}{fp} \cdot m_{\Delta\omega} \right)^2 + \left(\frac{z_l}{fp} \cdot m_{\Delta\chi} \right)^2 + \left(\frac{x_l}{f} \cdot m_v \right)^2 \right]^{1/2}, \\
 m_{z_\phi} &= \frac{Y_\phi}{f} z_l \cdot \left[\left(\frac{m_{z_l}}{z_l} \right)^2 + \left(\frac{m_p}{p} \right)^2 + \left(\frac{x_l}{pf} \cdot m_{\Delta\alpha} \right)^2 + \left(\frac{x_l z_l}{fp} \cdot m_{\Delta\omega} \right)^2 + \left(\frac{z_l}{p} \cdot m_{\Delta\chi} \right)^2 + \left(\frac{x_l}{f} \cdot m_v \right)^2 \right]^{1/2},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де x_l, z_l – максимальні координати на зображенні, $x_l = 11$ мм, $z_l = 7$ мм; $f = 55$ мм – фокусна віддаль цифрової знімальної камери; p – середнє значення паралаксу на стереопарі: 3.2 мм, $Y_\phi = 50$ м, $m_{x_l} = m_{z_l} = m_p = 0.005$ мм, $m_{\Delta\alpha} = m_{\Delta\omega} = m_{\Delta\chi} = m_v = 3^0$.

Відповідно отримуємо $m_{x\phi} = 10,2$ мм;

$m_{Y_\phi} = 20,2$ мм; $m_{z_\phi} = 2,8$ мм.

Згідно з наведеними обчисленнями відзначимо, що вони відповідають другому класу точності архітектурних обмірів, а відтак можна зробити висновок, що ці значення не перевищують інструктивних.

Об'єктом дослідження був боковий фасад головного корпусу Національного університету "Львівська політехніка" (див. рисунок).

Як відомо, довжина базису B залежить від віддалі Y , у нашому випадку віддаль до об'єкта 50 м, тоді довжина базису відповідно – 6 м. Знімання виконували "з руки" цифровою камерою Canon EOS 450D, зі сталою фокусною віддаллю 55 мм, за мінімального значення кутів (фактично моделювався плановий випадок знімання) і дисторсії об'єктива камери [1].

Застосовуючи абрис з нанесеними опорними точками та електронний тахеометр TCR405 Ultra, визначили координати опорних та контрольних точок об'єкта. Загалом визначено 9 опорних і 7 контрольних точок.

Для створення фронтального плану виконано підготовчі роботи (вікна "Камера" та "Опора"), орієнтування зображень (вікно "Зовнішнє орієнтування") та безпосередньо складання фронтального плану (програмний пакет Digitals). Точність орієнтування становила відповідно:

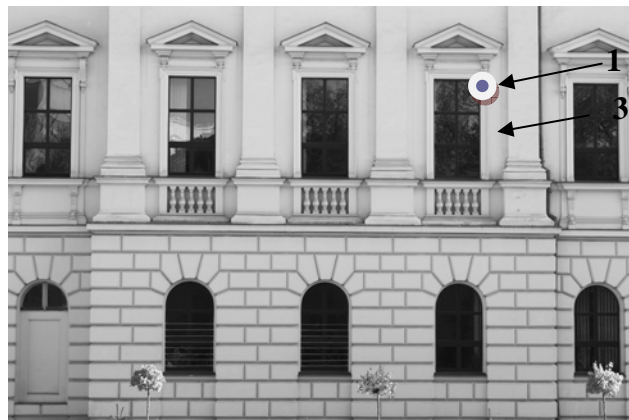
$$m_{x\phi} = 5.578 \text{ мм}, m_{Y_\phi} = 5.608 \text{ мм}, m_{z_\phi} = 15.561 \text{ мм}.$$

У ракурсі поставленого завдання пропонуємо спосіб, який дає змогу безпосередньо визначати асиметрію частин споруди (див. рисунок). Він відрізняється від попереднього тим, що замість отримання моделі при вимірах об'єктів одержують псевдомодель: марку лівого знімка (1) візують на точку одного елемента (3), праву марку (2) на точку симетричного елемента (4) правого знімка. Якщо частини повністю симетричні, спостерігатиметься стереоефект по всій площі деталі, а у випадку асиметрії виникатиме відповідний паралакс.

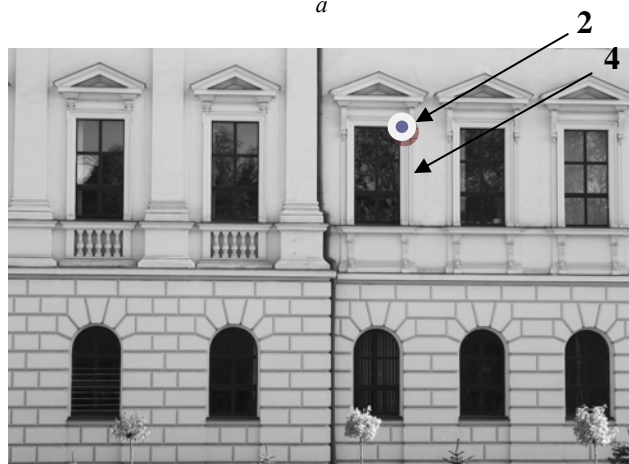
З метою апробації запропонованого способу на створеному фронтальному плані вибрано 60 контрольних ліній для визначення асиметрії деталей споруди. В таблиці подано довжини ліній на одній деталі та довжини аналогічних ліній на симетричній деталі (елементи оздоблення вікон). Аналізуючи різниці цих ліній, необхідно відзначити, що максимальне розходження досягає 180 мм, відповідно мінімальне не перевищує 20–30 мм. І в першому, і в другому випадку це говорить про те, що ці дані перевищують допустиму точність визначення координат точок запропонованим методом, а відтак ним можна виявляти асиметрію.

Довжини та різниці контрольних ліній

№	L, м	L', м	Δ , м
1	1,628	1,65	-0,022
2	1,617	1,619	-0,002
3	1,51	1,523	-0,013
4	1,498	1,528	-0,03
5	2,685	2,699	-0,014
6	0,479	0,491	-0,012
7	2,151	2,142	0,009
8	0,39	0,393	-0,003
9	1,945	1,945	0
10	1,588	1,582	0,006
11	1,038	1,049	-0,011
12	0,7	0,69	0,01
13	0,983	0,983	0
14	0,808	0,924	-0,116
15	0,256	0,254	0,002
16	2,532	2,517	0,015
17	0,101	0,098	0,003
18	2,307	2,309	-0,002
19	0,848	0,847	0,001
20	0,215	0,21	0,005
21	2,088	2,083	0,005
22	2,191	2,214	-0,023
23	2,424	2,434	-0,01
24	1,035	1,024	0,011
25	1,151	1,131	0,02
26	1,206	1,181	0,025
27	1,384	1,391	-0,007
28	1,832	1,808	0,024
29	1,635	1,615	0,02
30	1,408	1,401	0,007
31	0,837	0,838	-0,001
32	1,53	1,467	0,063
33	1,841	1,797	0,044
34	1,209	1,21	-0,001
35	0,441	0,434	0,007
36	0,792	0,808	-0,016
37	0,614	0,653	-0,039
38	0,249	0,266	-0,017
39	0,277	0,27	0,007
40	0,832	0,842	-0,01
41	0,435	0,436	-0,001
42	0,486	0,496	-0,01
43	0,571	0,579	-0,008
44	0,221	0,209	0,012
45	0,469	0,483	-0,014
46	0,459	0,483	-0,024
47	0,816	0,808	0,008
48	0,275	0,254	0,021
49	0,451	0,472	-0,021
51	0,45	0,447	0,003
52	0,453	0,466	-0,013
53	1,261	1,272	-0,011
54	0,455	0,451	0,004
55	0,852	0,857	-0,005
56	0,861	0,877	-0,016
57	0,863	0,684	0,179
58	0,821	0,813	0,008
59	0,688	0,693	-0,005
60	1,745	1,78	-0,035



а



б

Стереопара цифрового зображення:
а – лівий знімок; б – правий знімок

Висновки

1. У результаті експериментально-дослідницьких робіт створено фронтальний план об'єкта та на його основі апробовано запропонований спосіб визначення асиметричності архітектурних деталей споруди.
2. За допомогою порівняльного аналізу було доведено, що точність виявлення асиметрії деталей архітектурних пам'яток відповідає апріорній оцінці точності, а відтак можна застосовувати запроповану технологію для реставраційних робіт пам'яток архітектури.
3. На перспективу плануємо автоматизувати процес виявлення асиметрії у деталях споруд.

Література

1. Глотов В.М. Вдосконалений спосіб визначення дисторсії цифрових знімальних камер / В.М. Глотов, В.В. Чижевський // Науково-технічний журнал "Вісник геодезії та картографії". – К., 2005. – № 2(37). – С. 42–45.
2. Глотов В.М. Апріорна точність складання фронтальних планів методом сумісного використання лазерного сканування та наземного цифрового знімання / В.М. Глотов, К.Б. Смолій // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS- і GIS-технології: зб. наук. матер. XIV Міжн. наук.-техн. симпозіум (Алушта, вересень 2009). – Львів, 2009. – С. 172–176.

3. Катушков А.Т., Сердюков В.М. та ін. Прикладна фотограмметрія.
4. Kada Martin. Hardware-based texture extraction for building facades // The international archives of the remote sensing and spatial information sciences. XXXV congress ISPRS. Istanbul. – 2004. – P. 420–426.
5. Kersten Th., Acevedo Pardo C., Zindstatdt M. 3-D acquisition modeling and visualization of North German castles by digital architectural photogrammetry congres. – 2004. – P. 127–132.
6. Mataa E., Cardenala J., Castroa P., Delgadoa J., Hernandeza M. A., Perez J.L., Ramos M., Torresa M. Digital and analytical photogrammetric recording applied to cultural heritage. A case study: “St. Domingo de silos’ church (XIVth Century, alcala la real, Spain)” // The international archives of the remote sensing and spatial information sciences. XXXV congress ISPRS. Istanbul. – 2004. – P. 455–461.
7. Wiedemann A. Handbuch Bauwerks-vermessung. Birkhauser Verlag, Postfach 133, CH-4010 Basel, Schweiz, 2004. – 315 p.

Визначення асиметрії у деталях архітектурних пам’яток

В. Готов, Ю. Кордуба

Запропоновано цифровий стереофотограмметричний спосіб визначення асиметрії деталей архітектурних

пам’яток з використанням неметричних камер. Подано результати апробації та зроблено відповідні висновки про можливість застосування способу для виконання реставраційних робіт архітектурних пам’яток.

Определение асимметрии в деталях архитектурных памятников

В. Готов, Ю. Кордуба

Предложен цифровой стереофотограмметрический способ определения асимметрии деталей архитектурных объектов с использованием неметрических камер. Приведены результаты апробации и сделаны соответствующие выводы о возможности применения способа при реставрационных работах архитектурных памятников.

Definition asymmetry of details of architectural monuments

V. Glotov, Y. Korduba

Digital stereophotogrammetrical method of determining asymmetry the details of architectural monuments with using non-metric cameras using was proposed. The results of aproval are showing and appropriate conclusions about the possibility of using the method of restoration works of architectural monuments are made.

Антарктида – terra incognita

Дослідження гравітаційного поля, топографії океану та рухів земної кори в регіоні Антарктики

- результати дослідження гравітаційного поля і топографії океану Антарктики супутниковими методами
- методики побудови моделі гравітаційного поля, гравіметричного квазігеоїда, аномального потенціалу Антарктики
- інтерпретація кінематики та деформацій земної кори Антарктиди

Марченко О.М.
 ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАВІТАЦІЙНОГО ПОЛЯ, ТОПОГРАФІЇ ОКЕАНУ ТА РУХІВ ЗЕМНОЇ КОРИ В РЕГІОНІ АНТАРКТИКИ
 Монографія/ О.М. Марченко, К.Р. Третяк, А.Я. Кульчицький, Ю.І. Голубінка, Д.О. Марченко, Н.П. Третяк.
 Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 308 с.
 ISBN 978-617-607-206-5