

Висновки. 1. Апріорна оцінка точності цифрового наземного знімання підтвердили можливість застосування цифрового стереофотограмметричного методу для складання планів більшості території Дністровської ГЕС.

2. Застосування цифрового знімання значно підвищило об'єктивність відображення рельєфу прилягаючої території, оскільки він в більшості своїй території спотворений техногенною діяльністю.

3. Знімання цифровою камерою безпосередньо греблі дало також можливість детально відобразити всі недоступні місця споруди.

4. Порівняльний аналіз точності за контрольними точками отриманими при тахеометричній зйомці підтвердив можливість застосування наземного цифрового знімання для складання великомасштабних планів гідротехнічних споруд.

5. Запропонована методика створення великомасштабних планів Дністровської ГЕС надала можливість оперативної, об'єктивної та з необхідною точністю скласти плани цього об'єкту.

1. Алчинов А.И., Баландин С.В., Кекелидзе В.Б. Наземная цифровая фотосъемка // Научно-технический журнал «Геопрофи» 2006. - №4. - С.13-15. 2. Глотов В.М. Визначення координат орієнтирів та цілей цифровим стереофотограмметричним методом // Збірн. наук. праць „Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва” – Львів. - 2001. - С. 118-121. 3. Глотов В.М. Визначення дисторсії цифрових знімальних систем // Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Частина 1. - 2004. - Випуск 4(28). - С. 207-213. 4. Глотов В.М. Особливості цифрового знімання при створенні великомасштабних планів Антарктичного узбережжя в районі станції „Академік Вернадський” // Наук.-техн. журн. „Вісник геодезії та картографії”. - Київ. - 2005 р. - № 3. - С.22-25. 5. Глотов В. Технологія цифрового фототеодолітного знімання для складання топографічних планів у масштабі 1:1000 Антарктичної станції Вернадський // Збірн.наук. праць «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». - Л. - 2004. - С. 264-268. 6. Кацарский И.С. О цифровой фотограмметрии и перспективах ее применения. // Научно-технический журнал «Геопрофи» 2006. - №6. - С.4-8. 7. Коева М.Н., Петрова В.П., Жечев Д.В. Возможности неметрических камер в наземной фотограмметрии. // Научно-технический журнал «Геопрофи» 2003. - №4. - С.19-21. 8. Лобанов А.Н. Фотограмметрия. - М.: Недра, 1984. - 552 с. 9. Топографо-геодезична та картографічна діяльність законодавчі та нормативні акти Частина 1. К., ТОВ "АНТЕКС" 2000р. 10. Топографо-геодезична та картографічна діяльність законодавчі та нормативні акти Частина 2. К., ТОВ "АНТЕКС" 2002р.

УДК 528.72/73

К. Смолій

Національний університет "Львівська політехніка"

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АРХІТЕКТУРНИХ ОБМІРІВ ЦИФРОВИМ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ ТА НАЗЕМНИМ ЛАЗЕРНИМ СКАНУВАННЯМ

© Смолій К., 2009

Представлен критический анализ современных технологий составления планов фасадов архитектурных памятников с помощью цифровой съемки и лазерного сканирования.

Critical analysis of modern technologies for creation of plans of building facades of architectural heritages using digital and laser scanning is presented in the paper.

Постановка проблеми. В теперішній час інтенсивно виконуються заходи по реставрації пам'яток архітектури. Для виконання цих робіт необхідно в першу чергу створити фронтальні та при необхідності інтер'єрні плани будівлі. Способів і засобів створення фронтальних та інтер'єрних планів на сьогоднішній день є достатньо велика кількість. В останні декілька років для реалізації цієї задачі почали використовувати дистанційні цифрові та лазерні методи. Ці методи є відносно новими і технологія отримання кінцевого результату, а саме планів і 3D моделей, є ще недостатньо розробленою та оптимізованою. Тому актуальним є задача зробити аналіз сучасного стану технологічних особливостей цих методів та засобів їх реалізації.

Зв'язок з важливими науково-практичними завданнями. Для вирішення архітектурно-реставраційних робіт необхідним є детальний і точний фронтальний план споруди, ось чому так важливо обрати оптимальний метод його побудови. Отже, дослідження цих методів дасть можливість в подальшому оперативно надавати необхідні матеріали реставраторам та архітекторам.

Невирішені частини загальної проблеми. Технологічна схема аналізу методів застосування лазерного сканування і цифрового наземного знімання ще не достатньо відпрацьована, як із точки зору теоретичних так і практичних засад, а зокрема: зв'язок між системами координат лазерного сканування та цифрового знімання, які виникають при орієнтуванні зображень і впливають на точність отриманих координат фронтальних планів, спряженість між інформативністю цифрових зображень та «хмари точок» отриманих наземним лазерним сканером.

Постановка завдання. Виконати критичний аналіз літературних джерел в яких висвітлюються технологічні процеси, способи та алгоритми складання фронтальних планів з допомогою наземного лазерного сканування і цифрового знімання. Зробити відповідні висновки.

Виклад основного матеріалу. У роботі [2] приведено застосування наземного лазерного сканера при виконанні реставраційних робіт. Об'єкт реставрації - Знаменська церква (Росія). Для виконання відповідних робіт необхідні були креслення для подальшої відбудови. Сканування виконували з чотирьох точок стояння сканера: три точки в середині споруди і одна – ззовні. Слід відзначити, що процесу сканування суттєво перешкоджали риштування, дошки та інші будівельні матеріали, адже процес реставрації вже розпочався.

На етапі обробки результатів сканування чотири «скани» об'єднували в один, для цього під час виконання процесу встановлювали спеціальні контрольні марки, а потім по ним сполучили «хмари точок» в одну сукупність. Автори статті підкреслюють, що саме опрацювання результатів сканування є громіздким процесом, а одним з найскладніших етапів обробки є викреслювання контурних ліній, оскільки процедуру виконати досить складно, адже з усієї множини точок необхідно відібрати ті, що належать заданій контурній лінії. Ще однією складністю яку довелось вирішувати виконавцям процесі обробки було викреслювання кривих ліній, тому що для них немає готових шаблонів і оператор мав створювати їх сам.

Аналізуючи матеріали роботи необхідно відзначити, що риштування були відскановані і потрапили в загальну «хмару точок». Для створення фронтального плану безумовно необхідно вилучати цей масив точок. Однак, при вилученні цього масиву виникнуть «білі плями» для знешкодження яких необхідно робити додаткові обміри.

У публікації [1] висвітлено процес виконання наземного лазерного сканування будинку купця Мешкова в місті Пермі (Росія) та особливості створення 3D моделі будинку.

Об'єкт мав складну форму та велику кількість ліпнин і декоративних елементів, що не дозволяло виконати обробку результатів сканування в автоматичному режимі. 3D побудову виконано в програмному пакеті AutoCAD. Особливістю побудови даної моделі є те, що за допомогою різних операцій 3D-моделювання будівлю поділили на фрагменти правильної геометричної форми, аналогічно також зробили і з декоративними елементами.

Подібний спосіб обробки є громіздкою процедурою. Геометрично неправильні тіла подібними методами створюватися не можуть, тому для їх побудови необхідно використовувати інші методи побудови. Слід також звернути увагу на те, що для зменшення кількості даних і легшої їх обробки необхідно регулювати крок сканування.

У статтях [3, 10] акцентується увага на тому, що при виконанні наземного лазерного сканування необхідно проводити відповідні геодезичні виміри. За допомогою тахеометричної зйомки визначають координати допоміжних марок, які використовуються для об'єднання «хмар точок», отриманих з різних станцій сканерного знімання, в одну. Ще одним додатковим засобом є цифрове знімання, його виконують для подальшого простішого дешифрування контурів та декоративних елементів споруд, адже кольорове відображення сканера не є достатньо інформативним.

Як видно з матеріалів публікацій інформація, яка отримується за допомогою лазерних сканерів не є достатньо інформативна і потребує додаткових обмірів.

У наступній публікації [6] представлені роботи архітектурних зйомок кафедрального собору м. Мілану (Італія), з допомогою сучасних технологій, і створення інформативної системи з базою даних, яка використовується для створення плану реставрації і розробки методів по підтримці собору, в тому числі окремих архітектурних деталей, у робочому стані при мінімальному інтервенційному втручанні.

Засобами зйомки цієї пам'ятки архітектури були:

- лазерне сканування фасадів з отриманням «хмари точок» з точністю їх розміщення 10-25 мм, виконане сканером з точки стояння на відстані 90 м від фасаду, результатом чого було встановлення їх ортокарт;
- цифрова наземна фотограмметрична знімання виконане з допомогою 2-х фотокамер, встановлених на стаціонарних кранах висотою 65 м, в результаті чого були отриманні стереопари, по яким виконана просторова реконструкція поверхні даху і верхньої частини фасаду в мм 1:100 і 1:20;
- цифрова фотограмметрична технологія, яка використовує одну фотокамеру, змонтована на пересувній металічній опорі, результатом якої стали просторові моделі верхньої частини фасадів з дрібними архітектурними деталями, м 1:10.
- Для діагностичних досліджень стану споруди використані: георадіометр, випромінюючий радіохвилі, які потрапляють в середину матеріалів стін собору на глибину до 0,5 м, в результаті чого отримана «радіокарта» стану матеріалів, в тому числі положення тріщин, місць відсутності внутрішніх мармурових кам'яних блоків і їх заміни цегляною кладкою, виконаною в різні епохи; теплограф, який вимірює потужність ІЧ-радіації випромінюваної матеріалом, що дозволило визначити його склад і стан.

Даний спосіб сумісного використання всіх цих методів є достатньо інформативний та представив детальну інформацію про всі декоративні елементи даного об'єкту, а їх була величезна кількість, та суттєво спростив роботу архітекторів. Але слід відзначити, що для виконання такого комплексу робіт необхідні великі матеріальні та виробничі затрати.

Ще одна технологія 3D-моделювання архітектурних споруд запропонована у роботі [5]. Автори створили 3D-модель мосту на річці Lama S. Giorgio, що протікає на півдні Італії. Польові роботи виконувалися в три етапи. Перший етап включав в себе створення геодезичної мережі навколо об'єкту та визначення координат контрольних точок на його поверхні. Роботи виконувалися електронним тахеометром Topcon IS (Image Station). Другим етапом робіт було виконання лазерного сканування. Для сканування використали

наземний лазерний сканер Leica HDS-3000. Прилад запрограмували на роботу з кроком 5 мм і кутом сканування 90° для дрібних деталей споруди та з більшим кроком і кутом сканування 180° для об'єкту в цілому. Результати сканування були зібрані в один загальний файл, а після попередньої обробки, об'єкт був розділений на секції і подальше редагування виконувалося для кожної частини окремо. Слід зазначити, що обробка виконувалася в програмному пакеті Cyclone. Третім етапом було сканування об'єкта за допомогою Topcon IS (Image Station), але з отриманням значно меншої кількості точок. Завершальним етапом даного експерименту було порівняння координат точок об'єкту отриманих з результатів лазерного сканування сканером Leica HDS-3000 та з сканування Topcon IS.

Отже точність отримання координат з застосуванням Topcon IS становить 10 см і є не відповідає II-му класу архітектурних обмірів.

Автори публікації [4, 8, 9] створили 3D-модель стіни в місті Cáceres (Іспанія). Для створення моделі виконали комплекс польових робіт використовуючи GPS-технології, цифрову камеру та лазерних сканер, а також стереопари, плани та старі знімки деяких інтер'єрів. Під час виконання польових робіт дослідники зіткнулися з рядом перешкод, а саме в будинках, що з'єднані зі стіною живуть люди та частини стіни знаходиться на пішохідній вулиці, тому постійно потрібно було слідкувати щоб люди та їх машини не потрапляли в об'єкти сканера. Ще однією трудностю при виконанні польових робіт була потреба відтворення справжнього кольору стіни, адже на ділянках об'єкту постійно утворювалися тіні, тому для таких ділянок роботу виконували в першу та останню годину дня і знімання проводили цифровою само-метричною камерою. Отже для даного проекту оптимальною методикою є комбінація лазерного сканування та цифрової фотограмметрії. Слід зазначити, що комбінація цих методів дозволила створити точну 3D копію цієї історичної пам'ятки та віртуальний путівник по її поверхні.

Таким чином інформація отримана з результатів лазерного сканування не є достатньо інформативна і тому необхідно проводити комплекси додаткових робіт, які б дозволили отримувати справжній колір об'єкту.

Ще однією методикою збору вихідної інформації для побудови 3D-моделі є виконання цифрового знімання за допомогою гелікоптера [7, 10]. Для цього на модель гелікоптера із дистанційним керуванням встановлюють цифрову камеру. Керування гелікоптером виконують за допомогою монітора комп'ютера.

Але слід зазначити, що дистанційний гелікоптер не забезпечений навігаційними давачами і його керування не може виконуватися в автоматичному режимі і тому необхідно безперервно слідкувати за його польотом. Основним же недоліком того, що гелікоптер не оснащений цими датчиками є те, що в кінцевому результаті отримується не регулярна форма блоку зображення і це в подальшому суттєво ускладнює процес камеральної обробки зображень, а саме на процес орієнтування зображень.

Висновки.

1. Аналізуючи розглянуті публікації, необхідно відзначити, що обрана тематика є актуальною на сьогоднішній день та досить широко висвітлюється в сучасних публікаціях.
2. Під час виконання лазерного сканування на об'єктах, які вже реставруються, в поле зору об'єктива сканера потрапляють фрагменти рихтувань та інших добудов. Після вилучення цих фрагментів з «хмари точок» залишаються «білі плями», тому щоб потім заповнити ці плями доцільним є паралельне виконання цифрового наземного знімання.
3. Реставраторам суттєво знати справжнє забарвлення об'єкту, а це не завжди можливо, якщо використовувати лише лазерний сканер, тому необхідно виконувати наземне цифрове знімання.

4. В подальшій роботі планується розробити оптимальну технологію створення фронтальних планів споруд для виконання реставраційних робіт при застосуванні наземного цифрового знімання та лазерного сканування.

1. Богдане Е.С., Кривенко А.А., Мусихин В.В. Создание трехмерной модели архитектурного объекта по данным наземного лазерного сканирования. *Геопрофи* 4'2007. С. 50-52. 2. Дружинин М.Ю. Создание трехмерных чертежей церкви по данным наземного лазерного сканирования. *Геопрофи* 2'2007. С. 17-19. 3. Рой Д.Н. Опыт применения метода наземного лазерного сканирования для работ в области историко-культурного наследия. *Геопрофи* 2'2007. С. 20-23. 4. Campana S., Sordini M., Rizzi A. 3D modeling of a Romanesque church in Turcanu: archaeological aims and geomatics techniques 5. Caprioli M., Scognamiglio A. Low cost methodology for 3D modeling and metric description in architectural heritage 6. Giunta G., Di Paola E., Castiglione B. Innovative 3D information system for the restoration and the preventive maintenance plan of the Milan Cathedral. *Proc. SPIE*. 2004. 5239, с. 296-305. 7. Jang Ho Sik, Lee Jong Chool, Kim Myung Sik, Kang In Joon, Kim Cha Kyum Construction of national cultural heritage management system using RC helicopter photographic surveying system// *The international archives of the remote sensing and spatial information sciences. XXXV congress ISPRS. Istanbul, 2004* у 8. Ortiz P., Matas M. Experiences about fusioning 3D digitalization techniques for cultural heritage documentation in Caceres Wall (Spain). 9. Pietroni E., Rufa C., Forte M. embodied virtual communities: a new opportunity for the research in the field of cultural heritage. 10. Scaioni M., Barazzetti L., Brumana R., Cuca B., Fassi F., Prandi F. RC-heli and structure & motion techniques for the 3-D reconstruction of a Milan Dome spire or. 11. Visintini D., Siotto E., Menean E. 3D modeling of the st. Antony abbot church in S. Daniele Del Friuli (I)^ from laser scanning and photogrammetry to RML/X3D model.

УДК 528.1:519.246

Б. Пряха

Київський національний університет будівництва і архітектури

ПРО ЗВ'ЯЗОК ДИСПЕРСІЙ ТА КОВАРІАЦІЙ

© Пряха Б., 2009

Обґрунтовано дві теореми теорії точності вимірювань

Two theorem of the theory accuracy measurements are substantiated

Постановка проблеми. При розв'язанні актуальних завдань збереження і моніторингу довкілля, в тому числі ландшафтного середовища, приходиться мати справу з випадковими процесами. Оцінюючи стани випадкового процесу визначають нев'язки вимірів, досліджують дисперсії, коваріації випадкових величин.

Для будь-яких двох (не обов'язково незалежних) величин X, Y [1]:

$$D(X \pm Y) = D(X) + D(Y) \pm 2Cov(X, Y) \quad (1)$$

(закон додавання дисперсій)

$$Cov(X, Y) = K_{XY} = E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)] = E(XY) - \mu_X \mu_Y \quad (2)$$

(коваріації X і Y).

Для опрацювання геодезичних, фотограмметричних вимірювань важливо виявити особливість дисперсій нев'язок вимірів, зв'язок дисперсій і коваріації системи випадкових величин.