

СТВОРЕННЯ ЗНАКІВ ДЛЯ ТРИВИМІРНИХ РЕАЛІСТИЧНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ PHOTOMODELER SCANNER

Вступ. Зміст тривимірних реалістичних картографічних моделей передається за допомогою тривимірних позначень. Вони передають якісні і кількісні характеристики об'єктів місцевості, а їх розміщення формує образ місцевості. Виготовлення позначень є важливою частиною процесу створення тривимірної моделі. Якщо всі об'єкти є в наявності, тривимірну модель можна виготовити за кілька робочих днів.

Аналіз останніх публікацій на цю тему. Аналіз досліджень свідчить, що для побудови тривимірних моделей нетипових об'єктів використовуються трудомісткі виробничі процеси або дороге обладнання. Автори статей [4, 6, 13] описують використання лазерних сканерів для потреб геодезії і архітектури. Дослідження [5] описує картографування озер способом панорамної цифрової стереозйомки за допомогою неметричної цифрової камери. Робота [8] описує використання GPS-вимірювань для визначення деформацій бортів крупних кар'єрів. Авторський колектив [11] рекомендує використовувати лазерне сканування для побудови ЦМР для відтворення цифрової моделі місцевості для планування зон перспективного будівництва.

Photo Modeler належить до новітніх програм і є першою у своєму класі. Оскільки вона ще не набула поширення, публікації про її застосування відсутні. Також немає літератури як на українській чи російській, так і на англійській мовах. Для вивчення її автор ознайомився з довідкою, що постачається з демонстраційною версією програми [14].

Постановка проблеми. Кожен об'єкт можна індивідуально змоделювати і призначити йому відповідні текстури, виготовлені методом фотографії. Але для економії часу автор пропонує типові і численні об'єкти місцевості показувати однаковими тривимірними позначеннями. Кількість таких об'єктів на вихідній карті бути значною (до тисячі), тому зразок повинен містити мінімальну кількість полігонів, але при цьому візуально бути схожим на відповідний об'єкт місцевості. Тому його виготовляють вручну за допомогою редакторів тривимірної графіки. Вони дають можливість контролювати кількість полігонів і отримані позначення можуть мати об'єм приблизно 100 Кбайт. Про

те, як автоматично розмістити тривимірні позначення на поверхні ЦМР викладено у статті [9].

Проте під час створення моделей місцевості трапляються одиничні об'єкти, які важко змодельовати в тривимірних редакторах. Це споруди, які мають специфічну структуру (геодезичні пункти на скелях, пам'ятники) або нетипову архітектуру (церкви, костьоли). До них належать також об'єкти зі складною поверхнею чи рельєфом (яри, кар'єри, терикони, насипи доріг) тощо. Під час виготовлення моделей мської території показують кожну будівлю, що передбачає величезний об'єм роботи. **Мета** статті – описати процес напівавтоматичного виготовлення тривимірних позначень складних об'єктів.

Терміни й визначення. *Центр зображення* – це точка, яка утворюється від перетину оптичної осі об'єктива з матрицею камери.

NURBS – тип згладженої кривої, яка є складовою частиною контурного об'єкта або NURBS-поверхні, що математично описується як неоднорідний раціональний B-сплайн (Non-Uniform Rational B-Spline – NURBS). Форма кривої визначається контрольними точками, які розташовуються безпосередньо на ній (point curve) або за її межами (cv curve) [2].

Фейс – мінімальний трикутний елемент сітчастої оболонки геометричного тіла [3].

Виклад матеріалу дослідження. На сьогодні в Україні мають місце чотири способи виготовлення тривимірних моделей об'єктів. Перший полягає у застосуванні геодезичних методів, другий – це знімання за допомогою цифрового лазерного сканера, третій – моделювання із використанням засобів фотограмметрії і фототопографії, а четвертий – робота безпосередньо в середовищі тривимірних редакторів. Зйомка чисто геодезичними методами трудомістка і пов'язана з труднощами безпосереднього доступу до об'єктів. Знімання фотограмметричним способом має неприйнятну вартість робіт і тривалість отримання результатів. Такі ж недоліки має класичне фототеодолітне знімання. Найбільш повний просторовий опис об'єкта можна отримати із застосуванням лазерного сканування. Але існує, як мінімум, три причини, які обмежують застосування сканерів:

- лазерні сканери дуже дорогі, а тому недоступні широкому колу користувачів;
- результати сканування, представлені "хмарою точок", займають занадто великий об'єм у пам'яті комп'ютера і потребують обробки у спеціалізованому програмному забезпеченні;
- більшість промислових і житлових будівель не мають складних архітектурних форм, які би потребували настільки густу сітку точок, яку формують лазерні сканери.

Сучасні цифрові технології дозволяють зменшити вартість і мінімізувати час виготовлення тривимірного позначення. Використання програми PhotoModeler Scanner забезпечує результат,

подібний до тривимірного лазерного сканування.

PhotoModeler – це програмне забезпечення, яке працює у середовищі Windows і призначене для вимірювання та моделювання природніх і штучних об'єктів за допомогою їх фотографій. PhotoModeler Scanner базується на програмі PhotoModeler і включає додаткові можливості роботи з текстурованими поверхнями для створення густішого набору точок. Це найповніша реалізація програми [14].

Для роботи можна використовувати цифрову неметричну фотокамеру. Як правило, на цифрових непрофесійних фотокамерах встановлено об'єктив, що допускає зміну фокусної відстані і відстані фокусування. В такому разі фотографування здійснюється з постійним фокусуванням і в крайньому положенні трансфокатора. Професійні камери допускають встановлення різних об'єктивів, тому можна встановити об'єктив з постійною фокусною віддаллю і вручну виставити фокус. Ці характеристики не повинні змінюватись під час фотографування. Також бажано застосовувати штатив [4].

Виготовлення тривимірної моделі об'єкта складається з наступних частин.

Калібровка фотокамери. Під час цього процесу створюється опис камери, що включає фокальну відстань, збільшення (трансфокацію), координати центра зображення і дисторсію. Ця інформація використовується для побудови відповідних геометричних зв'язків між точками на фотографіях і відповідними точками у тривимірному просторі. Дані про камеру зберігаються у проекті. Нову камеру чи камеру з іншим об'єктивом потрібно заново калібрувати.

Калібровка здійснюється двома шляхами. Перший полягає у введенні інформації про камеру і створення файлу параметрів останньої. Ці дані можна отримати з документації до пристрою або з матеданих фотографій.

Другий спосіб полягає у створенні фотографій контрольної шкали [1] (її ще називають *тестовою діаграмою* [7]) і програмної обробки фотографій. Його бажано застосовувати, якщо використовується плівкова фотокамера, а цифрові фотографії отримують шляхом сканування проявлених плівок.

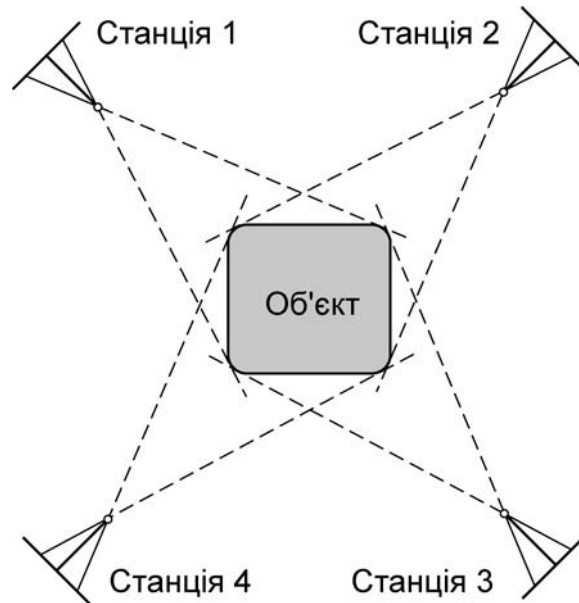
Камеру можна і не калібрувати, але в такому разі потрібні мати на знімках об'єкти з відомими розмірами і положенням.

Наступний крок – **планування роботи**. В проектах, які містять багато фотографій, кожна точка (а також кожний структурний елемент – крива, ребро чи сегмент) повинні бути на двох або більшій кількості фотографій. Саме тому позиції фотографування повинні бути заздалегідь визначені. Краще спланувати і зробити більшу кількість фотографій, ніж їх потрібно для проекту. Планування допоможе уникнути необхідності дознімання.

Далі потрібно виготовити знімки з різних ракурсів того об'єкта, на який виготовляється модель.

Під час **фотографування** слід дотримуватись наступних вимог.

1. Під час зйомки невеликих об'єктів кути між сусідніми знімками повинні бути близькими до 90 градусів (мал. 1). В такому разі кожен знімок матиме спільні точки з іншими.

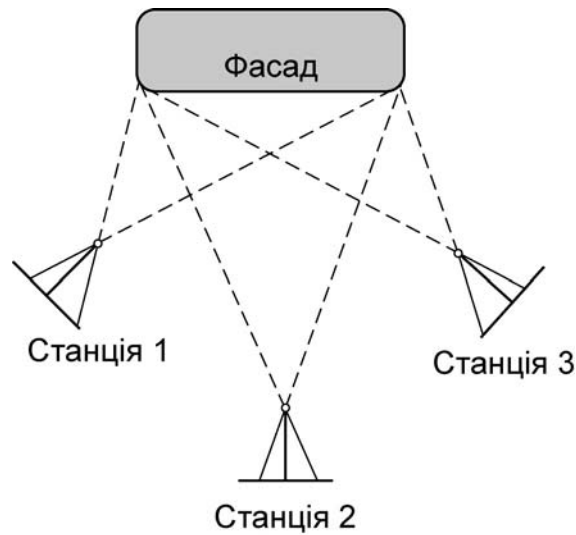


Мал. 1. розташування станцій під час фотографування невеликого об'єкта

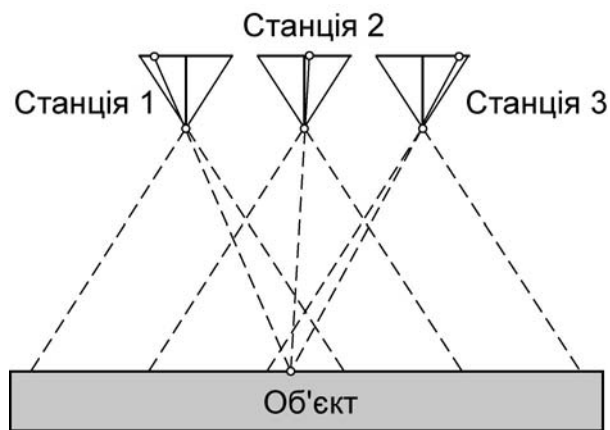
2. Кожна точка об'єкта має зобразитися як мінімум на двох знімках, бо для того, щоб визначити її координати, програмі потрібно як мінімум дві фотографії. Оптимальна кількість фотографій – три-чотири (з них 2 мають бути зроблені з нижніх, а 2 – з верхніх точок). Оскільки неможливо з абсолютною точністю вказати характерні точки об'єкта на знімках, збільшення їх кількості сприятиме підвищенню точності. Наприклад, для побудови моделі фасаду будівлі слід зробити три фотографії (мал. 2).

Під час фотографування довгих об'єктів між знімками повинно бути потрібне перекриття. Це сприяє покращенню вихідних умов прямої фотограмметричної засічки, яка здійснюється по знімкам для кожної точки, сукупність яких визначає структурні елементи модельованого об'єкта [12]. Це також підвищує точність (мал. 3).

Зйомка будівель здійснюється з землі і дахів сусідніх споруд. Особливу увагу слід приділити знімкам з верхніх точок, бо об'єкти тривимірної моделі користувач спостерігає за допомогою камери, розташованої у верхній її частині.



Мал. 2. Фотографування фасаду



Мал. 3. Фотографування протяжного об'єкта

3. Кожне положення камери має бути зафіксованим на кількох знімках (потрібно робити надлишкові фотографії). Під час обробки може з'ясуватися, що даний знімок вийшов неякісним (розмитий або неправильно експонований). З кількох зображень вибирається найкраще за якістю і використовується для побудови моделі. Це дозволить заощадити час, потрібний на повторне фотографування об'єкта.

4. У частині кадрів мають бути об'єкти, розмір яких можна точно встановити. По ним після закінчення побудови масштабується модель.

5. Слід використовувати фотографії з найбільшою роздільною здатністю, яку дозволяє отримати камера. Якщо планується сканувати плівкові знімки, слід визначити їх роздільну здатність і виставити її під час сканування. Збільшення її понад міру не сприятиме точності, а програма працюватиме нестабільно. Також слід вимкнути на цифровій камері такі функції, як автостабілізація,

авторозвернення, збільшення контрастності. Камера для кожного знімка індивідуально визначає ці параметри. Якщо потрібно зробити фотографії більш контрастними, можна скористатись відповідним графічним редактором, застосувавши автоматичний режим. Тоді всі параметри для фотографій будуть однаковими. Детальніше про це написано у [10].

Завантаження і первинна обробка знімків. Всі операції щодо обробки знімків слід виконувати засобами PhotoModeler. Не слід розвертати частину знімків за допомогою сторонніх програм, наприклад Photoshop. Всі геометричні зміни зображень засобами PhotoModeler заносяться у файл проекту. Це підвищує стабільність роботи в середовищі програми і звільняє від зайвої роботи, оскільки потрібно вказати, що знімок розвернуто.

Безпосередньо побудова тривимірної моделі. Цей процес складається з трьох частин.

1. Вибір камери. З-поміж всіх зареєстрованих потрібно вибрати ту камеру, яка використовувалась, інакше це позначиться на точності. Знімки, за допомогою яких калібрувалась камера і фотографії об'єкта мають бути отримані одним методом за однакових умов.

2. Орієнтування фотографій. Під час орієнтування ми вказуємо програмі, що дві чи більше різних фотографій відповідають одному структурному елементу на моделі. Тобто проставляємо точки з однаковим номером на всіх фотографіях, що містять обрану характерну ділянку на об'єкті. Чим більше точок позначити, тим більше структурних одиниць матиме модель. Чим краще точки розподілені по поверхні об'єкта, тим вищою буде якість вимірювань і моделі.

3. PhotoModeler Scanner може автоматично встановлювати структурні точки на знімках. Але цей процес потрібно контролювати.

4. Створення тривимірної моделі. Програма PhotoModeler може будувати тільки каркас, що містить тільки нанесені точки і автоматично призначає утвореним поверхням текстури. PhotoModeler Scanner аналізує фотографії об'єкта і шукає точки, які корелюють між собою. Якщо обрана точка не лежить в площині, що утворена структурними елементами, то програма додає її до каркасу. За результатами вимірювань утворюється "хмара точок". Між точками генеруються поверхні, грані та вершини – основні складові сітки-каркасу тривимірної моделі.

5. На об'єкті, який служить масштабним еталоном, проставляються розміри, після чого сама модель набуває реальної величини.

Останній етап – експорт даних. Створену тривимірну модель передають в САПР-програму чи редактор тривимірної графіки.

Оцінка точності. Загальна формула така: $\Delta x = \frac{d \cdot l_x}{p_x \cdot f} \cdot m$ (1), де

Δx – середньоквадратична похибка отриманих координат точок об'єкта в метрах;

d – середня відстань до об'єкта, м.;

l_x – розмір датчика зображення (довша сторона), мм;

p_x – кількість пікселів по більшій стороні датчика зображення;

f – фокусна віддаль об'єктива, мм.

m – середньоквадратична похибка визначення положення точок в пікселях, яку вираховує програма.

Відповідно для оцінки точності по вертикалі можна використати таку формулу:

$$\Delta y = \frac{d \cdot l_y}{p_y \cdot f} \cdot m \quad (2)$$

Значення, обраховані за формулами (1) і (2) не будуть значно відрізнятись. Наприклад, якщо для фотографування використовували фотоапарат Nikon D5000 Kit з об'єктивом 18-55 VR, виставленим на максимальне наближення (фокусна віддаль $f = 55$ мм), розмір матриці 23,6×15,8 мм, максимальна роздільна здатність 4288×2848, а середньоквадратична похибка визначення координат точок у пікселях складає 1,97, то:

$$\Delta x = \frac{d \cdot l_x}{p_x \cdot f} \cdot m = \frac{20 \cdot 23,6}{4288 \cdot 55} \cdot 1,97 = 2,001 \times 10^{-3} \text{ м або } 2,00 \text{ мм.}$$

$$\Delta y = \frac{d \cdot l_y}{p_y \cdot f} \cdot m = \frac{20 \cdot 15,8}{2848 \cdot 55} \cdot 1,97 = 2,017 \times 10^{-3} \text{ м або } 2,02 \text{ мм,}$$

що пояснюється деякою асиметричністю розміра пікселів датчика зображення.

В паспорті деяких фотоапаратів фокусна віддаль об'єктива, приведена до розміру 35-мм плівки, наприклад 35-105 мм (Nikon Coolpix 3700). В такому випадку розмір датчика потрібно вказувати як 35×26,25 мм.

Кут між сусідніми пікселями фотоапарата складе:

$$\alpha = \left(\arctg \frac{l_x}{f} \right) / p_x = \left(\arctg \frac{23,6}{55} \right) / 4288 = 19,49''.$$

Це значення приблизно рівне куту між сусідніми точками сканування одного з найдорожчих лазерних сканерів Leica HDS4400 (20").

Висновки. Використання програми PhotoModeler Scanner дозволяє економити значні кошти і робить доступним процес виготовлення тривимірних реалістичних картографічних моделей забудованих територій невеликим організаціям і окремим фахівцям.

Перспективи дослідження. Розробка технології виготовлення тривимірних моделей штучних

об'єктів по їх фотознімкам робить суттєвий вклад у розвиток фототопографії. В подальшому ця технологія може конкурувати з процесом лазерного сканування, оскільки не потребує використання дорогої апаратури і може забезпечити схожий результат.

Література

1. *Айсманн К., Дугган Ш., Грей Т.* Цифровая фотография. Искусство фотосъемки и обработки изображений. 2-е изд.: Пер с англ. – СПб.: ООО "ДиаСофтЮП", 2005. – 49 с.
2. *Бурлаков М. В.* 3ds Max 2009. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2009. – 1035 с.
3. *Бурлаков М. В.* 3ds Max 2009. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2009. – 1051 с.
4. *Гельман Р. Н., Никитин А. В.* О стереофотосъемке фасада здания // Геодезия и картография. – 2008. - № 1. – 29 с.
5. *Гельман Р. Н., Шахмина М. С.* Картографирование ледниковых озер способом панорамной цифровой стереосъемки // Геодезия и картография. – 2009. – № 10. – С.: 21 – 25.
6. *Макаров А. А.* Построение трехмерных моделей зданий и сооружений для целей паспортизации объектов недвижимости // Геодезия и картография. – 2007. - № 11. – 40 с.
7. *Милберн К., Рокуэлл, р, Чемберс М.* Цифровая фотография. Библия пользователя. 2-е изд.: М.: Изд. дом "Вильямс", 2004. – 53 с.
8. *Мурзайкин И. Я., Мурзайкин В. И.* Использование методов спутниковых измерений при определении деформаций бортов крупных карьеров // Геодезия и картография. – 2009. – № 10. – С.: 17 – 19.
9. *Орещенко А. В.* Створення тривимірних реалістичних моделей у програмі 3ds Max // Вісн. геодез. та картогр. – 2009. – № 6. – С. 35-40.
10. *Пономаренко С. И.* Adobe Photoshop 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – С.: 703-727.
11. *Применение наземного лазерного сканирования для планирования зон перспективного строительства / Комиссаров А. В., Середович А. В., Середович В. А., Дементьева О. А.* // Геодезия и картография. – 2009. – № 10. – С.: 13 – 16.
12. *Скиридов А. С.* Стереофотограмметрия. 2-е доп. изд. М.: Изд. геодезической и картографической литературы, 1959. – 10 с.
13. *Удовик Л., Глущенко В.* Наземное лазерное сканирование: очевидные преимущества // Геопрофиль. – 2009. – №2. – С.: 42 – 45.

Интернет-джерела

14. о. <http://www.photodeler.com/products/pm-scanner.htm>

А. В. Орещенко

СОЗДАНИЕ ЗНАКОВ ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ РЕАЛИСТИЧЕСКИХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ PHOTODELER SCANNER

Резюме

В статье упомянуто четыре способа изготовления трехмерных моделей природных и искусственных объектов. Описано процесс изготовления такой модели с помощью программы PhotoModeler Scanner. Обозначено преимущества использования этой программы. Перераховано форматы сохранения данных для передачи полученной модели во внешние приложения.

A. Oreshchenko

CREATING OF SIGNS FOR THREE-DIMENSIONAL REALISTIC CARTOGRAPHIC MODELS USING PHOTODELER SCANNER PROGRAM

Summary

There are mentioned four ways for creating 3D models of natural and artificial objects. The process of model creating using PhotoModeler Scanner is described. It is signed the using advantages of the program. The data store formats for transfer received model into exterior programs.