

# ЗАГАЛЬНІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ КАРТОГРАФІЇ

УДК 528.44

**Варуша А. С.**

Університет новітніх технологій

## СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧНИЙ МЕТОД СТВОРЕННЯ КАРТ

Проведений аналіз передових методів створення карт на сучасних аналітичних та цифрових фотограмметричних приладах, подані способи оцінки точності виконаних робіт, розкриті шляхи впровадження нових сучасних методів обробки стереозображень на прикладі надточної цифрової фотограмметричної станції «Дельта».

**Ключові слова:** стереофотограмметричний метод, векторизація, ЦФС «Дельта».

**Вступ.** Цифрова фотограмметрична станція в сучасному представленні – це система технічних та програмних засобів, яка дозволяє отримувати кінцеву фотограмметричну або картографічну продукцію.

Базовим технічним засобом є потужний персональний комп'ютер, на якому обробляють цифрові знімки. До комп'ютера додається оптична система або поляризаційні окуляри-фільтри для можливого стереоскопічного розгляду та вимірювання стереопари, візуалізованої на екрані комп'ютера. Для переміщення зображень використовують оптичний маніпулятор – «мишу».

Програмне забезпечення є серцевиною технології цифрової

фотограмметрії. Чим розгалуженішим і потужнішим воно є, тим більші технологічні можливості має станція. Вважається, що типова фотограмметрична станція дозволяє реалізувати такі процеси:

- створення топографічних карт та планів;
- побудова мереж фототріангуляції;
- побудова цифрових моделей рельєфу;
- створення цифрових ортофотопланів чи карт.

Саме ці обставини вимагають від виконавця проведення аргументованих розрахунків кількості опорних точок та планування всього комплексу робіт з прив'язки знімків.

**Вихідні передумови дослідження.** Сучасне топографо-геодезичне виробництво потребує впровадження найбільш ефективних і високопродуктивних методів, які б замінили трудомісткі польові процеси при складанні топографічних карт і планів та при вирішенні інших народногосподарських задач. Одним з напрямків автоматизації геодезичних робіт є впровадження і удосконалення фотограмметричних методів.

Фотограмметричні методи безконтактного дистанційного вимірювання мають широкі можливості і значну перевагу над іншими методами вимірювань при дослідженні недоступних об'єктів, динамічних процесів, коли потрібно вимірювати велику кількість точок.

Сучасні методи фотограмметрії дозволяють отримати високу точність вимірювань та велику продуктивність праці, тому що вимірюють не самі об'єкти, а їхнє фотографічне зображення. Інформація про об'єкти є цілком об'єктивною і може зберігатися протягом довгого часу.

**Мета.** Дослідження узагальнених технологічних схем створення карт стереофотограмметричним методом, а також аналіз ефективності їх створення. Визначення необхідності застосування більш різноманітного програмного забезпечення для створення векторної карти з метою заощадження часу та більш точного відображення об'єктів місцевості.

**Виклад основного матеріалу.** Будь-яка робота по створенню картографічної основи починається із фотографування земної поверхні аерофотоапаратом з повітряного носія, яким може бути літак чи гелікоптер. Цей процес фотографування має назву аерофотозйомка місцевості.

Лінію, що є траєкторією польоту літака під час фотографування, називають маршрутом. Якщо ця лінія пряма, то маємо прямолінійний маршрут; також існують криволінійний та ламаний маршрути. Якщо фотографування велось у межах одного маршруту, то це маршрутне аерофотознімання. Якщо фотографують певну територію з кількох паралельних маршрутів, то маємо багатомаршрутну АФЗ.

Залежно від кута нахилу  $\alpha$  аерофотокамери під час знімання розрізняють АФЗ:

- горизонтальне, кут нахилу дорівнює нулю ( $\alpha = 0$ );
- планове, якщо кут нахилу не перевищує  $3^\circ$  ( $|\alpha| < 3^\circ$ );
- перспективне, при куті нахилу, більшому від  $3^\circ$  ( $|\alpha| > 3^\circ$ ).

Залежно від масштабу аерофотознімків розрізняють:

- дрібномасштабну АФЗ, масштаб знімків 1:50000 і дрібніше;
- середньомасштабну АФЗ, масштаб знімків знаходиться в межах від 1:50000 до 1:10000;
- великомасштабну АФЗ, масштаб більший від 1:10000.

Аерофотозйомку проводять з використанням чорно-білої, спектральної або кольорової фотоплівки. Для топографічних цілей доцільно застосовувати кольорову плівку, бо такі знімки значно інформативніші. Спектральною плівкою використовують для розв'язання задач нетопографічного призначення, наприклад, виявлення захворювання лісів, забруднення територій або акваторій.

Для виконання АФЗ потрібна аерофотокамера та спеціальна допоміжна апаратура, яка дозволяє витримувати всі параметри та вимоги до АФЗ. Політ літака відбувається дуже швидко і людина не завжди встигає вносити відповідні корективи як в траєкторію польоту, так і в положення камери. Сучасний стан розвитку електроніки, радіотехніки, супутникової навігації дозволив повністю автоматизувати процес аерофотозйомки. Для прикладу можна згадати розроблену фірмою Leica (Швейцарія) аерофотознімальну систему ASCOT (Aerial Survey Control Tool) – дослівно «засіб для контролю за аерофотозніманням». Це багатофункціональна система, що дозволяє проектувати АФЗ, виконувати знімання згідно з проектом, автоматично витримувати навігаційні параметри АФЗ, фіксувати просторові координати аерофотокамери в момент фотографування.

Отже, аерофотозйомка виконується прямолінійними і

рівнобіжними маршрутами з напрямками захід-схід або північ-південь та обов'язково при відсутності хмарності.

Після завершення процесу фотографування потрібно виконати планово-висотну прив'язку аерофотознімків – це технологічний процес, що проводиться для отримання деякої кількості опорних точок з польових робіт.

Для виконання таких процесів як трансформування знімків, геодезичне орієнтування фотограмметричної моделі, побудова фототріангуляційних мереж та інших, необхідні опорні точки.

Опорна точка – це точка місцевості або будь-якого об'єкта фотознімання, для якої визначені геодезичним методом просторові координати у заданій абсолютній чи «геодезичній» системі координат та яка розпізнана на аерофотознімку. Сукупність цих точок є геодезичною основою для проведення камеральних фотограмметричних робіт. Якщо відомі всі три координати  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , то опорну точку називають планово-висотною; якщо визначені планові координати  $X, Y$ , то це планова опорна точка, а якщо відома лише висота  $Z$ , то це висотна опорна точка.

Найчастіше використовують планово-висотні опорні точки, а два інші типи (планові та висотні) в сучасній практиці майже не використовують.

Отже, прив'язка знімків включає в себе:

- розпізнавання контурної точки об'єкта (місцевості) на знімку;
- проведення геодезичних робіт для визначення координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  сукупності опорних точок.

Опорними точками можуть бути:

- натуральні об'єкти з чітко окресленими контурами, які безпомилково розпізнаються на знімках;
- замарковані перед аерофотозніманням точки на місцевості спеціальними знаками правильної геометричної форми; такі точки пізніше на знімках розпізнаються безпомилково.

У залежності від вимог, які ставляться до топографічного плану або карти, а також від визначеної технології виробництва робіт, виконують суцільну або розріджену прив'язку. При суцільній прив'язці кожна стереопара або аерофотознімок забезпечується необхідною кількістю опорних точок.

Планово-висотна прив'язка складається із таких основних процесів:

- складання проекта робіт;
- маркування опознаків;
- розпізнавання і оформлення опознаків;
- польові геодезичні роботи.

Створення топографічних карт чи планів, побудова цифрових моделей місцевості та інші задачі, що розв'язуються фотограмметричними способами, вимагають наявності густої мережі опорних точок для орієнтування кожного аерофотознімка або стереопари (моделі). Отримувати координати опорних точок польовими способами здебільшого не виправдане, бо польові роботи завжди дорожчі від камеральних. Часом територія може бути недоступна для польових робіт або перешкоджатимуть несприятливі погодні умови.

Якщо для фотограмметричних побудов використовують аерофотознімки, то маємо аерофототріангуляцію. Саме вона набула найбільшого практичного поширення і тому надалі розглядатимемо саме цей спосіб.

Виконавши взаємне орієнтування для кожної стереопари, отримаємо геометричну модель і для цього, як відомо, опорні точки не потрібні. З'єднання сусідніх моделей здійснюється за допомогою зв'язкових точок, що лежать в зоні потрібного перекриття знімків.

Для обробки великої кількості отриманої інформації у результаті фотографування та планово-висотної прив'язки з метою подальшого створення карти, зазвичай, використовують цифрові фотограмметричні станції «Дельта».

В сучасному представленні – це система технічних та програмних засобів, яка дозволяє отримувати кінцеву фотограмметричну або картографічну продукцію.

Базовим технічним засобом є потужний персональний комп'ютер (іноді два), на якому (яких) обробляють цифрові знімки. До комп'ютера висувають високі вимоги стосовно оперативної та дискової пам'яті, швидкодії, розміру графічного екрана. До нього додається оптична система (стереоскоп) або поляризаційні окуляри-фільтри для можливого стереоскопічного розглядання та вимірювання стереопари, візуалізованої на екрані. Для переміщення зображень використовують сервоприводи зі штурвалами або пристрій типу «мишка» (стандартний технічний засіб введення).

Програмне забезпечення є серцевиною технології цифрової

фотограмметрії. Чим розгалуженішим і потужнішим воно є, тим більш технологічні можливості має станція. Вважається, що типова фотограмметрична станція дозволяє реалізувати такі процеси:

- створення топографічних карт та планів;
- побудова мереж фототріангуляції;
- побудова цифрових моделей рельєфу;
- створення цифрових ортофотопланів чи карт.

Цифрова фотограмметрична станція «Дельта» призначена для обробки аерокосмічних знімків з метою отримання картографічних оригіналів, цифрових карт, планів місцевості і ортофотопланів.

Цифрова фотограмметрична станція «Дельта» дозволяє створювати ортофотоплани різних масштабів.

Блок-схема одержання ортофотопланів за цією технологією включає: сканування знімків, визначення планово-висотної основи для стереопар, обробку знімків на ЦФС «Дельта», виготовлення ортофотоплану.

Обробка знімків на ЦФС «Дельта» включає:

1. Введення даних АФА.
2. Введення каталогу опорних точок.
3. Внутрішнє орієнтування (по оптичних мітках).
4. Взаємне орієнтування (мінімум шість точок, оптимально 12 точок).
5. Зовнішнє орієнтування (мінімум 3 точки, рекомендовано 6 точок, максимум 12 точок).
6. Орієнтування планшету (завдання масштабу планшету та координат лівого нижнього кута).
7. Збір чи імпорт ЦММ.
8. Ортофототрансформування з роздільною здатністю 100-600 dpi.
9. Конвертація у формат TIFF або BMP.

Виготовлення ортофотоплану складається з таких процесів:

1. Прив'язка по координатах фотозображення.
2. Обрізка зарамкового оформлення.
3. Зшивання фотозображення.

Вихідними даними для отримання ортофотопланів є:

1. Аерофотознімки (негативи чи позитиви).
2. Паспортні дані аерофотознімальної апаратури.
3. Відскановані (растрові) топографічні плани для визначення

опорних точок на стереопару (блок) та для накладання на змонтований планшет.

4. Дані для імпорту цифрової моделі рельєфу (ЦМР) у вигляді текстового файлу, який містить координати точок (X, Y, Z), що визначені за цифровою картою.

В цифровій фотограмметрії ортофототрансформування виконується з метою перетворення зображення в ортогональну проекцію, в результаті чого будуть усунуті спотворення через нахил знімків і рельєф місцевості.

Якщо цифрова модель вже отримана будь-яким способом, нею можна скористатись при роботі. Якщо її немає, то цифрову модель рельєфу одержують із цифрової моделі місцевості, отриманої складанням на приладі «Дельта» за спеціальною програмою. При цьому цифрове зображення автоматично по відомих елементах внутрішнього та зовнішнього орієнтування переводиться від координат точок нахиленого знімка до координат точок зображення горизонтального аерофотознімка за формулами аналітичного трансформування. Якщо елементи зовнішнього орієнтування невідомі, їх визначають по опорних точках. Отримане неспотворене зображення монтують з різних знімків до єдиного зображення по координатах спільних точок, вводять в зображення рамки листів планів і зводять до потрібного масштабу. Друк фотоплану можна виконати на високоточному принтері з напівтоноювою передачею зображення з екрана монітору перевести на фотопапір або фотоплівку.

**Висновки.** Карта протягом більш ніж двадцятилітньої історії кардинально змінювалася і розвивалася разом із розвитком технологій цифрового картографування і зміною відомчої належності організацій. Адже велика частина інформації про навколишнє середовище сприймається людиною візуально, через зір. Саме на зорове сприйняття розраховані різні картографічні зображення. Карта і в минулому, і сьогодні має надзвичайно широке застосування в господарстві, науці та для різноманітних потреб людей. Вивченням, створенням і практичним використанням карт займається галузь науки, техніки і виробництва – картографія. Вона охоплює широке коло питань і вивчає суть, методи передачі та відображення інформації про природні та суспільні явища картографованої поверхні на площині. Варто зазначити, що сучасні

ГІС зберігають інформацію про реальний світ у вигляді набору тематичних шарів, котрі об'єднанні на основі географічного положення. За допомогою ГІС необхідна для прийняття рішень інформація може відобразитися у лаконічній картографічній формі з додатковими текстовими поясненнями, графіками та діаграмами. Здатність ГІС проводити пошук у базах даних, під'єднувати власні бази, здійснювати просторові запити, безперервно нагромаджувати та коректувати наявні просторові і атрибутивні дані, дозволило багатьом компаніям зекономити значні кошти. Таким чином, якщо раніше авторський оригінал карти викреслювався тушшю, то сьогодні він викреслюється на екрані монітора комп'ютера. Для цього використовують Автоматизовані картографічні системи, створені на базі спеціального класу програмного забезпечення. Наприклад, GeoMedia, Intergraph MGE, ESRI ArcGIS, EasyTrace, Панорама та ін.

Отже, можна зробити такий висновок, що сучасний етап розвитку картографування характеризується масовим впровадженням ГІС-технологій – цифрових методів створення карт. Таке впровадження технологій комп'ютерного укладання карт і ГІС-картографування дозволило зробити кардинальні зрушення у забезпеченні широких верств населення картографічною продукцією масового споживання.

**Рецензент – доктор технічних наук, професор В. Г. Бурачек**

### **Література:**

1. *Бобир, Н. Я.* Фотограмметрия / Бобир Н. Я. – М. : Недра, 1965. – 290 с.
2. *Бобир, Н. Я.* Фотограмметрия. / Бобир Н. Я., Лобанов А. Н., Федорук Г. Д. – М. : Недра, 1974. – 471 с.
3. *Бурштинська, Х. В.* Аерофотографія. / Бурштинська Х.В. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 1999. – 356 с.
4. *Дорожинский, А. Л.* Фотограмметрическое инструментоведение. / Дорожинский А.Л. – Львов : ЛПИ, 1981. – 99 с.
5. *Дорожинський, О. Л.* Аналогічна та цифрова фотограмметрія / Дорожинський О. Л. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2002. – 163 с.



6. *Ильинский, Н. Д.* Фотограмметрия и дешифрирование снимков / Ильинский Н. Д., Обиралов А. И., Фостиков А. А. – М. : Недра, 1986. – 375 с.

7. *Куштин, И. Ф.* Фотограмметрия снимка и стереоскопических моделей / И. Ф. Куштин, Лесков Г. А. – М. : Недра, 1984. – 167 с.

8. *Єгоров, О. І.* Основи фотограмметрії. Навчальний посібник / О. І. Єгоров, Л. І. Іванова. – К. : КНУБА, 2002. – 156 с.

A. С. Варуша

## **СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ КАРТ**

Проведенный анализ передовых методов создания карт на современных аналитических и цифровых фотограмметрических приборах, поданы способы оценки точности выполненных работ, раскрыты пути внедрения новых современных методов обработки стереоизображений на примере сверхточной цифровой фотограмметрической станции «Дельта».

**Ключевые слова:** стереофотограмметрический метод, векторизация, ЦФС «Дельта».

A. Varusha

## **STEREOPHOTOGRAMMETRICAL METHOD OF MAPS CREATING**

The analysis of advanced methods of maps creating on modern analytical and digital photogrammetric instruments is done, methods of accuracy evaluation of the works are highlighted, the ways of implementation of new methods for stereo images processing, by the example of the most accurate digital photogrammetrical station «Delta», are shown described.

**Keywords:** stereophotogrammetrical method, vectorization, DPS «Delta».

Надійшла до редакції 8 березня 2013 р.