

УДК 528.72

ДО ПИТАННЯ ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗОВНІШНЬОГО ОРІЄНТУВАННЯ У ФОТОТРИАНГУЛЯЦІЇ

© Колб І.З., 1999

ДУ “Львівська політехніка”

Представлен обзор существующих технологий определения в процессе аэрофотосъемки элементов внешнего ориентирования. Приведена принципиальная схема технологии с использованием GPS-оборудования. Дан обзор методов построения фототриангуляционных сетей с использованием пространственных координат центров проекций снимков.

The overview of existing technologies of determination the elements exterior orientation is given in this paper. The principal chart of technology by using of GPS- equipment is described. The overview the methods of building block agustment of phototriangulation networks with using spatial coordinates is presented.

Ідея застосування у фотограметричних побудовах елементів зовнішнього орієнтування (е.з.о.) завжди приваблювала. Якщо ці елементи визначені з достатньою точністю, порядок їхнього використання практично еквівалентний застосуванню опорних даних. Це своєю чергою дає змогу скоротити кількість визначуваних в процесі фотограметричного вирівнювання величин, спростити саму процедуру вирівнювання, і в кінцевому результаті проводити фотограметричні побудови без використання наземних опорних даних. Усе наведене відкриває шлях до розробки нових методів фотограметричних побудов (найперше фототріангуляції), більш ефективних порівняно з традиційними. Технологічні схеми таких методів спрощуються за рахунок польової прив'язки аерознімків та пов'язаних з ними робіт.

Дослідження у цій галузі фотограметрії стосуються двох головних напрямків:

- 1) розробки способів високоточного визначення е.з.о. в процесі фотографування об'єкта;
- 2) розробки аналітичних методів для ефективного використання е.з.о. в процесі фотограметричних побудов.

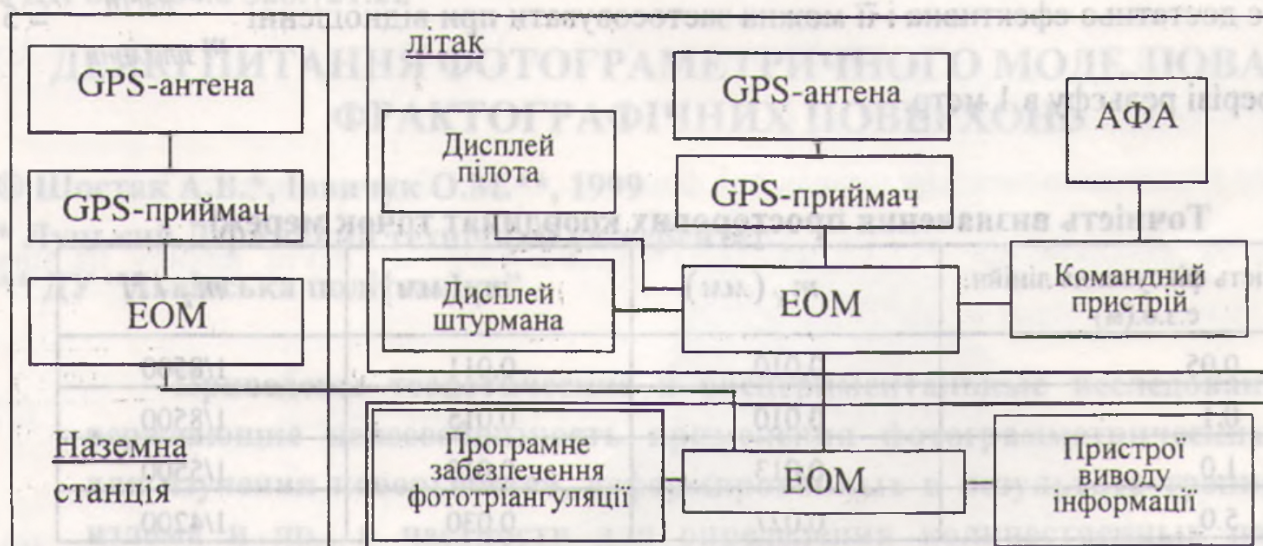
У наземній фотограметрії, як правило, існує можливість високоточного визначення е.з.о. геодезичними методами. Тому зупинимось докладніше на аерознімальних процесах.

Виділяють дві групи методів визначення е.з.о. [1]. В першу групу входять методи, що базуються на використанні опорних точок. Методами другої групи визначають е.з.о. в польоті і вони базуються на застосуванні спеціальних приладів.

Методи першої групи дають змогу знайти е.з.о. в результаті вирішення систем лінійних рівнянь, що виражають залежність між координатами опорних точок на місцевості та відповідних їм точок на знімку (обернена фотограметрична засічка). Математичний апарат цієї задачі докладно подано у підручниках. Практично ці процедури використовуються здебільшого в процесі згущення фотограметричних мереж.

Серед методів другої групи найперше можна виділити два типи технологій. Перша технологія передбачає використання для визначення планових координат центрів прекцій аерофотознімків радіовіддалемірні станції, а для визначення висоти центра проектування використовується процедура аерорадіонівелювання. Така технологія забезпечує точність визначення планових координат центрів проектування порядку 5–8 м. Точність аерорадіонівелювання з використанням статоскопа та радіовисотоміра становить 5 м з врахуванням помилок радіовисотоміра, статоскопа та визначення точки відбиття радіохвилі. При заміні радіовисотоміра лазерним приладом точність підвищується до 1–3 м. Визначення кутових е.з.о. інструментальними методами практично не застосовується. Основним способом тут є не визначення кутових елементів, а утримування аерознімків в горизонтальному положенні за допомогою гіростабілізуючого пристрою. Розробка алгоритмів застосування е.з.о., одержаних за цією технологією, в процедурах фотограметричного вирівнювання розглядається в ряді праць, зокрема, класичній монографії В.І. Павлова [2]. Проте через низьку точність, громіздкість апаратних засобів, загальну низьку ефективність цей метод не набув широкого застосування в топографічному аерофотозніманні.

Інша технологія інструментального визначення е.з.о. в процесі аерознімальних робіт базується на застосуванні супутникових позиційних систем. У період після 1985 року, коли точність визначення координат, що досягається глобальною позиційною системою GPS наблизилась до 0.1 м, стала реальною побудова фотограметричних мереж без використання наземних опорних точок [3]. Сучасні навігаційні аерознімальні системи обладнані засобами визначення місцеположень та забезпечують визначення просторових координат центрів проектування в момент експозиції до 0.01–0.10 м залежно від умов знімання [4,5]. Технічне забезпечення методу передбачає синхронну роботу двох кінематичних GPS-приймачів, один з яких розташований на носії (літаку чи гелікоптері), а інший – на землі, в районі аерознімання. Як правило, такі аерознімальні системи обладнані навігаційною апаратурою та програмним забезпеченням, що дають змогу виконувати аерофотознімання з заданими параметрами. Схему апаратного забезпечення цієї технології фіксування в польоті координат центрів проектування знімків показано на рис.1. Як і в попередій технології, аерознімки утримуються в горизонтальному положенні за допомогою гіростабілізуючого встановлення.



Компоненти аерофотознімальної станції

Математичний апарат для забезпечення технологій визначення е.з.о. з застосуванням GPS розвивається на основі методу зв'язок, задовільняє вимоги точності при обробці знімків практично усіх масштабів [3]. Активно впроваджується спосіб зв'язок з самокалібруванням, що дає змогу будувати фототріангуляційні мережі при застосуванні некаліброваних або частково каліброваних камер [6,7].

Професором О.Л. Дорожинським запропоновано для побудови блочних мереж фототріангуляції при відомих координатах центрів проектування використовувати спосіб зв'язок, доповнений геометричними умовами компланарності, які виникають в блоці аерознімків. При цьому рівняння, сформовані за умовою компланарності використовуються для знаходження кутових е.з.о. З огляду на те, що просторові координати центрів проектування визначаються засобами GPS з високою точністю, поправки у ці елементи в процесі вирівнювання не знаходяться. Така методика дає змогу будувати мережі фототріангуляції без наземної прив'язки знімків [8,9]. Метод перевірений на макетному матеріалі, показав, що є перспективним при побудові високоточних блочних мереж фототріангуляції. Результати порівняльного моделювання [8,9] показали, що представлений метод забезпечує в 1.5–2 рази вищу точність визначення координат точок фототріангуляційної мережі порівняно з традиційним методом зв'язок.

Для оцінки ефективності застосування запропонованого методу проведено моделювання типового блока фототріангуляції, що складається з 15 знімків масштабу 1:10000. Точність фотограметричних вимірів – $m_\phi = 0.01\text{мм}$, фокусна віддаль – $f = 100\text{мм}$, висота фотографування – $H = 1000\text{м}$. У таблиці подані середні квадратичні помилки координат точок мережі та помилки визначення висотних відміток відносно висоти фотографування при різній точності фіксування лінійних е.з.о.

Як видно з таблиці, точність визначення планових координат точок мережі практично наближається до точності фотограметричних вимірів за умови фіксування лінійних е.з.о. не менше 1 м. Навіть при фіксуванні лінійних е.з.о. з точністю до 5 м

методика є достатньо ефективна і її можна застосовувати при відношенні $\frac{m_{\text{КАРТИ}}}{m_{\text{ЗНІМАННЯ}}} = 5$ та при перерізі рельєфу в 1 метр.

Точність визначення просторових координат точок мережі

Точність фіксування лінійн. е.з.о.(м)	m_x (мм)	m_y (мм)	m_z / H
0,05	0.010	0.011	1/8500
0.1	0.010	0.015	1/8500
1.0	0.013	0.018	1/5500
5.0	0.027	0.030	1/4200

Підсумовуючи сказане, зауважимо, що ефективність GPS-підтримки аерофото-знімання доведено виконанням в ряді країн програм топографічного знімання [10,11]. Застосування GPS-підтримки аерознімальних робіт в Україні стримується відсутністю відповідного обладнання. Проте необхідно очікувати в найближчому майбутньому появи в Україні високоточних аерознімальних систем згадуваних вище фірм та розробки аерознімальних комплексів на основі застосування серійних АФА та кінематичних GPS-приймачів. Подібні розробки, поряд з уже існуючим математичним апаратом, здатні значно підвищити ефективність фотограметричних методів як в топографічному виробництві, так і при вирішенні різноманітних інженерних завдань.

1. Лобанов А.Н., Буров М.И., Краснопевцев Б.В. Фотограмметрия. М., 1987.
2. Павлов В.И. Математическая обработка фотограмметрических измерений. Л., 1976.
3. A. Grunn, A. Runge. Genauigkeitsuntersuchungen zur Bundelblocktriangulation mit Selbstkalibrierung ohne Passpunkte // Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik. 1988. Vol.7.
4. Leica-ASCOT. Прочнект фирмы Leica AG, Aerial Visiones Systems, Switzerland, 1996.
5. T-FLIGHT. GPS-Supported Photoflight Management System. Carl Zeiss Geschäftsbereich Photogrammetrie. 1996.
6. ISPRS Annual report 1995. Vienn, 1995.
7. Yuan Xiuxiao, GPS- supported determination of interior orientation elements of aerial camera // International Archives of photogrammetry and R.S. Vol. XXXI, Part B1. P. 213-217.
8. Колб І. Дослідження точності аналітичної блочної фототріангуляції при відомих елементах зовнішнього орієнтування // Геодезія, картографія і аерофотознімання. 1997. № 58. С.218–221.
9. Колб І. Моделювання блочної фототріангуляції при відомих лінійних елементах орієнтування // Вісн. геодезії та картографії. Львів: 1998. № 4. С.41–44.
10. K. Haussteiner. GPS-Einsatz in der Photogrammetrie // Eich-und Vermessungs magazin EVM., Vien, num. 83, 1996.
11. Livio. Aerial Photographic Coverage of Ireland with GPS in 12 days // International Archives of photogrammetry and R.S. Vol. XXXI, Part B1, pp. 154-160.