

Ігор Колб

(Державний університет "Львівська політехніка", Львів)

Застосування класичного методу зв'язок для побудови мереж фототріангуляції передбачає наявність опорної мережі. При цьому елементи зовнішнього орієнтування знімків вважаються невідомими. Сучасний стан технологій вимірювань з застосуванням GPS дозволяє одержувати в польоті лінійні елементи орієнтування знімків з високою точністю. Професором О.Л. Дорожинським розроблено теорію, що дозволяє при побудові блочних мереж фототріангуляції обійтися без планово-висотної опорної мережі. Метод ґрунтується на способі зв'язок з додатковим складанням рівнянь компланарності, при цьому математично обґрунтовано можливість побудови та орієнтування аналітичної моделі мережі.

З метою експериментального дослідження точності приведеного методу було складено блок комп'ютерних програм та проведено обчислення мереж фототріангуляції. В програмі передбачено можливість введення в

фотограмметричні вимірювання випадкових помилок при різних видах функції розподілу. Вирівнювання проводилось при трьох різних варіантах вагової матриці. В першому варіанті вагова матриця приймалась за одиничну, в другому - обчислювалася за прийнятими в фотограмметрії правилами [1], в третьому - генерувалась коваріаційна матриця.

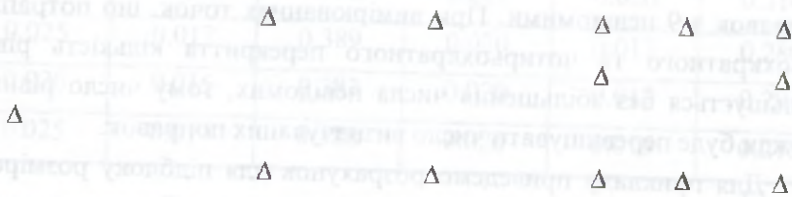


Рис. 1. Варіанти опорної геодезичної мережі.

Для дослідження впливу на точність побудов густоти та геометрії опорної мережі, фототріангуляція будувалась у наступних варіантах:

- без опорної мережі;
- з однією опорною точкою в центрі блоку;
- з чотирма опорними точками по кутах блоку;
- з вісьмома опорними точками по периметру блоку

Для постановки досліду було побудовано макетний блок знімків з трьох маршрутів по 6 знімків в кожному маршруті. Масштаб знімання в процесі експерименту змінювався від 1:10000 до 1:100000. Кути нахилу знімків не перевищували $3^{\circ}10'$. Повздовжнє перекриття знімків складає 60%, а поперечне 30% та 60%.

Перейдемо до опису математичної моделі.

Для кожної точки фототріангуляційної мережі складаються 2 рівняння колінеарності, з яких виключені поправки в лінійні елементи зовнішнього орієнтування:

$$a\delta\alpha + b\delta\omega + c\delta\kappa + d\delta X + e\delta Y + f\delta Z + l_x = \mathcal{G}_x \quad (1.1)$$

$$a'\delta\alpha + b'\delta\omega + c'\delta\kappa + d'\delta X + e'\delta Y + f'\delta Z + l_y = \mathcal{G}_y \quad (1.2)$$

Також для всіх точок складаються рівняння компланарності, які в

лінеаризованому вигляді запишуться так:

$$a_1'' \delta\alpha_1 + b_1'' \delta\omega_1 + c_1'' \delta\kappa_1 + a_2'' \delta\alpha_2 + b_2'' \delta\omega_2 + c_2'' \delta\kappa_2 + B_Y = \mathcal{D} \quad (2)$$

Значення часткових похідних в рівняннях 1 та 2 приводяться в літературі[2].

Таким чином одна точка, що зобразилась на стереопарі дає 5 рівнянь поправок з 9 невідомими. При вимірюваннях точок, що потрапляють в зони трьохкратного та чотирьохкратного перекриття кількість рівнянь значно збільшується без збільшення числа невідомих, тому число рівнянь поправок завжди буде перевищувати число визначуваних поправок.

Для прикладу приведемо розрахунок для підблоку розміром 2 X 2 при 60% повздовжньому та поперечному перекриттях. Якщо на кожній стереопарі вимірювалося по 6 стандартно розташованих точок, тоді кількість рівнянь поправок буде 60, а число невідомих складе 36. При 30% поперечному перекритті рівнянь буде 60, а невідомих 42. Очевидно, із зростанням розмірів блоку перевага кількості рівнянь поправок над числом невідомих буде зростати.

В таблицях 1 та 2 приведені результати побудов 2 та 3-маршрутних мереж. В фотограмметричні вимірювання вводилися випадкові похибки з нормальним розподілом та стандартом 0.02мм. Змінювались варіанти опорної мережі та способу формування вагової матриці. Масштаб знімання 1:10000.

В таблицях 1 та 2 середні квадратичні помилки визначення планових координат m_x та m_y приведено в міліметрах в масштабі знімка, величину m_z приведено в метрах.

Табл. 1. Точність мереж при 60% поперечному перекритті .

Варіант опорної мережі	2 - х маршрутні			3 - х маршрутні		
	m_x	m_y	m_z	m_x	m_y	m_z
1	0.015	0.012	0.270	0.015	0.012	0.240
2	0.018	0.012	0.258	0.015	0.010	0.185
3	0.023	0.012	0.267	0.023	0.010	0.232
4	0.016	0.012	0.244	0.018	0.010	0.212

Табл. 2. Точність мереж при 30% поперечному перекритті.

Варіант опорної мережі	2 - х маршрутні			3 - х маршрутні		
	m_x	m_y	m_z	m_x	m_y	m_z
1	0.025	0.022	0.392	0.021	0.020	0.310
2	0.025	0.017	0.389	0.020	0.017	0.280
3	0.026	0.015	0.383	0.020	0.017	0.291
4	0.025	0.014	0.388	0.020	0.016	0.275

Аналізуючи результати експерименту, є всі підстави стверджувати, що запропонований метод дозволяє будувати блочні мережі фототриангуляції без застережень щодо розмірів та конфігурації блоку. Проте висувається вимога, щоб поле поперечного перекриття було не менше 30%. Наявність мережі опорних точок суттєво не підвищує точності визначення планових координат, проте дещо покращує точність визначення координати Z .

Середні квадратичні помилки визначення планових координат не перевищують 0.026 мм. в масштабі знімка. Точність визначення висотних відміток складає в середньому для 2-маршрутних мереж 1/3800 відносно висоти фотографування при 60% значенні P_y та 1/3000 при $P_y=30\%$ при розрахунках без використання опорних точок. Для 3-маршрутних мереж при 60% поперечному перекритті ця величина складає 1/4300 висоти фотографування, а при 30% перекритті знімків 1/3400. При використанні опорних точок по периметру блока точність визначення висот збільшується відповідно до 1/4200 для 2-маршрутних, та 1/4600 для 3-маршрутних при 60% перекритті знімків. При додатковому використанні в 3-маршрутних мережах опорних точок в центрі блоку точність визначення висот сростає до 1/5300 відносно висоти фотографування.

Література.

1. Дорожинський О.Л., Колб І.З. "Моделювання в фотограмметрії незалежних помилок з негаусівським розподілом". Деп. в УкрДНТБ. №351240 1995р.
2. Лобанов А.Н. и др. "Аналитическая пространственная фототриангуляция". М., "Недра", 1991.