

АЭРОФОТОСЪЕМКА

УДК 528.735

А. Л. ДОРОЖИНСКИЙ

БЛОЧНАЯ ФОТОТРИАНГУЛЯЦИЯ ПРИ ПРЕДЕЛЬНО РАЗРЕЖЕННОМ ОБОСНОВАНИИ

Технологической схемой фототриангуляции по способу, разработанному во Львовском политехническом институте, предусмотрено измерение продольных и поперечных стереопар подблоков [1]. Продольные пары составлены из снимков обычных аэросъемочных маршрутов, а поперечные пары образованы перекрывающимися снимками из двух смежных маршрутов. Для стереопар обоих типов перекрытие равно 60%. В этой статье обычные аэросъемочные маршруты именуем продольными, а маршруты, составленные из поперечных пар, называем поперечными. Наблюдения поперечных пар являются избыточными данными, которые позволяют выполнять надежный контроль фотограмметрических построений и приводят к повышению точности сгущения сети. Схемой полевой подготовки предусмотрено продолжение плано-высотных ходов вдоль западной и восточной рамок блока и высотного хода — посередине блока, параллельно плано-высотным ходам. Поэтому каждый маршрут обеспечивается не менее чем четырьмя плано-высотными и двумя высотными опознаками. Дальнейший анализ показал, что полевую подготовку блока можно существенно разредить.

Цель работы — краткое описание теории и эксперимента построения блочной сети фототриангуляции именно при предельно разреженном обосновании — по четырем плано-высотным опознакам (как известно, геодезическое ориентирование фотограмметрической модели стереопары, маршрута либо блока выполняется с минимальным контролем по трем плано-высотным и одной высотной точкам).

Предположим, что по известной методике вычислены и уравнены элементы взаимного ориентирования аэроснимков и базисные компоненты [1]. В таком случае возможно построение свободной фотограмметрической сети в единой для всех снимков блока системе координат.

Для вычисления углов наклона аэроснимков блока воспользуемся всеми продольными маршрутами и первым поперечным. В продольных маршрутах вычисление углов наклона выполняем по формуле

$$A_i = A_{i-1} A_{(\Delta\alpha, \Delta\omega, \Delta\chi)_{i-1+i}}, \quad (1)$$

где i — номер аэроснимка; A — матрица, составленная из направляющих косинусов внешних или взаимных углов; $\Delta\alpha$, $\Delta\omega$, $\Delta\chi$ — взаимные углы наклона снимков.

В первом поперечном маршруте углы наклона вычисляются так:

$$A_j = A_{j-1} T_3 T_{(\Delta\alpha, \Delta\omega, \Delta\chi)_{j-1-j}} T_3^*, \quad (2)$$

где

$$T_3 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix};$$

j — номер снимка в поперечном маршруте. Поскольку элементы $\Delta\alpha$, $\Delta\omega$, $\Delta\kappa$ предварительно уравнены за условия замыкания подблоков [1], то использовать остальные поперечные маршруты нет необходимости.

Для каждого продольного маршрута за начальный принимают соответствующий снимок первого поперечного маршрута.

По предварительно уравненным базисным компонентам bx , by , bz вычисляем фотограмметрические координаты центров проецирования:

$$\begin{aligned} X_{sj} &= X_{sj-1} + bx_{j-1+i}; & X_{sj} &= X_{sj-1} - by_{j-1+i}; \\ Y_{sj} &= Y_{sj-1} + by_{j-1+i}; & Y_{sj} &= Y_{sj-1} + bx_{j-1+i}; \\ Z_{sj} &= Z_{sj-1} + bz_{j-1+i}; & Z_{sj} &= X_{sj-1} + bz_{j-1+i}, \end{aligned} \quad (3)$$

где i — номер центра в продольном маршруте; j — номер центра в поперечном маршруте. Таким образом, первый этап — построение свободной сети — выполнен.

Сущность второго этапа сводится к внешнему ориентированию фотограмметрической сети и исключению ее деформации. Для определения семи неизвестных внешнего ориентирования блока используем известный алгоритм внешнего ориентирования модели. Для исключения деформации блока применяем симметричные неполные (кроме Z) полиномы третьей степени

$$\begin{aligned} A_0 + A_1 X + A_2 Y + A_3 XY + A_4 X^2 + A_5 X^3 + A_6 Y^2 &= Y_r - X; \\ B_0 + B_1 X + B_2 Y + B_3 XY + B_4 Y^2 + B_5 Y^3 + B_6 X^2 &= X_r - Y; \\ C_0 + C_1 X + C_2 Y + C_3 XY + C_4 X^2 + C_5 Y^2 + C_6 X^3 + C_7 Y^3 + \\ + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 &= Z_r - Z - \Delta R, \end{aligned} \quad (4)$$

где A_i , B_i , C_i — искомые неизвестные; X , Y , Z — фотограмметрические координаты опознаков; X_r , Y_r , Z_r — геодезические координаты тех же точек; ΔR — поправка за влияние кривизны Земли. Выбор степени аппроксимирующего полинома зависит от густоты и расположения опознаков; составление алгоритма этого процесса не вызывает трудностей.

В соответствии с изложенной теорией была составлена программа для ЭЦВМ «Минск-22» и проведены эксперименты. Для испытания способа был взят блок из 72 снимков; масштаб съемки 1 : 8000, фокусное расстояние 100 мм; продольное перекрытие аэроснимков в продольных и поперечных парах 60%. Измерения выполнены на стереокомпараторе 1818. Полевая подготовка состояла из четырех плано-высотных точек, расположенных по углам блока. При уравнивании по формулам (4) учитывались только первых четыре члена. Оценка точности построения блочной сети выполнена по 120 контрольным опознакам. Все точки перед аэросъемкой были замаркированы.

Результаты оценки точности построения блока представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Средние квадратические ошибки определения пространственных координат, м

Название ошибки	Номер продольного маршрута								Блок
	1	2	3	4	5	6	7	8	
m_x	0,27	0,35	0,62	0,62	0,47	0,54	0,60	0,40	0,49
m_y	0,86	0,76	0,75	0,81	0,49	0,41	0,36	0,39	0,59
m_z	0,46	0,58	0,74	0,73	0,84	0,40	0,40	0,46	0,57

Из этих таблиц следует, что полученные результаты вполне приемлемы для планового сгущения (при создании топоспланов масштаба 1 : 5000 и мельче). Для повышения точности сгущения высот необходимо-

Таблица 2
Распределение ошибок координат контрольных точек по интервалам, %

Название ошибки	Интервал ошибок, м						Итого, %
	0,0—0,2	0,2—0,4	0,4—0,6	0,6—0,8	0,8—1	Более 1,0	
m_x	32	27	21	12	4	4	100
m_y	22	29	21	14	6	8	100
m_z	34	23	18	9	9	7	100

мо увеличить количество высотных опознаков, добавив одну в центре блока и по одной — в середине каждой из сторон блока (по периметру). Несомненно, что применение такой схемы привязки приведет к большей экономичности способа блочной фототриангуляции по сравнению с общепринятой схемой привязки при крупномасштабных съемках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Финковский В. Я., Митюк В. И., Дорожинский А. Л. Построение блочной сети фототриангуляции с уравниванием элементов ориентирования. — «Геодезия и картография», 1972, № 3.

Работа поступила в редколлегию 17 апреля 1973 года. Рекомендована кафедрой аэрофотогеодезии Львовского политехнического института.