

Х. В. БУРШТЫНСКАЯ

ВЫБОР ПОЛИНОМА ПРИ УРАВНИВАНИИ КООРДИНАТ ТОЧЕК МАРШРУТА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФОТОТРИАНГУЛЯЦИИ

Исследования статистических закономерностей накопления случайных ошибок в маршруте аэрофототриангуляции, анализ корреляционных связей между ошибками координат точек сети [1] позволяют осуществить выбор полинома для исключения деформации маршрутной пространственной сети.

Сущность исследований заключалась в следующем. Используя принципы моделирования, строился аэросъемочный маршрут, соответствующий реальному аэрофотосъемочному маршруту. Задаваясь координатами точек местности и положением аэрофотоснимков, по формулам связи определялись координаты точек на аэрофотоснимках. В координаты точек аэрофотоснимков вводились случайные ошибки, распределение которых соответствовало нормальному распределению вероятностей с заданными параметрами. Эти координаты являлись исходными при построении пространственной фототриангуляционной сети.

Элементы взаимного ориентирования определялись по 16 точкам. После выполнения пространственной фототриангуляции во избежание громоздкости количество точек местности сокращается до 60. Эти точки располагаются согласно схемы (рисунк).

Маршрут пространственной фототриангуляции строился 50 раз, причем для его построения использовались те же точки аэроснимков, но с другими истинными ошибками. Материалом для статистической обработки служили расхождения между истинными координатами точек местности и координатами, полученными из 50-кратного построения маршрута пространственной фототриангуляции.

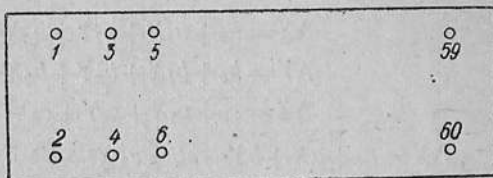


Схема расположения точек, по которым произведена оценка точности пространственной фототриангуляции после уравнивания.

Анализ корреляционной матрицы, характеризующей взаимные связи между ошибками координат, позволил сделать вывод о наличии сильной связи между координатами XY и XZ и почти отсутствии ее между координатами YZ .

Таким образом, наиболее целесообразно совместное уравнение трех координат при помощи пространственного полинома, введенного под условием связи координат XY и XZ . Для подтверждения приведенных выше выводов, вытекающих из анализа корреляционных связей между ошибками координат точек маршрута, сети пространственной фототриангуляции уравнивались при помощи полиномов раздельного и совместного преобразования координат.

Для уравнивания сети использованы полиномы вида:

$$\begin{aligned}\Delta X &= a_0 + a_1X + a_2Y + a_3X^2 + a_4XY, \\ \Delta Y &= b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4XY, \\ \Delta Z &= c_0 + c_1X + c_2Y + c_3X^2 + c_4XY;\end{aligned}\quad (1a)$$

$$\begin{aligned}\Delta X &= a_0 + a_1X + a_2Y + a_3X^2 + a_4XY + a_5X^3, \\ \Delta Y &= b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4XY + b_5X^3, \\ \Delta Z &= c_0 + c_1X + c_2Y + c_3X^2 + c_4XY + c_5X^3;\end{aligned}\quad (1б)$$

$$\begin{aligned}\Delta X &= a_0 + aX + bY - ch + e(X^2 - Y^2 - h^2) + 0 + 2gXh + 2fXY, \\ \Delta Y &= b_0 + bX + aY + dh + f(-X^2 + Y^2 - h^2) + 2gYh + 0 + 2eXY, \\ \Delta Z &= c_0 + cX - dY + ah + g(-X^2 - Y^2 + h^2) + 2fYh + 2eXh + 0;\end{aligned}\quad (1в)$$

$$\begin{aligned}\Delta X &= a_0 + aX + bY - ch + e(X^2 - Y^2 - h^2) + kYh + 2gXh + 2fXY, \\ \Delta Y &= b_0 - bX + aY + 0 + f(-X^2 + Y^2) + 2gYh - kXh + 2eXY, \\ \Delta Z &= c_0 + cX - dY + ah + g(-X^2 - h^2) + 2fYh + 2eXh - kXY;\end{aligned}\quad (1г)$$

$$\begin{aligned}\Delta X &= a_0 + aX + bY - ch + eX^2 - 2gXh + 2fXY, \\ \Delta Y &= b_0 - bX + aY + dh - fX^2 + kXh + 2eXY, \\ \Delta Z &= c_0 + cX - dY + ah + gX^2 + 2eXh - kXY;\end{aligned}\quad (1д)$$

Полиномы (1в) и (1д) представлены в специальной литературе [3], [2] и выведены с использованием условий

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Delta X}{\partial X} &= \frac{\partial \Delta Y}{\partial Y} = \frac{\partial \Delta Z}{\partial Z}; & \frac{\partial \Delta Y}{\partial Z} &= -\frac{\partial \Delta Z}{\partial Y}; \\ \frac{\partial \Delta X}{\partial Y} &= -\frac{\partial \Delta Y}{\partial X}; & \frac{\partial \Delta Z}{\partial X} &= \frac{\partial \Delta X}{\partial Z}.\end{aligned}\quad (2)$$

При выводе полинома (1г) использовались условия

$$\frac{\partial \Delta X}{\partial X} = \frac{\partial \Delta Y}{\partial Y} = \frac{\partial \Delta Z}{\partial Z}; \quad \frac{\partial \Delta X}{\partial Y} = -\frac{\partial \Delta Y}{\partial X}; \quad \frac{\partial \Delta Z}{\partial X} = -\frac{\partial \Delta X}{\partial Z}; \quad (3)$$

Для характеристики деформации сети после уравнивания вычислялась ковариационная матрица остаточных ошибок координат точек сети.

Судить о точности исключения деформаций по полиномам (1) можно по таблице, в которой приведены средние дисперсии, подсчитанные по точкам, не принимающим участия в определении коэффициентов полиномов.

Средние дисперсии координат точек
после уравнивания

По- ли- но- мы	$\sigma^2, \text{м}$	Номера точек, по которым произведено уравнивание			
		3-4-11- 12-19-20	19-20-27- 28-35-36	35-36-43- 44-51-52	3-4-11- 12-19- 20-27-28
а	$\sigma^2_{\Delta x}$	0,66	0,78	0,78	
	$\sigma^2_{\Delta y}$	1,31	1,51	1,41	
	$\sigma^2_{\Delta z}$	1,88	1,46	1,48	
	$\sigma^2_{\Delta x}$				0,82
	$\sigma^2_{\Delta y}$				1,71
	$\sigma^2_{\Delta z}$				2,15
в	$\sigma^2_{\Delta x}$	0,54	0,60		
	$\sigma^2_{\Delta y}$	1,04	1,15		
	$\sigma^2_{\Delta z}$	2,13	1,55		
г	$\sigma^2_{\Delta x}$	0,54	0,65		
	$\sigma^2_{\Delta y}$	1,06	1,33		
	$\sigma^2_{\Delta z}$	1,88	1,41		
д	$\sigma^2_{\Delta x}$	0,84			
	$\sigma^2_{\Delta y}$	1,10			
	$\sigma^2_{\Delta z}$	2,60			

Анализ дисперсий позволяет сделать вывод о том, что конформный полином (1в) обеспечивает точность уравнивания плановых координат на 10—13% больше по сравнению с полиномом (1а), и на 7—10% ниже — точность уравнивания высот.

Неконформный полином второй степени (1а) дает наилучшие результаты при уравнивании высот; увеличение длины маршрута на одну секцию с использованием кубической степени полинома (1б) ухудшает результаты на 10—15%.

Пространственный полином (1г), выведенный при условии связи между координатами XY и XZ, равноточен при уравнивании плановых координат полиному (1в) и при уравнивании высот полиному (1а), поэтому его использование для совместного уравнивания трех координат наиболее рационально.

Полином (1д) дает худшие результаты при уравнивании высот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурштынская Х. В. Исследование статистическим методом влияния случайных ошибок в маршрутной сети пространственной фототриангуляции. — «Геодезия и картография», 1973, № 12.
2. Полякова В. А. Анализ программ пространственного фототриангулирования, применяющихся на производстве. — «Реф. сборник ОНТИ ЦНИИГАиК», 1971, № 14.
3. Mikhail E. Simultaneous Three — Dimensional Transformation of Higher Degrees. — «Photogramm. Eng.», 1964, № 4.

Работа поступила в редколлегию 6 июня 1974 года. Рекомендована кафедрой аэрофотогеодезии Львовского политехнического института.
