

Б. С. ПУЗАНОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТРАНСФОРМАЦИОННЫХ ТОЧЕК ПО СТЕРЕОПАРАМ ФОТОТЕОДОЛИТНЫХ СНИМКОВ

Для составления фотопланов фасадов архитектурных сооружений по фототеодолитным снимкам координаты трансформационных точек определяют, как правило, путем решения прямой геодезической засечки с использованием известных формул:

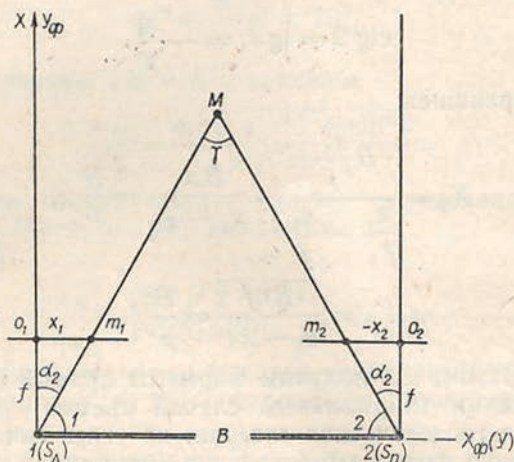


Схема геодезической и фотограмметрической засечек.

$$Y_M = \frac{Y_1 \operatorname{ctg} 2 + Y_2 \operatorname{ctg} 1 + X_1 - X_2}{\operatorname{ctg} 1 + \operatorname{ctg} 2}, \quad (1)$$

$$X_M = \frac{X_1 \operatorname{ctg} 2 + X_2 \operatorname{ctg} 1 - Y_1 + Y_2}{\operatorname{ctg} 1 + \operatorname{ctg} 2}.$$

Предположим, что на концах базиса засечки B (см. рисунок) в точках S_1 (1) и S_2 (2) установлены фотосъемочные камеры и получены снимки P_1 и P_2 .

Будем считать, что линия базиса B совпадает с координатной осью $X_\phi(Y)$, а началом фотограмметрической системы является левая точка S_1 (1).

Тогда

$$X_1 = Y_1 = 0; \quad X_2 = 0; \quad Y_2 = B.$$

В этом случае формулы (1) примут вид:

$$Y_M = \frac{B \operatorname{ctg} 1}{\operatorname{ctg} 1 + \operatorname{ctg} 2}, \quad (2)$$
$$X_M = \frac{B}{\operatorname{ctg} 1 + \operatorname{ctg} 2}.$$

Приняв фотограмметрическую систему координат, получим

$$X = Y_\phi, \quad Y = X_\phi.$$

Из рисунка следует, что

$$\operatorname{ctg} 1 = \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{x_1}{f},$$
$$\operatorname{ctg} 2 = \operatorname{tg} \alpha_2 = -\frac{x_2}{f}.$$

Тогда (2) перепишем

$$X_\phi = \frac{B \frac{x_1}{f}}{\frac{x_1}{f} - \frac{x_2}{f}} = \frac{B x_1}{x_1 - x_2} = \frac{B}{p} x_1, \quad (3)$$
$$Y_\phi = \frac{B \cdot f}{x_1 - x_2} = \frac{B}{p} f.$$

Таким образом, мы получим формулы прямой фотограмметрической засечки (нормальный случай съемки), которая есть та же прямая геодезическая засечка, но углы вычисляем в ней путем измерения фотограмметрических координат определяемой точки по стереопаре фототеодолитных снимков.

Следовательно, для нахождения координат трансформационных точек снимка можно применить нормальный случай фототеодолитной съемки.

Оценку точности прямой фотограмметрической засечки выполним по формуле * оценки точности для прямой геодезической засечки

$$m_M = B \frac{m'' \sqrt{\sin^2 1 + \sin^2 2}}{\rho'' \sin^2 \gamma}, \quad (4)$$

где m_M — средняя квадратическая ошибка в положении определяемой точки; m'' — средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов 1 и 2; γ — угол засечки при определяемой точке M .

Для упрощения дальнейших расчетов считаем, что определяемая точка M находится на нормали к середине базиса засечки B .

* Пособие по вычислению опознаков. М., 1960.

Тогда (см. рисунок) получим

$$\gamma = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{B}{2 Y_{\phi}}.$$

При показателе съемки $K = Y_{\phi}/B = 2$ (что возможно при съемке плоских фасадов и измерений по маркированным точкам) угол γ составляет

$$\gamma = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{4} = 28^{\circ}.$$

В этом случае углы засечки 1 и 2 будут равны 76° .

Средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов по фототеодолитным снимкам будет

$$m'' = \frac{m_x}{f} \rho'' \approx 10''.$$

В (4) обозначим $Y/B = K$ и запишем

$$\frac{m_M}{Y_{\phi}} = \frac{m'' \sqrt{\sin^2 1 + \sin^2 2}}{\rho'' K \sin^2 \gamma}. \quad (5)$$

Рассчитаем относительную ошибку определения координат точки M для $K=2$, $\gamma=28^{\circ}$, $1=2=76^{\circ}$.

Согласно (6)

$$\frac{m_M}{Y_{\phi}} = \frac{10'' \sqrt{2 \cdot 0.94}}{2 \cdot 200\,000'' \cdot 0.22} \approx \frac{1}{7000}.$$

Так как при фотосъемке фасадов необходимо иметь значения абсцисс и аппликата, то приближенно можно считать

$$\frac{m_M}{X_{\phi}(Z_{\phi})} \approx \frac{m_M}{Y_{\phi} \sqrt{2}}, \text{ т. е. } \frac{1}{10\,000}. \quad (6)$$

Для получения фотоплана фасада здания в масштабе 1:100 на фототрансформаторе ФТБ съемку можно выполнить фототеодолитом Phofheo 19/1318 в масштабе 1:400, т. е. с отстояния $Y_{\phi} = 80$ м.

Тогда ошибки определения координат трансформационных точек $m_x \cdot (m_z)$ следует ожидать около 8 мм, т. е. практически удовлетворяющими точности фотоплана даже масштаба 1:50.

При этом необходимо перед фотосъемкой тщательно вывернуть фототеодолит, чтобы влияние ошибок элементов внешнего ориентирования на измеряемые координаты точек снимка не превышало величин:

$$m_x m_z = \pm 0,01 \text{ мм}, m_p = \pm 0,005 \text{ мм}.$$

Следовательно, прямая фотограмметрическая засечка вполне пригодна для получения фотопланов архитектурных сооружений в масштабах 1:50 — 1:100.

Статья поступила в редколлегию 09.01.90