

И. И. МИЩЕНКО, И. Г. СТРИИ
Львовский политехнический институт

ДЕФОРМАЦИЯ МАРШРУТНОЙ СЕТИ АЭРОФОТОТРИАНГУЛЯЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБОК СНИМКА

Основные причины, ограничивающие точность определения координат точек аналитических сетей аэрофототриангуляции, — систематические ошибки снимка. Ниже приведены результаты исследований их влияния на деформацию маршрутных сетей, произведенных в предположении, что систематические ошибки снимка выражаются полиномами III степени [2, 3]:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + a_5 y^2 + \\ &+ a_6 x^3 + a_7 y^3 + a_8 xy^2 + a_9 x^2 y; \\ \Delta y &= b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 + b_5 y^2 + \\ &+ b_6 x^3 + b_7 y^3 + b_8 xy^2 + b_9 x^2 y. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

При исследовании была использована идеализированная математическая модель: точки расположены стандартно; передача масштаба осуществляется по расхождениям высот на трех связующих точках; сеть построена по снимкам плоской местности; коэффициенты a_i , b_i постоянны для всех снимков.

Имея выражения (1), перейдем к искажениям вертикальных и горизонтальных параллаксов dq_i и dP_i и элементов взаимного ориентирования da_1' , da_2' , $d\omega'$, dx_1' , dx_2' . Подставив выражения для этих искажений в известные формулы Р. П. Овсянникова [1], описывающие искажения координат точек маршрутного ряда под влиянием перечисленных ошибок, придем к полиномам деформации маршрутной сети под влиянием систематических ошибок снимка. Коэффициенты полиномов деформации маршрута в нашем случае будут являться функциями коэффициентов a_i и b_i :

$$\begin{aligned} \Delta X &= \frac{B}{p} a_0 + \left(-\frac{B}{H} f b_3 + \frac{H}{B} 2b_3 p + \frac{B}{H} f a_4 \right) X + a_2 Y + \\ &+ \left(-\frac{2b_4 p}{B} \right) XY + \left(\frac{f b_3}{H} - \frac{f a_4}{H} \right) X^2 + \frac{p}{B} a_5 Y^2 + \frac{p^2}{B^2} a_7 Y^3; \\ \Delta Y &= \frac{B}{p} a_0 + (b_1 + b_6 p^2) X + \left\{ b_2 - b_3 p + b_9 \left(2f^2 + \frac{p^2}{2} + \frac{p}{2} \right) + \right. \\ &+ \left. \left(-a_1 + a_4 p + a_6 p^2 \right) \right\} Y + \left(\frac{2f}{H} b_3 - \frac{2f}{H} a_4 \right) XY + \frac{b_4 p}{B} X^2 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left(-\frac{2b_4 p}{B} - \frac{a_3 p}{B} + \frac{b_5 p}{B} \right) Y^2 + \left(\frac{p^2}{B^2} b_7 - \frac{p^2}{B^2} a_9 \right) Y^3; \\
\Delta Z = & \left\{ -\frac{H^2}{B} 2b_9 p - B f a_4 + H (a_1 + a_6 p^2) \right\} + (f b_3 + 2f a_4) X + \\
& + \left(\frac{H}{B} 2b_4 p + \frac{p}{B} H a_3 \right) Y + \frac{f b_8 p}{B} X Y + \frac{f b_9 p}{B} X^2 + \frac{a_9 p^2}{B} H Y^2, \quad (2)
\end{aligned}$$

где ΔX , ΔY , ΔZ — искажения координат точек маршрутной сети.

Для проверки полученных формул был построен макетный ряд маршрутной аэрофототриангуляции. Длина ряда восемь базисов. В координаты каждой точки макетных снимков были введены систематические ошибки по формулам (1). Коэффициенты полиномов (1) выбирали так, чтобы влияние каждого члена было равно 0,01—0,02 мм.

Полученные из построения деформации координат точек маршрутной сети сравнивали со значениями, предвычисленными по формулам (2). Как показали результаты эксперимента, максимальное расхождение деформаций на конце маршрута 5 см при наибольшем значении деформации 12 м. Таким образом, данные формулы хорошо описывают влияние систематических ошибок снимка на деформацию маршрутной сети аэрофототриангуляции.

Выделим теперь в полиномах (1) члены, приводящие к нелинейным деформациям маршрутной сети. Согласно формулам (2) для высотных сетей наиболее опасны искажения снимка вида:

$$\left. \begin{aligned}
\Delta x^1 &= a^9 x^2 y; \\
\Delta y^1 &= b_8 x y^2 + b_9 x^2 y.
\end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При этом член $b_8 x y^2$ вызывает кручение, а член $b_9 x^2 y$ приводит к прогибу. Влияние ошибок $\Delta x'$ приводит (через искажения dp) к прогибу координат Z вдоль оси Y .

Для плановых координат точек маршрутной сети наиболее опасны систематические искажения снимка:

$$\left. \begin{aligned}
\text{для оси } x \quad \Delta x'' &= a_4 x^2 + a_5 y^2 + a_7 y^3, \\
\Delta y'' &= b_4 x^2 + b_3 x y;
\end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned}
\text{для оси } y \quad \Delta x''' &= a_4 x^2 + a_3 x y + a_9 x^2 y, \\
\Delta y''' &= b_3 x y + b_4 x^2 + b_5 y^2 + b_7 y^3.
\end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Согласно формулам (2) прогиб и кручение плановых координат происходят под влиянием ошибок снимка аналогичного характера. Если пренебречь нелинейными деформациями координат точек сети вдоль оси y , поскольку эти ошибки не накапливаются с увеличением длины сети, то получим, что круче-

ние и прогиб высотных сетей аэрофототриангуляции вызываются систематическими искажениями снимка лишь III порядка, а кручение и прогиб плановых координат сети — нелинейными искажениями снимка II порядка.

Список литературы: 1. Лобанов А. Н., Овсянников Р. П. и др. Фото-триангуляция с применением электронной цифровой вычислительной машины. М., «Недра», 1967. 2. Мищенко И. И. Определение дисторсии объектива по точкам калибровочного полигона. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1937, вып. 18. 3. Kipfeer G. Improvement of the geometry of aerial Photos. Photogram. Eng., 1972, 5.

Работа поступила 20 мая 1977 года. Рекомендована кафедрой аэрофотогеодезии Львовского политехнического института.