

СВЯЗЬ КООРДИНАТ ТОЧЕК СНИМКА И МЕСТНОСТИ ПРИ ПАНОРАМНОЙ ФОТОТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКЕ

При выполнении панорамной фототеодолитной съемки необходимо различать следующие системы координат.

1. Плоскую прямоугольную систему координат развертки цилиндрического снимка X, Z . За начало координат здесь принимается точка пересечения осей X и Z развертки снимка. Ось совпадает со следом главного луча на развертке цилиндрической панорамы. Ось Z , а следовательно, и начало координат по оси могут занимать различное положение, выбираемое в зависимости от условий съемки, удобства выполнения измерений и их математической обработки. В частности, начало координат может находиться на краю снимка, проходить через нулевой индекс снимка (при наличии последнего), совпадать с осью X_T пространственной геодезической системы координат.

2. Цилиндрическую систему координат снимка A, f, Z . В качестве полюса в этой системе координат принимается точка, совпадающая с задней узловой точкой объектива панорамного фототеодолита. Положение полярной оси совпадает с осью X_T пространственной геодезической системы координат. Полярный угол A отсчитывается по ходу часовой стрелки от полярной оси. Полярный радиус f равен фокусному расстоянию панорамного фототеодолита. Ось Z располагается на образующей цилиндрической поверхности панорамного снимка.

3. Пространственную полярную фотограмметрическую систему координат A_ϕ, d_ϕ, Z_ϕ . Положение полюса, полярной оси и полярного угла в этой системе соответствуют пространственной цилиндрической системе координат панорамного снимка. Полярный радиус d равен горизонтальному проложению до точки объекта съемки. Ось Z_ϕ обычно занимает вертикальное положение.

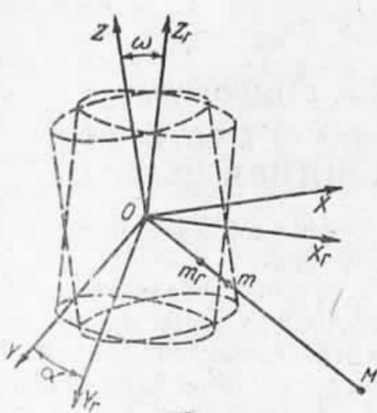
4. Пространственную геодезическую систему координат X_T, Y_T, Z_T , которая может быть условной, или государственной. Ось в этой системе координат всегда занимает вертикальное положение.

Приведенные выше системы координат расположены в порядке использования их при обработке результатов панорамной топографической съемки.

Переход от плоской прямоугольной системы координат развертки цилиндрической панорамы к пространственной цилиндрической системе координат осуществляется по формулам

$$A = A_n - A_0, \quad A_n = \frac{180^\circ}{\pi f} x, \quad z = z_n - z_0, \quad (1)$$

где $A_0 = A - A_n$ — место нуля, определяется как разность дирекционного и измеренного направлений на контрольную точку.



Трансформирование цилиндрических координат вертикального снимка.

В зависимости от условий съемки не всегда возможно получить панорамные снимки при вертикальном положении оси вращения панорамного фотогеодалита. Такая ситуация может возникнуть, например, при производстве съемки с вертикального базиса, когда отсутствует возможность контроля положения фотогеодалита при выполнении верхнего снимка. В этом случае необходимо перевычислить цилиндрические координаты наклонного снимка в трансформированные цилиндрические координаты вертикального снимка (см. рисунок).

Рассмотрим геодезическую систему координат X_r, Y_r, Z_r , начало которой совпадает с полюсом, а координатная

ось X_r — с полярной осью цилиндрической системы координат вертикального панорамного снимка. Положение произвольной точки m_r в этой системе координат определяется соотношением

$$X_r = f \cos A_r, \quad Y_r = f \sin A_r, \quad Z_r = Z_r, \quad (2)$$

где A_r и Z_r — трансформированные значения цилиндрических координат точки. Совместим с началом геодезической системы координат наклонную декартову систему координат X, Y, Z , начало которой совпадает с полюсом цилиндрической наклонной системы координат, координатная ось X — с полярной осью, ось Z параллельна прямолинейным образующим наклонного цилиндра, а ось Y лежит в координатной плоскости $X_r O Y_r$ геодезической системы координат. В этом случае для произвольной точки m в наклонной системе координат с учетом (1) можно записать:

$$X = f \cos (A_n - A_0), \quad Y = f \sin (A_n - A_0), \quad Z = z_n - z_0. \quad (3)$$

Если точки m_r и m являются изображением одной и той же точки M объекта, то через них и начало координат можно провести прямую линию

$$X_r/X = Y_r/Y = Z_r/Z. \quad (4)$$

Выразим координаты точки m в геодезической системе координат. Для этого сначала развернем наклонную систему координат вокруг горизонтальной оси Y на угол ω до совпадения осей Z_Γ и Z , а затем на угол α вокруг оси Z до совпадения осей Y_Γ и Y :

$$\begin{aligned} X_\Gamma &= (X \cos \omega + Z \sin \omega) \cos \alpha - Y \sin \alpha, \\ Y_\Gamma &= (X \cos \omega + Z \sin \omega) \sin \alpha + Y \cos \alpha, \\ Z_\Gamma &= (Z \cos \omega - X \sin \omega). \end{aligned} \quad (5)$$

Углы α и ω являются угловыми элементами внешнего ориентирования панорамных цилиндрических снимков. Подставляя (2), (3) и (5) в уравнение (4), можно записать

$$\begin{aligned} & \frac{f \cos A_\tau}{f \cos (A_n - A_0) \cos \omega \cos \alpha + (Z_n - Z_0) \sin \omega \cos \alpha - f \sin (A_n - A_0) \sin \alpha} = \\ & = \frac{f \sin A_\tau}{f \cos (A_n - A_0) \cos \omega \sin \alpha + (Z_n - Z_0) \sin \omega \sin \alpha + f \sin (A_n - A_0) \cos \alpha} = \\ & = \frac{Z_\tau}{(Z_n - Z_0) \cos \omega - f \cos (A_n - A_0) \sin \omega}. \end{aligned} \quad (6)$$

Решая систему (6) относительно неизвестных трансформированных значений A_τ и Z_τ , получаем

$$\begin{aligned} A_\tau &= \arcsin \times \\ & \times \frac{f \sin (A_n - A_0)}{\sqrt{[f \sin (A_n - A_0)]^2 + [f \cos (A_n - A_0) \cos \omega + (Z_n - Z_0) \sin \omega]^2}} + \alpha; \end{aligned} \quad (7)$$

$$Z_\tau = \frac{f [(Z_n - Z_0) \cos \omega - f \cos (A_n - A_0) \sin \omega]}{\sqrt{[f \sin (A_n - A_0)]^2 + [f \cos (A_n - A_0) \cos \omega + (Z_n - Z_0) \sin \omega]^2}}. \quad (8)$$

Трансформированные значения цилиндрических координат пересчитываются в полярную фотограмметрическую систему координат по формулам

$$A_\phi = A_\tau, \quad d_\phi = B \frac{f}{p}, \quad Z_\phi = \frac{B}{p} Z_\tau + i, \quad (9)$$

где B — вертикальный базис; $p = Z_n - Z_v$ — продольный параллакс точки, равный разности аппликат точки на нижнем и верхнем снимках; i — высота фототеодолита над точкой съемки. Она используется при обработке снимков, полученных с вертикального базиса.

Переход от полярной фотограмметрической системы к пространственной геодезической системе координат осуществляется по формулам

$$X_\Gamma = X_i + d \cos A_\tau, \quad Y_\Gamma = Y_i + d \sin A_\tau, \quad Z_\Gamma = Z_i + Z_\phi, \quad (10)$$

где X_i , Y_i , Z_i — координаты точки съемочного обоснования.

При выполнении панорамной съемки с вертикального базиса из двух или более точек съемочного обоснования по приведенным формулам вычисляют координаты нетвердых контуров, а также приближенные координаты твердых контуров, которые используют для идентификации твердых контуров при определении их точных координат прямыми однократными или многократными засечками с точек съемочного обоснования. Точка объекта считается опознанной, если ее приближенные координаты, полученные с разных точек съемочного обоснования, совпадают с заданной точностью, например 1 м, и принадлежат к одному классу элементов ситуации: угол дома, столб, колодец и т. д. По приближенным координатам идентифицированной точки и координатам точек съемочного обоснования, где на снимках изобразилась данная точка, вычисляем дирекционные углы

$$A_{im} = \arcsin \frac{Y_m - Y_i}{\sqrt{(X_m - X_i)^2 + (Y_m - Y_i)^2}}, \quad (11)$$

где i — индекс станции съемочного обоснования; m — индекс приближенных координат определяемой точки. Составляем систему нелинейных уравнений

$$A_{im} - A_{imt} = V_i, \quad (12)$$

где A_{imt} — трансформированное значение дирекционного угла на определяемую точку, вычисленное по (1), (7). Переходим к системе линейных уравнений

$$-\frac{\Delta Y_i}{D_i^2} \delta x_m - \frac{\Delta X_i}{D_i^2} \delta y_m - L_i = V_i, \quad (13)$$

где $\Delta Y = Y_m - Y_i$; $\Delta X_i = X_m - X_i$; $D_i = \sqrt{\Delta Y_i^2 + \Delta X_i^2}$; $L_i = A_{im} - A_{imt}$, решая которую, по способу наименьших квадратов определяем поправки к приближенным координатам δx_m , δy_m и вычисляем окончательные значения координат определяемой точки

$$\begin{aligned} X_{mT} &= X_m + \delta x_m, & Y_{mT} &= Y_m + \delta y_m, \\ Z_{mT} &= \frac{Z_T}{f} \sqrt{(X_m - X_i)^2 + (Y_m - Y_i)^2}. \end{aligned} \quad (14)$$

Приведенная методика позволяет обрабатывать вертикальные и наклонные панорамные цилиндрические снимки, полученные с вертикального и горизонтального базисов при известных элементах внешнего ориентирования.