

корректирных точек или направлений по общепринятой методике нецелесообразно, поэтому элементы внешнего ориентирования для каждого снимка фиксируются. Далее, при фотосъемке профильных линий приходится выполнять перефокусировку камеры, так что фокусное расстояние для каждого снимка известно приближенно. Фотографирование профильной линии ведется с таким перекрытием, чтобы на снимках изобразилось не менее 2 замаркированных точек профильной линии (см. рис. 1). Геодезические работы обеспечивают в каждом цикле определение координат фотостанций и конечных точек профиля I—II. Для повышения точности определения базис съемки составляет $B=0,5\lambda$, т. е. примерно общий случай съемки. С учетом этих замечаний вектор $\delta_2=0$ входит в (4), (7), а функциональная модель коллиарности обеспечивает частичную калибровку камеры (нахождение вектора δ_1) и определение координат точек оползня (вектор δ_3) при надлежщем количестве опорных точек.

Если считать элементы внутреннего ориентирования известными ($\delta_1=0$), то применима функциональная модель прямой фотограмметрической засечки как наиболее простой и надежной способ фотограмметрических построений.

Покажем, что схема фотографирования (см. рис. 1) профильной линии I—II существенно снижает требования к точности определения элементов внутреннего ориентирования. Пусть для точек A и D из прямой засечки (нормальный случай) определены ординаты $Y=B\frac{f}{P}$, а затем вычислено приращение $\Delta Y=B\frac{f}{P_D}-B\frac{f}{P_A}=Bf\frac{P_A-P_D}{P_D P_A}$.

Отсюда $\delta\Delta Y=\Delta Y\frac{\partial f}{f}$, где $\delta\Delta Y$ — ошибка в приращении ΔY , вызванная ошибкой δf . При $\Delta Y=50$ м, $f=1000$ м, $\delta\Delta Y=0,05$ м получим $\delta f=1$ мм. Поскольку $Y\gg\Delta Y$, требования к δf при использовании ординат Y будут более жесткими.

При такой схеме между конечными точками I и II прокладывается фотограмметрический ход, в котором возникают координатные условия

$$\begin{aligned}\Sigma\Delta X_{\Phi}-(X_I^T-X_I^f)&=0, \quad \Sigma\Delta Y_{\Phi}-(Y_I^T-Y_I^f)=0, \\ \Sigma\Delta Z_{\Phi}-(Z_I^T-Z_I^f)&=0.\end{aligned}\quad (10)$$

Здесь каждая стереопара (1—1₂), (2—2₂), (3—3₂) формируется и обрабатывается независимо и распределение невязок (10) при равнозначных измерениях выполняется равномерно в каждом приращении. Такая методика предпочтительнее фотограмметрических построений, где, как известно, накопление ошибок происходит по закону двойного суммирования. Уравненные фотограмметрические координаты могут использоваться в качестве необходимых данных способа смещений.

Таковы основные пути реализации фотограмметрического определения оползневых смещений при использовании длиннофокусной фотокамеры.

Список литературы: 1. Добрынин Н. Ф. Общий случай формирования квадранжиков в наземной съемке. — Геодезия и фотограмметрия, 1983, № 11, с. 48—58. 2. Добынов А. Н. Фотограмметрия. — М.: Недра, 1984. — 384 с. 3. Сердюков В. М. Фотограмметрия в промышленности и гражданском строительстве. — М.: Недра, 1977. — 200 с. 4. Финковский В. Я., Турис Д. Н. Стратифицированный способ определения деформаций бортов и уступов карьера. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1979, вып. 30, с. 195—200.

Статья поступила в редакцию 12. 02. 85

УДК 528.9(074)

В. М. СЕРДЮКОВ, В. В. БЕЛОВС, В. Д. БАРАНОВСКИЙ СВЯЗЬ КООРДИНАТ ТОЧЕК СНИМКА И МЕСТНОСТИ ПРИ ПАНОРАМНОМ ФОТОТЕОДОЛИТНОМ 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_Ф, d_Ф, Z_Ф. 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_Ф 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.

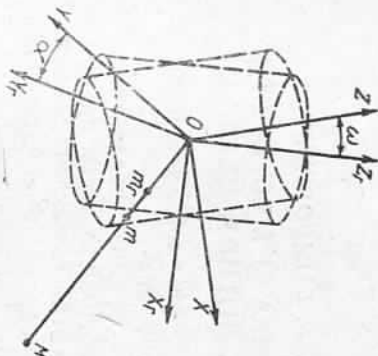
Приведенные выше системы координат расположены в порядке использования их при обработке результатов панорамной топографической съемки.

Переход от плоской прямоугольной системы координат разветки 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.

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



Трансформирование цилиндрических координат вертикального снимка.

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 прямолнейным 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_r и Z , а затем на угол α вокруг оси Z до совпадения осей Y_r и Y :

$$\begin{aligned} X_r &= (X \cos \omega + Z \sin \omega) \cos \alpha - Y \sin \alpha, \\ Y_r &= (X \cos \omega + Z \sin \omega) \sin \alpha + Y \cos \alpha, \\ Z_r &= (Z \cos \omega - X \sin \omega). \end{aligned} \quad (5)$$

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

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

Решая систему (6) относительно неизвестных трансформированных значений A_r и Z_r , получаем

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

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

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

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

где B — вертикальный базис; $p = Z_n - Z_n$ — продольный параллакс точки; i — разность высот аппликат точки на нижнем и верхнем снимках; i — высота фотогеодолита 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

$$X_r = X_i + d \cos A_r, \quad Y_r = Y_i + d \sin A_r, \quad Z_r = Z_i + Z_\phi, \quad (10)$$

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

При выполнении панорамной съемки с вертикального базиса из двух или более точек съёмочного 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 съёмочного обоснования. Точка объекта съёмается опознанной, если ее приближенные координаты, полученные с разных точек съёмочного обоснования, совпадают с заданной точностью, например 1 м, и принадлежат к одному классу элементов ситуации: угол дома, столб, колодец и т. д. При приближенных координатах идентифицированной точки и координатах точек съёмочного обоснования, где на снимках изображена данная точка, вычисляем дирекционные углы

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

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

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

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

Статья поступила в редакцию 08.02.86

АНДРЕЙ СЕМЕНОВИЧ ХАРЧЕНКО

17 мая 1985 года на 77 году жизни скончался известный советский картограф, член КПСС с 1944 г., почётный член Географического общества СССР, член редколлегии журнала «Геодезия, картография и аэросъёмка», профессор Андрей Семенович Харченко.

А. С. Харченко родился в г. Аныеве Одесской области в 1908 г. В 1930 г. окончил землеустроительный факультет Одесского сельскохозяйственного института. В период с 1930 г. по 1944 г. работал в картографо-геодезическом производстве. С 1944 по 1946 гг. А. С. Харченко преподавал в Тбилиском топографическом техникуме и занимался научной работой. В 1946 г. защитил кандидатскую диссертацию. В этом же году был избран заведующим кафедрой картографии Новосибирского института инженеров геодезии, аэрофотосъёмки и картографии. С 1954 по 1980 гг. А. С. Харченко заведовал кафедрой геодезии и картографии Киевского государственного университета, а с 1980 по 1980 гг. был профессором этой кафедры. В Киевском университете А. С. Харченко зарекомендовал себя крупным специалистом в области теории и практики комплексного картографирования, здесь раскрылся в полной мере его талант, как организатора научно-исследовательских работ.

По инициативе А. С. Харченко и под его руководством были созданы несколько научно-справочных атласов, в том числе широкоизвестный «Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР» (1978 г.), начаты работы над историко-географическим атласом Киева. А. С. Харченко опубликовал свыше 100 научных работ, имел два авторских свидетельства, подготовил 10 кандидатов наук.

Андрей Семенович был замечательным педагогом. Лекции он читал на высоком научном и методическом уровне, умел добиваться высокой успеваемости. Педагогическую работу он умело сочетал с воспитательной, прививая студентам любовь к своей профессии, чувство гордости за нашу науку и социалистическую Родину. А. С. Харченко пользовался большим авторитетом и уважением среди студентов и преподавателей, среди широкого круга специалистов-картографов.

А. С. Харченко принимал активное участие в общественной жизни. Он многие годы был вице-президентом и членом Президиума Географического общества УССР. За личный большой вклад в деятельность этого общества был избран Почётным членом Географического общества СССР. А. С. Харченко был также членом Научно-методических советов по высшему географическому образованию при Минвузе УССР и Минвузе СССР, членом бюро Межведомственной координационной комиссии по комплексному и тематическому картографированию при ЦУТК СМ СССР, членом ряда Ученых советов.

А. С. Харченко был одним из организаторов журнала «Геодезия, картография и аэросъёмка» и многие годы являлся членом редколлегии этого журнала. За безупречную работу А. С. Харченко был награжден многими правительственными наградами.

Ушел из жизни видный ученый, замечательный педагог, талантливый организатор научных исследований, принципиальный коммунист, исключительно доброжелательный и сердечный человек. Светлая память об Андрее Семеновиче Харченко навсегда сохранится в наших сердцах.