

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

Т.В. Шулякова, С.Н. Кандыбо

ТЕОРИЯ ПАРЫ СНИМКОВ. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

ЛЕКЦИЯ

Для студентов специальности 1 - 56 01 02 – Земельный кадастр

Горки 2009

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Т.В. Шулякова, С.Н. Кандыбо

ТЕОРИЯ ПАРЫ СНИМКОВ. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

ЛЕКЦИЯ

Для студентов специальности 1 - 56 01 02 – Земельный кадастр

Горки 2009

УДК 528.7 (075.8)

ББК 26.12я7

Ш 95

Одобрено методической комиссией землеустроительного факультета 18.02.2008 (протокол № 5) и научно-методическим советом БГСХА 03.04.2008 (протокол № 7).

Шулякова, Т.В., Кандыбо, С.Н.

Ш 95 Теория пары снимков. Построение геометрической модели местности: лекция. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 20 с.

ISBN 978-985-467-210-6

Изложены теория пары снимков, принципы построения геометрической модели местности, способы определения параллаксов точек снимка, измерение и обработка стереоскопической модели.

Для студентов специальности 1-56 01 02 – Земельный кадастр.

Рисунков 9. Библиогр.3.

Рецензенты: В.В. ЯЛТЫХОВ, канд. техн. наук, доцент; О.В. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук.

УДК 528.7 (075.8)

ББК 26.12я7

© Т.В. Шулякова, С.Н. Кандыбо, 2009

© Учреждение образования

«Белорусская государственная

сельскохозяйственная академия», 2009

ISBN 978-985-467-210-6

ВВЕДЕНИЕ

Ранее [1, § 23] было установлено, что для определения пространственного положения точек данных одного снимка недостаточно и можно определить лишь плановые координаты точек при некотором фиксированном значении высоты фотографирования. Определение пространственного положения точек возможно только по результатам обработки пары снимков.

Раздел фотограмметрии, изучающий методы и приемы полного описания объектов путем определения их формы, размеров и пространственного положения по фотографическим изображениям этих объектов, называется стереофотограмметрией. Её методы находят применение не только в топографии, но и для решения широкого круга задач не топографического характера – изучения деформации сооружений, при архитектурных обмерах и т.д.

Методы стереофотограмметрии предполагают построение стереоскопической (геометрической) модели по двум и более снимкам, её измерение и обработку.

1. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ. ЛУЧИ, СВЯЗКА ПРОЕКТИРУЮЩИХ ЛУЧЕЙ, БАЗИС

Допустим, что участок местности ABC изобразился на двух снимках, полученных при разных положениях центров проектирования S_1 и S_2 . Если элементы внутреннего и угловые элементы внешнего ориентирования каждого снимка точно известны, то, используя их, можно установить эти снимки в положение, которое они занимали во время фотографирования, сократив при этом расстояние между точками S_1 и S_2 до размеров базиса проектирования b .

В результате такой установки снимков и обратного проектирования получим геометрическую фигуру $A'B'C'$, подобную изображенному участку местности ABC (рис. 1).

Практически эта задача может решаться с помощью стереофотограмметрических приборов, имеющих две проектирующие камеры.

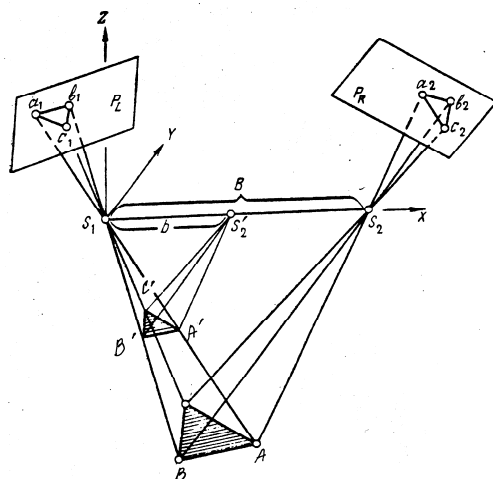


Рис. 1. Схема построения геометрической модели местности.

ABC – объект местности;

S_1S_2 – точки фотографирования;

$B = S_1S_2$ – базис фотографирования;

S_a, S_A – проектирующие лучи;

$S_1S_2' = b$ – базис проектирования.

Базисная плоскость – плоскость, проходящая через базис фотографирования и хотя бы один проектирующий луч.

Связка проектирующих лучей – совокупность лучей, исходящих из точки фотографирования.

Соответственные лучи – лучи, проходящие через одни и те же точки на двух снимках.

Таким образом, для построения геометрической модели объекта ABC базис B уменьшается в несколько раз, а связка проектирующих лучей переносится из точки S_2 в точку S_2' .

Для доказательства приведем следующие рассуждения. Если, оставив неподвижным снимок P_n – левый, будем перемещать центр проектирования S_2 строго по направлению базиса фотографирования, сохраняя угловые элементы внешнего ориентирования правого снимка P_n , то проектирующие лучи S_2C , S_2A , S_2B будут перемещаться параллельно первоначальным направлениям. В результате их пересечения с соот-

ответственными проектирующими лучами левой связки S_1 будут пространственно определяться точки A' , B' , C' .

При этом сохранится пропорциональность в изменении длин проектирующих лучей. Следовательно, получаемая модель при любом положении S_2 будет подобна реальной.

Обратим внимание на следующее:

1. Каждая пара соответственных лучей (S_1A и S_2A ; S_1B и S_2B и др.) лежит в одной плоскости, включающей также и базис S_1S_2 .

2. Модель местности не разрушится, если точку S_2 переместить в положение S'_2 , оставляя проектирующие лучи в тех же плоскостях.

3. Модель местности может быть построена в любом удобном для наблюдателя масштабе:

$$\frac{1}{m} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{b}{B}. \quad (1.1)$$

4. Модель местности не разрушится, если левую или правую связки одновременно, сохраняя параллельность проектирующих лучей своему первоначальному положению, переместить, развернуть или наклонить в произвольном направлении. Следовательно, модель местности может быть построена в любой удобной координатной системе и, при необходимости, преобразована в любую систему координат.

С учетом изложенного процесс приведения соответственных проектирующих лучей в свои базисные плоскости и построения модели местности можно выполнять независимо от внешнего ориентирования снимков. Этот процесс называется взаимным ориентированием снимков.

Для построения модели и определения по ней пространственных координат точек необходимо выполнить:

- внутреннее ориентирование аэроснимков и построение связок проектирующих лучей;
- взаимное ориентирование пары снимков;
- построение модели местности;
- ориентирование модели относительно системы координат местности по опорным точкам;
- измерение пространственных координат точек аэроснимков в системе координат местности.

Совокупность перечисленных операций называют двойной фотограмметрической засечкой.

2. ВЗАИМНОЕ ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПАРЫ СНИМКОВ

Элементы взаимного ориентирования – угловые элементы – определяют взаимное положение пары снимков во время фотографирования, при котором каждая пара соответственных лучей пересекается. Всё множество точек пересечения соответственных лучей является пространственной моделью местности. В фотограмметрии применяют две системы взаимного ориентирования пары снимков, различающихся способом ориентирования: наклонами и вращениями обоих снимков при неподвижном базисе или наклонами и вращениями одного снимка и базиса фотографирования. В обеих системах началом является левый центр фотографирования S_1 (рис. 2).

В первой (базисной) системе неподвижным (горизонтальным) считается базис фотографирования. Ось X совмещена с базисом фотографирования, главный луч левого снимка находится в плоскости XZ (рис. 2).

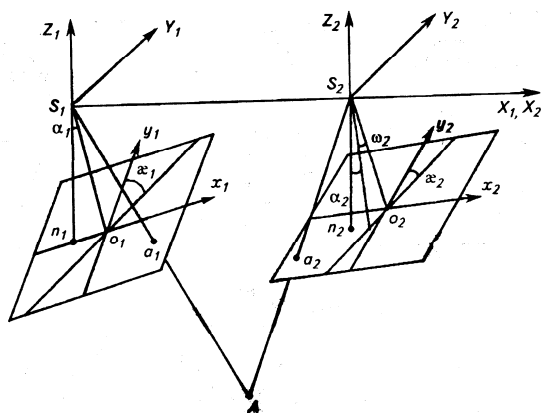


Рис. 2. Базисная система элементов взаимного ориентирования пары снимков.

Таким образом в этой системе координат у левого снимка отсутствует поперечный угол наклона w_1 . Элементами взаимного ориентирования в базисной системе являются пять углов: α_1 , χ_1 , α_2 , w_2 , χ_2 (рис. 2). Суть каждого из этих углов аналогична соответствующему углу ориентирования одиночного снимка.

Во второй (линейно-угловой или левом снимке) системе неподвижным считается левый снимок. Оси X и Y соответственно парал-

лельны осям x , y левого снимка, ось Z совпадает с его главным лучом (рис. 3).

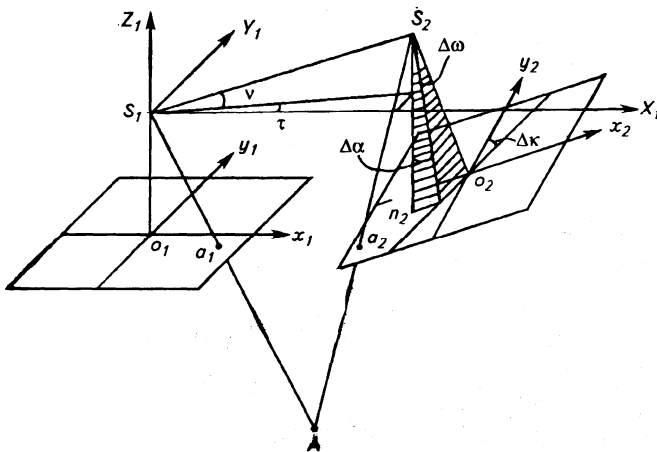


Рис. 3. Система левого снимка элементов взаимного ориентирования пары снимков.

У левого снимка в этой системе координат отсутствуют углы наклона и поворота. Угловыми элементами ориентирования правого снимка будут: взаимные углы наклона снимков $\Delta\alpha$ – продольный, $\Delta\omega$ – поперечный и $\Delta\chi$ – угол поворота снимков (рис. 3). Направление базиса фотографирования определяют углы τ (горизонтальный угол поворота базиса) и γ (вертикальный угол наклона базиса). Таким образом, элементами взаимного ориентирования в системе левого снимка будут $\Delta\alpha$, $\Delta\omega$, $\Delta\chi$, τ , γ (рис. 3).

Взаимное ориентирование пары снимков является одной из важнейших задач фотограмметрии. Основание для её решения было предложено С. Финстельвальдером в 1899 году как условие пересечения в пространстве пары соответственных лучей. Аналитическое решение задачи предложено профессором А.С. Скиридовым в 1928 году.

На рис. 4 изображена пара снимков P_1 и P_2 и связки проектирующих лучей в том положении, которое они занимали в момент фотографирования. Любая пара соответственных лучей (например, S_1m_1 и S_2m_2) пересекается и находится в одной плоскости, проходящей через базис фотографирования S_1S_2 . Если изменить положение одной из свя-

зок проектирующих лучей, то соответственные лучи окажутся в раз-

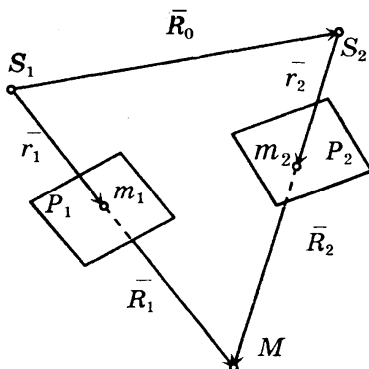


Рис. 4. Условие взаимного ориентирования пары снимков.

ных плоскостях, в точке М не пересекутся и модель разрушится. Следовательно, условием взаимного ориентирования пары снимков является размещение соответственных проектирующих лучей в одной базисной плоскости и их пересечение в одной точке. Это условие называют условием компланарности проектирующих лучей. Аналитически оно выражается в виде уравнений взаимного ориентирования. Для плановых снимков они имеют вид:

в базисной системе

$$-\frac{x_1 y_2}{f} \alpha_1 + \frac{x_2 y_1}{f} \alpha_2 + \left(f + \frac{y_1^2}{f} \right) \omega_2 - x_1 \chi_1 + x_2 \chi_2 - q = 0; \quad (2.1)$$

в системе левого снимка

$$p\tau + \frac{y_1 p}{f} \nu + \frac{x_2 y_1}{f} \Delta\alpha + \left(f + \frac{y_1^2}{f} \right) \Delta\omega + x_2 \Delta\chi - q = 0. \quad (2.2)$$

Как видно из уравнений (2.1) и (2.2), коэффициенты при элементах взаимного ориентирования зависят от элементов внутреннего ориентирования и измеренных координат соответственных точек на левом и правом снимках стереопары.

Уравнения (2.1) и (2.2) нестрогие, и их используют лишь для плановых снимков, углы наклона которых не превышают 3°.

Для каждой точки местности, изобразившейся в зоне двойного перекрытия, т.е. на левом и правом снимках, можно составить одно

уравнение взаимного ориентирования вида (2.1) или (2.2) с пятью неизвестными элементами.

Чтобы определить пять элементов взаимного ориентирования пары снимков, необходимо объединить в систему не менее пяти уравнений взаимного ориентирования, составленных для пяти точек из зоны перекрытия. Это должны быть надежно идентифицированные точки местности на левом и правом снимках. Обычно для взаимного ориентирования используют шесть стандартно расположенных точек: две вблизи главных точек левого и правого снимков и четыре по углам зоны перекрытия (рис. 5). У этих точек измеряют координаты на левом и правом снимках и составляют систему из шести уравнений вида (2.1) или (2.2). При использовании шести точек систему полученных уравнений решают с контролем.

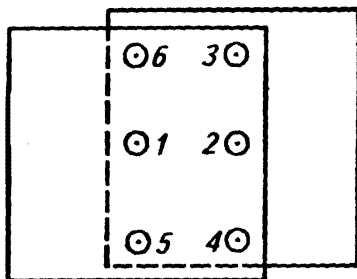


Рис. 5. Стандартная схема расположения точек для взаимного ориентирования снимков.

Решают систему уравнений взаимного ориентирования по способу наименьших квадратов до тех пор, пока значение свободного члена (остаточного поперечного параллакса) не будет меньше заранее заданного значения. Значение остаточного поперечного параллакса устанавливают, исходя из требуемой точности конечной продукции.

Найденные элементы взаимного ориентирования пары снимков позволяют получить фотограмметрическую модель местности, являющуюся совокупностью фотограмметрических координат её точек.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ТОЧЕК МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

Результатом взаимного ориентирования пары снимков является построение фотограмметрической модели местности в произвольном масштабе и свободно ориентированной в геодезическом пространстве. Фотограмметрические координаты точек модели не являются геодезическими координатами точек местности.

Пространственные координаты X^M , Y^M , Z^M точек фотограмметрической модели определяют в системе координат, в которой определяли элементы взаимного ориентирования (в базисной или в системе левого снимка), по следующим формулам:

$$X^M = NX_1; \quad Y^M = NY_1; \quad Z^M = NZ_1, \quad (3.1)$$

где X_1 , Y_1 , Z_1 – пространственные координаты точки левого снимка (рис. 6) в системе координат построения модели, которые в общем случае зависят от элементов взаимного ориентирования;

N – масштабный коэффициент, определяющий масштаб построенной модели и зависящий от величины базиса проектирования b , элементов взаимного ориентирования и измеренных координат соответственных точек a_1 и a_2 стереопары.

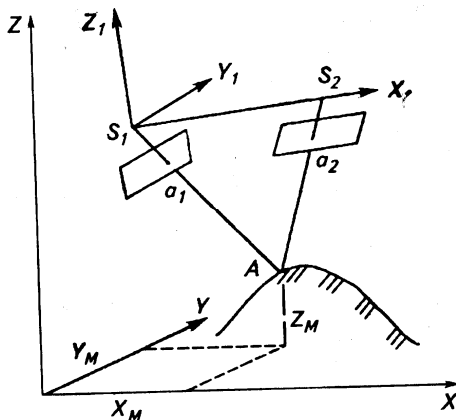


Рис. 6. Принцип определения пространственных координат точек фотограмметрической модели.

В частном случае, когда левый и правый снимки горизонтальны и получены с одной высоты фотографирования, т.е. с горизонтального базиса, масштабный коэффициент можно вычислить по формуле

$$N = b/p, \quad (3.2)$$

где b – базис проектирования;

p – продольный параллакс определяемой точки.

Таким образом, для определения пространственных фотограмметрических координат точек модели местности необходимо знать элементы внутреннего ориентирования снимков, вычислить элементы их взаимного ориентирования и измерить координаты соответственных точек на левом и правом снимках.

4. ПРОДОЛЬНЫЙ И ПОПЕРЕЧНЫЙ ПАРАЛЛАКСЫ ТОЧЕК

Приступая к рассмотрению возможности получения метрической информации по паре снимков, сформулируем вводные определения понятий продольного и поперечного параллаксов точек.

Допустим, что имеем идеальный случай аэрофотосъемки – базис фотографирования S_1S_2 и снимки горизонтальны. Снимки ориентированы так, что оси абсцисс x_1 левого снимка и x_2 правого снимка лежат на одной прямой, а оси y_1 и y_2 параллельны (рис. 7).

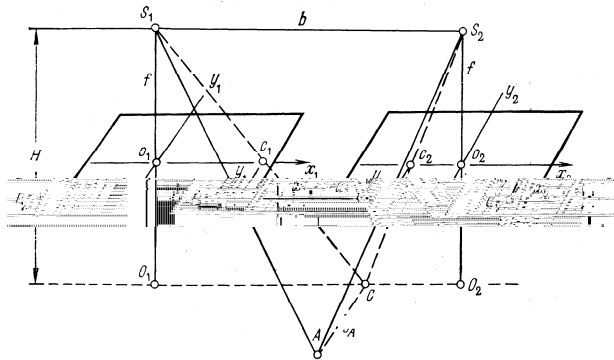


Рис. 7. Координаты соответственных точек на двух перекрывающихся снимках.

Установив в приборе снимки согласно выше изложенному путем обратного проектирования, получим геометрическую модель местности.

Из множества точек геометрической модели воспользуемся точкой А, отстоящей от вертикальной базисной плоскости на величину перпендикуляра к ней АС.

Если провести базисную плоскость через точку А модели, то эта плоскость рассекает плоскости снимков по линиям, параллельным осям абсцисс x_1 и x_2 , и обязательно пройдет через изображения соответственных точек a_1 и a_2 на левом и правом снимках. Ординаты точек y_1 и y_2 будут равны. Это положение легко доказывается (рис. 7). Ординаты одноименных точек при идеальном случае аэрофотосъемки будем называть трансформированными и обозначать y_1° и y_2° соответственно на левом и правом снимках.

Таким образом, трансформированные ординаты одноименных точек на левом и правом снимках равны, что выражается формулой

$$q_i^\circ = y_1^\circ - y_2^\circ = 0. \quad (4.1)$$

Если проектирующую связь хотя бы одного снимка отклонить в сторону, например, на угол w_2 , то положение точки a_2 изменится – она уже не будет находиться в базисной плоскости, проходящей через точки А и a_1 . Тогда ордината y_2 будет отличаться от ординаты y_1 .

Разность ординат соответственных точек, измеренных на перекрывающихся снимках в системе координат снимков $o_1x_1y_1$ и $o_2x_2y_2$, называется поперечным параллаксом точки.

В общем виде поперечный параллакс определяется по формуле

$$q_i = y_1 - y_2, \quad (4.2)$$

где y_1 и y_2 – ординаты одноименных точек, измеренные соответственно на левом и правом снимках.

Если измеренные ординаты любой пары одноименных точек на левом и правом снимках не равны между собой, то это свидетельствует о том, что снимки взаимно не ориентированы.

Снимки взаимно ориентированы только тогда, когда любая пара соответственных точек находится в одной базисной плоскости и $y_1 - y_2 = 0$.

Величина поперечного параллакса зависит от величины элементов ориентирования.

Положение каждой точки на снимке определяется координатами x и y в системе координат снимков.

Разность абсцисс одноименных точек, измеренных на левом и правом снимках, называется продольным параллаксом точки и обозначается p .

В общем виде

$$p_i = x_1 - x_2 \quad (4.3)$$

Величина продольного параллакса в меньшей степени зависит от величин элементов ориентирования. Она в основном зависит от формата снимка, продольного перекрытия снимков и рельефа местности. При прочих равных условиях, чем точка местности выше, тем величина продольного параллакса больше – масштаб изображения в зоне этой точки будет крупнее.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ ПО РАЗНОСТИ ПРОДОЛЬНЫХ ПАРАЛЛАКСОВ ПРИ ИДЕАЛЬНОМ СЛУЧАЕ СЪЕМКИ

Рассмотрим идеальный случай съёмки. Снимки p_1 и p_2 получены с центров фотографирования S_1 и S_2 при отвесном положении оптической оси камеры с одной и той же высоты фотографирования. За начало координат принимаем центр фотографирования S_1 , оси X_1 и X_2 параллельны базису фотографирования B , ось Z_1 совмещена с главным оптическим лучом левой связки. Точка местности A изобразилась в виде точек a_1 и a_2 на левом и правом снимках стереопары соответственно. На левом снимке p_1 положение точки a_1 определяется абсциссой x_1 . На правом снимке p_2 положение точки a_2 с учетом направления координатных осей определяется абсциссой $-x_2$ (рис. 8).

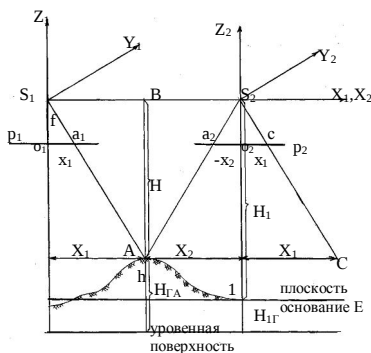


Рис. 8. Стереопара аэрофотоснимков.

Положение точек геометрической модели определяется пространственными координатами X , Y , Z в системе координат $S_1X_1Y_1Z_1$ или пространственными координатами X , Y , H (с учетом того, что $H = -Z$).

Пусть для точки 1 известна высота относительно уровенной поверхности $H_{Г1}$. Имея геометрическую модель местности, можно вы-

числить превышение между точками А и 1 местности, а также высоту точки А $H_{ГА}$ (рис. 8).

Для вывода формул проведем линию S_2C параллельно линии S_1A .

Тогда получим $AC = B$.

$$a_2c = x_1 - x_2. \quad (5.1)$$

С учетом формулы (4.3) можно записать:

$$a_2c = x_1 - x_2 = p, \quad (5.2)$$

где p – продольный параллакс точки.

Из подобия Δa_2S_2c и ΔAS_2C можно записать:

$$\frac{p}{H} = \frac{f}{H} = \frac{f}{-Z} = \frac{1}{m} \quad (5.3)$$

где m – знаменатель масштаба съёмки.

Из формулы (5.3) следует, что

$$p = \frac{B}{m} = b, \quad (5.4)$$

т.е. для горизонтального снимка продольный параллакс равен базису фотографирования в масштабе съёмки.

Выразим из формулы (5.3) высоту фотографирования H :

$$H = \frac{f}{p} B. \quad (5.5)$$

Аналогичную формулу можно записать для опорной точки 1, лежащей на плоскости основания E :

$$H_1 = \frac{f}{p_1} B. \quad (5.6)$$

Разность высот точек дает превышение:

$$h = H - H_1 = Bf \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p_1} \right). \quad (5.7)$$

После несложных преобразований с учетом того, что $Bf = H_1 p_1$,

$$h = H_1 p_1 \left(\frac{p_1 - p}{p \cdot p_1} \right) \quad (5.8)$$

$$h = H_1 \frac{\Delta p}{p} \quad (5.9)$$

где $\Delta p = p_1 - p$ – разность продольных параллаксов определяемой точки А и данной точки 1.

Таким образом, вычислив по формуле (5.9) превышение при известной высоте фотографирования H_1 , можно найти отметку определяемой точки А:

$$H_{ГА} = H_{Г1} + h, \quad (5.10)$$

где $H_{ГА}$ и $H_{Г1}$ – высоты точек местности над уровенной поверхностью.

Продифференцируем выражение (5.9) по переменной Δp и перейдем от дифференциалов к средним квадратическим ошибкам:

$$m_h = \frac{H}{p} m_{\Delta p} \quad (5.11)$$

где $m_{\Delta p}$ – СКО измерение разности продольных параллаксов.

Таким образом, при постоянных величинах H и p для данной стереопары точность определения превышений по формуле (5.9) зависит от точности измерения разности продольных параллаксов.

Выразим из формулы (5.11) величину m_{Δ} :

$$m_{\Delta p} = \frac{p}{H} m_h . \quad (5.12)$$

На основании формулы (5.12) можно предвычислить необходимую точность измерения продольных параллаксов на снимках для обеспечения заданной точности определения превышений или рисовки рельефа стереофотограмметрическим методом.

6. ВНЕШНЕЕ ОРИЕНТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

Внешнее (геодезическое) ориентирование модели местности позволяет перейти от ее фотограмметрических координат к геодезическим координатам точек местности. Элементы внешнего ориентирования модели местности определяют ее масштаб и положение в геодезическом пространстве (рис. 9).

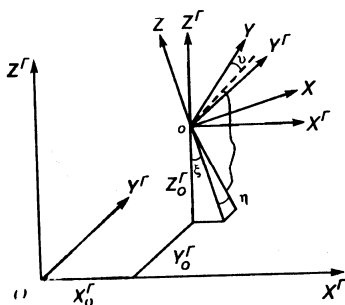


Рис. 9. Элементы внешнего ориентирования фотограмметрической модели.

Их семь: t – знаменатель масштаба модели, $t=B/b$ (B – базис фотографирования; b – базис проектирования);

$X_0^\Gamma, Y_0^\Gamma, Z_0^\Gamma$ – геодезические координаты начала фотограмметрической системы координат. В случае использования описанных ранее систем взаимного ориентирования это геодезические координаты левого центра фотографирования S_1 ;

ξ, η, υ – углы наклона и поворота модели относительно геодезической системы координат.

Геодезические координаты точек местности и фотограмметрические координаты тех же точек модели связаны зависимостями:

$$\begin{aligned} X^\Gamma &= X_0^\Gamma + (a_1 X^M + a_2 Y^M + a_3 Z^M)t; \\ Y^\Gamma &= Y_0^\Gamma + (b_1 X^M + b_2 Y^M + b_3 Z^M)t; \\ Z^\Gamma &= Z_0^\Gamma + (c_1 X^M + c_2 Y^M + c_3 Z^M)t, \end{aligned} \quad (6.1)$$

где $a_{1...3}, b_{1...3}, c_{1...3}$ – направляющие косинусы, являющиеся функциями угловых элементов ξ, η, υ внешнего ориентирования модели.

Уравнения (6.1) используют для вычисления геодезических координат точек местности, если элементы внешнего ориентирования модели известны. Для вычисления этих элементов служат эти же уравнения и опорные точки, располагающиеся в зоне перекрытия снимков. Для опорных точек по измеренным координатам их изображений на левом и правом снимках и найденным элементам взаимного ориентирования вычисляют их фотограмметрические координаты.

Таким образом, для опорных точек известны их геодезические координаты и пространственные фотограмметрические координаты. Используя эти данные, можно составить уравнения вида (6.1), в которых неизвестными величинами являются элементы внешнего ориентирования модели. Для каждой планово-высотной опорной точки можно составить все три уравнения: для плановой – первые два, для высотной – одно последнее. Полученные уравнения объединяют в систему, которую решают относительно семи неизвестных элементов внешнего ориентирования модели. Для бесконтрольного решения системы уравнений достаточно трех опорных точек, не лежащих на одной прямой: двух планово-высотных и одной высотной. Набор опорных точек может быть различным. Важно, чтобы создаваемая система содержала не менее семи уравнений со всеми семью неизвестными элементами внешнего ориентирования модели.

Рассмотренный способ определения геодезических координат точек местности по паре снимков носит название двойной обратной фотограмметрической засечки.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Как построить геометрическую модель местности по паре снимков? Что называют связкой проектирующих лучей? Что такое соответственные лучи?
2. Какие процессы включает двойная обратная фотограмметрическая засечка?
3. Базисная система элементов взаимного ориентирования пары снимков.
4. Система левого снимка элементов взаимного ориентирования пары снимков (линейно-угловая система).
5. Уравнение взаимного ориентирования. Определение элементов взаимного ориентирования по стандартным точкам.
6. Определение пространственных фотограмметрических координат точек модели.
7. Какой случай съемки называют идеальным?
8. Что такое продольный и поперечный параллаксы точек? Чему равен поперечный параллакс для трансформированных снимков?
9. Определение превышений по разности продольных параллаксов при идеальном случае съемки.

10. Для чего выполняют внешнее ориентирование модели? Элементы внешнего ориентирования модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров, А.С. Фотограмметрия: учеб. пособие для студентов вузов/ А.С.Назаров. Минск: ТетраСистемс, 2006. 367 с.
2. Ильинский, Н.Д. Фотограмметрия и дешифрирование снимков: учебник для вузов / Н.Д. Ильинский, А.И. Обиралов, А.А. Фостиков. М.: Недра, 1986. 375 с.
3. Мурашев, С.А. Аэрофотогеодезия: учебник для вузов / С.А. Мурашев, Я.И. Гебгарт, А.С. Кислицын. М.: Недра, 1976. 404 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Геометрическая модель местности. Лучи, связь проектирующих лучей, базис	3
2. Взаимное ориентирование пары снимков	6
3. Определение пространственных фотограмметрических координат точек модели местности	10
4. Продольный и поперечный параллакс точек	11
5. Определение превышений по разности продольных параллаксов при идеальном случае съёмки	13
6. Внешнее ориентирование модели местности	15
7. Контрольные вопросы	17
Литература	17

Учебное издание

**Тамара Владимировна Шулякова
Светлана Николаевна Кандыбо**

ТЕОРИЯ ПАРЫ СНИМКОВ.
ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

Лекция

Редактор Н.А. Матасёва
Техн. редактор Н.К. Шапрунова
Корректор А.М. Павлова

ЛИ №348 от 09.06.2009. Подписано в печать 2009.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага для множительных аппаратов.
Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».
Усл.печ.л. 1,16 . Уч.-изд. 0,98 л.
Тираж 75 экз. Заказ . Цена 1690 руб.

Редакционно-издательский отдел БГСХА
213407, г. Горки Могилевской обл., ул. Студенческая, 2
Отпечатано в отделе издания учебно-методической литературы,
ризографии и художественно-оформительской деятельности БГСХА
г. Горки, ул. Мичурина, 5