

### Общие положения

Некоторые технологические варианты стереотопографической АФС предусматривают составление фотопланов или ортофотопланов. Фотоплан (ортофотоплан) это фотографическое изображение местности составленное из трансформированных снимков (ортофотоснимков) одного масштаба. Как правило, их составляют на полную трапецию, и выполняют зарамочное оформление, как у плана. По точности они должны соответствовать плану. Фотографическое изображение местности, составленное из плановых снимков, называется фотосхемой. Их точность ниже точности фотопланов, поэтому они используются для приближенных количественных оценок в лесоустройстве, землеустройстве и т.д. Фотосхемы бывают одномаршрутные и многомаршрутные.

Трансформирование снимка в широком смысле это целенаправленное изменение его геометрических свойств с целью преобразования в заданную проекцию. Каждое преобразование изменяет одни геометрические свойства исходного изображения и сохраняет другие. Те свойства, которые не изменяются, называются инвариантами относительно данного геометрического преобразования.

В фотограмметрии чаще всего используются перспективное и аффинное преобразования, ортофототрансформирование и масштабирование.

Трансформированным называется снимок, полученный путем перспективного преобразования наклонного снимка и имеющий допустимые величины смещений точек от их горизонтальной проекции. Отметим, что оно не меняет проекции. Трансформированный снимок тоже построен по законам центральной проекции. Поэтому искажения за рельеф остаются. Доводят их до допустимых значений путем соответствующего выбора плоскости трансформирования, относительно которой превышения точек местности не превосходят установленных значений. Если же местность холмистая, снимок трансформируют по частям (зонам), выбирая для каждой зоны свою плоскость трансформирования. При числе зон больше 3 возникают трудности в процессе составлении фотоплана, поэтому вместо перспективного трансформирования применяют ортофототрансформирование.

Ортофотоснимок построен в ортогональной проекции, то есть при ортофототрансформировании происходит переход от центральной проекции исходного снимка к ортогональной проекции снимка, полученного после трансформирования. Искажений за рельеф у таких снимков нет. Но выполнить ортофототрансформирование можно только после построения геометрической модели местности по паре снимков. Поэтому оно будет рассмотрено позже.

### Перспективное трансформирование

Перспективное трансформирование может быть выполнено различными способами: графическим, оптико-графическим, фотомеханическим, аналитическим и т.д. В фотограмметрии наибольшее применение получили два последних.

Теоретическим обоснованием *аналитического способа* являются формулы трансформирования. Для вычисления по ним необходимо выполнить измерения координат  $x$  и  $y$  точек, трансформированные координаты которых требуется получить, и знать элементы внешнего ориентирования наклонного снимка. Точное их значение обычно неизвестно, поэтому трансформируют по опорным точкам (опознакам). Для определения минимального числа опознаков, воспользуемся уравнениями коллинеарности. При этом примем координаты центра проекции равными нулю и разделим числители и знаменатели правых частей на  $-cz_f$ , в результате получим:

$$X = \frac{A_1(x - x_0) + A_2(y - y_0) + A_3f}{C_1(x - x_0) - C_2(y - y_0) + 1},$$

$$Y = \frac{B_1(x - x_0) - B_2(y - y_0) + B_3f}{C_1(x - x_0) - C_2(y - y_0) + 1},$$

где, например,  $A_1 = Ha_1/c_3f$ ,  $B_1 = Hb_1/c_3f$ , и т.д.

Если координаты опознаков, координаты их изображений на снимке и элементы внутреннего ориентирования снимка известны, то неизвестными в уравнениях являются восемь коэффициентов. Они однозначно определяют перспективную зависимость между наклонным и горизонтальным снимками. Эти коэффициенты называют элементами трансформирования. Поскольку один опознак позволяет составить два уравнения, то для определения коэффициентов их нужно как минимум 4. Зная их можно выполнять трансформирование, используя уравнения, но для приведения трансформированного снимка к заданному масштабу все полученные координаты  $x^0$  и  $y^0$  умножают на коэффициент трансформирования  $k$ , то есть трансформированные координаты  $x_m = kx^0$ , и  $y_m = ky^0$ .

Для того, чтобы понять суть фотомеханического трансформирования (его еще называют оптико-механическим), предположим, что элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимка известны. Восстановим связку проектирующих лучей и поместим ее в положение, которое она занимала в момент фотографирования, затем пересечем связку горизонтальной плоскостью  $E$  (рис. 1).

В результате на экране получим трансформированное изображение наклонного снимка. В соответствии с рис.1 его масштаб можно вычислить по формуле:

$$1/t = kf/H_0, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент трансформирования,  $H_0$  – высота фотографирования над средней плоскостью участка (плоскостью трансформирования).

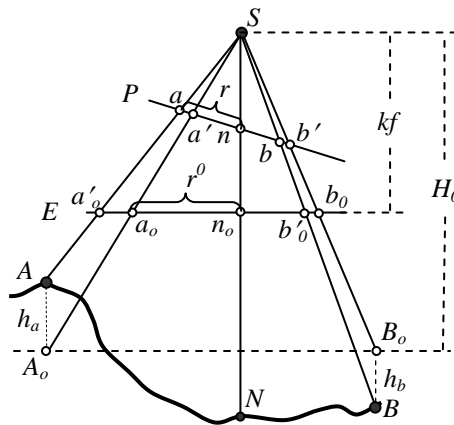


Рис.1 Перспективное трансформирование

На практике, по уже известным причинам, установку связки относительно экрана выполняют по опознакам. Для этого на экран укладывают основу с, опознаками (их должно быть не менее четырех), выполненную в масштабе, который равен заданному масштабу трансформированного изображения. На снимке делают отверстия (диаметром 0.2 – 0.3 мм) в точках, где изобразились опознаки, и с помощью проектора проецируют его на экран. Затем взаимным перемещением основы и проектора добиваются, чтобы изображения спроектированных на экран отверстий совпали с соответствующими трансформационными точками на основе, после чего последнюю убирают. В результате изображение на экране будет соответствовать трансформированному снимку. Его нужно только зафиксировать, например, сфотографировать.

Отметим, что рассмотренная выше технология работает идеально при трансформировании наклонного снимка равнинной местности. Если местность холмистая, то необходимо учитывать смещения точек за рельеф. Например, в соответствии с рис. 65, при установке связки нужно добиваться, либо совмещения точек  $a'$  и  $a_0$ , либо точек  $a$  и  $a'_0$ , так как именно эти пары находятся в перспективном соответствии (расположены на одних и тех же проектирующих лучах). Значит перед процессом совмещения необходимо ввести поправки в положение всех опознаков, либо на снимке  $\delta r_c$ , либо на основе  $\delta r_0$ . Вычисляются они по формулам:

$$\delta r_c = -rh/H_0 \quad \text{и} \quad \delta r_0 = hr_0/(H_0 - h) \quad (2)$$

Как правил, поправки вводят на основе, при условии, что они больше 0.3 мм. Полученные в результате точки для совмещения называют ориентирующими.

Нельзя, кроме того, забывать, что на трансформированном снимке будут смещены все точки, расположенные выше или ниже плоскости трансформирования. И если эти искажения больше допустимых, снимок следует трансформировать по частям (по зонам).