

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ МАРКИРОВАНИЯ

И. БЛАХО

Кафедра Фотограмметрии Института Геодезии Будапештского Технического Университета

(Поступило 15 ноября 1976 г.)

Представлено проф. д-р Л. ХОМОРОДИ

Надежность и точность фотограмметрической обработки снимков зависит не только от технической оснащенности, но и от того, в каком количестве имеются на изготовленных снимках точечные или линейные объекты, на которые можно точно навести измерительную марку инструмента. Практикой установлено, что чем больше масштаб снимка, тем труднее найти такие объекты. Поэтому для работы перед залетом производится маркирование точек на местности.

В этой статье разбираются вопросы и проблемы маркирования и описывается его опыт.

Известно, что маркировать целесообразно только такие точки, которые будут изображены на снимке, то есть, которые в момент фотосъемки будут видны и не будут находиться в тени.

Разберем сначала вопрос тени. Длина тени зависит от высоты предмета, дающего тень, от угла наклона местности и от величины зенитного угла солнца (Рис. 1). Величина зенитного угла лучей солнца зависит от времени года и от времени дня. Аэрофотосъемка производится обычно ранней весной между 9 и 15 часами. Первым днем, удобным для аэрофотосъемки является 21 марта. Рассмотрим, какой зенитный угол бывает в это время. 21 марта солнце находится в зените над экватором, в это время в любой точке

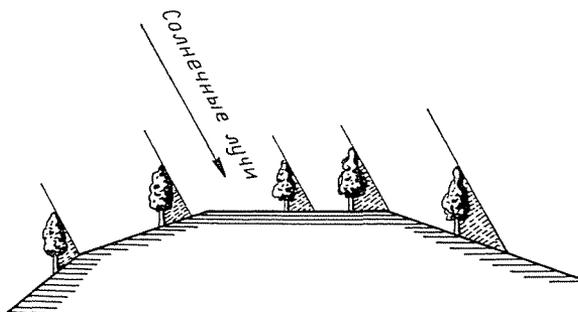


Рис. 1

земли зенитный угол солнца равняется географической широте этой точки. В северном полушарии, начиная с 21 марта зенитный угол солнца постоянно уменьшается и 21 июня достигает минимума. Следовательно, исследуемая дата (21 марта) является самой неподходящей с точки зрения величины зенитного угла, во все остальные весенние дни величина зенитного угла будет более удобной. На месте, выбранном для опытного фотографирования, географическая широта  $47^\circ$ , этот угол являлся и зенитным углом этого места в полдень. Исследуем, как меняется зенитный угол между 9 часами утра и 15 часами дня (Рис. 2).

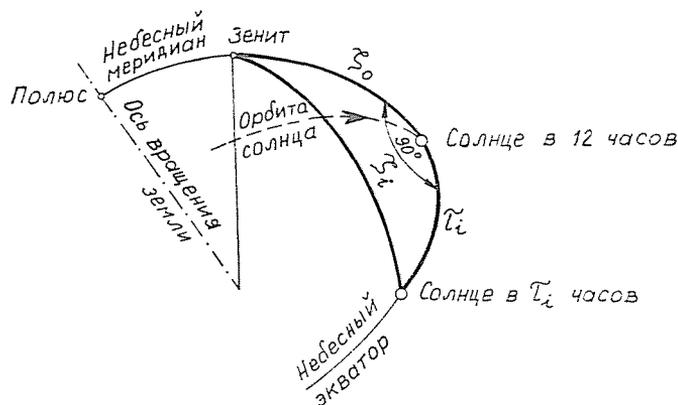


Рис. 2

На основании сферического треугольника, изображенного на рис. 2, установили, что

$$\cos \zeta \cdot \cos \tau_i = \cos \zeta_i$$

Подставим в эту формулу конкретные величины углов  $\zeta_0 = 47^\circ$ , а соответственно скорости вращения земли

$$\tau_1 = 1 \text{ час} = 15^\circ$$

$$\tau_2 = 2 \text{ часа} = 30^\circ$$

$$\tau_3 = 3 \text{ часа} = 45^\circ$$

и получим данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Географическая широта места	Зенитный угол солнца 21 марта			
	9 и 15	10 и 14	11 и 13	12
	часов			
$47^\circ$	$61^\circ$	$54^\circ$	$49^\circ$	$47^\circ$

На основании вышесказанного, маркированную точку надо расположить таким образом, чтобы она лежала относительно предмета, дающего тень так, как показано на рис. 3.

При маркировании надо учитывать и то, чтобы была двухсторонняя видимость между объективом съёмочной камеры и маркированным предметом.

Эта видимость зависит от величины зенитного угла объектива, который в свою очередь зависит от величины угла раствора камеры  $\alpha$  и от величины угла наклона оси камеры  $\nu$  (рис. 4), другими словами

$$\zeta = \frac{\alpha}{2} + \nu$$

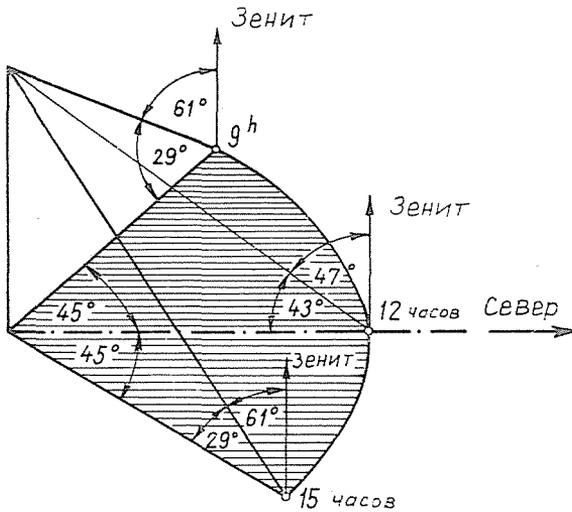


Рис. 3

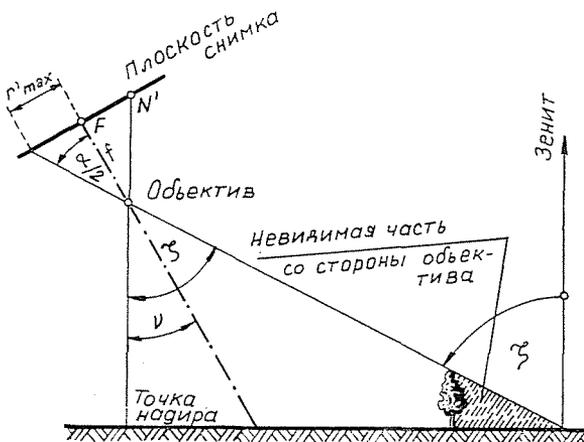


Рис. 4

Величина  $\zeta$  равна  $50$  при  $\nu_{\max} = 5^\circ$  при широкоугольном объективе, при использовании очень широкоугольного объектива она может достигать  $65^\circ$ . Каждая точка должна изобразиться по крайней мере на двух снимках, а лежащие на краю ряда точки должны быть видны на четырех снимках. Положение объектива во время фотографирования бывает неизвестным. Поэтому маркирование точек ведется только в тех местах, где нет никаких препятствий в конусе, образованном в этой точке отвесной линией и зенитным углом в  $60^\circ$ . Таким образом достигается условие взаимной видимости и условие отбрасываемой тени.

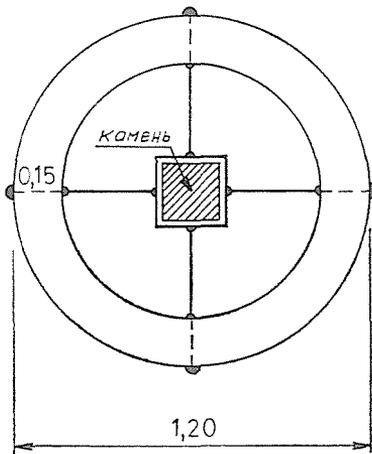


Рис. 5

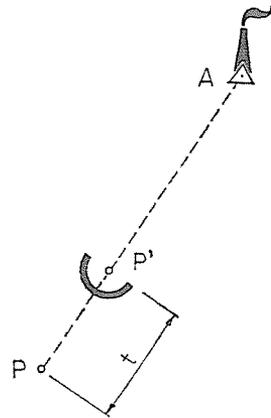


Рис. 6

В тех местах, где эти условия не могут быть обеспечены, точки располагаются эксцентрично. Этот метод будет описан дальше.

Намечаемый масштаб снимков был  $1 : 6\,000$ . Величина зерна негатива —  $0,025$  мм. Минимальный диаметр знака на местности —  $15$  см. Так как точки на местности закреплялись железобетонными камнями размером  $15$  на  $15$  см или  $20$  см на  $20$  см, то было достаточно выкрасить эти камни в белый цвет. Для того, чтобы облегчить нахождение этих точек при обработке, они еще маркировались кругом и полукругом, внешний диаметр которых был  $1,20$  м, а внутренний —  $0,90$  м. Знаки были расположены на местности как в естественных условиях (луг, поле, сад), так и в искусственных (дорога, тротуар). В естественных условиях было закреплено  $1025$  точек, а в искусственных —  $97$ .

В естественных условиях точки закреплялись камнями. Закладку камней и маркировку производили одновременно. Ямы для камней выкапывались с помощью специального бура, диаметр которого был равен диаметру камня, таким образом, чтобы растительный покров вокруг точки при этом не

уничтожался (белый камень плохо виден на фоне высохшей растительности). После закладки камень красился и с помощью шаблона, показанного на рис. 5, производилось маркирование его смесью из мокрых опилок и гипса толщиной слоя 2—3 см. Для маркирования одного знака требовалось 4 кг опилок, 2—3 кг гипса и немного белой краски. Время потраченное на маркирование одного знака 8—10 минут при бригаде числом 4 человека. Гипс, смешанный с опилками, оказался очень стойким, дождь не размыл его, хотя залет был произведен только спустя месяц после закладки первых знаков.

Уход за маркированными знаками в период до залета велся каждые 2—3 дня, в случае необходимости они были снова покрашены густей известкой. Только семь из маркированных знаков было уничтожено до залета, это составляет 1%. Во время маркирования была произведена среди населения просветительная работа, поэтому случаев намеренного истребления знаков не было. Уничтоженные знаки были выкопаны животными.

Расположенные в искусственных условиях знаки уничтожались быстрее. Из 97 знаков 12 не изобразились на снимках, это превышает 10%. В момент залета 4 знака были закрыты стоящими там машинами, другие были покрыты пылью и грязью из-за дождей.

В начале было уже упомянуто, что мы не имели возможности маркировать все нужные точки, так как их изображение на снимках не было гарантировано, например, из-за находящихся поблизости кустов, ряда деревьев и т. д. В таких случаях производилось эксцентрическое маркирование. Так как все маркированные точки получали государственные координаты фотограмметрическим методом, эксцентрическое маркирование надо было производить так, чтобы вычисление координат закрепленных на местности камнями, но не маркированных точек было как можно проще. Для этого было разработано четыре метода. Применяя любой из них, можно было определить координаты точки с помощью одного дополнительно измеренного расстояния.

Самый простой случай виден на рис. 6. Эксцентрическое маркирование точки в этом случае ведется в направлении видимого опорного знака (труба, крест, церкви, использованные как пункты триангуляции) (Рис. 6). Для вычисления координат точки Р надо измерить расстояние  $t$ , и координаты могут быть вычислены по формуле:

$$X_p = Y_{Q_p} + t \sin \delta_{BP'}$$

$$X_p = X_{P'} + t \cos \delta_{BP'}$$

В случае, показанном на рис. 7, нет видимой опорной точки. В этом случае производится закладка двух эксцентрических знаков и измерение расстояния  $t$ . (Надо выбирать место так, чтобы  $t_0 > t$  было). (Рис. 7).

В случае, показанном на рис. 8, нельзя расположить знак в конце линии. Тогда эксцентрический знак располагается в продолжении линии  $P_1P_2$  и измеряется расстояние  $t$ . (Рис. 8).

В случае места, оконтуренного какой-то ломанной линией применяется метод, показанный на рис. 9. (Рис. 9). В точках  $P_1, P_2, P_3 \dots P_i$  нет возможности расположить знак, поэтому маркируются точки  $P_0$  и  $P'_1, P'_2, P'_3, \dots P'_i$  и измеряются расстояния  $t_1, t_2, t_3, \dots t_i$ . Вычисление координат в этом случае состоит из вычисления дирекционного угла и одной полярной координаты.

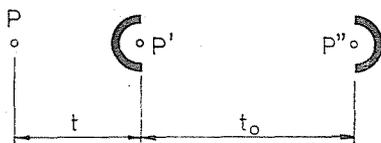


Рис. 7

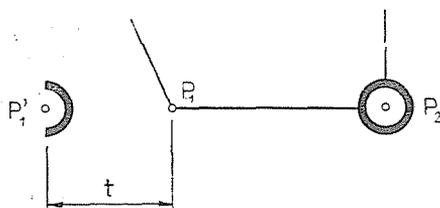


Рис. 8

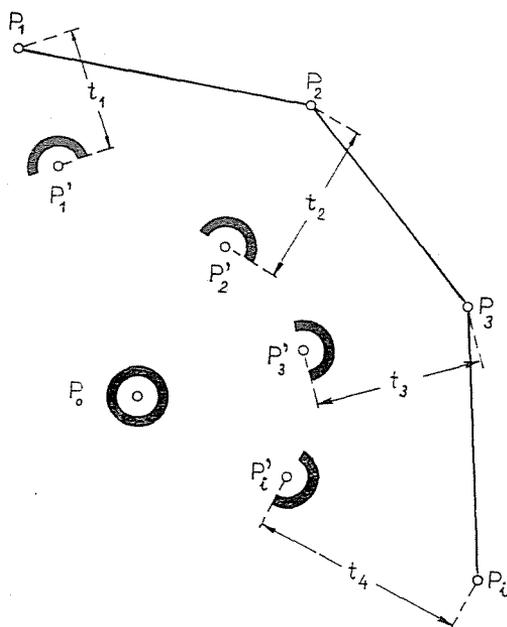


Рис. 9

Необходимые для абсолютного ориентирования опорные точки выбирались и маркировались соответственно с планом маршрута залета таким образом, что перед началом работ на топографической карте были намечены края рядов снимков. Перекрытие между рядами было 30%. В этих местах и намечались опорные точки для ориентирования снимков в соответствии с характером местности. Расстояние между ориентировочными точками было меньше, чем половина ширины пространственной модели местности. Этим было достигнуто то, что на каждой модели было получено минимально 4 ориентировочные точки.

Координаты ориентировочных были определены триангуляцией.

После фотограмметрической обработки снимков для 86 точек были определены координаты и геодезическим путем. Средняя квадратическая ошибка фотограмметрических координат относительно геодезических составила  $\pm 0,12$  м.

### Резюме

В статье разбираются вопросы фотограмметрического маркирования опорных точек и приводятся методы индиректного маркирования.

Imre ВЛАНЬ, Н-1521 Budapest