

## ОПЫТ РИСОВКИ ГОРИЗОНТАЛЕЙ НА ФОТОПЛАНЕ ПО ТОЧКАМ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

В этой работе представлен опыт рисовки на фотоплане масштаба 1 : 2000 рельефа с сечением горизонталей 0,5 м, создаваемого для проектирования мелиоративных систем. Средняя погрешность положения горизонталей была установлена равной 15 см. Рисовка рельефа выполнялась по точкам цифровой модели рельефа (ЦМР), созданной на основе аналитической блочной фототриангуляции, методика которой позволяет при масштабе аэрофотосъемки 1 : 7000 и  $f=70$  мм обрабатывать блок, ограниченный десятью маршрутами по десять стереопар в каждом, что покрывает в натуре площадь, соответствующую 35 трапециям масштаба 1 : 2000. Точность рисовки горизонталей при этом в основном определяется погрешностями сгущения высотной сети и построения ЦМР.

Для предвычисления точности сгущения высотного обоснования на основе аналитической блочной фототриангуляции использовали формулу, предложенную Ф. Ф. Лысенко [1]

$$m_z = 0,25 \frac{H}{\rho} \sqrt{\frac{3(2ns + mn - zr)}{2mns}},$$

где  $n$  — число снимков в блоке;  $m$  — число точек сети на каждом снимке;  $r$  — число опорных точек в блоке;  $s$  — количество изображений каждой точки;  $H$  — высота фотографирования;  $\rho$  — продольный параллакс.

Фактически ЦМР строилась по снимкам масштаба 1 : 4500,  $f=100$  мм опытного полигона, все опорные точки которого были

замаркированы перед залетом и определены высокоточными геодезическими способами в плане со средними погрешностями, не превышающими 3 см в условной системе координат, а по высоте отметки получены из нивелирования второго класса.

Принимая в расчет фактические данные:  $H=450$  м,  $n=70$ ,  $m=16$ ,  $r=38$ ,  $S=3$  и  $p=70$  мм, получим  $m_z=14$  см.

В результате оценки точности построенной сети из сравнения фотограмметрических и геодезических высот многочисленных контрольных точек была получена средняя квадратическая погрешность сгущения, равная 12 см, что хорошо согласуется с предвычисленной величиной и соответствует установленным требованиям.

Из существующих в настоящее время способов задания исходной информации в данной работе сравнивались способ упорядоченных точек (регулярная модель) и способ, учитывающий морфологию местности (нерегулярная модель). Исходная информация получена с использованием стереокомпаратора, позволяющего измерять координаты и параллаксы точек на снимках с погрешностью 0,005 мм. Определение фотограмметрических координат и высот точек выполнено с использованием ЭВМ «Минск-220».

Построение регулярной модели, как известно, заключается в том, что узловые точки модели располагаются в вершинах сети, образованной правильными фигурами с фиксированным шагом. В этом случае, зная плановые координаты начальной точки, можно легко получить плановые координаты любой другой точки сети; в ЭВМ вводится только информация о высотах узловых точек, а простота интерполяции, обычно линейной, экономит машинное время.

При выполнении данной работы точки регулярной ЦМР выбирались в вершинах сетки, состоящей из квадратов с фиксированным шагом 7 мм в масштабе снимка или примерно 30 м на местности. Количество точек ЦМР на стереопару составило 152.

Точки ЦМР по координатам наносились на фотоплан масштаба 1 : 2000, изготовленный по снимкам масштаба 1 : 12300. Затем на фотоплане методом интерполяции по точкам ЦМР был зарисован рельеф с сечением горизонталей 0,5 м. Для контроля на этом же фотоплане по обычной методике был зарисован рельеф на универсальном приборе СД-3. Оценка точности рисовки рельефа на СД-3, выполненная по контрольным геодезическим точкам, дала среднюю квадратическую погрешность, равную 14 см.

Принимая точность рисовки рельефа по точкам ЦМР и на СД-3 одинаковой, определили среднюю квадратическую погрешность положения горизонталей ЦМР, которая оказалась равной 31 см, что не удовлетворяет установленным требованиям, предъявляемым к рисовке рельефа горизонталями с сечением 0,5 м. Очевидно, что регулярная модель не отражает действ-

вительного вида земной поверхности особенно в пересеченной местности и может применяться для местности с постоянными уклонами. Кроме того, следует учитывать, что при построении сетки с фиксированным шагом точки могут попадать на изображения строений и другие предметы местности, а это приведет к искажению модели.

Сущность построения нерегулярной модели заключается в том, что точки в определенной последовательности располагаются на структурных линиях местности или в характерных ее местах. В этом случае координаты и высоты измеряются в точках перелома рельефа на структурных линиях, когда накопление информации происходит в определенной последовательности от одного конца линии к другому. Могут также проектироваться системы треугольников различного вида и размеров с таким расчетом, чтобы вершины треугольников являлись характерными точками местности, а плоскости треугольников как можно ближе совпадали с местностью.

При выполнении этой части экспериментальной работы точки ЦМР выбирались на структурных линиях местности, что давало возможность контролировать их положение при нанесении на фотоплан по вычисленным координатам.

Плотность точек ЦМР примерно соответствовала предыдущему случаю (регулярная модель) и равнялась 164 точкам на стереопару масштаба 1 : 4500.

Как и в предыдущем случае, для контроля точности рисовки горизонталей методом интерполирования по точкам ЦМР была выполнена рисовка рельефа на универсальном приборе СД-3, а оценка точности выполнена по невязкам в превышениях точек, полученных по разностям высот точек из ЦМР и рисовки на СД-3. В этом случае средняя квадратическая погрешность, характеризующая точность рисовки рельефа по нерегулярной ЦМР, составила 12 см, что вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точности рисовки рельефа с сечением 0,5 м.

Анализ полученных результатов показал, что 70% погрешностей не вышли за пределы 15 см, ни одна из погрешностей не превысила предельной, а количество погрешностей, близких к предельной, не превысило 10% от общего числа измерений. Таким образом, выполненная работа удовлетворяет всем требованиям инструкции [2].

Следовательно, нерегулярная модель лучше отражает топографию местности, хотя и в этом случае могут возникнуть затруднения при наличии микрорельефа.

Таким образом, рисовка рельефа с сечением горизонталей через 0,5 м с погрешностью не более 15 см, выполняемая при создании крупномасштабных планов для проектирования мелиоративных систем, может выполняться методом интерполирования по точкам ЦМР, построенной на основе аналитической блочной фототриангуляции. При этом целесообразно использовать нерегулярную ЦМР, учитывающую морфологию местности.

Список литературы: 1. Бобир Н. Я., Лобанов А. Н., Федорук Г. Д. Фотограмметрия. — М.: Недра, 1974. 2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании топографических карт и планов. — М.: Недра, 1974.

Статья поступила в редколлегию 16.05.80

---