

В ПОИСКАХ «ИСТИННОЙ ЗЕМЛИ»*

Е.М. Медведев («Геокосмос»)

В 1986 г. окончил МЭИ. С 1986 по 1997 г. работал инженером, старшим инженером, ведущим инженером, начальником сектора ГосНИИ Авиационных систем. С 1997 по 2002 г. — руководитель группы дистанционного зондирования, руководитель группы научно-исследовательских работ ЗАО «Оптэн Лимитед». С 2002 г. является заместителем директора по научной работе компании «Геокосмос», кандидат технических наук.

Продолжим обсуждение технологических преимуществ, имеющих место при использовании лазерно-локационных методов для восстановления поверхности «истинного рельефа». Более правильно будет методически определить эти преимущества не в абстрактной форме, а по отношению к классическим методам съемки рельефа, применяемым в традиционной аэрофототопографии. Такие методы используются на практике, начиная с первой половины XX века, и уже могут считаться классическими, всесторонне разработанными теоретически, в том числе и по такому важному вопросу как оценка предельно достижимой точности съемки рельефа.

В настоящее время устоявшимся и имеющим статус государственного стандарта является, так называемый, стереотопографический метод съемки, предполагающий использование аэросъемочных данных как для рисовки рельефа, так и для создания контурной части карты. И в этом смысле стереотопографический метод является универсальным при создании разнообразных топографических материалов и выполнении различного рода инженерных изысканий.

Было бы серьезной ошибкой утверждать, что стереотопографический метод плохо справляется с задачей восстановления рельефа по аэрофотоснимкам, и поэтому должен быть забыт, а его место должны занять лазерно-локационные технологии. Правильной будет говорить о наличии некоторых естественных ограничений классических методов съемки, использующих стереофотограммет-

рические принципы. Такие ограничения в определенных случаях делают использование классических аэрогеодезических методов съемки рельефа затруднительными, а иногда и невозможными как с чисто технической, так и с экономической точек зрения. Именно в таких случаях классические методы съемки рельефа могут быть удачно дополнены лазерно-локационными. Это сравнительно легко может быть реализовано на аппаратном уровне. В настоящей статье отсутствует необходимость рассматривать стереофотограмметрическую теорию измерения объемных форм по стереопаре фотоснимков. Отметим только, что по большому счету съемка рельефа в классической стереофотограмметрии тем или иным способом сводится к определению величин параллаксов соответственных точек. Исходя из этого главного (хотя, возможно, для кого-то и небесспорного) тезиса, попробуем сформулировать несколько важных положений, которые должны быть приняты во внимание при изучении возможности комплексирования стереофотограмметрических и лазерно-локационных методов съемки рельефа.

1. Процедура измерения рельефа в классической фотограмметрии как по математическому содержанию, так и по месту в полном технологическом цикле практически не отделима от других главных технологических процедур, которыми, как известно, являются фототриангуляционное сгущение опорной сети, взаимное и абсолютное ориентирование аэрофотоснимков, переход от модельных координат к геодезическим, орто-

трансформирование. Это обстоятельство во многом объясняет, почему реконструкция рельефа в традиционной аэрофототопографии считается самой сложной и трудоемкой процедурой. Ведь фактически, чтобы построить модель рельефа традиционным способом, долгий цикл фотограмметрической обработки должен быть выполнен с начала и до конца.

2. Как было отмечено выше, метод измерения рельефа по стереопарам включает восстановление положения связей, которые они занимали в момент фотографирования, и после этого, определение значения параллаксов соответственных точек.

Понятно, что это может быть сделано только тогда, когда будет установлено необходимое соответствие между точками снимков стереопары тем или иным способом (визуально или с применением компьютерных методов). Известно, что это не удастся сделать в ряде практически важных случаев для сцен без выраженной текстуры поверхности: песчаных пляжей, заснеженных территорий, пашен и т. п. Другим примером является съемка лесных массивов, — поиск соответствующих точек в этом случае крайне затруднен, особенно при использовании компьютерных методов.

3. Результирующая точность измерения рельефа в стереофотограмметрии определяется главным образом разрешающей способностью используемого аэрофотоаппарата, а также геометрическими условиями: соотношением высоты съемки и фокусного расстояния. В частности, действует следующее правило: для того,

* Продолжение. Начало в № 2-2004.

чтобы получить более точные данные измерений по рельефу, необходимо выбирать камеры с более коротким фокусным расстоянием, что не всегда удобно для некоторых типов ландшафта, если аэросъемочные данные предполагаются использовать не только для построения рельефа, но и для рисовки контурной части карты. По этой причине иногда приходится снимать заданную территорию двумя камерами с различным фокусным расстоянием.

На этом ограничимся перечислением главных особенностей традиционных аэрогеодезических методов восстановления рельефа и, памятуя о них, посмотрим, что полезного может добавить лазерная локация. При этом отметим, что задача реконструкции поверхности «истинного рельефа» стала, быть может, первой осознанной целью лазерной локации, как топографогеодезической технологии. Она уже имеет довольно богатую историю, конечно, тесно связанную с общей историей развития аппаратных, программных и методических средств лазерной локации. Будет лучше начать с представления базовых алгоритмов, а потом перейти к прикладной стороне проблемы. Итак, вниманию читателя предлагаются четыре главных типа алгоритмов выделения поверхности «истинной земли», в разные годы применявшихся компаниями в практической деятельности при использовании лазерно-локационных методов в топографии. Эти алгоритмы или, лучше сказать, «алгоритмические концепции» являются наиболее представительной выборкой из многообразия алгоритмов данного направления. Остальные отличаются от выбранных только деталями.

Первые два алгоритма могут быть отнесены к разряду курьезных из-за своей безмерной эвристичности, граничащей с примитивизмом. Такие подходы использовались на ранних стадиях развития лазерно-локационного движения и в настоящее время представляют почти исключительно исторический интерес. Однако разговор о них может оказаться полезным для лучшего понимания сути проблемы.

▼ **1. Метод абсолютного минимума**

Множество накопленных лазерных точек разбивается на группы. Каждую группу составляют точки, плановые координаты которых попадают в одну из ячеек квадратной формы. Ячейки образованы в горизонтальной плоскости и без промежутков, как решетка, покрывают всю поверхность сцены наблюдения (рис. 1). Алгоритм образования поверхности «истинной земли» в методе абсолютного минимума до неприличия

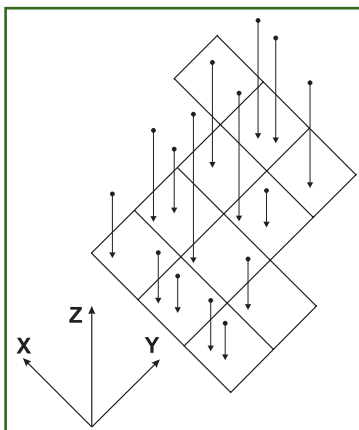


Рис. 1
Метод абсолютного минимума (одномерная форма)

прост. В каждой группе из всех принадлежащих ей лазерных точек выделяется одна, имеющая минимальное значение геодезической высоты. Эта точка объявляется принадлежащей «истинной земле». На рис. 2 в условной двумерной форме представлен типовой результат работы алгоритма абсолютного минимума.

Представленный метод настолько примитивен, что, по большому счету, не заслуживает даже критики в свой адрес. Это дает нам моральное право пока воздержаться от комментариев и пе-

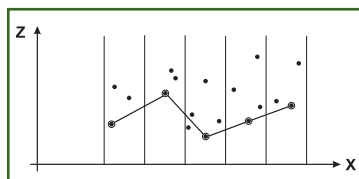


Рис. 2
Метод абсолютного минимума (двухмерная форма)

рейти к следующему, в свое время весьма популярному, методу восстановления рельефа.

▼ **2. Метод конуса**

От каждой лазерной точки облака, как от вершины, строится конус с вертикальной осью и фиксированным значением раствора (рис. 3). Точка, попадающая внутрь конуса, образованного от другого конуса, исключается из рассмотрения. Оставшиеся точки объявляются принадлежащими «истинной земле».

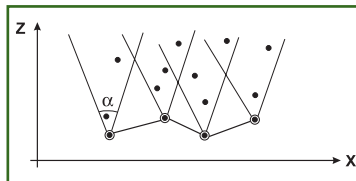


Рис. 3
Метод конуса

Несомненным достоинством представленных выше алгоритмов выделения поверхности «истинной земли» является простота их описания и программной реализации. К сожалению, этим и исчерпывается список их достоинств. А вот главная претензия к обоим звучит так: где доказательство, что некоторая поверхность, построенная с применением этих алгоритмов, будет иметь отношение к «истинному рельефу»? Иными словами, что есть мера достоверности полученного результата и как при таком подходе может быть оценена точность модели рельефа? Обсуждение этих и других вопросов будет продолжено в следующем номере журнала.

Продолжение следует

RESUME

The discussion has been carried on concerning the problems of true ground model reconstruction by means of Lidar data. The classical stereotopography method of map making and its disadvantages have been covered. Various kinds of laser point selection algorithms for true ground surface construction have been considered.