

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.

Продолжая обсуждение применения лазерно-локационных (ЛЛ) методов в топографии, классических алгоритмических приемов обработки данных съемки и соответствующих программных продуктов, начнем рассмотрение методик восстановления рельефа по ЛЛ данным или, как принято выражаться в среде разработчиков — «истинной земли». Этот непростой вопрос, без сомнения, интересен не только с теоретической, но и с практической точки зрения. Кроме того, как будет показано ниже, он занимает одно из центральных мест в концепции использования лазерных сканеров для создания и обновления карт и планов. Поэтому его следует рассматривать неторопливо и основательно, возможно, в серии публикаций.

▼ Историческое и терминологическое отступление

Вопрос о создании надежных алгоритмов выделения «истинной земли» появился одновременно с началом эксплуатации авиационных лазерных сканеров. Можно сказать, что съемка рельефа была исторически первым и самым важным применением ЛЛ метода с момент его появления в начале 1990-х гг. Кстати, о термине «истинная земля». Это дословный перевод английского термина «true ground», широко распространенного в англоязычной литературе, обозначающего, как правило, математическую модель, описы-

вающую поверхность земли (триангуляционного, регулярно или прочего вида), и полученную путем глубокой обработки данных лазерно-локационной съемки. Наиболее интересно значение определения «истинная». Имеется в виду, что, используя данные съемки, можно синтезировать несколько различных видов поверхностей, которые с той или иной степенью адекватности будут изображать ландшафт в целом, так и его отдельные компоненты. Однако, без привлечения специализированных методов геоморфологического анализа созданные таким образом поверхности не могут считаться «истинными» в вопросе изображения рельефа. Действительно, поскольку типовое лазерно-локационное изображение является смесью лазерных точек, отраженных как от самой земли, так и от разнообразных наземных объектов естественного и антропогенного происхождения, то прямая аппроксимация множества накопленных лазерных точек будет в той или иной степени представлять эту же смесь. В результате, если не принимать специальных мер, путем аппроксимации множества лазерных точек будет построена некоторая поверхность с неопределенными свойствами, конечно, имеющая определенное отношение к земной поверхности, но никак не имеющая право называться «истинной». В англоязычной литературе для обозначения такого рода поверхностей

используется аббревиатура DEM (Digital Elevation Model — цифровая модель высот). А вот «истинная земля» рождается в процессе сложных итерационных преобразований первичных ЛЛ данных, в ходе которых выполняется селекция лазерных точек и множество других математических процедур. Получаемая в результате поверхность, соответствующая англоязычному термину DTM (Digital Terrain Model — цифровая модель рельефа), уже является истинной в том смысле, что она полностью или частично (в зависимости от совершенства используемого алгоритма) свободна от объектов, не имеющих к поверхности земли прямого отношения: зданий, сооружений, растительности, водоемов и т. п.

Будет справедливым утверждать, что при всех обстоятельствах обеспечение надлежащего качества получения «истинной земли» остается необходимым условием кондиционности создаваемых картографических материалов, при использовании ЛЛ данных для топографо-геодезических целей. Причем, категорию качества следует понимать шире. В настоящее время это не только пространственная геометрическая точность с точки зрения классической геодезии (которая остается важнейшим показателем), но и ряд других информационных характеристик, среди которых: способность адекватно описывать морфологическую структуру рельефа, возможность интеграции с дан-

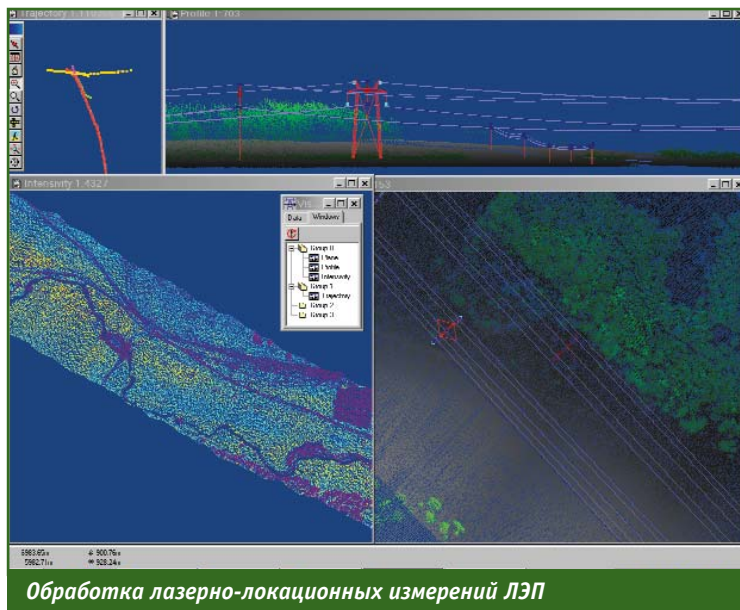
* Продолжение статьи «Лазерный сканер — не роскошь, а средство дистанционного зондирования». Начало в «Геопрофи» № 4, 5, 6-2003 и № 1-2004.

ными, полученными другими традиционными для современной цифровой картографии методами. Кроме того, развитие алгоритмов выделения «истинной земли» остается главным пунктом в программе заочного соревнования творческих групп, предлагающих программное обеспечение по обработке данных ЛЛ съемки. Этому вопросу уделяется особое внимание и в компании «Геокосмос», которая в апреле 2004 г. представила новую программную разработку Altexis Version 2.1 (см. рисунок). В этом программном обеспечении использован набор новых алгоритмов селекции лазерных точек и формирования поверхности истинного рельефа, значительно повышающих эффективность цикла производства топографических карт и планов. По мнению разработчиков, появление новых алгоритмических подходов является естественной реакцией на произошедшее за последние три года радикальное возрастание объемов работ, выполняемых традиционными авиационными лазерными сканерами, что требует более активного использования аналитических методов при обработке данных ЛЛ.

▼ Зачем нужна «истинная земля»?

Владение истиной в вопросе о земле, конечно же, важно само по себе. Ведь рельеф является основой ландшафта. Поэтому достоверная, адекватная и точная модель рельефа является самодостаточной ценностью, имеющей огромное практическое значение. Так было в топографии всегда, и появление ЛЛ методов ничего принципиально нового в этом вопросе не добавило. Однако, следует иметь в виду следующее.

Использование авиационных ЛЛ методов позволяет обследовать рельеф более эффективно как с технической, так и с коммерческой точки зрения. Появляется возможность отказаться



Обработка лазерно-локационных измерений ЛЭП

от наземных геодезических работ по плано-высотному обоснованию, снять сезонные ограничения на выполнение съемочных работ и т. д. (см. Геопрофи. — 2003. — № 1. — С. 5–10).

Лазерно-локационные данные, представляющие поверхность рельефа, обладают свойством «врожденной трехмерности» и по своей сущности принципиально отличаются от аналогичных данных, полученных, например, стереофотограмметрическими методами, хотя их сравнение по определенным параметрам (например, точности) вполне корректно. Однако, их информационное содержание скорее различно, чем тождественно. Думаю, именно это обстоятельство обусловило появление нового направления в современной фотограмметрии, которое занимается исключительно геоморфологическим анализом ЛЛ данных и, в частности, выделением «истинной земли». Оно стоит обособлено от остальных направлений по используемому математическому аппарату и методам обработки, поэтому развивается самостоятельно, подчиняясь в значительной степени своей внутренней логике, чем соображениям внешней целесообразности.

Наличие полноценной лазер-

но-локационной ЦМР является важнейшей предпосылкой интегрирования ЛЛ с аэрофотосъемочными данными — самого перспективного направления в современной аэрофототопографии.

Перейдем к более подробному обсуждению последнего тезиса.

▼ Лазерный сканер и цифровой аэрофотоаппарат

Комбинирование ЛЛ с цифровой аэрофотосъемкой представляется весьма перспективным направлением по следующим причинам.

Лазерно-локационные и аэрофотографические данные в наибольшей степени дополняют друг друга применительно к задачам создания крупномасштабных карт и планов, 3D-семантических моделей и других геоинформационных проектов. Действительно, ЛЛ данные представляют детальную информацию о характере рельефа, позволяют в автоматизированном режиме строить цифровые модели рельефа, а также модели географических объектов, имеющих выраженную морфологическую структуру, например, зданий, ЛЭП, лесных массивов и т. д. С другой стороны, цифровые аэрофотоснимки представляют естественное изображение сцены,

обеспечивая возможность камерального дешифрирования и выделения значимых контуров тех объектов, которые не могут быть выделены только по ЛЛ данным.

Совмещение данных лазерно-локационной и цифровой аэрофотосъемки легко реализуется на практике. Вес, габариты и параметры энергопотребления современных лазерных сканеров и цифровых аэрофотоаппаратов позволяют без труда размещать их практически на всех легких летательных аппаратах (причем, как на самолетах, так и на вертолетах), и выполнять эти виды съемки одновременно с одного и того же носителя. Следует отметить, что лазерно-локационные данные по определению обеспечены полным набором элементов внешнего ориентирования, благодаря присутствию на борту во время съемки приемников GPS (GPS/ГЛОНАСС) и инерциального навигационного комплекса, например, типа POS/AV компании Arplanix (Канада) или компании IGI. Это обстоятельство позволяет без каких-либо дополнительных затрат обеспечить элементами внешнего ориентирования и все полученные аэрофотоснимки с уровнем точности в 5–6 см для пространственных координат точки фотографирования и 0,5–1,0 мрад для углов ориентации оптической оси аэрофотоаппарата. Хотя этот уровень точности может быть и недостаточен для некоторых положений, полученные данные могут быть полезны в качестве начального приближения при окончательном ориентировании снимков традиционными фотограмметрическими методами, причем, как в случае обработки маршрутов, так и блоков аэроснимков.

Вероятно, самым перспективным направлением комбинирования лазерно-локационных и цифровых аэрофотографических данных является возможность построения принципиально новых алгоритмов геоморфологического анализа, использу-

ющих оба вида данных для воспроизведения формы поверхности рельефа, наземных объектов, и выполнения прецизионных пространственных геометрических измерений. Последнее положение нуждается в комментариях. Использование как ЛЛ метода, так и аэрофотосъемочного (с последующей стереофотограмметрической обработкой) позволяет достичь во многом аналогичных результатов в части построения 3D-моделей рельефа и наземной инфраструктуры наблюдаемой сцены в целом. Таким образом, в том и в другом случае может быть получена модель поверхности рельефа, определена форма и размеры зданий, проведены плановые и высотные измерения. При этом важно отметить следующее:

— указанные выше операции по 3D-моделированию сцены наблюдения и отдельных ее компонентов, а также геометрические измерения выполняются независимо, в смысле использования различных источников данных и алгоритмических приемов. Это делает корректным их сравнение для оценки статистической достоверности и взаимного контроля точности обоих видов данных;

— лазерно-локационные данные, в силу их «естественной трехмерности», значительно более информативны, в смысле изобразительности, т. е. позволяют более детально описывать морфологическую структуру сцены, в том числе с использованием автоматических и полуавтоматических методов;

— обработка аэрофотографических данных с использованием методов цифровой фотограмметрии позволяет в большинстве случаев добиться лучшей точности геопозиционирования и геометрических измерений по сравнению с «чистым» лазерно-локационным методом.

Поэтому совместное использование этих данных может позволить поднять уровень геодезической точности лазерно-локационных данных, который в

настоящее время составляет 15–20 см, что не вполне достаточно для ряда важных приложений.

В последнее время значительно возросли информационные характеристики аэросъемочных средств, в частности лазерных сканеров и цифровых аэрофотоаппаратов.

Так, последняя модель лазерного сканера ALTM3100 компании Optech, Inc. (Канада) имеет рабочую частоту зондирующих импульсов 100 КГц и обеспечивает плотность сканирования на уровне земли до 10 лазерных точек на 1 м². В то же время стали коммерчески доступны цифровые аэрофотоаппараты кадрового типа с матрицами значительного объема. Так, например, камера ULTRA CAM компании Vexcel (США) формирует изображение размером 11500x7500 пикселей и имеет частоту кадров 1,3 Гц.

Такие богатые информационные возможности современных аэрофотосъемочных средств создают дополнительный благоприятный фон для дальнейшего совершенствования алгоритмов интегрирования лазерно-локационных и аэрофотографических данных, так как благодаря высокой степени детальности обоих видов данных (плотности лазерных точек и разрешающей способности аэрофотоснимков) появляется возможность использования для целей интеграции аналитических приемов, а не эвристических, как это было раньше.

Продолжение следует

RESUME

The questions of «true ground» surface determination with laser scanning data have been covered in the article. The history of the problem and main algorithmic approaches to its solving are under consideration. It is shown that it is of great importance to obtain laser derived digital terrain model for fusing laser scanning and aerial photography data.