

ЛАЗЕРНЫЙ СКАНЕР — НЕ РОСКОШЬ, А СРЕДСТВО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Е.М. Медведев (НПП «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 НПП «Геокосмос». Кандидат технических наук.

Времена, когда авиационный лазерный сканер был роскошью, безвозвратно прошли. Хотя, конечно, такой прибор имеет довольно высокую стоимость, и на его содержание также придется потратить значительные средства. Поэтому, если рассматривать лазерный сканер относительно его стоимости, он по-прежнему остается роскошью, которую могут себе позволить только солидные компании. Например, НПП «Геокосмос» располагает двумя современными лазерными сканерами ALTM 2050 (Optech, Inc., Канада) с рабочей частотой 50 кГц. А в ближайшее время начнет использоваться модель ALTM 3070 с частотой 70 кГц. Следует отметить, что в настоящее время на мировом рынке присутствует 2–3 серийных производителя лазерно-локационной аппаратуры, в числе которых находится Optech Inc., на счету которой 38 лазерных сканеров класса ALTM, а также несколько десятков компаний, выпускающих единичные экземпляры. Лазерные сканеры класса ALTM являются важнейшим звеном технологии картографирования в режиме реального времени — приоритетного направления производственной деятельности компании «Геокосмос».

И все же это уже не роскошь в том смысле, что теперь недостаточно просто заявить: «у ме-

ня есть лазерный сканер», чтобы тут же получить решающие маркетинговые преимущества.

Важнее другое — насколько правильно определен круг задач, которые будут решаться с помощью авиационного лазерного сканера, и насколько удачно подобрана модель для решения именно этих задач. Это важно по двум причинам: во-первых, всегда непросто расстаться с крупной суммой денег — им всегда можно найти другое применение, а во-вторых (и это, наверное, самое главное), лазерный сканер обладает известной долей «судьбоносности»: компания с лазерным сканером уже не совсем та, что была до его появления... Компания, вставшая на этот нелегкий, но полный удивительных открытий путь, в полной мере ощутит на себе необходимость уважительного отношения к этому сложному во многих отношениях прибору, который на самом деле не просто отдельный прибор, а целая технология с собственными, присущими только ей терминологией, традициями и даже, возможно, образом жизни.

Иными словами, решение о покупке лазерного сканера — одно из важных в жизни среднего (крупного) российского предпринимателя. Помочь ему принять и реализовать это решение осмысленно и по воз-

можности безболезненно — цель серии публикаций, которую открывает эта статья.

▼ Всегда ли нужен такой прибор

Несомненно, главный вопрос, который должен быть решен до начала лазерно-локационной (ЛЛ) деятельности, следующий: какие именно задачи предполагается решать с использованием этой технологии? Личный опыт автора подсказывает, что в настоящее время только компания Optech предлагает приборы, которые можно считать универсальными: с их помощью можно решать практически любые задачи, которые в принципе могут быть решены с использованием лазерно-локационных методов (см. Геопрофи. — 2003. № 3. — С. 30–32). Перечислим некоторые из них:

— построение цифровых моделей рельефа для использования при производстве топографических карт и планов, а также в ряде смежных приложений, таких как прогнозирование зон затопления, оценка объема карьеров и отвалов;

— оценка объема снежной массы для прогнозирования лавинной опасности;

— паспортизация линий электропередач;

— съемка береговой линии с целью ее картирования или мониторинга процессов эрозии;

— таксация леса, оценка объема биомассы, численное определение ряда важнейших лесотехнических параметров.

Однако, наиболее важно то, что в качестве самостоятельного приложения можно выделить «общетопографическое» (термин предложен автором. — *Прим. ред.*) использование данной технологии. Имеется в виду следующее: лазерно-локационные данные уже настолько подробны и выразительны, что и без специального внимания к какой-то отдельной прикладной задаче могут быть с успехом использованы (особенно совместно с цифровой аэрофотографией) для общего топографического картирования в масштабах до 1:1000, т. е. лазерно-локационные данные пригодны для дешифрирования и графического отображения большинства объектов, подлежащих выделению на соответствующих картах и планах.

При выборе модели для закупки еще более важна сдержанность, основанная на знании потребностей конкретного приложения в сопоставлении с техническими возможностями, предлагаемыми тем или иным сканером.

Необходимо отметить, что ни одно из перечисленных выше приложений не может быть реализовано исключительно лазерно-локационным методом. Напротив, во всех этих приложе-

ниях могут использоваться альтернативные методы съемки, в частности, стереофотограмметрический. Поэтому будет справедливо заметить, что сила лазерно-локационного метода не в его исключительности, а в его эффективности. В связи с этим необходимо понимать естественные ограничения метода, как технические, так и экономические. Не все виды геодезических работ могут быть выполнены с использованием ЛЛ метода в смысле достижения необходимой точности и полноты данных (технические ограничения), а выполнение некоторых видов аэрогеодезических работ ЛЛ методами нецелесообразно из-за их высокой стоимости в сравнении с конкурирующими технологиями.

Начнем обсуждение с технических аспектов.

▼ О категории точности в лазерной локации

Лазерная локация является аэрогеодезической технологией. Поэтому вполне уместен вопрос: топографические карты какого масштаба могут создаваться на основе ЛЛ данных? Или, что тоже самое, какова точность метода и степень его полноты, т. е. какого класса объекты могут быть дешифрированы и выделены по данным ЛЛ?

Главными отличительными чертами лазерно-локационных данных является их «естественная» трехмерность и координированность. Иными словами, каждая порция ЛЛ данных уже в процессе съемки «рождается» сразу обеспеченной тремя пространственными координатами. В этом принципиальное отличие и главное технологическое преимущество ЛЛ метода по сравнению с традиционными методами картографирования, прежде всего, со стереофотограмметрическим, где переход к трехмерному представлению сцены и обеспечение объектов координатами возможен в результате

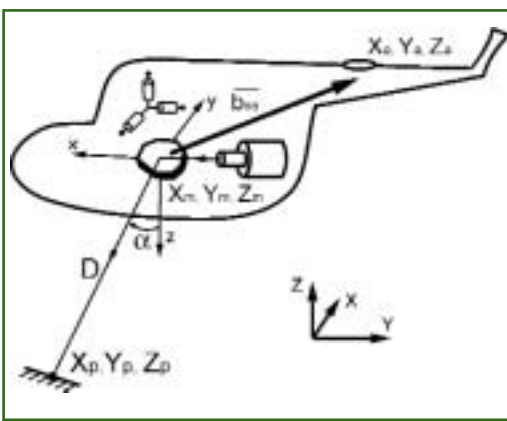
сложной фотограмметрической обработки. В этом смысле категория «точности» есть атрибут не только ЛЛ метода съемки, но и конкретной модели сканера. Хотя, конечно, эту категорию следует интерпретировать корректно.

На фоне большого внимания к ЛЛ методам вообще и проблемам точности в частности прослеживаются две любопытные тенденции. Первая — в технических заданиях и тендерных условиях точность ЛЛ данных определяется, как правило, одним числом: столько-то сантиметров. Причем это число в последние годы стремительно приближается к «нулю». Если 5 лет назад говорили и писали — 20–30 см, то сегодня уже 10 и даже 8 см! Из этого можно заключить, что коммерсанты в отличие от инженеров разобрались в этом вопросе и даже могут предоставить численные оценки. Им, конечно, проще, так как, во-первых, реальное понятие точности достаточно сложное, а проверка есть весьма нетривиальная процедура, до которой у нормального заказчика, как правило, не доходят руки, а во-вторых, приведенные цифры на самом деле не выражают ничего кроме стремления компаний выглядеть лучше своих конкурентов.

Другой (позитивной) тенденцией является появление в последнее время за рубежом ряда серьезных публикаций на тему «какова же реальная точность данных авиационного лазерного сканирования». Остановимся подробнее на обсуждении этого неспрадного вопроса.

▼ Точность физическая и не только

Обратимся к рисунку. Работа любого современного лазерного локатора основана на измерении наклонной дальности D от источника излучения (лазера) до наземного объекта, являющегося препятствием на пути распространения лазерного луча. Такое



Геометрическая схема лазерно-локационного определения пространственных координат зондируемой поверхности

препятствие вызовет появление отраженного импульса, который будет зарегистрирован приемником, а по времени задержки от момента излучения зондирующего импульса до регистрации отраженного импульса можно определить дальность D . Одновременно определяются координаты пространственного положения носителя X_a, Y_a, Z_a за счет использования бортового приемника GPS/ГЛОНАСС, а также углы ориентации зондирующего луча.

Знание этих шести параметров внешнего ориентирования позволяет математически перейти к координатам точки, вызвавшей отражение X_p, Y_p, Z_p . Основным результатом работы лазерного локатора является получение лазерно-локационного изображения или «облака» лазерных точек. Отметим важную деталь — лазерно-локационное изображение всегда дискретно.

Сформулированное выше принципиальное описание работы лазерного локатора позволяет сделать два важных замечания, перед тем как перейти к обсуждению деталей проблемы точности лазерно-локационного метода.

Первое замечание. В лазерных локаторах используется когерентный источник излучения оптического диапазона, а именно полупроводниковый лазер, работающий в импульсном режиме. Роль лазера в используемой схеме измерения настолько существенна, что это нашло выражение в названии прибора — «лазерный» локатор, ведь использование когерентного источника позволяет получить узкий зондирующий луч (обычно 0,2–1,0 мрад). Однако этим, по сути, и исчерпывается список возможностей, предоставляемых когерентностью источника. Длина когерентности используемых лазеров невелика и составляет не более нескольких метров. Т. е. она значительно меньше измеряемых расстояний, и поэтому регистрируемый приемником отраженный сигнал суще-

ственно некогерентен, что делает невозможным применение для измерения наклонной дальности аппарата корреляционно-анализа, известного как «метод фазовых измерений». Этот метод активно применяется в радио- и оптической геодезии (в частности, в системах спутниковой навигации GPS/ГЛОНАСС), а также в некоторых системах авиационного дистанционного зондирования (интерферометрические радиолокационные системы с синтезированной апертурой) и в настоящее время является самым точным и достоверным из существующих. Однако, так как воспользоваться этим методом в современном лазерном локаторе авиационного базирования не представляется возможным, наклонная дальность измеряется с помощью метода, который условно можно назвать «энергетическим». Этот метод основывается на измерении момента времени прихода отраженного импульса по его переднему фронту, что в общем случае вносит массу методических погрешностей, влияющих на точность. В частности, координаты мелких объектов, таких, например, как провода ЛЭП или фрагменты растительности, будут определяться менее точно из-за слабости отраженного импульса и размытости переднего фронта. Использование данного метода определения дальности сказывается отрицательным образом на величине предельной разрешающей способности по дальности, так как понятно, что эта величина определяется длительностью переднего фронта зондирующего импульса. Вообще такая схема измерений достаточно чувствительна к оптическому состоянию поверхности объекта и характеру отражения (диффузное, зеркальное, бликующее). Причем производитель калибрует дальномерный блок в расчете на типовой случай (диффузное отражение во всю верхнюю полусферу), в результате

чего ошибка измерения дальности для объектов с аномальным характером отражения может составить несколько метров.

Второе замечание. Как уже отмечалось выше, лазерно-локационное изображение всегда дискретно: оно состоит из множества лазерных точек, хаотично распределенных по поверхности земли и наземных объектов. Вполне уместно говорить о «физической точности» определения геодезических координат того участка земной поверхности, в котором лазерный луч встретил препятствие и отразился. Именно эта величина указывается в паспорте прибора производителями. Однако с практической точки зрения значительно более интересен другой вид точности, а именно точность определения трехмерных координат географических объектов по лазерно-локационным данным. Это значительно более сложное понятие. Такая точность наряду с первичной физической точностью определяется плотностью и режимом сканирования, а также в значительной мере морфологией конкретного объекта или класса объектов. Примеры будут представлены по ходу обсуждения.

Продолжение следует

В следующем номере:

- проблемы точности ЛЛ данных;
- методы сканирования;
- влияние морфологии объекта на точность;
- потеря (выигрыш) точности при переходе от облака точек к векторным объектам.

RESUME

The article opens a set of publications on use of laser locators in geodesy. The main applications of the laser locator method have been considered. The questions of correct choice of the laser locator model for solving certain practical tasks have been discussed. The accuracy of laser locator method has been considered.