

ЛАЗЕРНЫЙ СКАНЕР — НЕ РОСКОШЬ, А СРЕДСТВО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ*

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.

Вниманию читателей предлагается очередная статья по проблемам использования лазерно-локационной техники в геодезии и топографии, посвященная на этот раз, в основном, математическим и программным методам обработки данных лазерно-локационной съемки.

Приступая к обсуждению информационного содержания лазерно-локационных данных и методов их математической обработки, необходимо уточнить, что речь пойдет только об использовании лазерно-локационных данных для решения топографо-геодезических задач, суть которых составляет комплексное описание ландшафта, дешифрирование географических объектов и определение координат их местоположения. Кроме того, будет не лишним еще раз отметить, что функциональную схему типового лазерного локатора авиационного базирования можно считать устоявшейся [1]. Такую схему с полным основанием можно называть «классической», так как именно ее придерживаются основные мировые производители, прежде всего компании Optech, Inc. (Канада) и Leica Geosystems (Швейцария). Анализ технологических тенденций показывает, что данная схема едва ли претерпит серьезные изменения в ближайшие годы до тех пор, пока не будут реализованы на практике техноло-

гические инновации, касающиеся матричных приемников 3D FPA систем и др. [2]. Начало эксплуатации подобных систем может привести к возникновению лазерно-локационных данных принципиально нового качества по сравнению с их современным уровнем, однако это случится не скоро, поэтому имеется возможность рассмотреть описание информационного содержания данных, получаемых современными авиационными лазерными локаторами «классической» схемы. Понятно, что характер первичных данных, т. е. некоторый стандартный набор информационных характеристик, оказывает непосредственное влияние на тенденции развития алгоритмического обеспечения, предназначенного для их обработки. Обсудим некоторые типовые характеристики более подробно.

Использование импульсного метода позволяет достичь точности измерения дальности не более 8–10 см. Это ограничение носит принципиальный характер и связано с невозможностью применения в настоящее время на авиационных носителях фазового метода измерения, для которого в случае использования источника излучения оптического диапазона достижима точность значительно выше 1 мм [3].

Более того, оценка показателя точности дальномерных измере-

ний в 8–10 см (именно такие значения, как правило, приводятся в паспорте прибора) является в определенном смысле наиболее оптимистичной. На практике физическая точность лазерной точки может быть значительно ниже паспортных значений. Проиллюстрируем это положение на примерах.

Значительное снижение точности определения координат может иметь место при съемке объектов малых угловых размеров, например, проводов и тросов линии электропередачи. Такие объекты возвращают на входной зрачок локатора слабый отраженный импульс с уровнем пиковой мощности на уровне порога срабатывания схемы регистрации приемника. Сильно пологий передний фронт отраженного импульса часто приводит к тому, что он регистрируется с задержкой, в результате чего появляется ошибка измерения наклонной дальности с положительным знаком (т. е. измеренная дальность больше истинной). Ошибка может достигать 0,5 м и более. Аналогичное явление наблюдается при съемке растительности.

Противоположным примером является отражение от бликующих поверхностей, возвращающих на приемник большую часть потока падающего излучения. Специальные исследования на этот счет проводились компанией

* Продолжение. Начало в «Геопрофи» № 4, 5-2003.

«Геокосмос» в 2003 г. Было установлено, что ошибка измерения дальности для таких поверхностей в случае использования лазерного локатора ALTM 2050 может достигать 3 м. Причем, на этот раз измеренная дальность оказывается меньше истинной. На практике примером поверхностей такого рода являются рифленые металлические крыши ангаров, характер отражения лазерного луча от которых аналогичен угловым отражателям, широко используемым в радиолокации и геодезии.

Разработчик в лабораторных условиях проводит калибровку дальномерного блока лазерного локатора на случай «типичного» отражения. Например, для объектов с диффузной отражательной способностью калибровка выполняется на всю верхнюю полусферу антенны со значением спектрального полусферического коэффициента отражения на рабочей длине волны лазера на уровне 0,2–0,7. Если же оптические свойства реальной поверхности существенно отличаются от типовых, то это может привести к значительному ухудшению точности измерения наклонной дальности.

Переходя к задачам математического обеспечения, следует указать, что различная точность данных, получаемых при выполнении дальномерных измерений, вынуждает уделять серьезное внимание разработке алгоритмов (желательно полностью автоматических или автоматизированных) объектового классифицирования облака лазерных точек, т. е. их разделения на группы по принадлежности к объектам того или иного класса. В этом случае возможен более конкретный подход к обеспечению заданной точности геопозиционирования объектов того или иного класса с учетом как морфологических характеристик, так и оптических свойств поверхности.

Частота зондирующих импульсов и, как следствие, среднее значение плотности их отражений от поверхности земли будет возрастать. Частота зонди-

рующих импульсов современных лазерных сканеров составляет 50–70 КГц. В перспективе выпуск приборов с рабочей частотой 100 и более КГц. Однако, следует признать, что это значение уже вплотную приблизилось к теоретическому пределу для приборов классической схемы с одним приемником. Это связано с тем, что максимальная скорость распространения электромагнитных волн равна $3 \cdot 10^8$ м/с.

Приближение к скорости распространения электромагнитных волн нашло выражение в топонимике названия последней разработки компании Optech — лазерного сканера ALTM 30/70. В его названии цифра «30» соответствует максимально возможной высоте съемки 3000 м, цифра «70» — максимальной частоте зондирующих импульсов 70 КГц, а «слеш» означает, что эти максимальные характеристики являются взаимоисключающими. Действительно, при высоте съемки 3000 м теоретический предел частоты импульсов составляет:

$$F_{\max} = (3 \cdot 10^8 \text{ м/с}) / (2 \cdot 3000 \text{ м}) = 50 \text{ КГц}$$

При более высоких значениях частоты излученный импульс «не успевает» вернуться до момента излучения следующего импульса, что делает невозможным его корректную регистрацию.

Из-за существенного увеличения рабочей частоты объем данных, собираемых современными лазерными локаторами, огромен, и этот факт представляет серьезную проблему при организации программной обработки. Например, для ALTM 30/70 объем только первичных данных, накапливаемых за стандартный аэросъемочный день, составляет 20–30 Гбайт, и это без учета данных наземных базовых станций GPS и сопутствующих цифровых аэрофотоснимков. Приведенные выше цифры соответствуют штатному режиму регистрации координат и интенсивностей для четырех отраженных импульсов в каждом единичном измерении. При использовании же опции «регистрация фор-

мы отраженной волны» [2] количество необходимых Гбайт вообще не поддается исчислению. Такая ситуация требует вмешательства методистов и разработчиков программного обеспечения для решения основных проблем:

— поиска уровня разумной достаточности при определении плотности (количества лазерных точек на единицу площади поверхности) для того или иного вида топографических работ;

— разработки алгоритмов, обеспечивающих редукцию объема данных без потери значимой информации. Такой переход осуществляется на основе положений теории информации К. Шеннона, оптимального кодирования В.А. Котельникова: хаотическое множество лазерных точек замещается более выразительными математическими объектами — триангуляционными (TIN) и регулярными (GRID) поверхностями, геометрическими примитивами, каркасными моделями и др. В результате все последующие виды математической обработки могут проводиться в условиях более комфортных с точки зрения объема необходимых вычислительных ресурсов.

▼ Список литературы

1. С лазерным сканированием на вечные времена / Е.М. Медведев, А.В. Григорьев // Геопрофи. — 2003. — № 1. — С. 5–10.
2. Е.М. Медведев. Лазерный сканер — не роскошь, а средство дистанционного зондирования // Геопрофи. — 2003. — № 5. — С. 19–21.
3. Голубев А.Н. Основы геотроники. Электронные методы и средства геодезических измерений: Учебное пособие для вузов. — М., 2003.

Продолжение следует

RESUME

The main informative characteristics of raw laser data have been introduced. The principal limitations of impulse range measurement methods and laser repetition rate influence to the final data quality have been discussed.