

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.

Тематика данной статьи была определена в заключение первой публикации, вышедшей в сентябре 2003 г. (см. Геопрофи. — 2003. — № 4. — С. 16–18). Она касалась обсуждения методов сканирования, применяемых в современных лазерных локаторах, а также проблем точности топографических материалов, получаемых по лазерно-локационным данным.

Однако, начало осени 2003 г. выдалось весьма насыщенным по части важных научно-практических выставок и конференций, на которых лазерно-локационным методам уделялось достойное внимание. Находясь под впечатлением увиденного, автор хотел бы ненадолго отклониться от намеченного курса и поделиться с читателями самыми свежими мыслями о судьбе лазерно-локационного движения.

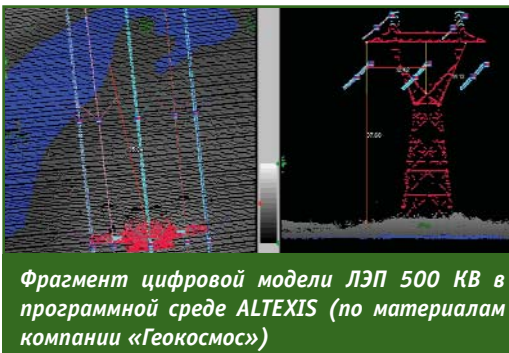
В компании «Геокосмос» ставка на приоритетное использова-

ние наземных и воздушных лазерно-локационных методов в топографо-геодезических работах была сделана более трех лет назад. Тогда же в компании была принята комплексная программа развития систем картографирования в режиме реального времени, технологическую концепцию которой определяют, с одной стороны, привлечение современных лазерно-локационных и цифровых аэрофотографических методов сбора данных, а с другой — всемерное развитие собственных программных и методических разработок по комплексированию данных различных источников и автоматизации процесса камеральной обработки.

2003 г. в полной мере подтвердил правильность выбранного стратегического курса. Специалисты компании «Геокосмос», используя один лазерный сканер, за сезон, который, кстати, еще не закончился, выполнили аэросъемочные работы в объеме 700 (!) летных часов, что втрое превосходит объемы годовых работ, освоенных другими российскими компаниями, применяющими методы воздушного лазерного сканирования. Было выполнено топографическое крупномасштабное (1:2000, 1:5000, 1:10 000) картирование территории площадью в десятки тысяч квадратных километров, сняты

тысячи километров ЛЭП, автомобильных и железных дорог, газопроводов. На рисунке приведен пример обработки первичных лазерно-локационных данных, подвергнутых автоматической селекции по морфологическому признаку, с выделением векторных объектов и важнейших геометрических параметров — габаритов, расстояния до критически близких фрагментов растительности и др.

Такой результат стал возможен благодаря правильной организации серии аэросъемочных проектов в различных регионах России, наличию надлежащего программного и методического обеспечения и высококвалифицированного персонала с многолетним опытом работы по этому направлению. Все эти факторы в компании «Геокосмос» определенно присутствуют. Исключительное значение 2003 г. в истории лазерно-локационного движения, однако, не исчерпывается лишь убедительными производственными достижениями отдельной компании, одной из первых вступившей на путь использования лазерно-локационных методов и продолжающей движение в выбранном направлении наиболее последовательно. Также очень важно и другое обстоятельство. Начиная с 2003 г. вопрос о возможности использо-



Фрагмент цифровой модели ЛЭП 500 КВ в программной среде ALTEXIS (по материалам компании «Геокосмос»)

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

вания лазерно-локационных методов в практической топографии можно считать решенным окончательно. Непредвзятому наблюдателю должно стать очевидно, что предлагаемый метод топографического крупномасштабного картирования является в настоящее время наиболее эффективным, производительным и коммерчески состоятельным.

Следует отметить, что особенностью компании «Геокосмос» как хозяйствующего субъекта является сочетание активной производственной топографо-геодезической деятельности с разработкой и продажей собственных информационных технологий. С учетом данного обстоятельства значение последних событий возрастает еще больше, ведь технологические разработки компании «Геокосмос» в области систем картографирования в режиме реального времени доступны любой российской и зарубежной компании, желающей проявить себя на этом сегменте рынка. Работы компании по этому направлению включают дистрибуцию воздушной и наземной лазерной сканирующей аппаратуры ведущих мировых производителей — Optech, Inc. (Канада) и Riegel Laser Measurement Systems GmbH (Австрия), а также поставку цифровых аэрозъемочных комплексов и программного обеспечения ALTEXIS и Geokosmos 3D processor.

Значимость лазерно-локационных методов в современной геодезии и топографии понимают и за рубежом. Это еще раз подтвердила прошедшая в Гамбурге с 17 по 19 сентября 2003 г. ежегодная международная выставка INTERGEO. По сравнению с прошлогодней аналогичной выставкой во Франкфурте впечатляет прогресс в развитии лазерных сканеров, особенно наземных. Число компаний (в основном из Германии), предлагающих такие приборы, уже исчисляется десятками. Можно считать сформированной и ценовую нишу на приборы этого класса —

100–150 тыс. дол. Предлагаются сканеры, реализующие как импульсный (аналогично авиационным приборам), так и фазовый метод измерений дальности. В последнем случае предполагается использование лазеров непрерывного излучения с глубокой модуляцией. Использование такой схемы в сочетании с современными технологическими возможностями позволяет поднять частоту зондирования до 250 КГц с ошибкой измерения наклонной дальности в 1–2 мм. Однако, дальность действия приборов, использующих фазовый метод, невелика и составляет 50–70 м по причинам, обсуждаемым в первой части статьи: конечное значение длины когерентности источника излучения, ограничения, накладываемые фазовым методом измерения (необходимость разрешения неопределенности по целым длинам волн и т. д.). Такое серьезное ограничение по дальности затрудняет использование приборов для топографических задач, однако они могут с успехом применяться в инженерных изысканиях, при съемке архитектурных сооружений, сложных промышленных объектов и т. д. Подстать разнообразие и объем предложений, касающихся программного обеспечения для обработки данных наземных сканирующих систем.

Иная ситуация сложилась на рынке авиационных лазерных сканеров. Здесь наиболее заметны прежние фигуранты — Optech, Leica Geosystems (Швейцария), Fugro (Нидерланды), Torosys (Германия) и некоторые другие. По-прежнему не вызывает сомнений лидерство Optech, как технологическое, так и по объему продаж. Частота зондирования авиационных лазерных локаторов ведущих производителей приближается к 100 КГц. Однако, большая, чем в наземном случае, измеряемая дальность и необходимость использования импульсного метода измерения

ограничение на увеличении частоты зондирующих импульсов без серьезных технологических инноваций, касающихся принципов работы прибора, в частности, источника излучения, приемника, оптико-электронного тракта, схемы развертки и др.

Некоторые перспективные направления совершенствования лазерно-локационной техники уместно обсудить уже сейчас.

Регистрация формы отраженной волны представляется чрезвычайно полезной для лазерных локаторов импульсного типа. Ее можно рассматривать как дальнейшее развитие технологии измерения нескольких отраженных импульсов в каждом акте сканирования, которая уже давно вошла в практику. Так последняя разработка компании Optech, лазерный сканер ALTM 30/70, обеспечивает регистрацию четырех откликов для каждого зондирующего импульса, гарантированно включая первый и последний. Технология регистрации формы отраженной волны предполагает запись в цифровом виде полной формы отклика на каждый зондирующий импульс с частотой дискретизации 1 ГГц и выше. Зарегистрированная таким образом волна дает «историю» отражения зондирующего импульса от всех препятствий, встретившихся на его пути. Аппаратная реализация такой возможности не представляет проблемы для ведущих производителей, в частности, данная опция уже поставляется штатно в ALTM 30/70. Наибольший интерес такая информация может представлять при использовании в специализированном программном обеспечении обработки лазерно-локационных данных для более достоверного распознавания и геопозиционирования объектов различных классов. Другим возможным применением может явиться использование такого рода данных для нормализации изображений распределения интенсивности с учетом высоты полета и угла падения

зондирующего луча. К сожалению, необходимое программное обеспечение пока не создано. Работы по его разработке ведутся в компании «Геокосмос».

Продолжают развиваться лазерно-локационные системы для базиметрических работ (съемка рельефа дна водоемов). В этой области также наиболее активна компания Optech с прибором SHOALS, который может использоваться одновременно для базиметрических и наземных топографических работ, что чрезвычайно удобно при картировании шельфовых зон одновременно с прибрежными районами. Другие примеры — аналогичные приборы компаний Hawk Eye (Швеция) и LADS (Австралия). Принципы измерений в таких приборах существенно отличаются от наземных аналогов. В частности, необходимо гарантированное получение откликов как от водной поверхности, так и от дна. Это заставляет использовать источники излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазона, причем существенно большей мощности, так как необходимо, чтобы лазерный луч проникал как можно глубже под воду. Вместе с тем, для таких систем вопрос обеспечения высокой плотности откликов на поверхности (т. е. обеспечения высокой частоты сканирования) не стоит так остро, как для наземных систем, которые, как правило, используются для съемки насыщенных объектами сцен. Так для сканера SHOALS 1000 рабочая частота зондирующих импульсов составляет 1 КГц, что на практике вполне достаточно для подробного картирования морского дна с производительностью в несколько сотен квадратных километров в день.

Чрезвычайно перспективными представляются лазерно-локационные системы, в которых вместо одиночного приемника излучения используется матричный. При такой оптической схеме в качестве источника излучения применяется

импульсный лазер, расходимость луча которого искусственно увеличивается до $5-10^\circ$ с помощью коллиматора. Длительность зондирующего импульса выбирается сравнительно небольшой, равной 1–10 нс. При этом время распространения импульса до цели и обратно (и соответственно дальность) измеряются отдельно для каждого пикселя. Из описанного принципа работы видно, что такой прибор во многом схож с современным цифровым фотоаппаратом. Главное отличие состоит, во-первых, в использовании активного элемента (лазера) для подсветки, а во-вторых, в методе регистрации отраженного импульса. Здесь могут использоваться различные подходы, среди которых наиболее интересным представляется матричный приемник, в котором каждый элемент выполнен в виде так называемой ячейки ROIC (Readout Integrated Circuit). Особенностью такой ячейки является способность «накапливать» информацию о времени прихода и интенсивности отражения на протяжении всего периода экспозиции. Таким образом накопление информации происходит практически мгновенно, а ее считывание может быть организовано последовательно, с длительностью периода дискретизации порядка 1 нс. Каждое такое считывание соответствует двумерному сечению сцены, а их совокупность представляет собой полноценное трехмерное изображение сцены. Возможно, что начало практического использования подобных систем явится новым революционным шагом в развитии лазерно-локационных систем.

Использование 3D FPA систем в дальнейшем вообще устраняет необходимость выполнения сканирования сцены наблюдения. Однако до тех пор, пока соответствующие матричные приемники достаточных размеров не созданы, сканирование по-прежнему необходимо. Сейчас, в основном, применяются

механические системы сканирования, использующие зеркала, призмы или оптические клинья. Более перспективными представляются не механические методы сканирования, которые в настоящее время находятся в стадии разработки. Для этой цели могут применяться жидкокристаллические системы, реализующие пространственную модуляцию света (Spatial Light Modulator) и микро-зеркала. Другими интересными разработками в этой области являются системы электронного фокусирования и формирования луча, так же как и многолучевые системы. Использование подобных систем позволит в ближайшем будущем перейти к программируемой развертке, что, в свою очередь, даст возможность выбирать режим сканирования, наиболее соответствующий характеру сцены наблюдения.

События, произошедшие в последнее время, позволяют убедиться в том, что лазерная локация еще надолго останется одним из самых перспективных и содержательных направлений в прикладной геодезии и топографии. Так, на фоне впечатляющих технологических достижений был продолжен диалог руководства компании «Геокосмос» со своими стратегическими партнерами, мировыми лидерами в производстве лазерно-локационной аппаратуры, компаниями Optech и Riegel по продвижению совместных разработок на российском и международном рынках.

RESUME

The results of the exhibition INTERGEO in the part of new engineering in the area of laser-location technics are discussed. Main ways of perfection of this method of survey which are forms of reflected wave registration, changing to matrix receivers, bathymetrical technologies are discussed. The results of air photography Geocosmos company activities in 2003 are shown.