



Завершают обзор технологий лазерного сканирования (см. № 3(40), 4(41) за 2003 г. и № 1(43) за 2004 г.) публикация интервью с директором по научной работе компании «Геокосмос» Е.М. Медведевым (руководителем группы разработчиков отечественного программного обеспечения для обработки результатов лазерного сканирования воздушного базирования) и информации о функциях программного обеспечения для обработки результатов лазерного сканирования (см. таблицу). Известно, что компания «ОПТЭН Лимитед», которая позиционирует себя как поставщик услуг лазерного сканирования воздушного базирования как на российском, так мировом рынке, для обработки данных в качестве базового программного обеспечения использует пакет REALM, поставляемый в комплекте со сканерами ALTM-1020 и ALTM-1210 (Optech, Inc., Канада), а также программное обеспечение для последующей обработки третьих фирм (Grafnav, ArcView, MicroStation, TerraScan) и собственной разработки (см. № 3(40) на с. 34). К сожалению, более подробной информации об этих технологиях к моменту выхода номера получить не удалось.

Е.Г. Капранов, ведущий рубрики, e-mail: gisa@gubkin.ru

## Е.М. Медведев, директор по научной работе компании «Геокосмос»:

### Сегодня программное обеспечение семейства ALTEXIS — один из важнейших компонентов технологии картографирования реального времени

Четкая классификация программного обеспечения (ПО) для обработки результатов воздушного лазерного сканирования пока не сложилась, однако можно попытаться предложить свою версию. Я бы выделил три группы, используя в качестве критерия основные технологические стадии обработки, которым подвергаются лазерно-локационные (ЛЛ) данные на пути к потребителю.

Первую группу составляют **программы первичной обработки**, которые, собственно, и обеспечивают появление на свет ЛЛ данных в самой общей «сырой» форме. Это, прежде всего, облака лазерных точек\* — исходный материал для последующих форм обработки. Основная функциональная задача программ этой группы — обеспечить расчет пространственных координат лазерных точек в результате совместной обработки навигационных и дальнометрических данных. Методы обработки данных на этом этапе в значительной степени опираются на аппаратные особенности аэросъемочных средств, а необходимое ПО поставляется производителем ЛЛ техники. В качестве примера можно привести лазерные сканеры типа ALTM (Airborne Laser Terrain Mapper) производства канадской компании Optech, Inc., которые штатно комплектуются пакетами POSGPS и POSProc (разработки компании Arplanix) для расчета совместного навигационного решения по данным GPS и бортовой инерциальной системы, и пакетом REALM, непосредственно обеспечивающего расчет координат лазерных точек.

Понятно, что основное требование, предъявляемое к ПО первичной обработки, есть достижение максимально возможных точности и достоверности данных съемки. Другой важной характеристикой является эффективность использования вычислительных ресурсов, что приобретает особую актуальность в связи со стремительно возрастающей производительностью ЛЛ съемки (на два порядка за последние десять лет) и, как следствие, объемом собираемых данных.

Хотелось бы обратить особое внимание на проблему точности данных ЛЛ съемки. Заявляемые производителем

ми паспортные значения хорошо известны: 10–15 см по высоте, 1/2000 от высоты съемки в плане. Такой уровень точности достижим на практике. Более того, именно такой уровень во многом определяет топографический аспект использования ЛЛ систем. Однако он редко может быть достигнут автоматически. Настоятельно необходима высокая квалификация персонала, надлежащий уровень геодезического обеспечения, качество пилотирования правильного выбора времени проведения съемки, исходя из GPS-обстановки. С учетом того множества факторов, которые могут (в основном негативно) сказаться на результирующей точности данных съемки, роль ПО первичной обработки чрезвычайно велика. Качественное ПО (последние разработки Optech и Arplanix, без сомнения, относятся к таковым), обладая значительной гибкостью, позволяет во многих случаях сглаживать влияние негативных факторов, используя математические приемы. Здесь речь идет прежде всего о программных методах борьбы с последствиями съемки в условиях неблагоприятной GPS-обстановки. Альтернативой является только проведение повторной съемки, что, по понятным причинам, не приветствуется.

К ПО первичной обработки можно отнести и множество утилитарных программ различного назначения — калибровки, метрологического обеспечения, контроля качества пилотирования. Они, как правило, реализуют очень частные функции, однако, в не меньшей степени важны для получения качественных выходных данных.

Как я уже упомянул, разработка ПО первой группы (первичной обработки) есть, как правило, прерогатива лазерного сканера из-за значительной «аппаратной зависимости» методов обработки на этом этапе. Компания «Геокосмос» представляет собой редкое исключение в этом вопросе. Наши тесные партнерские отношения с Optech и Arplanix (которых мы считаем безусловными лидерами в своей области) привели к разработке в нашей компании ряда интересных программных продуктов, которые в соответствии с предложенной классификацией могут быть от-

\*Лазерная точка — точка лазерного отражения, определяется геодезическими координатами точки пространства, вышедшей отражение зондирующего лазерного луча. — Прим. авт.



несены к группе первичной обработки. Я имею в виду программы полевого экспресс-анализа данных, калибровки и измерения выставочных параметров универсального аэросъемочного комплекса, включающего лазерный сканер и цифровой аэрофотоаппарат, контроля качества прохождения экипажем заданного аэросъемочного маршрута и др. Достигнуто принципиальное соглашение о том, что многое из наших наработок в ближайшее время будет включено в стандартный пакет услуг Ortech и будет продаваться вместе с лазерными сканерами ALTM. Это явится еще одним проявлением нашего стратегического глобального партнерства, признанием высокого научно-технического уровня наших разработок со стороны столь уважаемой в мире компании, как Ortech. Кстати, наше сотрудничество не ограничивается исключительно программными разработками. Исследования наших специалистов во многом способствовали появлению многих технических инноваций и в конструкции ALTM, в частности, появлению дополнительной возможности съемки с «широкой» расходимостью зондирующего луча, что позволило добиться принципиально новых результатов при съемке линий электропередачи (ЛЭП).

Вторую группу ПО я охарактеризовал бы как «**общетопографическую**», хотя такое ПО применимо не только к работам в области топографии, но в равной мере и к инженерным изысканиям, маркшейдерии, землеустройству. Область применения, конкретное приложение и методика дальнейшего использования данных съемки могут различаться. Однако вне зависимости от этого при всех обстоятельствах выполняется некоторый стандартный набор процедур обработки, главная из которых, несомненно, генерация цифровой модели рельефа (ЦМР).

Понятно, что ЦМР уже сама по себе представляет значительную ценность в топографии и в ряде смежных дисциплин. С другой стороны, все последующие формы «глубокой» обработки, такие, как выделение и морфологический анализ растительности, зданий, ЛЭП, других природных и антропогенных образований в значительной степени опираются на результаты выделения ЦМР. В этой связи можно утверждать, что проблема ЦМР является центральной при реализации любой методики обработки ЛЛ данных. Математическое содержание ЦМР сегодня уже достаточно глубоко. Это не просто триангуляционная сеть или регулярная матрица геодезических высот, но значительно более сложная математическая категория, которая намного более адекватно описывает рельеф как важнейший компонент ландшафта во всем его многообразии. В этой связи хотелось бы упомянуть об алгоритмических возможностях процедур генерации и анализа ЦМР, предоставляемых разработанным в компании «Геокосмос» про-

граммным комплексом ALTEXIS, очередная версия 2.1 которого выходит в апреле 2004 г. Главной особенностью предлагаемого разработчиками программного продукта в части построения ЦМР является широкое использование аналитических методов пространственного анализа, в частности, цифровых фильтров для построения поверхности истинного рельефа, а не методов итеративного приближения с помощью нерегулярных триангуляционных моделей, как это делалось ранее. Объективной предпосылкой к такому переходу явилось радикальное возрастание производительности сканера, и как следствие, увеличение плотности откликов от поверхности истинной земли. На практике это позволило значительно повысить

производительность метода, сделать более удобной работу оператора при выполнении тонкого редактирования модели. С другой стороны в рамках такого подхода реализована возможность автоматизированного (иногда полностью автоматического) выделения структурных линий рельефа (break lines), а также выраженных контуров зданий, что само по себе является большим успехом. Работы в этом направлении будут продолжены.

С некоторой натяжкой к «**общетопографическому**» может быть отнесено **ПО создания ортофотомозаики по ЛЛ и цифровым аэрофотографическим данным**. Эти два вида аэросъемочных данных удачно дополняют друг друга и очень часто могут быть полу-

чены одновременного с одного и того же носителя. Так, в практике работы компании «Геокосмос» обязательным явлением является совместное выполнение аэросъемки с использованием лазерного сканера ALTM и цифрового аэрофотоаппарата Kodak с матрицей емкостью 14 или 16 мегапикселей. Со следующего аэросъемочного сезона компания планирует начать использование отечественной или зарубежной камеры с матрицей приемника на порядок большей емкости. Совместная обработка ЛЛ и аэрофотографических данных, приведенных к единой системе координат, в частности, выделение контуров, дешифрирование, рисовка рельефа, представляется наиболее удобной и производительной. Этот факт можно считать доказанным на основе результатов практической деятельности компании «Геокосмос», которая, например, только за аэросъемочный сезон 2003 г. выполнила по этой методике топографическое картографирование более чем 12 000 км<sup>2</sup>, в основном, в масштабе 1:2000.

Я полагаю, основной тенденцией развития программных продуктов «общетопографической» группы будет совершенствование алгоритмов распознавания рельефа, географических объектов, других компонентов ландшафта, автоматическое выделение все большего количества информационных характеристик по ЛЛ и сопутствующим данным. Другой чрезвычайно важной тенденцией я





считаю дальнейшее общее повышение производительности и эргономичности таких продуктов. Хочу остановиться на этом тезисе подробнее.

Я неоднократно подчеркивал, что считаю главным доводом в пользу использования авиационных ЛЛ методов в топографии возможность радикального сокращения длительности технологического цикла производства всех топографических материалов вообще и крупномасштабных топографических карт, в частности. Я полагаю, что ЛЛ методы съемки и алгоритмы геоморфологического анализа ЛЛ данных это как раз то, что позволяет преодолеть технологические (главным образом временные) ограничения традиционного стереотопографического метода, на сегодняшний день основного при создании и обновлении топографических карт и планов.

Действительно, последовательное претворение в жизнь идеи синтеза цифровой аэрофототопографии и лазерной локации на этапе съемки, а также алгоритмов геоморфологического анализа ЛЛ данных и методов цифровой фотограмметрии позволяет добиться появлению принципиально нового результата — **систем картографирования реального времени** (СКРВ). Кстати сказать, термин «реальное время» не следует понимать буквально. Речь здесь идет о том, что в случае применения таких систем заказчик вправе рассчитывать на получение законченного топографического материала или его существенного компонента через недели, а в некоторых случаях даже дни после первого залета над объектом съемки, а не через месяцы или даже годы, как мы привыкли. Понятно, что использование таких систем дает их владельцу решающие преимущества перед другими игроками на рынке, делая применение СКРВ оправданным, по крайней мере, с коммерческой точки зрения.

Внутренняя структура СКРВ, технологические особенности методов сбора и обработки на отдельных этапах — чрезвычайно интересная, но обширная тема, которую едва ли удастся рассмотреть в рамках данного интервью. Здесь скажу только, что развитие таких систем и их практическая реализация являются одним из основных приоритетов деятельности компании «Геокосмос». Фактически начиная с сезона 2003 г. аэросъемочный и камеральный отделы компании в повседневной работе реализуют концепцию картографирования реального времени на практике при выполнении топографических работ в интересах ОАО «Газпром» и его дочерних компаний, Федеральной сетевой компании ЕЭС России, других заказчиков. Без использования такого подхода едва ли бы удалось достичь столь внушительных, упомянутых выше объемов выполненных работ. А ведь в планах компании на 2004 г. удвоение производительности!

Вышесказанное еще раз подтверждает исключительную важность программного и методического обеспечения «общетопографической» группы на современном этапе развития ЛЛ технологии. Поэтому данному направлению в компании «Геокосмос» уделяют самое серьезное внимание.

Наконец, я выделил бы **третью группу программных продуктов обработки ЛЛ данных, которую можно назвать «тематической»**. Это очень обширная и разнообразная группа в той же мере, как и спектр возможных приложений ЛЛ метода. Кроме того, такие продукты сильно различаются по методам обработки в соответствии со спецификой той или иной предметной области. В рамках настоящего интервью можно лишь перечислить самые заметные из таких приложений, ставшие уже классическими.

Прежде всего, это создание векторных 3D-моделей ЛЭП. Кстати, по данным наших друзей из Ortech, Inc., примерно четверть всех лазерных сканеров в мире покупается именно для проведения работ по ЛЭП. В деятельности компании «Геокосмос» работы по этому направлению занимают особое место, причем в рамках нашего долгосрочного контракта с Федеральной сетевой компанией (100%-ной дочерней компанией РАО «ЕЭС России») эти работы распланированы на пять лет вперед. Уже сегодня предложенная нашей компанией методика ЛЛ обследования ЛЭП для оценки их технического состояния, инвентаризации, оценки состояния растительности, угрожающей нормальной работы сети, фактически является отраслевым стандартом РАО «ЕЭС России». Я надеюсь, недалек день, когда она станет национальным стандартом России. Программный комплекс ALTEXIS, руководителем группы разработчиков которого я являюсь, включает набор прикладных программ обработки данных съемки ЛЭП, которые и могут выступать примером программных продуктов «тематической» обработки. Стандартный набор алгоритмов обработки ЛЛ данных в этом случае следующий. На первом этапе выполняется селекция первичных лазерных точек, используя в качестве критерия их принадлежности к проводам, тросам, гирляндам изоляторов, опорам, трансформаторам и другим компонентам линии. На следующем этапе выполняется переход от ЛЛ изображений (облаков лазерных точек) к 3D-векторным значимым компонентам линии (прежде всего проводов и опор), уже имеющих вполне определенную семантическую нагрузку. Например, провод ЛЭП изображается уже не совокупностью отразившихся от него лазерных импульсов, а уравнением цепной функции — полностью детерминированным математическим объектом. Результат применения алгоритмов этой группы составляет важный диалектический переход — рождается 3D-модель с вполне конкретным набором численных информационных характеристик — уровнем адекватности, точности и достоверности, с возможностью осуществления математического моделирования, например, механических, электротехнических или климатических воздействий. При этом очень важно, что такая модель уже не связана с первичными данными съемки, использованными для ее создания.

Среди других возможных тематических направлений прикладной лазерной локации в современном мире заметны следующие.

Лесное дело — это направление настолько популярно, что последние несколько лет проводятся международные симпозиумы, посвященные исключительно использованию методов воздушного и наземного лазерного сканирования в лесоустроительных делах. Я принимал участие в последнем таком симпозиуме, проходившем в сентябре 2003 г. в Швеции и был поражен, как далеко «продвинулись» программные разработки в этой области, особенно в Скандинавских странах. Сегодня разработаны достаточно устойчивые алгоритмы разделения деревьев по породам, оценки средней высоты и диаметра стволов, общего объема биомассы. Очень интересные результаты получены по этому направлению и в нашей стране. Я лично принимал участие в первых работах по ЛЛ съемке леса в Красноярском крае, проводившихся летом 2000 г. Институтом леса им. В.Н. Сукачева СО РАН под руководством д. с-х. н. И.М. Данилина. По результатам этих работ имеется множество публикаций.

Окончание на с. 26



Продолжение. Начало на с. 17

Среди других прикладных направлений — прогнозирование наводнений, оценка объема снежной массы и соответственно вероятности схода лавин, мониторинг береговой линии и др. По каждому из этих направлений имеются интересные программные разработки.

Наконец, использование лазерных сканеров для батиметрических (картографирование дна водоемов) работ. Компания «Геокосмос» планирует начать активные работы в этой области уже в течение 2004 г. с использованием аппаратуры SHOALS-1000 (Ortech, Inc.). Не сомневаемся, что это чрезвычайно перспективное направление приведет к появлению соответствующего тематического ПО.

Программный комплекс ALTEXIS на уровне идей и алгоритмов развивается с 1998 г. Текущая версия ПО разрабатывается с октября 2002 г. в дирекции научной работы компании «Геокосмос», которую я возглавляю. Очередная

версия ALTEXIS 2.1 будет представлена в конце апреля 2004 г. на международной конференции Distribution Europe 2004 в Амстердаме (Нидерланды). К созданию ALTEXIS причастна большая группа специалистов, работу которых координирует руководитель отдела программных разработок компании «Геокосмос» К.А. Пестов. Функциональные возможности ALTEXIS весьма обширны — полевой экспресс-анализ, современная обработка ЛЛ и аэрофотографических данных, геоморфологический анализ, моделирование ЛЭП и др. По сути, этот программный комплекс есть материализация взгляда нашей творческой группы на роль и место авиационной лазерной локации в мире современной топографии. Мне приятно отметить, что сегодня ПО семейства ALTEXIS — один из важнейших компонентов технологии картографирования реального времени. Его знают и используют по всему миру. ☉

### Функции программного обеспечения для обработки данных лазерного сканирования воздушного базирования, используемого в России

Название	Разработчик	Функции	Используемый сканер (разработчик)
ALTEXIS	«Геокосмос»	Модульное программное обеспечение для комплексного анализа лазерно-локационных данных, в частности, для создания векторных моделей ЛЭП. Реализуется базовая и тематическая обработка. Базовая — набор алгоритмов, обслуживающих процедуры получения первичных лазерно-локационных данных (алгоритмы существенно ориентированы на форматы представления данных, используемых компаниями, специализирующимися в области проектирования и обследования ЛЭП). Тематическая обработка ориентирована на общие геодезические и картографические задачи. Модули — «Экспресс-анализ», «Калибровка», «Контроль качества пилотирования», «Трансформация координат», «Регуляризация», «Выделение истинной земли», «ПН-модели», «Конвертор в DXF-формат», «Измерение Offset-параметров», «Пространственное ориентирование аэроснимков», «Геопривязка аэроснимков», «Конвертор в формат пакета PLS-CADD», «Конвертор в формат пакета ArcView», «Моделирование опор ЛЭП», «Навеска проводов», «Позиционирование опор», «Моделирование проводов» и др.	ALTM 30/70 (Ortech, Inc., Канада)
POSPac	Applanix (Канада)	Модульное программное обеспечение постобработки данных сканирования. Предназначено для полной обработки данных с учетом расположения сканера и его ориентирования в пространстве. С помощью анализа данных, поступающих от системы позиционирования и ориентации, система обеспечивает очень высокую точность выходных данных в реальном времени. POSPac обладает удобным интерфейсом пользователя. Система содержит простой инструментальный разработчика для анализа данных. Модули системы — POSRT, POSGPS, POSProc, POSCal и POSEO расширяют функциональность системы. POSRT служит для визуализации данных сканирования и навигационных данных. POSGPS предназначен для обработки GPS данных при использовании нескольких базовых станций GPS. POSProc, POSCal и POSEO используют уникальные алгоритмы постобработки данных от Applanix с учетом всех данных определения местоположения и ориентации в пространстве	ALS50 (Leica Geosystems, Швейцария)



## ПОЗДРАВЛЯЕМ

### В апреле 2004 г. учебному центру «ГИСпроект» исполняется десять лет

Проектный и учебно-методический центр по геоинформационным технологиям «ГИСпроект» был учрежден в 1994 г. ООО «Дата+» и ГлавНИВЦ МПР России при поддержке ESRI, Inc. (США). За десятилетний период в Центре по международной программе обучения ESRI подготовлены более 3 тыс. слушателей из разных отраслей (геология, природопользование, сельское хозяйство, нефтяная и газовая промышленность, обра-

зование, военно-промышленный комплекс и др.). Переведены на русский язык и поставлены 26 вводных и профессиональных курсов обучения пользованию программными продуктами ArcInfo, ArcView GIS, семейства ArcGIS. Подготовлены и сертифицированы 40 инструкторов, организованы 9 авторизованных учебных центров в разных городах Российской Федерации и странах СНГ. Учебный центр «ГИСпроект» стал по существу головной организацией по обучению ГИС-технологиям.

В настоящее время готовится серия курсов по новому продукту — ArcGIS 9 (подробнее см. на с. 10 и <http://www.dataplus.ru>).

ГИС-Ассоциация