

МЕТОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ЛОКАЦИИ И ЦИФРОВОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Е.М. МЕДВЕДЕВ

Генеральный директор ООО «Альтекс Геоматика»,
Профессор кафедры маркшейдерского дела ИрГТУ, к.т.н.

Москва
e-mail: manukov@cge.ru

E. M. MEDVEDEV

General manager «Altex Geomatica» company, prof., phd.

Moscow

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
KEYWORDS:

Лазерная локация, лидары, аэрофототопография, инженерные изыскания, топографические планы, цифровая модель рельефа. Laser location, lidars, aerial topography mapping, civil works, topography plans, digital terrain model

Применение лазерно-локационной технологии позволяет предложить принципиально новые методики топографо-геодезической и инженерно-изыскательской деятельности, и вообще всех прикладных дисциплин, связанных со сбором и обработкой геоспациальных данных.

The use of laser location technologies make it possible to introduce a principally new method of aerial topography mapping, civil works and all other applied disciplines related to geospatial data acquisition and processing.

В том числе, впервые появляется возможность радикально интенсифицировать все составляющие технологического цикла производства топографических карт и планов крупных масштабов. Это позволяет говорить о появлении на базе лазерно-локационного метода систем картографирования реального времени (СКРВ). Этот термин, конечно, нуждается в уточнении, так как категорию реального времени не следует понимать буквально – топографический план не появляется непосредственно в ходе проведения лазерно-локационной съемки. Однако этот термин выражает главную отличительную черту используемой технологии и программно-аппаратных систем, которые эту технологию реализуют – переход на методы картографирования, при которых продолжительность этапов камеральной обработки съемочных данных сравнима с продолжительностью сбора данных, т.е. выполнения собственно аэросъемочных работ. Необходимо подчеркнуть, что современный лазерно-локационный метод в топографии предполагает использование не только собственно лазерных локаторов, но и других средств сбора геоспациальных данных, прежде всего цифровых аэрофотоаппаратов, а также массу других аппаратных и программных средств.

Однако название «лазерно-локационный» правильно отражает существо метода, так как именно наличие этого специфического вида данных в наибольшей степени отличает его от других топографо-геодезических методов.

Все три указанных основных источника данных, в равной мере символизируют и три, в значительной степени независимые технологии сбора и обработки геоспациальных данных, соответственно прикладную лазерную локацию, цифровую аэрофототопографию и современную инерциально-спутниковую навигацию. Каждая из этих технологий обладает самостоятельной значимостью в современной геоинформатике, но именно их синтез позволил появиться СКРВ.

РАДИКАЛЬНАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТ ПО КРУПНОМАСШТАБНОМУ ТОПОГРАФИЧЕСКОМУ КАРТИРОВАНИЮ

Ниже будет показано, что функции СКРВ не сводятся исключительно к решению топографических и картографических задач. С использованием таких систем уже сегодня решаются многие задачи инженерной геодезии, экологии, таксации леса и др. Вообще, с использованием СКРВ возможно получение

принципиально новых агрегатов данных, не имеющих аналогов в классических аэрогеодезических технологиях.

Несомненно, главный вопрос, возникающий при анализе СКРВ и их роли среди других современных геоинформационных технологий может быть сформулирован следующим образом: Насколько радикальна предлагаемая интенсификация?

Естественно корректный ответ на этот вопрос возможен только при корректном выборе базы для сравнения. В качестве альтернативных классических технологиях топографического картирования могут рассматриваться:

1. Наземная топографическая съемка.
2. Аэрофототопография – фотограмметрия.
3. Радиолокация.
4. Космическая съемка.

Корректное сравнение в смысле исследования технологической интенсификации, которая достигается за счет применения СКРВ, возможно при использовании в качестве базы классической аэрофототопографической технологии, которая в свою очередь основана на использовании стереотопографического метода создания карт и планов.

С учетом представленных выше разъяснений можно дать следующий ответ на поставленный выше вопрос о степени ►

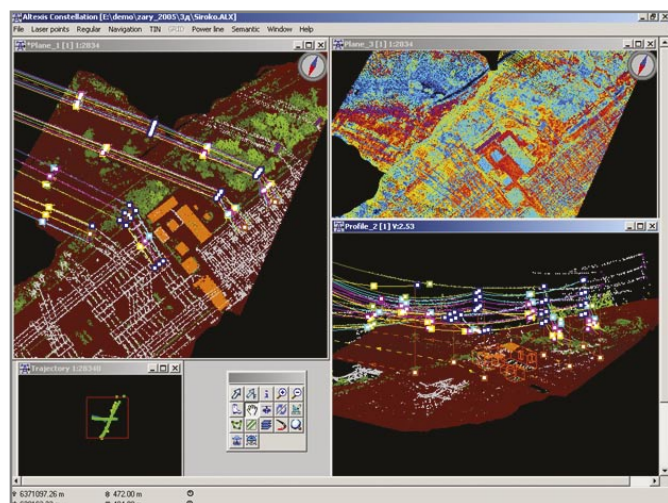


Рис. 1 Алгоритмы морфологической селекции позволяют в автоматическом режиме выделять многие классы объектов: поверхность земли, растительность, провода и опоры ЛЭП, здания и др.

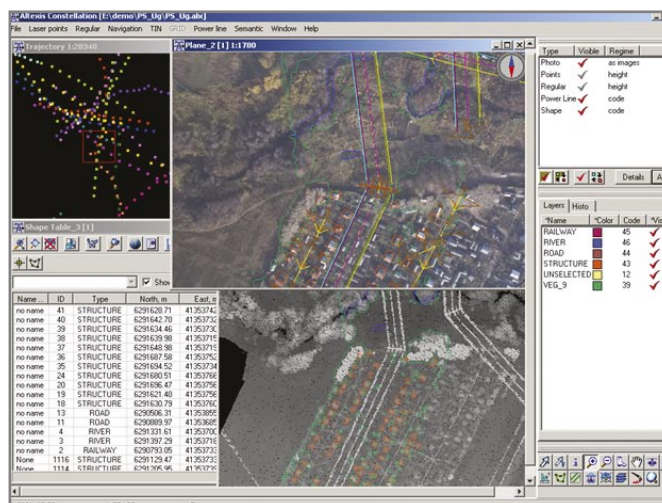


Рис. 2 Совместная визуализация и обработка лазерно-локационных и аэрофотографических данных.

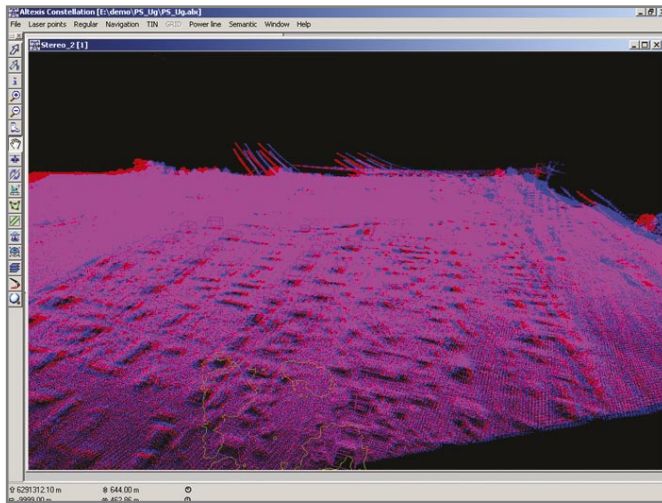


Рис. 3 Стереоскопическое представление лазерно-локационных данных. Большое значение имеет возможность автоматизации процедуры приведения лазерно-локационных, аэрофотографических и других видов данных дистанционного зондирования к единой геодезической системе координат. Возможность стереоскопического наблюдения данных всех видов, причём как раздельно, так и совместно дополнительно способствует повышению достоверности камеральных работ.

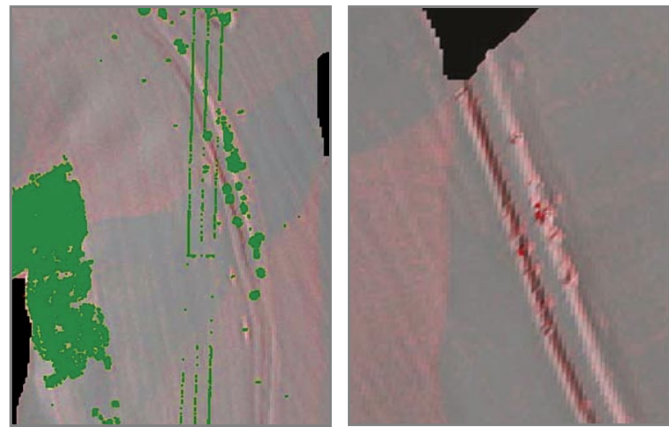


Рис. 4 Фрагмент Цифровой Модели Рельефа, построенной по лазерно-локационным данным в программной среде ALTEXis/ Аналитическая форма генерации и анализа ЦМР позволяет добиться максимальной точности и достоверности. Впервые появляется возможность количественной оценки (в см) точности восстановления рельефа. На рисунке градациями красного тона представлены статистические численные оценки точности определения пространственного положения поверхности истинного рельефа. Области с более ярким красным тоном, соответствуют большим погрешностям определения пространственного положения поверхности рельефа.

интенсификации работ по крупномасштабному топографическому картированию, достигаемому при использовании СКРВ: при корректном методе сравнения речь может идти об ускорении в разы и даже на порядки.

Иными словами, если при использовании традиционных аэрофотографических технологий картографирование определенной территории в заданном масштабе могло потребовать месяц, то с использованием СКРВ эта же работа заняла не более нескольких дней. Подчеркнем, что и в первом и во втором случаях речь идет именно о всем комплексе работ, включая геодезические, аэросъемочные и камеральные.

Значительную роль в теории и практике СКРВ играет также ряд других базовых прикладных дисциплин и технологий, таких как:

- Цифровая фотограмметрия.
- Геодезия.
- Гравиметрия.
- Математическая картография.

В качестве отдельного направления сегодня уже можно выделить: методы математической (программной обработки) данных лазерно-локационной съемки совместно с цифровыми аэрофотосъемочными данными.

С учетом вышеизложенного можно предоставить следующие рекомендации по правильному толкованию термина «реальное время», входящего в определение СКРВ:

- Было бы неправильно утверждать, что при практическом использовании СКРВ топографический план «рождается» сразу на борту самолета-аэросъемщика. По крайней мере, сегодня, это еще невозможно.
- СКРВ не отменяют ряд важнейших технологических процессов, такие как камеральное дешифрирование и все другие процессы, связанные с созданием семантической составляющей карты.

Однако не будет преувеличением сказать, что важнейшим результатом применения СКРВ на практике является следующий факт: длительность цикла производства законченной рельефной части карты и выделения

многих контуров географических объектов и ортофотомозаики (трансформированных и геопривязанных аэрофотоснимков) сопоставима по продолжительности фазы аэросъемки. Иными словами, все данные, собранные за каждый аэросъемочный день, могут быть обработаны до начала следующего дня.

Обсудим еще раз важнейшие тенденции в развитии современных аэросъемочных технологий, определяющие успех практического использования СКРВ.

Рост производительности лазерно-локационных систем:

1993	ALTM 1020	5 KHz
1997	ALTM 1025	25 KHz
2001	ALTM 3033	33 KHz
2002	ALTM 2050	50 KHz
2002	ALTM 3070	70 KHz
2003	ALTM 3100	100 KHz

2006 ALTM 2100 EA 100 кГц – точность измерения наклонной дальности 2-3 см
 2007 ALTM Gemini – более 100 кГц максимальная высота съемки 4000 м, возможность съемки на высоте 2000 м с максимальной производительностью.

Предполагается, что рост производительности авиационных лидаров продолжится.

- Совершенствование алгоритмов селекции «лазерных точек»

Селекция лазерных точек предполагает установление принадлежности каждой отдельной точки или группы тому или иному морфологическому компоненту: поверхности рельефа, растительности, зданиям, ЛЭП и другим классам объектов. Автоматическая селекция функционально связана с построением векторных моделей географических объектов. Успехи в совершенствовании алгоритмов селекции прямо сказываются в повышении степени автоматизации и следовательно производительности как самих лазерно-локационных систем, так и СКРВ, построенных на их основе.

- Имеются многочисленные примеры использования лазерно-локационных данных в форме «интенсивности» отраженного сигнала. Такие данные

представляют собой по сути цифровой ортофотоплан в истинных геодезических координатах. С увеличением производительности воздушных лазерных локаторов можно рассчитывать на повышение разрешения на местности таких «квазиортофотопланов». Наличие такой информации позволяет выполнять многие дешифровочные работы без привлечения аэрофотоснимков.

- Построение поверхностей истинного рельефа. Выделение поверхности истинного рельефа с использованием алгоритмических процедур позволяет уверенно восстанавливать форму поверхности рельефа даже под густыми кронами деревьев, находящихся в фазе вегетации. Это позволяет значительно расширить границы применимости лазерно-локационного метода и СКРВ в целом.

Значительные успехи достигнуты в последние годы как в повышении точности лазерно-локационного метода в целом, так и в повышении достоверности и общей информативности выходных топографических материалов. Так в 2008 г. компания Ortech, мировой лидер в области производства авиационных лидаров, предложила модели ALTM 3100EA и ALTM Gemini, обеспечивающие точности измерения наклонной дальности на уровне 3-5 см. Вместе с тем современные алгоритмы выделения поверхности истинной земли и других важнейших топографических и структурных поверхностей и контуров позволяют добиться точности геопозиционирования этих поверхностей и контуров на уровне первых сантиметров, естественно при обеспечении достаточной плотности сканирования.

Немаловажно и то, что современные математические методы наряду с построением самих поверхностей и контуров позволяют получить статистические оценки точности и достоверности их пространственного положения. Примеры представлены на Рис. 4. ►

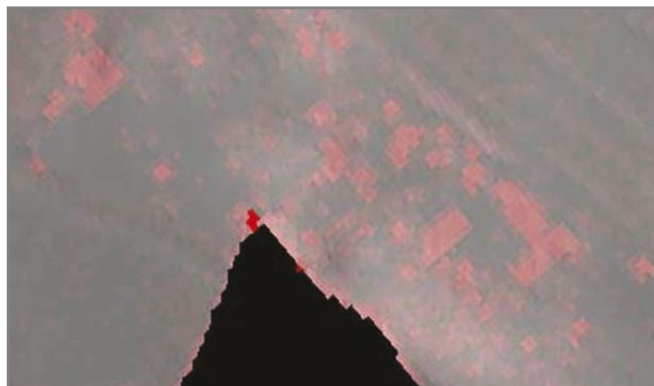
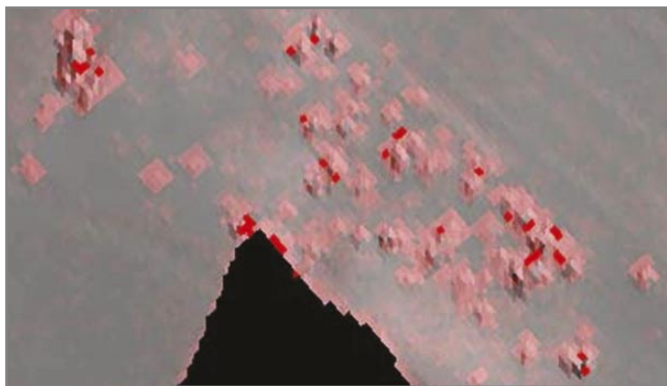


Рис. 5. Индикация «неблагополучных» фрагментов ЦМР (участки под густой растительностью с большим количеством пространственных шумов) и их автоматическое сглаживание (подавление шумов).

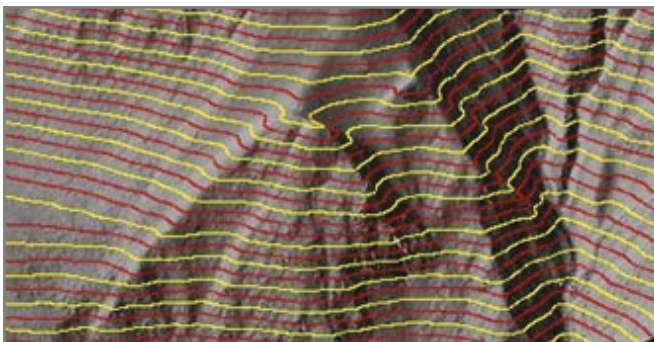
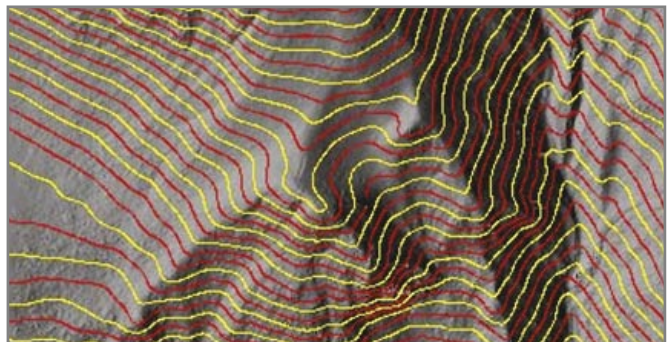


Рис. 6 Аналитическая генерация изолиний рельефа без артефактов

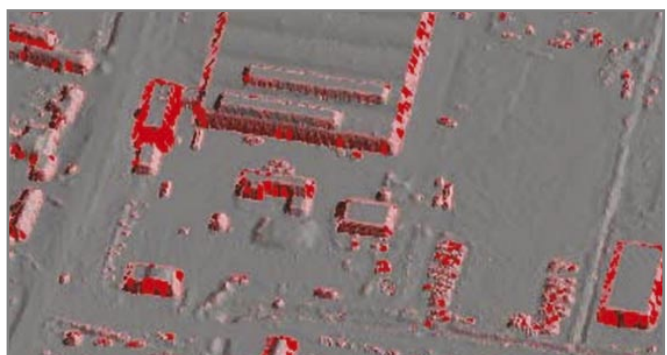


Рис. 7 Использование «аналитического» подхода позволяет свести процедуры выделения структурных линий рельефа (break lines) к классическим операциям Фурье и вейвлет анализа

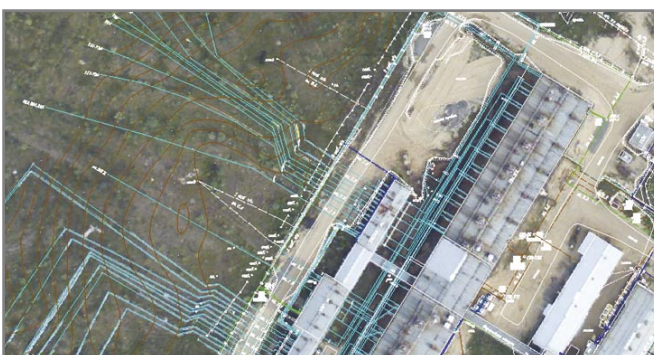


Рис. 8 Цифровые трехмерные модели, построенные по результатам воздушной и наземной лазерно-локационной съемки и цифровой аэрофотосъемки

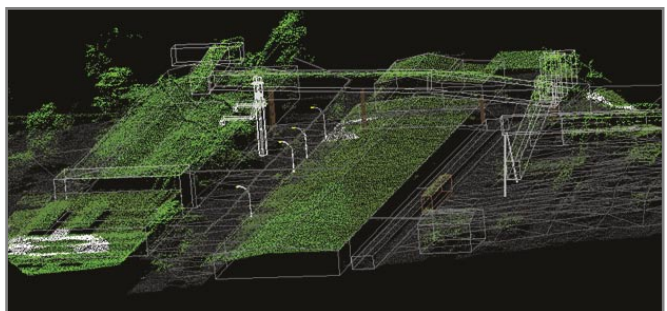


Рис. 8 Цифровые трехмерные модели, построенные по результатам воздушной и наземной лазерно-локационной съемки и цифровой аэрофотосъемки

- Использование «Лазерной» ЦМР позволяет применять к ней различные методы аналитической обработки, которые могут оказаться чрезвычайно полезными на практике. Такая возможность принципиально отсутствует в случае если ЦМР получена стереофотограмметрическим или любым другим традиционным методом. Некоторые примеры такой обработки представлены на Рис. 5, 6, 7.

- Весьма перспективным и все более активно применяемым на практике является совместное использование данных наземного и воздушного лазерного сканирования (локации) и цифровой аэрофотосъемки. Такой подход особенно эффективен при обследовании объектов, включающих сложные инженерные сооружения, например, электрические подстанции (Рис. 8).

ВЫВОДЫ

Использование лазерно-локационных и цифровых аэрофототопографических методов является весьма перспективным направлением при выполнении крупномасштабного топографического картографирования и при проведении различного рода инженерных изысканий. Точность и производительность такого метода позволяет говорить о появлении систем картографирования реального времени. ■