

# Обработка данных лазерного сканирования

Сарычев Д.С., директор по развитию ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассматривается практический пример обработки данных лазерного сканирования для получения исходной модели автомобильной дороги, пригодной для выполнения проекта ремонта.*

## Введение

В настоящее время мобильное лазерное сканирование становится очень популярной темой при заказе проектно-изыскательских работ в дорожной отрасли. Появилось множество компаний, освоивших технологию выполнения мобильного лазерного сканирования. В то же время выполнение сканирования и получение облака точек — это лишь начало длинного пути по проектированию автомобильных дорог.

## Основные сведения о мобильном лазерном сканировании: мифы и реальность

Даже краткий обзор паспортных возможностей мобильных сканеров [1] создаёт иллюзию того, что данная технология может практически всё с точки зрения получения топографической модели дороги. Многие компании, занимающиеся мобильным сканированием, выдают большое количество материалов, однако дальнейшая судьба этих материалов туманна, и на практике они редко используются для создания фрагментов топографических планов или, в более продвинутых случаях, — для создания небольших 3D-моделей местности и транспортной инфраструктуры.

### Миф №1. Современные мобильные сканеры выполняют съёмку с миллиметровой точностью

На самом деле, на абсолютную точность результатов съёмки (а в данном случае — пространственного положения отдельных точек сканирования) влияет множество факторов и в первую очередь — навигационная система. Лучшие образцы навигационных систем могут (в хороших условиях) выдать точность позиционирования порядка 2–3 см (в плане), 3–5 см (по высоте) и ориентации порядка 20–50" (угловых секунд).

Всё это приводит к тому, что реальная абсолютная точность съёмки без дополнительных мер для точек, удалённых от сканера, уже на 20 м будет 5–6 см. Очевидно, что такие материалы не применимы в ряде задач. Существуют, конечно, методики дополнительного «уравнивания» таких данных, и только их применение (и контроль) могут дать на выходе точности порядка 10 мм.

### Миф №2. Облако точек лазерного сканирования — готовая 3D-модель местности

Что такое облако точек? Это нерегулярная масса отметок (X, Y, Z), возможно, в натуральных цветах. Картинка впечатляет, но что с такой моделью можно сделать? С точки зрения дорожника — практически ничего. Можно, конечно, измерить виртуальной рулеткой расстояние от одной точки до другой, получить отметку в указанной точке. А рассчитать объём слоя по двум облакам? Рассчитать уклоны на дороге длиной 1000 км? Получить «чёрную землю» для проектирования? Составить ведомость средств организации движения?

Естественно, из облака точек необходимо получать 3D-модель, пригодную для тех или иных задач. Для дорожников обязательно получение трёхмерных структурных линий дороги (оси, кромки, бровки, подшвы), элементов инженерного обустройства. Для проектирования также необходимо получение крупномасштабной поверхности дороги и т. д.

## Типовой порядок обработки данных

Рассмотрим типовой порядок обработки данных мобильного лазерного сканирования — от получения исходных данных до построения модели (рис. 1).

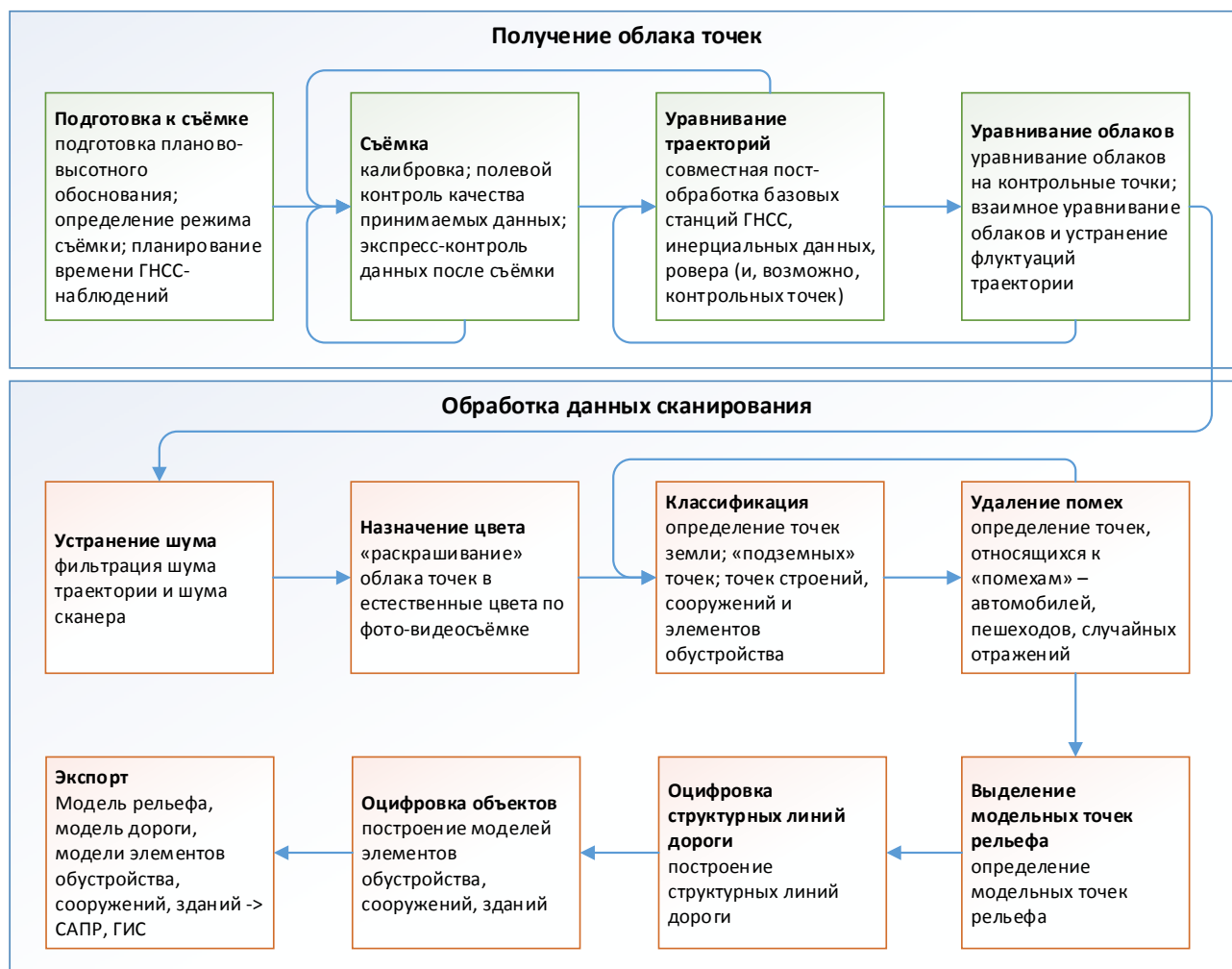


Рис. 1. Типовой порядок сбора и обработки данных мобильного лазерного сканирования

Процесс «получения облака точек» достаточно хорошо проработан. Есть лишь одно замечание: для достижения требуемой точности (в первую очередь по высоте) необходимо качественное плано-высотное обоснование и уравнивание облаков на контрольные точки.

Процесс «обработки данных лазерного сканирования» практикуется достаточно бессистемно и обычно сводится к классификации и раскрашиванию облака. Этого явно недо-

статочно для дальнейшей работы инженеров в САПР и ГИС. Далее мы подробнее рассмотрим шаги, которые требуются для получения практических 3D-моделей, но обычно не выполняются.

### Выделение модельных точек рельефа

Облака точек лазерного сканирования обычно содержат десятки и сотни миллионов точек, относящихся к рельефу. Данное количество точек со-

вершенно избыточно, когда речь идёт о построении триангуляционной модели рельефа, применяемой в качестве исходной для проектирования. Для того, чтобы получить такую модель рельефа, из всего множества исходных точек, относящихся к рельефу, выделяют небольшое количество модельных точек рельефа.

Модельные точки рельефа — такие точки облака, которые вносят наибольший вклад в форму рельефа (рис. 2) и необходимы для формирова-



Рис. 2. Модельные точки рельефа (отмечены красным) на разрезе облака точек лазерного сканирования

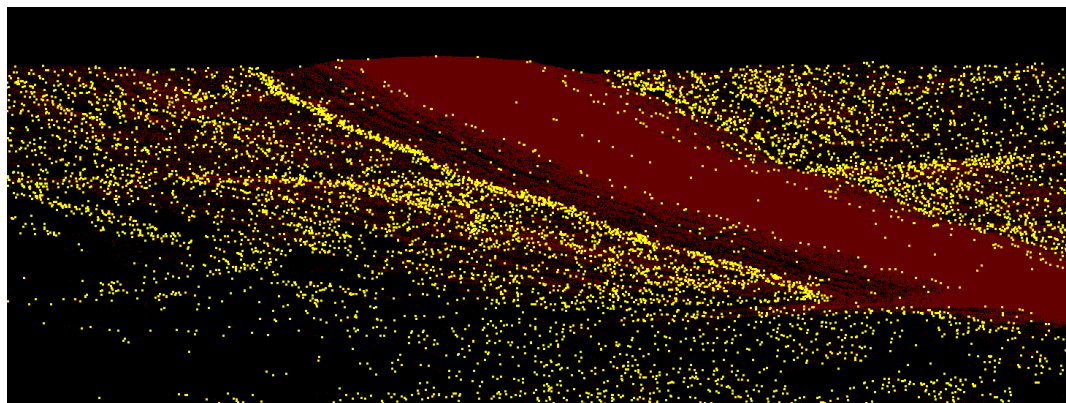


Рис. 3. Модельные точки рельефа (отмечены жёлтым) в трёхмерном виде системы TerraSolid. Редкие жёлтые точки характеризуют относительно плоские участки дороги

ния модели рельефа заданной точности. Обычно под «точностью» сформированного набора модельных точек понимают максимально допустимое отклонение по высоте точек, относящихся к рельефу (исходных точек облака), от триангуляционной модели, построенной по модельным точкам.

Обычно число модельных точек для моделей рельефа с заданной точностью 1 см бывает на 2-3 порядка меньше, чем число исходных точек, относящихся к рельефу (рис. 3). Модельные точки поверхности применяются для моделирования рельефа рядом с автомобильной дорогой и задают цифровую модель рельефа, пригодную для применения в любых САПР и ГИС, а также для быстрой трёхмерной визуализации.

### Оцифровка структурных линий дороги

Структурные линии дороги [2] задают базовую пространственную геометрию автомобильной дороги и являются первым и важнейшим элементом, который необходимо определять при создании 3D-модели дороги. Структурные линии

дороги включают в себя осевые линии, кромки проезжей части, бортики, подошвы, границы откосов и насыпей.

В настоящее время уже существует ряд алгоритмов и программных продуктов, позволяющих распознавать данные структурные линии и строить статистически сглаженные пространственные линии по облаку точек (рис. 4). Получаемые структурные линии являются важнейшим элементом модели дороги и используются напрямую современными САПР автомобильных дорог.

Следует отметить, что автоматизированное распознавание структурных линий дороги надёжно работает только для новых дорог. В остальных случаях точно распознать ось дороги, полузапыленную кромку, заросшую травой бортовую и так далее довольно проблематично — в этом случае единственным выходом является ручная оцифровка структурных линий (рис. 5). Подспорьем оператору здесь может быть механизм локальной статистической оценки распределения точек по высотам.

Таким образом, в результате построения структурных линий дороги и модели рельефа

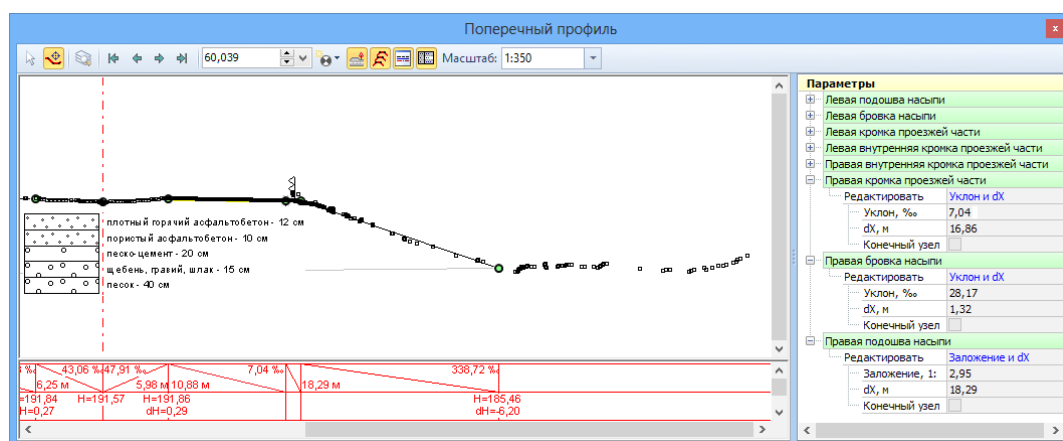


Рис. 4. Структурные линии автомобильной дороги и точки лазерного сканирования на поперечном профиле дороги в геоинформационной системе Indoroad 9

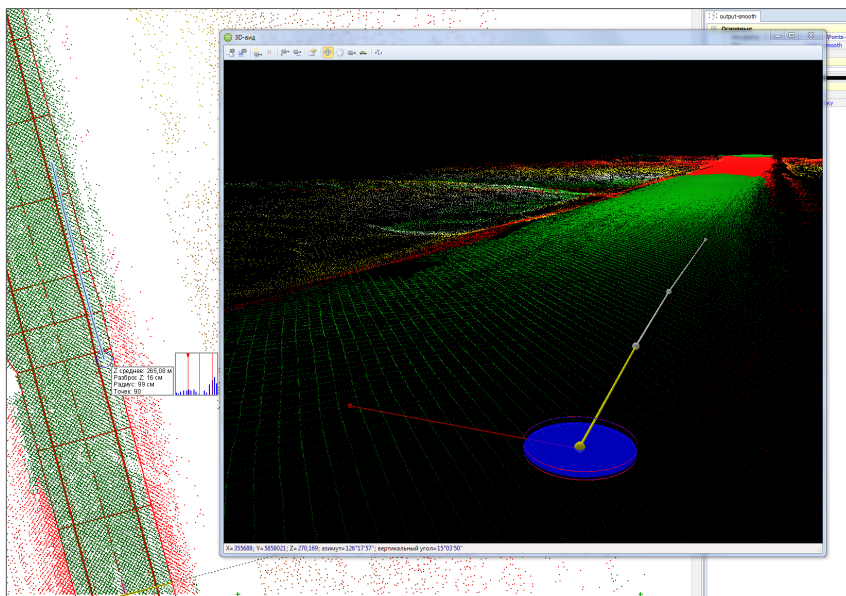


Рис. 5. Создание структурных линий на основе статистики по облаку точек в САПР автомобильных дорог IndorCAD 9

придорожной полосы на выходе получают готовые модели для САПР и ГИС автомобильных дорог.

### Оцифровка объектов

Моделирование объектов инженерного обустройства также является важной задачей при создании моделей автомобильных дорог. Распространённые технологии, реализованные в таких программных продуктах, как MicroStation, являются достаточно трудоёмкими, так как не ориентированы на специфические объекты (стойки дорожных знаков, ограждения и т.п.). В то же время име-

ются достаточно эффективные специализированные программные продукты, выполняющие данную задачу (хоть и не автоматически, но с высокой скоростью получения моделей элементов инженерного обустройства автомобильных дорог).

При оцифровке объектов инженерного обустройства оператор работает в 3D-виде. Облако точек либо раскрашивается в естественные цвета, и оператор произвольно «перемещается» в пространстве (рис. 6), либо используются панорамные снимки, на которые «накладывается» облако точек (рис. 7). Преимущество первого подхода со-

стоит в том, что имеется возможность приблизиться к объекту и посмотреть на него с требуемого ракурса; преимуществом второго подхода является то, что изображение не загромождено избыточным числом точек и распознавание для сложных, насыщенных участков производится быстрее.

### Заключение

В данной статье мы остановились на самых общих процессах, позволяющих из облаков точек лазерного сканирования получать полноценные модели автомобильных дорог, пригодных для непосредственного применения в САПР и ГИС для решения практических задач проектирования и управления автомобильными дорогами. Рассматриваемый порядок обработки данных является «связующим мостиком» между получением данных и получением результата — именно наличие этого «связующего мостика» позволит эффективно применять лазерное сканирование в дорожной отрасли. ■

#### Литература:

1. Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 36–41.
2. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 47–54.

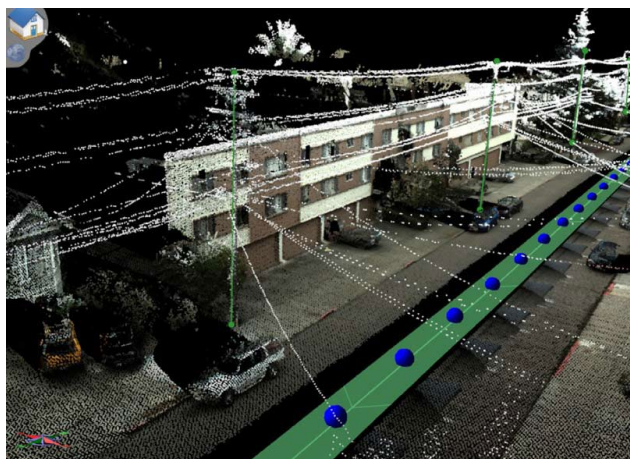


Рис. 6. Оцифровка трёхмерных объектов по раскрашенному облаку точек в Topcon Spatial Factory



Рис. 7. Оцифровка трёхмерных объектов в панорамном режиме в Topcon Spatial Factory