

ОБРАБОТКА ДАННЫХ СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГИС

Л.В. Тенюго¹, И.С. Кукареко², Е.А. Василёнок^{1,3}

¹инженер-геодезист и ²инженер-геолог компании «Кредо-Диалог», Минск

*³аспирант кафедры региональной геологии географического факультета
Белорусского государственного университета, Минск, tanul1994@mail.ru*

И.Е. Рак

*доцент кафедры геодезии и аэрокосмических геотехнологий
факультета транспортных коммуникаций Белорусского национального
технологического университета, Минск*

В данной статье описан процесс обработки и последующее применение облаков точек для создания цифровой модели местности (ЦММ), полученных в результате сканирования либо фотограмметрическими методами обработки изображений. С целью решения изыскательских, проектных, кадастровых и маркшейдерских задач.

Ключевые слова: лазерное сканирование; фотограмметрия; облако точек; цифровая модель местности.

Лазерные сканеры успешно применяются в самых разных сферах: инженерных изысканиях, машиностроении, промышленной модернизации, архитектурной реставрации, дорожном строительстве. Ключевым преимуществом лазерного сканирования является максимальная детализация объекта, позволяющая принимать многие решения на основании только данных съёмки и, таким образом, экономить ресурсы, вплоть до удалённой работы вместо выезда специалистов на объект [1].

В зависимости от масштабов съёмки выбор и применение лазерных технологий принципиально различаются. Это относится также к сценариям обработки данных, выбору необходимого набора инструментов в используемом программном обеспечении.

Съёмка местности может осуществляться различными способами лазерного сканирования: наземным, мобильным (рис. 1) и воздушным, что также влияет на характер, масштаб и объём данных и, соответственно, инструменты обработки.



Рис. 1 – Наземное лазерное сканирование [2]

Основные области применения наземного сканирования – внутренняя и наружная съемка, моделирование архитектурных сооружений, промышленных объектов (строительные площадки, цеха, горные выработки и т.д.).

Воздушное сканирование применяется для съемки как площадных, так и протяженных инфраструктурных объектов, таких как дороги, трубопроводы, линии электропередач и т.д. Результаты же съемки либо фотограмметрической обработки данных применяются в проектировании, инвентаризации объектов, картографии и многих других областях.

Основное применение мобильного сканирования – съемка автомобильных и железных дорог, мостов, путепроводов, городских улиц, береговой линии. Данный вид сканирования с успехом применяется везде, где есть возможность проезда транспортного средства, на котором установлена система.

Воздушное сканирование либо аэрофотосъемка превосходит мобильное сканирование по скорости сбора данных, но значительно уступает в точности и детальности (плотности облака точек).

По сравнению с традиционными методами съемки лазерное сканирование обладает следующими преимуществами:

- значительная экономия средств;
- наиболее детализированные результаты;
- высокая точность и детальность получаемых данных: относительная точность – 8 мм, абсолютная – первые сантиметры;
- повышенная безопасность при геодезических работах труднодоступных и опасных объектов (высоковольтные электростанции, железнодорожные пути, химические производства, болота);
- очень высокая производительность сбора данных;
- высокая мобильность (система может быть установлена на любое транспортное средство).

В области обследования линий электропередач лазерная съемка сегодня является практически мировым стандартом [3].

Результатом лазерного сканирования либо фотограмметрической обработки данных является облако точек, которое представляет набор вершин в трёхмерной системе координат (X, Y, Z) для представления внешней поверхности объекта (рис. 2).

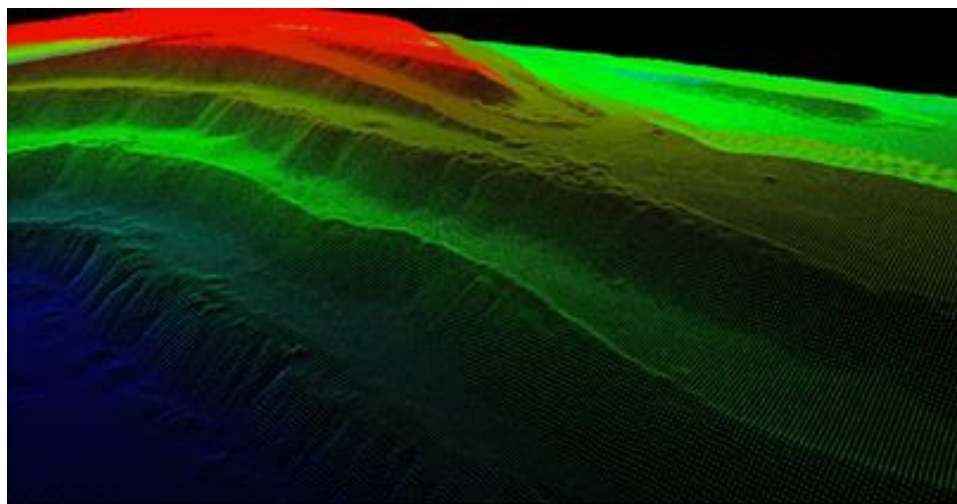


Рис. 2 – Результат лазерного сканирования карьера (облако точек)

Методика. Рассмотрим применение облаков точек для создания цифровой модели местности (ЦММ), полученных в результате сканирования либо фотограмметрическими методами обработки изображений.

При создании цифровой модели местности (ЦММ) по данным лазерного сканирования либо полученных фотограмметрическими методами обработки изображений возникает вопрос о точности результата съемки, на которую влияет множество факторов. К примеру, при использовании спутниковых систем для определения местоположения сканера либо фотокамеры, в среднем можно получать точность позиционирования порядка 2–3 см (в плане), 3–5 см (по высоте) и ориентации порядка 20–50" (угловых секунд) [1]. Очевидно, что материалы, точность которых превышает 50 см, не применимы в ряде задач. Существуют, конечно, методики дополнительного «уравнивания» таких данных, и только их применение (и контроль) могут дать на выходе точности порядка 5–10 мм.

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

Производители лазерных сканеров (Rieg1, Leica, FARO) выпускают не только оборудование, но и программное обеспечение для передачи, просмотра и первичной обработки: регистрации, уравнивания, фильтрации и

построения поверхностей. Полученные облака и поверхности затем могут быть экспортированы в общепринятые форматы обмена данными (LAS, XYZ и пр.) и переданы для последующей обработки в специализированное программное обеспечение (КРЕДО 3D СКАН, ЦИКЛОН и т.д.).

Обработка облаков точек и формирование объектов в цифровом виде, соответствующих требованиям потребителя в различных отраслях деятельности, является наиболее трудоемким процессом.

Первая задача при построении ЦММ – это создание модели рельефа (ЦМР). Для этого программное обеспечение должно обладать набором инструментов, таких как: классификация рельефа, создание матрицы высот, прореживание с заданной точностью по уклону и построение триангуляции по точкам.

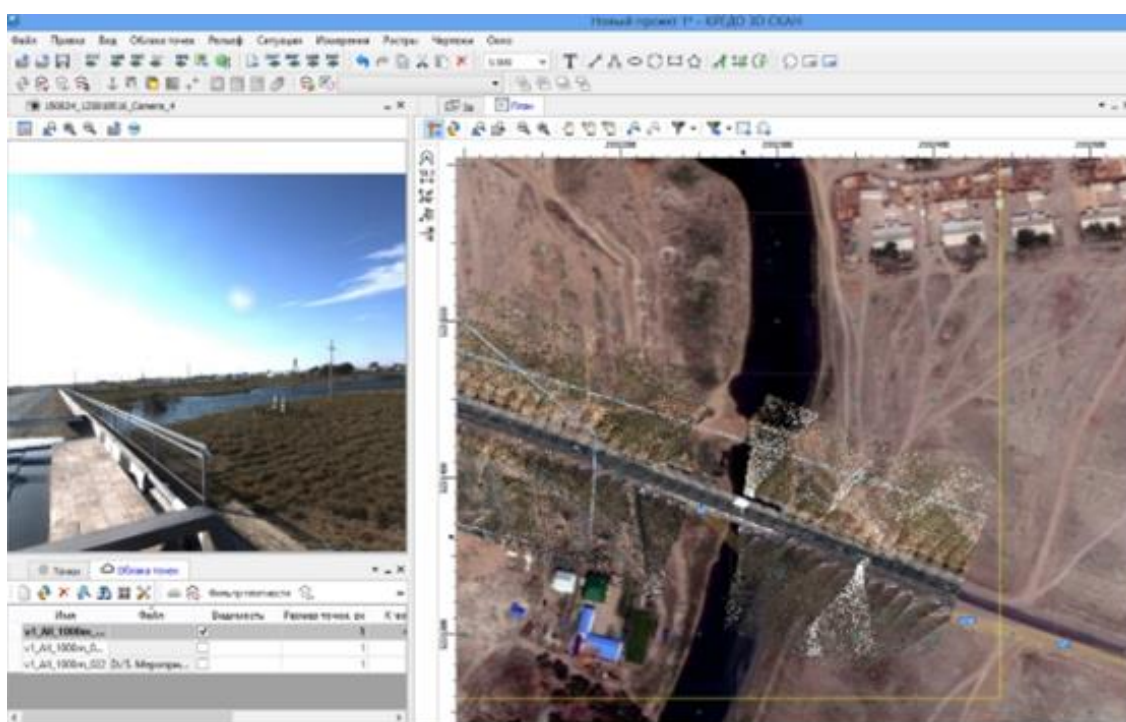


Рис. 3 – Импорт облака точек и привязанных фотоизображений в КРЕДО 3D СКАН

Облака с количеством точек в сотни миллионов или даже миллиарды совершенно избыточно, когда речь идёт о построении ЦМР. Для того чтобы получить такую модель, из всего множества исходных точек необходимо выделить только те, что относятся к рельефу (рисунок 4). Для этого требуется дополнительная очистка шумов, отражений, движущихся объектов. Программное обеспечение КРЕДО 3D СКАН оптимально подходит для выполнения этих операций.

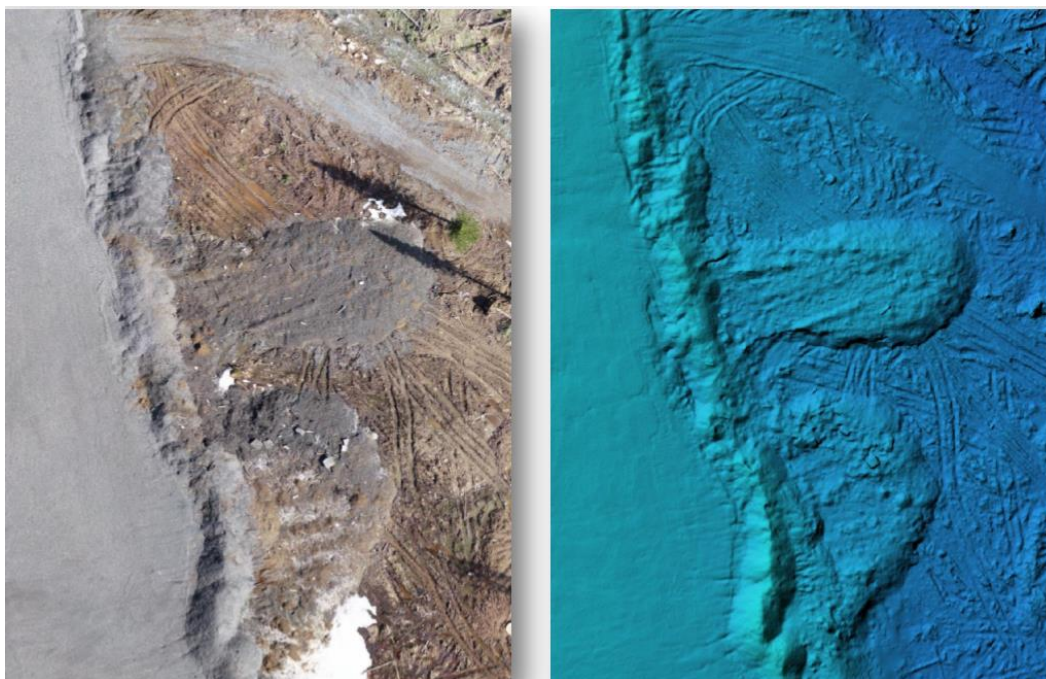


Рис. 4 – Результат обработки облака точек в КРЕДО 3D СКАН

Рассмотрим кратко технологию работы с облаком точек на примере системы КРЕДО 3D СКАН. Создание ЦМР происходит в несколько этапов. Вначале из исходного облака точек выделяют рельеф методами дилатации и эрозии [4]. Результирующее облако точек может быть прорежено с целью уменьшения данных на ровных участках местности и исключения микроформ рельефа, которые не требуется отображать в масштабе создаваемого плана. Построение ЦМР осуществляется по обработанному облаку. Важным моментом является то, что инженер может использовать как в ручной, так и в автоматический режимы обработки. Степень автоматизации в программе позволяет эффективно решать задачи, а также значительно уменьшать временные затраты на выполнение проекта.

Для создания цифровой модели ситуации в программе КРЕДО 3D СКАН реализованы методы ручного нанесения условных знаков непосредственно по облаку, а также полуавтоматические методы, позволяющие в интерактивном режиме распознать основные точечные и линейные объекты: столбы, провода линий электропередач, наземные трубопроводы, ограждения и бортовые камни, стены зданий и другие объекты.

Точечные и линейные объекты ситуации распознаются вручную или автоматически. При ручном создании используется привязка к облаку, отмеченному как рельеф: для каждой точки построения вычисляется средняя Z-отметка по точкам облака, взятым в окрестности курсора. Для каждого объекта указывается код классификатора, определяющий семантику топографического объекта (ТО).

Линейные объекты с выраженной геометрией, такие как ЛЭП, распознаются автоматически после указания стартового участка и параметров наращивания линии. Похожий алгоритм применяется для распознавания вертикальных столбов, например, сигнального столбика, опоры освещения или дорожного знака: сначала создаётся осевая линия, а затем в точке пересечения её с рельефом создаётся точечный объект. Дорожная разметка распознаётся с использованием данных об интенсивности сигнала.

Помимо создания одиночных линий, можно распознавать профиль целиком. Для этого сначала в поперечном сечении объекта нужно обозначить линию профиля, а затем в 3D-виде указать стартовый участок для поиска профиля вдоль объекта. На выходе программа создаёт основные продольные линии, образующие профиль, например, линии бордюра или ограждения.

Программа предлагает и ряд других решений, выходящих за рамки модели облака точек, например, создание растрового плана по слою, вырезанному из облака точек на определённой высоте, с последующей векторизацией контуров зданий и других вертикальных конструкций, или обнаружение и классификация дорожных знаков по фотоизображениям.

В результате обработки облака формируется топографический план, состоящий из точек рельефа, цифровой триангуляционной модели рельефа, отображаемой горизонталями с подписями и бергштрихами, а также объектов местности, представленных точечными, линейными и площадными условными знаками в соответствии с классификатором КРЕДО.

В КРЕДО реализована технология с набором функций не требующих специальных математических либо технических (обработка измерений) знаний.

Кроме возможности работы с облаком при создании топографического плана (рис. 3–5), в программе существует ряд функциональных возможностей, которые позволяют решить проектные и маркшейдерские задачи.

Система позволяет распознавать и классифицировать по ГОСТ Р 52290-2004 дорожные знаки. Поиск производится по фотоизображениям, полученным в ходе сканирования с использованием каскадного детектора. Найденные области проходят классификацию нейронной сетью.

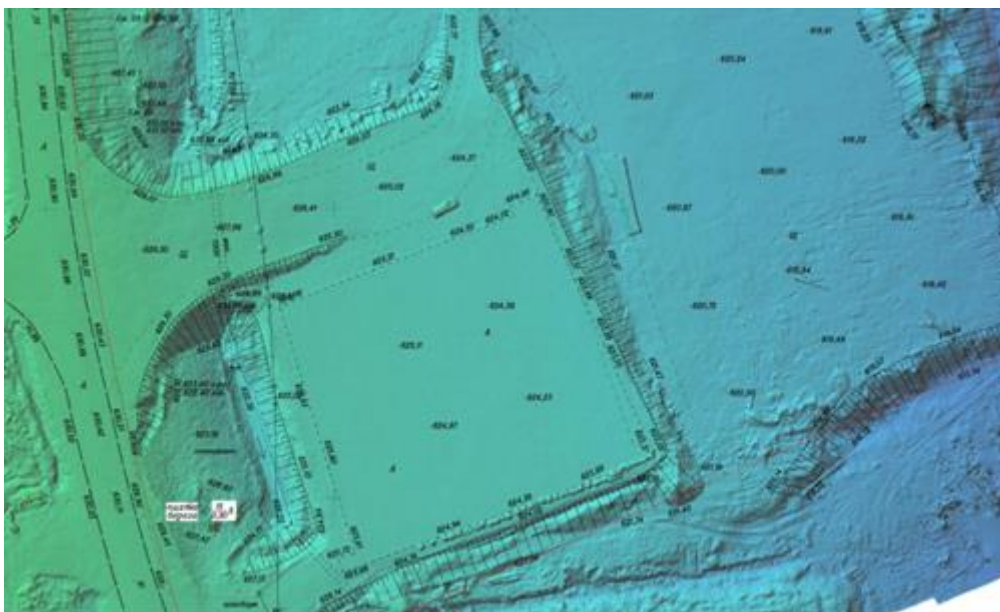


Рис. 5 – Участок топографического плана в КРЕДО Топограф

Также возможно решение задач по оценке дороги по материалам лазерного сканирования: расчет индекса ровности IRI с формированием ведомости и графика, а также анализ дефектов (колеи, ямы) с последующей визуализацией.

Для автоматизации формирования маркшейдерских планов по данным лазерного сканирования и фотограмметрическим облакам точек в КРЕДО 3D СКАН реализована функциональность полуавтоматического извлечения бровок уступов. А также методика автоматизированного поиска линий излома рельефа с созданием векторных структурных линий (рис. 6).

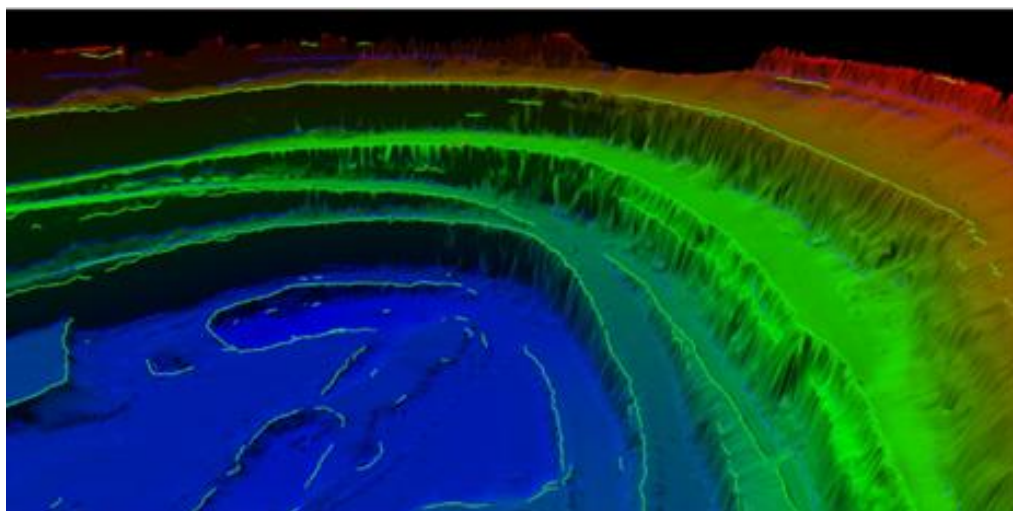


Рис. 6 – Выделение верхних и нижних бровок карьера

Программный продукт КРЕДО 3D СКАН, входящий в состав технологической линейки геодезического направления комплекса КРЕДО, позволяет полностью автоматизировать процесс обработки облаков точек, полученных по результатам лазерного сканирования либо фотограмметрической обработки данных. Общая концепция программ КРЕДО состоит в возможности единого обеспечения и непрерывной обработки всех технологических процессов изысканий, основных работ, различных вариантов проектирования, кадастровых, инженерных и маркшейдерских задач от одной базы данных, а также возможности использования каждого типа программ в отдельности.

Обработка в единой информационной среде данных изысканий из различных источников, включая лазерное сканирование, топографическую съемку, а также использование растровых материалов, обеспечивает максимальную производительность и качество конечной ЦММ в рамках комплексной технологии.

Библиографические ссылки

1. Комиссаров Д.В., Иванов А.В. Обзор программных продуктов для обработки данных наземного лазерного сканирования // ГЕО-Сибирь-2005. Т. 1. Геодезия, картография, маркшейдерия: сб. материалов науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», 25–29 апр. 2005 г., Новосибирск. Новосибирск: СГГА, 2005.

2. AGM systems [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.agmsys.ru>. Дата доступа: 27.09.2018.

3. Laser-portal [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://laser-portal.ru>. Дата доступа: 02.10.2018.

4. Кукареко И.С., Грохольский Д.В. CREDO 3D СКАН – новое решение для обработки данных лазерного сканирования // Геопрофи. 2016. №1. С. 41–43.