

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛАКОВ ТОЧЕК И СОЗДАНИЕ ЦММ В НОВОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ КРЕДО 3D СКАН

Д.В. Грохольский («Кредо-Диалог», Республика Беларусь)

В 2007 г. окончил Военный институт (топографический) военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) по специальности «астрономогеодезия». Служил в ВС Республики Беларусь. С 2012 г. работает в компании «Кредо-Диалог», в настоящее время — инженер-аналитик геодезического направления.

П.В. Кухто («Кредо-Диалог», Республика Беларусь)

В 2003 г. окончил факультет радиофизики и электроники Белорусского государственного университета по специальности «радиофизик». После окончания университета работал в УП «Технопарк БНТУ «Метолит», с 2003 г. — в Белорусском национальном техническом университете, с 2006 г. — в УП «Полимаг». С 2008 г. работает в компании «Кредо-Диалог», в настоящее время — инженер-программист.

В 2015 г. компания «Кредо-Диалог» представила первую версию программы для обработки облаков точек — КРЕДО 3D СКАН. С тех пор ее развитие не останавливалось, и в июне 2019 г. была выпущена очередная версия программы 1.2. В этой версии разработчиками был сделан акцент на общее повышение эффективности работы и развитие инструментов классификации облаков точек.

Следует отметить, что программа позволяет работать с любыми облаками точек, полученными как в результате лазерного сканирования, так и фотограмметрическими методами. Фотопанорамы, получаемые с помощью мобильных сканирующих комплексов, существенно дополняют облака точек и позволяют более эффективно решать задачи. Ортофотопланы, создаваемые в ходе фотограмметрических работ, также могут быть использованы в работе. В программе КРЕДО 3D СКАН имеется обширный инструментарий обработки и векторизации изображений.

В рамках данной статьи хотелось бы подробнее остановиться

на вопросах классификации облаков точек в программе КРЕДО 3D СКАН. Классификация — важный этап предварительной подготовки облака точек, позволяющий ускорить и частично автоматизировать последующие действия по созданию цифровой модели местности (ЦММ). В процессе классификации выполняется отнесе-

ние точек облака к тому или иному слою. Классификационные слои — это по сути группы точек облака, объединенные по логическим признакам (рис. 1). Логика выбора и назначения классификационных слоев может быть различной в зависимости от облака точек и решаемых задач. В программе КРЕДО 3D СКАН заложены базовые класси-

Параметры программы - КРЕДО 3D СКАН

Общие настройки	Номер	Имя LAS1.4	Имя	Цвет
План	0	Created	Не задан	красный
Цвета	1	Unclassified	Не определен	#EBCE2B
Дополнительные точки	2	Ground	Рельеф	#AA6C15
Подписи	3	Low Vegetation	Трава	зеленый
3D окно	4	Medium Vegetation	Кустарники	темно-зеленый
Цвета	5	High Vegetation	Деревья	#003800
Вид объектов	6	Building	Здания	голубой
Быстродействие	7	Low Point (noise)	Шум (ниже рельефа)	#7F7E80
Быстродействие	8	Water	Вода	#D48582
Настройки распознавания	9	Rail	Рельсы	#427786
Распознавание дорожных знаков	10	Road Surface	Поверхность дороги	#DF8461
Представление таблиц	11	Wire - Guard (Shield)	Изоляторы	#E1A11A
Точки	12	Wire - Conductor (Phase)	Провода	#91218C
Облака точек	13	Transmission Tower	Опоры ЛЭП	темно-синий
Слои точек облаков	14	Bridge Deck	Мост	#92AE31
Прокси	15	High Noise	Шум (выше рельефа)	#6F340D
	16	Reserved19	Столбы	#5FA641
	17	Reserved20	Опорные точки модели	желтый

Рис. 1
Классификационные слои

фикационные слои в соответствии с обменным форматом LAS Американского общества фотограмметрии и дистанционного зондирования (ASPRS) для данных лазерной съемки. Этот формат кроме 20 базовых слоев предоставляет возможность создавать дополнительные пользовательские слои. Использование формата LAS гарантирует сохранение логики классификации слоев облака точек в различных системах обработки облаков точек, придерживающихся этого формата.

В процессе классификации облака точек выполняется разделение точек облака на слои в соответствии с принадлежностью к тому или иному типу объекта местности: рельеф, растительность (низкая, средняя, высокая), полотно покрытия автомобильной дороги, линии электропередачи (ЛЭП), ограждения, здания. Такое разделение точек позволяет повысить общую эффективность работы с облаком: можно выбрать отображение облака с раскраской по слоям (рис. 2), управлять видимостью отдельных слоев, использовать точки определенных слоев в алгоритмах распознавания объектов.

Важным преимуществом использования классификации является и существенное повышение скорости работы с облаками точек, а также экономия

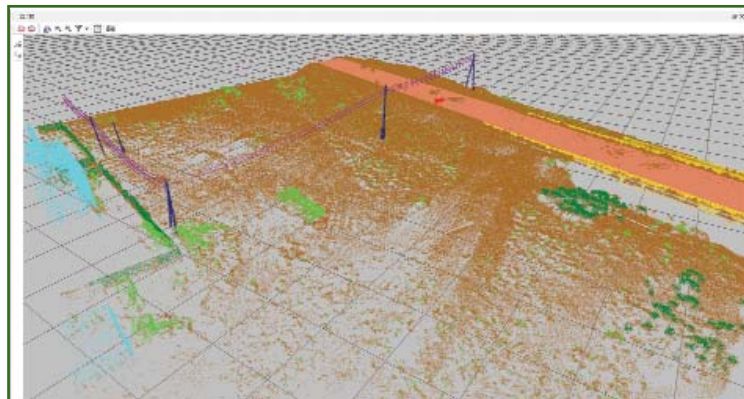


Рис. 2
Раскраска точек облака по слоям

места на диске компьютера: можно решать различные задачи с точками облака, например, выделяя только рельеф (при решении задач моделирования рельефа), только ЛЭП или здания (при работе по отрисовке ситуации), имея при этом только одно исходное облако точек с выполненной классификацией.

При создании ЦММ по облакам точек первой задачей является выделение (классификация) рельефа — точек облака, относящихся к земной поверхности. Точки шума ниже рельефа (нижний шум) могут привести к некорректной классификации рельефа, поэтому желательно предварительно их удалить или классифицировать как шум и исключить из дальнейшей обработки. Стоит отметить, что в новой версии программы удаление и изменение слоя отдельных точек и групп точек — очень быстрая и удобная операция, позволяющая в ручном режиме уточнять и корректировать результаты автоматических алгоритмов классификации точек облака. Для удаления или классификации точек шума в программе предусмотрены команды, выполняющие поиск как шумов ниже рельефа, так и изолированных точек независимо от их расположения в облаке. Таким образом, используя автоматические алгоритмы и различные инструменты, удаляются точки шума. Следующим этапом клас-

сификации точек облака является выделение точек рельефа. КРЕДО 3D СКАН позволяет классифицировать рельеф в различных условиях на различных типах облаков точек, в том числе и полученных фотограмметрическими методами, корректно выполнять классификацию рельефа на карьерах с крутыми склонами. В программе реализованы три алгоритма выделения рельефа: по геометрическим пропорциям объектов, по углу возвышения соседних точек и адаптивный триангуляционный фильтр. Каждый из них имеет преимущества при использовании для различных типов облаков точек и местности. Также классификация рельефа включает встроенный морфологический фильтр нижних шумов. Инструмент классификации позволяет выполнять выделение рельефа в один или в несколько проходов комбинацией различных алгоритмов и параметров. В новой версии КРЕДО 3D СКАН реализован обобщенный подход к операциям над облаками точек (рис. 3). Он позволяет максимально гибко использовать все имеющиеся возможности обработки облаков точек.

Для всех команд, выполняющих классификацию или модификацию точек облака, а также использующих облако точек в качестве источника информации, предусмотрен универсаль-

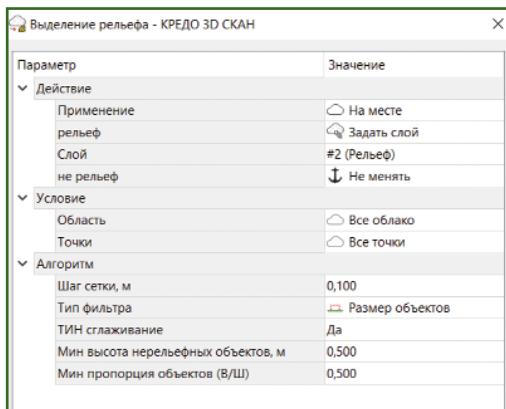


Рис. 3
Обобщенный подход настроек действий с облаками точек

ный подход к настройке. Параметры для удобства разделены на три логические группы: действие, условие, алгоритм. В первой группе в результате работы алгоритма настраиваются действия с различными точками облака: отдельно для точек, соответствующих критерию (в данном случае — точки рельефа), и не соответствующих. Можно модифицировать как текущее облако точек, так и создать его копию и выполнять модификацию в ней. Точки могут быть выделены, удалены, отнесены к определенному слою или раскрашены в какой-либо цвет. Все перечисленные операции реализованы как установление обобщенных метаданных точек облака, что и позволило достичь описанной унификации (фактически, все данные о точках, кроме координат, можно считать метаданными). Вторая группа позволяет задавать ограничения для алгоритма: использовать точки в заданном контуре, точки определенных слоев или только выделенные точки (условие для метаданных). Третья группа — параметры конкретного алгоритма, запускаемого командой. Таким образом программа позволяет максимально гибко настраивать алгоритмы для достижения результата.

Выделение — еще один инструмент, помогающий в работе с облаками точек. Его удобно использовать для временной группировки точек, не нарушая текущей классификации. Можно выделить точки, относящиеся к разным классификационным слоям. Выделение может использоваться как условие алгоритмов обработки облаков точек и распознавания объектов, для визуализации. Для простоты восприятия использован бинарный принцип выделения, но оставлена возможность его расширения (флаг выделения также относится к обобщенным метаданным точек облака, как и флаг удаления).

Возвращаясь к вопросу классификации рельефа, следует отметить, что в большинстве случаев алгоритмы автоматической классификации рельефа обеспечивают хороший результат. Для сложных случаев, например, облаков точек, полученных фотограмметрическими методами, с растительностью, формирующей «холмы» из точек с пологими склонами, без точек рельефа под растительностью реализована возможность классификации рельефа с заданием опорной поверхности с помощью 3D-контур по периметру нерельефного участка. Окончательное уточнение классификации (при необходимости) может быть выполнено в ручном режиме. Следует отметить, что в качестве рельефа алгоритмы классификации рельефа могут использовать точки, полученные с помощью инструментальной съемки и предварительно импортированные в программу. Это позволяет существенно повысить качество классификации рельефа на участках с густой растительностью.

В КРЕДО 3D СКАН можно в автоматическом режиме выполнить классификацию воздушных ЛЭП и создать точечные и линейные объекты по результатам распознавания. Распознавание ЛЭП работает как при обработке облаков точек с ЛЭП на открытой местности, так и в сложных городских условиях.

В новой версии особое внимание уделено удобству и эффективности работы с программой. По отзывам пользователей, наибольшую сложность вызывал выбор параметров алгоритмов классификации и распознавания объектов. Для этого в некоторых командах была реализована концепция предпросмотра результатов в режиме реального времени для текущего значения параметров.

Одним из инструментов, в полной мере реализующим эту концепцию, является пороговый фильтр. Он позволяет фильтровать точки облака по различным параметрам: значению координат и метаданным (интенсивности, углу сканирования, времени регистрации, высоте над поверхностью рельефа, градиенту уклона, кривизне). При изменении порогового значения в режиме реального времени обновляется облако точек, и точки, не проходящие в пороговые значения, скрываются. Как и при использовании других алгоритмов, в случае использования порогового фильтра открывается стандартное окно параметров, позволяющее настроить действия с точками, проходящими и не проходящими по критериям фильтра. Предварительно выполнив расчет нормалей, можно выделить точки вертикальных поверхностей и объектов с использованием поро-

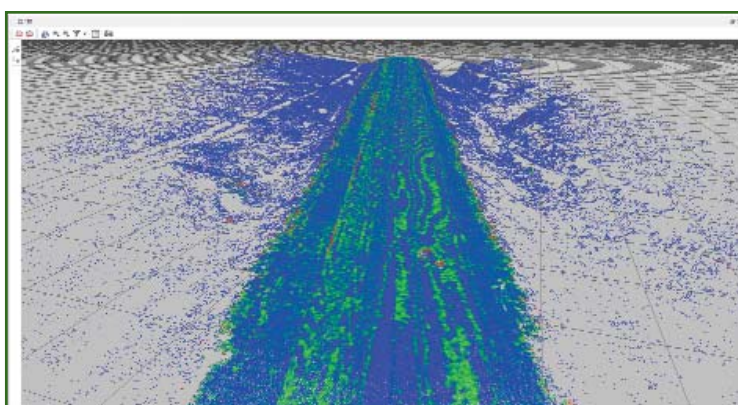


Рис. 4
Анализ поверхности дорожного полотна по кривизне

вого фильтра по градиенту уклона. Предварительный просмотр позволяет подобрать пороговые значения для получения качественного результата. Точки вертикальных объектов можно классифицировать в отдельный временный слой или выделить. Далее, используя инструменты изменения точек в контуре, точки разносятся по соответствующим слоям (бордюры, ограждения, стены зданий и другие слои).

Пороговый фильтр также позволяет решать отдельные прикладные задачи. Например, после расчета нормалей при раскраске по кривизне четко проявляются дефекты дорожного полотна, хорошо видны кромки (рис. 4). С помощью порогового фильтра по кривизне можно классифицировать точки дефектов, кромок и другие аномалии на дорожном полотне.

Моделирование рельефа и ситуации по предварительно классифицированному облаку точек выполняется с помощью различных автоматизированных инструментов, позволяющих быстро получить конечный результат — цифровую модель местности.

Для моделирования рельефа исходными данными являются точки облака, предварительно классифицированные как рельеф. По этим точкам выполняется адаптивное прореживание, которое позволяет классифицировать как каркас ключевые точки облака, определяющие рельеф местности. На ровных участках поверхности останется минимальное количество точек облака, определяемое пользователем, при этом на переломах и микроформах рельефа будет сохранено необходимое для передачи формы этих объектов количество точек. Классифицированные таким образом ключевые точки рельефа в облаке формируют модельные точки, по которым в дальнейшем строится поверхность.

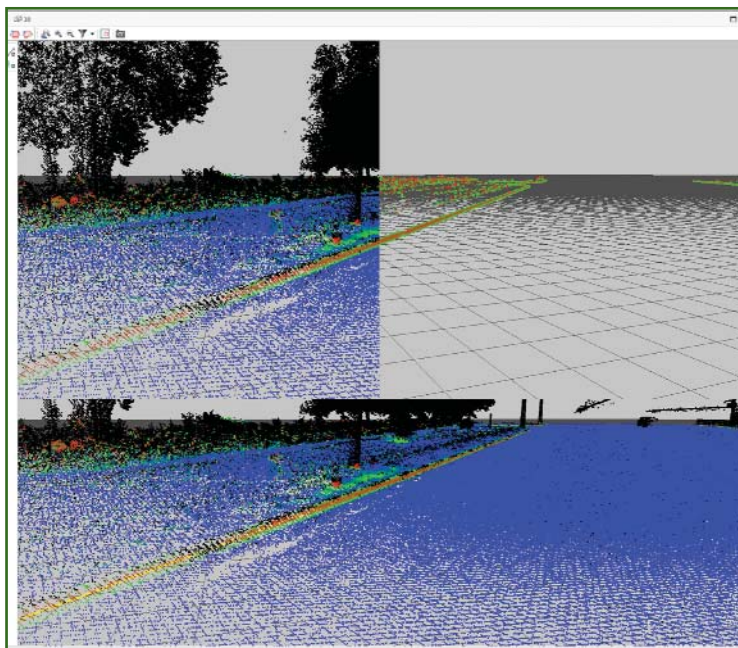


Рис. 5
Этапы распознавания бордюров

Предварительная классификация вертикальных объектов служит основой автоматизированного создания точечных и линейных тематических объектов ситуации по облаку точек. В программе КРЕДО 3D СКАН реализовано несколько функций, позволяющих автоматически векторизовать отдельные элементы по облаку точек: распознавание 3D-линий, распознавание линий по проекции точек на плоскость, распознавание объектов со сложным сечением, формирование раstra по облаку точек с последующей векторизацией полученного изображения (рис. 5).

Программа КРЕДО 3D СКАН постоянно развивается. Пользователи, направляя свои предложения, принимают активное участие в создании ее востребованного функционала. Планируется как дальнейшее развитие общих инструментов работы в программе, так и новых автоматизированных методов, которые позволят повысить эффективность работы с облаками точек и качество формируемой цифровой модели местности. Одним из приоритетных направ-

лений совершенствования программы является доработка существующих и формирование новых инструментов создания и редактирования объектов в 3D-окне. Дальнейшее развитие получит механизм работы с метаданными точек облака. При необходимости, в качестве метаданных могут использоваться произвольные пользовательские величины, а функциональность программы позволит решать нестандартные задачи обработки облаков точек.

В перспективе все задачи по работе с ситуацией будут решаться с помощью универсальных инструментов, работающих в плане и в трехмерном пространстве. Дальнейшее развитие получит функционал работы с воздушными ЛЭП, методы распознавания элементов дороги и средств организации дорожного движения. И, что самое главное, при развитии программы по-прежнему будут учитываться отзывы и пожелания как существующих пользователей, так и тех, кто только начинает работать с облаками точек и ищет удобное решение для своих задач.