

## **«Облачная» трехмерная модель местности по данным мобильного лазерного сканирования как альтернатива традиционному векторному моделированию.**

Обычно под трехмерной моделью, пригодной для интерактивной навигации, понимается совокупность текстурированных векторных элементов, описывающих реальные объекты с той или иной точностью, степенью детализации и условностью. Как правило, готовая модель загружается в какую-либо графическую среду, обеспечивающую отображение данных в реальном времени. Такой способ «виртуализации» реальности является традиционным и в настоящее время используется чаще всего. Его основной недостаток – трудоемкость создания векторной модели. Чем более комплексной является моделируемая среда и более детальную и точную модель мы хотим получить, тем больше ручного труда потребуется затратить, чтобы достичь цели.

Для формирования трехмерной модели могут использоваться данные из различных источников, в том числе результаты мобильной лазерной съемки, дающей детальное пространственное описание местности. При традиционном подходе трудозатраты на создание и текстурирование элементов будущей векторной модели несоизмеримо выше, чем затраты на собственно сканирование и первичную обработку исходных материалов. Для оптимизации технологии и, как следствие, сокращения пути от постановки задачи к результату, соответствующему ожиданиям заказчика, нужно искать новые подходы к моделированию и представлению пространственных данных.

Как правило, мобильные сканеры, помимо лазерных головок, оборудованы комплектом калиброванных фотокамер. Используя калибровочные данные, фотоснимки и информацию об элементах внешнего ориентирования, можно определить цвет каждого лазерного отражения, т.е. автоматически «текстурировать» облако точек. Теоретически полученный результат может быть использован в качестве очень точной «облачной» пространственной модели. В практической реализации такого подхода мы неизбежно сталкиваемся с рядом объективных проблем:

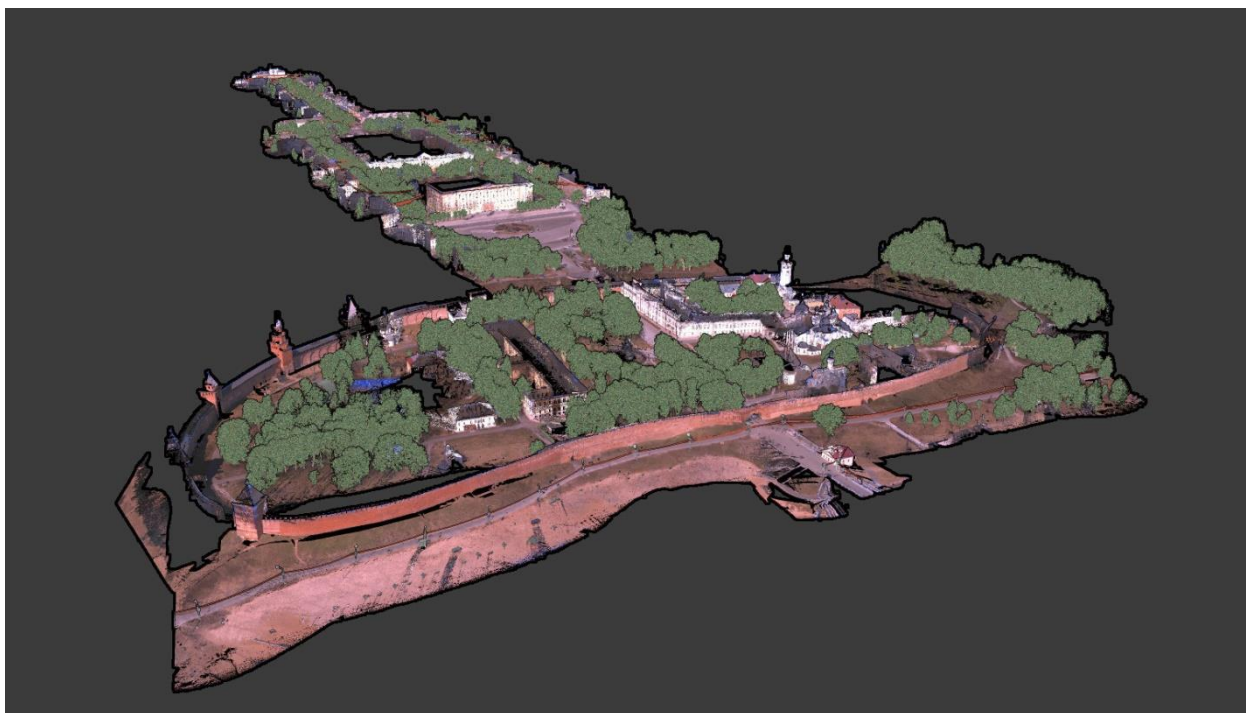
- Объем данных. Современные мобильные лазерные сканеры способны обеспечить фиксацию сотен тысяч лазерных отражений в секунду. Вблизи траектории движения мобильной системы плотность точек может достигать нескольких тысяч отражений на квадратный метр поверхности. С одной стороны, это обеспечивает лучшее визуальное восприятие модели, с другой – ограничивает возможности комфортной интерактивной визуализации данных.
- «Шум». В реальной ситуации съемку приходится проводить в условиях, далеких от идеальных. В поле зрения сканера и фотосистемы попадают машины, люди и другие непостоянные объекты. Если наличие неподвижных непостоянных объектов можно считать приемлемым, то объекты, которые находились в движении в процессе съемки – искажены и должны быть исключены из модели.
- Текстурирование (определение цвета лазерных отражений). При RGB-атрибутизации мобильных лазерных данных в большинстве случаев возникают различные артефакты, вызванные погрешностями калибровки камер и позиционирования снимков, попаданием в кадр частей движущихся объектов, плохим радиометрическим качеством снимков и т.д.
- Дискретность. Лазерные отражения, составляющие «облачную» модель, по природе своей являются дискретными. Без использования специальных методов

представления данных визуальное качество и наглядность «облачной» трехмерной модели будет сильно уступать традиционному текстурированному вектору.

В рамках пилотного проекта мы постарались решить указанные проблемы и за короткое время создать из данных мобильной лазерной съемки «облачную» 3D-модель для интерактивной визуализации.

Лазерная съемка территории Кремля и прилегающих улиц Великого Новгорода была произведена компанией «Йена инструмент» с помощью мобильной сканирующей системы LYNX M1, оборудованной двумя сканерами и двумя 5-мегапиксельными фотокамерами.

Общее количество лазерных отражений, из которых была сформирована трехмерная модель выбранного участка местности, составило 855 миллионов. Вся работа проводилась в программных продуктах компании Terrasolid, функционирующих на платформе CAD-систем Bentley Systems.



На первом этапе было произведено уравнивание облаков точек, полученных с разных проездов и докалибровка углового положения фотокамер системы. Дальнейшая обработка сводилась к классификации лазерных отражений и «дизайну» результатов их автоматического текстурирования. С помощью алгоритмов Terrasolid были автоматически удалены лазерные отражения от движущихся объектов, а также «воздушные» и «подземные» сбойные точки. Автоматически определялись группы точек, образующих поверхность земли и стены зданий. Опоры и ограждения классифицировались вручную с использованием вертикальных профилей, а провода и элементы растительности были выделены в полуавтоматическом режиме.

Финальное текстурирование модели выполнялось по специальным правилам, определенным для каждого типа объектов. Например, отражениям от проводов присваивался выбранный постоянный цвет, для текстурирования столбов, ограждений и некоторых других объектов использовалась информация об интенсивности сигнала и т.д. Кроме того, корректировались артефакты, возникшие из-за присутствия на снимках элементов движущегося транспорта, путем редактирования линий порезов (в большинстве случаев избыточность фотоданных позволяет подобрать фрагменты изображений для

замены «дефектных» участков), и проводилось цветовое выравнивание результатов текстурирования на стенах зданий и земной поверхности.

Чтобы использовать полученное текстурированное облако точек в качестве полноценной трехмерной модели, требуется высокопроизводительное программное обеспечение, способное осуществлять рендеринг большого объема данных в реальном времени. В качестве такого «движка» был выбран программный продукт компании Terrasolid – TerraStereo. Основная функция этого ПО – визуализация массивов лазерных отражений, как в моно-, так и в стерео-режиме. Использование блочной структуры проекта и индексация пространства с помощью октодера обеспечивает комфортную интерактивную навигацию по облакам лазерных данных очень больших размеров. По информации производителя максимальный подтвержденный тестированием размер проекта, который может быть загружен в TerraStereo – 50 миллиардов точек. Для улучшения визуального восприятия данных предусмотрены различные режимы отображения, позволяющие минимизировать для пользователя эффект дискретизации. После предварительной подготовки, описанной выше, результаты новгородской съемки были успешно импортированы в программную среду TerraStereo, и трехмерная «облачная» модель, состоящая более чем из 800 миллионов точек, стала доступна для реализации виртуального тура. Пользователь может в реальном времени свободно перемещаться по массиву данных, выбирая любую точку и ракурс обзора – подобно трехмерной компьютерной игре.

Некоторые результаты рендеринга данных в TerraStereo представлены на иллюстрации:



В общем случае для формирования «облачной» 3D-модели можно комбинировать результаты воздушной, мобильной, наземной лазерной съемки. Данные из разных источников дополняют друг друга, обеспечивая пользователя комплексной

пространственной информацией. Кроме того, возможно совместное использование векторных и лазерных данных. Один из сценариев применения такой гибридной модели предполагает векторизацию только «ключевых» объектов и использование облака лазерных отражений в качестве основной визуальной среды.

«Облачная» трехмерная модель предлагает пользователю точное пространственное описание местности при небольших, по сравнению с векторным моделированием, трудозатратах на обработку. Такая модель является отличной основой для создания продуктов виртуальной реальности – виртуальных туров, тренажеров и т.д. При этом геодезическая точность и детальность описания объектов позволяет использовать «облачную» модель для инженерных приложений.

Денис Антошкин  
ООО «ГИСвер Интегро»  
2015