

MODELLING OF LANDSCAPE SCENES BASED ON LASER SCANNING DATA AND DIGITAL AIRPHOTOS

Margarita N. Favorskaya

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

Abstract

In this report, the types of laser scanning shooting, the output data of which are necessary for building of landscape digital model, are discussed. The digital airphotos permit to segment and recognize the given structures, which can be removed by the accurate models of forest and urban vegetation, buildings, and other constructions created previously. The innovative technologies for modelling of virtual landscape scenes under realistic real time rendering, as well as the challenges and state-of-the-art of this methodology, are considered.

Keywords: modelling, landscape scenes, laser scanning, digital airphotos

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ СЦЕН НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И ЦИФРОВЫХ АЭРОФОТОСНИМКОВ

Фаворская М.Н.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск

Приводится классификация видов лазерной съемки, выходные данные которой необходимы для построения цифровой модели местности. Цифровые аэрофотографии позволяют отсегментировать и распознать заданные структуры, которые могут быть заменены более точными моделями объектов лесной и городской растительности, зданий и других сооружений, полученных заранее. Обсуждаются инновационные технологии моделирования виртуальных ландшафтных сцен, выполняющих реалистичный рендеринг в режиме реального времени, а также проблемы, преимущества и ограничения данной методологии.

Ключевые слова: моделирование, ландшафтные сцены, лазерное сканирование, цифровые аэрофотоснимки.

Введение. Моделирование ландшафтных сцен на основе объективных данных 3D лазерного сканирования и 2D гиперспектральных / мультиспектральных данных или данных цифровой фотографии применяется во многих областях, например, мониторинге лесной растительности, инвентаризации лесных участков, ландшафтном дизайне, виртуальных игровых приложениях. В данном случае ставится задача инвентаризации лесных участков, которая решается пространственными (оценка лесного покрова в целом) и объектными (анализ отдельных деревьев) методами. Пространственные методы предполагают построение трех типов моделей, а именно, цифровая модель земной поверхности (Digital Terrain Model, DTM), цифровая модель высот (Digital Elevation Model, DEM) и цифровая модель поверхности (Digital Surface Models, DSM). Методы анализа отдельных деревьев направлены на оценку таких параметров, как форма и объем кроны дерева, диаметр ствола (Diameter-at-Breast Height, DBH), высота дерева и другие морфологические показатели. Объективно эти методы дают более точную оценку. В последние годы развиваются технологии, позволяющие на основе данных аэрофотосъемки оценивать индивидуальные параметры лесной растительности, которые являются достаточно сложными и требующими дополнительных исследований.

Принципы работы лидарных устройств. Оценка биомассы лесной растительности имеет большое экологическое и экономическое значение, причем такая оценка должна выполняться периодически. Воздушное лазерное сканирование, как правило, охватывает большие территории и является экономически целесообразным. Описание физических принципов, на которых строятся лидары (Light Detection And Ranging, LiDAR), изложены в монографии Джеллиан [1]. Шаблоны сканирования земной поверхности зависят от типа сканирующей оптики, высоты и скорости полета и вида земной поверхности. Основные типы сканирующей оптики в коммерческих лидарных системах используют осциллирующее зеркало, зеркало в виде вращающегося многоугольника, качающееся зеркало и оптоволоконный коммутатор, представленные на рис. 1.

Координаты лидарных импульсов являются результатом объединения измерений от каждого компонента системы. Связь между системными измерениями и параметрами отражена в уравнении геопривязки, учитывающей четыре системы координат: наземная система координат, система координат инерциального измерительного блока, система координат лазерного устройства и система координат лазерного луча [2]. Следует отметить, что лидарные устройства имеют случайные и систематические ошибки измерений. Случайные ошибки возникают из-за ошибок позиционирования встроенной глобальной системы (GPS/ГЛОНАСС), углами отклонения датчиков и ошибками диапазонов. Систематические ошибки определяются физи-

ческими законами, вызывающими смещение параметров в передающей и приемной частях лидара [7]. Для компенсации ошибок используются традиционные и альтернативные методы калибровки [3].

Обобщенная схема оценки параметров лесной растительности. Основным источником при оценке параметров лесной растительности являются объективные 3D данные лазерного сканирования, к дополнительным источникам можно отнести 2D цифровые аэрофотоснимки и данные спектроскопии (при наличии). Схема объединения указанных данных, позволяющая улучшить конечный результат сегментации и визуализации, приведена на рис. 2. Схема содержит три уровня обработки данных. Уровень 1 обрабатывает первичные данные с их дополнительной очисткой, интерполяцией и удалением артефактов. Отметим, что данные спектроскопии и цифровой фотографии являются 2D данными, в то время как данные лазерного сканирования относятся к 3D структурам, что вызывает проблемы слияния данных.

На втором уровне происходит построение 3D растительного покрова (DSM) и оценка вегетационных индексов. Построение DSM модели является трудной задачей, требующей последовательного выполнения ряда шагов. Во-первых, следует построить цифровую модель земной поверхности (DTM), отфильтровывая точки лазерного сканирования с самыми низкими значениями координаты Z. Как правило, таких точек недостаточно для построения модели земной поверхности, что приводит к необходимости выполнения триангуляции Делоне и последующей интерполяции (линейной, квадратичной, бикубической). Плоские участки земной поверхности моделируются достаточно хорошо, что нельзя сказать о горных участках, когда возникает неоднозначность в интерпретации координат лазерных точек на склонах с растительностью. Для таких случаев имеются эвристические методы компенсации, основанные на выравнивании поверхностей, наклонных участков, методах математической морфологии, сегментации и гибридных методах [3, 4].

Уровень 2 обеспечивает оценку геометрических параметров древостоя и отдельных деревьев. При этом, можно говорить о статистическом и физическом подходах к объединению разнородной входной информации [5]. Статистический подход анализирует значения высот, он обычно основан на регрессионных моделях и методах распознавания изображений. Физический подход, появившийся недавно, не может напрямую объединить данные лазерного сканирования и спектрографические данные. Он использует модель переноса излучения (Radiative Transfer Model, RTM) для оценки фотосинтеза, азота и содержания воды. Сегментация отдельных деревьев представляет собой очень сложную задачу, которая решается разделением лазерных точек в 3D объеме, определением местоположения ствола и кроны дерева, распознаванием типа дерева по цифровой аэрофотографии и применением алгоритма sparse colonization (рис 3) для установления соответствия внешней кроны дерева и его модельного представления на основе L-систем [3].

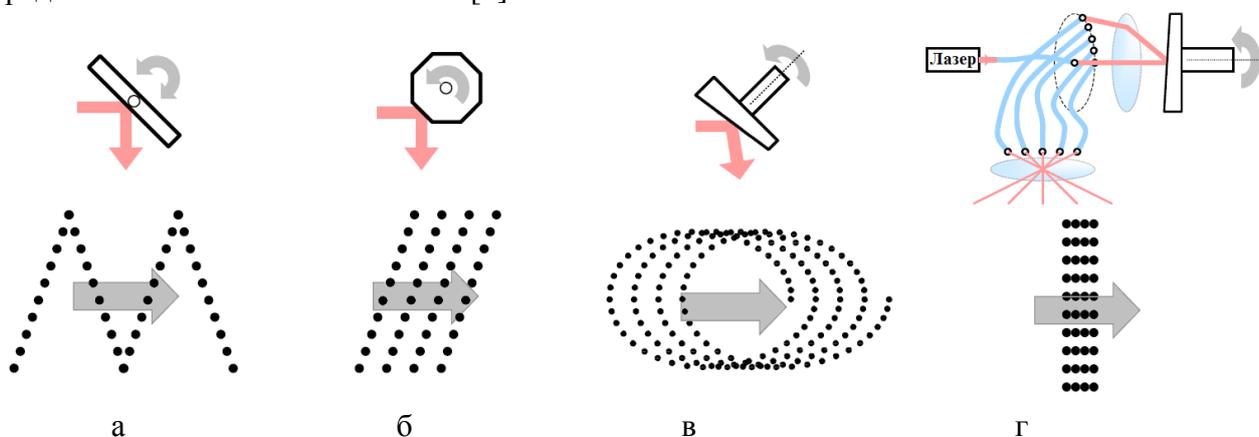


Рис. 1. Схемы сканирующей оптики и соответствующие им наземные шаблоны сканирования: а – осциллирующее зеркало; б – зеркало в виде вращающегося многоугольника; в – качающееся зеркало; г – оптоволоконный коммутатор.



Рис. 2. Схема объединения данных от различных устройств.

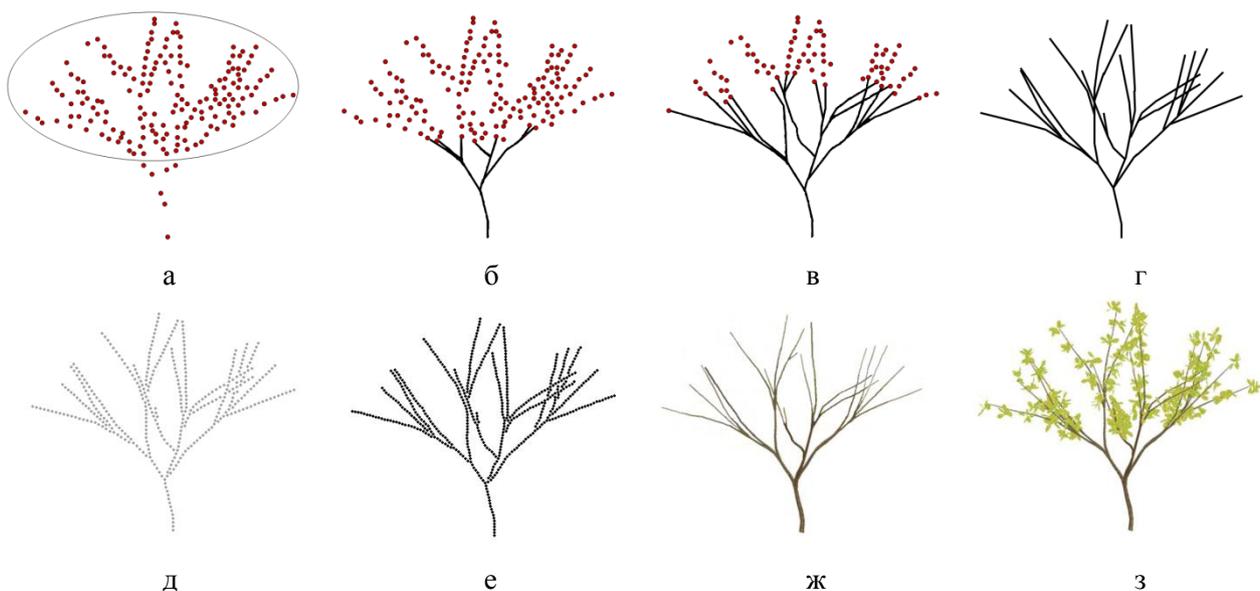


Рис. 3. Иллюстрация работы алгоритма space colonization: а – набор отсегментированных лазерных точек; б, в, г – генерация скелета дерева; д – разреживание; е – разделение на ветви; ж – имитация ветвей на основе цилиндрических моделей; з – добавление листьев.

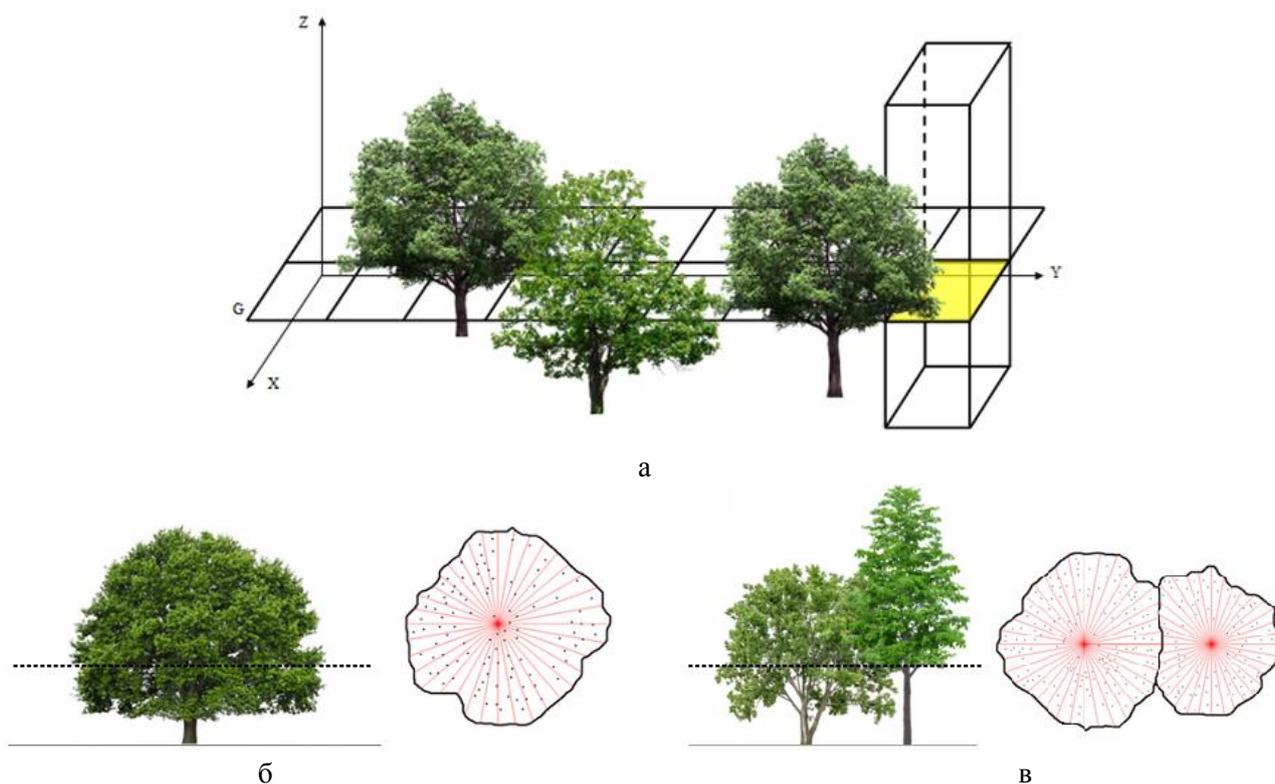


Рис. 4. Получение проекций крон: а – разделение по слоям; б – пример проекции кроны отдельного дерева; в – пример перекрывающихся проекций крон соседних деревьев.

К основным параметрам оценки отдельных деревьев относятся следующие параметры: высота дерева, вертикальное распределение кроны, диаметр на высоте груди, объем ствола, форма кроны, плотность кроны, объем кроны, тип листьев, возраст дерева и ряд других, определяющих породу дерева. Разработанный метод получения проекций крон деревьев схематично изображен на рис. 4.

Параметризация моделей отдельных типов растительности осуществляется на Уровне 3, в результате чего можно построить пространственную модель сцены с учетом метеорологических факторов и условий освещенности [6]. На данном этапе используются технологии рендеринга больших пространственных сцен из игровых приложений. Начиная с 1990-х гг., интенсивно развиваются технологии рендеринга больших ландшафтных сцен с использованием уровней детализации, формированием мега-текстуры и ее загрузкой в оперативную память. Отметим такие известные методы, как рендеринг на основе частиц, линий, полигонов, изображений и объемов. Большое значение имеет реалистичная имитация травяного покрова, чему посвящены отдельные исследования [8].

Динамическое моделирование лесных участков требует изначально постоянного наблюдения и измерений в течение длительного периода, например, нескольких лет, проведения соответствующих замеров влажности земли, содержания минералов, уровня освещенности, плотности ярусов лесной растительности и т.д. Соответствующие модели носят статистический характер и трудно поддаются компьютерному моделированию. Тем не менее, построив такую модель, можно выполнять виртуальный осмотр территории, внося необходимые изменения по текущим результатам лазерного сканирования. Окончательной стадией можно считать верификацию смоделированного лесного участка методами наземной лазерной съемки, хотя данные методы также имеют недостатки, связанные с погрешностью определения высоты деревьев. Отметим, что данные технологии можно применять как для сцен с лесной растительностью, так и для городских ландшафтов с более четкими пространственными элементами зданий и других сооружений.

Заключение. Рассмотрены технологии объединения данных, полученных от различных устройств воздушной аэрофотосъемки, позволяющие воссоздать виртуальную ландшафтную сцену, близкую к реальной сцене. Такие технологии обеспечивают пространственное изучение заданного участка, краткосрочное моделирование (в течение суток) и долгосрочное прогнозирование (годовые периоды), основанное на накопленных статистических данных по конкретной территории.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jelalian A.V. Laser radar systems. ArtechHouse, Boston London, 1992. 45 p.
- [2] Shan J., Toth C.K. Topographic Laser Ranging and Scanning. CRC Press, Boca Raton, US, 2008. 616 p.
- [3] Favorskaya M.N., Jain L.C. Handbook on Advances in Remote Sensing and Geographic Information Systems: Paradigms and Applications in Forest Landscape Modeling, ISRL, Springer International Publishing, V. 122, 2017, 416 p.
- [4] Ming Y., Chen C.J. A robust filtering algorithm of LiDAR data for DTM extraction // *Advanced Materials Research* 2013. V. 765-767. P. 639-642.
- [5] Torabzadeh H., Morsdorf F., Schaepman M.E. Fusion of imaging spectroscopy and airborne laser scanning data for characterization of forest ecosystems – a review // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2014. V. 97. P. 25-35.
- [6] Favorskaya M., Tkacheva A. Rendering of wind effects in 3D landscape scenes // *Procedia Computer Science*. 2013. V. 22. P. 1229-1238.
- [7] Bang K.I. Alternative Methodologies for LiDAR System Calibration. PhD dissertation, Calgary, Alberta, 29010. 160 p.
- [8] Boulanger K., Pattanaik S., Bouatouch K. Rendering grass in real-time with dynamic light sources and shadows. Research Report PI 1809. 2006. 36 p.