

Современные технологии лазерного сканирования в школьном обучении

Modern laser scanning technologies in school education

УДК 371.3

DOI: 10.12737/2500-3305-2026-11-2-50-57

Митрофанов Е.М.

Канд. техн. наук, доцент кафедры ЛТ-3 Лесоуправление, лесоустройство и геоинформационные системы, Мытищинский филиал, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва
e-mail: future_kosmos@mail.ru

Mitrofanov E.M.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the LT-3 Department of Forest Management, Forest Management and Geoinformation Systems, Mytishchi Branch, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow
e-mail: future_kosmos@mail.ru

Митрофанова С.А.

Канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)», г. Москва
e-mail: future_kosmos@mail.ru

Mitrofanova S.A.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Standardization, Metrology and Certification (educational), Moscow
e-mail: future_kosmos@mail.ru

Князева М.Д.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Информационных систем и цифровых технологий, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», г. Москва
e-mail: mdknjazeva@rambler.ru

Knyazeva M.D.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University), Moscow
e-mail: mdknjazeva@rambler.ru

Аннотация

В статье рассматривается использование технологий лазерного сканирования в школьном образовании. Лазерное сканирование как метод получения пространственно-точных трехмерных данных о физических объектах и окружающей среде. Наземное лазерное сканирование рассматривается с точки зрения организации процесса обучения технологиям лазерного сканирования, даже если образовательная организация не имеет в своем

распоряжении собственного сканера. Также описан процесс наземного лазерного сканирования, который включает в себя несколько ключевых этапов для получения качественных и пригодных для анализа данных. Изучение технологий лазерного сканирования в современной школе имеет много положительных аспектов. Внедрение современных технологий, таких как лазерное сканирование, способно значительно повысить качество школьного образования, сделав обучение более интересным и эффективным. Вместе с этим использование технологий лазерного сканирования связано с рядом проблем, таких как недостаток необходимого оборудования и программного обеспечения, а также наличие квалифицированных специалистов.

Ключевые слова: технологии лазерного сканирования, мобильное и стационарное лазерное сканирование, наземное лазерное сканирование, образовательные программы, дополнительное образование детей.

Abstract

The article discusses the use of laser scanning technologies in school education. Laser scanning as a method of obtaining spatially accurate three-dimensional data about physical objects and the environment. Ground-based laser scanning is considered from the point of view of organizing the learning process for laser scanning technologies, even if the educational organization does not have its own scanner at its disposal. It also describes the process of ground-based laser scanning, which includes several key steps to obtain high-quality and analysable data. The study of laser scanning technologies in modern schools has many positive aspects. The introduction of modern technologies such as laser scanning can significantly improve the quality of school education, making learning more interesting and effective. At the same time, the use of laser scanning technologies is associated with a number of problems, such as the lack of necessary equipment and software, as well as the availability of qualified specialists.

Keywords: laser scanning technologies, mobile and stationary laser scanning, ground-based laser scanning, educational programs, additional education children.

Введение

Сегодня лазерные технологии широкого распространения в школьном образовании пока не получили и статус обязательного использования также не имеют, но используются в отдельных учебных заведениях в качестве эксперимента или дополнения к традиционным учебным материалам. Например, получил известность экспериментальный проект, который организован в Президентском лицее «Сириус» компанией «Лазерный Центр», где проводились занятия по лазерным технологиям для учащихся. Этот проект пока не получил официального статуса национальной образовательной программы.

Министерство просвещения России в целом положительно относится к внедрению современных технологий в школьное образование, в том числе технологий лазерного сканирования, особенно в контексте развития цифровой грамотности и STEM-образования.

Следует отметить, что лазерное сканирование может быть использовано для создания 3D-моделей, изучения геометрии, архитектуры, биологии, а также для проведения интерактивных лабораторных работ. Внедрение таких технологий соответствует задачам цифровой трансформации образования. Такие технологии рассматриваются как инструменты, способствующие:

- повышению мотивации учащихся благодаря интерактивности и наглядности материала;
- развитию критического мышления и аналитических способностей;
- возможности проводить исследования, приближенные к научным стандартам;
- улучшению понимания сложных концепций и явлений природы;
- развитию практических навыков работы с современными цифровыми инструментами.

Технология лазерного сканирования активно используется в учебном процессе школ благодаря своей способности создавать точные трехмерные модели объектов реального мира. Внедрение современных технологий, таких как лазерное сканирование, способно значительно повысить качество школьного образования, сделав обучение более интересным и эффективным.

Однако реализация требует соответствующей подготовки учителей, наличия технической базы и методической поддержки, что также учитывается в образовательной политике. Министерство просвещения поддерживает программы подготовки учителей и создание цифровых образовательных ресурсов, которые включают использование инновационных технологий.

Активно внедряется единая система педагогических стандартов, которые направлены на модернизацию школьного образования, включая внедрение современных технологий и методов обучения. Любые изменения в содержании школьной программы требуют согласования и введения новых стандартов. На сегодняшний день лазерное сканирование остается лишь частью специальных курсов и факультативов, направленных на подготовку специалистов в определенных областях науки и техники.

О технологии лазерного сканирования

Лазерное сканирование как метод получения пространственно-точных трёхмерных данных о физических объектах и окружающей среде занимает ключевые позиции в современной системе дистанционного зондирования. Основной принцип технологии заключается в регистрации времени возврата лазерного импульса, отражённого от поверхности объекта, что позволяет с высокой точностью определять расстояние до каждой фиксированной точки. На основе массивов таких точек (так называемых облаков точек) формируются цифровые модели рельефа, местности, сооружений и природных объектов.

Современные лазерные сканеры характеризуются высокой плотностью измерений, субдециметровой точностью, улучшенной энергетической чувствительностью и способностью регистрировать множественные отражения, что делает возможным, например, сквозное сканирование растительного покрова до уровня почвы. Эти технологические достижения обеспечивают широкое внедрение лазерного сканирования в инженерные изыскания, кадастровые работы, лесное хозяйство, охрану окружающей среды, урбанистику и мониторинг объектов культурного наследия.

Вместе с тем, высокая стоимость оборудования и программного обеспечения, а также необходимость специализированной подготовки операторов и аналитиков, остаются существенными факторами, ограничивающими более широкое распространение технологии, особенно в образовательной среде.

В Российской Федерации в последние годы наблюдается выраженный технологический и организационный крен в сторону развития беспилотных авиационных платформ, что напрямую отразилось на структуре применения методов дистанционного зондирования. В частности, авиационное лазерное сканирование и фотограмметрия, выполняемые с использованием беспилотных воздушных судов (БВС), получили более широкое распространение по сравнению с наземными системами. Это объясняется относительной доступностью БВС, мобильностью комплексов, снижением стоимости комплектующих, а также значительным интересом со стороны как государственных, так и частных структур к быстрому сбору пространственных данных в труднодоступных и обширных районах.

На момент написания данной статьи осуществление полётов с использованием беспилотных воздушных судов (БВС) на территории Российской Федерации сопряжено с рядом организационных и нормативных ограничений. Усиление контроля за полётами, необходимость получения специальных разрешений, а также изменение порядка регистрации и эксплуатации БВС существенно усложняют проведение авиационных съёмки, включая фотограмметрию и воздушное лазерное сканирование.

В связи с этим наблюдается рост интереса к наземным системам лазерного сканирования, которые не подпадают под ограничения, связанные с воздушным движением, и могут использоваться практически без ограничений. Наземное лазерное сканирование активно применяется при решении широкого круга инженерных задач - от обследования зданий и сооружений до моделирования городской среды и мониторинга инфраструктурных объектов. Высокая точность, устойчивость к внешним погодным условиям и относительная простота организации работ делают эту технологию особенно привлекательной.

Наземное лазерное сканирование

Наземное лазерное сканирование подразделяется на два основных типа: мобильное и стационарное, каждый из которых обладает своими особенностями, преимуществами и сферой применения.

Стационарное сканирование осуществляется с использованием неподвижного оборудования, установленного на штативе или ином устойчивом основании. Такие сканеры обеспечивают высокую точность и детальность измерений, что особенно ценно при выполнении инженерных обследований зданий, архитектурных объектов, производственных помещений и других конструкций, требующих скрупулёзной геометрической фиксации. Однако основным ограничением стационарных систем является необходимость поэтапного сканирования с нескольких точек, что увеличивает трудозатраты и продолжительность съёмки. В свою очередь, **мобильное лазерное сканирование** осуществляется с применением оборудования, установленного на транспортных средствах - автомобилях, квадроциклах, ж/д платформах и др.

Данный подход позволяет собирать пространственные данные в процессе движения, значительно повышая оперативность съёмки, особенно на протяжённых объектах, таких как дороги, улицы, трубопроводы или железнодорожные линии. При этом плотность и точность данных мобильных систем, как правило, уступает стационарным аналогам, но является достаточной для решения широкого круга прикладных задач. Выбор между мобильным и стационарным подходом зависит от конкретных требований проекта, условий местности и доступного бюджета.

В настоящее время складывается благоприятная ситуация, при которой процесс обучения технологиям наземного лазерного сканирования может быть организован даже при отсутствии в распоряжении образовательной организации собственного сканера. Это стало возможным благодаря активному коммерческому продвижению технологий лазерного сканирования: производители оборудования и программного обеспечения публикуют в открытом доступе демонстрационные сцены и облака точек, полученные с использованием различных моделей сканеров. Эти данные отличаются высоким качеством и разнообразием сценариев применения - от архитектурного и промышленного сканирования до моделирования природных ландшафтов.

Дополнительным фактором, способствующим включению наземного лазерного сканирования в образовательный процесс, является развитие свободно распространяемого программного обеспечения, такого как *CloudCompare*, *3D Forest* и др.

Эти инструменты позволяют выполнять полноценную обработку облаков точек, проводить геометрический анализ, визуализацию, сегментацию и экспорт результатов для решения практико-ориентированных инженерных задач. Таким образом, появляется возможность формирования у обучающихся устойчивых навыков работы с пространственными данными в рамках дополнительного школьного образования без необходимости значительных материальных затрат.

Процесс обучения технологиям лазерного сканирования целесообразно структурировать в виде трёх основных этапов, каждый из которых отражает ключевые стадии работы с пространственными данными.

Первый этап - съёмка - включает в себя знакомство с принципами работы оборудования, планирование маршрутов и позиций сканирования, а также практическое освоение процедур сбора облаков точек с помощью наземного лазерного сканера.

Второй этап - предварительная обработка - направлен на преобразование «сырых» данных в пригодную для анализа трёхмерную измерительную сцену. Здесь обучающиеся осваивают базовые приёмы фильтрации, совмещения облаков точек, устранения артефактов и построения целостной модели объекта или территории.

Третий этап - постобработка, ориентированная на решение конкретной инженерной задачи. В рамках этого этапа осуществляется извлечение метрической и семантической информации: построение цифровых моделей рельефа, профилей, подсчёт объёмов, выделение объектов и подготовка отчётной документации.

Такая трёхступенчатая структура позволяет формировать у обучающихся целостное представление о технологическом процессе лазерного сканирования - от полевого этапа до получения инженерно значимого результата.

Процесс съёмки при наземном лазерном сканировании

Процесс съёмки при наземном лазерном сканировании включает в себя несколько ключевых этапов, каждый из которых имеет важное значение для получения качественных и пригодных для анализа данных.

Первым этапом является рекогносцировка, в ходе которой производится визуальное обследование объекта съёмки, анализируются условия видимости, освещения, наличие препятствий и планируются позиции установки сканера.

Целью рекогносцировки является оптимизация маршрута съёмки и обеспечение перекрытия сканов для последующей корректной сборки трёхмерной сцены. Вторым этапом - создание геодезического обоснования, необходимого для привязки облака точек к единой координатной системе.

В образовательных условиях возможны два подхода: использование традиционных опорных марок, закрепляемых в натуре и измеряемых геодезическими методами, либо применение современных технологий позиционирования, таких как RTK (Real-Time Kinematic) или PPK (Post-Processed Kinematic) - при наличии соответствующего приёмника. Завершающим этапом съёмки является сохранение и резервное копирование данных, включая облака точек, журналы съёмки, файлы конфигурации и навигационной информации, что критически важно для последующей обработки и архивации.

Основной проблемой данного этапа в рамках образовательного процесса является отсутствие самого лазерного сканера, стоимость которого по-прежнему остаётся высокой для большинства учебных учреждений. Однако при необходимости возможно создание учебного тренажёра-муляжа, имитирующего работу сканирующего оборудования. Такой тренажёр может быть собран на базе макета устройства с размещёнными на корпусе элементами управления, с использованием записанных заранее учебных маршрутов и сцен, что позволяет отрабатывать алгоритм действий, планирование съёмки и ведение съёмочной документации без необходимости использования дорогостоящего оборудования. Подобный подход позволяет сформировать у обучающихся базовое понимание этапов полевых работ и развить навык планирования, что существенно повышает эффективность последующего освоения реального оборудования.

Вторым этапом работы с данными лазерного сканирования заключается в преобразовании результатов съёмки в полноценную трёхмерную измерительную сцену, пригодную для дальнейшего анализа и инженерного применения. На этом этапе производится загрузка «сырых» облаков точек, их сортировка, фильтрация шумов, совмещение (сшивка) отдельных сканов, а также первичная геометрическая очистка. Дополнительно может выполняться привязка к геодезической системе координат, настройка визуальных параметров и экспорт сцены в универсальные форматы. Итогом этапа является получение целостной трёхмерной

модели, отражающей форму, структуру и пространственное расположение элементов исследуемого объекта или территории.

Ключевая трудность данного этапа заключается в специфике программного обеспечения, используемого для обработки данных. Как правило, каждая модель лазерного сканера сопровождается фирменным ПО, разработанным производителем, которое зачастую привязано к конкретному устройству - по аппаратному идентификатору или серийному номеру. Это делает невозможным полноценную работу с таким программным обеспечением без наличия оригинального оборудования. Более того, даже при наличии демонстрационных данных использование ПО может быть ограничено по функционалу или времени доступа.

В условиях образовательного процесса возможны два подхода к преодолению данной проблемы. Во-первых, можно использовать пробные версии фирменных программ, таких как CopRe, которые предоставляют ограниченный, но достаточный для обучения функционал. Во-вторых, возможно создание учебного симулятора обработки, имитирующего ключевые этапы работы: загрузку данных, фильтрацию, совмещение, навигацию по сцене и экспорт. Такой симулятор может быть разработан как простое программное приложение с заранее подготовленными сценами, позволяющее учащимся освоить логику и последовательность операций, не прибегая к коммерческому ПО. Данный подход особенно полезен в рамках дополнительного образования, где важно обеспечить массовый доступ к базовой подготовке без значительных финансовых затрат.

Третий этап процесса обучения лазерному сканированию - постобработка данных с целью решения конкретной инженерной задачи - является наиболее доступным и простым для реализации в образовательной среде. На этом этапе обучающиеся выполняют практическую работу по анализу и интерпретации готовой трёхмерной измерительной сцены, извлекают необходимую метрическую и семантическую информацию, строят цифровые модели рельефа и объектов, проводят подсчёт объёмов, выделяют отдельные элементы и готовят отчётные материалы.

Значительное упрощение реализации этого этапа связано с наличием большого количества тренировочных облаков точек и трёхмерных моделей, свободно распространяемых в сети Интернет, а также с широким выбором открытого программного обеспечения, такого как CloudCompare, 3D Forest и др., которые предоставляют широкий функционал для обработки, визуализации и анализа данных. Благодаря этому даже при отсутствии собственного оборудования и фирменного ПО студенты и школьники могут получить полноценные практические навыки решения инженерных задач на основе лазерного сканирования, что существенно расширяет возможности внедрения данной технологии в систему дополнительного образования.

Ниже представлен пример (рис. 1) реализованной со школьниками работы. Трёхмерная измерительная сцена была предоставлена сотрудниками ООО «Навгеосистемс» в рамках инициативного проекта инвентаризации городских насаждений.

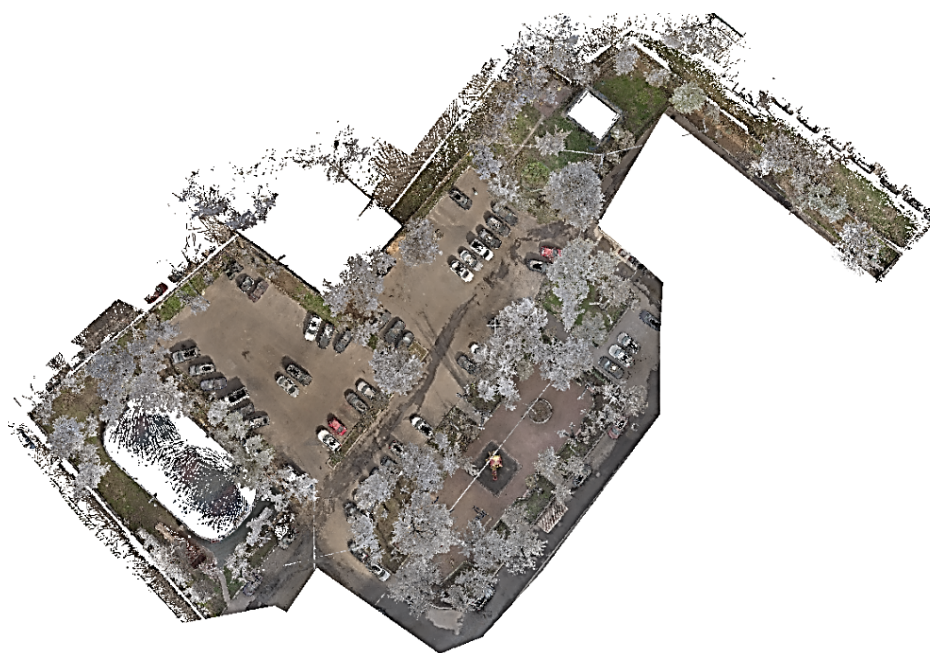


Рис. 1. Трехмерная измерительная сцена

В процессе работы школьниками были сформированы трехмерные измерительные модели (рис. 2) отдельных деревьев в полуавтоматическом режиме. По получившимся моделям впоследствии были измерены координаты деревьев, диаметры их стволов и высоты.

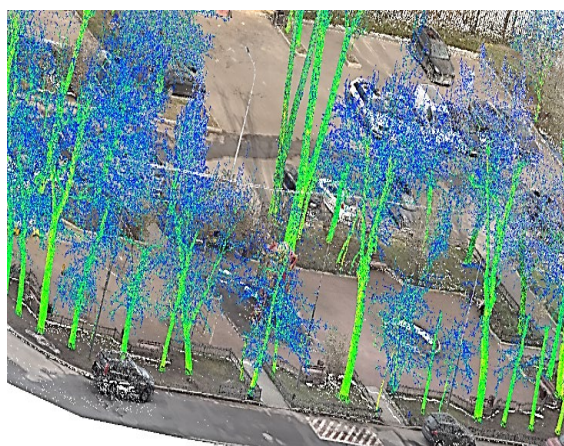


Рис. 2. Трехмерные измерительные модели отдельных деревьев в полуавтоматическом режиме

Лазерное сканирование позволяет создавать точные 3D-модели учебных заведений, памятников, архитектурных сооружений и природных ландшафтов. Это способствует более глубокому пониманию предметов географии и биологии.

Заключение

Перспективы использования технологии лазерного сканирования в школьном образовании весьма многообещающие и проявляются в нескольких ключевых областях. Школьники учатся пользоваться специализированным оборудованием, овладевают навыками 3D-моделирования, анализа данных и цифровой грамотности, что отвечает современным требованиям рынка труда. Умение самостоятельно сканировать объекты, анализировать полученные модели, что стимулирует исследовательскую деятельность и критическое мышление. Использование лазерного сканирования способствует интеграции знаний из разных предметных областей, делая обучение более междисциплинарным и интересным. Созданные 3D-модели можно использовать в виртуальных турах и онлайн-тренингах, что особенно важно в условиях ограничений на выездные мероприятия.

В целом внедрение лазерного сканирования в школьное образование способствует развитию технологических компетенций, творческих и исследовательских навыков у учащихся, а также делает обучение более современным и интерактивным.

Литература

1. Кузнецова А.А. Применение наземного лазерного сканирования для выявления отклонений конструкций от их проектных значений // Геодезия и картография. - 2018. - № 12. - С. 2-7. DOI: 10.22389/0016-7126-2018-942-12-2-7.
2. Шарафутдинова А.А., Брынь М.Я. Опыт применения наземного лазерного сканирования и информационного моделирования для управления инженерными данными в течение жизненного цикла промышленного объекта // Вестник СГУГиТ. - 2021. - Т. 26. - № 1. - С. 57-67. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-1-57-67.
3. Использование наземного лазерного сканирования в процессе закладки пробных для подспутниковых наблюдений лесопокрытых территорий / Е.В. Митрофанов, С.А. Митрофанова, М.Д. Князева, С.М. Устинов // Космические технологии - 2024 : Сборник научных статей Международной межведомственной научно-технической конференции, Москва, 16–20 сентября 2024 года. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2024. – С. 410-415. – EDN YAMZBX.
4. Князева М.Д. Космические технологии в современной школе / М.Д. Князева, Е.М. Митрофанов // Геодезия и картография. – 2017. – Т. 78, № 12. – С. 54-60. – DOI 10.22389/0016-7126-2017-930-12-54-60.
5. Князева М.Д. Геоинформационные технологии и беспилотные системы в дополнительном образовании детей / М.Д. Князева, Е.М. Митрофанов, А.Р. Шайхметов // Журнал педагогических исследований. – 2024. – Т. 9, № 6. – С. 47-53. – DOI 10.12737/2500-3305-2025-9-6-47-53. – EDN YAJXXD.