

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ МОБИЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ**

*Анастасия Валерьевна Воловодова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (913)721-43-93, e-mail: VolovodovaAV2018@sgugit.ru

*Екатерина Николаевна Кулик*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-08-66, e-mail: e.n.kulik@snga.ru

В статье рассматривается применение данных мобильного лазерного сканирования при формировании пространственной основы для мониторинга объектов культурного наследия. Охарактеризована технология мобильного лазерного сканирования как современный высокопроизводительный метод съемки. Представлена технологическая схема обработки данных в программном обеспечении Gexcel Reconstructor, приведены основные результаты этапов обработки. Отмечены преимущества и перспективы применения данных мобильного лазерного сканирования, полученных переносным комплексом Heron Lite Color для трехмерного моделирования объектов культурного наследия, расположенных внутри помещений.

**Ключевые слова:** мобильное лазерное сканирование, объекты культурного наследия, мониторинг.

## **USING MOBILE LASER SCANNING DATA FOR FORMATION OF SPATIAL BASE FOR MONITORING OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS**

*Anastasiya V. Volovodova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St, Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (913)721-43-93, e-mail: Volovodova-AV2018@sgugit.ru

*Ekaterina N. Kulik*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St, Novosibirsk, 630108, Russia, Ph.D., Associate Professor, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (383)361-08-66, e-mail: e.n.kulik@snga.ru

The article discusses the application of mobile laser scanning data for formation of spatial base for monitoring of cultural heritage objects. Mobile laser scanning technology has been characterized as a modern high-performance method of survey. The technology of processing in Gexcel Reconstructor software is presented, the main results of the processing are demonstrated. The advantages and perspectives of applications of mobile laser scanning data obtained by the Heron Lite Color for three-dimensional modeling of indoor cultural heritage objects are noted.

**Key words:** mobile laser scanning, cultural heritage objects, monitoring.

## *Введение*

Мобильное лазерное сканирование (МЛС) – это сравнительно новая технология, объединяющая возможности лазерных сканеров совместно с датчиками инерциальных и навигационных систем, которые синхронизируются на одной мобильной платформе, что позволяет быстро и точно создавать геопространственную основу в виде трехмерного облака точек [1–3]. МЛС позволяет быстро и эффективно получать большой объем трехмерной информации с географической привязкой, которая может использоваться для таких целей, как моделирование и реконструкция сложных городских территорий или ландшафтов [4–6]. Целью работы является исследование методики применения данных мобильного лазерного сканирования при формировании пространственной основы для мониторинга объектов культурного наследия.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать данные и технологии для создания пространственной основы для мониторинга объектов культурного наследия;
- изучить методику обработки данных МЛС;
- выполнить создание трехмерной модели объекта;
- по созданной модели выполнить ортотрансформирование для построения плана объекта культурного наследия;
- проанализировать полученные результаты и определить направления дальнейших работ.

## *Методы и материалы*

Результатом выполнения съемки лазерным сканером являются записанные в файлы показания встроенных в систему лазерного сканирования приборов: ГНСС-приёмника, гироскопа, акселерометра, лазерных дальномеров и данные панорамных камер. Первоочередная задача заключается в обработке полученных измерений с целью формирования облаков точек, которая заключается в уравнивании ГНСС-измерений и вычислении траектории, генерации облаков точек, уравнивании облаков точек, классификации и дополнении информацией о цвете, получаемой из панорамных фотоснимков [7]. В связи с этим можно рассмотреть последовательность методологических этапов применительно к объектам культурного наследия.

Исходными данными являлись материалы лазерного сканирования на территорию археологического музея в г. Матера, расположенного на юге Италии (рис. 1).

Город находится в итальянском регионе Базиликата, расположенном на юге страны. Это один из самых необычных городов в Италии: весь его старый центр представляет собой многочисленные гроты и скалистые массивы, которые использовали для постройки жилищ, а вся старинная часть города включена в список всемирного наследия ЮНЕСКО.

Мобильное лазерное сканирование на объекте было выполнено с помощью переносного комплекса Heron Lite Color [8], показанного на рис. 2.

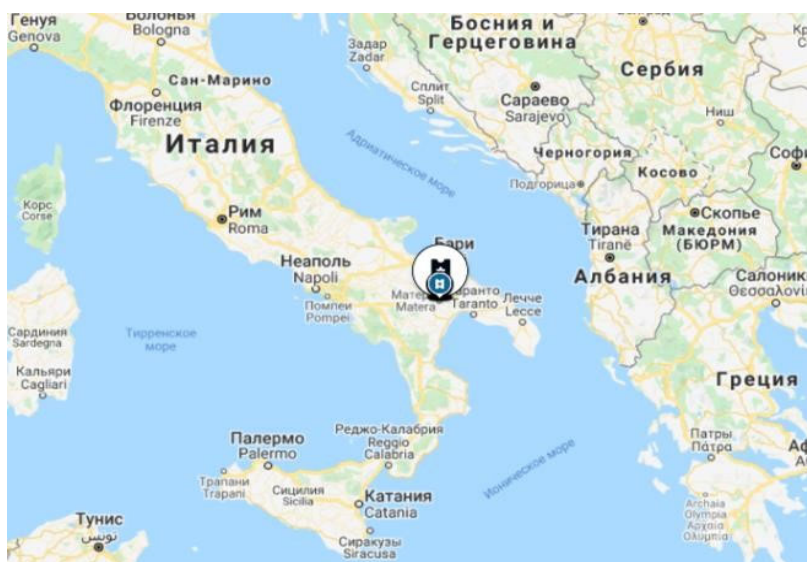


Рис. 1. Район работ (г. Матера)



Рис. 2. Комплекс мобильного лазерного сканирования Heron Lite Color

Технические характеристики комплекса приведены в таблице.

Материалы включали 11 миллионов точек, файл траектории движения сканера, полученный по данным инерциальной системы, а также панорамные фотографии с разрешением 4К (5640×2820 пикселей).

Обработка выполнялась в программном обеспечении Gexcel Reconstructor 4.2 [9]. Это многофункциональная программа, позволяющая выполнять обработку и анализ данных, полученных с помощью сканеров различного типа (наземных, мобильных, воздушных) совместно с фотографическими изображениями высокого разрешения. Особенностью программного обеспечения является отсутствие привязки к конкретным производителям сканирующих систем – программа поддерживает прямой импорт необработанных данных сканирования в форматах большинства наземных сканеров, а также импорт через универсальные форматы и позволяет производить уравнивание данных сканирования, полученных с разных станций без использования опорных точек.

## Технические характеристики комплекса Heron Lite Color

Наименование характеристики	Значение
Вес (без блока управления)	2,5 кг
Вес блока управления	1,4 кг
Время инициализации	15 секунд
Время непрерывной работы	6–8 часов
Возможность работы внутри помещений	есть
Возможность работы вне помещений	есть
Визуализация в реальном времени	есть
Диапазон температур	от минус 10 до 50°C
Батарея	Li-Po 12 В, 4,5 Ач
Выходные форматы данных	e57, las, play
Абсолютная точность	5 см
Относительная точность	3 см
Разрешающая способность	3 см
Лидар (первый класс безопасности)	Velodyne Puck LITE
Скорость сканирования	300 000 точек/с
Длина волны	903 нм
Максимальная дальность	100 м
Угол поля зрения по горизонтали	360°
Угол поля зрения по вертикали	от минус 15 до 15°
Панорамная камера	Garmin VIRB 360 4K

Для работы использовалась демонстрационная версия программы, доступная в течение 30 дней и включающая все функциональные возможности за исключением экспорта результатов. В последней версии 4.2 доступен русскоязычный интерфейс.

Общая технологическая схема обработки включала этапы, приведенные на рис. 3.



Рис. 3. Технологическая схема обработки данных мобильного лазерного сканирования в ПО Gexcel Reconstructor 4.2

## Результаты

На первом этапе выполнялось создание проекта. При этом автоматически были созданы подкаталоги для загрузки и сохранения данных (Imports, Exports, Unstructs, Grids, Meshes, Polylines, Trash, Images, Movies, Results, Settings).

Основная часть операций первой части обработки выполнялась с помощью команд вкладки главного меню «LineUp».

Импорт данных мобильного лазерного сканирования выполняется с помощью команды «Import Point Clouds». Программа автоматически распознает основные форматы данных. Результат импорта облака точек показан на рис. 4.

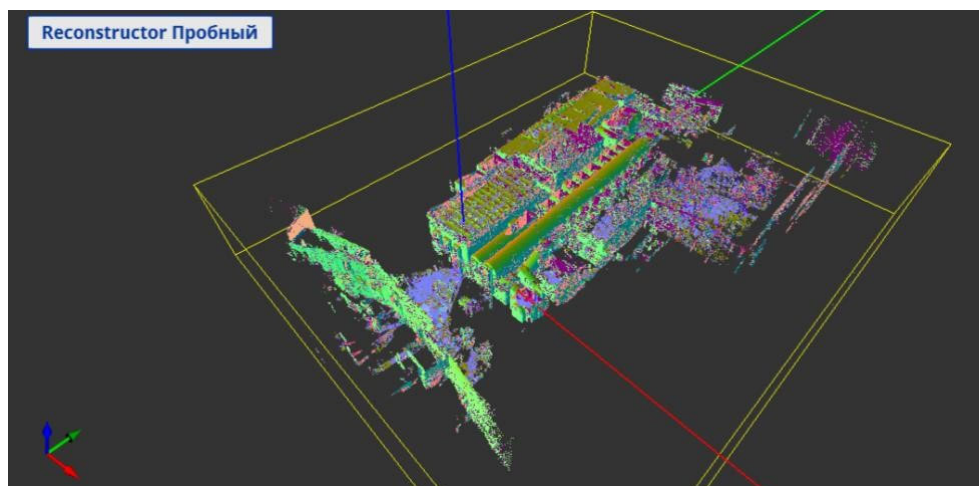


Рис. 4. Импортированное облако точек

Также были загружены данные с инерциальной системы, показывающие траекторию движения во время съемки.

В процессе импорта возможна автоматическая предварительная регистрация сканов, если съемка выполнена в несколько проходов. В дальнейшем для уточнения результатов регистрации может быть выполнено уравнивание как помощью опорных точек и специальных марок, так и без них. В данном случае такая необходимость отсутствовала, поскольку съемка выполнена за один проход.

Первичная обработка данных заключалась в фильтрации облака точек с целью снижения шума. Следующим этапом выполнялись классификация облака точек и создание поверхностей в соответствии с правилами, основанными на вписывании плоскостей и фигур в массив точек, расположенный на одинаковом удалении от сканера. На рис. 5. показан результат построения.

Для придания модели реалистичности требуется присвоить каждой точке модели реальный цвет, полученный с фотографии.

На рис. 6 показан результат присвоения модели реальных цветов.

Для получения плана на плоскости выполняется ортотрансформирование на одну из трех плоскостей пространственной системы координат. На рис. 7 показан результат трансформирования на плоскость XY.

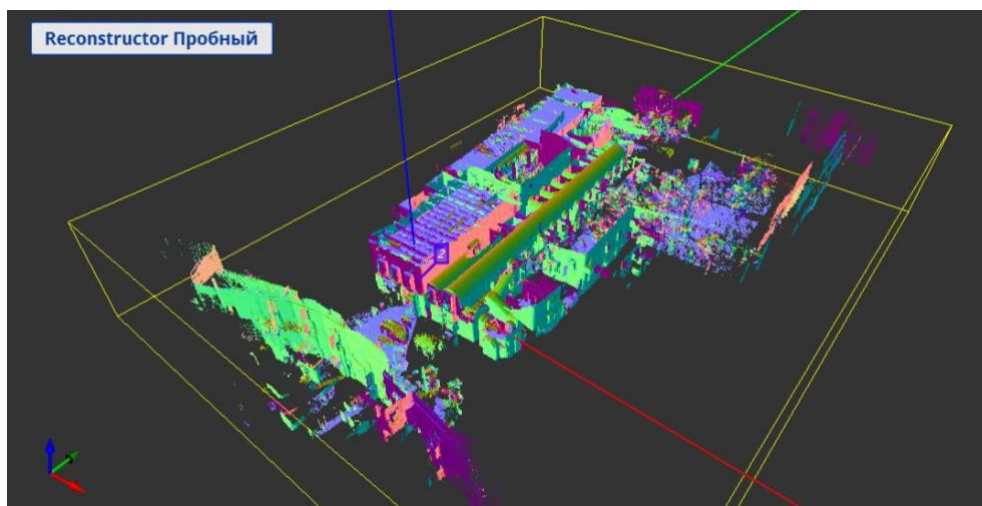


Рис. 5. Результат создания поверхностей

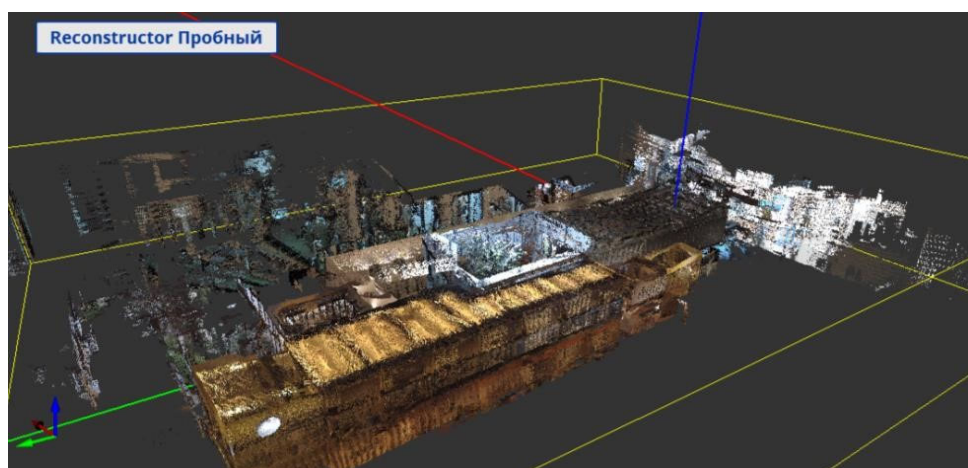


Рис. 6. Результат присвоения реальных цветов с помощью фотографий



Рис. 7. Результат трансформирования

## *Заключение*

Полученные в ходе исследований результаты, позволяют подтвердить пригодность методов мобильного лазерного сканирования, полученных переносным комплексом Heron Lite Color для трехмерного моделирования объектов культурного наследия, расположенных внутри помещений. Данная методика обладает преимуществами с точки зрения времени, используемого как для сбора данных, так и для их обработки. Пространственное разрешение и точности привязки достаточно, чтобы обеспечить реконструкцию наиболее важных архитектурных деталей на объектах культурного наследия. Однако, из-за огромного количества полученных данных, облака конечных точек должны быть обязательно оптимизированы для последующей визуализации [10]. В дальнейшем было бы полезным сравнить эффективность представленной технологии с другими методами, позволяющими оперативно выполнять съемку и обработку материалов, такими как фотограмметрический [11].

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Позняк И.И., Полторац А.В., Артемьева Г.С. Сбор геодезических данных методами лазерного сканирования и фотограмметрии // Славянский форум. – 2017. – № 2. – С.134-140.
2. Акимова С. В. Использование современных геодезических технологий в археологии // Научный вестник ВГТУ. Серия: Студент и наука. – 2017. – Вып. 3. – С. 195-200.
3. Маслихова Л. И. Применение методов лазерного сканирования в археологических исследованиях // Научный вестник ВГТУ. Серия: Студент и наука. – 2017. – Вып. 3. – С. 200-204.
4. Быков Л. В. Совершенствование геодезических технологий при обеспечении археологических исследований (по материалам экспедиции 2017 г.) // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2. – С. 63-74.
5. Андреева И. И. 3D-моделирование археологических раскопов // Научный альманах. – 2016. – № 15. – С. 358-365.
6. Goncharov A.E. GIS and satellite remote sensing for archeology: exploring polar history // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2016. – Т. 17. – № 4. – С. 956-963.
7. Медведев В.И. Предварительная обработка данных мобильного лазерного сканирования в системе IndorCloud // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 3. – С. 67-74.
8. Heron Lite Color [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gexcel.it/en/solutions/heron-mobile-mapping/heron-lite-color> (дата обращения: 05.04.2020).
9. Gexcel Reconstructor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gexcel.it/en/software/reconstructor> (дата обращения: 06.04.2020).
10. Алтынцев М. А., Каркокли С. Х. Особенности предварительной обработки данных мобильного лазерного // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск : сб. материалов в 9 т. Т. 4 : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 2. – С.239-248.
11. Алтынцев М. А., Иптышева М. А. Совместная обработка данных мобильного лазерного сканирования и цифровой наземной фотосъемки для построения единого массива точек // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск : сб. материалов в 9 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» . – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 1 . – С.87–95.

© А. В. Воловодова, Е. Н. Кулик, 2020