

О.А. Алексеева<sup>1</sup>, Н.А. Алфёров<sup>1</sup>, П.С. Созонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

## ВОЗМОЖНОСТИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И ФОТОГРАММЕТРИИ

**Аннотация.** В статье рассмотрены возможности и преимущества таких методов, как лазерного сканирования и фотограмметрии для решения рядовых задач в проектировании, строительстве и обследовании зданий и сооружений. Определена актуальность применения выше представленных методов в наши дни.

**Ключевые слова:** Лазерное сканирование, Фотограмметрия, 3-х мерная модель, 3-D визуализация объекта, строительство.

О.А. Alekseeva<sup>1</sup>, N.A. Alferov<sup>1</sup>, P.S. Sozonov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

## LASER SCANNING AND PHOTOGRAMMETRY CAPABILITIES

**Abstract.** The article considers the possibilities and advantages of such methods as laser scanning and photogrammetry for solving ordinary problems in the design, construction and inspection of buildings and structures. The relevance of the above methods is determined nowadays.

**Keywords.** Laser scanning, Photogrammetry, 3-dimensional model, 3-D object visualization, construction.

### Введение

Современные задачи, возникающие при проектировании, строительстве, эксплуатации зданий и сооружений требуют представления данных в трёхмерном пространстве, с высокой точностью и полнотой описывающих взаимное расположение частей зданий, сооружений, ситуацию и рельеф.

Использование традиционных методов и инструментов (тахеометров, ГНСС-систем) позволяет решать рядовые задачи. Однако всё чаще возникают запросы, требующие полноценного 3-х мерного моделирования. К таким сферам относится сопровождение информационного моделирования зданий и сооружений - BIM, фасадные съёмки, цифровые чертежи цехов, заводов. С появлением и развитием технологии лазерного сканирования задача построения 3D цифровых моделей значительно упростилась.

Тема получения полноценной 3-х мерной модели здания, является актуальной в виду несомненных преимуществ по сравнению с традиционными методами обследования зданий, а именно работа с 3-х мерной моделью позволяет сократить временные затраты на непосредственное нахождение на объекте, даёт возможность обработки результатов сканирования удаленно, показывает наиболее точную и полную картину положения здания в пространстве, а также о его деформациях, и в целом сокращает время обследования объекта.

### Лазерное сканирование

В настоящее время технология лазерного сканирования стала широко применяться для решения целого ряда геодезических, реставрационных и изыскательских работ.

Данная технология позволяет с высокой детализацией создавать цифровые модели объектов исследования, отображая на них все разнообразие деформаций и дефектов которые в дальнейшем будут подвержены обработке при помощи программ (Autodesk ReCap, ScanIMAGER и т.п.), позволяющих обрабатывать результаты лазерного сканирования (облака точек) [1].

Суть технологии заключается в определении пространственных координат точек объекта. Процесс производится при помощи определения расстояния до всех определяемых точек при помощи лазерного сканера в безотражательном режиме [2].

Замеры производятся с высокой скоростью (до миллионов измерений в секунду).

Качество получаемого облака точек зависит от количества определенных пространственных координат точек объекта, чем выше количество определенных координат – тем выше качество облака и соответственно выше качество получаемого изображения.

К недостаткам данного метода можно отнести:

- зависимость от метеорологических условий;
- дорогостоящее оборудование (стоимость сканера от 1,5 млн/р).

Существует три вида лазерного сканирования:

*Наземное.* Процесс сканирования заключается в следующем:

Лазерный сканер устанавливается напротив снимаемого объекта на штатив. Пользователь задает требуемую плотность облака точек и область съемки, затем запускает процесс сканирования. Для получения полных данных об объекте, как правило, приходится выполнять данные операции с нескольких станций.

Затем выполняется обработка первоначальных данных, и приведение их к виду, который требуется заказчику [3].

*Воздушное* с применением беспилотного летательного аппарата

Применяется для высокоточного картографирования линейных и площадных объектов с воздушных аппаратов в основном используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), на который устанавливается малогабаритный лазерный сканер.

Основным элементов лазерного сканера является твердотельный лазер, работающий в импульсном режиме с высокой частотой который отражается от поверхности объекта. Полученная информация (измеренное расстояние, значение интенсивности принятого сигнала, направление распространения лазерного луча) отправляются на блок сбора и хранения информации для последующей обработки.

Процесс обработки аналогичен описанному выше в процессе наземного лазерного сканирования [4].

*Мобильное.* Является аналогом наземного лазерного сканирования, мобильное производится при движении сканера, установленного на транспортное средство. При этом скорость съемки совпадает со скоростью движения транспортного средства.

Мобильная лазерная станция может монтироваться на автомобилях, судах, железнодорожных платформах и других транспортных средствах.

Отличается высокой производительностью, но и высокой ценой лазерной сканирующей системы [5].

## **Фотограмметрия**

Фотограмметрия позволяет определить по снимкам исследуемого объекта его размеры, форму, положение в пространстве в заданной системе координат.

Преимущества фотограмметрии в сравнении с ручными измерениями выражается в следующем:

- получение числовой информации об объекте такой густоты, какой практически невозможно достичь при непосредственных обмерах;
- получение числовой и графической информации об объекте не вступая с ним в контакт;
- оператор-фотограмметрист находится в благоприятных для человека условиях;
- большая производительность труда;
- получение информации в краткий срок [4].

Для изучения деформации инженерных сооружений применяют фотограмметрический и стереофотограмметрический методы.

*Фотограмметрический* метод позволяет определить деформации, возникающие в плоскости, и служит для исследования плоских объектов. Сущность метода состоит в том, что с одной и той же неподвижной точки получают несколько снимков исследуемого объек-

та, например первый до нагрузки, второй во время нагрузки и третий после нагрузки. При этом фотокамеру устанавливают так, чтобы плоскость прикладной рамки была параллельна плоскости объекта и элементы ориентирования снимков сохранялись.

*Стереофотограмметрический* метод позволяет определить деформацию, возникающую в пространстве, и применяется для исследования пространственных объектов. С одной и той же точки получают несколько стереопар (фотографии перекрывающие друг друга на 50 и более процентов) изучаемого объекта, например первую до нагрузки, вторую во время нагрузки и третью после снятия нагрузки. Обычно применяют нормальный случай съемки.

После получения необходимого количества фотографий, производится их обработка, которая состоит в том, чтобы совместить точки со всех фотографий. При совмещении, точки образуют целостный объект съемки, при обработке которого можно получить такие результаты как:

- глубина дефектов;
- размер объекта исследования;
- отклонение конструкций объекта исследования от вертикальной или горизонтальной плоскости; и т.п. [6].

### **Сравнение методов фотограмметрии и лазерного сканирования**

Отличительными особенностями метода лазерного сканирования от фотограмметрии являются следующие параметры:

1. используемое оборудование и его стоимость;
2. стоимость работ;
3. длительность получения полевого материала данных;
4. длительность камеральной обработки полевого материала;
5. сложность выполнения работ;
6. величины ошибок.

Рассмотрим чуть подробнее данные отличительные характеристики.

1. Для выполнения работ метода лазерного сканирования используется следующее оборудование:

– лазерный сканер – при помощи фазового или импульсного безотражательного дальномера вычисляет расстояния до всех точек объекта и измеряет вертикальные и горизонтальные углы. Реальная стоимость данного оборудования составляет в диапазоне 780 000-3 000 000 рублей;

– тахеометр – с его помощью производится увязка облака точек в плоскости координат, в котором расположен объект. Стоимость оборудования в зависимости от предпочтений качества получаемых данных от 17 000 до 500 000 рублей в среднем;

– программа необходимая для обработки данных лазерного сканирования. Для примера возьмём стоимость программы ScanIMAGER- 300 000 рублей.

Для производства работ метода наземной фотограмметрии необходимо оборудование:

– камера – для создания фотограмметрической модели. Если работа требует профессионального уровня, то тогда это устройство должно делать как можно более качественные снимки в высоком разрешении, с такими характеристиками рассматриваемое оборудование имеет стоимость в диапазоне 50 -100 тысяч рублей;

– тахеометр – с его помощью создаётся опорная сетка точек для увязки фотографий с реальным масштабом исследуемого объекта. Стоимость оборудования в зависимости от предпочтений качества получаемых данных от 17 000 до 500 000 рублей в среднем;

– программа необходимая для перевода изображения в трёхмерную 3D –модель. Для примера приведём снова стоимость программы ScanIMAGER- 300 000 рублей.

Невозможно поставить реальную стоимость того или иного оборудования, всё зависит не только от предпочтений организации или лица, занимающегося выполнением одного из

данных методов, но и от того, какой суммой располагают, требования к качеству готовых данных. Выше написан лишь примерный диапазон стоимости необходимого оборудования.

2. Стоимость выполнения лазерного сканирования зданий и сооружений приведена в таблице 1.1.

**Таблица 1. Стоимость лазерного сканирования зданий и сооружений**

Площадь сканирования, м <sup>2</sup>	Цена, руб./м <sup>2</sup>
0-500	150 (мин.цена 40 000 руб.)
500-1000	130 (мин.цена 75 000 руб.)
1000-2000	100 (мин.цена 130 000 руб.)
2000-5000	70
5000-10 000	50
10 000-25 000	30
Более 25 000	От 25

Со стоимостью фотограмметрии всё не так просто, исполнитель метода не устанавливает фиксированную цену за 1 м<sup>2</sup>, так как она будет зависеть от типа, размеров объекта, условий работы, конечного результата. Стартовая цена - это 30 000 рублей, т.е. не меньше данной стоимости.

3-4. Длительность получения данных и их камеральная обработка - эти параметры необходимо сравнить на практике, что непосредственно является дальнейшей задачей для сравнения данных методов.

5. Сложность работы наземного лазерного сканера является то, что при сканировании фасада многоэтажных зданий лучи сканера не смогут взять всю поверхность здания, а лишь её часть.

При выполнении работ НЛС самая распространённая сложность - наличие загромождающих предметов, конструкций, дающих тень при выполнении процесса сканирования.

Сложностью выполнения процесса НЛС является – это производство работ в зимнее время, так как сканеры не предназначены для работы ниже -20 градусов, необходимо подбирать время выполнения работ соответствующему температурному диапазону сканера.

При фотограмметрии аналогично НЛС получению данных и полноценной фотосъёмки препятствуют – загромождающие предметы, конструкции, а также качество фотографий прямо влияет на получаемые данные.

Свойства поверхности материалов оказывают сложность при выполнении работ, так как на отражающих поверхностях возникают блики, мешающие созданию качественной пары снимков [4,7,8].

6. Каждый из вышеперечисленных фактов может повлиять на корректность измерения геометрических характеристик объекта, тем самым создав погрешность, которая составляет:

- для лазерного сканирования – 0,006 м [9];
- для фотограмметрии - не более 0,08 м [10].

На основании данных можно сделать вывод, что лазерное сканирование является более точным методом для обследования объекта, в свою очередь фотограмметрия может быть использована для предварительного съёма строительного объёма здания (допустим, для первичного расчёта сметы).

Возможности применения программ огромны, их можно использовать как для картографии будущего места строительства, так и для составления дефектных ведомостей. Они позволяют создавать трехмерные модели объектов в реальном масштабе и с отличным качеством, что можно использовать при реставрации объектов культурного наследия, восстановления памятников, скульптур, а также элементов фасада.

Самое главное заключается в том, что представленные программы имеют возможность наглядного отображения информации и тем самым помогают более простому и быстрому восприятию результатов проделанной работы в виде 3 D- модели.

## Заключение

Методы фотограмметрии и лазерного сканирования для получения 3D-моделей находят всё более широкое применение. В связи с нарастающим интересом к данным программам возникает вопрос, в чём их отличие и что выгоднее приобрести: результаты лазерного сканирования или фотограмметрии? Для этого было проведено сравнение данных методов, но лишь предварительное, для более подробного необходимо провести натурное обследование одного объекта разными методами с учётом ошибок, влияния внешних условий на точность получаемых данных.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.В.Аполонский, П.С. Осипов, А.А. Федоровский, Н.А. Пархоменко//Применение метода лазерного сканирования для создания векторной 3D-модели здания и сооружения: мат-лы Ежегодного сборника научных трудов- Молодежная наука 2018 ФГБОУ ВО Омский ГАУ, г.Омск :Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2018.-С. 6-10.
2. Бруннер В. Справочник по лазерной технике / Бруннер В.-М.: Энергоатомиздат,1991.-544 с.
3. <https://geosystems.ru/solutions/nazemnoe-lazernoe-skanirovanie/> (дата обращения 01.07.2020).
4. Краснопевцев Б.В. Фотограмметрия. - М.: УПП "Репрография" МИИГАиК, 2008. - 160 с.
5. <http://www.souzgiprozem.ru/tehnologii-mobilnoe-lazernoe-skanirovanie.html> (дата обращения 02.07.2020).
6. [https://studwood.ru/1213862/geografiya/nazemnaya\\_fotogrammetriya\\_arhitekture\\_stroitelstve](https://studwood.ru/1213862/geografiya/nazemnaya_fotogrammetriya_arhitekture_stroitelstve)(дата обращения 02.07.2020).
7. Комиссаров, А. В. Лазерное сканирование: обобщение существующей практики [Текст] / А. В. Комиссаров // Инженерные изыскания.– 2013. – № 2. –С. 22-25.
8. Новик Ю.С. , Губеладзе О.А. Перспективы использования лазерного сканирования для обследования памятников архитектурного наследия[Текст]/Современные исследования.- 2018.- №4(8).
9. Середович В.А., Иванов А.В. Исследования точности измерений, выполненных наземным лазерным сканером //Интерэкспо.-2013-Т.1-№3-С.134-143.
10. Кобзева Е.А, Зуев Н.А. Особенности фотограмметрического метода при проведении кадастровых работ в населённых пунктах//Интерэкспо.-2018-Т.2-№3-С.118-124.
11. Леушин В.В,Белош В.В.// Воздушное лазерное сканирование с помощью БПЛА: мат-лы Журнала Альманах мировой науки 2016 Чистопольский филиал «Восток» КНИТУ-КАИ.г.Люберцы : Изд-во ОАО «АР-Консалт».
12. Зыонг В.Л.// Математическое моделирование и автоматизация обработки изображений сканирования твёрдых деформируемых тел с неоднородными свойствами материала и геометрии для построения их конечно-элементных моделей// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.-2017-Т.2(54)-С.30-39.

## REFERENCES

1. V.V. Apolonsky, P.S. Osipov, A.A. Fedorovsky, N.A. Parkhomenko//Application of a method of laser scanning for creation of a vector 3D model of the building and a construction: a mat-ly of the Annual collection of scientific works - Youth science 2018 FGBOU IN the Omsk GAU, Omsk: Publishing house of SP of Maksheeva E.A., 2018. - Page. 6-10.
2. Brunner V. Handbook of Laser Engineering/Brunner V.-M.: Energoatomizdat, 1991.-544 p.
3. <https://geosystems.ru/solutions/nazemnoe-lazernoe-skanirovanie/> (circulation date 01.07.2020).
4. Krasnopevtsev B.V. Photogrammetry. - M.: UPP "Reprography" MIIGAiK, 2008. - 160 p.

5. <http://www.souzgiprozem.ru/tehnologii-mobilnoe-lazernoe-skanirovanie.html> (circulation date 02.07.2020).
6. [https://studwood.ru/1213862/geografiya/nazemnaya\\_fotogrammetriya\\_arhitekture\\_stroitelstve](https://studwood.ru/1213862/geografiya/nazemnaya_fotogrammetriya_arhitekture_stroitelstve) (circulation date 02.07.2020).
7. Komissarov, A.V. Laser scanning: synthesis of existing practice [Text ]/A.V. Komissarov//Engineering surveys. – 2013. - No. 2. -P. 22-25.
8. Novik Yu.S., Gubeladze O.A. Prospects for using laser scanning to survey architectural heritage monuments [Text ]/Modern research. - 2018.- No. 4 (8).
9. Seredovich V.A., Ivanov A.V. Studies of the accuracy of measurements made by a ground laser scanner//Interexpo.-2013-T.1- No. 3-P.134-143.
10. Kobzeva E.A., Zuev N.A. Features of the photogrammetric method during cadastral work in settlements//Interexpo.-2018-T.2- No. 3-P.118-124.
11. Leushin V.V, Belosh V.V.//Aerial laser scanning using UAVs: mat-ly of the Almanac Journal of World Science 2016 Chistopol branch "Vostok" KNITU-KAI. Lyubertsy: Publishing house of AR-Consalt OJSC
12. Zyong V. L. // Mathematical modeling and automation of image processing for scanning solid deformable bodies with inhomogeneous material and geometry properties for constructing their finite element models // Modern technologies. System analysis. Modeling.- 2017- Vol. 2(54) - P. 30-39.

#### **Информация об авторах**

*Алексеева Ольга Андреевна* – магистрант кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [alekseevao@yandex.ru](mailto:alekseevao@yandex.ru)

*Алфёров Николай Александрович* – магистрант кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [tihbuh2@rambler.ru](mailto:tihbuh2@rambler.ru)

*Созонов Павел Сергеевич* – к. т. н., доцент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [sozonovps@gmail.com](mailto:sozonovps@gmail.com)

#### **Authors**

*Ol'ga Andreevna Alekseeva* – undergraduate, the subdepartment of Building railways, bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, e-mail: [alekseevao@yandex.ru](mailto:alekseevao@yandex.ru)

*Nikolay Aleksandrovich Alferov* – undergraduate, the subdepartment of Building railways, bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, e-mail: [tihbuh2@rambler.ru](mailto:tihbuh2@rambler.ru)

*Pavel Sergeevich Sozonov* – Ph. D. in Engineering Science, Associate Professor, the subdepartment of Building railways, bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, e-mail: [sozonovps@gmail.com](mailto:sozonovps@gmail.com)

#### **Для цитирования**

Алексеева О.А. Возможности лазерного сканирования и фотограмметрии [Электронный ресурс] / О.А. Алексеева, Н.А. Алфёров, П.С. Созонов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2020. – №4. — Режим доступа: <http://mnv.irkgups.ru/toma/410-20>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 30.12.2020)

#### **For citation**

Alekseeva O.A., Alferov N.A., Sozonov P.S. *Vozmozhnosti lasernogo skanirovaniya i fotogrammetrii* [Capabilities of laser scanning and photogrammetry]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2020, no. 4. [Accessed 30/12/2020]