

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Г.Г. ШЕВЧЕНКО, Д.А. ГУРА, А.А. СЕРИКОВА

*Кубанский государственный технологический университет,  
350002, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;  
электронная почта: grettel@yandex.ru*

В данной статье рассмотрено применение наземного и воздушного лазерного сканирования для создания ГИС. Рассмотрены вопросы выбора того или иного метода сканирования при решении определённого круга задач. Приведены преимущества и недостатки данных видов сканирования. Трёхмерное моделирование становится более доступным и востребованным, благодаря появлению новых приборов - наземных и воздушных лазерных сканеров. Соответственно, различают технологии наземного и воздушного лазерного сканирования, отличающиеся областями применения и точностью получаемых результатов. В последнее десятилетие при мониторинге объектов городской инфраструктуры всё чаще начинают применять данные лазерного сканирования. Лазерное сканирование - это один из самых современных видов съёмки, позволяющих получить информацию о местности. По данным лазерного сканирования выполняют построение топографических планов, трёхмерных моделей.

**Ключевые слова:** наземное лазерное сканирование, воздушное лазерное сканирование, координаты, ГИС

Наземное лазерное сканирование - один из самых оперативных и производительных способов получения пространственных данных об объекте. Суть технологии состоит в определении пространственных координат точек поверхности объекта. В зависимости от поставленной задачи итогом работ может быть облако точек отражений или 3-D модель объекта [8].

Наземное лазерное сканирование является также методом производства работ, в процессе которого с высокой скоростью (от нескольких тысяч до миллиона точек в секунду) измеряются расстояния от сканера до точек объекта, регистрируются соответствующие направления (вертикальные и горизонтальные углы) и формируются трёхмерные изображения в виде облака точек.

Наземное лазерное сканирование применяется для решения широкого круга задач, от создания обмерных чертежей и 3Д моделей до выполнения классической топографической съёмки сложных промышленных объектов [1].

Этапы работ:

*Полевые работы:*

- создание геодезической сети;
- съемка наземным лазерным сканером;
- уравнивание результатов съемки.

*Камеральные работы:*

- регуляризация и классификация точек лазерного отражения (ТЛО);
- формирование инженерных планов по данным наземного лазерного сканирования;
- получение трехмерной модели объектов;
- формирование твердотельных моделей отдельных узлов и агрегатов [5].

*Виды работ:*

- уравнивание результатов съемки, сшивка облаков лазерных точек;
- классификация точек лазерных отражений;
- создание цифровых моделей рельефа;
- создание трехмерных точечных моделей по данным НЛС;
- создание инженерно-топографических планов;
- создание трехмерных каркасных и твердотельных моделей зданий, сооружений и технологического оборудования;
- дешифровка объектов местности;
- оптимизация и корректировка цифровых моделей рельефа [2].

*Результаты работ:*

- высокоточные и высокодетальные модели зданий, сооружений и технологического оборудования;
- создание крупномасштабных топографических планов масштабов 1:100-1:500;
- панорамные фотоснимки территории;
- цифровые модели местности;
- различные планы и чертежи зданий и сооружений;

- чертежи с профилями и сечениями технологических объектов и сооружений.

*Преимуществами* технологии наземного лазерного сканирования являются:

- высокая степень автоматизации процесса измерения;
- высокая точность измерений;
- трехмерная визуализация в режиме реального времени;
- дистанционный метод получения информации об объекте, что позволяет персоналу не находиться в опасных зонах при съемке;
- многоцелевое использование результатов лазерного сканирования;
- неразрушающий метод получения информации - это проверка, контроль, оценка надежности параметров информации. Основным преимуществом неразрушающего метода является возможность оценить параметры и рабочие свойства объекта, используя способы контроля, которые не предусматривают остановку работы всей системы;
- высокая производительность. Наиболее важным достоинством применения наземного лазерного сканирования является сокращение полевых работ при создании цифровых моделей конструктивно сложных объектов (например, объекты промышленности, техническое оборудование на заводах и цехах), следовательно, данная технология более экономически выгодна по сравнению с другими;
- работы можно выполнять при любых условиях освещения, т. е. днем и ночью, так как сканеры являются активными съемочными системами. Единственным недостатком при работе в условиях плохого освещения или в темное время суток может быть то, что не возможно будет выполнить фотосъемку объекта [9].

### **Области применения**

Благодаря своим преимуществам, наземное лазерное сканирование находит широкое применение во многих областях науки, техники и отраслях народного хозяйства, а именно:

1) строительство и эксплуатация инженерных сооружений:

- контроль строительства;
- корректировка проекта в процессе строительства;
- исполнительная съемка в процессе строительства и после его окончания;
- оптимальное планирование и контроль перемещения, и установки сооружений и оборудования;
- мониторинг объектов при эксплуатации;

2) горная промышленность:

- определение объемов выработок и складов сыпучих материалов;
- создание цифровых моделей открытых карьеров и подземных выработок с целью их мониторинга (данные об интенсивности отраженного сигнала и реальном цвете позволяют создавать геологические модели);
- маркшейдерское сопровождение буровых и взрывных работ;

3) нефтегазовая промышленность:

- создание цифровых моделей промысловых и сложных технологических объектов и оборудования с целью их реконструкции и мониторинга;

4) архитектура:

- реставрация памятников и сооружений, имеющих историческое и культурное значение;
- создание архитектурных чертежей фасадов зданий;

5) разработка мероприятий по предотвращению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;

6) выполнение топографической съемки территорий, имеющих высокую степень застроенности.

Воздушное лазерное сканирование - современный на сегодняшний день метод сбора геопространственной информации о местности. Суть метода лазерного сканирования заключается в измерении множества точек, принадлежащих земной поверхности и объектам, расположенных на ней, с

помощью лазерного сканера, установленного на борту движущегося воздушного судна. Пространственная ориентация комплекса во время аэросъемочных работ осуществляется методом прямого геопозиционирования, принцип которого основан на определении положения и ориентации воздушного судна и лидара, установленного на нем, в режиме реального времени с помощью GNSS-приемников (GPS и ГЛОНАСС) и инерциальной навигационной системы. Одновременно с воздушным лазерным сканированием производится цифровая аэрофотосъемка. Результатом воздушного лазерного сканирования является трехмерная точечная модель земной поверхности в заданной системе координат и набор цифровых аэрофотоснимков с известными элементами внешнего ориентирования[3] .

Этапы производства работ:

- воздушное лазерное сканирование и цифровую аэрофотосъемку;
- экспресс-обработку аэросъемочных материалов;
- вычисление координат точек лазерных отражений;
- пересчет координат точек лазерного отражения (ТЛО) в местную систему координат и приведение их к виду, удобному для дальнейшей обработки;
- выравнивание плотности изображения на цифровых аэрофотоснимках;
- разделение данных, полученных в результате лазерного сканирования (лазерные отражения от земной поверхности и лазерные отражения от объектов);
- создание цифровой модели рельефа;
- создание ортофотопланов;
- оптимизацию цифровой модели рельефа;
- проведение камерального дешифрирования и составление цифровых топографических планов или навигационных карт .

По *итогам* обработки этих данных могут быть созданы следующие картографические материалы:

- цифровые топографические карты и планы масштаба до 1:500, 1:5000 и т.д;

- цифровые ортофотопланы;
- цифровые модели рельефа и местности;
- тематические карты и планы[11].

Особенностями воздушного лазерного сканирования как метода дистанционного зондирования Земли являются:

- высокая плотность точечной модели местности – до 15-20 точек на квадратный метр;
- высокая точность точечной модели местности – до 5-7 см по высоте и 7-8 см в плане;
- высокая детализация аэрофотосъемки и составляемых по ней ортофотопланов: размер пикселя на местности – до 4-5 см;
- оперативность получения конечных данных – конечные картографические материалы готовы в течение нескольких дней [3].

Области применения:

- инвентаризация земельно-имущественного комплекса;
- планирование городской застройки;
- инспекция линий электропередач;
- строительство и реконструкция автомобильных и железных дорог;
- управление лесными ресурсами;
- управление сельским хозяйством и земельными ресурсами;
- земельный кадастр;
- экологический мониторинг;
- мониторинг чрезвычайных ситуаций[10].

Геоинформационная система (ГИС) - это информационно-справочная система, предназначенная для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах .

ГИС дает возможность интегрировать проектные и картографические данные из множества источников или с различных серверов, а также легко и быстро распространять карты и картографическую информацию, формировать информационные объекты карты в зависимости от необходимости, использовать разные слои карты и т.д.

ГИС представляет собой высокофункциональную, удобную и гибкую систему, осуществляющую ввод, интеграцию, анализ и распространение картографических данных [7].

Основные возможности:

- создание, редактирование и интеграция картографических данных;
- доступ к картографическим данным по сети Интернет;
- изменение семантических и пространственных атрибутов картографических объектов без применения дополнительного программного обеспечения на клиентских местах;
- использование механизма поиска, позволяющего выбирать необходимые объекты по заданным параметрам;
- простая и интуитивно понятная навигация в интерактивных картах;
- интеграция и возможности взаимодействия с внешними информационными системами и базами данных;
- создание условий для объективной и комплексной характеристики структур и процессов, связанных с пространственным отображением .

Данные воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ представляют собой массив (“облако точек”), содержащий пространственные координаты точек (X,Y,Z) и значения интенсивности лазерного отражения. Массив содержит идентификаторы точек (GPS-время), а также координаты первого и последнего отражений (последнее отражение принадлежит земной поверхности)[4].

ГИС включает средства обработки данных воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ, позволяющие решать следующие задачи:

- создание топографической основы проектно-изыскательских работ,
- геометрические измерения инженерных сооружений,

- обновление карт местности,
- построение цифровых моделей рельефа (растровая модель, TIN, GRID),
- построение математических моделей с использованием интенсивности отражений лазерного импульса,
- дешифрирование объектов местности,
- создание ортофотопланов на основе классифицированных точек земной поверхности.

Средствами ГИС данные воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ загружаются в файл цифровой нерегулярной точечной модели (MTD-модель). Плоское и трёхмерное отображение точечной модели даёт наглядное представление о характере рельефа и антропогенной застройки. Цифровая нерегулярная точечная модель (MTD-модель) позволяет оценить спектр высот (статистику поверхности) заданного участка местности, получить отмывку рельефа в виде растра (RSW). С использованием MTD-модели можно сформировать 3D-метрику заданных объектов, а также выполнить автоматическое создание горизонталей [6].

Цифровая нерегулярная точечная модель используется при построении и отображении трёхмерной модели участка местности. Трёхмерная модель позволяет выполнить визуальную оценку рельефа выбранного участка и расположенных на нём объектов. В ГИС имеется возможность построения поверхности уклонов с использованием MTD-модели. Поверхность уклонов формируется в виде матрицы качеств (MTQ), элементы которой содержат среднее или максимальное значение уклона в градусах.

По MTD-модели можно построить растр качеств (RSW), отображающий направления склонов рельефа местности.

Цифровые модели рельефа (растровая модель, TIN, GRID), построенные по данным воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ, используются для решения таких задач, как построение профилей и зон видимости, определение длин и площадей объектов с учётом рельефа,



построение зон затопления. По цифровой модели рельефа может быть построен растр качеств (RSW) или матрица качеств (MTQ), содержащие зоны соответствия условиям, заданным с помощью логических операций над значениями высот.

Результаты обработки данных воздушного лазерного сканирования и дистанционного зондирования Земли применяется в целях картографирования территории, а также для решения широкого круга прикладных задач [12].

Таким образом, воздушное лазерное сканирование является наиболее технологичным, производительным и точным методом производства инженерно-геодезических изысканий для решения определенных задач в области геоинформационных систем, то есть этот вид сканирования в большей степени подходит для создания ГИС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Экологический мониторинг деформации сооружений с использованием наземного лазерного сканирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 5. – С. 43-45.
2. Бушнева И.А., Безверхова А.Ю., Шевченко Г.Г., Гура Д.А. Об использовании наземного лазерного сканирования для получения фасадных чертежей исследуемых зданий и строений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 11. – С. 89-97.
3. Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Карслян А.М., Петренков Д.В. Особенности воздушного лазерного сканирования в теории и на практике на примере линейных объектов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 8. – С. 109-116.
4. Шевченко Г.Г., Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А. Определение смещений и осадок сооружений с использованием поискового метода уравнивания // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2013. – № 7 (17). С. 37-40.
5. Хорцев В.Л., Проскура Д.В., Шевченко Г.Г., Гура Д.А. Наблюдения за горизонтальными и вертикальными смещениями сооружений // Науки о Земле

на современном этапе VI Международная научно-практическая конференция. – 2012. – С. 120-123.

6. Грибкова И.С., Шерстюк Н.А. Лазерное сканирование // Науки о земле на современном этапе VIII Международная научно-практическая конференция. – 2013. – С. 53-55.

7. Грибкова И.С., Питель Е.К. ГИС и современный опыт их применения // Науки о земле на современном этапе VIII Международная научно-практическая конференция. – 2013. – С. 74-76.

8. Хорцев В.Л., Проскура Д.В., Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Горизонтальные и вертикальные смещения сооружений и причины их возникновения // Науки о Земле на современном этапе VI Международная научно-практическая конференция. – 2012. – С. 116-119.

9. Желтко Ч.Н., Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Кузнецова А.А. Алгоритм определения координат при мониторинге сооружений с использованием поискового метода уравнивания // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2013. – № 3. С. 60-64.

10. Желтко Ч.Н., Шевченко Г.Г., Бердзенишвили С.Г., Пастухов М.А. Особенности определений смещений и осадок сооружений электронными тахеометрами // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2013. – № 1-2. С. 61-65.

11. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Аветисян Г.Г. Измерения геометрии высоких стальных трёхгранных сооружений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 6. С. 13-19.

12. В. А. Середович, М. А. Алтынцев, Р. А. Попов Особенности применения данных различных видов лазерного сканирования при мониторинге природных и промышленных объектов // Сибирская государственная геодезическая академия. – Том 18. – Специальный выпуск. – 2013. – С. 1-3.

## REFERENCES

1. Gura D.A., Shevchenko G.G. Ekologicheskiy monitoring deformatsii sooruzheniy s ispolzovaniem nazemnogo lazernogo skanirovaniya // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotosemka. – 2013. – № 5. – S. 43-45.
2. Bushneva I.A., Bezverkhova A.Yu., Shevchenko G.G., Gura D.A. Ob ispolzovanii nazemnogo lazernogo skanirovaniya dlya polucheniya fasadnykh chertezhey issleduemykh zdaniy i stroeniy // Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2016. – № 11. – S. 89-97.
3. Gura D.A., Shevchenko G.G., Karslyan A.M., Petrenkov D.V. Osobennosti vozdušnogo lazernogo skanirovaniya v teorii i na praktike na primere lineynykh obektov // Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2016. – № 8. – S. 109-116.
4. Shevchenko G.G., Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A. Opredelenie smeshcheniy i osadok sooruzheniy s ispolzovaniem poiskovogo metoda uravnivaniya // Novyy universitet. Seriya: Tekhnicheskie nauki. – 2013. – № 7 (17). S. 37-40.
5. Khortsev V.L., Proskura D.V., Shevchenko G.G., Gura D.A. Nablyudeniya za gorizontalnymi i vertikalnymi smeshcheniyami sooruzheniy // Nauki o Zemle na sovremennom etape VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – 2012. – S. 120-123.
6. Gribkova I.S., Sherstyuk N.A. Lazernoe skanirovanie // Nauki o zemle na sovremennom etape VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – 2013. – S. 53-55.
7. Gribkova I.S., Pitel E.K. GIS i sovremennyy opyt ikh primeneniya // Nauki o zemle na sovremennom etape VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – 2013. – S. 74-76.
8. Khortsev V.L., Proskura D.V., Gura D.A., Shevchenko G.G. Gorizontálne i vertikalnye smeshcheniya sooruzheniy i prichiny ikh vozniknoveniya // Nauki o Zemle na sovremennom etape VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – 2012. – S. 116-119.

9. Zheltko Ch.N., Shevchenko G.G., Gura D.A., Kuznetsova A.A. Algoritm opredeleniya koordinat pri monitoringe sooruzheniy s ispolzovaniem poiskovogo metoda uravnivaniya // Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhicheskiy vestnik). – 2013. – № 3. S. 60-64.

10. Zheltko Ch.N., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G., Pastukhov M.A. Osobennosti opredeleniy smeshcheniy i osadok sooruzheniy elektronnyimi takheometrami // Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhicheskiy vestnik). – 2013. – № 1-2. S. 61-65.

11. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Avetisyan G.G. Izmereniya geometrii vysokikh stalnykh trekhgrannykh sooruzheniy // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotosemka. – 2010. – № 6. S. 13-19.

12. V. A. Seredovich, M. A. Altyntsev, R. A. Popov Osobennosti primeneniya dannykh razlichnykh vidov lazernogo skanirovaniya pri monitoringe prirodnykh i promyshlennykh obektov // Sibirskaya gosudarstvennaya geodezicheskaya akademiya. – Tom 18. – Spetsialnyy vypusk. – 2013. – S. 1-3.

*THE USE OF LASER SCANNING  
FOR CREATION OF GEOINFORMATION SYSTEMS*

**G.G. SHEVCHENKO, D.A. GURA, A.A. SERIKOVA**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350002;  
e-mail: grettel@yandex.ru*

In this article application of land and air laser scanning for creation of GIS is considered. Questions of the choice of this or that method of scanning in case of the solution of a certain circle of tasks are considered. Benefits and shortcomings of these types of scanning are given. Three-dimensional modeling becomes more available and demanded, thanks to emergence of new devices - land and air laser scanners. Respectively, differentiate the technologies of land and air laser scanning differing in scopes and accuracy of the received results. In the last decade when monitoring objects of city infrastructure even more often begin to apply data of laser scanning. Laser scanning is one of the most modern types of shooting allowing to obtain information on the area. According to laser scanning carry out creation of topographical plans, three-dimensional models.

**Key words:** land laser scanning, air laser scanning, coordinates, GIS.