

Ж.М. Аукажиева*, А.Б. Даркенбаева

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

*e-mail: aukazhieva_zh@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Аннотация. В представленной научной статье исследователями рассматривается опыт применения технологии лазерного сканирования, которая дает возможность съемки архитектурных, исторических объектов с сохранением всех элементов и геометрических параметров в электронном формате.

В целях минимизации ошибок, оптимизации и ускорения работ, проектировщики все чаще обращаются за помощью к организациям, выполняющим лазерное сканирование. Это позволяет уходить от традиционных обмеров и получать облака точек любого здания с точностью до 1 мм.

Современная технология лазерного сканирования съемки объектов, которая уже показала свою эффективность при реконструкции промышленных объектов, в архитектуре, строительстве, горном деле и целом ряде других областей. Важно отметить, что сканер позволяет оперативно производить детализированную трехмерную съемку в существенно автоматизированном режиме, что минимизирует влияние оператора на процесс полевых работ.

Ключевые слова. современные компьютерные системы, геодезическая отрасль, лазерное сканирование, трехмерная модель, информационное моделирование, строительная сетка.

С появлением технологии микропроцессоров и массовой цифровизации, началась тенденция автоматизирования деятельности человека. Современные компьютерные системы практически свели к минимуму влияние человека на производственный процесс. Разработанные алгоритмы принятия решений стали способны производить большие объемы продукции, не теряя при этом качества. А микропроцессорная техника стала интегрирующим звеном, соединяющим различные этапы и технологии производства.

Переходя к частным случаям, нельзя не упомянуть геодезическую отрасль, где современные технологии сыграли ключевую роль. Объединяя в себе геодезическую основу, технологию сбора цифровых данных и фотограмметрию, на свет появилась концептуально новая идея о приборах, способных к сканированию пространственной информации на местности. Данная идея легла в самую суть создания систем наземного лазерного сканирования.

Технология наземного лазерного сканирования заключается в следующем: прибор посылает с высокой скоростью электромагнитные сигналы до окружающих его объектов. Далее отраженный сигнал регистрируется сканером для последующего измерения пройденных расстояний, вертикальных и горизонтальных углов. Исходя из этого можно сделать вывод, что принцип работы лазерных сканеров схожа с электронными тахеометрами. Но в отличие от тахеометра, лазерный сканер способен проводить тотальную съемку территории [1]. Результатом съемки является облако точек, образующее трехмерное изображение объекта - скан (рисунок 1).

Скан содержит огромное количество пространственной информации и занимает слишком много места в виртуальной памяти. Это объясняется следующими факторами:

1. Статистическая избыточность. Некоторые элементы соседних сканов повторяются из-за непрерывной съемки. Согласно теореме Котельникова-Шинона, благодаря непрерывному получению информации, пространственное разрешение сканера выше, чем при отдельной съемке точек [2];

2. Визуальная избыточность. Из-за огромного массива точек, человеку трудно воспринимать визуальную информацию. Поэтому лишние точки подлежат отсеиванию;

3. Избыточность по семантическому признаку. При обработке сканов следует помнить об особенностях строения реальных объектов, то есть подвергать удалению «неуместных» точек.

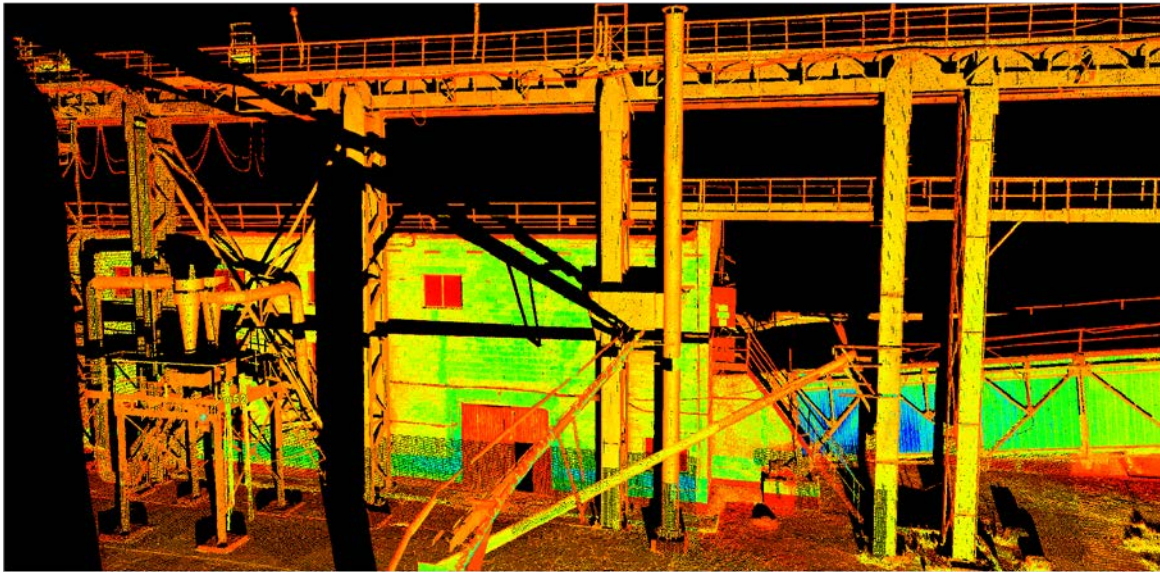


Рисунок 1. Пример скана

Системы НЛС также обладает такими преимуществами как:

- большая часть процесса съемки автоматизирована;
- определение «слепых зон» сканера благодаря трехмерной визуализации во время полевых работ;
- высокая точность и детализация результатов;
- экономическая выгода и эффективность съемки;
- благодаря автоматизации, после запуска сканирования нет необходимости в присутствии оператора;
- НЛС является активной съемочной системой, поэтому съемка не зависит от времени суток;
- многоотраслевое применение результатов лазерного сканирования (медицина, строительство, кораблестроение, маркшейдерское дело и т. д.)

Обладая данными преимуществами, технологию лазерного сканирования широко применяют в научной деятельности, в народном хозяйстве и на технологическом производстве. Ярким примером является строительство. По данным лазерного сканирования можно вести мониторинг строительного процесса, корректировку проектов или проведение исполнительных съемок. Кроме строительства, сканеры широко используются в архитектуре. Благодаря точному изображению объектов на сканах можно реставрировать культурные памятники и сооружения, создавать цифровые модели исторических объектов. Касаясь тенденции всеобщей цифровизации, промышленные предприятия постепенно отказываются от аналоговых носителей и переходят на цифровой формат данных. Применение трехмерных моделей промышленных объектов открывают новый горизонт возможностей. Одним из нововведений является интеграция информационных моделей с системами жизнедеятельности промышленного объекта. Данная тема весьма актуальна и уже получила реализацию в западных странах. Также лазерное сканирование получило применение: медицина (протезирование), судостроение, горная промышленность, маркшейдерия, топография.

Как говорил французский философ Вольтер «Прогресс-закон природы». Данную цитату можно отнести практически к любому виду человеческой деятельности. Начиная с 19 века, именно технологический прогресс задавал направление жизни современного человека. И вот на пороге 20 века была создана цифровая технология отображения трехмерной реальности [3]. Один из передовых разработчиков стал Иван Сазерленд, аспирант Йельского университета. Именно он первый создал программу, где интерфейс объединял в себе не только координаты X и Y, но и направление Z, тем самым создал первое трехмерное пространство (рисунок 2).

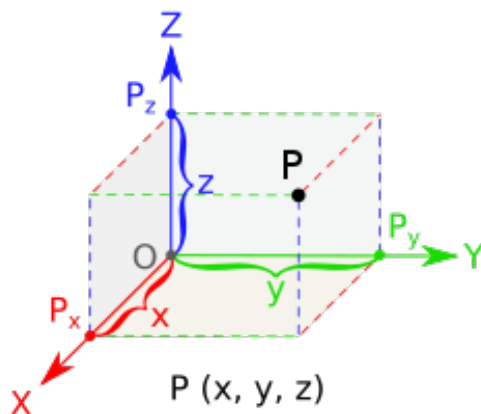


Рисунок 2. Трехмерное пространство

Данная разработка открыла новые перспективы развития информационных технологий. Особенно данная технология пригодилась в сфере строительства, где представление информации занимает ключевое место. И вот, как результат многолетней разработки специалистов по всему миру, на свет появляется новое направление – BIM-проектирование. В основу информационного моделирования сооружений легла концепция объединения всех баз данных по этапам строительства. При создании информационной модели инженер анализирует данные об объекте моделирования. В зависимости от степени завершенности объекта (планируемый, в процессе возведения, эксплуатируемый) инженер создает модель либо по проектной документации, либо по данным лазерного сканирования. Рассмотрим данный процесс на примере Павлодарского нефтехимического завода. Так как большинство установок уже введены в эксплуатацию, для моделирования требуется провести лазерную съемку территории предприятия.

После сканирования завода и обработки результатов, в распоряжении инженера появилась достоверная информация о внешнем виде, конфигурации и расположении нефтеперерабатывающих установок. Данные лазерного сканирования станут основой создания «цифрового двойника» (рисунок 3).



Рисунок 3. Пример «цифрового двойника»

Концепция «цифрового двойника» появилась в начале 2000-х годов. Как показала практика инженеров-конструкторов, в среднем 50-60% рабочего времени уходит на поиск нужной информации для поддержки производства и принятия рационализаторских решений [3]. Также 10% ошибок при строительстве происходят из-за несоответствия действительности тех самых документов. Данные факторы выливаются в дополнительные затраты, составляющие 10-15% от стоимости установки. Исходя из данной статистики, перед руководством ПНХЗ стал вопрос объединения всех систем в единую информационную модель. Основой цифрового двойника ПНХЗ будет трехмерная модель. Данная модель должна соответствовать действительности и нести в себе актуальную информацию. Также руководство ПНХЗ, в частности инженерный состав, потребовали наличие в модели данных об обслуживании, эксплуатации и инспекции нефтеперегонного оборудования. В итоге, будущий «цифровой двойник» должен описывать полный жизненный цикл предприятия.

В отличие от традиционных двумерных чертежей формата САД, информационная модель имеет свою уникальную упорядоченную структуру, где все элементы взаимодействуют между собой. Изменения в объектах одной категории повлекут логическую перестройку в других группах. Поэтому было создано множество информационных стандартов о структуре информационных баз в трехмерных моделях. Именно такой подход к созданию способствуют правильной классификации данных и построению максимально схожей с реальностью модели. Также структура подразделения инструментов моделирования предполагает деление по специфике. То есть для моделирование железобетонных конструкции будут привлечены люди, которые будут заниматься только данным аспектом модели с последующим заполнением информации. Такой подход к работе направлен на исключении вероятности потери данных, ошибок при их заполнении и прочих нюансов.

Работа по возведению трёхмерной модели на основе данных лазерного сканирования начинается с визуального анализа технологических установок для выявления характерной информации (название установки, строение, ГОСТ-ы и т. д.). После просмотра и анализа технической документации начинается сам этап моделирования. В зависимости от программного обеспечения методика может иметь различия. Но в целом процесс сводится к созданию геометрических примитивов, повторяющих форму и размеры объекта на облаке точек (рисунок 4). Согласно требованиям, модель должна отображать масштаб 1:1. Все объекты должны иметь координатную привязку. Также требуется, чтобы строительная сетка была построена согласно рабочей документации.

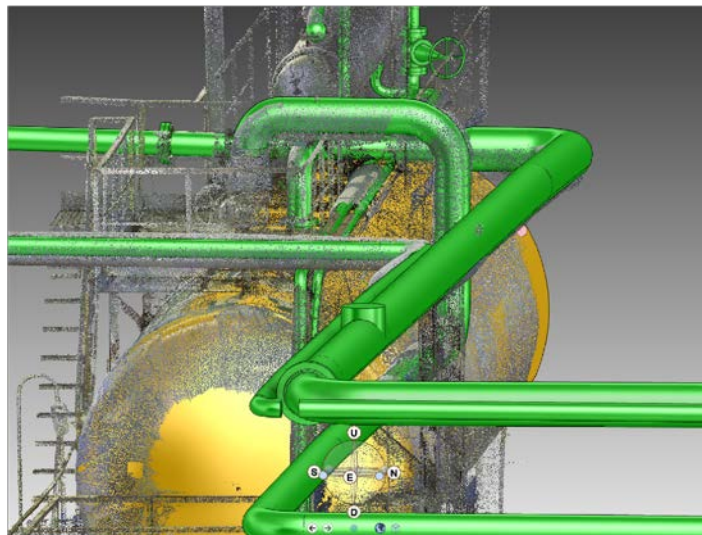


Рисунок 4. Моделирование по облаку точек

Один из основных характеристик BIM-модели является уровень детализации LOD (Level of development). Уровень детализации характеризует полноту отображения элементов на трехмерной модели. LOD определяет количество графической и атрибутивной информации для моделирования конкретного элемента в зависимости от требований заказчика. Существуют пять основных уровней проработки модели:

- LOD 100 – минимальная детализация, используемая при создании концепций. Концептуальная модель отображает приблизительную форму, примерный габариты и условное местоположение.

- LOD 200 – переход от концептуальной модели к логической. На данном уровне появляется информация об условных размерах объекта, его более точная позиция. На пример к модели здания добавляются перегородки, стены, перекрытия и прочие конструктивные элементы. Атрибутивная информация пополняется материалами изготовления элементов. Такой уровень детализации не достаточен для проектирования.

- LOD 300 (Проектная документация) – проектная модель объекта. Модели с таким уровнем детализации должны нести в себе полную информации о конструктивных элементах. Также элементам нужно дать спецификацию, которая необходима при расчётах. В отличии от классического проектирования готовая модель производит автоматически сбор данных и вывод нужной проектной документации.

- LOD 400 (Рабочая документация) – информационная модель с высокой степенью детализации и большой атрибутивной базой. При LOD 400 моделируются даже болты и сварные швы. Модель содержит полную базу данных об оборудовании, конструкции и спецификации.

- LOD 500 – максимальный уровень, используемый при введении модели в эксплуатацию. К основным требованиям относят: отсутствие коллизий, наличие логических связей и привязок между объектами, полное соответствие реальности. Также сама структура баз данных должна быть в строгом соответствии с регламентом [4].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гончаров А. С., Саклаков В. М. Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии // Статья в сборнике трудов конференции, 2018. – С. 24.
- [2] Середович В.А. Наземное лазерное сканирование// Монография – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.
- [3] Фролов А. Технологии трехмерного лазерного сканирования // Лазерное сканирование. - 2006. - С. 57.
- [4] Бенклян С. Уровни детализации элементов информационной модели здания // Статья-2004 г. [Электронный ресурс]. -URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17329

REFERENCES

- [1]Goncharov A. S., Saklakov V. M. Tsifrovoy dvoynik: obzor sushchestvuyushchikh reshenii i perspektivy razvitiya tekhnologii // Stat'ya v sbornike trudov konferentsii, 2018. – S. 24.
- [2]Seredovich V.A. Nazemnoe lazernoe skanirovanie// Monografiya – Novosibirsk: SGGA, 2009. – 261 s.
- [3]Frolov A. Tekhnologii trekhmernogo lazernogo skanirovaniya // Lazernoe skanirovanie. - 2006. - S. 57.
- [4]Benklyan S. Urovni detalizatsii elementov informatsionnoi modeli zdaniya // Stat'ya-2004 g. [Elektronnyi resurs]. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17329

Ж.М. Аукажиева*, А.Б. Даркенбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*e-mail: aukazhieva_zh@mail.ru

ЛАЗЕРЛІК СКАНЕРЛЕУДІҢ АНЫҚТАМАСЫ ЖӘНЕ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Андатпа. Ұсынылған ғылыми мақалада зерттеушілер барлық элементтер мен геометриялық параметрлерді сақтай отырып, сәулеттік, тарихи нысандарды түсіруге мүмкіндік беретін лазерлік сканерлеу технологиясын қолдану тәжірибесін қарастырады.

Қателерді азайту, жұмысты оңтайландыру және жеделдету үшін дизайнерлер көмек сұрап лазерлік сканерлейтін компанияларға жүгінуде. Бұл дәстүрлі өлшемдерден аулақ болуға және кез-келген ғимараттың нүктелік бұлттарын 1 мм дәлдікпен алуға мүмкіндік береді.

Бұл өндірістік нысандарды қайта құруда, сәулет, құрылыс, тау-кен және басқа да бірқатар салаларда өзінің тиімділігін көрсеткен түсіру нысандарын лазерлік сканерлеудің заманауи технологиясы. Сканердің егжей-тегжейлі автоматтандырылған режимде егжей-тегжейлі үш өлшемді түсірулерді жылдам орындауға мүмкіндік беретіндігін атап өту маңызды, бұл далалық жұмыс процесіне оператордың әсерін азайтады.

Негізгі сөздер: заманауи компьютерлік жүйелер, геодезиялық сала, лазерлік сканерлеу, үшөлшемді модель, ақпараттық модельдеу, құрылыстық тор.

Zh. M. Aukazhieva*, A. B. Darkenbayeva

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

*e-mail: aukazhieva_zh@mail.ru

DEFINITION AND THEORETICAL BASIS OF LASER SCANNING

Abstract. In the presented scientific article, the researchers consider the experience of using laser-scanning technology, which makes it possible to shoot architectural, historical objects with the preservation of all elements and geometric parameters in electronic format.

In order to minimize errors, optimize and speed up work, designers increasingly turn to laser scanning organizations for help. This allows you to get away from traditional measurements and get point clouds of any building with an accuracy of 1 mm.

Modern technology of laser scanning of shooting objects, which has already shown its effectiveness in the reconstruction of industrial facilities, in architecture, construction, mining and a number of other areas. It is important to note that the scanner allows you to quickly perform detailed three-dimensional surveying in a substantially automated mode, which minimizes the operator's influence on the field work process.

Keywords: modern computer systems, geodetic industry, laser-scanning, three-dimensional model, information modeling, construction mesh.