

УДК 528

ОСОБЕННОСТИ СЪЕМКИ ЛАЗЕРНЫМ СКАНЕРОМ FEATURES SHOOTING LASER SCANNER

Петренко Денис Васильевич
ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Хот К.А.
Кубанский государственный
технологический университет
xot.1999@mail.ru

Аннотация. В данной статье речь идёт как об особенностях съёмки лазерным сканером, так и о самом лазерном сканере, принципе его работы. Данная статья основана как на аналитическом исследовании материалов из интернета (научных статей), так и на практическом использовании аппарата Leica c10.

Ключевые слова: НЛС, наземный лазерный сканер, сканирование, фазовый дальномер, импульсный дальномер.

Petrenkov Denis Vasilyevich
Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
d.petrenkov93@mail.ru

Khot K.A.
Kuban state technological university
xot.1999@mail.ru

Annotation. In this article, we are talking about the features of shooting a laser scanner, and the laser scanner, the principle of its operation. This article is based both on analytical research of materials from the Internet (scientific articles) and on the practical use of the Leica C10 apparatus.

Keywords: TLS, terrestrial laser scanner, scan, phase meter, pulse meter.

История геодезических приборов началась еще в VII веке до нашей эры, их появлению способствовала необходимость использовать топографические карты при боевых действиях армий. Угломеры привнесли в геодезию астрономы, отвесы и ватерпасы возникли вместе землемерным делом. Такие приборы сильно упрощали жизнь и работу человека. Но с течением времени люди все больше нуждались в более точной, быстрой, и при этом легкой в использовании, но надежной аппаратуре. Спрос рождает предложение. Создавая новые и совершенствуя старые технологии, ученые вывели геодезические приборы на новый уровень. Например, на уровень современных приборов таких как, лазерный сканер.

Проблематика точного оборудования очень актуальна на сегодняшний день. Ведь современный мир не удивить обычными сооружениями квадратной формы высотой 30 метров. Мир стремится к высокому стилю, к необычным формам или колоссальным размерам зданий, стараясь уместить возведение конструкций в минимальные сроки. Для осуществления таких целей и необходимы такие приборы как высокоточные лазерные сканеры позволяющую осуществлять съёмку, и контролировать точность возведения конструкции затрачивая на это минимальный промежуток времени.

Разберем что такое лазерный сканер. Сканер или по-другому НЛС (наземный лазерный сканер) – это оборудование, позволяющее получить трехмерное изображение окружающей местности, ситуацию, рельеф. Это съёмочная система, с высокой скоростью измеряющая множество точек и при этом определяющая координату по трем осям каждой. Результатом этих измерений является облако точек, что и представляет собой трехмерную картину.

Изброженные лазерного сканера Leica c10 изображено на рисунке 1.

Прежде чем говорить об особенностях измерений лазерным сканером следует затронуть тему о принципе работы сканера, о способах его измерений и сравнить способы.

Наземный лазерный сканер состоит из полевого компьютера и самого лазерного сканера. НЛС в свою очередь состоит из лазерного дальномера, работающего с высокой частотой и блока развертки лазерного луча. В блоке развертки находится система зеркал, которая осуществляет пошаговое отклонение лазерного луча, обеспечивающая точное наведение лазерного луча на тот или иной узел сканирующей матрицы;

далее по известным углам разворота зеркал в определенный момент времени и по известным расстояниям до поверхности отразившей луч, вычисленным дальномером, процессор полевого компьютера вычисляет координаты «х», «у», «z» каждой измеренной точки, образуя данные либо в растровое изображение, где значение пикселей представляет собой вектор с известным расстоянием, интенсивностью отраженного сигнала и RGB (red, green, blue) составляющей, которая в свою очередь характеризуется реальным цветом (прибор фиксирующий интенсивность вернувшегося пучка света) либо в массив точек лазерных отражений от объектов, находящихся в поле зрения сканера с такими характеристиками как координаты (х; у; z;), интенсивность и реальный цвет. Дальномеры могут использовать два способа измерений – это фазовый и импульсный без отражательной методы.



Рисунок 1

Следует поподробнее разобрать тему импульсных и фазовых дальномеров, так как в зависимости от задачи желательно проводить измерения либо с тем, либо с иным дальномером.

Импульсный дальномер – прибор вычисляющий расстояние до объекта за счет определения точного времени прохождения импульса до препятствующей поверхности и обратно. Импульсный лазер генерирует множество импульсов инфракрасных лучей, которые с помощью специальной оптики направляются к цели. Импульс отражается от препятствия и возвращается. Зная скорость распространения и время, которое «отсутствовал» импульс (импульсы), компьютер вычисляет расстояние. В секунду могут быть посланы несколько тысяч таких импульсов, для уменьшения погрешности берется усредненное значение по всем импульсам за данную секунду. У каждой модели сканера своя настройки времени в пределах которой и берется усредненное значение импульса для одной точки. Чем больше времени, или чем больше НПС обрабатывает импульсов, например, за одну секунду, тем точнее определяется дальность расстояния от сканера до этой точки.

Фазовый дальномер – это лазерный дальномер, основанный на сравнении фаз. Суть такого метода заключается в том, что коаксиальный пучок с модулированной интенсивностью, отражающийся от специальной отражательной поверхности (обычно это призма) изменяет свою интенсивность. Принимая этот луч обратно, прибор определяет разность фаз, после чего вычисляет пройденное расстояние. «Метод измерения разности фаз работает по принципу наложения на несущую частоту модулированного сигнала. Прибор измеряет постоянное смещение фазы, несмотря на неизбежные изменения в излучаемом и принимаемом сигналах. В результате сравнения фаз основного и принятого отраженного сигнала определяется только величина сдвига фазы, а целое число циклов остается неизвестным и не позволяет сразу вычислить расстояние. Эта неоднозначность разрешается путем многократных измерений модуляций

волны, в результате чего определяется уникальное число циклов. Как только целое число определено, то расстояние до цели может быть вычислено очень точно» (информация с сайта КМС гео) [3, с. 3].

Перейдем к сравнению и выявлению преимуществ этих методов снятия расстояний. Импульсный метод является менее чувствительным к прерыванию сигнала, так как зависит от времени возврата луча. В фазовом же методе, после прерывания луча требуется повторно взять отчет по данной точке. Также, чаще всего мощность лучей импульсных дальнометров выше чем у фазовых, благодаря чему дальность съемки увеличивается, и без разницы куда наведется прибор, на отражатель или на какое-то тело. Но при этом, зачастую точность фазового сканера выше, однако это отличие не столь значительно, если говорить о дальних расстояниях; следовательно, если речь идет о не далеких расстояниях сканирования, следует отдать предпочтение фазовому сканеру, но опять же, все зависит от того где будет использоваться НЛС.

Для большей наглядности сравним характеристики нескольких приборов разных фирм, примерно схожих по характеристикам (примерно, так все приборы отличаются друг от друга и найти удачные примеры для их сравнения довольно сложно), отличающихся лишь видом дальнометра. Различия указаны в таблице 1.

Таблица 1

Принцип измерения	Фирма производителя	Точность определения расстояния (мм)	Максимальное измеренное расстояние (м)
Импульсный метод	Leica, Callibbus, Optech	10– 20	До 1000
Фазовый метод	Leica, IQSun, Vislimage	До 10	До 100

Также стоит упоминать о реже встречающихся НЛС, о сканерах, основанных на триангуляционном методе измерения расстояния. Такой вид измерения производится в высокоточных лазерных сканерах. Механизм снятия расстояния методом триангуляции заключается в таком расположении приемника и излучателя, что принцип снятия расстояния сводится к тому, чтобы решить задачу треугольника где известны расстояние и два угла. Такие дальнометры могут вычислять расстояние с точностью до тысячного миллиметра. К сожалению, за большим плюсом следует и минус. Такие НЛС не используются для сканирования больших расстояний. Среднее расстояние работы сканеров с такими дальнометрами, например, таких фирм как Trimbl и Minolta – 5–7 метров. Такие приборы используются в таких сферах деятельности как реставрация памятников, машиностроение и даже медицина, это направления, не требующие высокой дальности измерений, но требующие высокой точности.

У сканеров именно технические характеристики определяют над какой конкретной задачей лучше справится тот или иной НЛС. Основными характеристикам являются: точность измерения расстояний, скорость сканирования, разрешение сканирования, поле зрения сканера, дальность сканирования, расходимость лучей.

Но при этом существуют такие параметры как класс защищенности (обычно, сканеры имеют хорошую защищённость от влаги, пыли и т.д. так как сами по себе обслуживания достаточно дороги в покупке. Защищенность стала обязательным бонусом в сканерах, но все же и по этим характеристикам приборы могут значительно отличаться друг от друга), распознавание реального цвета, портативность, и возможность взаимодействовать с другими устройствами, а также автономность. НЛС могут отличаться друг от друга и многими другими характеристиками, даже такими мелочными, но обычно играющими не малую роль при покупке, как удобность и особенность интерфейса.

Основные возможности сканера, благодаря которым сканер оказывает огромнейшую услугу в самых различных профессиях это:

- возможность определения пространственных координат множества точек окружающих предметов в полевых условиях;
- высокая точность измерений;
- высокая производительность (высокая скорость снятия множества точек, мгновенные расчеты, быстрая обработка информации и вывод на носитель в уже готовой к использованию форме);

- высокая степень детализации;
- способность прибора независимо от степени освещенности производить сканирование;
- возможность дистанционного использования оборудования и получения данных [2, с. 5].

Переходим к главной цели. Разберем где и как может использоваться лазерный сканер, а также особенности съемки НЛС.

Наземный лазерный сканер, прибор очень универсальный (использовать можно там, где только в голову придет), но вне зависимости от того где он применяется, в основном, это просто съемка окружающей местности (улица, тоннель, пещера и т.д.), в редких случаях его используют для наблюдения (мониторинг) за объектом (здание, мост). Конечно, если говорить о наблюдении, целесообразнее использовать тахеометр (намного меньше погрешности), но тахеометр не дает общую картинку всего сооружения, и часто для таких наблюдений используют не один экземпляр тахеометра, а несколько (опять же, все зависит от того что требуется пользователю), при этом, для этого требуется дополнительная аппаратура, например, специальные отражатели.

Мониторинг. Мониторинг проводится в несколько этапов с определенной периодичностью. Результатом такого наблюдения является разница координат, полученных в результате съемки, которая дает представление о том, как изменилась конструкция за прошедшее время, из чего делается вывод о качестве возведения конструкции, а также прогноз о будущем поведении сооружения [7, с. 5]. Разберем чуть подробнее сам процесс мониторинга. Мониторинг проводится в два этапа с разницей во времени в 4 месяца. Первый и второй этап – это сканирование нужного здания, конструкции и т.д., затем сравнение, сканирования в мониторинге, как и в обычном разовом сканировании – это установка сканера, его нивелирование, настройка, сканирование и, если требуется проверки. Мониторинг может проводиться как с одной станции, так и с двух, трех и т.д., при этом требуется привязать станцию, сканер к местности с помощью маркеров, а также связать станции друг с другом. Для двух станций стояния, нужно как минимум 4 точки. (Также маркеры используются для более точного наблюдения за определенной точкой.) После сканирования, полученные данные обрабатывают в специальной программе, далее сравнивают, анализируют облако точек, отснятые маркеры. В результате сравнения определяют смещения, на основе чего делают выводы [6, с. 5].

Съемка (сканирование) местности. Наземное сканирование используется для решения многих современных задач. С тех пор как был создан НЛС некоторые профессии и не представляют себя без этого оборудования. Во многом это заслуга не только быстрой скорости съемки, но и высокой точности и кучности точек, которые дают нам плотное объемное изображение, где известна координата каждой точки. Например, лазерный сканер Leica RTC360 3D, который снимает до 2 миллионов точек в секунду. Одни из многочисленных направлений в которых часто применяется НЛС: судостроение, геология, топография, археология и т.д. Так же стоит отметить использование сканеров в криминалистике. Например, используя обычный сканер, снимающий 3000 точек в секунду, можно получить координаты огромного количества точек с точностью до миллиметра, при этом, данная операция займет лишь не более 5–7 минут. То есть, в конечном счете у криминалистов не просто фотографии и записи по месту преступления, а точная 3D модель места преступления. Так же лазерный сканер можно использовать для съемки различных происшествий, яркий пример это использование НЛС при ДТП. Но особо стоит выделить вклад этого оборудования в строительстве, топографии, геодезии, архитектуре и реконструкциях памятников и архитектуры.

Если говорить о строительстве, универсальность НЛС позволяет снимать, как и снаружи сооружения, конструкции, так и внутри. Что позволяет наиболее точно, в результате съемки, получения данных и их обработке, получить план или точный 3D чертеж. Именно благодаря таким технологиям можно сделать вывод на сколько будет успешна модернизация конструкции, или если говорить о реставрации, реставрация памятника. Обработав облако точек, полученное со сканера и получив таким образом реальный чертеж здания, мы можем сравнить его с проектным чертежом, таким образом понять какой объем работы требуется совершить, и что, в принципе, еще требуется

или возможно сделать. Кроме этого сканеры используют для подсчета объемов грунта и распределения его по всей территории для получения той или иной поверхности с определенной высотой или глубиной [13, с. 6].

В реставрации исторических объектов сканирование дает точнейшую, объемную полную картину исторического объекта. НЛС способен обнаружить все недочеты или пороки конструкции, такие как: трещины, отклонения от осей. «При предъявлении фасада здания техническому надзору и составлении исполнительной документации; при реконструкции фасада дома, которые предполагают изменение элементов декора или физических параметров и размеров конструкции» [8, с. 7; 13, с. 7].

В топографии только идет в оборот специальный переносной сканер в виде рюкзака, сканирующий окружающую среду во время движения, Вак рак. С НЛС сканируют все возможные виды дорог, улицы, дворы, метро и так далее.

В геодезии, сканер используют для определения точного рельефа для маломасштабных карт где важны мелкие неровности.

Примеры различных сканирований: сканирование тоннеля КЗС Санкт-Петербург (рис. 2), полное сканирование храма Александра Невского в Новосибирске (рис. 3), сканирование адмиралтейского верфя (рис. 4), сканирование двух карьеров (рис. 5, 6).

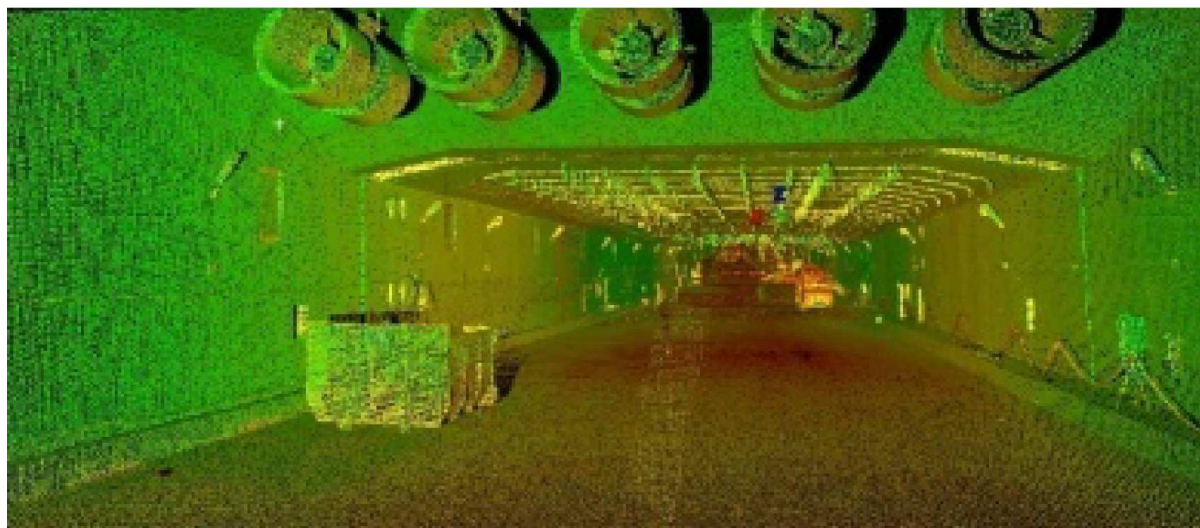


Рисунок 2

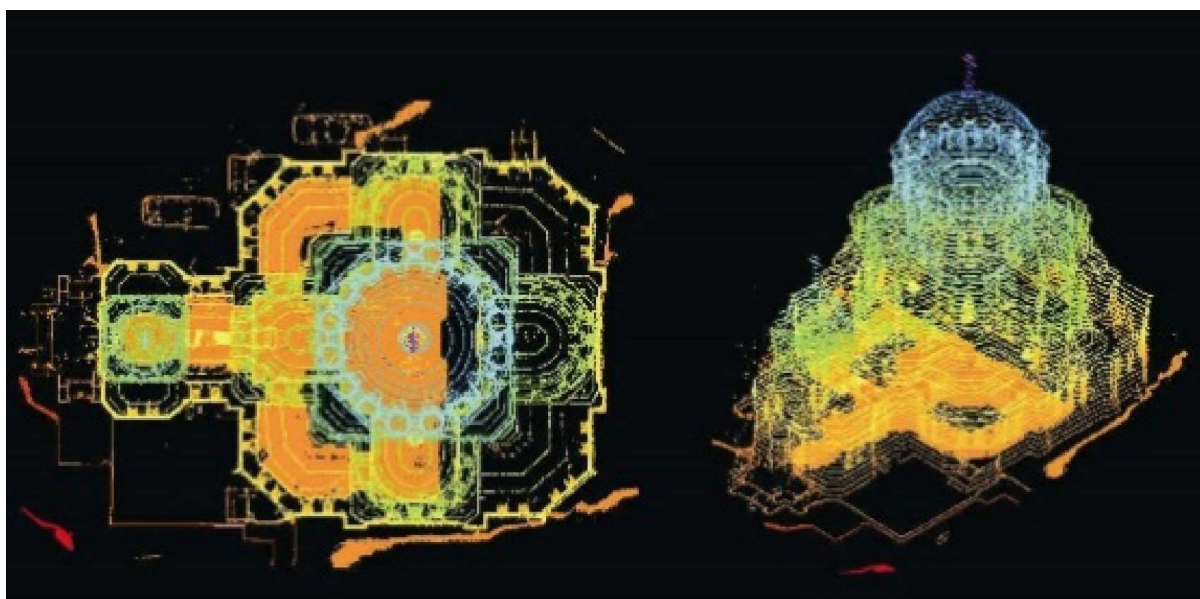


Рисунок 3

Если говорить о сканерах для строительства, существуют НЛС для внутренних работ – это приборы небольших размеров, и естественно настроенные на сканирование на относительно небольшие расстояния, но при этом очень точные (для коротких расстояний), легкие и быстрые. В пример можно привести прибор компании Leica, BLK360 имеющий очень маленькие размеры, но при этом не маленькие показатели точности и скорости работы (для близких расстояний). Прибор совершает до 360000 сканирований в секунду, при этом имея возможность полного управления этим прибором на расстоянии с обычного телефона или ПК. Но также существуют сканеры для работ со средними, дальними расстояниями – это приборы с диапазоном 270 м – Leica ScanStation P40/P30, и с диапазоном в 1 км – это Leica ScanStation P50 соответственно.

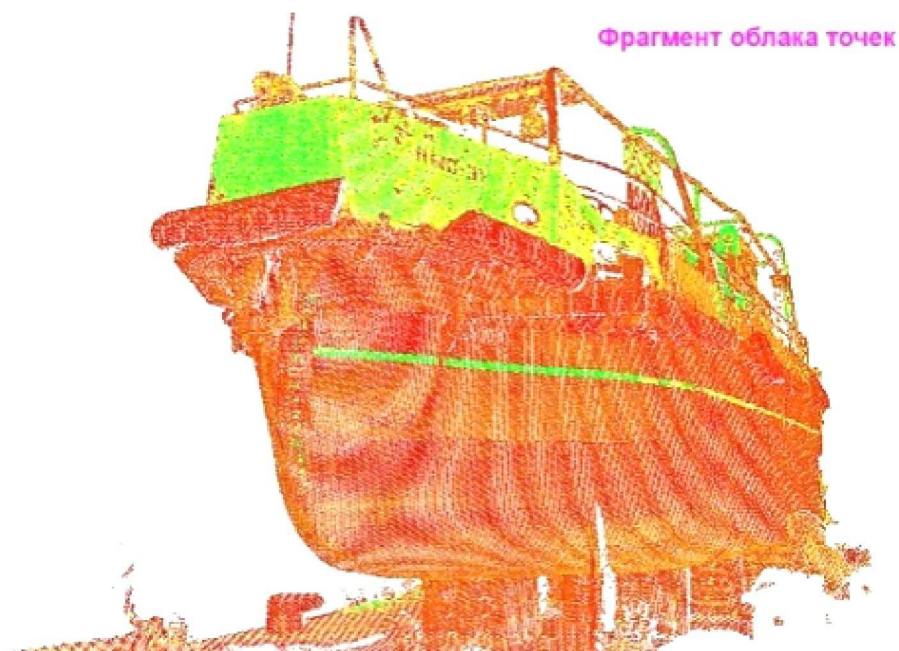


Рисунок 4

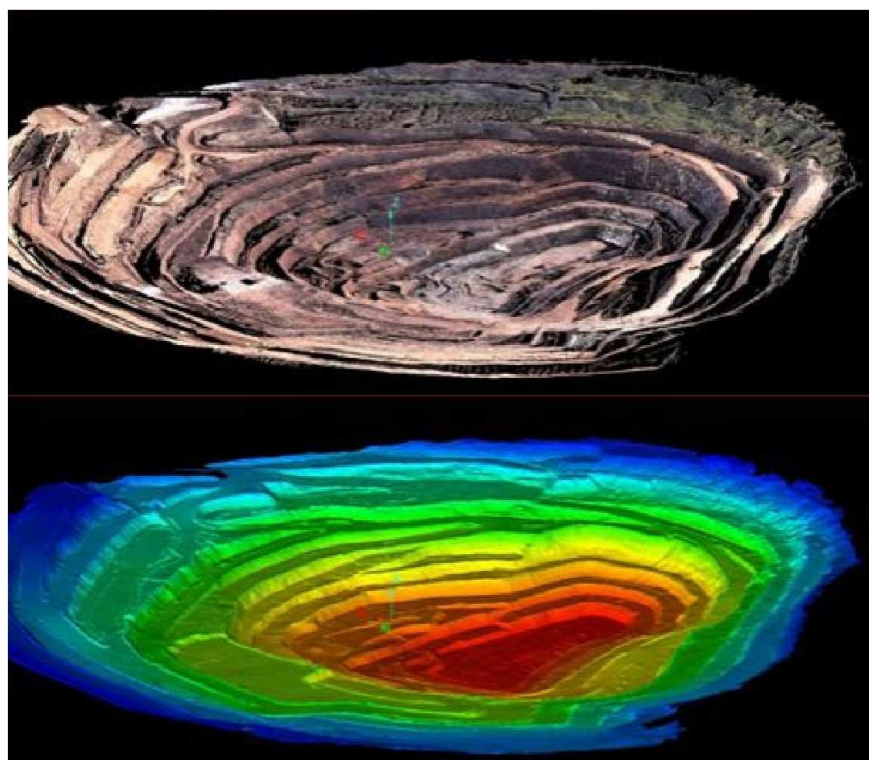


Рисунок 5

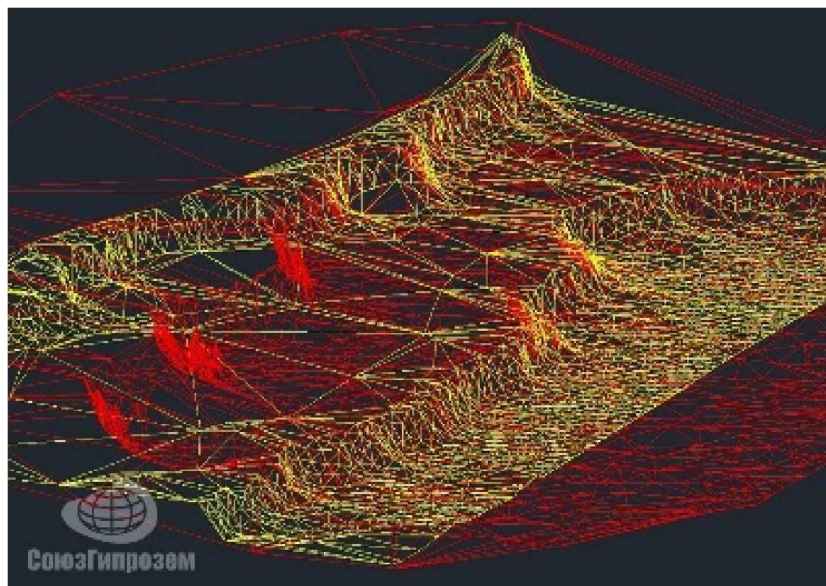


Рисунок 6

Перейдем к самому процессу съемки. Для сканирования с одной точки достаточно настройки и включения аппарата для начала работы. Разберем сканирование большого участка, где сканер просто не может охватить всю зону, или просто не может видеть из-за преграды. Для наглядности рассмотрим то, как использовать прибор пошагово для полной съемки участка вокруг какого-то объекта (хоть и не существует запатентованного порядка сканирования местности). Главная задача при съемке – это точно, с наименьшими погрешностями охватить всю нужную территорию без темных зон. Для этого следует проложить ход сканера таким образом, чтобы сканер мог отсканировать все невидимые точки, оставшиеся с прошлого репера, и при этом все еще состоять в той же системе отчета, то есть быть связанным с предыдущими реперами. Нужно путем правильного расположения сканера добиться наименьшего количества пустот в итоговой картине. Сами устройства очень автономны, пользователю следует лишь задать настройки, подождать пока прибор отсканирует, и перенести на следующую заранее определенную точку и повторить сканирование (если это требуется, т.е. если одной точки стояния недостаточно), и лишь в конце немного обработать данные. Главная задача со стороны пользователя это правильно связать эти точки после центрирования. Разберем все это пошагово:

1. Составляем план действий. С учетом рельефа и ситуации прокладываем ход, т.е. определяем точки стояния сканера. Составляем абрис журнал.

2. Устанавливаем аппаратуру. Центрируем ее, определяем координаты и задаем настройки такие как: угол в пределах которого будет происходить сканирование местности, и точность. В зависимости от точности будет зависеть то, как долго оборудование будет снимать данную территорию.

3. Следуя построенному маршруту устанавливают прибор на каждую из требующихся проектных точек, и в каждой точке повторяют пункт 2 за исключением определения координат. Координаты (включая высоту) следующей точки прибор вычисляет сам, но для этого надо правильно связать эту точку с предыдущей. Связывают точки друг между другом с помощью специальных заранее установленных маркеров, либо способ как при прокладывании теодолитного хода.

Маркеры – это специальные отражательные поверхности не больших размеров, либо приклеивающиеся на наклонную или вертикальную поверхность, либо устанавливающиеся на горизонтальную. Главное, чтобы маркеры оставались неизменны в своем местоположении. Для правильного определения координат, а затем сохранения оборудования в той же системе отсчета следует ориентироваться по заранее установленным маркерам. Эти маркеры служат как привязка к данной местности. То есть это точки относительно которых прибор и будет определять свое местоположение. В

зависимости от типа сканера, либо по камере, находящейся в нем, либо по полученному сканированию местности и нужно наводиться на маркеры (на маркеры наводится нужно самому).

4. После такой съемки все данные сохраняются в компьютере сканера. Далее нужно обработать эти данные, в результате чего у нас получится точный трехмерный план (на сколько точный зависит от настроек и оборудования) рельефа и ситуации данной местности. Не смотря на то, что сканер обрабатывает данные с помощью бортового компьютера в полевых условиях, все же желательно, а в зависимости от продвинутости сканера может быть и обязательно обработать выданное вам облако точек. Существуют специальные программы для обработки данных со сканера, обычно это делают с помощью достаточно универсальной программы Autocad, но существуют и специальные узко специализированные программы, разрабатываемые либо производителями сканеров, либо университетами, например, программа Credo [11, с. 9].

Если же говорить о сканировании определенного предмета, все намного проще. Достаточно просто задать настройки и начать сканирование, при надобности переместив аппарат для снятия с другой стороны, заранее связав после обработок данные с помощью программы.

При съемке, для уменьшения погрешностей нужно учитывать и исключать по возможности факторы негативно влияющие на процесс сканирования. Это:

- *Вибрации.* Вибрации вносят систематические ошибки в измерения. Для уменьшения влияния вибрации на сканирование можно использовать амортизирующие устройства.

- *Запыленность.* Запыленность вводит в заблуждение прибор. При высокой плотности пыли, НЛС может принять сгусток пыли за точку.

Блестящие поверхности. Блестящие поверхности затрудняют принятия сигнала, в результате чего появляется ошибка в измерении расстояния [4, с. 9].

Не смотря на то, как сильно наземный лазерный сканер может облегчить и ускорить работу при выполнении поставленного плана, к сожалению, сканер не является таким популярным в использовании в России, каким он достоин быть. Основной причиной является высокая цена оборудования. Многие предприятия считают такие вklady не выгодными, хотя на самом деле они могли бы выиграть вдвое благодаря таким преимуществам сканера как точность и очень быстрая скорость работы оборудования (при том, что речь идет не просто о быстрой съемке множества точек, а в добавок и мгновенной обработке данных). О выгоды данной аппаратуры проводила исследование в своей статье ассистент кафедры кадастра и геоинженерии КубГТУ Гура Татьяна Андреевна, анализируя затраты США до и после внедрения Сканера в геодезические работы, выявила явное сокращение затрат на общую работу. Что и является заслугой лёгкости и быстроты пользования наземными лазерными сканерами [5. с. 9]. Если же говорить о выгоды использования данного оборудования, то еще раз стоит вспомнить о том, на сколько наземный лазерный сканер универсальный прибор, и речь идет не только о разнообразии его использования человеком, но и о возможности сочетать сканер с другими технологиями, программами. Стоит заметить совместную работу НЛС с ГИС (геоинформационная система), данная комбинация позволяет решать многие задачи с большим КПД за счет возможности реализовать поставленный план с меньшей вероятностью ошибки [14, с. 9].

До недавнего времени для получения метрической информации об архитектурных объектах применялись либо методы наземной фотограмметрии, либо натурные обмеры. Оба этих способа – очень трудоемки и в полной мере не позволяют создать детальную трехмерную модель объекта. Трехмерное лазерное сканирование позволило ускорить создание трехмерных моделей и увеличить качество, тем самым сделав процесс намного менее трудоемким [9, с. 9].

Литература:

1. URL : <https://studfiles.net/preview/6139155/page:23> (04.07.2018).
2. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Наземное_лазерное_сканирование (04.07.2018).
3. URL : <http://www.kmcgeo.com/Articles/DRplus.htm> (04.07.2018).

4. Наука и техника. – URL : <http://naukaip.ru/wp-content/uploads/2018/03/МК-296-Сборник-Часть-1.pdf> (04.07.2018).
5. Гура Т.А., Мавропуло М.Д., Ковалева А.А., Трюшкин Н.И., Знова М.К., Стрельцов А.И. Мировой опыт создания информационных моделей объектов с помощью технологии сканирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 209–212.
6. Кузнецова А.А., Гура Д.А., Алкачев Т.Э. Анализ полученных данных методом лазерного сканирования для выполнения периодического мониторинга на примере здания расположенного в г. Краснодаре // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2014. – № 4. – С. 77–83.
7. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Глазков Р.Е. Анализ программного обеспечения для обработки данных наземного лазерного сканирования // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. – Т. 12. – № 3. – С. 127–140.
8. Бушнева И.А., Безверхова Ю.А., 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.
9. Гура Т.А., Грибова Е.А. Перспектива внедрения наземного лазерного сканирования при мониторинге зданий и сооружений : Профessional года 2017 / сборник статей победителей IV Международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 123–128.
10. Гура Т.А., Мавропуло М.Д., Ковалева А.А., Трошкин Н.И., Знова М.К., Стрельцов А.И. Мировой опыт создания информационных моделей объектов с помощью технологии сканирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 209–212.
11. Туров Д.И., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А. Комплекс работ, выполняемых наземным лазерным сканером для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 3. – С. 29–41.
12. Гура Т.А., Иналов Т.Р., Заворотынская В.В., Махинько А.С., Тхазеплова Д.А., Тлапшюков А.Т. Лазерное сканирование промышленных объектов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 225–229.
13. Гура Т.А., Сирота П.В. Особенности сканирования архитектурных сооружений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 256–263.
14. Касмынина М.Г., Малыхина Т.А., Горбачёв С.Ю. ГИС как инструмент стратегического развития территории г. Ставрополя : Эволюция и деградация почвенного покрова / сборник научных статей по материалам V Международной научной конференции. – 2017. – С. 371–372.

References:

1. URL : <https://studfiles.net/preview/6139155/page:23> (04.07.2018).
2. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Nazemnoye_lazernoye_skanirovaniye (7/4/2018).
3. URL : <http://www.kmcgeo.com/Articles/DRplus.htm> (04.07.2018).
4. Science and technology. – URL : <http://naukaip.ru/wp-content/uploads/2018/03/МК-296-Сборник-Часть-1.pdf> (7/4/2018).
5. Gura T.A., Mavropulo M.D, Kovalyov A.A, Tryushkin N.I., Znova M.K., Streltsov A.I. International experience of creation of information models of objects by means of technology of scanning // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 209–212.
6. Kuznetsova A.A., Gura D.A., Alkachev T.E. The analysis of the obtained data by method of laser scanning for performance of periodic monitoring on the example of the building located in Krasnodar // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2014. – No. 4. – P. 77–83.
7. Shevchenko G.G., Gura D.A., Glazkov R.E. The analysis of the software for data processing of land laser scanning // Modern industrial and civil engineering. – 2016. – T. 12. – No. 3. – P. 127–140.
8. Bushneva I.A., Bezverkhova Yu.A., Shevchenko G.G., Gura D.A. About use of land laser scanning for obtaining front drawings of the explored buildings and structures // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 11. – P. 89–97.
9. Gura T.A., Gribova E.A. Perspektiva of introduction of land laser scanning when monitoring buildings and constructions : Professional of year of 2017 / collection articles of winners of the IV International scientific and practical competition. – 2017. – P. 123–128.

10. Gura T.A., Mavropulo M.D., Kovalyov A.A., Troshkin N.I., Znova M.K., Streltsov A.I. International experience of creation of information models of objects by means of technology of scanning // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 209–212.

11. Turov D.I., Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A. A complex of the works performed by the land laser scanner for drawing up spatial measurement drawings of underground constructions on the example of hydroelectric power station // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 3. – P. 29–41.

12. Gura T.A., Inalov T.R., Zavorotynskaya V.V., Makhinko A.S., Tkhazeplova D.A., Tlapshokov A.T. Laser scanning of industrial facilities // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 225–229.

13. Gura T.A., Orphan P.V. Osobennosti of scanning of architectural constructions // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 256–263.

14. Kasmynina M.G., Malykhina T.A., Gorbachev S.Yu. GIS as instrument of strategic development of the territory of Stavropol : Evolution and degradation of a soil cover / collection of scientific articles on materials V of the International scientific conference. – 2017. – P. 371–372.