

УДК 528.4

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНОГО
3D СКАНИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКЕ**

Булдаков А. В., студент гр. ГМсз-191, IV курс

Горбунова В. А., старший преподаватель

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Технология лидар (*LIDAR* или *LiDAR*, аббревиатура от *Light Detection and Ranging* – «обнаружение и определение дальности с помощью света») появилась достаточно давно, еще в 60-е годы, но развитие получила с конца восьмидесятых и может рассматриваться как метод дистанционного зондирования объектов. Изначально лидары применялись на борту пилотируемых устройств или как наземные средства получения информации. Дальнейшее совершенствование лазерного зондирования привело к созданию более компактных наземных и воздушных лазерных сканеров. Создаваемое сканером облако точек при обработке в соответствующей программе позволяет получить пространственную модель объекта. Способ довольно точный, но достаточно дорогой и требует сложной обработки данных.

LIDAR-технология нашли применение в различных отраслях, включая геодезию, картографию, геологию, лесное хозяйство, мониторинг окружающей среды и многое другое. Например, созданная пространственная цифровая модель рельефа и местности применяется в проектной деятельности; в горнодобывающей отрасли использование *3D*-сканирования позволяет быстро и точно произвести расчет объемов складов с полезным ископаемым. В строительстве *LIDAR* используется для замеров объектов и территорий, контроля качества выполнения работ.

Появление БПЛА значительно упростило лазерное сканирование: скорость получения данных, их точность стали выше, стоимость уменьшилась. Дальнейшее развитие цифровых технологий, удешевление интегральных микросхем привело к тому, что устройства дистанционного зондирования стали широко доступны благодаря гаджетам потребительского класса. Обычно эти гаджеты используются в технологиях дополненной реальности. Но в последнее время производители сделали попытку оснастить свои планшеты и смартфоны камерами с лидаром, что существенно расширило сферу применения этой технологии вплоть до бытовых целей.

Появились разнообразные программы для такого мобильного сканирования. У производителей *iPhone* это программы *Scaniverse*, *Polycam*, *3D scanner app*, *Record3D*, *SiteScape*, *Everypoint*; для производителей *Android* это программы *Qlone*, *Scann3D*, *Eora Studio*, *3D Scanner for ARCore*, *3D Scanner Pro*, *Handy 3D Scanner*.

Идея изучить возможность применения лазерного сканирования с помощью смартфона в производственных условиях на строительной площадке привела к проведению эксперимента для создания 3D модели склада песка. В связи с этим выбрано необходимое для эксперимента оборудование. Например, *iPhone 14 Pro* от *Apple* оснащен лидарным сканером, который может создавать картографические проекты с возможностью экспорта облака точек с помощью программного продукта. Используя встроенный гироскоп и акселерометр, *iPhone 14 Pro* может создавать 3D-карту. Гироскоп предназначен для ориентации положения телефон. Акселерометр предназначен для измерения скорости телефона во время перемещения его в пространстве. Использование всех этих датчиков влияет на создание приложений, использующих датчик *iPhone LiDAR* для сканирования данных и использование алгоритмов с помощью гироскопа и акселерометра для создания облака точек. Эти данные можно экспортировать как облако точек в соответствующее приложение.

При выборе приложения для сканирования руководствовались условиями, указанными в таблице 1: простота в пользовании, поддержка *Autodesk*, возможность облачного хранения.

Таблица 1

Приложения	Встроенные покупки	Экспорт в форматах	Возможность экспортировать бесплатно	Облачное хранение	Поддержка <i>Autodesk</i>
<i>SiteScape</i>	Есть	<i>PLY, E57, RCP</i>	Есть	Есть	Есть
<i>Polycam</i>	Есть	<i>OBJ, GLTF, DAE, FBX, USDZ, STL, DXF, PLY, XYZ, LAS, PTS</i>	Нет	Есть	Есть



Для решения вопроса точности выполненных работ решено сравнить результат с данными, полученными высокоточным геодезическим оборудованием. Таким образом, для эксперимента выбраны: электронный тахеометр *Sokkia IM-102* для контрольной съемки, смартфон *iPhone 14 Pro* для лазерного сканирования, приложение для создания модели *Polycam*, *Autocad Civil 3D 2017* для обработки данных. Основные характеристики оборудования представлены в таблице 2.

Съемка склада песка производилась тахеометром *Sokkia IM-102* в условной системе координат, сканирование поверхности склада песка производилась с помощью телефона *iPhone 14 Pro* и программы *Polycam* со встроенным датчиком LiDAR без привязки к системе координат. Цель самого эксперимента: сравнение результатов подсчета объемов склада песка разным оборудованием. Для обработки съемки была использовано программное обеспечение *Autocad Civil 3D 2017*.

Съемка, произведённая тахеометром, содержит 34 пикета, что в свою очередь облегчает обработку съемки абсолютно на любом персональном компьютере, ноутбуке. Скан содержит 2 454 396 пикетов и это очень усложняет обработку съемки на неспециализированном оборудовании (компьютер

со слабой производительностью). Соответственно обработка облака точек вызвала большие трудности, после обработки облака точек вручную количество пикетов составило 2 233 593.

Таблица 2

	<p>Электронный тахеометр Sokkia IM-102 Измерение углов Точность (скуп) измерения угла одним приемом, 2" Дальность измеряемых расстояний без отражателя, 0,3 – 1000 м на отражающую плёнку, 1,3 – 500 м по одной призме, 1,3 – 6000 м Точность измерения расстояний по одной призме $\pm (1.5 + 2 \times 10^{-6} \times D)$ на отражающую пленку $\pm (2 + 2 \times 10^{-6} \times D)$ без отражателя $\pm (2 + 2 \times 10^{-6} \times D)$</p>
	<p>Смартфон iPhone 14 Pro Камера Основная: 48 МП, 1.22 μm, F1.78, PDAF, OIS. Ультра широкоугольная: 12 МП, F2.2, 1.4 μm. Датчик глубины ToF Lidar () Телефото: 12 МП, OIS, F2.8, оптический зум x3, цифровой зум x15.</p>

Во время обработки облака точек были удалены «шумы», которые связаны с неплавным движением рук во время сканирования, накладыванием одних точек на другие связи с повторным сканированием, а так же неравномерным распространением солнечного света по всей области из-за больших размеров снимаемого объекта.

На снимках 3D модели, созданной с помощью мобильного сканирования (рис. 1), видны шероховатости на поверхности, это и есть «шум» во время сканирования, их не получилось подчистить связи со слабой производительностью ПК, но это не влияет на подсчет объемов склада песка (то есть не вносит серьезные ошибки при подсчете объемов).

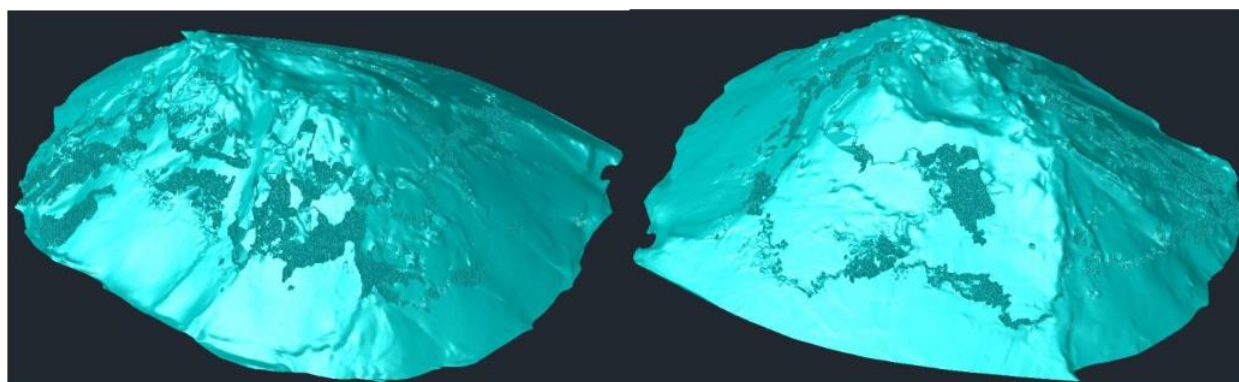


Рис.1. Экспериментальная 3D модель

На снимках 3D модели склада песка, отснятой с помощью тахеометра (рис.2), видны характерные пикеты, которые являются вершинами треугольников, объединенными в одну поверхность. Полученная 3D модель является относительно грубой копией поверхности склада песка, она повторяет рельеф поверхности не идеально. Это связано с тем, что рельеф поверхности не сложный, поэтому при топографической съемке не было смысла набирать неоправданно большое количество пикетов по всей поверхности. Выигрыша в точности подсчета объемов в этой ситуации не получается, в итоге только увеличиваются временные затраты на съемку и ее обработку. Кроме того, при погрузке-разгрузке и транспортировке материала со склада на строительную площадку постоянно происходят потери песка, что сказывается на подсчете объема материала.

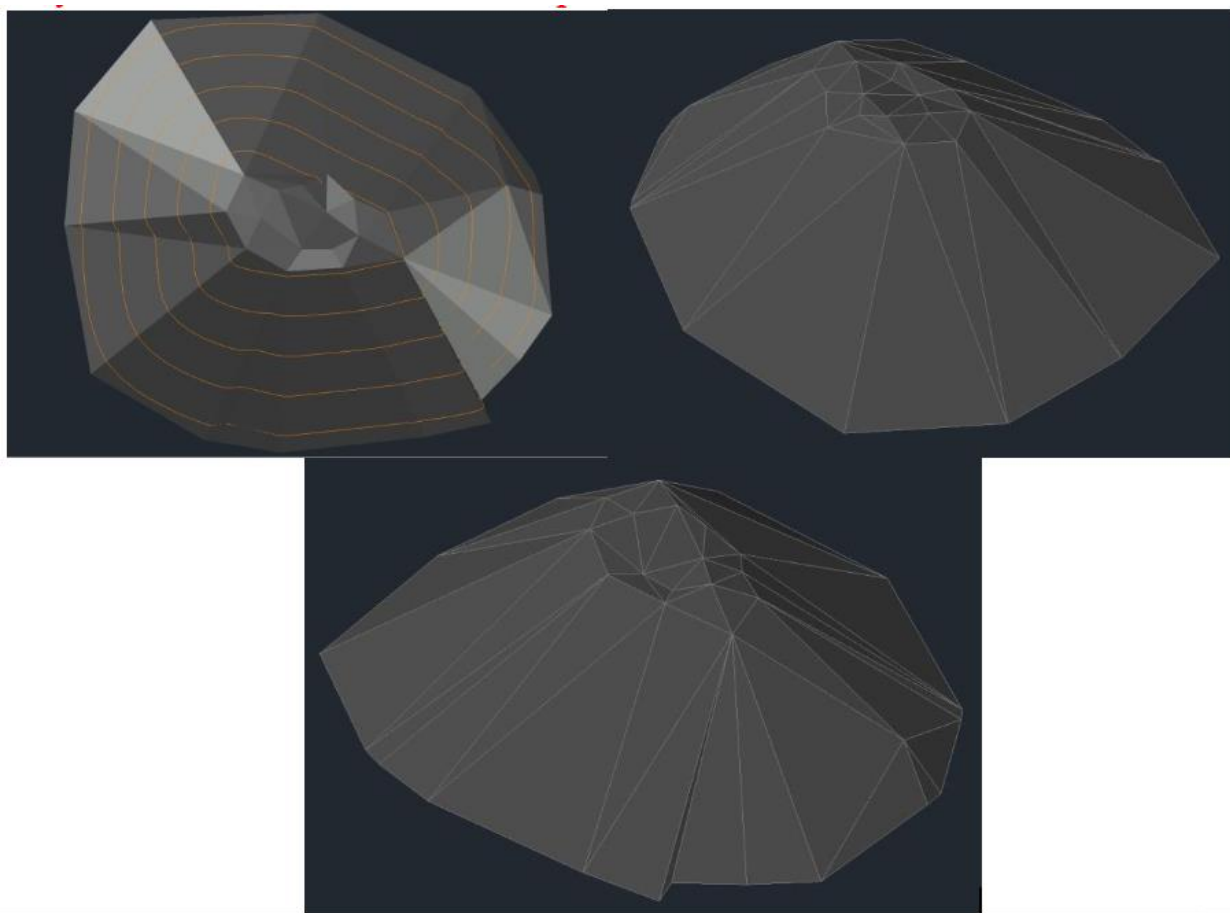


Рис. 2. 3D модель, построенная по результатам контрольной съемки

В результате подсчета определен объем песка, полученный с помощью съемки электронным тахеометром, он составляет $583,74 \text{ м}^3$ (исполнительная схема представлена на рис. 3), объем песка, вычисленный по модели, полученной с помощью сканирования гаджетом, составляет $549,86 \text{ м}^3$.

Разница объемов составляет $33,88 \text{ м}^3$, что составляет погрешность около 6%. Для земляных работ допустимое расхождение не должно превышать 10%, иначе съемка считалась бы неправильно произведенной или поверх-

