

## ВОЗДУШНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ 3D ГОРОДОВ

Шарапиев Аскарбек Маратович

[Askarbek98@mail.ru](mailto:Askarbek98@mail.ru)

Магистрант ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Архитектурно-строительного факультета,  
кафедры «Геодезия и картография», Нур-Султан, Казахстан  
Научный руководитель – Сағындық М.Ж

Аннотация. Создание цифровых двойников 3D городов в настоящее время является необходимостью, которая создается для решений SMARTCITY. Что же представляет собой цифровой двойник? Цифровой двойник понимается как, «динамический виртуальный представление физического объекта или системы на протяжении его жизненного цикла с использованием данных в реальном времени для обеспечения понимания, обучения и рассуждения». Цифровой двойник будет играть важную роль в Четвертой промышленной революции. А как же получить цифровой двойник, есть несколько методов, среди них важную роль играет воздушное лазерное сканирование.

Приоритетным направлением для повышения производительности труда в существующих предприятиях, согласно утвержденного Указом Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018 года "Стратегического плана развития Республики Казахстан" является техническая модернизация. Техническая модернизация и внедрение цифровых технологий позволит предприятиям выпуск конкурентоспособной импортозамещающей продукции, которая должна отвечать международным стандартам качества.

На данный момент на территории Республики Казахстан действует проект «Цифровой Казахстан». Государственная программа «Цифровой Казахстан» – это важная комплексная программа, которая нацелена на повышение уровня жизни каждого жителя страны за счет использования цифровых технологий.

Основными целями Программы стали ускорение темпов развития экономики Республики Казахстан и улучшение качества жизни населения, а также создание условий для перехода экономики на принципиально новую траекторию – цифровую экономику будущего.

Создание и применение цифровых двойников дает большое преимущество для государства, которое позволяет контролировать территории в режиме реального времени, и оказывать услуги населению. В рамках программы «Цифровой Казахстан» создание цифровых двойников как предприятий, городов и населенных пунктов является первостепенной задачей, которая поможет решить задачи автоматизации услуг, и наглядности действия государственных организаций.

Использование цифровых двойников в концепции города - более широкое видение по сравнению с промышленным дизайном. Например, Умный города концепции цифровых двойников взаимосвязаны на многих уровнях, от Интернета вещей до интерактивности между цифровыми двойниками и реальным миром, сенсорные системы, моделирование и анализ настоящего и планируемого города окружающей среды, систем технического обслуживания и администрирования, аварийного планирования и управления, а также строительства производственная цепочка, чтобы упомянуть несколько [1].

Цифровые близнецы в проектах городах РК должны предлагать высококачественные 3D-модели городов в виде открытых данных для всех операторов. Цифровые двойники должны способствовать развитию цифровых услуг и бизнес процессов для развития геопорталов на территории нашего государства.

Так каким образом создаются цифровые двойники городов? Есть несколько методов:

- Наземное лазерное сканирование;
- Воздушное лазерное сканирование;
- Аэрофотосъемка и создание meshmodel;

Наземный сканер - это система LiDAR, которая быстро и очень точно создает трехмерную модель своего окружения. На стройплощадке мы можем выполнять несколько сканирований и использовать программное обеспечение в нашем офисе, чтобы объединить сканированные изображения и создать одну большую 3D-модель, называемую облаком точек. Затем мы используем облако точек в качестве шаблона в AutoCAD для рисования твердых объектов для проектирования.

Сканирование позволяет нам достичь большей точности в полевых измерениях, поскольку устраняет человеческую ошибку, присущую при натяжении рулетки. Это позволяет нам более точно разработать проект и сводит к минимуму количество заказов на изменение.

Большим недостатком наземного лазерного сканирования в городской среде является недостаточный охват территории и стоимость производства таких работ. Данная технология часто применяется при создании цифровых двойников различных промышленных предприятий. Пример облака точек показан на рисунке 1.



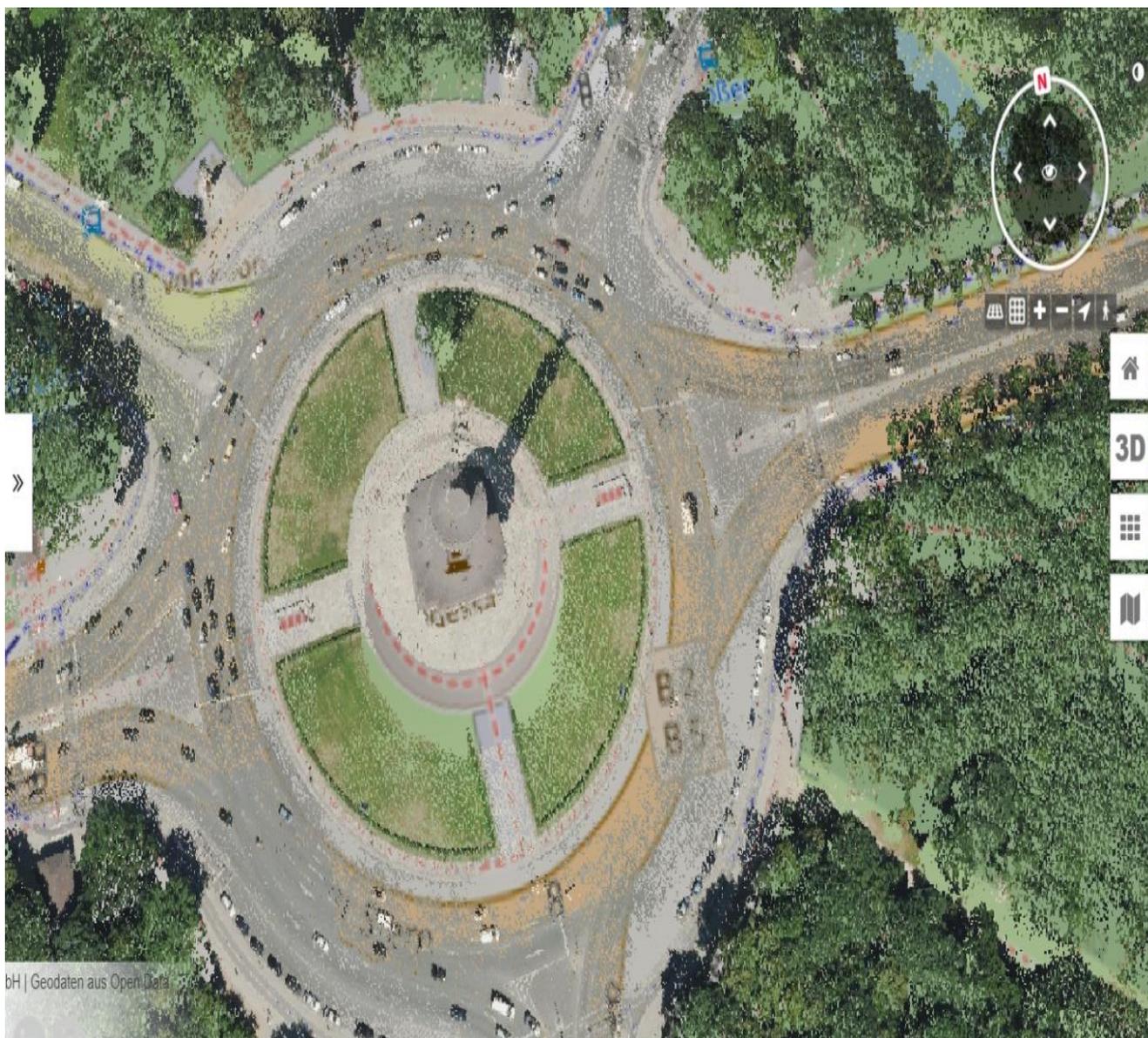
**Рисунок 1** Облако точек и реальность

Судя по недостаткам данной технологии, применение наземного лазерного сканирования для населенных пунктов является невыгодным.

Воздушное лазерное сканирование - это система измерения, в которой импульсы света (чаще всего производимые лазером) излучаются прибором, установленным в самолете, и направляются на землю в виде схемы сканирования [2].

На данный момент воздушное лазерное сканирование позволяет охватить съемкой целые города и получить облако точек. Этот метод часто применяется при создании цифровых двойников городов, и является наиболее удобным по эффективности и выгодным с экономической точки зрения.

Продукт облака точек в геопортале города Берлин показан на рисунке 2.



**Рисунок 2** Облако точек Тьер Гарден, Берлин.

Наряду с применением воздушного лазерного сканирования применяется аэрофотосъемка и съемка дронами для создания meshmodel, который по эффективности не уступает. В данном комплексе применяются методы воздушной съемки, с использованием обработки стереопар. Главным недостатком данного процесса является создание meshmodel, которая не является очень точной по сравнению с воздушным лазерным сканированием [3].

Продукты данного процесса представляют собой изображение в виде треугольников. Продукт аэрофотосъемки на территорию города Берлин показана на рисунке 3.



**Рисунок 3** 3Dmeshmodel города Берлин

Таким образом наиболее удобным, эффективным и выгодным является комплекс воздушного лазерного сканирования.

Модель города включает в себя как здания, так и деревья. Их следует различать и выражать в по-разному. Для этого использовался метод статистической классификации. Ожидается, что области деревьев будут иметь большой разброс высот по сравнению с крышами зданий. Поэтому использовалось стандартное отклонение высоты значения в пределах региона, разделенные на площадь региона.

Извлечение зданий здесь ограничено элементом отображения сверху вниз, определяемым доступным источником данных, то есть извлекаемые объекты представляют собой контуры крыши, а не стены здания как таковые. Подход извлекает цифровую модель поверхности (DSM) и цифровую модель местности (DTM) из данных облака точек ALS, а затем генерирует нормализованную цифровую модель поверхности (nDSM). Затем он вычисляет растр уклона из nDSM и сегментирует сцену на основе прямой классификации слабых и сильных краев. С помощью набора методов изменения размера объекта на основе пикселей мы получаем сегментированную поверхность nDSM, которая очерчивает все существующие над землей элементы сцены. Поднятые элементы отделяются от остальной среды на основе подхода сравнения высоты, а затем подвергаются тестированию по набору параметров (размер пикселя, коэффициент экстенда) и статистика облака точек для каждого

объекта (количество возвратов) для фильтрации остающийся шум. Наконец, контекстно-зависимый этап изменения формы объекта на основе пикселей охватывает весь экстенд извлеченных объектов при удалении очень мелких шумовых элементов.

Точность после обработки данных является очень высокой и позволяет создать высококачественную семантическую модель города, что в дальнейшем может примениться для концепции SMARTCITY [4]. Пример семантической модели города Берлин, извлеченных из данных воздушного лазерного сканирования показан на рисунке 4.



**Рисунок 4** Семантическая модель Бранденбургских ворот, Берлин

### **Список использованной литературы**

1. Haala, Norbert & Brenner, Claus. (2001). Generation Of 3D City Models From Airborne Laser Scanning Data.
2. Lamberson, Steven & Schall, Harold & Shattuck, Paul. (2007). The airborne laser. 58-10.1117/12.738802.
3. Azarov, B & Noskov, I. (2018). The usage of ground laser scanning for construction and building informational modeling. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 456. 012064. 10.1088/1757-899X/456/1/012064.
4. Mehra, Schew-Ram. (2021). Smart City. 10.1007/978-3-658-30449-2\_8