

П. В. Соколов^{1}, М. М. Шляхова¹*

Сравнение трехмерных моделей, полученных в результате обработки данных аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
*e-mail: p.sokolov4701@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены трехмерные модели, построенные на основе данных аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования. Эксперимент был выполнен при помощи современного оборудования, а именно беспилотного летательного аппарата «DJI Matrice 300», оснащенного лидаром «AlphaAir 450» со встроенной цифровой камерой. На основе фотоснимков было построено облако точек высокого качества, после чего выполнено визуальное сопоставление с облаком точек, полученным методом воздушного лазерного сканирования. Выполнено сравнение созданных трехмерных моделей при помощи измерений расстояний. Проанализирована рациональность использования данных методов для решения конкретных задач, в результате чего можно сделать вывод, что воздушное лазерное сканирование с беспилотного летательного аппарата продолжает развиваться и имеет потенциал стать еще более важным инструментом для различных отраслей, требующих геопространственных данных.

Ключевые слова: воздушное лазерное сканирование, трехмерное моделирование, беспилотный летательный аппарат

P. V. Sokolov^{1}, M. M. Shlyakhova¹*

Comparison of three-dimensional models obtained as a result of processing aerial photography and aerial laser scanning data

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: p.sokolov4701@gmail.com

Abstract. The article discusses three-dimensional models built on the basis of aerial photography and airborne laser scanning data. The experiment was carried out using modern equipment, namely a DJI Matrice 300 unmanned aerial vehicle equipped with an AlphaAir 450 lidar with a built-in digital camera. Based on the photographs, a high-quality point cloud was constructed, after which a visual comparison was made with the point cloud obtained by airborne laser scanning. A comparison was made of the created three-dimensional models using distance measurements. The rationality of using these methods to solve specific problems is analyzed, as a result of which we can conclude that airborne laser scanning from an unmanned aerial vehicle continues to develop and has the potential to become an even more important tool for various industries requiring geospatial data.

Keywords: aerial laser scanning, three-dimensional modeling, unmanned aerial vehicle

Введение

В последние годы наблюдается значительный рост применения методов лазерного сканирования для мониторинга городской инфраструктуры. Эта технология предоставляет детализированные данные о различных объектах, что делает ее важным инструментом в области съемки. Лазерное сканирование представляет собой активный метод дистанционного зондирования, при котором направленные лазерные лучи используются для измерения расстояний до объектов. Лазерный луч непрерывно движется вдоль траектории полета, что вместе с движением вперед воздушного судна обеспечивает последовательное сканирование территории. Данные, полученные посредством измерения расстояния, угла отклонения и наблюдений системы позиционирования и ориентации, позволяют непосредственно определять координаты точек объектов в системе координат сканера. Обычно системы лазерного сканирования также предоставляют информацию об интенсивности отраженного сигнала от каждой обнаруженной точки. Современные системы могут регистрировать форму возвращаемого сигнала, фиксируя изменения мощности отраженного сигнала со временем, что позволяет извлечь дополнительную информацию об объектах при последующей обработке данных. В сравнении с другими автоматизированными системами сбора данных, воздушное лазерное сканирование выделяется способностью точно определять координаты точек, независимо от условий освещения, а также возможностью регистрировать отражения на разных расстояниях и обеспечивать высокую точность, особенно в измерении высот [1]. Цель данной работы состоит в сравнении моделей, полученных в результате обработки данных воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки, с использованием программного обеспечения «Agisoft Metashape».

Методы и материалы

Для исследования использовались данные, полученные с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) «DJI Matrice 300», оснащенного лидаром «AlphaAir 450». Полет выполнялся на высоте 85 метров, с перекрытием 84 % для фотоснимков и 20 % для лазерных сканов. «AlphaAir 450», разработанный компанией «CHCNAV», представляет собой легкую воздушную сканерную систему весом один килограмм. Она обеспечивает сканирование на расстоянии до 450 метров с точностью от 5 до 10 сантиметров и скоростью до 720 тысяч точек в секунду. Устройство также оснащено встроенным гироскопом и цифровой камерой с разрешением 26 мегапикселей и фокусным расстоянием 16 миллиметров.

«Agisoft Metashape» – это программное обеспечение для обработки изображений, широко используемое в фотограмметрии и создании трехмерных моделей. Оно способно объединять наборы цифровых изображений, полученных с фотокамер или сканеров, и преобразовывать их в точные трехмерные модели поверхностей, цифровые поверхности, ортофотопланы и текстуры [2]. Основные преимущества данного программного продукта включают простой в использовании интерфейс, обширный набор функций, таких как создание цифровых поверх-

ностей, слияние изображений, добавление текстур, а также способность эффективно обрабатывать большие объемы данных. Эти характеристики делают его идеальным решением для проектов с большим объемом информации [3].

По данным аэрофотосъемки было построено облако точек. Следующим этапом произведено визуальное сравнение с данными воздушного лазерного сканирования (рис. 1).

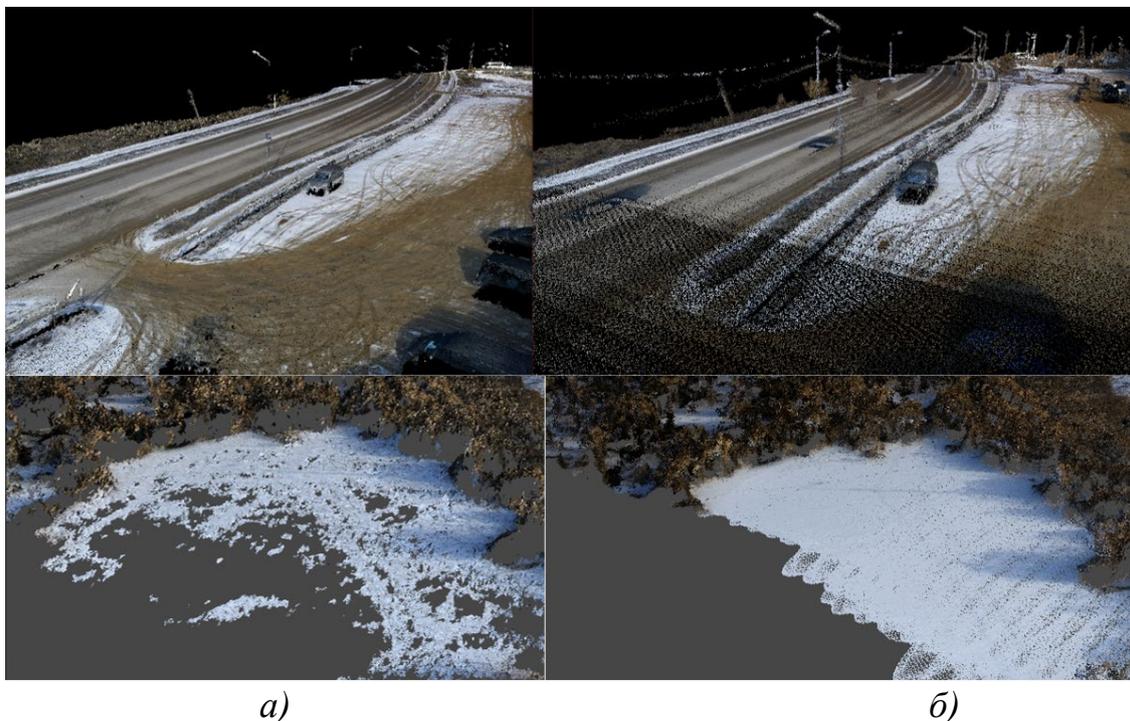


Рис. 1 Исходные данные: *а)* данные аэрофотосъемки; *б)* данные лазерного сканирования

Из сравнения видно, что по данным воздушного лазерного сканирования наблюдаются объекты, находящиеся над поверхностью такие как провода и столбы. Растительность в данном случае отображается плотным облаком точек, имеющим меньше пустот, что позволяет построить точную цифровую модель рельефа. При условии густого растительного покрова, который обладает более сильной отражательной способностью метод лазерного сканирования будет пропускать фрагменты данных.

По данным воздушного лазерного сканирования и данным аэрофотосъемки были построены трехмерные модели в ПО «Agisoft Metashape» (рис. 2).

На рисунке 2, видно, что модель, построенная по данным аэрофотосъемки отличаются высоким разрешением. Данные, полученные с помощью аэрофотокамеры являются более доступными и экономически выгодным методом сбора информации для периодического обновления моделей рельефа и объектов местности с различной разрешающей способностью.

Для сравнения, режим отображения модели был переключен на отображение достоверности построения вершин (рис. 3).



Рис. 2. Трехмерная модель, построенная по данным: а) аэрофотосъемки; б) лазерного сканирования

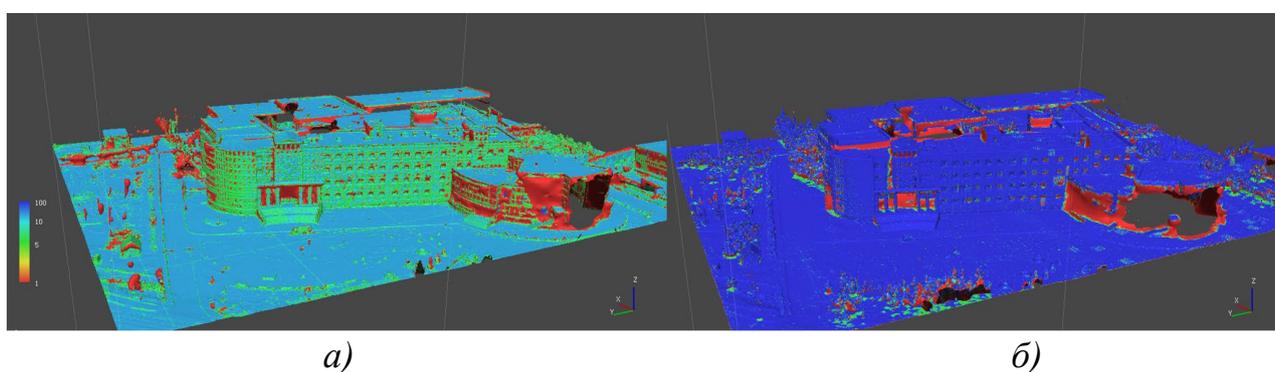


Рис. 3. Модель, построенная по данным: а) аэрофотосъемки; б) лазерного сканирования

Трехмерная модель, построенная по данным воздушного лазерного сканирования, показывает высокую точность при отображении достоверности построения вершин, так как точки имеют более низкий разброс относительно самих поверхностей.

Поэтому модель, созданная по данным воздушного лазерного сканирования, предоставляет точное изображение формы объектов, при этом имея меньшую детализацию в сравнении с моделью созданной на основе данных аэрофотосъемки.

Характеристики полученных моделей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики трехмерных моделей

Характеристика	Модель, построенная по облаку точек аэрофотосъемки	Модель, построенная по облаку точек воздушного лазерного сканирования
Количество вершин	7 004 138	3 987 973
Количество полигонов	13 975 593	7 951 002

Для сравнения геометрических характеристик моделей здания, по обеим моделям были измерены расстояния (рис. 4), полученные данные приведены в табл. 2.

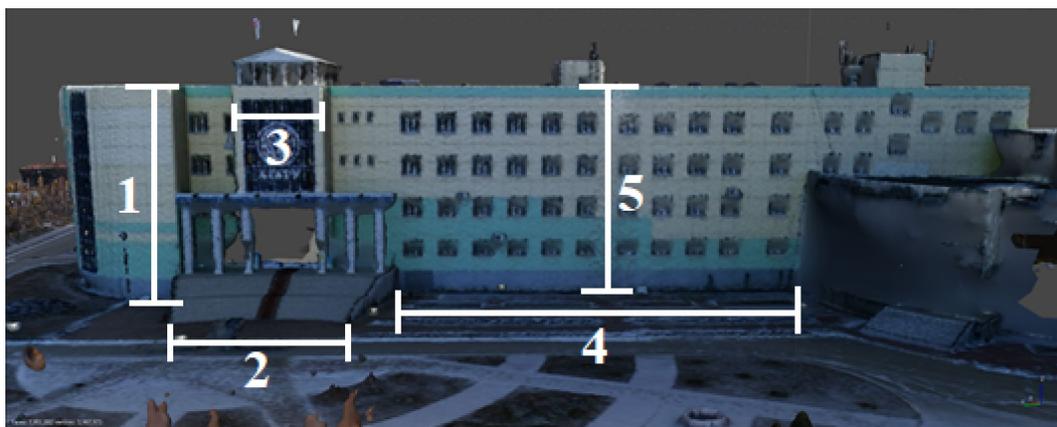


Рис. 4. Местоположения измерений на трехмерной модели

Таблица 2

Геометрические характеристики созданных моделей

Измеренное расстояние	Расстояние на трехмерной модели, созданной на основе данных аэрофотосъемки, м.	Расстояние на трехмерной модели, созданной на основе данных воздушного лазерного сканирования, м.
№ 1	17,8	17,7
№ 2	13,3	13,3
№ 3	7,0	7,1
№ 4	35,3	35,2
№ 5	17,9	17,9

Результаты

В сравнении с облаком точек аэрофотосъемки, облако точек, полученное методом воздушного лазерного сканирования (ВЛС), имеет следующие преимущества: способность отображать рельеф под растительностью, отображение проводов и висячих конструкций, отсутствие необходимости в большом перекрытии между сканами, что сокращает время обработки и снижает требования к аппаратному и программному обеспечению. Модели, созданные на основе данных ВЛС и аэрофотосъемки (АФС), внешне похожи. Однако модель, построенная на основе данных АФС, обладает более высоким разрешением и содержит большее количество полигонов и вершин, что обеспечивает более высокую детализацию объектов. Это связано с тем, что количество точек, используемых для построения модели АФС, почти вдвое превышает количество точек облака ВЛС. При сравнении геометрических характеристик моделей выявлено расхождение не более 10 см. Обе модели имеют общий недостаток – плохую детализацию поверхностей фасадов зданий.

Заключение

В настоящее время технологии воздушного лазерного сканирования с использованием беспилотных летательных аппаратов продолжают активно развиваться. Кроме того, в последние годы наблюдается тенденция к увеличению высоты полета для сбора данных, и ожидается, что этот тренд сохранится [4]. Рост этой области технологий обусловлен несколькими факторами. Во-первых, широкий спектр выполняемых задач с использованием воздушного лазерного сканирования, включая создание цифровых поверхностей и трехмерное моделирование, способствует повышению интереса к этим технологиям. Во-вторых, автоматизация процессов и усовершенствование оборудования снижают трудозатраты и стоимость работ, делая использование лазерного сканирования с БПЛА более привлекательным для широкой аудитории [5]. Кроме того, лазерное сканирование обычно предоставляет более точные данные по высоте, чем аэрофотосъемка, благодаря прямому измерению расстояний между сканером и объектом. Это делает лазерное сканирование предпочтительным для проектов, требующих высокой точности. Наконец, высокая производительность лазерных систем обеспечивает эффективное выполнение задач и ускоряет процесс сбора и анализа данных. Таким образом, можно уверенно утверждать, что воздушное лазерное сканирование с БПЛА продолжает развиваться и имеет потенциал стать еще более важным инструментом для различных отраслей, требующих геопространственных данных [6–8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтынцев М. А. Применение технологии лазерного сканирования для моделирования объектов недвижимости в 3D–кадастре / М. А. Алтынцев, В. А. Чернов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79. – № 9. – С. 52–63.
2. Данилов В. А. Сравнение методов фотограмметрии и лазерного сканирования для создания трехмерных моделей объектов и территорий археологических ГИС (на примере археологического раскопа Увекского городища). / В. А. Данилов, А. В. Федоров, Л. С. Безвершенко. – Текст : непосредственный // Известия Саратовского университета. Новая серия Серия Науки о Земле. – 2019. – Т. 19. – № 2. – С. 72–78.
3. Самбаев Б. Ш. Построение 3D–модели строений по данным с БПЛА / Б. Ш. Самбаев. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 14. – С. 54–57.
4. Дедкова В.В. Использование материалов аэрофотосъемки с беспилотного воздушного судна для трехмерного моделирования территорий / В.В. Дедкова, М.М. Шляхова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – 1. – С. 178-184.
5. Кабонен А. В. Цифровое моделирование природно–ландшафтных комплексов по данным, полученным с помощью беспилотных летательных аппаратов / А. В. Кабонен, Ю. В. Ольхин. – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация : электронный сетевой журнал. – 2020. – № 3. – С. 101–110. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 29.04.2024).
6. Сарычев Д. С. Обработка данных лазерного сканирования / Д. С. Сарычев. – Текст : непосредственный // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 1. – С. 16–19.
7. Дедкова В. В. Мониторинг технического состояния магистральных трубопроводов методами дистанционного зондирования / В. В. Дедкова, М. М. Шляхова // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы VII Междунар. науч. конф., Красноярск, 29 сент. – 2 окт. 2020. С. 192–195.

8. Шляхова М. М., Дедкова В. В. Перспективы применения аэросъемок для контроля защитных сооружений магистральных трубопроводов / М. М. Шляхова, В. В. Дедкова // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы VII Междунар. науч. конф., Красноярск, 29 сент. – 2 окт. 2020. Красноярск, 2020. С. 316–319.

© П. В. Соколов, М. М. Шляхова, 2024