

**ОТЗЫВ  
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**д.т.н., профессора Столбова Юрия Викторовича**

на диссертационную работу Кочневой Алины Александровны «Разработка модифицированных цифровых моделей рельефа по данным воздушного лазерного сканирования для проектирования автодорог», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 – Геодезия

**1. Актуальность темы исследований.**

Один из наиболее перспективных методов получения картографической основы определенного масштаба является метод воздушного лазерного сканирования (ВЛС). Особенностью данного метода можно назвать – избыточность точек лазерных отражений (ТЛО), что в свою очередь повышает трудоемкость и снижает эффективность работы с цифровой моделью рельефа (ЦМР). Следовательно, достаточно актуальной является минимизация количества ТЛО для построения ЦМР с определенной точностью. Поэтому разработка алгоритма разрежения больших массивов точек лазерных отражений, имеющий низкую вычислительную сложность и позволяющий формировать нерегулярную сетку координат, совместно с методикой автоматизированного построения ЦМР на основе разреженного массива данных, является актуальной задачей, имеющей практическое значение.

В связи с этим, диссертационная работа Кочневой А.А. выполнена на актуальную тему разрежения больших массивов точек лазерных отражений, с использованием разработанного алгоритма интерполяции данных ВЛС.

**2. Научная новизна и результаты работы.**

Научная новизна заключается в:

- 1) обосновании необходимого количества точек лазерных отражений на  $1 \text{ м}^2$  для построения цифровых моделей рельефа, обеспечивающих точность топографической съемки масштаба 1:1000;
- 2) разработке алгоритма интерполяции массива данных воздушного лазерного сканирования (ВЛС), особенностью которого является низкая вычислительная сложность и высокая степень разрежения массивов точек, которые образуют плоские горизонтальные и наклонные поверхности;
- 3) предложенных критериях интерполяции данных ВЛС, соблюдение которых позволят сохранить точность ЦМР, необходимую для построения топографических планов масштаба 1:1000;
- 4) разработке методики автоматизированного построения ЦМР, позволяющей на основе предложенных критериев оценки избыточности данных ВЛС итерационным методом получить разреженную до определенной степени массив точек лазерных отражений;
- 5) разработке алгоритма, который позволяет при обработке данных ВЛС выявить структурные линии и вывести в отдельный массив связанные с ним точки.

Обоснованная плотность точек лазерных отражений (ТЛО), полученных при воздушном лазерном сканировании, равная 0,20-1,99 на  $1 \text{ м}^2$ , в зависимости от характера рельефа, обеспечивает построение цифровых моделей рельефа с точностью, предъявляемой к топографической съемке масштаба 1:1000. Разработанный алгоритм интерполяции, основанный на формировании нерегулярной координатной сетки без применения триангуляции, позволяет добиться повышения степени разрежения данных ВЛС от 20% до 40% в зависимости от характера рельефа при сохранении точности, предъявляемой к топографической съемке масштаба 1:1000. Разработанная методика автоматизированного построения цифровых моделей рельефа (ЦМР), частично нашла применение при проектировании трассы Москва-Санкт-Петербург.

**3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.**

№ 103-10<sup>1</sup>  
от 10.09.2018

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается согласованностью результатов построения ЦМР по разработанной методике с полученными данными ВЛС, а также согласованности данных экспериментов и натуральных результатов.

В диссертации выполнен обзор нормативных документов и источников литературы (всего 100 работ) по технологии воздушного лазерного сканирования, по различным алгоритмам разрежения больших массивов данных, классификации точек лазерных отражений.

Результаты диссертационной работы Кочневой А.А., т.е. разработанный автоматизированный метод построения ЦМР успешно протестирован на участках трассы Москва – Санкт-Петербург.

#### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.**

Достоверность результатов подтверждена достаточным количеством экспериментальных данных. Исследования проводились в таких программных продуктах, как ГИС ArcGis, Bentley MicroStation с MDL - приложением TerraScan. Для разработанного алгоритма интерполяции использовался язык программирования Python. Для визуализации поверхностей до и после обработки разработанным алгоритмом интерполяции использовалась среда MATLAB. Полученные результаты подтверждаются согласованностью теоретических исследований с результатами натуральных исследований.

Результаты исследований опубликованы в научной печати, в том числе в изданиях, входящих в перечень журналов ВАК Минобрнауки России, докладывались на различных конференциях.

#### **4.Соответствие диссертации критериям установленным «Положением о присуждении ученых степеней».**

**Реализация работы.** Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях, на заседаниях кафедры инженерной геодезии Санкт-Петербургского горного университета и нашли применение при проектировании трассы Москва-Санкт-Петербург.

#### **Теоретическая значимость работы заключается в:**

- разработке оригинального алгоритма интерполяции данных воздушного лазерного сканирования;
- построении цифровой модели рельефа без использования триангуляции Делоне;
- эффективности разработанного алгоритма интерполяции данных по сравнению с алгоритмом выделения ключевых точек модели Model Key Points из программной среды Bentley Microstation.

#### **Практическая значимость работы:**

- положения диссертации могут использоваться проектными и строительными организациями, выполняющие работы по проектированию автомобильных дорог.
- разработанная методика автоматизированного построения цифровых моделей рельефа частично применялась при проектировании трассы Москва – Санкт -Петербург.

#### **Степень опубликования материалов диссертационной работы.**

Диссертантом выполнены требования «Положения о присуждении ученых степеней», относящихся к необходимости опубликования материалов диссертационной работы в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ, опубликовано 4 статьи. Всего по теме диссертации опубликовано 7 работ.

**Соответствие паспорту научной специальности.** Результаты исследований соответствуют паспорту научной специальности 25.00.32 – «Геодезия», по пункту 6. **Геодезическое обеспечение изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации крупных инженерных комплексов, в том числе гидротехнических сооружений атомных и тепловых электростанций, промышленных предприятий, линейных сооружений.** Геодезический контроль ведения технического надзора при строительстве и эксплуатации нефтегазодобывающих комплексов.

**Оценка содержания и оформления работы.** Диссертационная работа содержит введение, 4 главы, заключение, список литературы и приложений, общим объемом 144 страницы. Диссертация и автореферат написаны доходчиво, грамотно и аккуратно оформлены. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

**Основные замечания по диссертационной работе.**

1. В работе нет пояснения как устанавливается и чем обосновывается ширина полосы варьирования при воздушном лазерном сканировании?

2. Каким образом выполняется привязка цифровой модели рельефа (ЦМР) к пунктам геодезических сетей?

3. Учитываются ли в технических заданиях на инженерно-геодезические изыскания точностные характеристики параметров проектируемых автомобильных дорог и сооружений транспортной инфраструктуры?

4. На странице 102 диссертации, в таблице 3.7. указано предельное отклонение аппликаты 13 см. Хотелось бы уточнить, чем обусловлен такой выбор предельного отклонения.

5. Из объяснения работы алгоритма интерполяции можно сделать вывод, что после каждой итерации процесса интерполяции по границам сектора остается множество точек, что, вероятно, влияет на работу алгоритма и ухудшает степень разреженности массива данных. Неясно, как автор решает данную проблему.

Указанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общего хорошего впечатления о выполненных исследованиях.

**Заключение.**

Несмотря на отмеченные замечания, рассматриваемая диссертация представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенные значения для развития страны.

Диссертационная работа Кочневой А.А. соответствует критериям установленным «Положением о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), изменения, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 года № 335, а ее автор Кочнева А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 – Геодезия.

Доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «СибАДИ» заслуженный  
работник геодезии и картографии РФ  
почетный дорожник РФ



Столбов Юрий Викторович

06.09.2018

Подпись Ю.В. Столбова заверяю  
Ученый секретарь ученого Совета СибАДИ  
Канд. техн. наук, доцент



Сухарев Р.Ю.

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)». Структурное подразделение: кафедра «Проектирование дорог».

Адрес: 644080, Проспект Мира, 5

Телефон: (3812)652-390; 8-913-621-64-70

Сайт: [www.sibadi.org](http://www.sibadi.org)

E-mail: [ssu0810@mail.ru](mailto:ssu0810@mail.ru)

Должность: профессор кафедры «Проектирование дорог»