

УДК 656.21.001.2:004

*С. С. КОЖЕДУБ, И. П. ДРАЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
kozhesdub@gmail.com*

### **СОЗДАНИЕ ПЛАНА УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ**

Представлен подход к созданию плана участка железнодорожного пути с использованием результатов аэрофотосъемки методами САПР. Данный подход является важным инструментом для разработки и оптимизации инфраструктуры железнодорожных путей. Описываются процесс разработки плана железнодорожного пути, его функциональные возможности и преимущества. Рассматриваются применяемые методы и технологии, а также результаты экспериментов и практической реализации.

Современные тенденции цифровой трансформации инфраструктурных проектов требуют внедрения передовых технологий для повышения эффективности и точности выполнения инженерных задач. В железнодорожной отрасли использование автоматизированных систем проектирования (САПР) в сочетании с данными аэрофотосъемки становится важным инструментом для разработки плана. Этот подход позволяет не только сократить временные и финансовые издержки, но и значительно повысить качество проектных решений. В статье представлен процесс разработки плана участка железнодорожного пути, включающий описание методов обработки данных, функциональных возможностей применяемых программ и результатов их применения на практике.

Одним из способов повышения производительности труда при выполнении проектно-изыскательских работ на объектах железнодорожной инфраструктуры является применение инновационных цифровых технологий. Наиболее результативным методом при проведении изысканий и на стадии разработки предпроектной и проектной документации является применение аэрофотосъемки. По полученным точкам создаётся топографический план с распознаванием основных элементов железнодорожного пути, определяются качественные и количественные характеристики объекта проектирования (конфигурация рельефа, плотность застройки, количество опор линий электропередач и контактной сети и др.). Аэрофотосъемка обеспечивает высокую детализацию элементов на местности, что позволяет облегчить распознавание объектов в камеральных условиях и создать цифровую модель местности.

Обработка данных полевых измерений и их уравнивание в проведенном исследовании выполнялись с использованием программной среды Agisoft Metashape Professional, которая обладает широкими возможностями для создания высокоточных геопривязанных моделей.

*Преимущества данной программной среды.*

1 Создание плотных облаков точек. На основе перекрывающихся цифровых снимков и данных о географических координатах формируются облака точек, которые обеспечивают высокую детализацию и точность.

2 Разработка текстурированных и полигональных моделей. Программа позволяет генерировать полигональные модели с текстурой, что максимально приближает их к реальному виду объектов.

3 Создание цифровых моделей поверхности и контуров (ЦМП/ЦМК). На основе плотных облаков точек формируются цифровые модели местности, которые используются для анализа рельефа и подготовки данных для проектирования.

4 Построение ортофотопланов. Программное обеспечение позволяет создавать высокоточные ортофотопланы, которые используются в геодезии, картографии и проектировании.

Agisoft Metashape Professional автоматически обрабатывает данные полевых измерений, включая уравнивание элементов, что значительно упрощает процесс создания геопривязанных моделей и обеспечивает их высокую точность. Для автоматизации обработки данных фотограмметрической съемки и их последующего использования была применена САПР «Топоматик Robur», которая предоставляет широкий набор инструментов для работы с облаками точек. Программное обеспечение «Топоматик Robur» обладает следующими ключевыми возможностями.

1 Импорт данных облака точек. Программа поддерживает загрузку данных с приборов в формате облаков точек (\*.las), что обеспечивает удобную интеграцию данных съемки в рабочую среду.

2 Работа с облаком точек в 3D. САПР позволяет просматривать, настраивать отображение и проводить анализ облаков точек с использованием 3D-вида. Это включает возможность детального анализа геометрии и структур полученных данных.

3 Построение поверхностей. На основе данных фотограмметрической съемки в программе реализовано автоматическое построение цифровых моделей рельефа или других контуров, что значительно ускоряет процесс проектирования и подготовки данных для последующего использования.

Эти функции позволяют рассматривать Топоматик Robur в качестве удобного инструмента для обработки и анализа данных фотограмметрии, обеспечивая высокую точность и эффективность выполнения геодезических и инженерных задач.

На рисунке 1 представлен пример загруженного облака точек в окнах плана и 3D-вида. Данная визуализация позволяет быстро оценить качество и структуру данных, а также приступить к дальнейшей обработке.

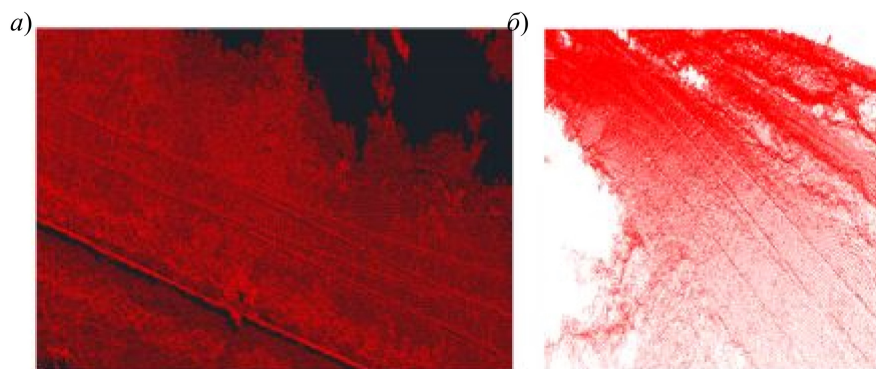


Рисунок 1 – Облако точек, созданное на основе данных аэрофотосъемки:  
а – вид сверху; б – 3D-визуализация

В функционале для работы с облаком точек аэрофотосъемки можно выделить следующие возможности.

1 Копирование точек в цифровую модель местности. Это позволяет преобразовывать данные облака точек в упрощенный и структурированный формат, который используется в инженерных и геодезических задачах. Такая модель может быть полезна для анализа рельефа, проектирования объектов или проведения геодезических расчетов.

2 Создание сечений. Возможность создавать сечения облака точек позволяет получить профиль местности или объекта, представленного в данных. Это важно для анализа форм рельефа, инженерных расчетов, а также для подготовки данных к проектированию.

3 Вывод сечений на чертеж. Генерация чертежей с использованием сечения упрощает процесс документации и передачи данных для последующего использования в проектных и строительных работах.

4 Просмотр выделенного участка съемки. Эта функция удобна для детального изучения отдельных участков облака точек. Она позволяет сосредоточиться на ключевых областях, которые требуют анализа или доработки.

Перед началом построения ЦММ устанавливается подложка, которая может производиться по двум способам: вставки растрового изображения и пакетной вставки растрового изображения (рисунок 2).

После вставки растровой подложки создается ЦММ. При построении поверхности образуются лишние треугольники, не всегда достоверно описывающие рельеф местности, расположение которых при дальнейшем редактировании ЦММ будет корректироваться (рисунок 3).

Построение плана участка железнодорожного пути производится в программном комплексе «Топоматик» (рисунок 4).

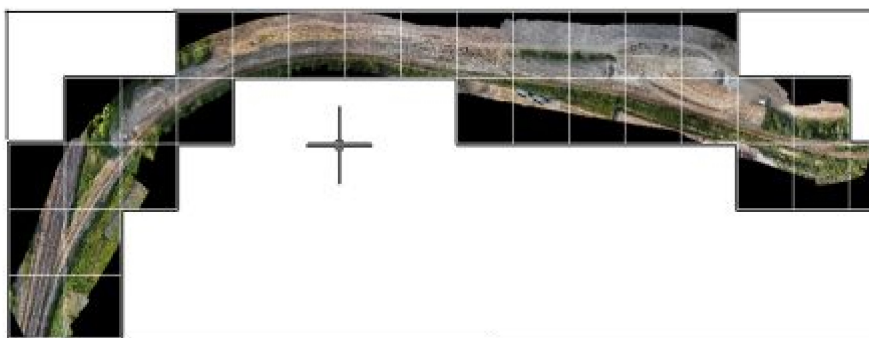


Рисунок 2 – Пакетная вставка растрового изображения

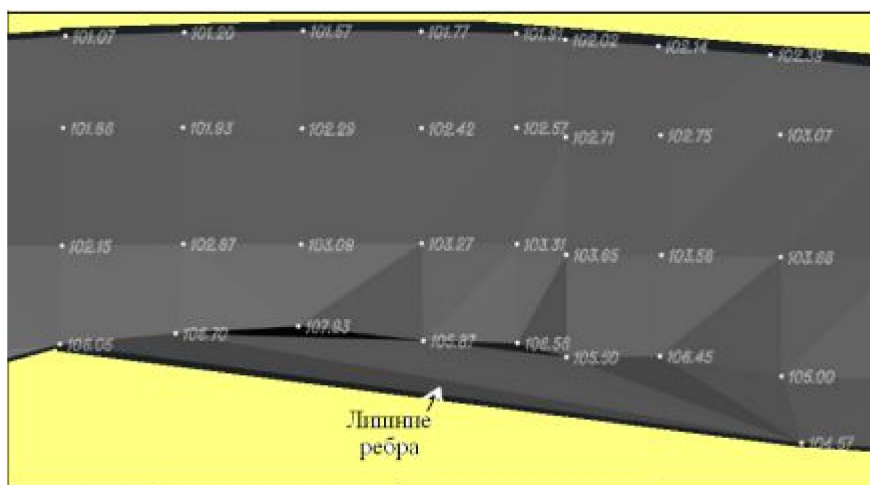


Рисунок 3 – Пример лишних ребер, образованных при построении триангуляционной поверхности

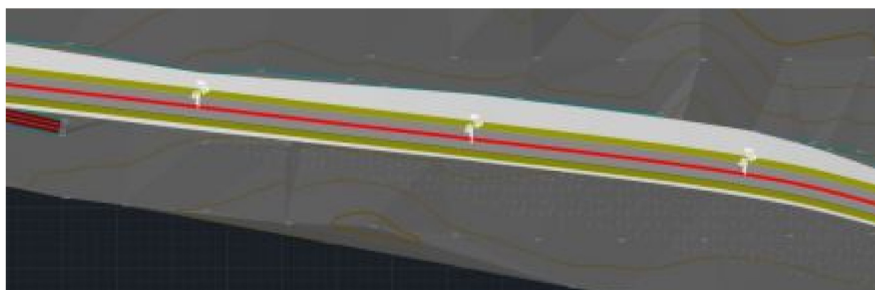


Рисунок 4 – Отображение проектного решения



Процесс построения плана железнодорожного участка или пути включает несколько этапов:

- привязка трассы к существующему пути при использовании ключевых точек, таких как шпалы или рельсы;
- указание параметров кривых, уклонов и проектных характеристик железнодорожного пути;
- нанесение дополнительных объектов (например, опоры, насыпи или искусственные сооружения).

Представленный подход разработки плана участка железнодорожного пути демонстрирует высокую эффективность в обработке данных аэрофотосъемки и создании цифровых моделей местности. Это подтверждает высокий потенциал применения инновационных технологий в проектной деятельности железнодорожной отрасли. Внедрение подобных систем не только позволяет автоматизировать рутинные операции, но и открывает новые возможности для интеграции с такими цифровыми платформами, как системы управления инфраструктурой. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию алгоритмов обработки данных и развитие функционала, что обеспечит высокую производительность и точность проектных решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Техника и технология автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов (практика применения и перспективы) : учеб. пособие / Н. В. Правдин [и др.]. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2014. – 400 с.
- 2 *Кожедуб, С. С.* Формирование параметрической основы генерации цифрового масштабного плана железнодорожной станции / С. С. Кожедуб // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Вып. 4. – С. 148–154.

*S. S. KOZHEDUB, I. P. DRALOVA*

#### CREATING A TRACK SECTION PLAN USING AERIAL PHOTOGRAPHY

An approach to creating a track section plan using aerial photography using CAD methods is presented. This approach is an important tool for developing and optimizing the infrastructure of railroad tracks. The process of developing a track plan, its functionality and advantages is described. The methods and technologies used, as well as the results of experiments and practical implementation, are also considered.

Получено 14.10.2024