

А. В. Андрющенко¹✉, Д. А. Гура¹

Разработка инструмента автоматического построения топографических планов по данным аэросъемки

¹Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар, Российская Федерация
e-mail: antonandr72@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена разработке концепции инструмента для автоматизированного построения топографических планов по материалам аэросъемки. Актуальность темы обусловлена необходимостью ускорения и удешевления камеральных работ при сохранении высокой точности картографических данных. Цель исследования – создание методики и программного решения, обеспечивающего автоматическое распознавание и классификацию объектов местности на основе ортофотопланов, полученных с беспилотных летательных судов. В качестве методов предлагается применять фотограмметрическую обработку изображений и глубокие нейронные сети (YOLOv8, U-Net, Mask R-CNN) для детекции и семантической сегментации снимков. Результатом станет разработка плагина для QGIS, который сможет автоматически формировать векторные слои топографических объектов – зданий, дорог, водоемов, насаждений и других элементов местности. Предполагается, что использование нейросетей позволит существенно сократить долю ручного труда и повысить производительность дешифрирования аэроснимков.

Ключевые слова: топографический план, аэросъемка, фотограмметрия, нейронные сети, сегментация, автоматизация, машинное зрение

A. V. Andryushchenko¹✉, D. A. Gura¹

Development of a Tool for the Automatic Generation of Topographic Maps Based on Aerial Survey Data

¹Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation
e-mail: antonandr72@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the development of a concept for a tool enabling the automated generation of topographic maps based on aerial imagery data. The relevance of the study is determined by the need to accelerate and reduce the cost of office-based cartographic processing while maintaining high accuracy of mapping data. The aim of the research is to create a methodology and software solution that provides automatic recognition and classification of terrain objects based on orthophotos obtained from unmanned aerial vehicles (UAVs). The proposed methods include photogrammetric image processing and deep neural networks (YOLOv8, U-Net, Mask R-CNN) for image detection and semantic segmentation. The expected result is the development of a QGIS plugin capable of automatically generating vector layers of topographic features such as buildings, roads, water bodies, vegetation, and other terrain elements. It is assumed that the use of neural networks will significantly reduce the amount of manual labor and increase the efficiency of aerial image interpretation.

Keywords: topographic map, aerial survey, photogrammetry, neural networks, segmentation, automation, computer vision

Введение

Топографические планы широко используются во многих областях – навигации, строительстве, военной сфере и т.д. Они служат основой для проектирования и строительства инфраструктуры, поэтому их оперативное и качественное построение имеет высокую практическую значимость. Для съемки местности применяются различные методы – лазерное сканирование, спутниковая и тахеометрическая съемка. В последние годы, благодаря низкой стоимости оборудования и автоматизации полевых работ, эффективным альтернативным подходом стала аэросъемка с беспилотных воздушных судов. Ортофотоплан, полученный из аэроснимков, представляет собой фотоплан местности на геодезической основе с ортонормальной проекцией, что позволяет детально отображать ситуацию на местности. [1]

Известны успешные методики автоматизированного создания топографических планов (например, отечественные системы CREDO и Photomod), однако они не решают всю цепочку задач в автоматическом порядке. При этом остаются нерешенные проблемы, требующие исследования:

- ручная оцифровка объектов. В существующих технологиях оператор вручную векторизует изображения, что является трудоемким этапом;
- нормативная база. Нет четких нормативов для автоматизации процесса построения топографических планов;
- отсутствие готового программного обеспечения. Рынок не предлагает готовых решений на основе искусственного интеллекта для автоматизации векторизации, и каждая организация разрабатывает собственные инструменты. [2]

Таким образом, целью данной работы является разработка концепции и подготовка базы для инструмента автоматического построения топографических планов по материалам аэросъемки. Теоретическая значимость заключается в применении современных технологий глубокого обучения в картографии, практическая – в ускорении и удешевлении создания топопланов, повышении точности и объективности результатов. В рамках предварительного опыта уже разработана программа на базе YOLOv8 для автоматического обнаружения скоплений твердых бытовых отходов по аэроснимкам. Этот опыт планируется расширить: создать классификаторы для ключевых объектов местности и интегрировать их в плагин QGIS для автоматизации построения топографического плана. [3]

Методы и материалы

В качестве исходных данных используются цифровые аэроснимки территории. Обработка планируется следующей последовательностью:

- фотограмметрия и ортофотоплан. Выполняется геометрическая обработка снимков: внутреннее и внешнее ориентирование, генерация ортофотоплана. Особенно важно автоматическое взаимное ориентирование изображений: современные системы сами ставят точки совпадения, хотя в сложном рельефе за этим процессом требуется контроль качества. Ортофотоплан обеспечивает метрическую точность снимка и служит основой для дальнейшей дешифрации. [1];
- детекция объектов нейросетью. Для выделения дискретных объектов

(здания, дороги и т. п.) применяется сверточная нейронная сеть. В частности, используется модель YOLOv8 (от Ultralytics) – современный детектор, способный быстро обнаруживать и классифицировать объекты на изображении. На основе разметки тренировочного набора будет обучена модель для ключевых классов: жилые и нежилые здания, дорожные полотна, объекты водной сети (реки, пруды), насаждения и т. д. [4];

- сегментация и классификация растров. Параллельно планируется использовать методы семантической сегментации (например, U-Net или Mask R-CNN) для разбиения ортофотоплана по классам: водная поверхность, лес, типы покрытия дорог и т. д. Это позволит автоматически получить полигональные слои с площадными объектами (озера, насаждения) и улучшить детальность топографического плана. Аналогичные методы уже применяются в плагине Deepness для QGIS: с их помощью изображения делятся на классы «лес», «дорога», «здания» и прочее. [5];

- разработка плагина QGIS. Плагин должен загружать исходные снимки, выполнять описанные этапы обработки (либо обращаться к внешним модулям для фотограмметрии и нейронных сетей), и автоматически формировать векторные слои топографических объектов. Подобный подход уже используется в Deepness: этот плагин интегрирует модели глубокого обучения (TensorFlow, PyTorch) прямо в интерфейс QGIS. Мы разрабатываем свой плагин с учетом существующих готовых решений, ориентируясь на требуемый результат – строить ситуации и контуры объектов, как это делается вручную в специализированных системах. [4].

Результаты

На данном этапе работы результаты имеют проектный характер. В перспективе планируется разработать следующие продукты:

- цифровую базу данных – объединенный набор ортофотопланов, цифровая модель рельефа и набор векторных объектов местности (дорожная сеть, гидрографические объекты, строения и пр.), автоматически выделенных по снимкам;

- программный модуль – плагин QGIS, который по загруженным аэроснимкам генерирует слои топографического плана. Интерфейс плагина будет позволять пользователю настраивать параметры распознавания, просматривать и корректировать полученную ситуацию.

Фактические экспериментальные данные еще не получены (проект на стадии идейной разработки). Однако уже сейчас отмечены ключевые свойства будущего решения: ожидаемая высокая скорость распознавания и возможность точной детекции большинства объектов.

Обсуждение

Предложенный подход интегрирует методы современной фотограмметрии и глубокого обучения. По сравнению с существующими решениями он позволяет значительно сократить ручной труд на этапе дешифрирования.

Интеграция в QGIS через плагин позволяет сделать технологию доступной широкому кругу пользователей ГИС, что подтверждается успешным применением плагинов Deepness. В плагине Deepness уже реализованы функции семантической

сегментации и детекции на основе предобученных нейросетей, что демонстрирует практическую ценность такого решения. Наш плагин будет использовать аналогичные концепции, но нацелен на генерацию топографических планов конкретных (часто картографируемых) типов объектов. В долгосрочной перспективе такая система может дополнить или заменить ручную картографию, улучшив качество карт и ускорив геоинформационные работы. [3, 4]

Заключение

В настоящей работе сформулирована структура и методы разработки инструмента автоматизированного построения топографических планов по данным аэросъемки. Были определены основные этапы: создание ортофотоплана, детекция объектов с помощью YOLOv8 и семантическая сегментация, а также разработка плагина для QGIS. Предварительный анализ показал, что применение глубоких нейросетей может существенно повысить точность распознавания объектов и сократить время ручной работы.

Таким образом, основная идея заключается в интеграции фотограмметрического подхода и машинного обучения: вместо ручной векторизации объекты будут распознаваться автоматически, что позволит быстро получить топографический план с векторными слоями дорог, зданий, гидрографии и других элементов местности. Это должно обеспечить более оперативное обновление картографических продуктов и снизить стоимость работ. Практическая значимость заключается в потенциальной автоматизации геодезических камеральных работ и мониторинга территорий.

В результате ожидается создание эффективного решения, позволяющего инженерам-картографам получать предварительные топографические планы автоматически, с возможностью дальнейшей корректировки. Реализация такого инструмента станет шагом к «умной» камеральной обработке аэроснимков и расширит возможности ГИС за счет современных методов машинного обучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Береговой, Д. В. Методика автоматизированного создания топографического плана на основе съемки с беспилотного летательного аппарата / Д. В. Береговой, М. Г. Мустафин // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79, № 9. – С. 30-36/
2. Разработка алгоритма семантической сегментации аэрофотоснимков реального времени / Ю. Б. Блохинов, В. А. Горбачев, Ю. О. Ракутин, А. Д. Никитин // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 1. – С. 141-148.
3. Семантическая сегментация данных дистанционного зондирования Земли при помощи нейросетевых алгоритмов / А. А. Друки, В. Г. Спицын, Ю. А. Болотова, А. А. Башлыков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 1. – С. 59-68.
4. Семантическая сегментация спутниковых снимков аэропортов с помощью сверточных нейронных сетей / В. А. Горбачев, И. А. Криворотов, А. О. Маркелов, Е. В. Котлярова // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 4. – С. 636-645.
5. Тематическое дешифрирование аэроснимков лесных территорий на основе концептуального моделирования / К. В. Шошина, Р. А. Алешко, В. В. Березовский [и др.] // Онтология проектирования. – 2023. – Т. 13, № 3(49). – С. 437-454.

© А. В. Андриященко, Д. А. Гура, 2026