

Волощук Вадим Игоревич, Козловская Мария Алексеевна,
Матвиенко Александр Сергеевич

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЙ ФОТОГРАММЕТРИИ

Целью данной работы является разработка программного модуля, использующего методы машинного обучения для решения задач прикладной фотограмметрии. В рамках исследования были поставлены следующие задачи: анализ существующих методов машинного обучения в фотограмметрии, разработка алгоритмов для обработки и интерпретации фотограмметрических данных, а также их внедрение в программный модуль. Проведенные эксперименты подтвердили эффективность предложенных решений в повышении точности и скорости обработки данных. Полученные результаты демонстрируют перспективы использования машинного обучения для автоматизации фотограмметрических процессов и повышения их производительности.

Фотограмметрия, машинное обучение, алгоритм, программный модуль, обработка данных, интерпретация данных, автоматизация, точность, производительность, эксперимент.

Voloshchuk Vadim Igorevich, Kozlovskaya Maria Alekseevna,
Matveenko Alexander

DEVELOPMENT OF A PROGRAM MODULE USING MACHINE LEARNING METHODS FOR SOLVING PROBLEMS OF APPLIED PHOTOGRAMMETRY

The purpose of this work is to develop a program module using machine learning methods to solve problems of applied photogrammetry. Within the framework of the research the following tasks were set analysis of existing machine learning methods in photogrammetry, development of algorithms for processing and interpretation of photogrammetric data, as well as their implementation in the program module. The conducted experiments confirmed the effectiveness of the proposed solutions in improving the accuracy and speed of data processing. The obtained results demonstrate the prospects of using machine learning to automate photogrammetric processes and increase their productivity.

Photogrammetry, machine learning, algorithm, software module, data processing, data interpretation, automation, accuracy, performance, experiment.

Фотограмметрия представляет собой область знаний, охватывающую методы получения точных данных о физических объектах и их окружении через запись, измерение и анализ фотографических изображений. Методы фотограмметрии применяются в различных научных и технических дисциплинах, таких как геодезия, картография, архитектура и биология [1-2]. Современные задачи фотограмметрии требуют обработки больших объемов данных с высокой точностью и оперативностью. Для их решения используются передовые технологии, включая методы машинного обучения, которые способствуют повышению эффективности и качества обработки данных.

Цель данного исследования – разработка программного модуля, использующего методы машинного обучения для решения задач прикладной фотограмметрии. В рамках исследования решались следующие задачи:

1. Анализ существующих методов машинного обучения в фотограмметрии.
2. Разработка алгоритмов для обработки и интерпретации фотограмметрических данных.
3. Внедрение разработанных алгоритмов в программный модуль.
4. Оценка эффективности предложенных решений на основе экспериментальных данных.

Анализ существующих методов машинного обучения, применяемых в фотограмметрии, показал, что методы глубокого обучения, включая нейронные сети различных архитектур, такие как сверточные и рекуррентные нейронные сети и их гибриды, являются перспективными [3-5]. Сверточные нейронные сети используются для распознавания и сегментации [6] изображений, что делает их применимыми в фотограмметрии. Также рассматриваются линейные методы, которые могут быстрее решать поставленные задачи. К наиболее актуальным из них относятся:

- Морфологические методы.
- Методы фильтрации.
- Методы выделения ключевых точек.
- Методы сегментации.

Разработка алгоритмов обработки и интерпретации фотограмметрических данных основана на применении сверточных нейронных сетей для анализа изображений, а также вышеупомянутых методов. Основные этапы разработки алгоритмов включают предварительную обработку данных, обучение модели и оценку ее производительности.

Обучение модели осуществляется на большом наборе фотограмметрических данных с использованием методов обратного распространения ошибки и градиентного спуска [7-8]. Математическая формулировка обучения модели представлена следующей формулой:

$$L(\theta) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l(f(x_i, \theta), y_i) \quad (1)$$

где $L(\theta)$ — функция потерь, N — количество обучающих примеров, x_i и y_i — входные данные и метки соответственно, l — функция ошибки, $f(x_i, \theta)$ — предсказание модели с параметрами (θ) .

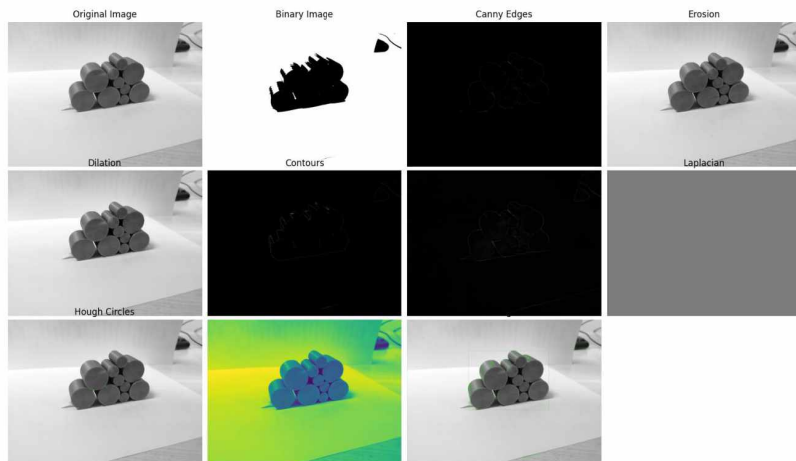


Рис. 1. Используемые методы фотограмметрии

Программная реализация алгоритмов

Разработанные алгоритмы были интегрированы в программный модуль, представляющий собой комплекс программных средств для обработки фотограмметрических данных. Программный модуль включает интерфейс для загрузки изображений [], модуль обработки данных и модуль визуализации результатов. Обработка данных осуществляется в несколько этапов, что представлено на рис.2.

Эффективность предложенных решений была оценена на основе экспериментальных данных, включающих различные наборы фотограмметрических изображений. Результаты экспериментов показали повышение точности и скорости обработки данных по сравнению с традиционными методами. Для количественной оценки производительности использовались такие метрики, как точность (Accuracy), полнота (Recall), точность предсказания (Precision) и F-мера.

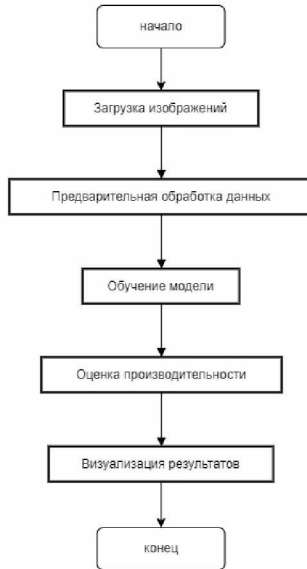


Рис. 2. Блок-схема обработки данных

Таблица 1

Полученные метрики в результате работы алгоритма

Метрика	Значение
Точность	95.4%
Полнота	93.7%
Точность	94.5%
F-мера	94.1%

Визуализация результатов

Для наглядной демонстрации работы программного модуля был разработан интерфейс с использованием библиотеки Kivy. Интерфейс позволяет пользователю загружать изображения, выполнять анализ, измерять расстояния и визуализировать результаты [9-10].

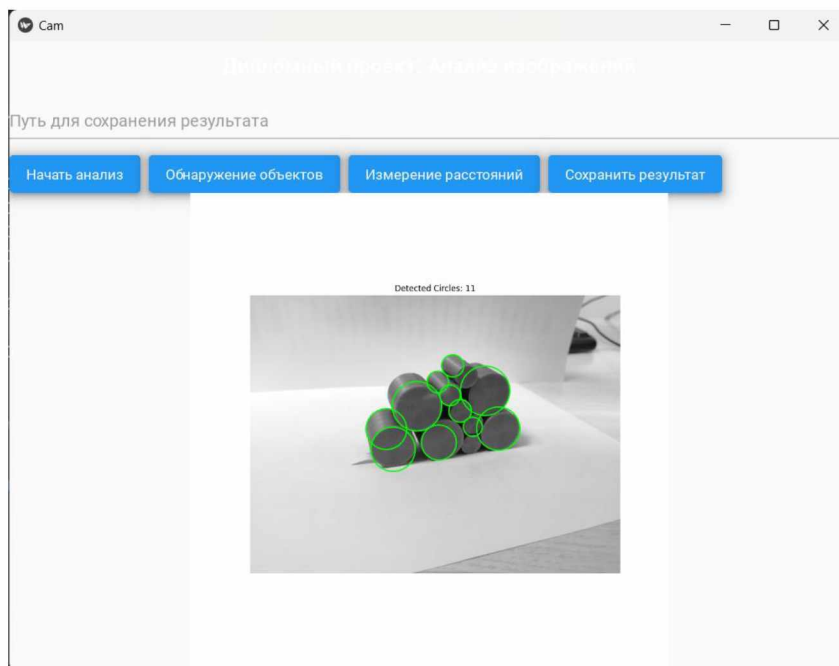


Рис. 3. Программная реализация модуля на основе методов машинного обучения

Выводы

Проведенное исследование показало, что использование методов машинного обучения, в частности сверточных нейронных сетей, улучшает процессы обработки и интерпретации фотограмметрических данных. Были решены задачи подсчета объектов на изображении, улучшения качества изображений, фильтрации артефактов на изображениях. Разработанный программный модуль продемонстрировал высокую эффективность в реальных условиях, обеспечивая автоматизацию фотограмметрических процессов и повышение их производительности. Полученные результаты создают новые возможности для дальнейшего развития и применения машинного обучения в фотограмметрии.

Исследование выполнено в рамках гранта № 41/22-04-ПИШ СТУД 12.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волощук В. И., Лищенко Е. В., Козловская М. А. // Информационные технологии, системный анализ и управление (ИТСАУ-2023) : Сборник трудов XXI Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Таганрог, 23–25 ноября 2023 года. – Таганрог: ДиректСайнс (ИП Шкуркин Д.В.), 2023. – С. 39–43.
2. Мельник Э. В., Козловский А. В., Переверзев В. А. Интеллектуальная система бесконтактного биологического мониторинга и прогнозирования для водных экосистем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 103–110. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-103-110.
3. Schmidhuber J. Deep learning in neural networks: An overview // Neural Networks, 2015.
4. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Advances in Neural Information Processing Systems, 2012.
5. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016.
6. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2015.
7. Simonyan K., Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition // International Conference on Learning Representations (ICLR), 2015.
8. Girshick R., Donahue J., Darrell T., Malik J. Region-based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2016.
9. Онищенко С. В., Козловский А. В., Мельник Э. В. Разработка бесконтактной системы измерения геометрических параметров объектов на изображении // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 9. – С. 177–182. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-9-177-182.
10. Онищенко С. В., Козловский А. В., Мельник Э. В. Разработка высокопроизводительного метода определения геометрических параметров объектов на изображении // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2022. – № 5(229). – С. 86–97. – DOI 10.18522/2311-3103-2022-5-86-97.

Волощук Вадим Игоревич, техник-проектировщик ПИИП ЮФУ, Россия, город Таганрог, переулок Некрасовский 44, телефон: 8(8634)37-16-56, email: vvoloshchuk@sfnu.ru

Козловская Мария Алексеевна, инженер ПИИП ЮФУ, Россия, город Таганрог, переулок Некрасовский 44, телефон: 8(8634)37-16-56, email: arhipenko@sfnu.ru.

Матвиенко Александр Сергеевич, аспирант ИКТИБ, Россия, город Таганрог, переулок Некрасовский 44, телефон: 8(8634)37-16-56, email: almat@sfnu.ru.

Voloshchuk Vadim Igorevich, Project Technician, NSP SFU, Russia, Taganrog city, Nekrasovsky Lane 44, phone: 8(8634)37-16-56, e-mail: vvoloshchuk@sfnu.ru.

Kozlovskaya Maria Alekseevna, Engineer, NSP SFU, Russia, Taganrog, Nekrasovsky Lane 44, phone: 8(8634)37-16-56, e-mail: arhipenko@sfnu.ru.

Matvienko Alexander, PhD student of ICTIB, Russia, Taganrog, Nekrasovsky Lane 44, phone: 8(8634)37-16-56, e-mail: almat@sfnu.ru.