

# Применение глубокого обучения для сегментации камней на конвейерах и складах горнодобывающих предприятий

**В.А. Калашников<sup>1</sup>, В.И. Соловьев<sup>2,3\*</sup>**

<sup>1</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>2</sup>ООО «ЦИАРС», Москва, Россия

<sup>3</sup>Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

\*vs@ciars.ai

**Аннотация.** В последнее десятилетие внедрение методов искусственного интеллекта в промышленность происходит все быстрее. Развитие алгоритмов глубокого обучения и появление возможности хранить и обрабатывать большие объемы информации позволяет быстро и эффективно автоматизировать задачи, которые ранее могли решать только люди – сотрудники предприятий, а полученные результаты не только соответствуют когнитивным способностям человека, но и зачастую их превосходят. Интересным примером рутинной задачи, автоматизация которой возможна методами компьютерного зрения, является задача сегментации камней на конвейерах и складах горнодобывающих предприятий для обеспечения контроля качества сырья и готовой продукции. Цель данной работы – разработка алгоритма сегментации камней на конвейерах и складах. Для достижения этой цели был проведен краткий исторический обзор подходов к решению описанной задачи, а также проведено исследование применения архитектуры Mask R-CNN к решению задачи сегментации камней. Обучающий набор данных включал 1000 изображений, полученных с помощью аугментации из 100 фотографий щебня, сделанных на конвейере горнодобывающего предприятия. Полученные результаты в метрике IoU превысили 83%, а в метрике Accurasy – 89%, что обеспечивает качественный автоматический непрерывный визуальный контроль качества сырья или готовой продукции. Полученные карты сегментации могут служить хорошей базой для определения важных в обрабатываемой промышленности гранулометрических характеристик, категории качества, своевременно обнаруживать лещадность на конвейерах и сегрегацию на складах готовой продукции в реальном времени.

**Ключевые слова:** горнодобывающая промышленность, контроль качества, искусственный интеллект, нейронные сети, глубокое обучение

**Для цитирования:** Калашников В. А., Соловьев В. И. Применение глубокого обучения для сегментации камней на конвейерах и складах горнодобывающих предприятий // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 4. С. 40–47. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-4-40-47

# Using deep learning for rock segmentation in mining conveyors and warehouses

V. Kalashnikov<sup>1</sup>, V. Soloviev<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>2</sup>CIARS LLC, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Moscow State University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

\*vs@ciars.ai

**Abstract.** In the last decade, the introduction of artificial intelligence methods in industry has been accelerating. The development of deep learning algorithms and the emergence of the ability to store and process large amounts of information make it possible to quickly and efficiently automate tasks that previously could only be solved by people – employees of enterprises, and the results obtained not only correspond to human cognitive abilities, but often surpass them. An interesting example of a routine task that can be automated using computer vision methods is the task of segmenting stones on conveyors and warehouses of mining enterprises to ensure quality control of raw materials and finished products. The purpose of this work is to develop an algorithm for segmenting stones on conveyors and warehouses. To achieve this goal, a brief historical review of approaches to solving the described problem was carried out, and a study was made of the application of the Mask R-CNN architecture to solving the problem of stone segmentation. The training dataset included 1000 augmented images from 100 crushed stone photos taken on a mining conveyor belt. The results obtained in the IoU metric exceeded 83%, and in the Accuracy metric – 89%, which provides high-quality automatic continuous visual quality control of raw materials or finished products. The resulting segmentation maps can serve as a good basis for determining granulometric characteristics, quality categories that are important in the mining industry, timely detecting flakiness on conveyors and segregation in finished product warehouses in real time.

**Keywords:** deep learning, computer vision, convolutional neural networks, segmentation, classification, mining, digital image processing

**For citation:** Kalashnikov V., Soloviev V. Using deep learning for rock segmentation in mining conveyors and warehouses. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2023, vol.18, no.4, pp. 40–47 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-4-40-47

## Введение

Сегодня во всем мире активно идет цифровизация промышленности. В частности, промышленные предприятия активно инвестируют во внедрение технологий искусственного интеллекта для повышения объективности контроля качества сырья и готовой продукции. При этом в горнодобывающей промышленности, являющейся одной из крупных отраслей российской экономики и обеспечивающей рабочие места почти для

миллиона работников<sup>1</sup> [8], контроль качества до сих пор основан на Межгосударственном стандарте ГОСТ 8269.0–97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ: Методы физико-механических испытаний». Для контроля качества в соответствии с ГОСТ 8269.0–97 несколько раз в день на складах и конвейерах проводят выборочный отбор проб, далее для определения

<sup>1</sup> Федеральная служба государственной статистики.  
URL: <https://rosstat.gov.ru/>