

# РАСПОЗНАВАНИЕ И АНАЛИЗ МОРСКИХ СУДОВ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ НА БАЗЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

**И.В. Саечников, В.В. Скакун, Э.А. Чернявская**

*Белорусский Государственный Университет, Минск, Беларусь  
E-mail: saetchnikovivan@gmail.com*

В работе рассматривается применение методов глубокого обучения для обработки аэрокосмических данных с целью распознавания и анализа морских судов. Продемонстрированы преимущества использования комбинированного метода для решения существующих проблем детектирования подобных объектов, и достигнута точность распознавания на уровне 0,8491.

**Ключевые слова:** распознавание образов; детектирование объектов; глубокое обучение; дистанционное зондирование; обратная задача.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Задача распознавания морских судов играет ключевую роль в эффективном морском мониторинге [1], управлении логистическими цепочками и портами [2] и обеспечении безопасного судоходства [3]. Только торговый флот насчитывает более 100 тысяч зарегистрированных морских судов [4]. Хотя автоматическая идентификационная система позволяет отслеживать суда, периодически она страдает как от дороговизны коммерческих данных, так и ошибок или пропусков данных [5]. С другой стороны, согласно прогнозам по результатам анализа преимущественно публичных данных частных-государственных проектов [6-7], до 2032 года ожидается рост рынка сервисов анализа аэрокосмических данных (14,8%). Ключевую роль в создании автоматических систем компьютерного зрения для распознавания и отслеживания морских судов могут сыграть адаптивные методы глубокого обучения, которые уже доказали свою эффективность в смежных задачах распознавания и отслеживания дорожных объектов по данным дистанционного зондирования (ДЗ) [8-10]. Задача распознавания и отслеживания морских судов менее исследована на текущий момент. Таким образом, учитывая преимущество охвата больших пространственных и временных масштабов, спутниковое ДЗ и методы глубокого обучения представляют собой эффективные и экономичные инструменты для решения задачи мониторинга морских судов.

Текущие исследования по разработке и распознаванию морских судов методами глубокого обучения можно разделить на два класса – двухэтапные и одноэтапные методы. В рамках первого класса на базе архитектуры R-CNN, авторы статьи [11] представили улучшенную версию Faster-RCNN для обнаружения морских судов, используя улучшенную функцию ROI для извлечения признаков и улучшенный классификатор на базе

SVM. Среди второго класса методов в 2023 году в статье [12] предложен усовершенствованный алгоритм на базе архитектуры YOLOv7 с адаптацией anchor box для лучшей передачи характеристик судов разного размера. Несмотря на существенный прогресс в данной области, некоторые аспекты до сих пор требуют внимания, например, пропуски морских судов малых размеров, неверная идентификация рядом находящихся судов.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

Исследуемые объекты рассматривались на аннотированном наборе данных Airbus SPOT Satellite Imagery [13], содержащих более 200 тысяч изображений с разрешением 1,5 м с наблюдаемой несбалансированностью исследуемых классов. Суда на изображениях различались по размерам и находились как в открытом море, так и в доках, пристанях и т.д. – следовательно, требовалось учитывать разнообразие фонов при формировании карты признаков. Учитывая данный аспект, был предложен комбинированный метод: на первом этапе наличие судов определялось классификатором DenseNet с 121 слоем и кросс-валидацией, а на втором этапе объекты на изображениях с потенциальными морскими судами распознавались и локализовались с использованием архитектуры YOLOv8mod. Таким образом, классификатор боролся с фильтрацией бликов волн, ярких пятен, элементов облаков, которые могут определяться как морские суда ложными срабатываниями и ухудшать итоговую точность распознавания. Для фильтрации фона и упрощения распознавания сгруппированных морских судов с размытыми границами на общем фоне вместо стандартных ограничительных рамок использовались ориентированные ограничительные рамки. Для предотвращения слияния объектов были сегментированы области границ каждого объекта и области их соприкосновения. Перед обучением на тренировочном наборе данных была применена вертикальная, горизонтальная и диагональная флип-аугментация, а также аугментация поворота. Для эффективного использования GPU мы выделяли из исходных изображений фрагменты размером 512x512, центрированные на отмеченные объекты кораблей. Точность распознавания судов оценивалась по усреднению по набору порогов F2 score. Таким образом, на тестируемом наборе предложенным комбинированным методом F2 достигнута точность 0,8491.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе предложен комбинированный метод распознавания и анализа морских судов на основе методов глубокого обучения. Стоит отметить, что предложенный метод распознавания и анализа морских судов является перспективным в решении ряда обратных задач. Эти задачи

связаны не только с реконструкцией и анализом объектов по семантическим признакам, но также применим в аналитических задачах смежных областей, таких как управление рисками в логистической отрасли, дистанционное зондирование и одной из самых актуальных быстрорастущих областей – spatial finance.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. *Salerno, E.; Di Paola, C.; Lo Duca, A.* Remote Sensing for Maritime Monitoring and Vessel Identification // *Remote Sensing* 2024. P. 16, 776. DOI: 10.3390/rs16050776.
2. Worlds of Access or Absence: Supply Security and Maritime Security in an Era of Intense Geopolitical Competition [Электронный ресурс]. URL: <https://hcss.nl/report/worlds-of-access-or-absence-supply-security-and-maritime-security> (дата обращения: 19.03.2024).
3. *Acciaro, Michele & Serra, Patrizia.* Maritime Supply Chain Security: A Critical Review. // *IFSPA: Trade, Supply Chain Activities and Transport: Contemporary Logistics and Maritime Issues*. 2013.
4. Merchant Fleet Infographic: 2023 Update [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ener8.com/> (дата обращения: 25.03.2024).
5. *Pohontu, Alexandru.* A Review over AI Methods Developed for Maritime Awareness Systems. // *Scientific Bulletin of Naval Academy*. XXIII. 2020. P. 287-299. DOI: 10.21279/1454-864X-20-I2-107.
6. Satellite Imaging Market - By Application by End-User & Forecast, 2024 – 2032 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/satellite-imaging-market> (дата обращения: 20.03.2024).
7. *B. Caldecott, M. McCarten, C. Christiaen, C. Hickey.* “Spatial finance: practical and theoretical contributions to financial analysis”, *Journal of Sustainable Finance & Investment*. 2022.
8. Deep Neural Network-Based Dynamical Object Recognition and Robust Multiobject Tracking Technique for Onboard Unmanned Aerial Vehicle’s Computer Vision-Based Systems / Saetchnikov I. [et al.] // *IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems*, vol. 4, no. 3. 2023. P. 250-256. DOI: 10.1109/JMASS.2023.3274929.
9. biLSCCS: modular dynamical on-road objects trajectory prediction approach / Saetchnikov I. [et al.] // *IEEE 10th International Workshop on Metrology for AeroSpace*. 2023. P. 131-135. DOI 10.1109/MetroAeroSpace57412.2023.10190032.
10. Efficient objects tracking from an unmanned aerial vehicle / Saetchnikov I. [et al.] // *IEEE 8th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)*. 2021. P. 221-225. DOI: 10.1109/MetroAeroSpace51421.2021.9511748.
11. MS-SSD: Multi-scale single shot detector for ship detection in remote sensing images. / Wen, G. [et al.] // *Applied Intelligence*. 2023. 53(2), P. 1586–1604. DOI: 10.1007/s10489-022-03549-6.
12. A lightweight YOLOv5 optimization of coordinate attention. / Wu, J. [et al.] // *Applied Sciences*. 2023. 13(3) P. 1746. DOI: 10.3390/app13031746.
13. 1.5m Satellite Imagery | SPOT [Электронный ресурс]. URL: <https://intelligence.airbus.com/imagery/our-optical-and-radar-satellite-imagery/spot/> (дата обращения: 15.03.2024).