

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

Матвеев Т.А., Букин О.А., Чехленок А.А.

*Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского,
Владивосток*

Ключевые слова: безопасность морского транспорта, экологическая безопасность, детектирование разливов нефти, беспилотный летательный аппарат, сегментация изображений, подводная робототехника, телеуправляемый подводный аппарат, осмотр судов, компьютерное зрение, искусственный интеллект.

Аннотация. рассматривается применение интеллектуальных систем анализа изображений для двух задач обеспечения безопасности морского транспорта. Первая задача – детектирование разливов нефтепродуктов с использованием данных с беспилотного летательного аппарата. Вторая задача – выявление посторонних предметов на подводной части корпуса судна по данным с телеуправляемого подводного аппарата с применением сегментации изображений. Анализируются подходы к адаптации алгоритмов компьютерного зрения к условиям морской среды. Делается вывод о перспективности интеграции роботизированных платформ с технологиями искусственного интеллекта для повышения эффективности мониторинга акваторий и мониторинга подводной части корпуса судна.

INTELLIGENT IMAGE SEGMENTATION SYSTEM USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS FOR SOLVING MARITIME TRANSPORT SAFETY PROBLEMS

Matveev T.A., Bukin O.A., Chekhlenok A.A.

Admiral Nevelskoy Maritime State University, Vladivostok

Keywords: maritime transport safety, environmental safety, oil spill detection, unmanned aerial vehicles, image segmentation, underwater robotics, remotely operated vehicle, ship hull inspection, computer vision, artificial intelligence.

Abstract. The application of intelligent image analysis systems for two tasks of maritime transport safety is considered. The first task is the detection of oil product spills using data from unmanned aerial vehicles. The second task is the identification of foreign objects on the underwater part of the ship's hull using data from remotely operated vehicles with the application of image segmentation. Approaches to adapting computer vision algorithms to the conditions of the marine environment are analyzed. A conclusion is drawn about the prospects of integrating robotic platforms with artificial intelligence technologies to improve the efficiency of water area monitoring and the technical condition of the fleet.

Современное судоходство сталкивается с комплексом проблем, требующих внедрения передовых технологий для мониторинга и обеспечения безопасности. В рамках данной работы рассматривается адаптация интеллектуальной системы сегментации изображений для решения двух задач. Первая задача – обеспечение экологической безопасности морского транспорта, в части оперативного мониторинга разливов нефтепродуктов на морской поверхности с последующей их ликвидацией с использованием технологий БПЛА [1, 2]. Вторая задача – использование процедур семантической сегментации для детектирования

посторонних предметов (инородных объектов, повреждений, обрастаний) на подводной части корпуса судна при проведении осмотровых работ с применением ТНПА [3].

Актуальность создания такой системы детектирования и мониторинга продиктована жесткими требованиями к безопасности мореплавания и охране окружающей среды. Разливы нефтепродуктов наносят колоссальный урон морским экосистемам, и их своевременное обнаружение является критически важным для быстрой ликвидации и минимизации последствий [4]. Традиционные методы наблюдения за акваторией зачастую недостаточно оперативны или зависят от погодных условий, в то время как БПЛА, оснащенные интеллектуальными системами анализа, способны обеспечить постоянный и эффективный мониторинг [5]. Вторая задача - регулярный осмотр подводной части корпуса судна необходим для обеспечения безопасной эксплуатации судна. «Ручной» анализ видеоданных с ТНПА трудоемок, субъективен и требует высокой квалификации оператора. Автоматизация этого процесса с помощью систем сегментации изображений позволяет значительно повысить точность, скорость и объективность диагностики [6, 7].

Процесс решения поставленных задач базируется на современных методах компьютерного зрения и искусственного интеллекта, в частности на использовании глубоких сверточных нейронных сетей для анализа изображений. Для решения задачи обнаружения разливов нефтепродуктов процесс можно разделить на несколько этапов. На первом этапе осуществляется сбор данных – БПЛА выполняет облет акватории, получая изображения морской поверхности. Далее следует этап предварительной обработки, включающий коррекцию изображений. Основной этап — сегментация изображения. В отличие от метода сегментации, который использовался в работе [1], мы использовали улучшенный алгоритм YOLOv26 для выделения объектов на сложных морских изображениях, что обеспечило более точное выделение внешних границ нефтяных разливов. Для идентификации зон загрязнения используются алгоритмы семантической сегментации на основе сверточных нейронных сетей, например, архитектуры U-Net, YOLOv26 или DeepLab. Эти сети обучаются на размеченных данных, где каждый пиксель изображения классифицируется как «вода», «нефтяное пятно», «судно» и т.д. Ключевым преимуществом такого подхода является способность сети автоматически выделять сложные текстуры и формы пятен, что делает систему устойчивой к изменчивости морской поверхности. После сегментации производится оценка площади загрязнения и его координат, что позволяет оперативно направить средства ликвидации в точку разлива, в частности БПЛА для ликвидации пятен нефтепродуктов с использованием методики распыления диспергентов [1]. Для решения задачи осмотра подводной части корпуса процесс выглядит следующим образом. ТНПА, двигаясь вдоль борта судна, передает видеопоток высокого разрешения. Первым шагом является покадровая обработка видеопотока и удаление шумов, вызванных взвешенными частицами в воде. Далее вступает в действие модель сегментации, аналогичная используемой в первой задаче, но обученная на специфическом датасете подводных изображений корпусов судов. Архитектуры типа RF-DETR особенно хорошо подходят для этой цели, так как они не только определяют границы объекта (посторонний предмет,

повреждение), но и выделяют его точную маску на пиксельном уровне. Такая модель способна классифицировать обнаруженные аномалии (например, «металлический предмет», «канат», «трещина», «обрастание»). Для повышения точности и скорости обработки используются архитектуры YOLO (You Only Look Once), которые показывают высокую эффективность в задачах детекции и классификации объектов в режиме, близком к реальному времени [6, 7].

В ходе теоретической разработки и анализа существующих решений была обоснована применимость алгоритмов семантической сегментации, таких как улучшенный YOLOv26, RF-DETR, для выделения объектов на сложных морских изображениях. Показано, что использование этих алгоритмов позволяет достичь высокой точности детектирования, недостижимой для классических методов компьютерного зрения.

На рисунке 1 показан пример сегментации оригинального изображения плёнки нефтепродуктов на морской поверхности (рис. 1), и результат выполнения процедуры сегментации данного изображения (рис. 2). Улучшенный YOLOv26 был применен к изображениям, полученным при мониторинге реальных разливов нефтепродуктов на акватории Амурского залива при выполнении мероприятий по детектированию разливов с использованием БПЛА в течении 2020-2024 гг. Это обеспечило проведение автоматического детектирование нефтяного пятна компьютерным зрением БПЛА и более точное определение площади разлива.

Для задачи подводного осмотра применение нейросетевых методов детекции позволяет не только фиксировать наличие посторонних предметов, но и классифицировать их с высокой степенью достоверности, что существенно облегчает работу оператора ТНПА [5-7].



Рис. 1. Изображение разлива нефтепродуктов

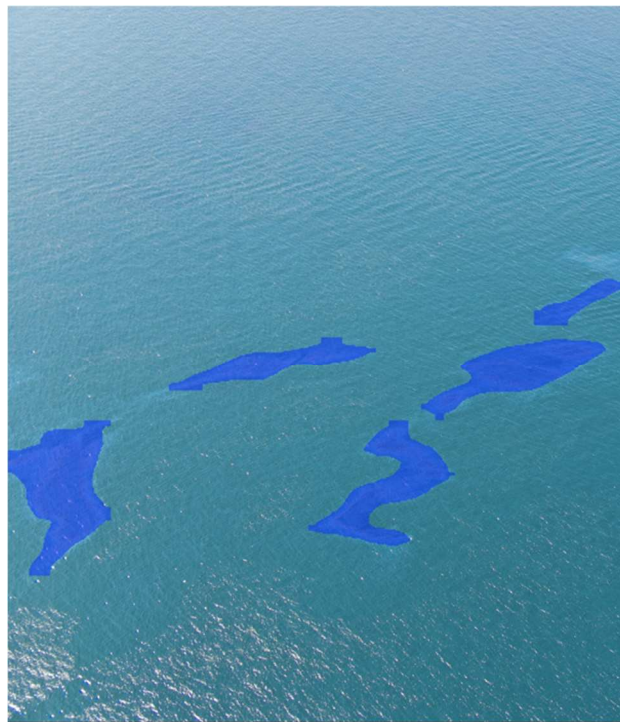


Рис. 2. Результат сегментирования изображения разлива нефтепродуктов

На рисунке 3 приведён пример использования дообученной модели RF-DETR на примере распознавания анодов антикоррозионной защиты корпуса судна.

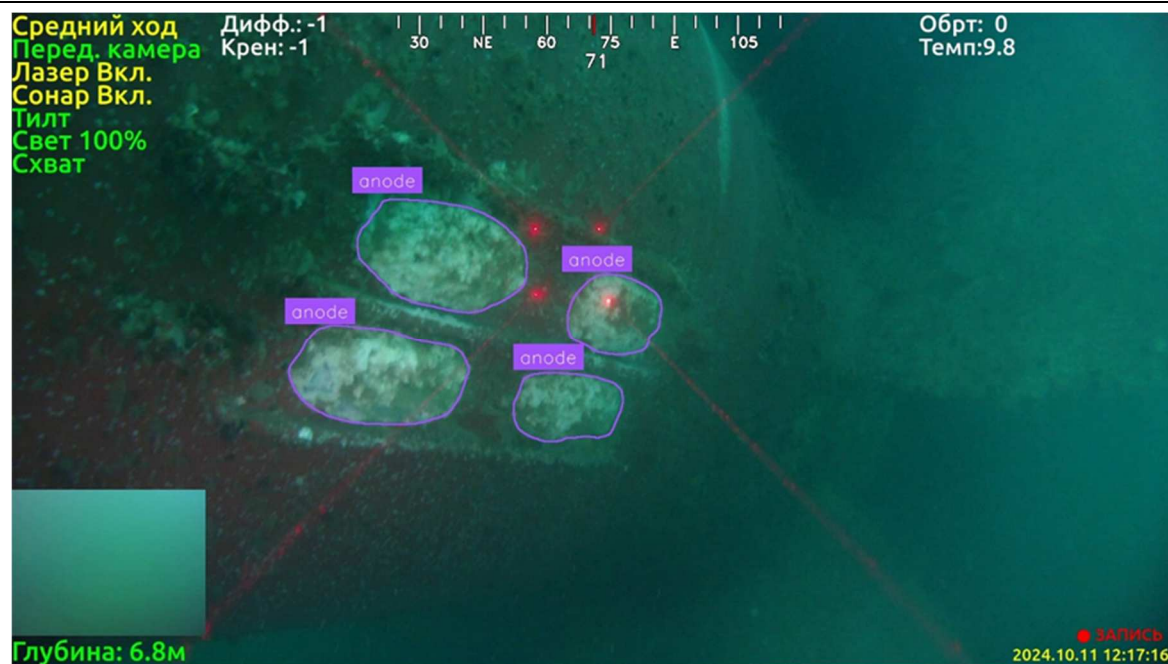


Рис. 3. Результат визуальной проверки работы модели

Интеллектуальная система сегментации изображений на базе инструментов искусственного интеллекта является мощным инструментом для использования технологий морской робототехники для обеспечения экологической безопасности и безопасности судоходства. Применение глубоких нейронных сетей, особенно архитектур для семантической сегментации и обнаружения объектов, позволяет автоматизировать процессы мониторинга акваторий с помощью БПЛА, а также для выявления разливов нефтепродуктов и диагностики подводной части судов с использованием ТНПА. Это ведет к сокращению времени реакции на аварийные разливы и повышению надежности выявления скрытых дефектов корпуса. Для дальнейшего развития таких систем необходимо создавать унифицированные программные платформы, способные обрабатывать данные с различных типов носителей, и внедрять алгоритмы, работающие в реальном времени непосредственно на борту беспилотных аппаратов и ТНПА.

Список литературы

1. Проценко Д.Ю., Коровецкий, Чехленок А.А., Бобылев Д.С., Букин О.А. Адаптация инструментов искусственного интеллекта в программные оболочки морской робототехники в задачах обеспечения экологической безопасности морских акваторий при разливах нефтепродуктов // Морские интеллектуальные технологии/Marine intellectual technologies/. – 2026. – №1. – Часть 1. – С. 166-176. – doi.org/10.37220/MIT.2026.71.1.017.
2. Проценко Д.Ю., Коровецкий Д.А., Букин И.О., Чехленок А.А., Бобылев Д.С., Юрчик В.Ф., Букин О.А. Мультиагентный роботизированный комплекс экологического мониторинга морских акваторий // Морские интеллектуальные технологии. – 2024. – №3-1(65). – С. 189-199.
3. Букин О.А. Метод и аппаратные комплексы учёных Морского университета сократили время осмотра подводных частей судов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bit.ly/4rvFLu0>.
4. Gkountakos K., Melitou M., Ioannidis K., Demestichas K., Vrochidis S., Kompatsiaris I. LADOS: Aerial Imagery Dataset for Oil Spill Detection, Classification, and Localization Using Semantic Segmentation // Data. 2025, vol. 10(7), p. 117. doi.org/10.3390/data10070117.

5. Газизов Т.Т. Обнаружение и локализация утечек на нефтедобывающих объектах с помощью компьютерного зрения // Вестник технического университета. – 2025. – №8. – С. 123-128.
6. QYSEA & Smart Nautilus [Электронный ресурс]. Port-Time Hull Inspections: Turning Underwater Imagery into Actionable Decisions. QYsea (2026, 23 января). – Режим доступа: <https://www.qysea.com/newsInfo-1851.html>.
7. Patanè L., Corriera F., Maio A., Graziani S., Xibilia M.G. Boat Monitoring and Classification System utilizing infrared and visual data streams for port safety enhancement // 2023 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), La Valletta, Malta, 2023, pp. 357-362. DOI: 10.1109/MetroSea58055.2023.10317308.

Сведение об авторах:

Матвеев Тимофей Александрович – студент;

Букин Олег Алексеевич – д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник;

Чехленок Алексей Анатольевич – младший научный сотрудник.