

Распознавание подводного трубопровода с использованием векторизованных изображений

В.А. Бобков^{1*}, А.А. Шупикова¹

*¹Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Владивосток, Россия*

**bobkov@iacp.dvo.ru*

Аннотация. Подводные трубопроводы, являясь критически важной инфраструктурой для транспортировки углеводородов и других ресурсов, требуют регулярной проверки их состояния, учитывая экономический и экологический характер последствий возможных аварий. Поэтому одной из ключевых технологических задач сегодня является разработка надежных методов распознавания подводных трубопроводов с целью их инспекции по видеоинформации, получаемой автономным необитаемым подводным аппаратом. Предлагается метод распознавания и прослеживания подводного трубопровода по оптическим изображениям с использованием автономного подводного аппарата, основанный на многоэтапной вычислительной схеме обработки данных, включая векторизацию исходных снимков на контурной основе, выделение видимых границ трубопровода на изображениях и вычисление его пространственной осевой линии. Метод основывается на применении авторской модификации алгоритма Хафа (Hough Transform) с адаптивным ограничением области анализа и новой версии авторской методики построения контуров с применением метода Оцу (Otsu's method). Получаемые с помощью методики контуры обладают минимальной избыточностью и достаточной точностью для выделения видимых границ трубопровода модифицированным алгоритмом Хафа. Метод характеризуется небольшими вычислительными затратами в сравнении с аналогами. Нетрудоемкий расчет осевой линии осуществляется на основе применения ранее разработанного авторами алгоритма локального распознавания. Проведены вычислительные эксперименты для получения сравнительных оценок надежности и вычислительной производительности применительно к контурным алгоритмам Канни, К-средних, Оцу и к методу выделения границ (модификация метода Хафа). В том числе получены оценки сравнения с некоторыми аналогами. Полученные оценки эффективности предложенных решений подтвердили их эффективность.

Ключевые слова: подводный трубопровод, инспекция, автономный подводный аппарат, распознавание, оптические изображения, контурные алгоритмы, векторизация

Для цитирования: Бобков В.А., Шупикова А.А. Распознавание подводного трубопровода с использованием векторизованных изображений // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 5. С. 67–84. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-5-67-84

© Бобков В.А., Шупикова А.А., 2025.

Underwater pipeline recognition using vectorized images

V. Bobkov¹, A. Shupikova¹

¹*Institute of Automation and Control Processes Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

bobkov@iacp.dvo.ru

Abstract. Underwater pipelines, being critical infrastructure for the transportation of hydrocarbons and other resources, require regular inspection of their condition, taking into account the economic and environmental nature of the consequences of possible accidents. Therefore, one of the key technological challenges today is the development of reliable methods for recognizing underwater pipelines for the purpose of their inspection using video information received by an autonomous unmanned underwater vehicle. A method is proposed for recognizing and tracking an underwater pipeline using optical images using an autonomous underwater vehicle, based on a multi-stage computational data processing scheme, including: vectorization of initial images on a contour basis, selection of visible boundaries of the pipeline in images and calculation of its spatial centerline. The method is based on the use of the author's modification of the Hough Transform algorithm with adaptive limitation of the analysis area and a new version of the author's method for constructing contours using the Otsu's method. The contours obtained using the method have minimal redundancy and sufficient accuracy to identify visible pipeline boundaries using a modified Hough algorithm. The method is characterized by low computational costs in comparison with analogues. The easy calculation of the centerline is carried out on the basis of the application of the local recognition algorithm previously developed by the authors. Computational experiments were conducted to obtain comparative estimates of reliability and computational performance in relation to the contour algorithms of Canny, K-means, Otsu and the boundary detection method (modification of the Hough method). Including comparison assessments with some analogues. The obtained assessments of the effectiveness of the proposed solutions confirmed their effectiveness.

Keywords: underwater pipeline, inspection, autonomous underwater vehicle, recognition, optical images, contour algorithms, vectorization

For citation: Bobkov V., Shupikova A. Underwater pipeline recognition using vectorized images. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.5, pp.67-84 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-5-67-84

© Bobkov V., Shupikova A., 2025.

Введение

Актуальной задачей инспекции подводной промышленной инфраструктуры является прослеживание подводного трубопровода (ТП) по оптическим изображениям с использованием автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) в режиме реального времени. Самым недорогим источником ин-

формации о состоянии трубопровода (ТП) являются моно-, стерео- и видеокамеры, устанавливаемые на автономных подводных аппаратах. Получаемые с их помощью визуальные данные обеспечивают общую информацию о состоянии и пространственном положении ТП. Состояние ТП оценивается согласно информации о форме, возможной деформации, целост-