

УДК 004.932

Коррекция, сегментация и классификация изображений в задачах космической микробиологии

Соколова Анастасия Андреевна¹

sokolclon1534@gmail.com

Кулакова Вера Александровна¹

v.kulakova.vera@yandex.ru

Соловьева Зоя Олеговна²

soloviova@imbp.ru

Кузнецов Егор Дмитриевич¹

egorka.kuz@yandex.ru

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия² ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены методы коррекции, сегментации и классификации изображений в задачах космической микробиологии. Представлен алгоритм повышения разрешения, основанный на перераспределении пикселей с использованием анализа градиентов и маскирования областей интереса. Показано, что метод эффективно устраняет ступенчатость контуров и улучшает визуальное восприятие изображений. Также рассматриваются классические методы сегментации, такие как пороговая бинаризация по методу Оцу [3] и суперпиксели SLIC [4], проводится анализ их эффективности, вычислительной сложности и применимости для анализа изображений бактерий. Предлагается смешанный алгоритм и оценивается эффективность подхода с использованием метрик Intersection over Union (IoU) и Boundary IoU (BIOU) [5]. Сделаны выводы, что разработанные алгоритмы можно применять для предобработки изображений с целью последующего автоматизированного анализа микроорганизмов в системах мониторинга микробиоты на борту космических аппаратов.

Ключевые слова: компьютерное зрение, повышение разрешения, космическая микробиология, перераспределение пикселей, сегментация, метод SLIC, классификация

Введение. Длительные космические миссии требуют постоянного контроля здоровья экипажа, в том числе изменений в составе микробиоты. Данная работа посвящена решению проблемы, возникающей при обработке микроскопических изображений микроорганизмов, получаемых в условиях космического полета. Основная задача этой работы — разработка и применение методов повышения разрешения и сегментации для последующей классификации изображений. Актуальность работы обусловлена тем, что возможность передачи в наземную лабораторию свежих проб с борта КА для исследования отсутствует, и потому члены экипажа передают информацию в виде электронных микроскопических снимков для дальнейшего анализа.

Методы и материалы; результаты. В работе выбран и реализован алгоритм, основанный на градиентном анализе и перераспределении пикселей. Для оценки эффективности алгоритма использовалась метрика структурного сходства (SSIM) на наборе тестовых изображений. Результаты показали среднее значение SSIM 0,7981 при диапазоне значений от 0,7321 до 0,8824, что свидетельствует о сохранении структурной информации при значитель-

ном улучшении визуального качества. Что касается сегментации: результаты показывают, что алгоритмические методы без применения глубокого обучения могут обеспечивать приемлемую точность для автоматического анализа бактериальных проб. Такой подход особенно ценен в условиях ограниченных ресурсов.

Заключение. Разработанные алгоритмы показали работоспособность в задачах обработки микроскопических изображений микробиоты. К преимуществам подходов можно отнести его адаптивность к специфике биомедицинских изображений и меньшую вычислительную сложность по сравнению с нейросетевыми методами. Полученные результаты свидетельствуют о потенциале алгоритмов для использования в системах мониторинга микробиоты. Для дальнейшего повышения эффективности требуются работы по оптимизации параметров алгоритмов.

Список источников

- [1] Пчелинцев Я.А. Математические методы адаптивного повышения качества биомедицинских изображений. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. Москва, 2023, 104 с.
- [2] Zhao B., Mertz J. Resolution enhancement with deblurring by pixel reassignment. *Advanced photonics*, 2023, vol. 5, no. 6, pp. 066004–066004. <https://doi.org/10.1117/1.ap.5.6.066004>
- [3] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. *Automatica*, 1975, vol. 11, pp. 285–296.
- [4] Achanta R. SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 2012, vol. 34, no. 11, pp. 2274–2282. [5] Cheng B. Boundary IoU: Improving object-centric image segmentation evaluation. *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, 2021, pp. 15334–15342. <https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.01508>