

## АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЗВЁЗДНОГО НЕБА

Щукин А.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель - Преподаватель (квалификационная категория "преподаватель практики"), институт математики Поляк М.Д.<sup>2</sup>

1 – Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического Приборостроения; 2 – Университет ИТМО

### Введение

В сфере изучения и мониторинга околоземного пространства и поиска малых тел Солнечной системы актуальной задачей является автоматическая обработка последовательных изображений звёздного неба, обеспечивающая устойчивое выделение слабых источников на фоне шумов регистрации и неоднородного фона. В данной работе рассматривается алгоритм бинарной сегментации, разделяющий пиксели изображения на классы "фон" и "объект". Под объектом далее понимаются как стационарные источники (звёзды различных звёздных величин), так и динамически движущиеся объекты, проявляющиеся на последовательности кадров вследствие изменения положения во времени. Цель работы заключается в разработке математической вероятностной модели формирования последовательных изображений звёздного неба, приближенных к реальным наблюдениям, и использовании полученных данных для обучения и валидации модели сегментации. Практическая задача предлагаемого алгоритма состоит в выделении всех объектов на кадрах при вариативных уровнях яркости фоновых звёзд и наличии шумов, что создаёт основу для последующих этапов анализа, включая поиск движущихся объектов.

### Основная часть

На первом этапе описывается вероятностная модель, которая описывает случайное расположение звёзд и их звёздную величину, начальное положение объектов, их угловую скорость, яркость и профиль, а также шумовые компоненты [1]. Сцена задаётся параметрически: распределение звёзд по координатам и яркостям выбирается так, чтобы воспроизводить широкий динамический диапазон звёздных величин и плотность поля, движущиеся объекты задаются траекториями в последовательности кадров с контролируемыми угловыми скоростями, направлениями и яркостями, что позволяет получать как точечные изображения при малом смещении, так и вытянутые следы при большем смещении за время экспозиции. Оптическая составляющая моделируется через функцию рассеяния точки, определяющую пространственный профиль изображения источника и обеспечивающую правдоподобную форму звёздных изображений и поперечный профиль следов. Физика регистрации на матрице учитывается через добавление фоновой засветки и шумов, включая флуктуации фотонной природы и шум считывания, а также через возможные крупномасштабные неоднородности чувствительности.

Второй этап реализует сегментацию на основе архитектуры U-Net для выделения объектов и фона [2-5]. U-Net целесообразна в данной задаче по двум причинам. Во-первых, энкодер извлекает устойчивые признаки на разных масштабах, а декодер, используя пропуски между уровнями, восстанавливает точные границы объектов. Во-вторых, архитектура сохраняет работоспособность на относительно небольших объёмах данных при условии корректно организованной генерации разнообразных обучающих примеров, что соответствует ситуации, когда реальных размеченных астрономических данных недостаточно, а синтетические можно производить в требуемом объёме.

## **Выводы**

В результате работы была построена вероятностная модель, которая описывает серию изображений звёздного неба, получаемую средствами оптического наблюдения. В вероятностной модели учтены все основные характеристики подобных изображений.

В работе реализован классификатор пикселей, выполняющий бинарную сегментацию на последовательных изображениях звёздного неба, где к положительному классу отнесены как звёзды различных звёздных величин, так и динамически движущиеся объекты. Классификатор устойчиво выделяет объекты при вариативных уровнях фона и наличии шумов регистрации, а также сохраняет работоспособность при изменении эффективной формы источников, обусловленной функцией рассеяния точки и вытянутым штрихом движения в экспозиции. Практическая значимость разработанного классификатора заключается в формировании пиксельных масок объектов как унифицированного представления результата, пригодного для последующих этапов обработки.

## **Благодарность**

Автор выражает признательность Василию Владимировичу Румянцеву, сотруднику Крымской Астрофизической Обсерватории, за предоставление материалов в области астрономии и помощь в реализации вероятностной модели.

## **Список литературы.**

1. Куимов К. В., Курт В. Г., Рудницкий Г. М., Сурдин В. Г., Теребиж В. Ю. Небо и телескоп // Издательская фирма «Физико-математическая литература». 2009. 424 с.
2. Поляк М.Д. Модель стохастической искусственной нейронной сети в задачах распознавания образов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика, телекоммуникации и управление. 2013. №1. С. 63–69.
3. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // In: Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol. 9351. Cham: Springer, 2015. P. 234–241. DOI: 10.1007/978-3-319-24574-4\_28
4. Шквиро С. А., Поляк М. Д. Применение U-Net для выделения рядов виноградника по данным дистанционного зондирования Земли // V Международная конференция по нейронным сетям и нейротехнологиям (NeuroNT'2024) : Сборник докладов конференции, Санкт-Петербург, 20 июня 2024 года. – Санкт-Петербург: ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина), 2024. – С. 106-109.
5. Николенко С., Кадурич А., Архангельская Е. Глубокое обучение Санкт-Петербург: Питер, 2018. 480 с.