

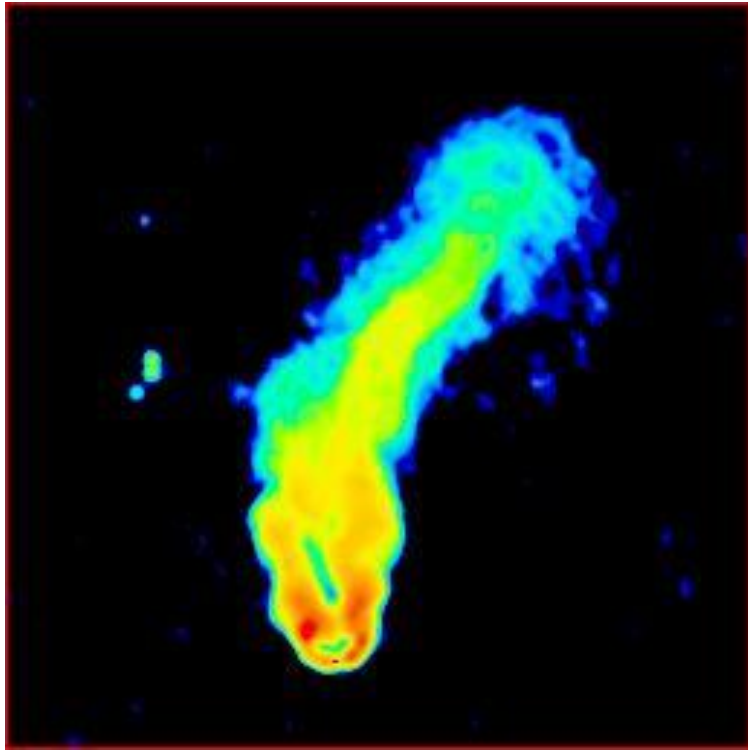
¹Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)
²Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук

Морфологическая классификация джетов активных ядер галактик

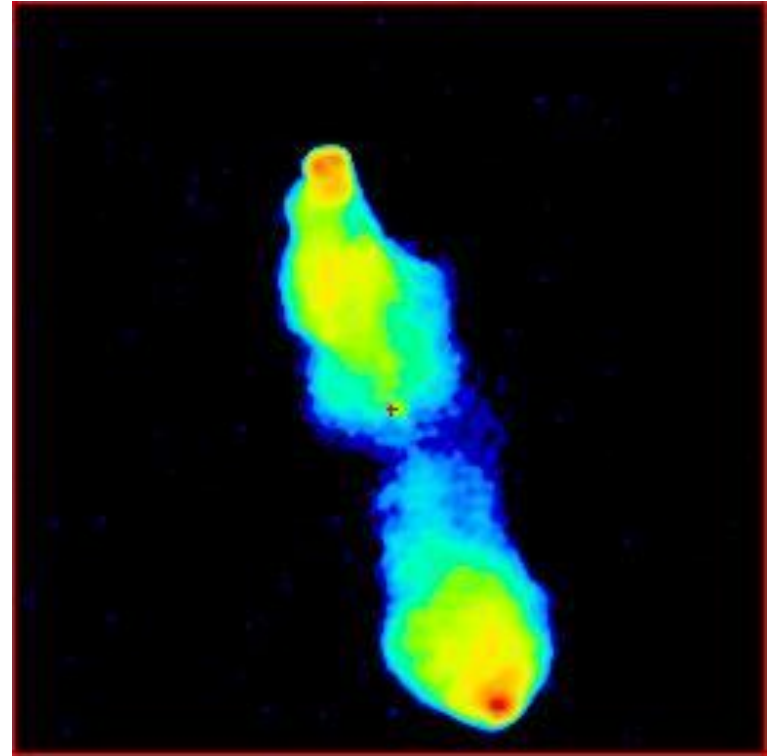
Д. С. Загоруля¹, М. М. Лисаков²

19 июня 2024

Морфология Фанарова-Райли (кпк)

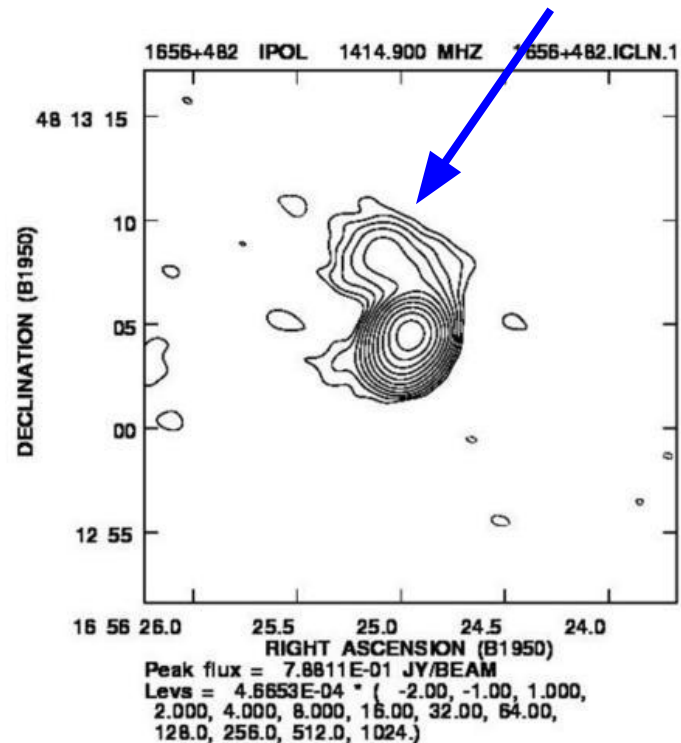
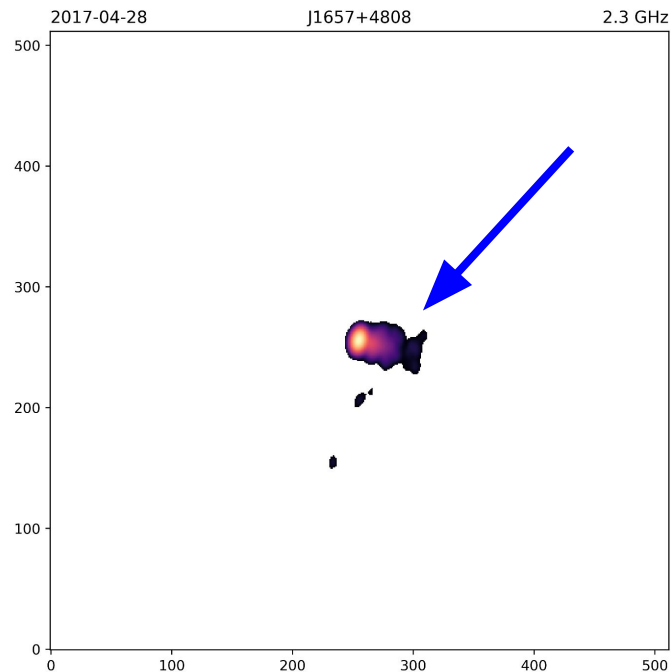


3C 83.1B, FR I, 1.4 ГГц, 409 кпк



3C 173.1, FR II, 1.5 ГГц, 220 кпк

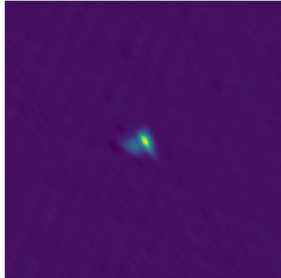
Морфология АЯГ на разных расстояниях (пк и кпк)



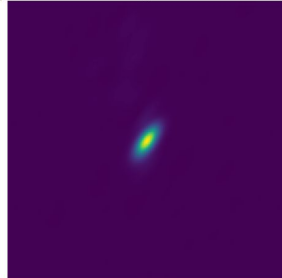
Актуальность исследования

- Учет протяженной структуры наблюдаемых источников при построении небесных систем координат (ГЛОНАСС/GPS);
- Создание подвыборок с известными морфологическими свойствами;
- Поиск и исследование аномальных объектов.

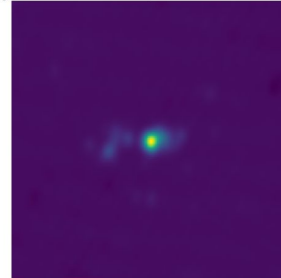
J2059+7328, 2015-09-01



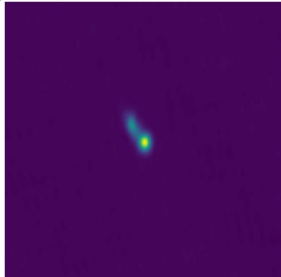
J1631+4348, 2014-01-30



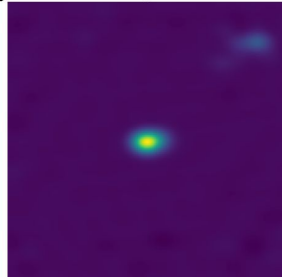
J1415+1320, 2021-03-24



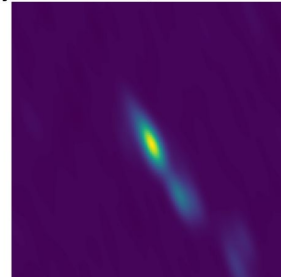
J1414+1922, 2013-04-21



J0655+2306, 2021-01-29



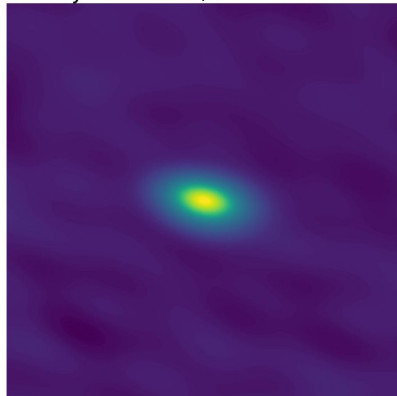
J1305+5731, 2014-02-07



Классификация изображений¹ (более 130 тысяч)

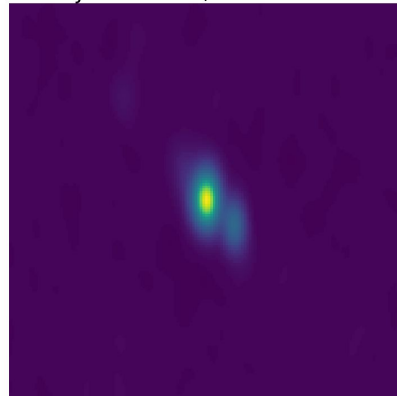
Одиночный источник

J2359+2036, 2014-02-03



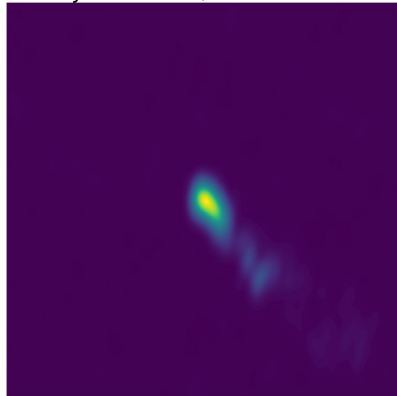
Двойной источник

J0209+2932, 1996-05-15



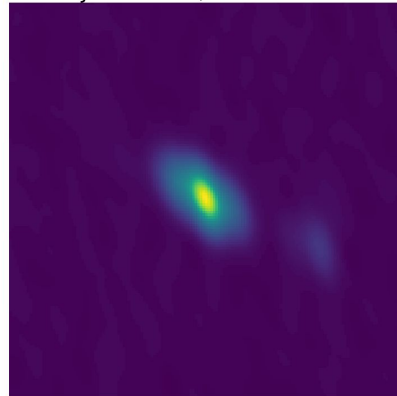
Источник с джетом

J1229+0203, 2019-01-10



Источник с двойным джетом

J0241-0815, 2002-05-08

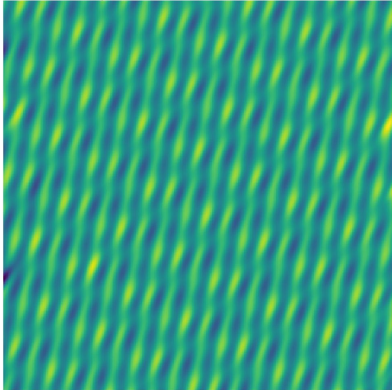


¹https://astrogeo.org/vlbi_images/

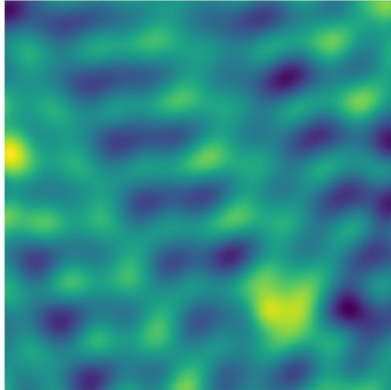
Фильтрация и обработка данных

Примеры зашумленных изображений

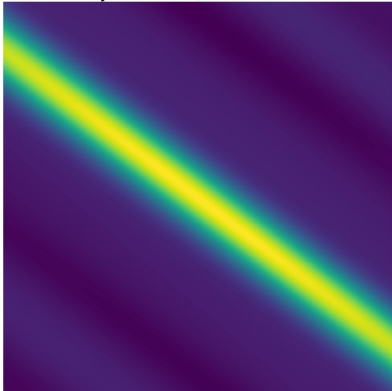
J0337+5947, 2006-06-11



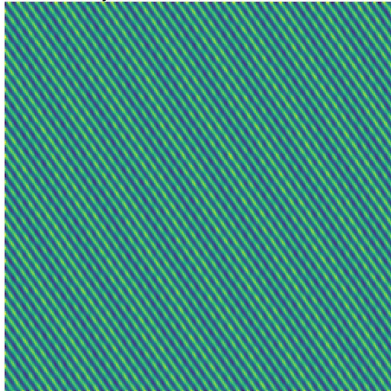
J0506+2820, 2021-01-29



J0235+1824, 2016-05-27

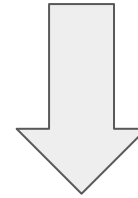


J0344+6518, 1995-04-19



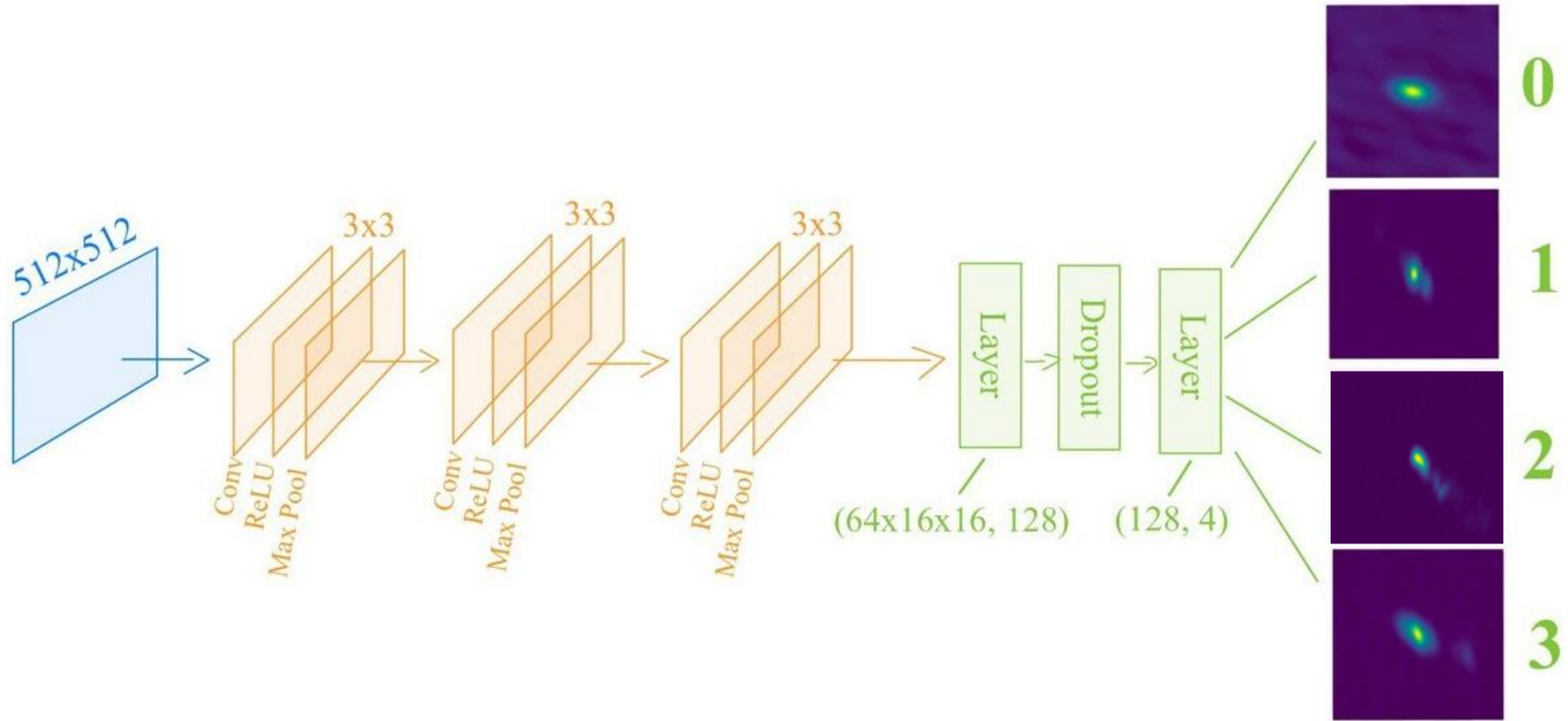
Критерий фильтрации:

- $|C - I_{\max}| \geq 3$;
- $SNR \leq 10$.



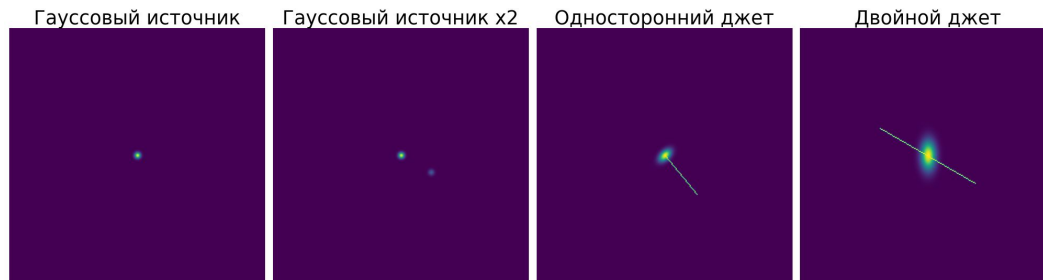
1.8% карт было отсеяно

Архитектура свёрточной нейронной сети

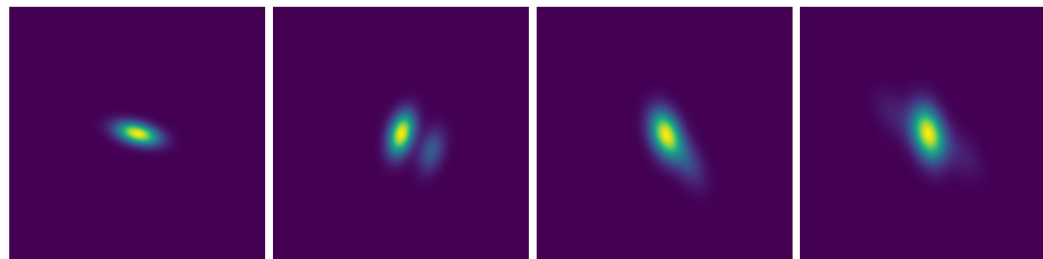


Синтетические данные

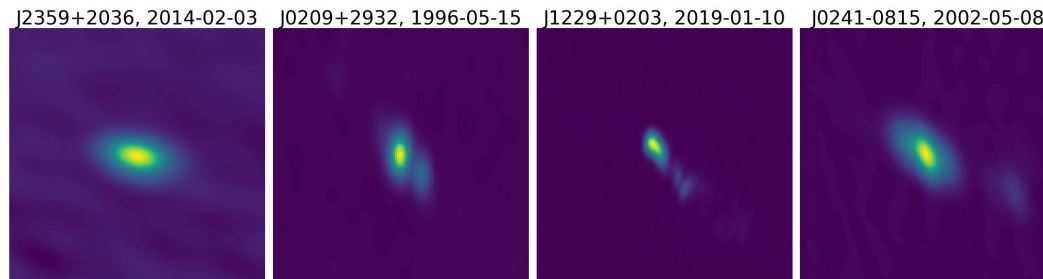
Модельные источники



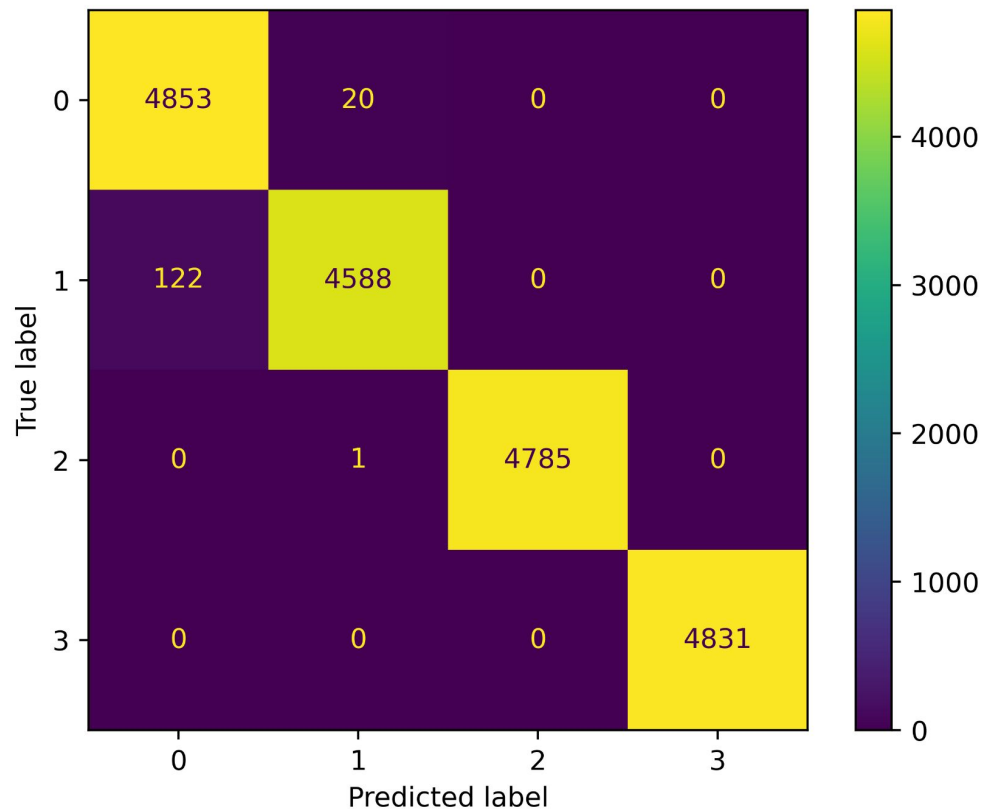
Модельные источники \otimes
Диаграмма направленности



Реальные источники



Результаты на тестовой выборке



Precision: 99.27%

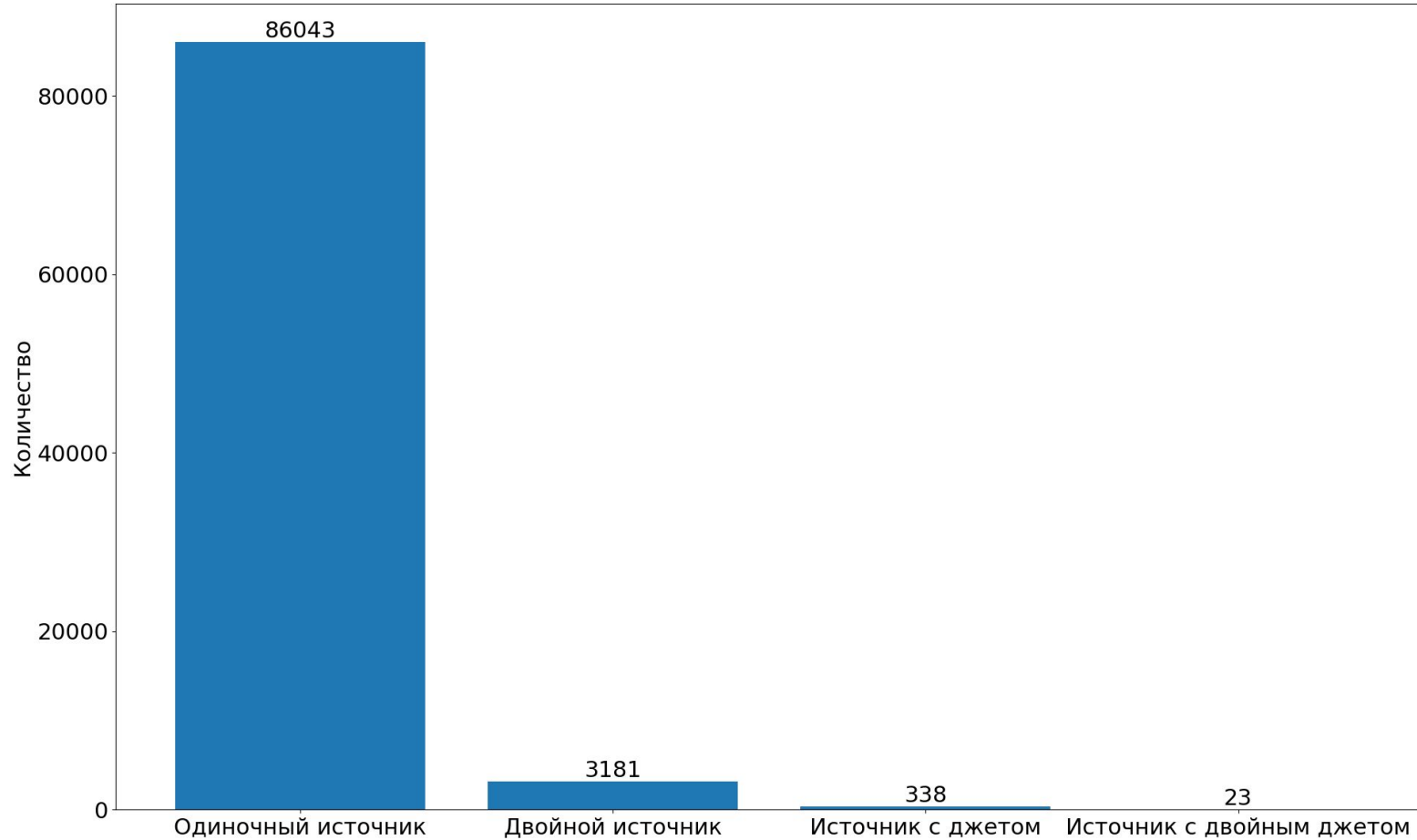
Recall: 99.25%

F1 Score: 99.26%

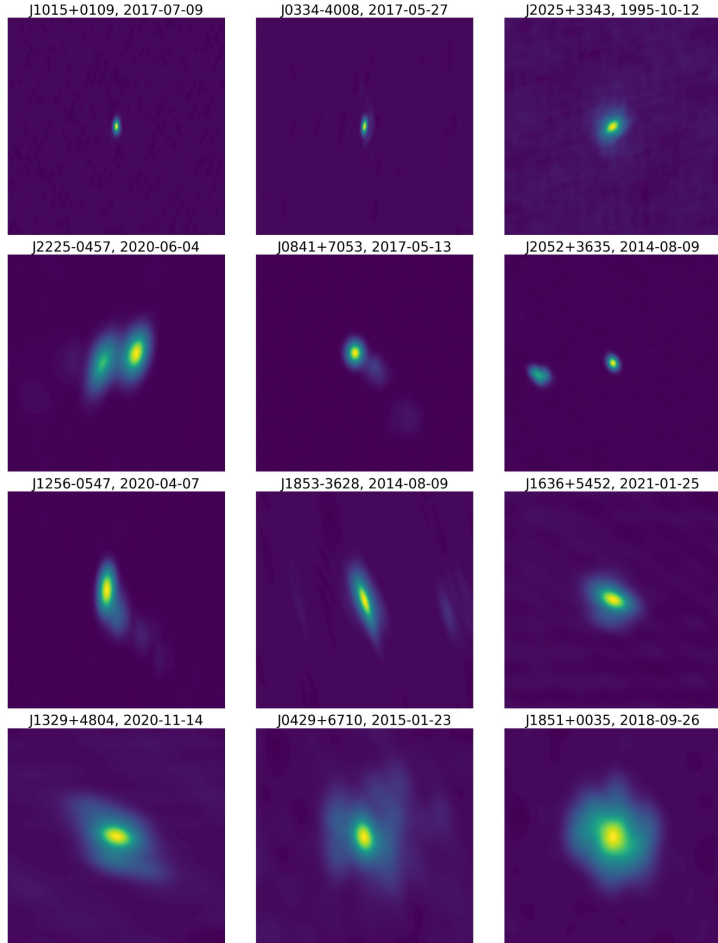
F1 Macro Score: 99.25%

F1 Weighted Score: 99.26%

Результаты классификации



Предсказания модели



Точечные источники

Двойные источники

Источники с джетом

Источники с двойным джетом

Результаты

- Была проведена обработка и чистка более 130 тысяч изображений Астрогео;
- Были заполнены 2 SQL таблицы с основными параметрами файлов;
- Был сгенерирован датасет синтетических изображений;
- Была разработана и обучена свёрточная нейронная сеть для классификации изображений АЯГ;
- Была получена морфологическая классификация настоящих изображений;
- Был разработан веб-интерфейс для разметки изображений.

Дальнейшая перспектива

- Улучшение качества классификации изображений активных ядер галактик;
- Исследование других алгоритмов машинного обучения, в том числе обучения без учителя;
- Разработка инструмента для поиска по изображениям активных ядер галактик с учетом их морфологии.

Список литературы

- *Blandford R., Meier D., Readhead A. Relativistic Jets from Active Galactic Nuclei. Annu. Rev. Astron. Astrophys., 2019.*
- *Charlot P. [et al.]. The Third Realization of the International Celestial Reference Frame by Very Long Baseline Interferometry. A&A, 2020.*
- *Cui Y. [et al.]. Precessing Jet Nozzle Connecting to a Spinning Black Hole in M87. Nat., 2023.*
- *Hardee P. E. On Three-dimensional Structures in Relativistic Hydrodynamic Jets. ApJ, 2000.*
- *Lacy M. [et al.]. The Karl G. Jansky Very Large Array Sky Survey (VLASS). Science Case and Survey Design. PASP, 2020.*

Радиоинтерферометрия со СверхДлинными Базами (РСДБ)

