

Морфологическая классификация джетов активных ядер галактик

Д. С. Загоруля¹, М. М. Лисаков^{2,3}

¹МФТИ (zagorulia.ds@phystech.edu) ²IFIS PUCV (Chile) ³АКЦ ФИАН

Примерно 1% всех нормальных галактик выбрасывает узконаправленные ультрарелятивистские потоки плазмы (джеты). Эти выбросы ультрарелятивистской плазмы могут распространяться далеко за пределы родительской галактики, достигая сотен килопарсек [1]. Килопарсекковая структура радио-громких галактик была ранее изучена Фанаровым и Райли [2], которые выделили два класса объектов с джетами: у одних светимость уменьшается с увеличением расстояния от центральной галактики вдоль джета (ФР-I), у других светимость, наоборот, возрастает к краям джета (ФР-II). Оказалось, что это различие в морфологии коррелирует с общей светимостью этих объектов.

Цель нашей работы:

Изучение морфологии джетов на масштабах парсек – вблизи центральной чёрной дыры.

Данные

Мы использовали базу данных Астрогео, состоящую из 130 тыс. изображений джетов для более 20 тыс. АЯГ. Данные Астрогео – РСДБ наблюдения на частотах 1-90 ГГц. Типичное угловое разрешение 1-2 мсек дуги.

2.4% данных оказались дефектными. Мы отфильтровали все изображения, в которых координаты пика интенсивности не совпадали с центром карты или сигнал-шум был меньше 10.

Нейронная сеть

Мы использовали свёрточную нейронную сеть (CNN) [3] из 5 свёрточных слоёв и 2 полносвязных, которую обучили на XX тыс. синтетических изображений. Преимущество такого подхода в том, что нет необходимости вручную размечать данные для обучения. Каждое изображение принадлежало к одному из 4 классов: гауссовый источник, двойной гауссовый, одно- и двусторонний джет.

После обучения мы применили CNN к реальным данным и для каждого изображения определили его класс.

Синтетические изображения

Модели источников (верхний ряд) включали: гауссовый источник, двойной гауссовый источник, источники с одно- и двусторонними джетами (гауссовский источник с отрезком). Каждое из синтетических изображений было свёрнуто с 8 разными диаграммами направленности, симулируя реальные РСДБ наблюдения.

Выводы

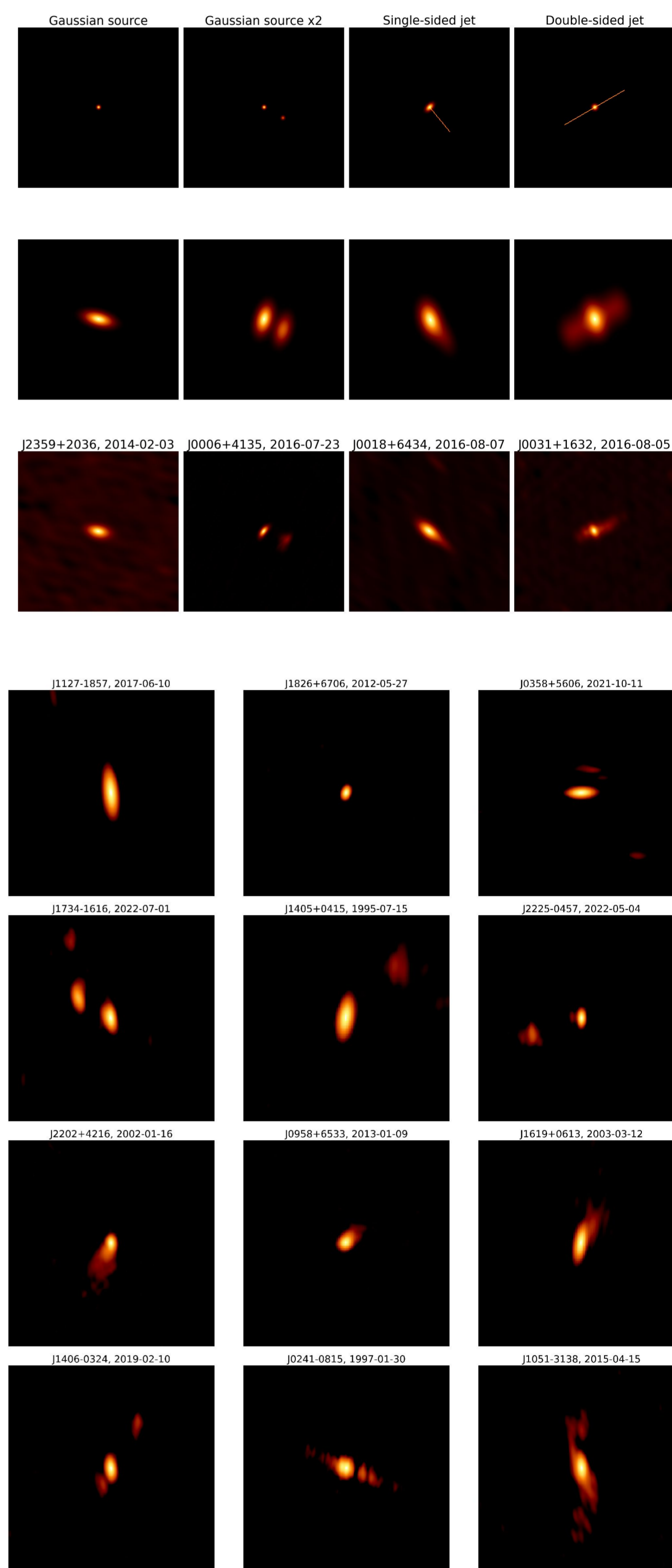
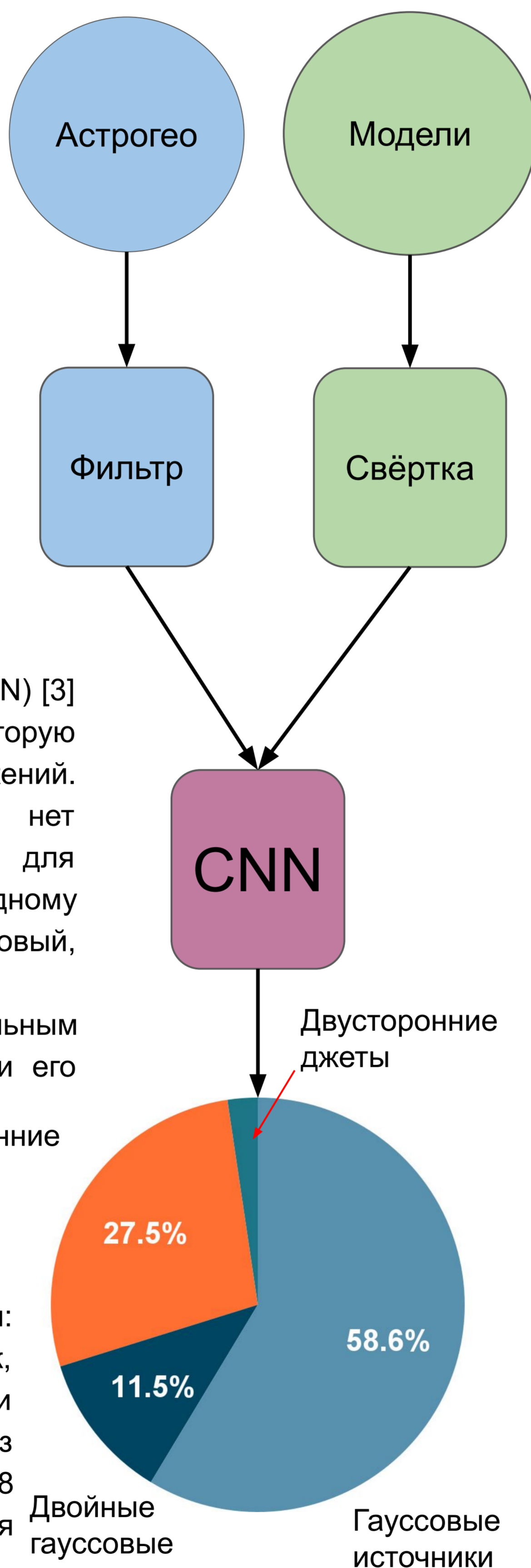
Мы создали выборки джетов с разными морфологическими свойствами их структуры на масштабах парсек.

Одиночные гауссовы объекты – самые полезные для астрометрии и построения систем координат.

Односторонние джеты увеличивают ошибку астрометрических измерений из-за переменности протяжённой структуры.

Двойные гауссовы вносят наибольшую случайную ошибку (см. доклад А. Попкова).

Двусторонние джеты интересны для отождествления с протяжёнными джетами на масштабах килопарсек и сравнения морфологии на масштабах пк и кпк, а также для массового изучения их свойств.



Список литературы

1. Blandford, R., Meier, D., & Readhead, A. 2019, Annu. Rev. Astron. Astrophys, 57, 467
2. Fanaroff, B. & Riley, J. 1974, MNRAS, 167, 31P
3. LeCun, Y., Boser, B., Denker, J., et al. 1989, Neural Comput., 1, 541