



Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»
Институт ядерной физики и технологий
Кафедра физики элементарных частиц №40

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИГНАЛОВ В ДЕТЕКТОРЕ FARICH УСТАНОВКИ SPD НА КОЛЛАЙДЕРЕ NICA

Научный консультант:
Студент:

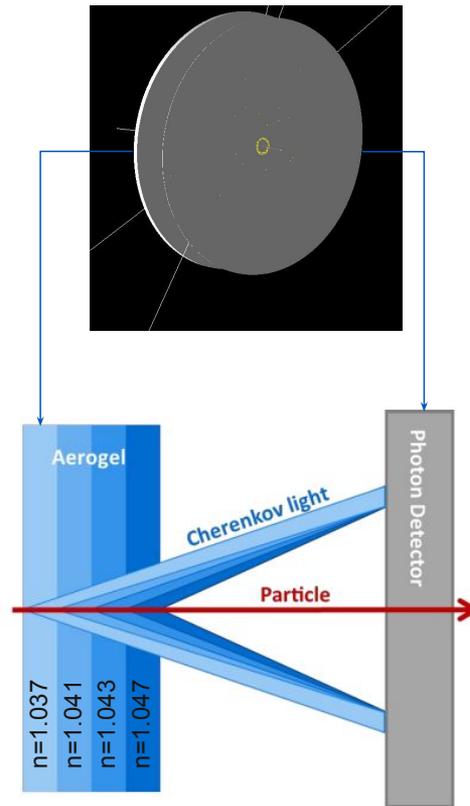
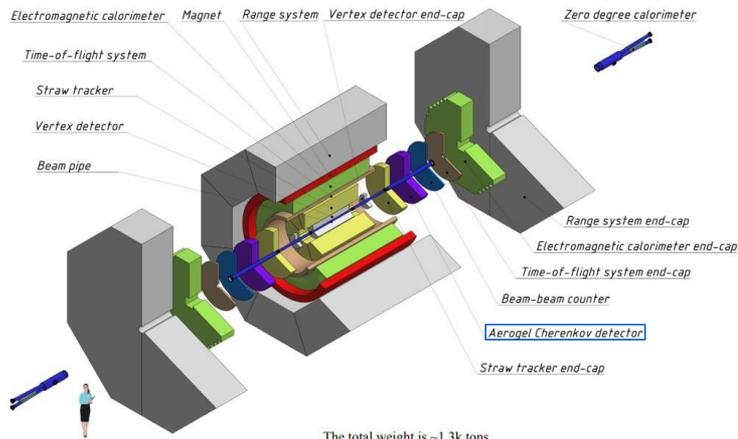
А. С. Жемчугов
К. Ю. Массалов

Москва
2025



Детектор FARICH

Schematic view of the SPD setup



Частота регистрации событий ~ 4 МГц
Поток данных ~ 2 ПБ/день или 200 ПБ/год



Онлайн-фильтр для уменьшения потока данных в ~ 50 раз



Классические методы:
+ Легко интерпретируемы
- Довольно медленные
- Сложно
распараллеливаются

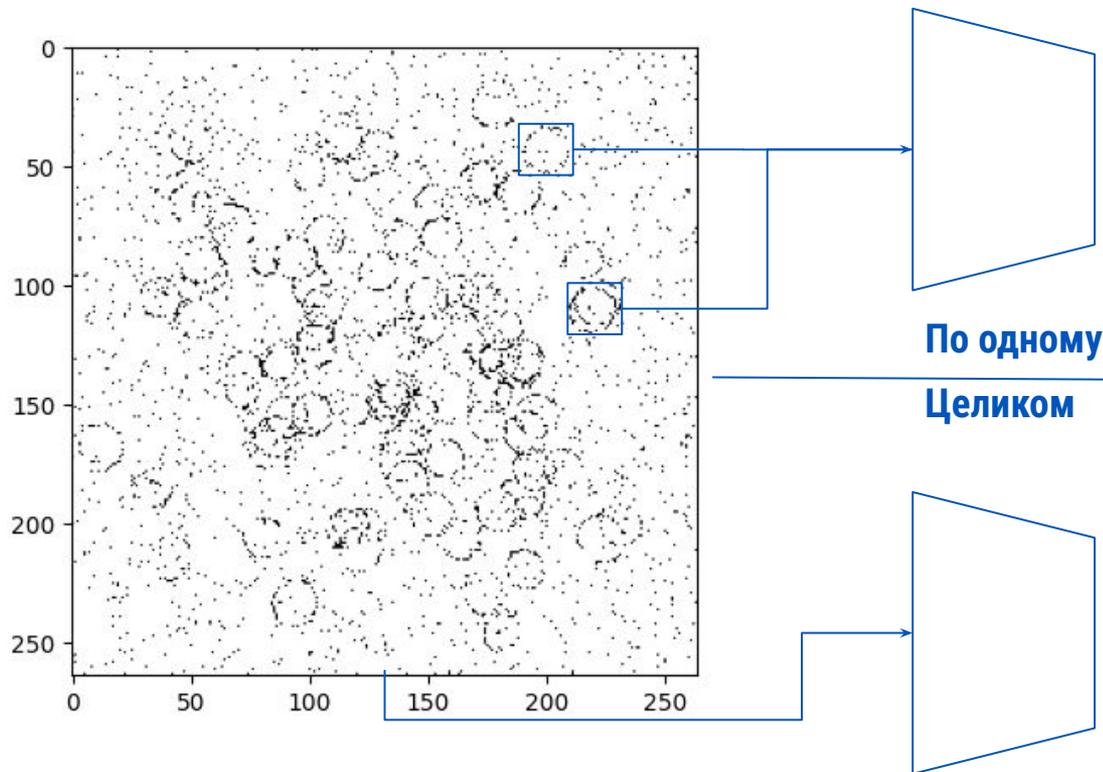


Искусственные нейронные сети:
+ Легко распараллеливаются и
могут быть очень быстрыми
- Сложность интерпретации
- Сложность в оценке ошибки

1. Создание нейросетевых методов реконструкции сигналов с детектора FARICH
2. Изучение их характеристик и сравнение с классическими подходами

Варианты подходов

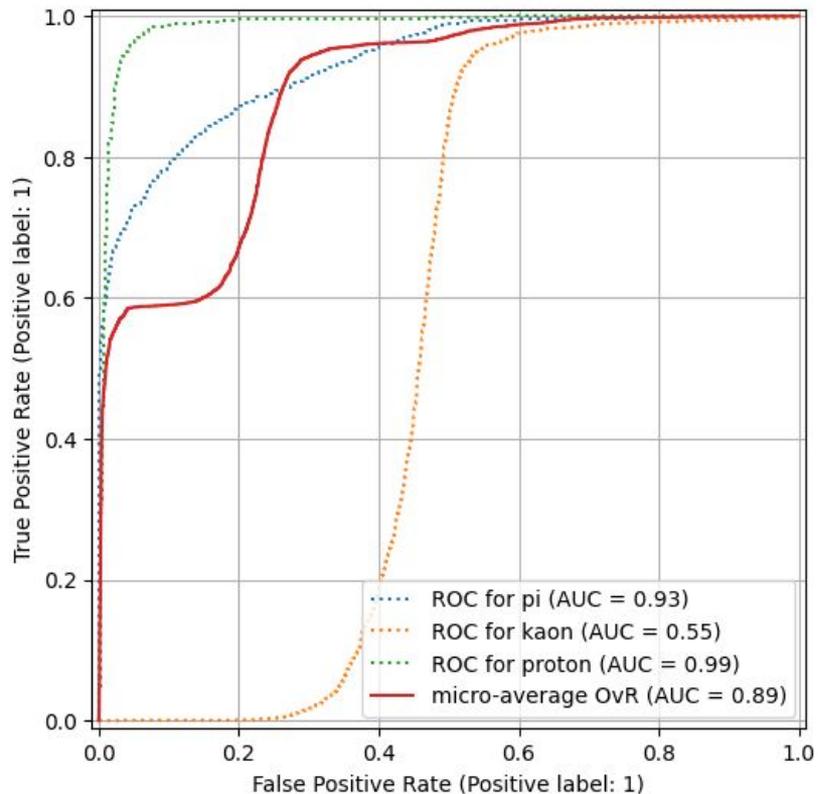
Набор точек
Изображение



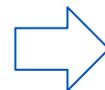
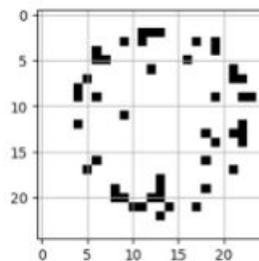
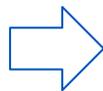
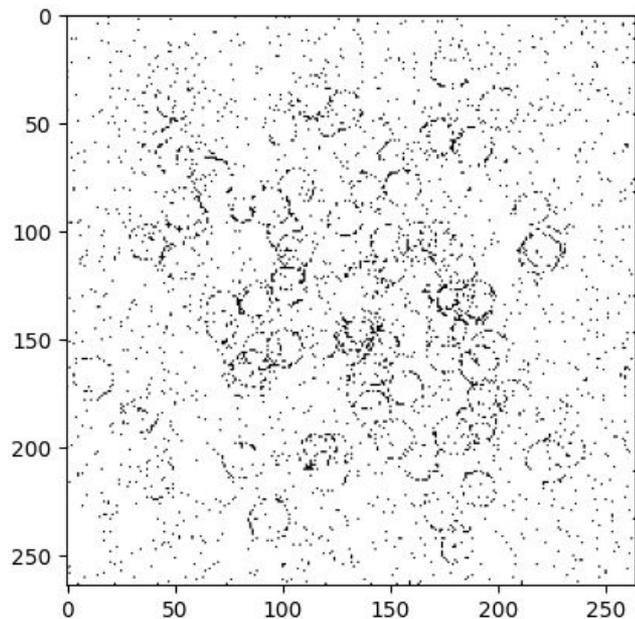
Набор точек

Основные используемые операции:

1. Пулинг
2. Скалярное произведение между элементами
3. Линейная комбинация результата глобального пулинга и каждого вектора



Выделение областей интереса на основе треков



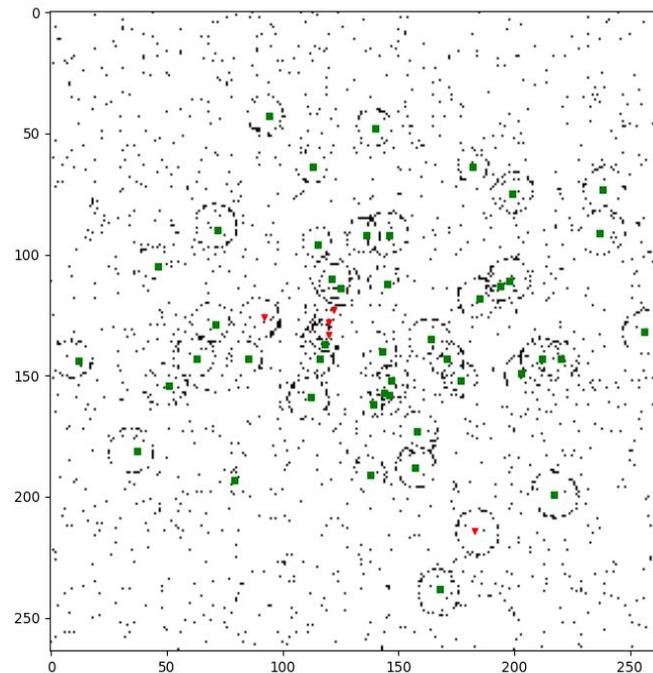
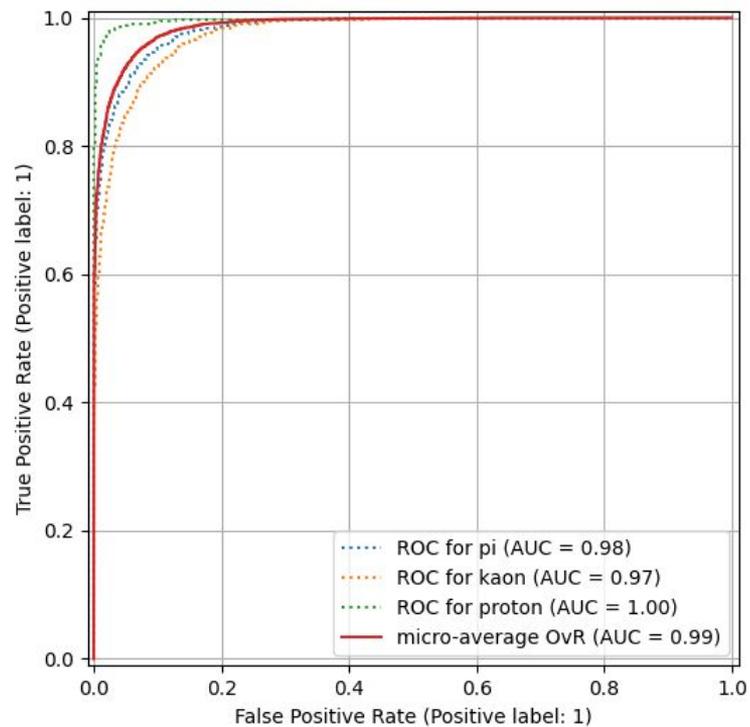
Тип частицы,
скорость, угол
конуса

+p

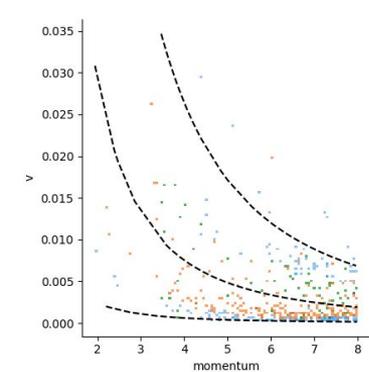
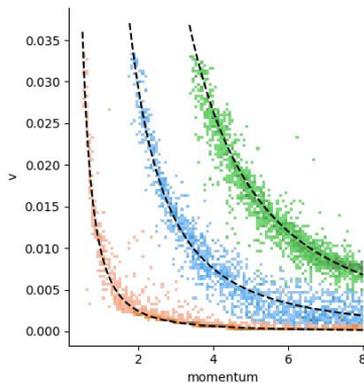
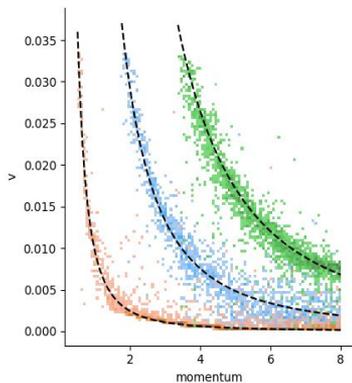
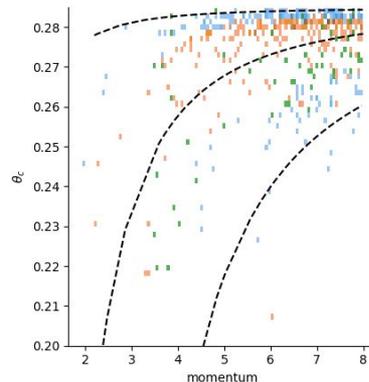
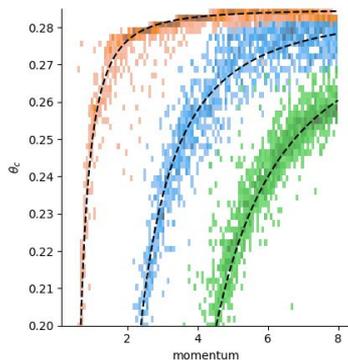
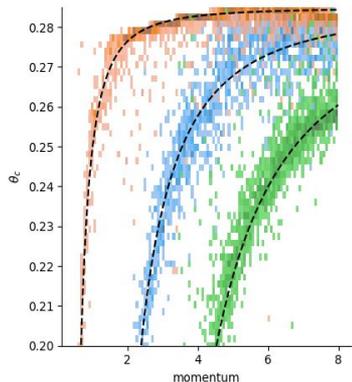


батч размера N

Результаты



Распределение предсказанных физ. величин для разных типов частиц в зависимости от импульса

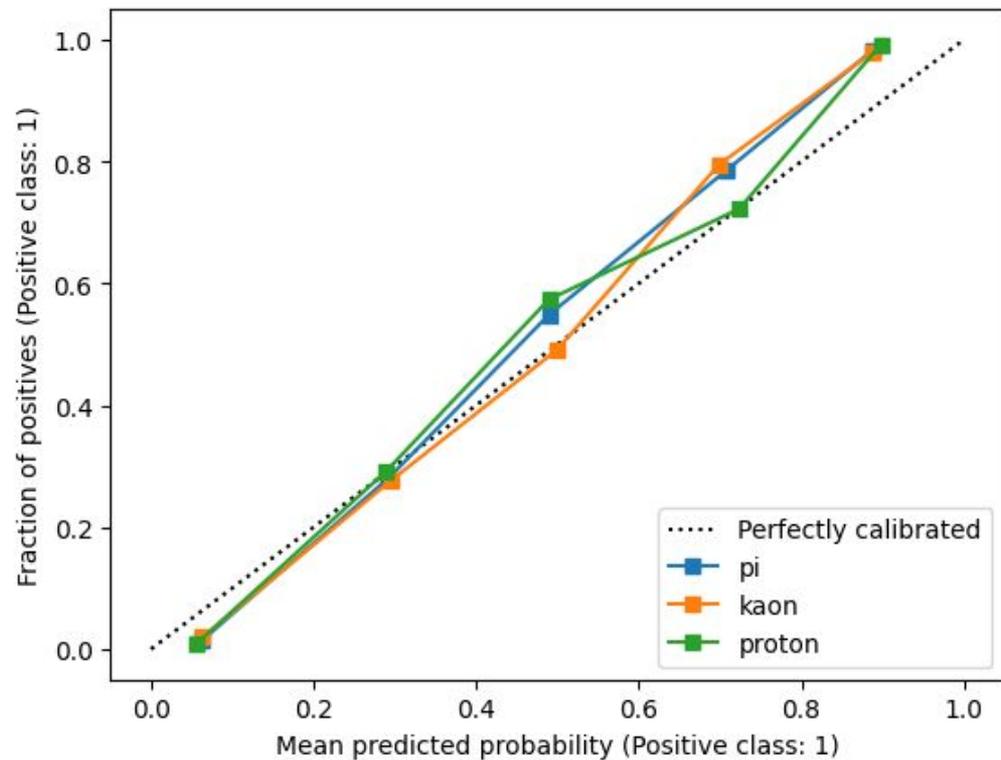


Для всех частиц

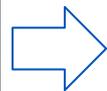
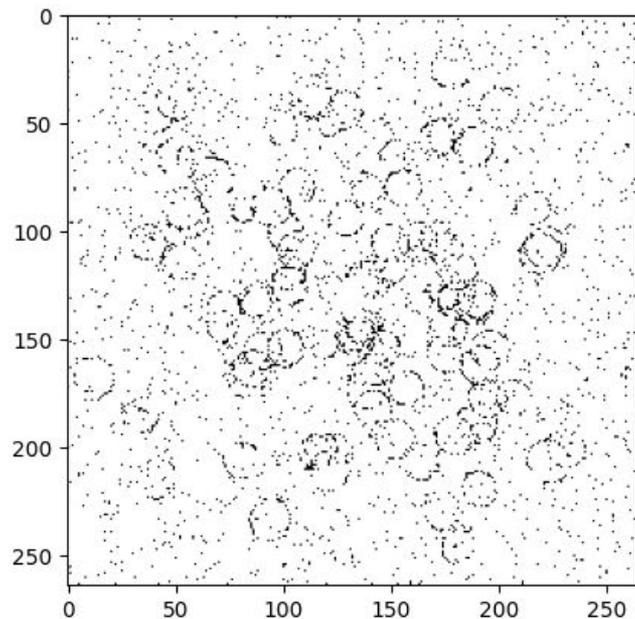
Для правильно
классифицированных частиц

Для неправильно
классифицированных частиц

Калибровочная кривая



Сегментация

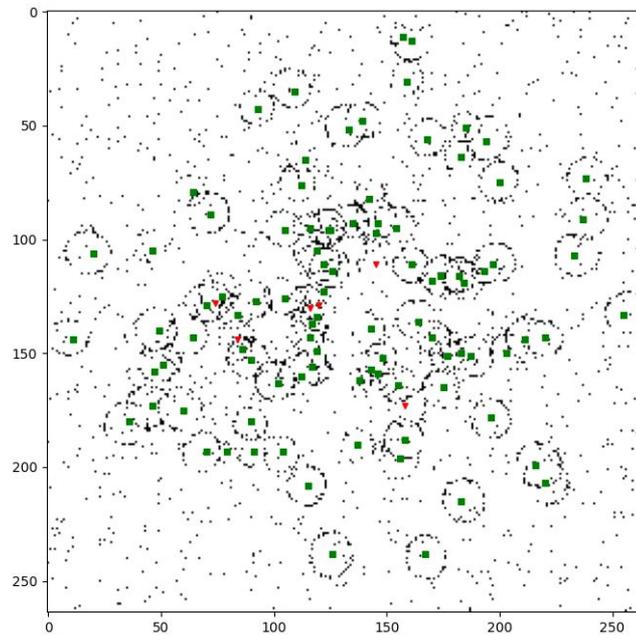
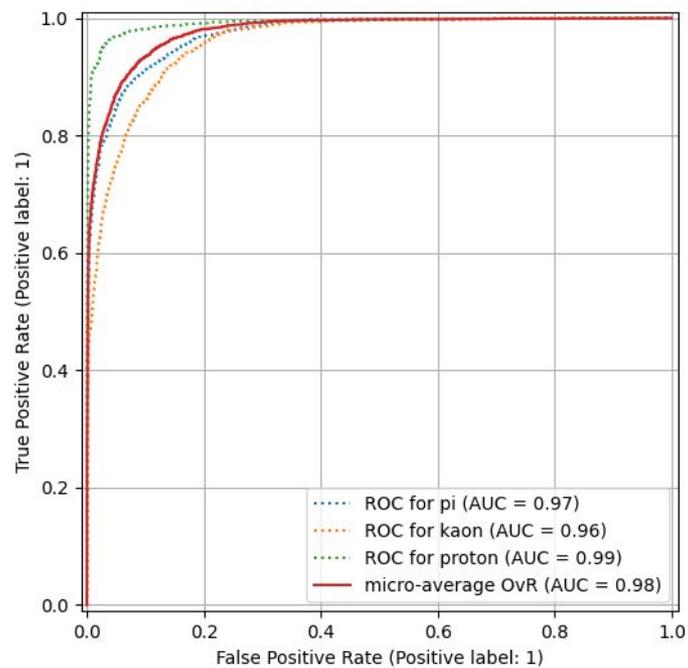


Батч размером 1



Размер выхода = размеру входа, для пикселей, соответствующих точке пересечения трека и детектора, предсказывается скорость, угол, класс. Кроме того, для каждого сработавшего пикселя предсказывается, к треку какой частицы он относится (или к фону)

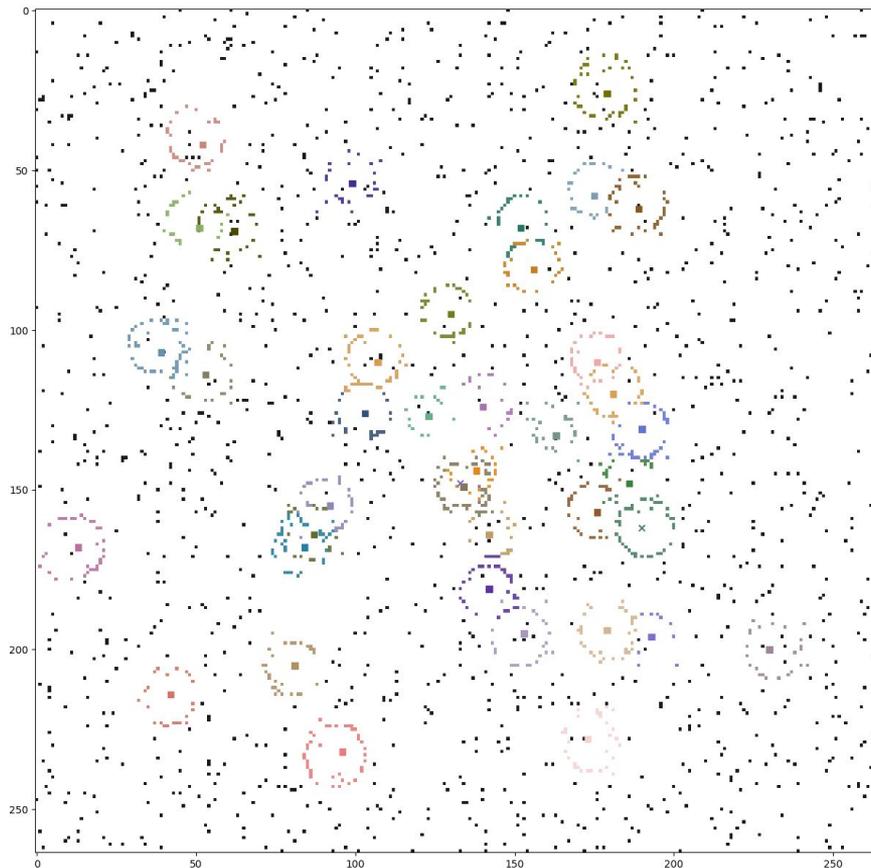
Результаты



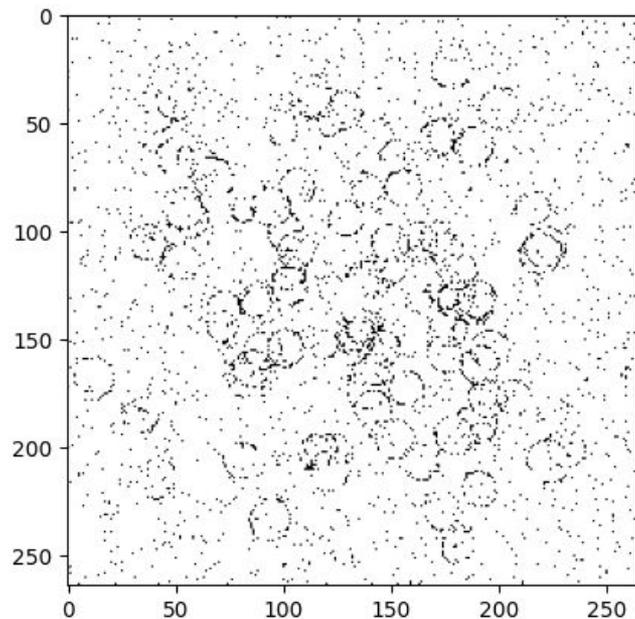
Результаты

Квадратами отмечены центры частиц, классифицированных верно, крестами - центры частиц, классифицированных неверно. Пиксели относятся к тому центру, который такого же цвета. Черный цвет - шум.

Качество сегментации для не шумовых пикселей: $f1 = 0.68$



Детекция

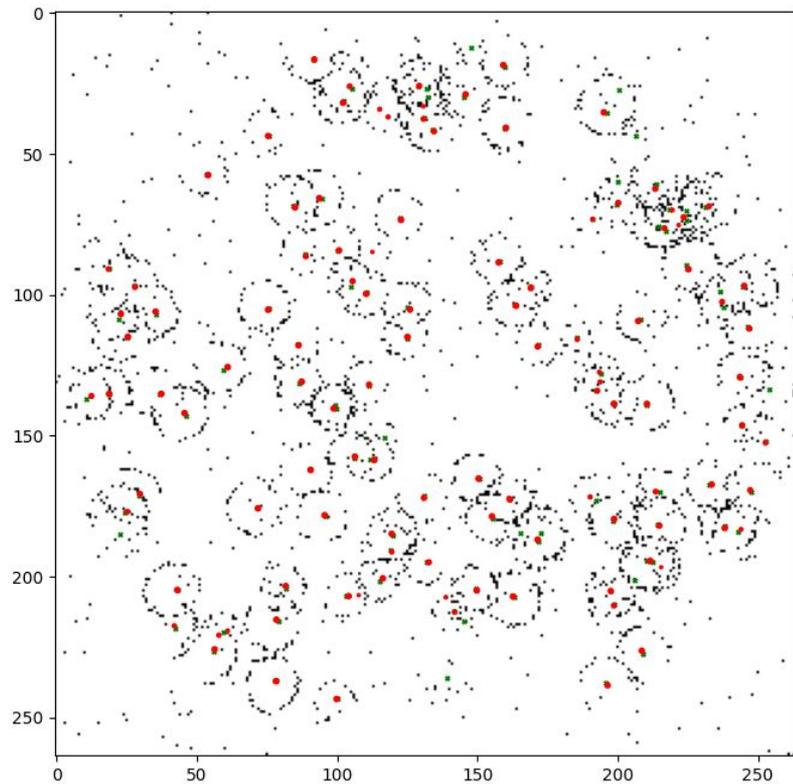
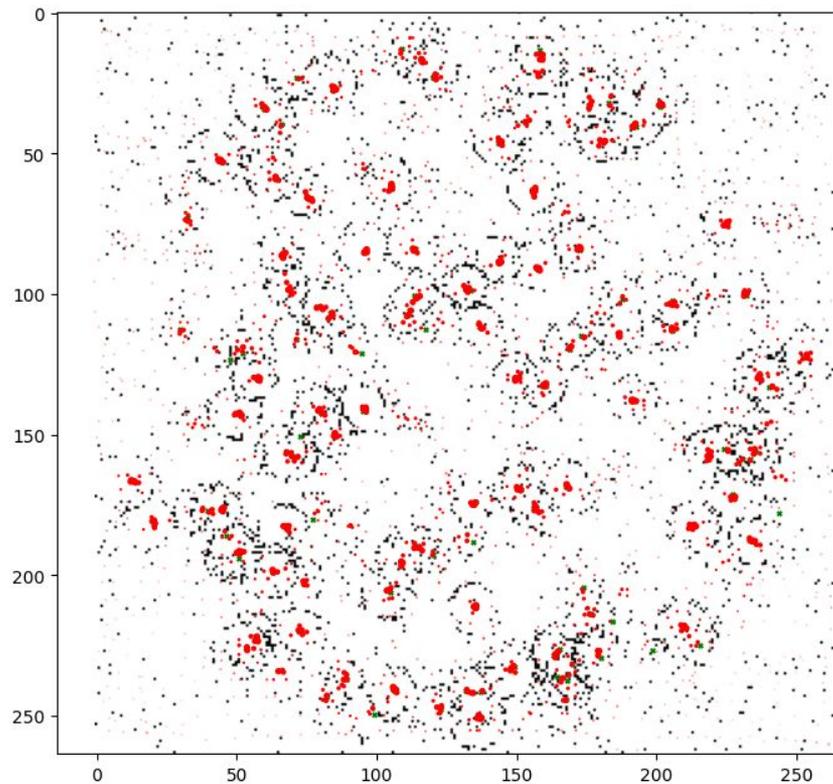


Батч размером 1

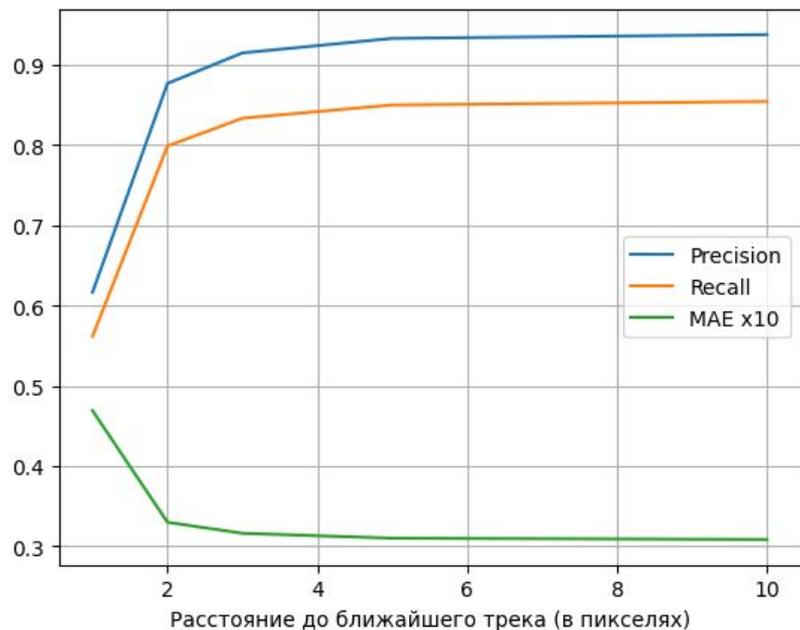


Изображение разбивается на квадратные области (например, размера 12×12) и в каждой области предсказывается $n \times 4$ чисел: x , y , уверенность в наличии трека, угол конуса (либо скорость).

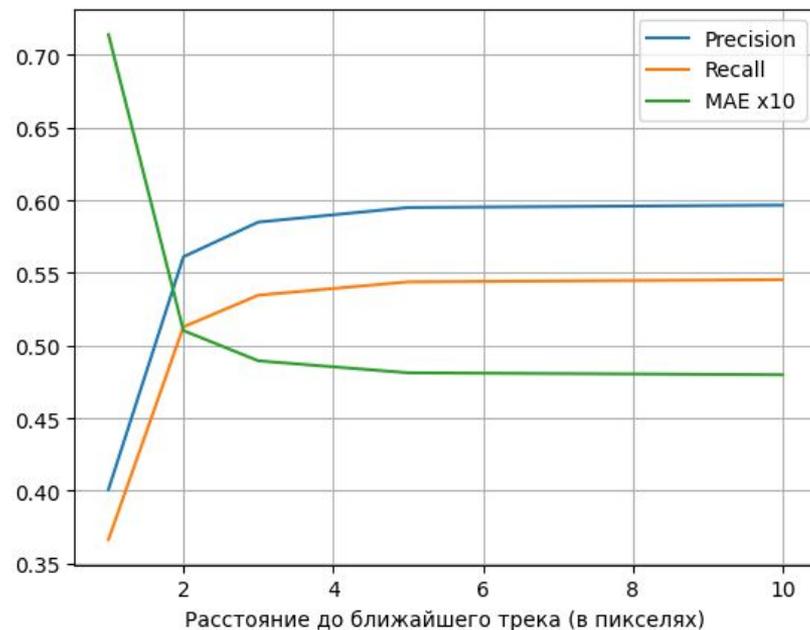
Детекция



Результаты

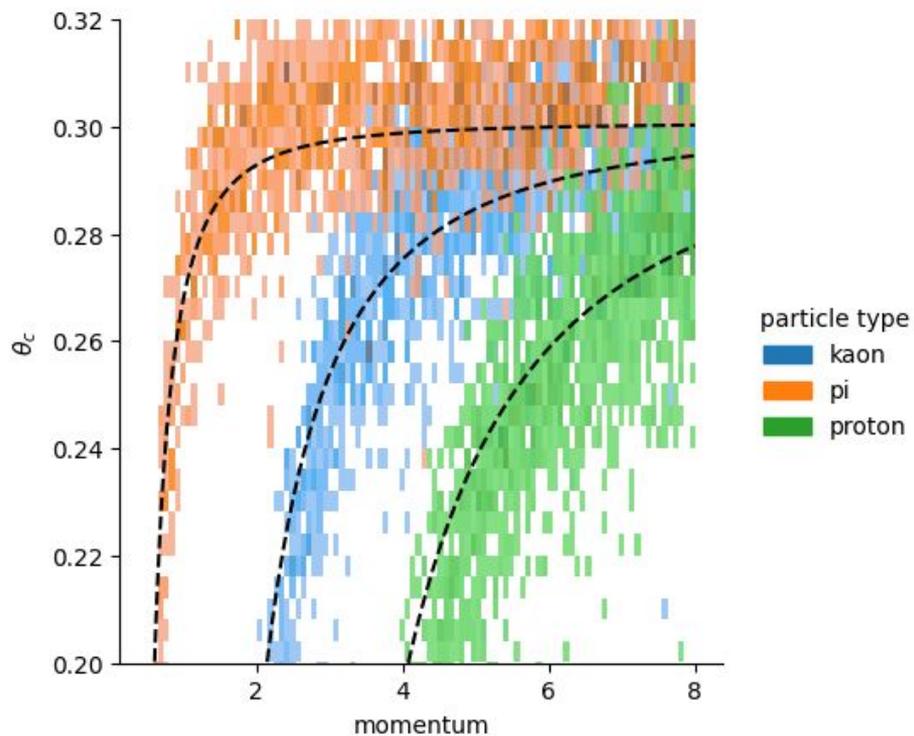


Без учета правильности регрессии



С учетом правильности регрессии

Сравнение с методом фитирования эллипсом



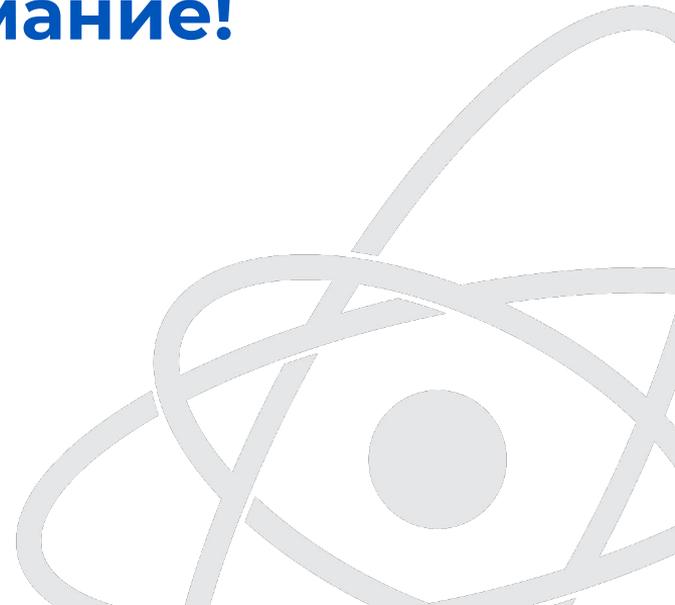
Итоги

Разработана нейронная сеть для распознавания частиц и определения их скорости. Опробованы разные подходы для нахождения и определения параметров частиц.

В дальнейшем планируется:

- сравнить результаты с другими классическими методами
- байесовский подход для регрессии

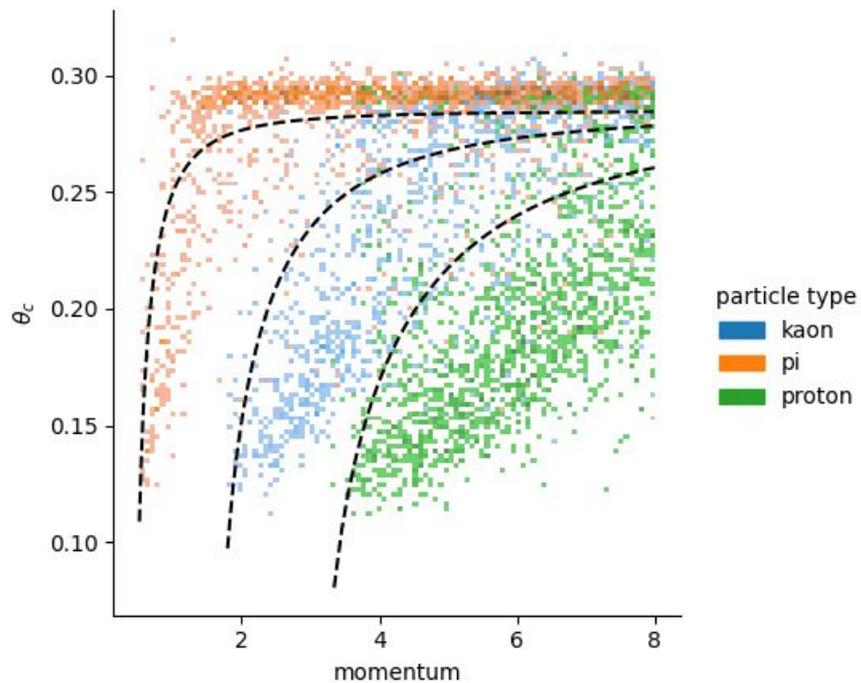
Спасибо за внимание!



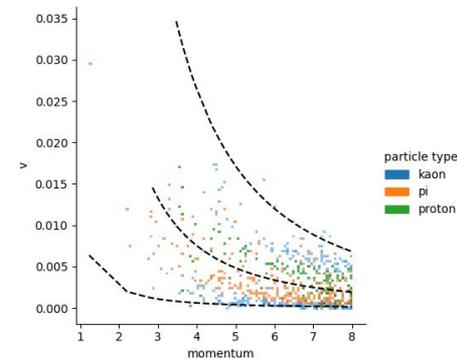
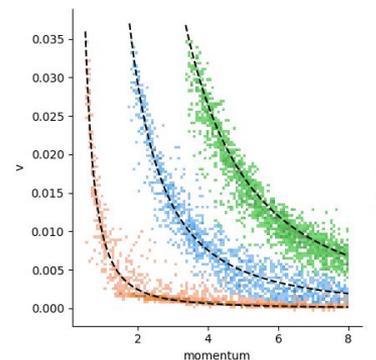
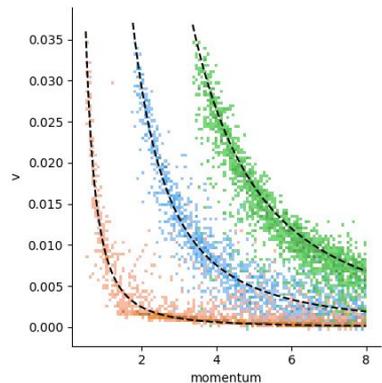
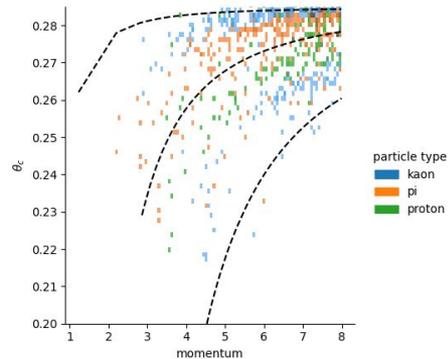
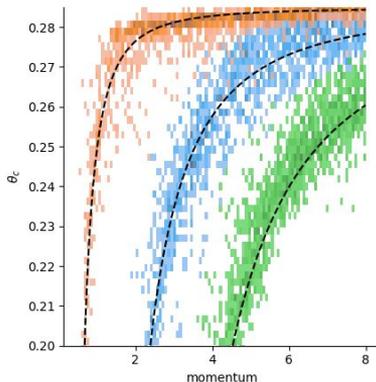
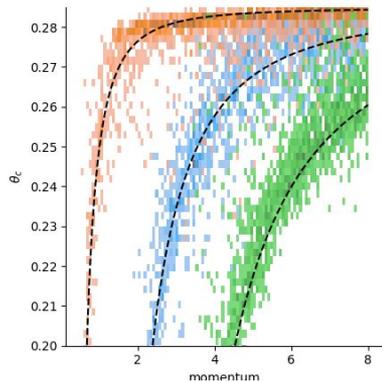
Дополнительные слайды



Theta vs p для детекции



Распределение предсказанных физ. величин для разных типов частиц в зависимости от импульса для сегментации



Для всех частиц

Для правильно классифицированных частиц

Для правильно классифицированных частиц