



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 руководитель

к. ф. – м. н.:

Студент:

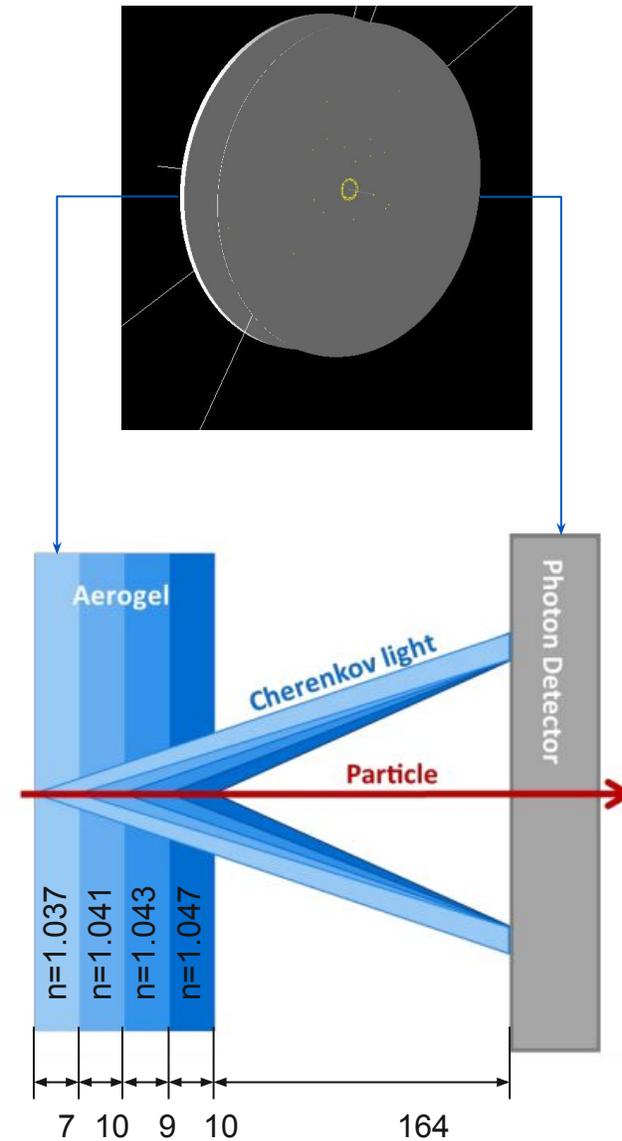
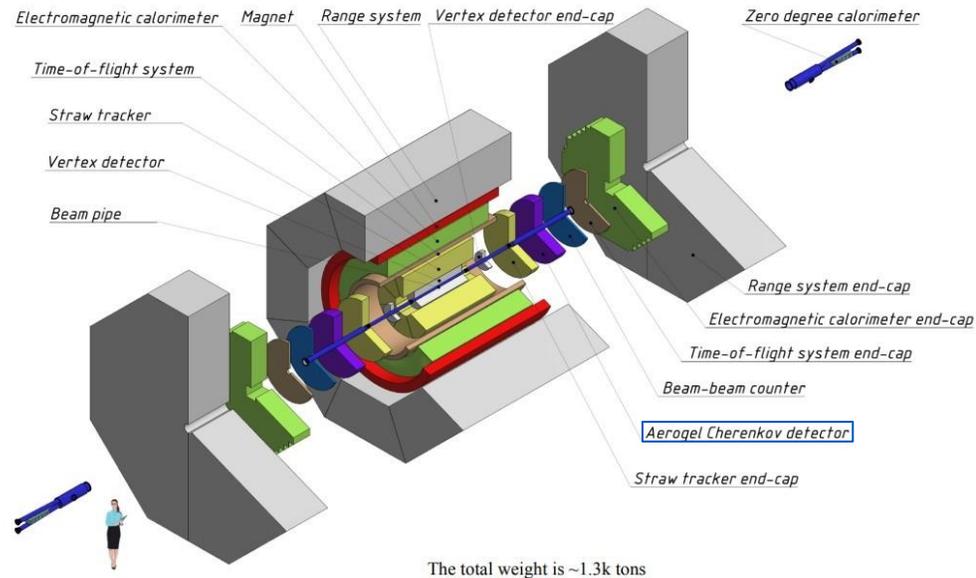
А. С. Жемчугов

К. Ю. Массалов

Москва
2024

Детектор FARICH

Schematic view of the SPD setup



Эксперимент SPD

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



Онлайн-фильтр для уменьшения потока данных в ~50 раз



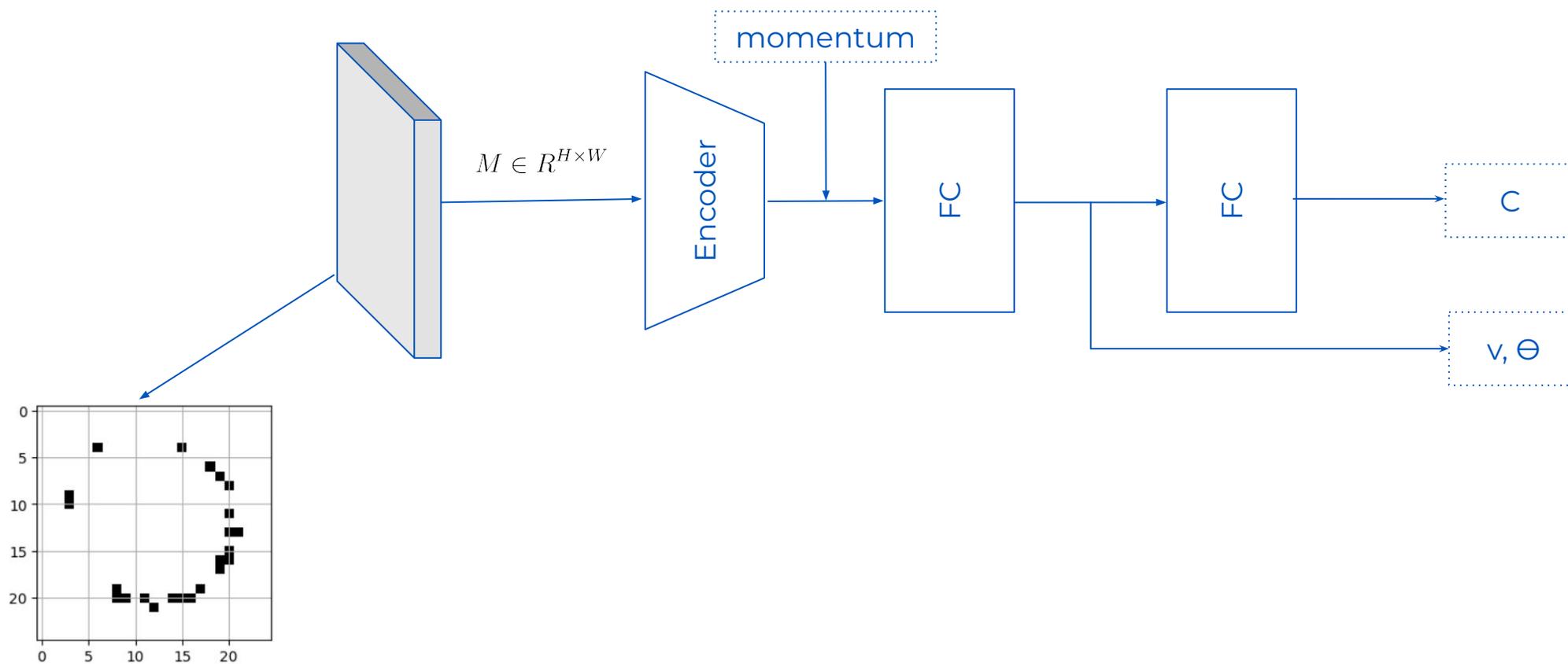
Классические методы:
+ Легко интерпретируемы
- Довольно медленные
- Сложно
распараллеливаются



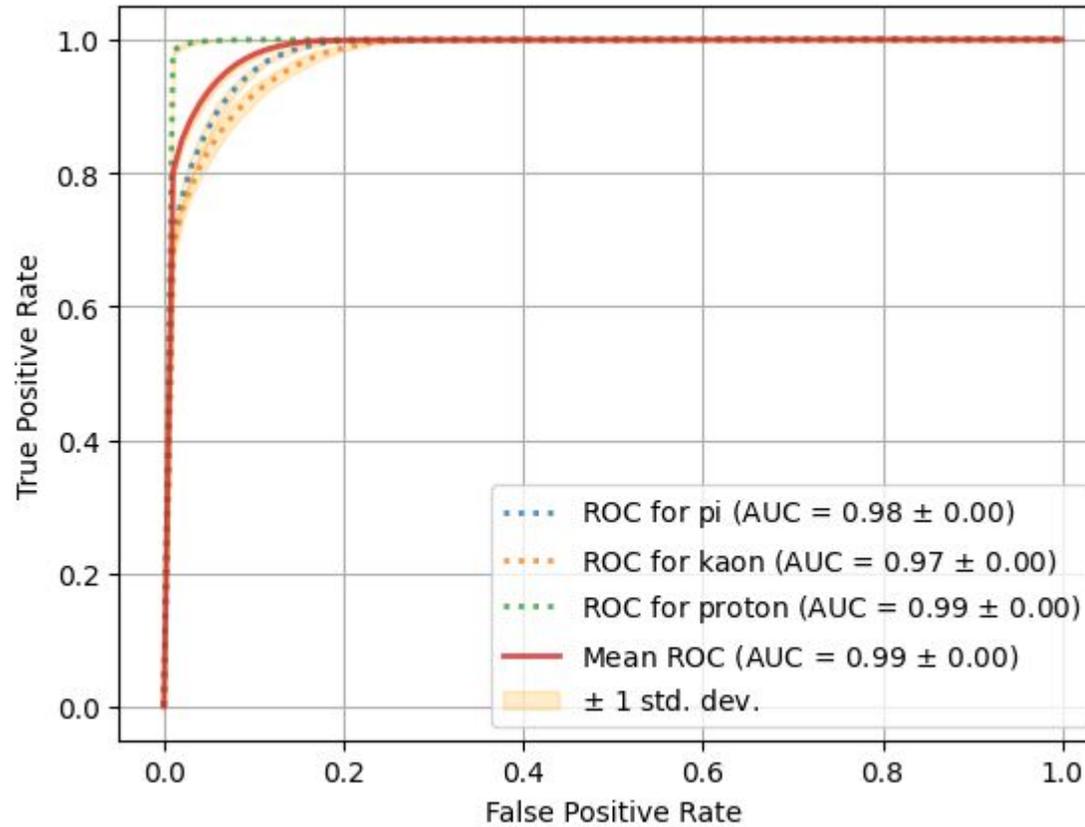
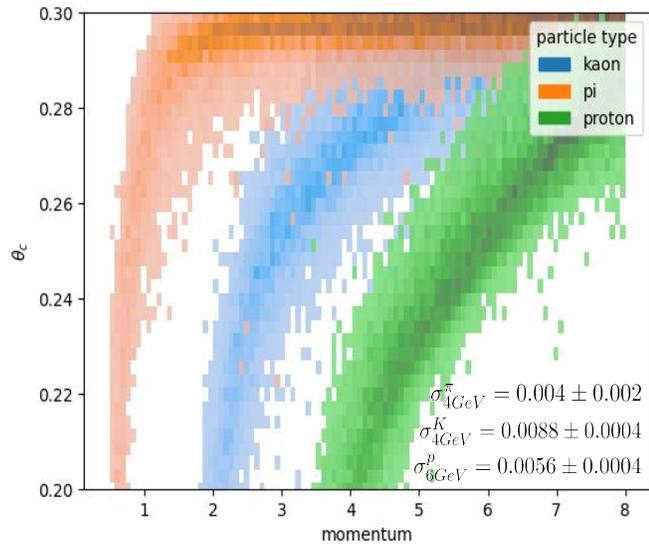
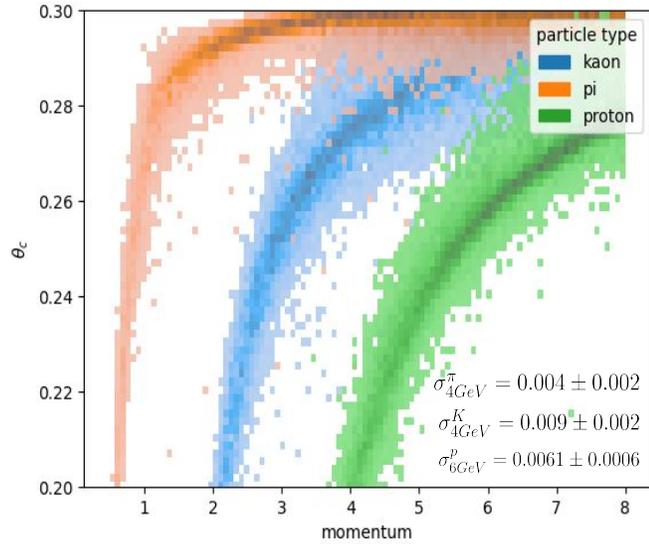
Искусственные нейронные сети:
+ Легко распараллеливаются и
могут быть очень быстрыми
- Сложность интерпретации
- Сложность в оценке ошибки

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

Базовая архитектура

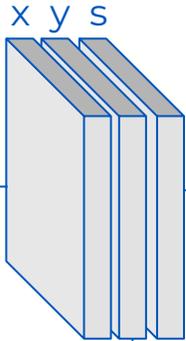


Базовая архитектура



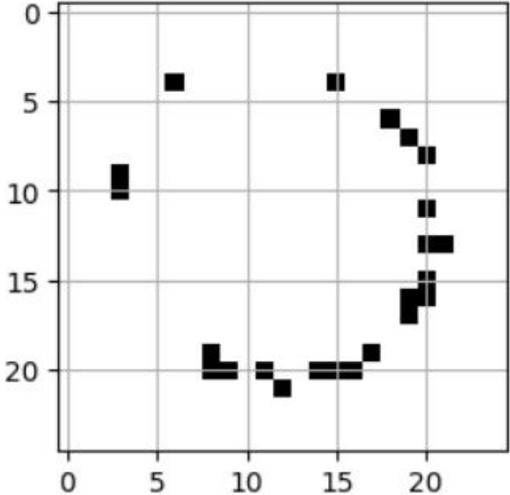
- $AUC = 0.987 \pm 0.002$
- $MAE_v = 0.0016 \pm 0.0001$
- $MAE_{\Theta} = 0.0041 \pm 0.0006$

Координатная сетка

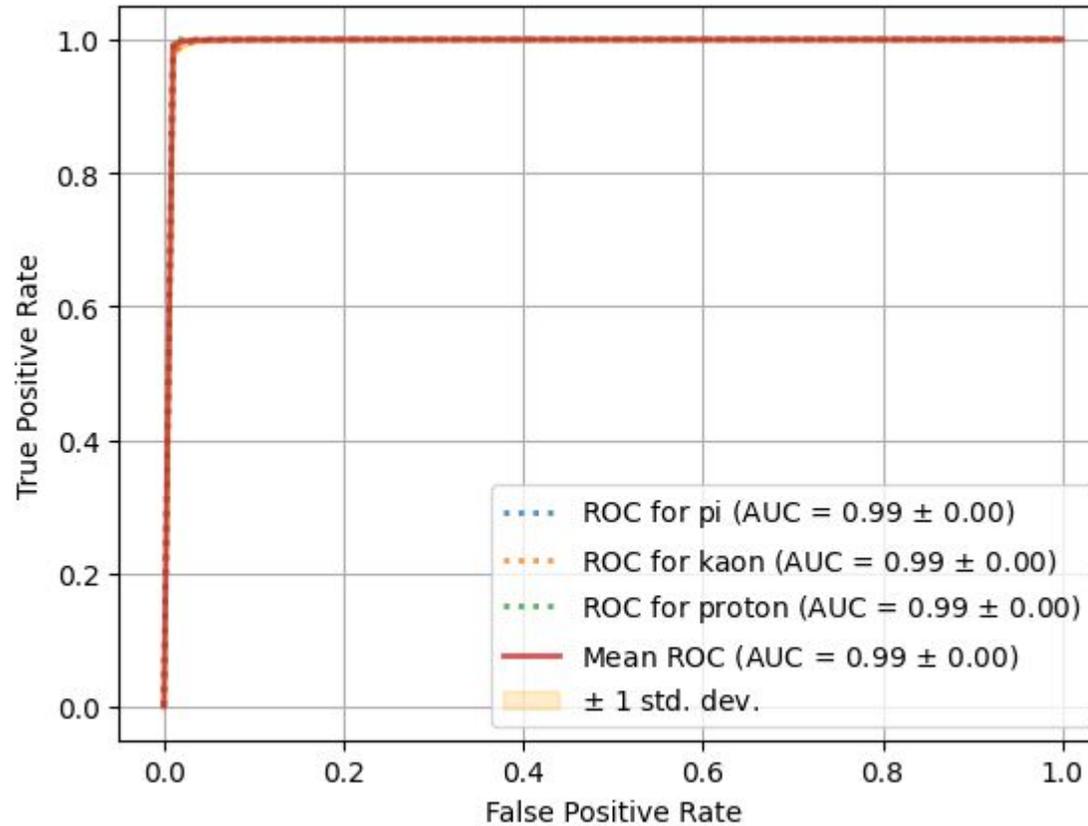
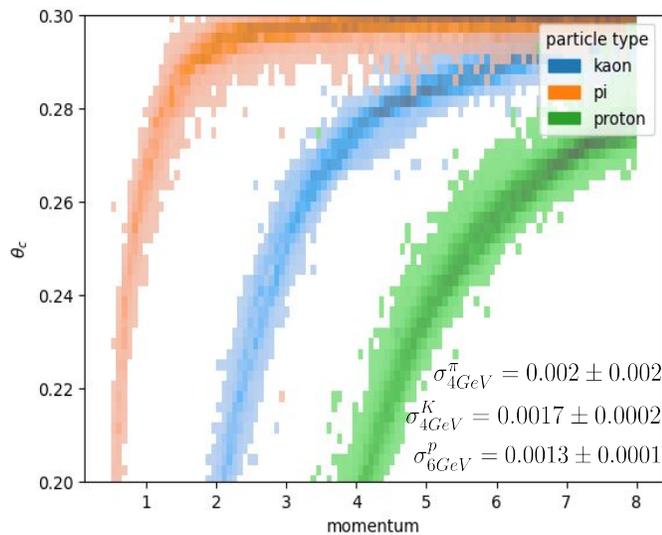
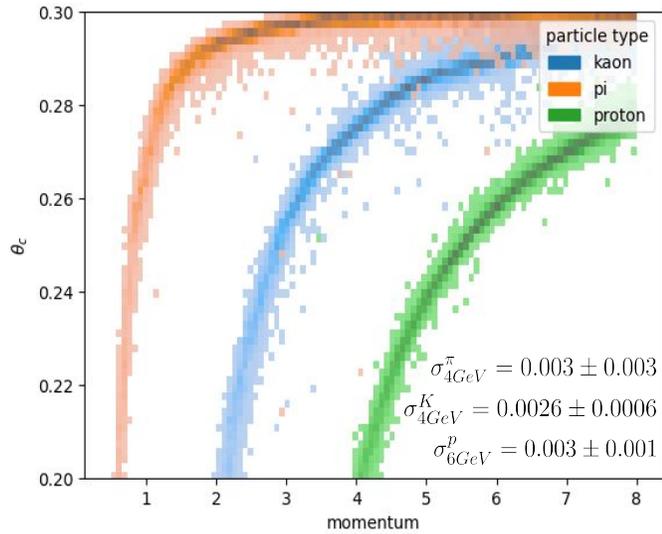


102	102	102	...	102	102
103	103	103	...	103	103
104	104	104	...	104	104
...					
124	124	124	...	124	124
125	125	125	...	125	125
126	126	126	...	126	126

46	47	48	...	69	70
46	47	48	...	69	70
46	47	48	...	69	70
...					
46	47	48	...	69	70
46	47	48	...	69	70
46	47	48	...	69	70



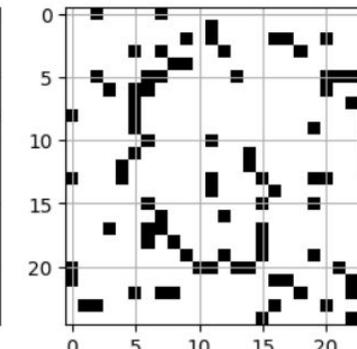
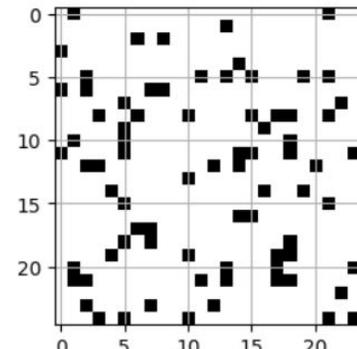
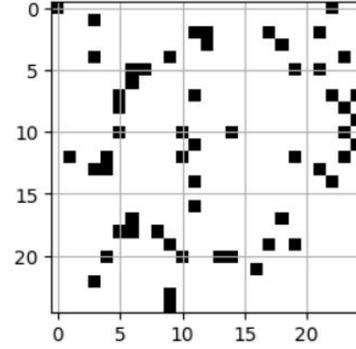
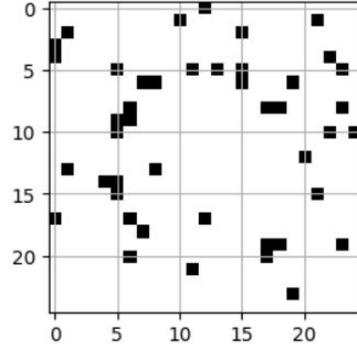
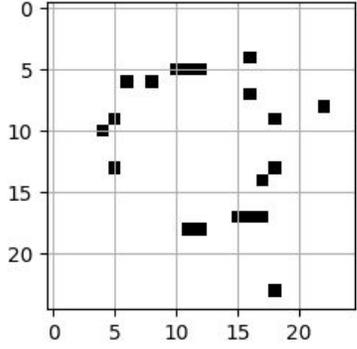
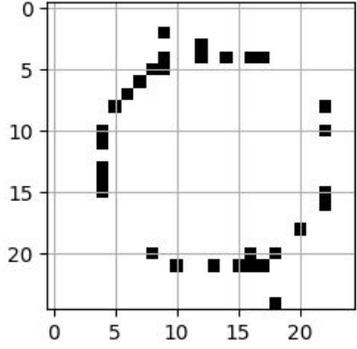
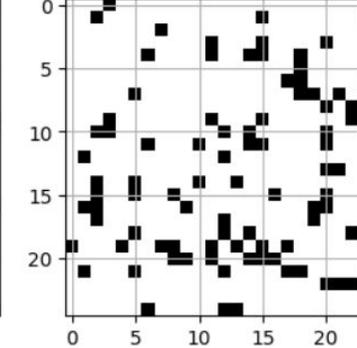
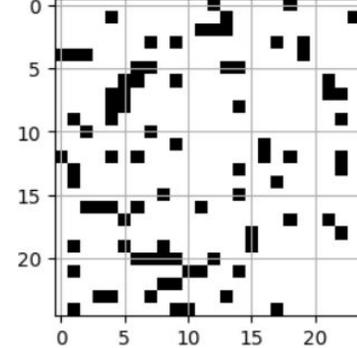
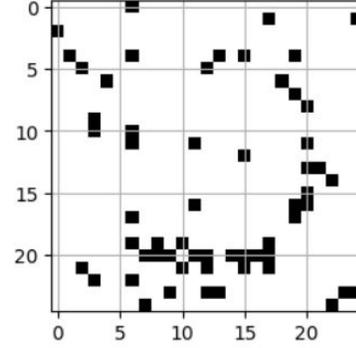
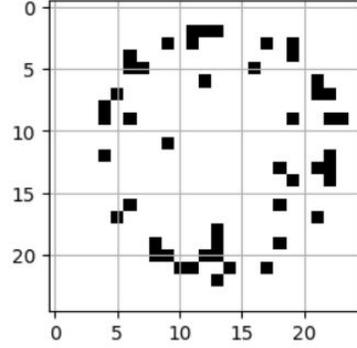
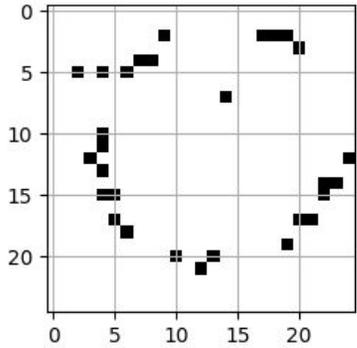
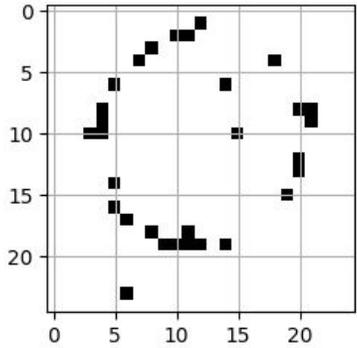
Координатная сетка



- $AUC = 0.9994 \pm 0.0001$
- $MAE_v = 0.0007 \pm 0.0001$
- $MAE_{\Theta} = 0.0017 \pm 0.0002$

Устойчивость к шуму

Варианты шума



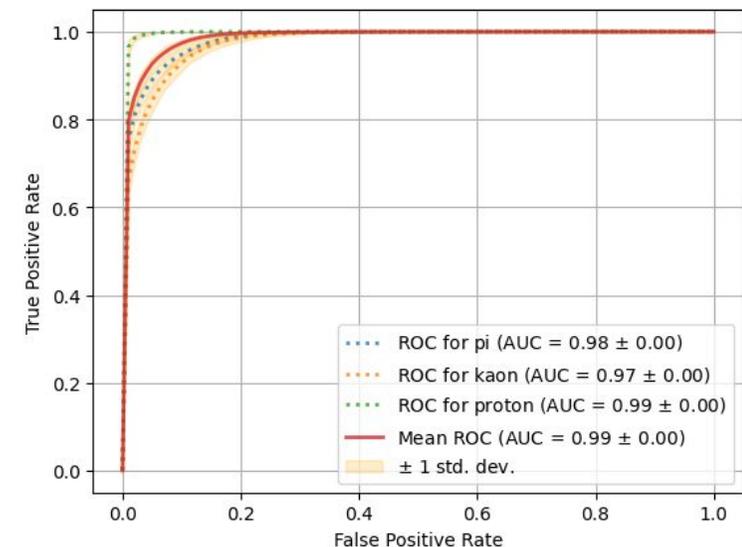
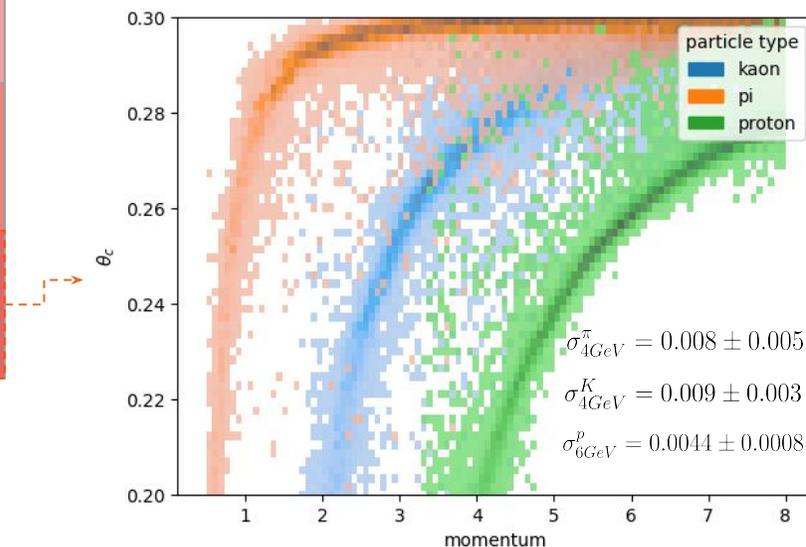
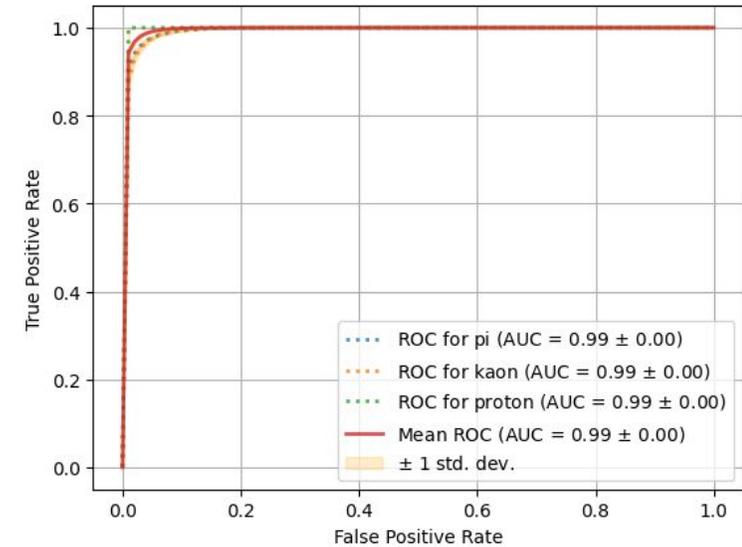
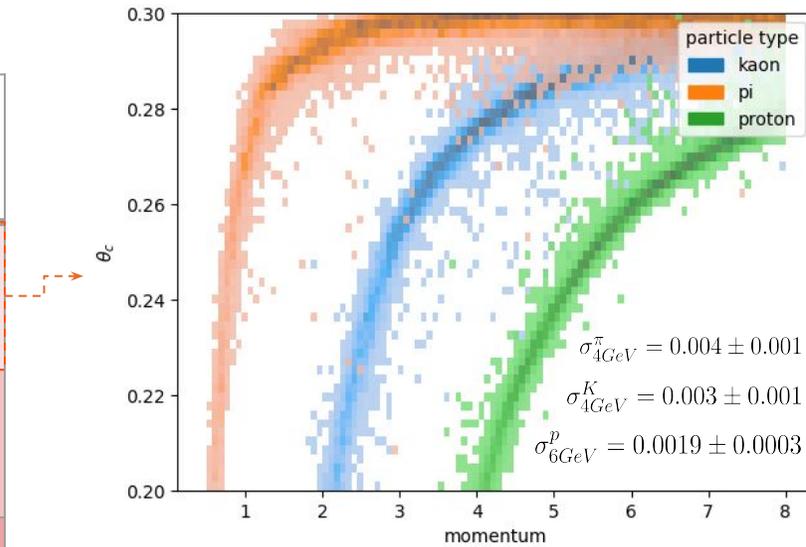
Bernoulli(0.01)

Bernoulli(0.05)

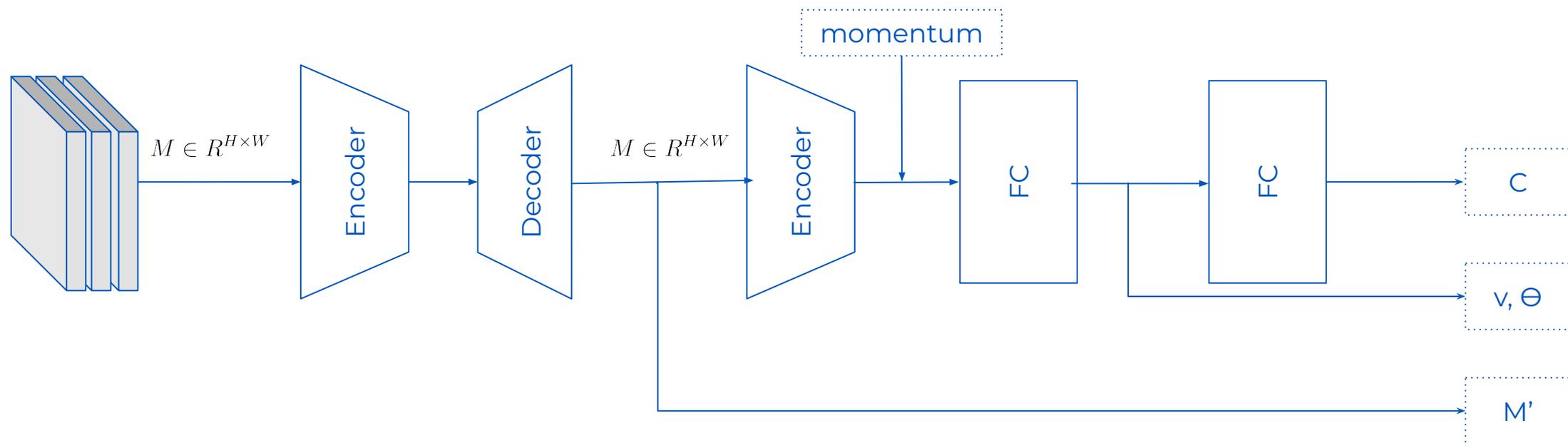
Bernoulli(0.1)

Без дополнительной очистки от шума

noise level	ROC AUC	MAE
0.01-0.02	0.9972 ±0.0005	0.0026 ±0.0003
0.03-0.04	0.995± 0.001	0.0029± 0.0002
0.05-0.06	0.991± 0.002	0.0034± 0.0003
0.07-0.08	0.989± 0.002	0.0038± 0.0004
0.09-0.10	0.985± 0.003	0.0041± 0.0004



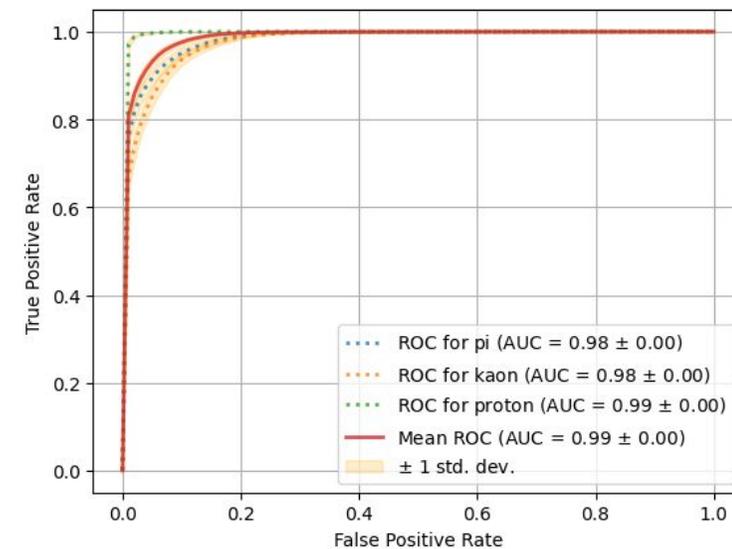
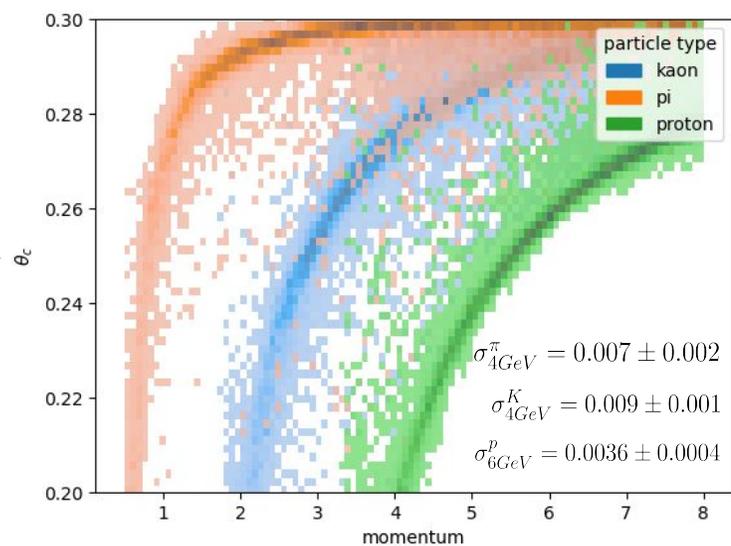
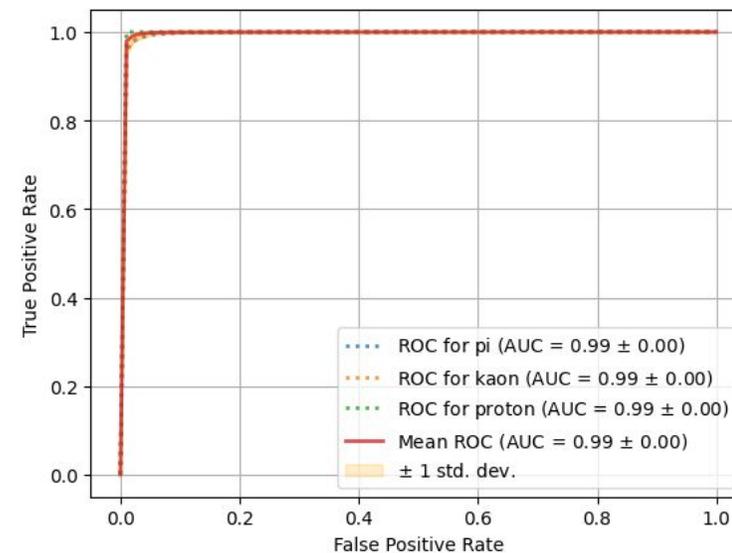
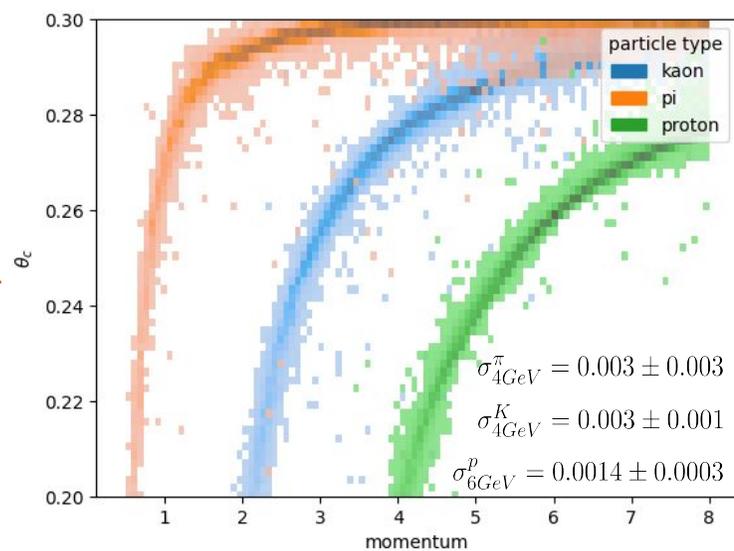
С дополнительной очисткой от шума



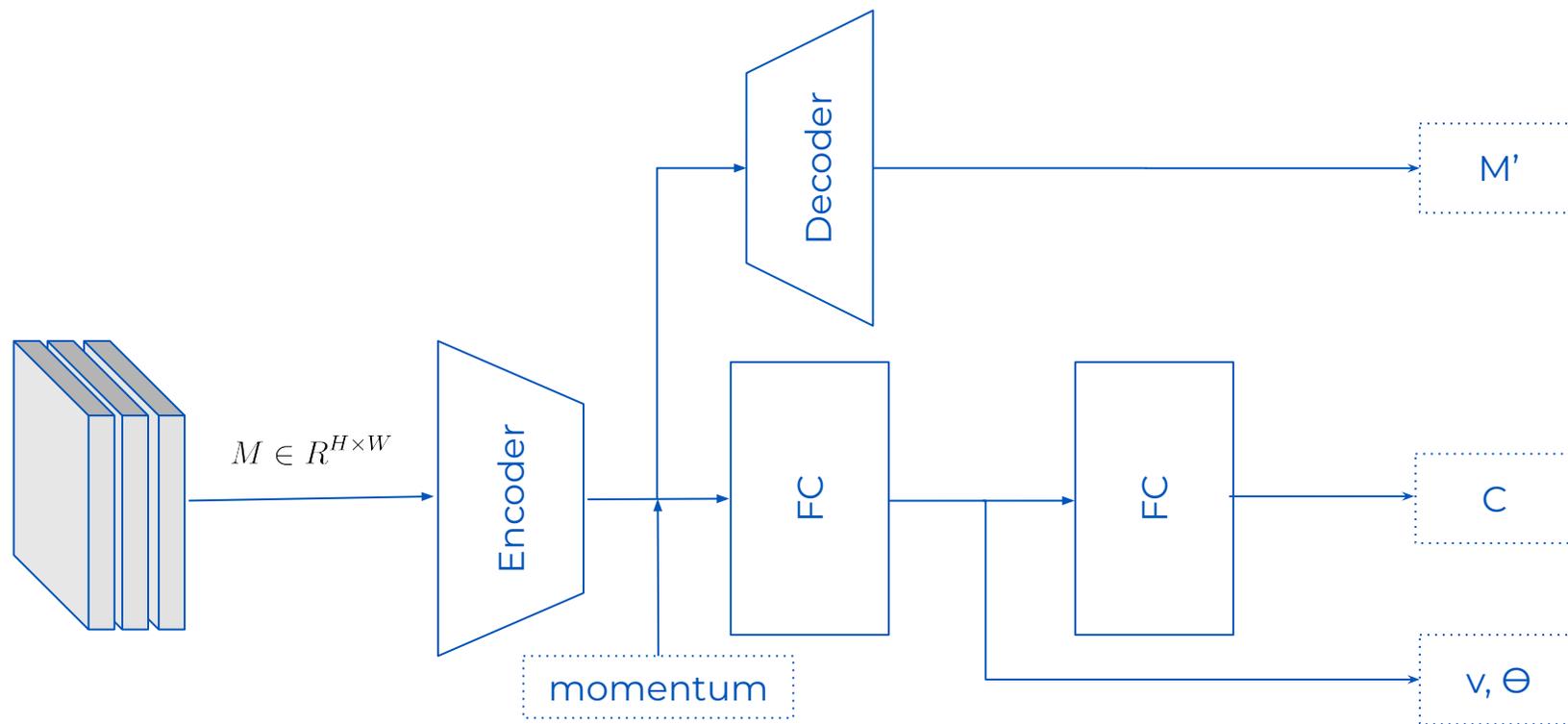
* M' - очищенное изображение

С дополнительной очисткой от шума

noise level	ROC AUC	MAE
0.01-0.02	0.9988 ±0.0002	0.0021 ±0.0004
0.03-0.04	0.9979± 0.0004	0.0022± 0.0003
0.05-0.06	0.9967± 0.0007	0.0025± 0.0001
0.07-0.08	0.994± 0.001	0.0027± 0.0002
0.09-0.10	0.986± 0.002	0.0039± 0.0002

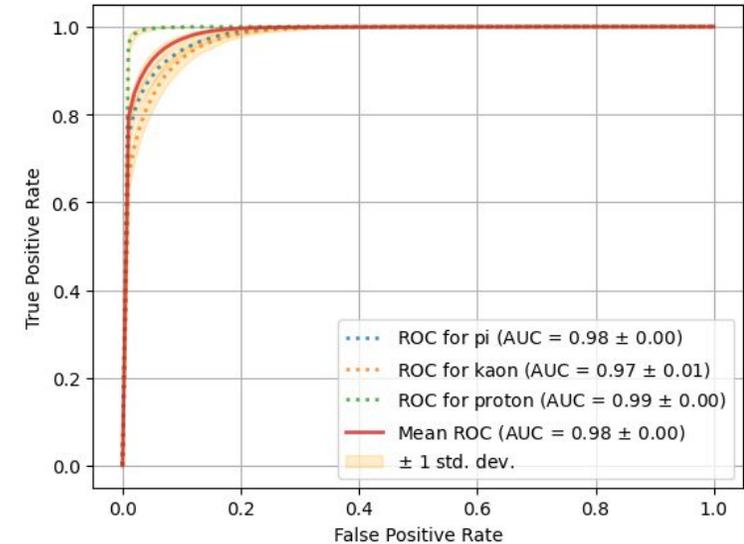
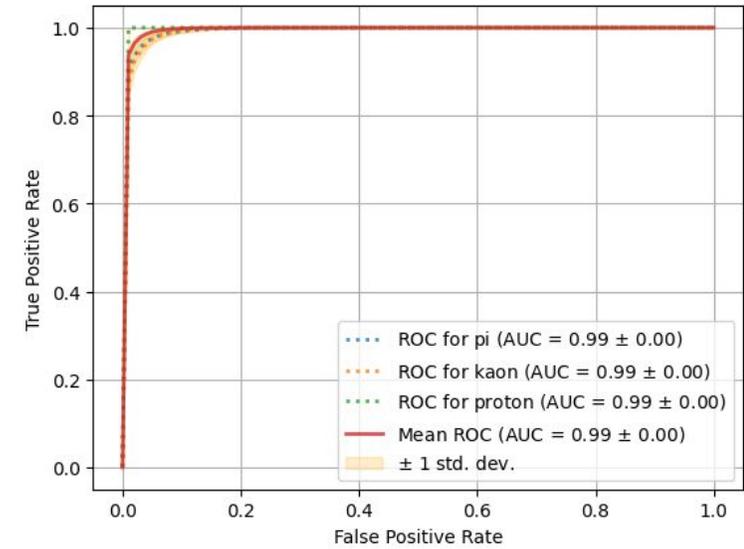
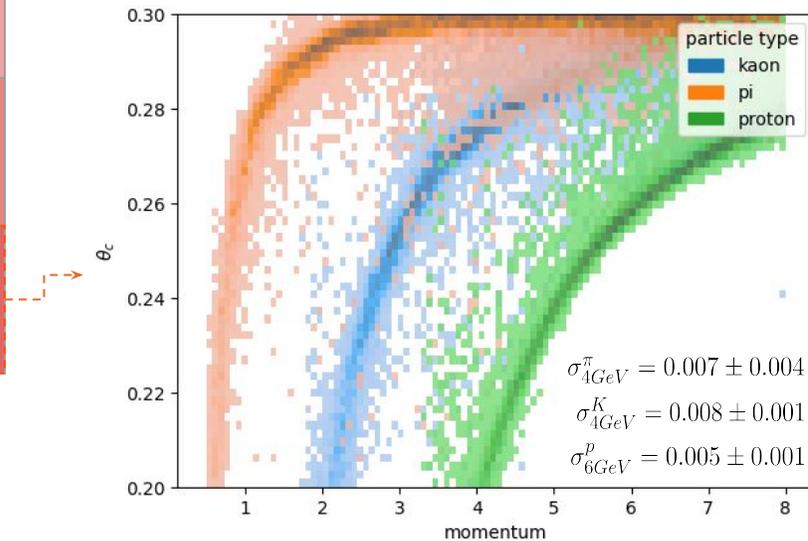
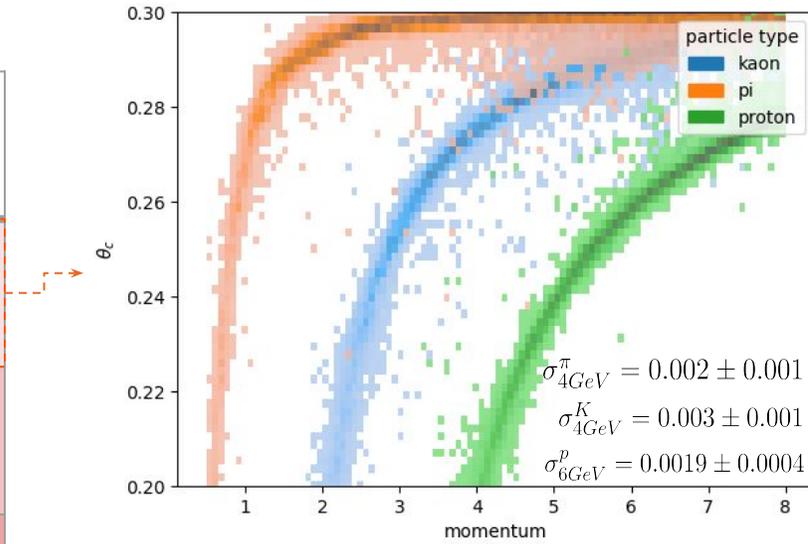


Уменьшение размеров

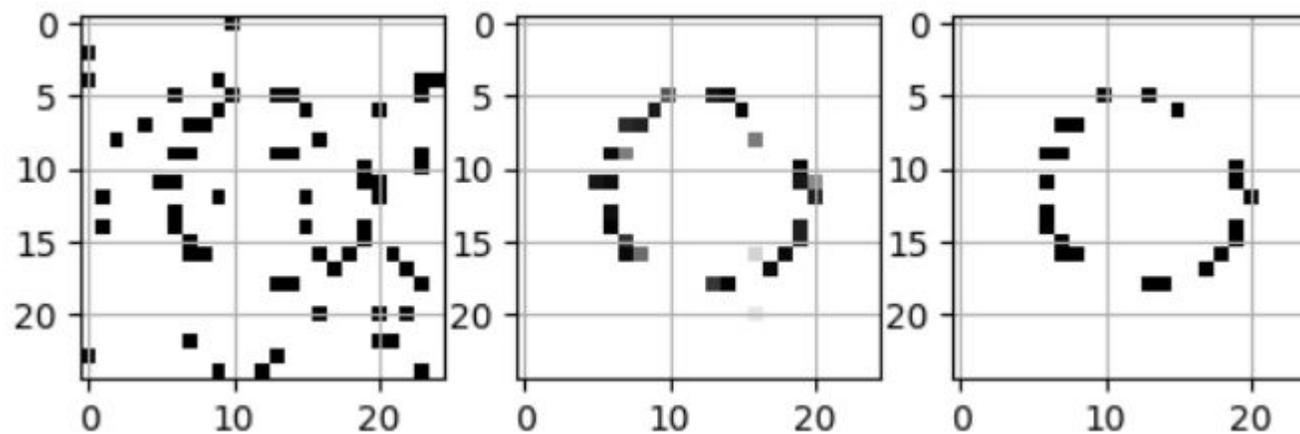


Уменьшение размеров

noise level	ROC AUC	MAE
0.01-0.02	0.997±0.001	0.0025±0.0004
0.03-0.04	0.995±0.001	0.0027±0.0003
0.05-0.06	0.992±0.001	0.0032±0.0005
0.07-0.08	0.989±0.002	0.0034±0.0004
0.09-0.10	0.985±0.004	0.0039±0.0005



Результат очистки



Зашумленное

Очищенное

Исходное

Итоговое сравнение (уровень шума 0.00-0.05)

	AUC	MAE(v)	MAE(θ)	Inference time (batch, 1000 samples)
v1	0.9966±0.0009	0.0010±0.0001	0.0029±0.0003	(12.50±0.02) ms
v2	0.9978±0.0004	0.00087±0.00006	0.0021±0.0002	(73.80±0.02) ms
v3	0.996±0.001	0.009±0.0001	0.0026±0.0003	(53.50±0.08) ms

- лучшая скорость

- лучшая точность

Разработана нейронная сеть для распознавания частиц и определения их скорости. Исследована устойчивость модели к шуму.

В дальнейшем планируется:

- сравнить результаты с классическими методами
- добавить пересечение кругов
- попробовать другие подходы

Спасибо за внимание!

