

ВШЭ: сотрудничество с экспериментами NISA



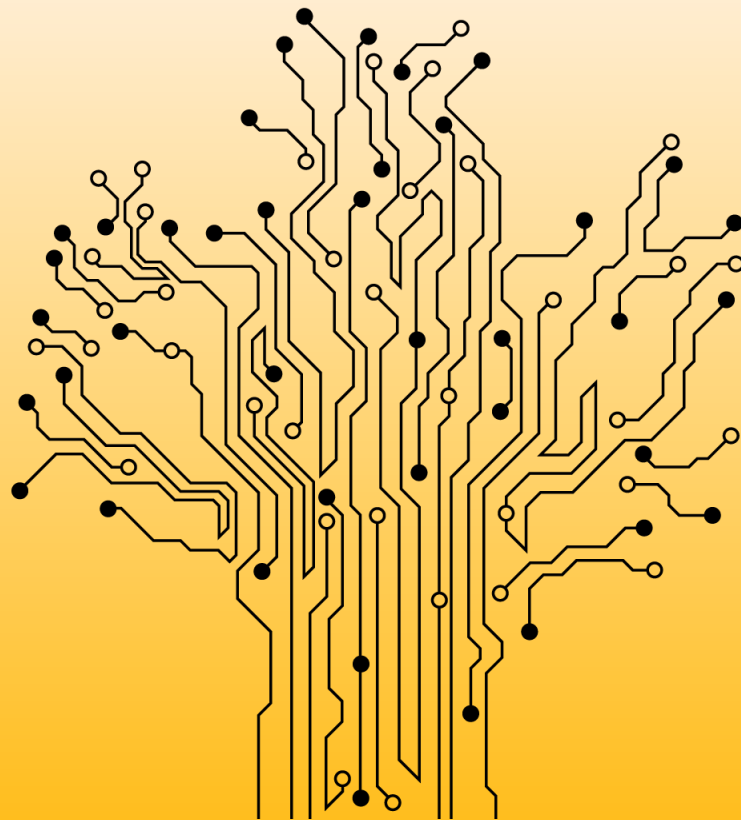
LAMBDA · HSE

Фёдор Ратников

Научно-учебная лаборатория методов анализа больших данных

Институт искусственного интеллекта и цифровых наук

Факультет компьютерных наук НИУ "Высшая школа экономики"



Содержание

Зачем ВШЭ эксперименты на NICA?

Зачем экспериментам на NICA ВШЭ?

Исследования для BM@N, MPD, SPD

Заключение

ВШЭ в ФВЭ

Лаборатория методов анализа больших данных (Лямбда) Института искусственного интеллекта и цифровых наук (ИИИиЦН) факультета компьютерных наук (ФКН) НИУ ВШЭ (Д.А. Деркач)

- ▶ Адаптация имеющихся подходов ИИ и развитие новых подходов для
 - ▶ проектирования и оптимизации сложных научных и промышленных установок
 - ▶ глубокого анализа данных с учетом специфических требований научных исследований
 - ▶ построения моделей быстрой симуляции обобщающих свойства медленных детальных симуляций
- ▶ Отдел фундаментальных исследований нацеленный на адаптацию подходов ИИ к естественных наук с упором на специфику ФВЭ (Ф.Д. Ратников)



Также Лаборатория физики элементарных частиц

- ▶ См. Презентации Т. А-Х. Аушева и П.Н. Павлова



ВШЭ в ФВЭ

Для разработки методик необходимы:

- ▶ Реальные практические задачи, чье решение возможно обобщить и переиспользовать для аналогичных задач в иных экспериментах
- ▶ Реалистичные данные, содержащие максимально полный набор специфических особенностей, характерных для этой категории данных

Эксперименты на NICA предоставляют и то, и другое

- ▶ Хотя эксперименты имеют различные физические программы, с точки зрения применения методик и подходов ИИ в них много общего
 - ▬ Прекрасная возможность перекрестного опыления при решении конкретных задач

ИИ в NICA

Современные эксперименты ФВЭ требуют больших ресурсов:

- ▶ Оптимизация сложные многокомпонентных установок под физические задачи
 - комплексная многокомпонентная оптимизация эффективнее жадной покомпонентно оптимизации
- ▶ Большие потоки данных требуют мощных, эффективных, но быстрых реконструкции и отбора данных уже на ранних, онлайн этапах цепочки обработки данных
 - опыт экспериментов LHC показал, что алгоритмы машинного обучения позволяют существенно повысить качество собираемых данных
- ▶ Физический анализ постоянно растущего объема данных требует синхронно растущего объема данных физических и прочих симуляции.
 - Детальная симуляция GEANT и другие глубоко физические симуляторы, требующие больших вычислительных ресурсов, могут быть с достаточной точностью заменены более быстрыми суррогатами, эффективно воспроизводящими требуемые распределения

ИИ в NICA

Все перечисленные проблемы в той или иной степени актуальны для всех экспериментов NICA

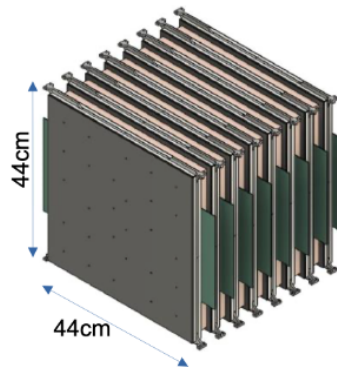
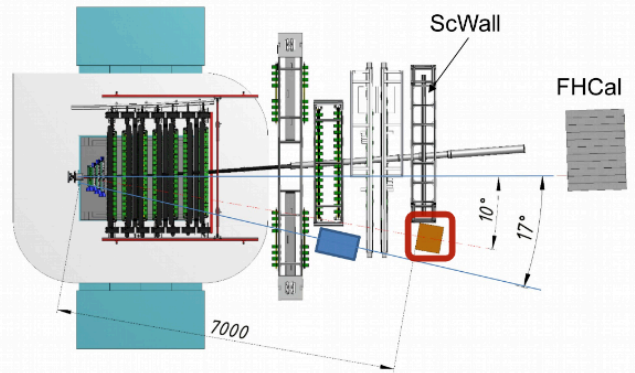
Использование современного ИИ поможет улучшить качество физических результатов, оптимизировать использование компьютерных и научных ресурсов

Группа ВШЭ участвует в решении актуальных задач экспериментов VM@N, MPD, SPD

Мы заинтересованы обеспечить экспертную поддержку: передача экспертизы, обучение, обсуждение возможных подходов и т.п. с командами экспериментов



Эксперимент VM@N: реконструкция в нейтронном детекторе



Физическая задача: измерение параметров потоков нейтронов, образованных в ядро-ядерных столкновениях

➤ Дополняет измерение протонных потоков

Техническая задача:

➤ Идентифицировать сигнал в нейтронном калориметре

➤ Реконструировать энергию идентифицированного нейтрона

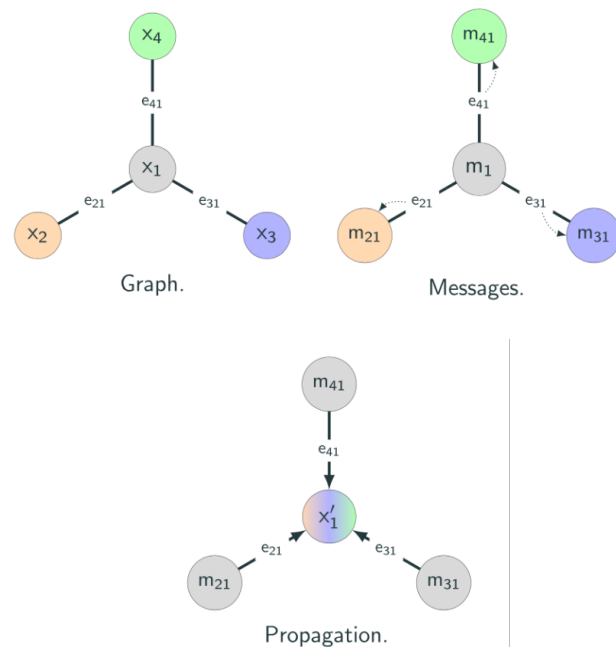
Эксперимент VM@N: графовые нейронные сети

Графовое представление естественно для
малозагруженного детектора

- Узлы - ячейки с хитами
- Ребра - взаимоположение ячеек
- Структура графа отражает структуру ливня

Расширение концепции сверточных сетей на
нерегулярные структуры переменной длины

- Модный подход в современной ФВЭ

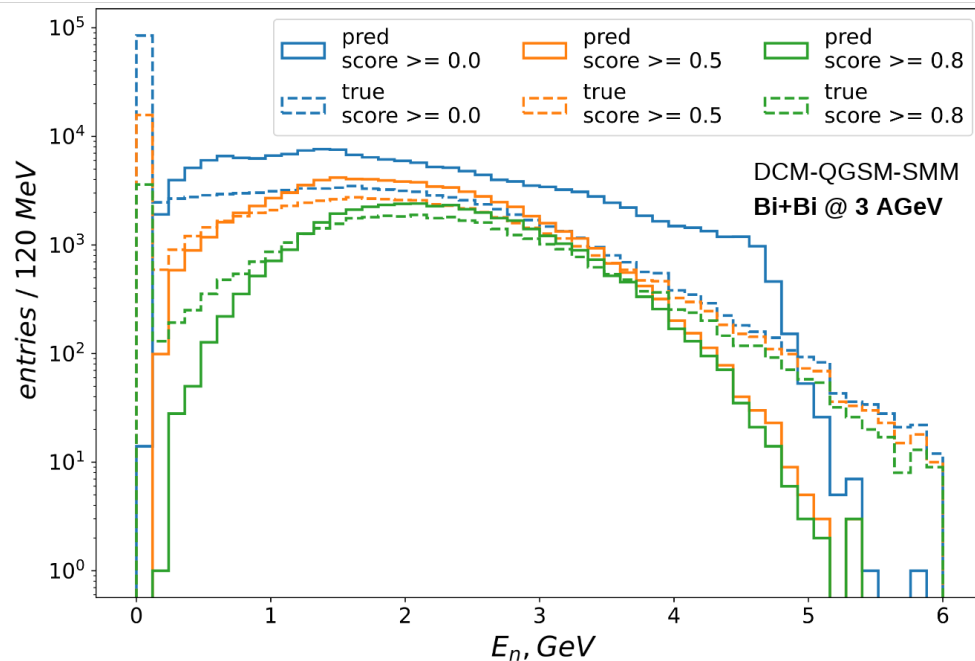


Эксперимент VM@N: текущие внутренние результаты

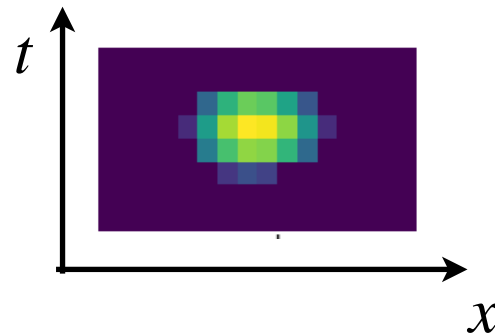
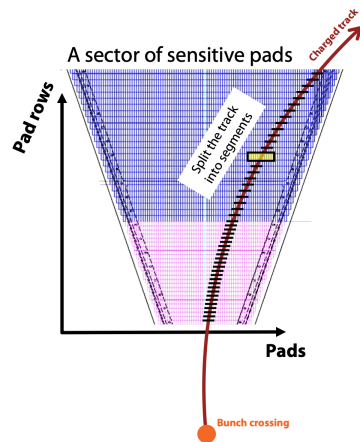
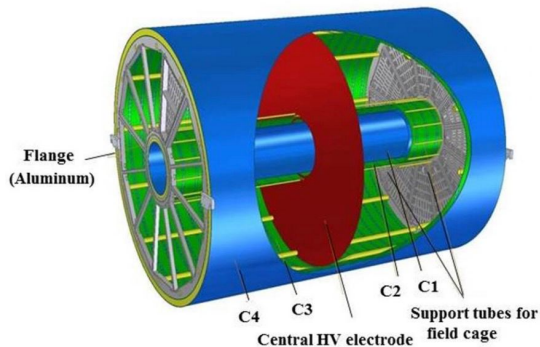
classifier threshold	0	0.5	0.8
signal efficiency	100 %	~82%	~52%
signal purity	~41%	~74%	~89%

Разумное согласие в области наиболее вероятных энергий нейтронов

Neutron energy spectra. Predictions vs truth.



Эксперимент MPD: быстрая симуляция ТРС



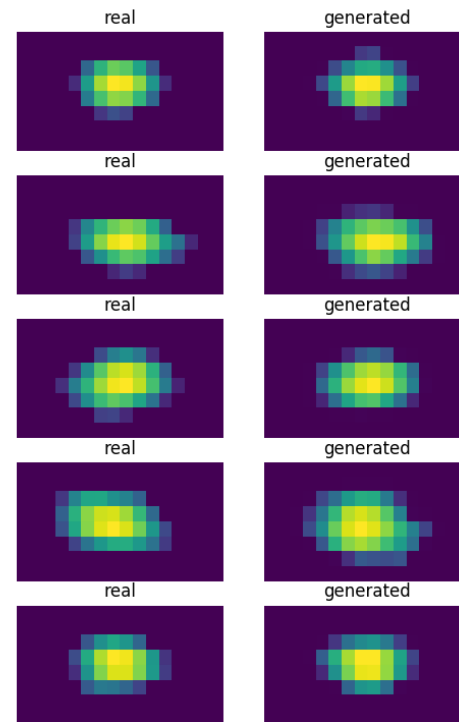
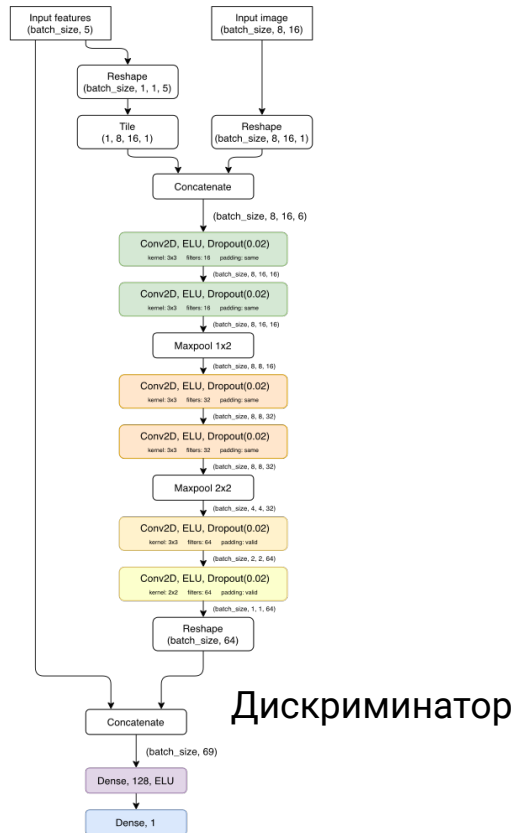
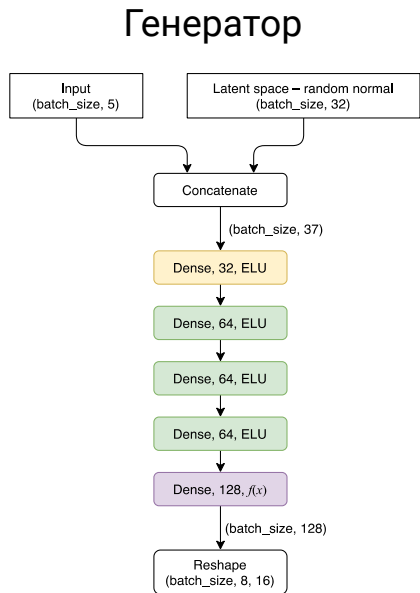
Суррогатная генеративная модель

➤ Вход: 6 параметров трека

➤ Выход: стохастический сигнал

■ 8 (пады) × 16 (время) отклик для каждого ряда паров

Быстрая симуляция ТРС: генеративные-состязательные сети



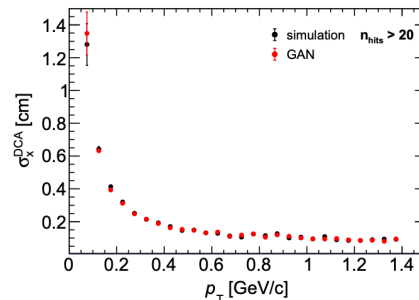
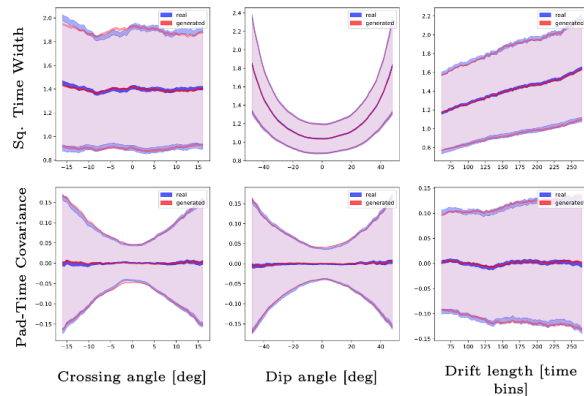
Быстрая симуляция TRC: валидация

Низкий уровень

- ▶ вычисляем первые и вторые моменты сигнального кластера
- ▶ оцениваем разницу между этими моментами для оригинальных и сгенерированных сигналов
- ▶ для разных значений параметров

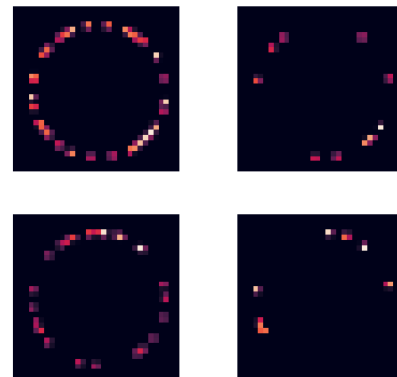
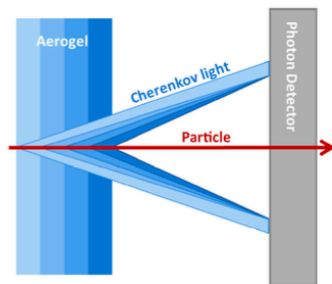
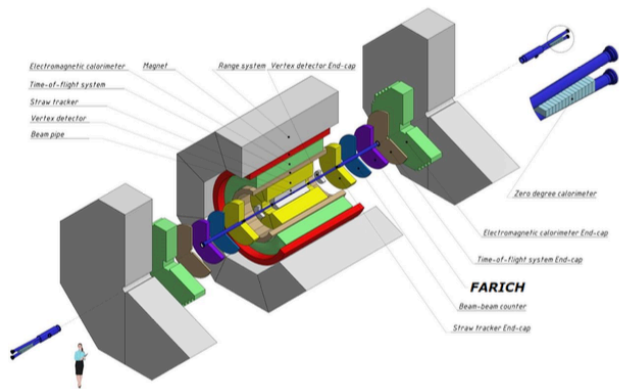
Высокий уровень

- ▶ интегрируем модель в программный стек симуляции детектора
- ▶ сравниваем качества реконструкции



(a) Distance of closest approach resolution along x

Эксперимент SPD: реконструкция/идентификация в FARICH ^{13/15}



Физическая задача:

➔ восстановить D-мезоны для изучения спиновых эффектов в рождении чарма

Техническая задача:

➔ надежное разделение π и K на уровне онлайн фильтра

Эксперимент SPD: идентификация в FARICH

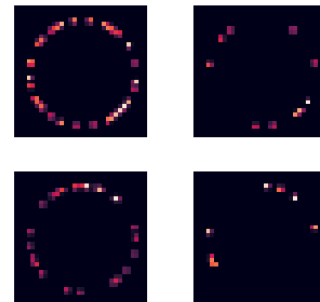
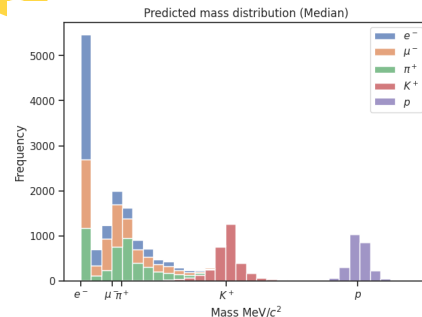
Сравниваем подходы:

➤ Алгоритмический: ищем точки кольца с помощью явного алгоритма

— вычисляем β

— Оцениваем ID

➤ ИИ (WIP) : тренируем классификатор ID непосредственно на картинках колец



Method	$\mathbb{P}(\text{true } \pi, \text{pred } K)$	$\mathbb{P}(\text{true } K, \text{pred } \pi)$	π, K AUROC	Total accuracy	σ_β
NN	0.016 ±?	0.01 ±?	0.997	0.65	N/A
Median	0.06 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.989	0.64	0.0008
MLE	0.20 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.883	0.52	0.0018
Hough	0.13 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.817	0.49	0.0062

Заключение

ВШЭ исследует возможности эффективного приложения ИИ к задачам ФВЭ

ОИЯИ развивает передовые эксперименты на базе ускорителя NICA

Кооперация ОИЯИ-ВШЭ образует синергию для успешного решения технических, физических и методических задач

Группа ВШЭ принимает непосредственное участие в подготовке работы экспериментов VM@N, MPD и SPD на базе ОИЯИ, используя свою экспертизу в применении ИИ для физических экспериментов