



Нейросетевое восстановление спектра нейтронов с физически информированной функцией потерь

М.А. Акимочкина¹, Д.С. Борщев¹, К.А. Чижов^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Университет «Дубна» – Дубна, Россия;

² Объединённый институт ядерных исследований – Дубна, Россия

Разработан алгоритм восстановления спектра нейтронов по результатам измерений многошаровым спектрометром Боннера [1] с помощью физически информированной нейронной сети. В работе выбрана архитектура сети на основе многослойного перцептрона. В функцию потерь включены компоненты, отвечающие за точность восстановления спектра, физическую согласованность, сохранение корреляционной структуры и регуляризацию гладкости, а также минимизацию ошибки при расчёте эффективной дозы. Для обучения и валидации сгенерирован набор спектров из $5 \cdot 10^5$ спектров, представленный как взвешенная комбинация тепловой, надтепловой, быстрой и высокоэнергетической компонент [2].

Архитектура сети состояла из 10 входящих признаков (измерений), 4 внутренних слоёв, на выходе – 60 значений (дискретизированный по шкале энергии от 10^{-9} до 660 МэВ спектр). Применение физически информированной функции потерь позволило сократить среднюю ошибку оценки дозы для тестовой выборки с 12% до 7%, при сохранении физической правдоподоб-

ности спектра. Приведено сравнение результатов нейросети с реализованным нами методом восстановления спектра, основанном на максимизации энтропии. Показано, что нейросетевой алгоритм даёт меньшую ошибку. Метод применим для оценки доз от нейтронов в стационарных высокоэнергетических полях вблизи ускорителей и ядерно-физических установок.

Список литературы:

1. K. Chizhov, L. Beskrovnaya, A. Chizhov, Neutron Spectra Unfolding from Bonner Spectrometer Readings by the Regularization Method Using the Legendre Polynomials // Physics of Particles and Nuclei. – 2024. – № 55(3). – С. 532–534. <https://doi.org/10.1134/S1063779624030298>.
2. А.А. Белый, М.Д. Стариковская, К.А. Чижов. Разработка веб-приложения для эксперимента по восстановлению спектра нейтронов с применением алгоритмов нейронных сетей // Системный анализ в науке и образовании. – 2025. – № 2. – С. 49–57.