

TRACK RECONSTRUCTION TRANSFORMER: A SCALABLE DEEP LEARNING APPROACH FOR PARTICLE TRACKING IN HIGH-ENERGY PHYSICS

A. Nikolskaia^{1,*}, *P. Goncharov*¹, *G. Ososkov*²,
*D. Girdyuk*¹, *D. Rusov*²

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

² Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

Particle track reconstruction is crucial for high-energy physics, particularly in high-luminosity environments where traditional methods encounter limitations in scalability and efficiency. To overcome these challenges, we introduce the Track Reconstruction Transformer (TRT), a novel deep learning model inspired by transformer models for the object detection that offers significant advancements in particle trajectory prediction. TRT leverages a Transformer architecture to process detector hits and directly predict particle track parameters, generating a set of potential tracks, each with an associated probability indicating the probability that it represents an actual track to account for the variable number of tracks per event. This approach adopts the parallel processing efficiency of DETR, offering significant speed and scalability advantages compared to conventional methods. The TRT model has been evaluated using a toy dataset with helical track approximations and uniform noise hits. We present details on the model's implementation, training, and performance, including strategies to address the $O(N^2)$ complexity of transformers. While current tests focus on processed hits, we also discuss the potential for adapting TRT to raw detector data (avoiding the hit reconstruction phase) in future work, leveraging the flexibility of transformer architectures for even broader applicability.

Реконструкция треков частиц имеет решающее значение для физики высоких энергий, особенно в средах с высокой светимостью, где традиционные методы сталкиваются с ограничениями в масштабируемости и эффективности. Чтобы преодолеть эти проблемы, авторами представлен Track Reconstruction Transformer (TRT) — новая модель глубокого обучения, вдохновленная трансформерными моделями для детекции объектов, применяемыми в компьютерном зрении. Модель TRT оценивалась с использованием смоделированного упрощенного набора данных со спиральными аппроксимациями треков и равномерным шумом. TRT использует архитектуру Transformer для обработки сигналов детектора и прямого прогнозирования параметров треков частиц без построения треков. За счет дополнительной оценки вероятности того, соответствует ли предска-

* E-mail: nikolskaya2000@yandex.ru

занный набор параметров реальному треку, обеспечивается обработка событий с различным числом треков. Этот подход предлагает значительные преимущества в скорости и масштабируемости по сравнению с традиционными методами, при этом не требуя многоэтапных процедур обучения и использования нескольких составляющих.

PACS: 44.25.+f; 44.90.+c