

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВІЛЬНОЇ КІНЕМАТИЧНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПАРИ ТОП ТА АНТИТОП КВАРКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІДКРИТИХ ДАНИХ CMS

М. В. Спіцин¹, В. Є. Аушев¹, О. І. Зенасв²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, просп. Глушкова, 4, Київ, 03022, Україна

²Гамбурзький університет, II. Інститут теоретичної фізики, Лурупер Шоссе 149, 22761 Гамбург

У цій роботі представлено результати вдосконалення методу вільної кінематичної реконструкції (loose kinematic reconstruction, LKR) [1] для системи кварків $t\bar{t}$ у дилептонному каналі розпаду $t\bar{t} \rightarrow l^+ \nu_l b l^- \bar{\nu}_l \bar{b}$. Дослідження виконано з використанням відкритих даних експерименту CMS, отриманих за енергії системи центру мас пучка протонів $\sqrt{s} = 7$ TeV [2].

Стандартний метод LKR є недостатньо кінематично визначеним через наявність двох незарєстрованих нейтрино. Для вирішення цієї проблеми було розроблено аналітичні модифікації алгоритму (LKRv3), які використовують розрахунок кінематики нейтрино на основі поперечної маси M_T та рівності стрімкостей $y_{\nu\bar{\nu}} = y_{l\bar{l}}$.

Наступним етапом покращення LKR стало застосування моделі машинного навчання (LKRNN) на базі повнозв'язної нейронної мережі із архітектурою багат шарового перцептрона. Для тренування та аналізу використовувалися Монте-Карло згенеровані дані (MadGraph та Pythia6 генератори) [3, 4]. Модель використовує 26 вхідних параметрів та функцію втрат (loss-function) із жорстким 5% допуском до аналітичних результатів. В результаті, нейромережа дозволила покращити інтегральну роздільну здатність (розрахована на основі диференційної роздільної здатності, що зображена на рис.1) для інваріантної маси системи $t\bar{t}$ на 15.5%, а для поперечного імпульсу - понад 10% порівняно зі стандартним методом LKR (що дає додаткові 8% покращення відносно версії LKRv3). Отримані результати підтверджують можливість ефективної інтеграції методів машинного навчання у класичні алгоритми реконструкції для фізичного аналізу відкритих даних CMS. Покращена кінематична реконструкція дозволить більш точно вимірювати диференційні перерізи народження топ кварків, що в свою чергу дозволить точніше визначення маси топ кварка, перевірку Стандартної Моделі, пошук нової фізики.

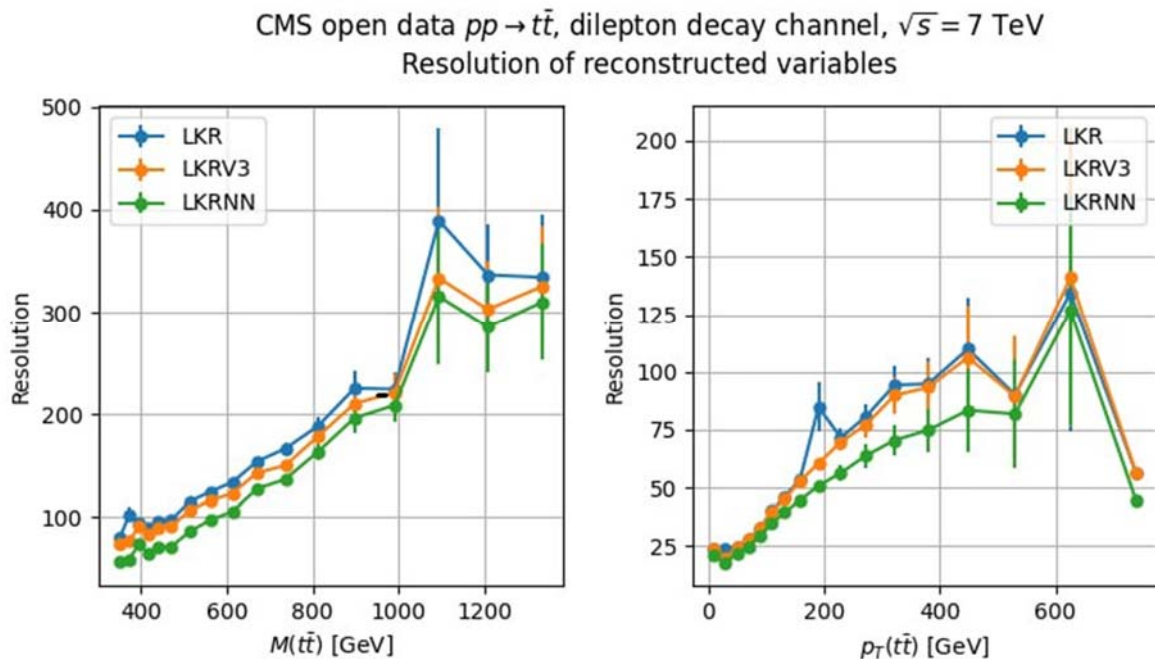


Рис.1 Графіки роздільної здатності реконструкції $t\bar{t}$ для класичної LKR, оптимізованої LKRv3 та нейромережі LKRNN

1. L. Sonnenschein, Phys. Rev. D, 73, 054015 (2006).
2. CMS Open Data Guide, URL: <https://cms-opendata-guide.web.cern.ch/>
3. J. Alwall et al. JHEP 06, 128 (2011).
4. T. Sjostrand et al. Comput. Phys. Commun. 191 (2015).