

Разработка нейронной сети для повышения точности разделения сигнала и фона в процессе образования бозона Хиггса в ассоциации с одиночным топ-кварком

Азимзаде Рустам Тарлан оглы

Студент (магистр)

Бакинский филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Физический факультет, Баку, Азербайджан
E-mail: rustam.azimzadeh@gmail.com

Современная физика элементарных частиц продолжает изучение свойств бозона Хиггса, открытого в экспериментах ATLAS и CMS в 2012 году [1,4]. Одним из наименее изученных и наиболее сложных для наблюдения процессов является образование бозона Хиггса в ассоциации с одиночным топ-кварком ($pp \rightarrow tH$), которое чувствительно к относительной фазе комплексной константы связи топ-Хиггса [5] (рис. 1). Однако данный процесс имеет малую вероятность возникновения и подвержен значительным фоновым загрязнениям [2].

Для повышения эффективности выделения сигнала среди фоновых событий была разработана глубокая нейронная сеть (ГНС). Применение машинного обучения позволяет улучшить разделение сигнальных и фоновых событий по сравнению с традиционными методами, основанными на пороговых условиях отбора [3].

Обучение модели проводилось на основе данных Монте-Карло, включающих как сигнальные, так и фоновые события. Основными фоновыми процессами выступали рождение пары топ-антитоп ($pp \rightarrow t\bar{t}$), рождение бозона Хиггса с парой топ-кварков ($pp \rightarrow t\bar{t}H$) и образование одиночного топ-кварка с Z -бозоном ($pp \rightarrow tZ$). Отбор событий осуществлялся по наличию одного лептона высокой энергии, трёх b -струй и характерной "передней" лёгкой струи.

Оценка эффективности модели проводилась на основе показателя AUC (Area Under the Curve), представляющего собой площадь под ROC-кривой (Receiver Operating Characteristic). ГНС показала превосходство над традиционными методами пороговой фильтрации, обеспечивая более высокую значимость сигнала и демонстрируя перспективность применения машинного обучения в анализе данных БАК для исследования процесса tH . Значение AUC составило 0.8198.

Представленный метод машинного обучения демонстрирует высокую эффективность в выделении событий ($pp \rightarrow tH$). Использование глубоких нейронных сетей позволяет существенно повысить чувствительность анализа, что делает данный подход перспективным для дальнейшего поиска физики за пределами Стандартной модели на Большом адронном коллайдере.

Источники и литература

- 1) ATLAS Collaboration et al. Observation of a new particle in the search for the standard model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC // Physics Letters B. 2012 September. V. 716. №1. P. 1–29.
- 2) Biswas S., Gabrielli E., Mele B. Single top and Higgs associated production as a probe of the $t\bar{t}H$ coupling sign at the LHC // Journal of High Energy Physics. 2013. V. 2013, №1.
- 3) Boyko I.R., Huseynov N.A., Koval O.A. Monte Carlo Study of Associated Higgs Boson Production with a Single Top Quark // Physics of Atomic Nuclei. 2022. V. 85. №2. P. 167–175.

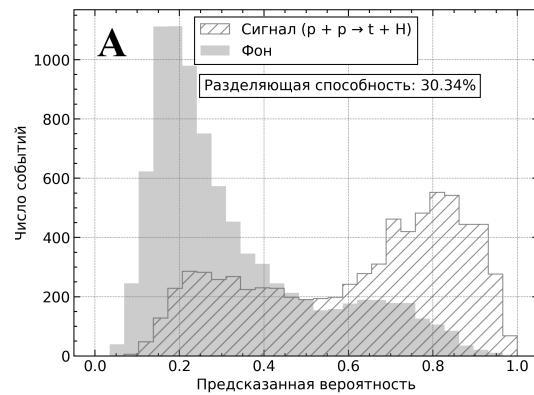


Рис. : 2. А Распределение предсказанных нейросетевой моделью вероятностей для событий сигнала и фона в виде гистограмм

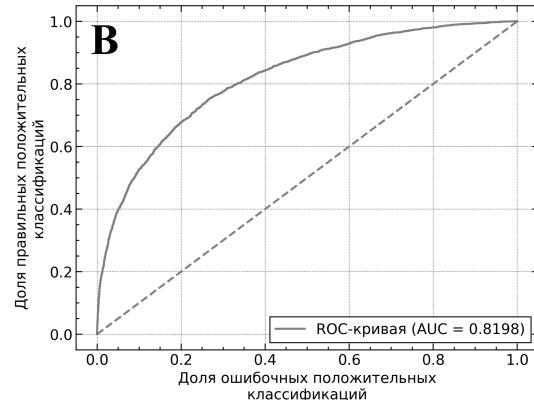


Рис. : 2. В Кривая ROC, позволяющая оценить эффективность архитектуры нейронной сети и выбрать оптимальный порог для разделения событий сигнала и фона