

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

**Азимзаде Рустам Тарлан оглу**

*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-Хиггс [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.

- 4) CMS Collaboration et al. Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC // Physics Letters B. 2012. V. 716. №1. P. 30-61.
- 5) Maltoni F., Paul K., Stelzer T., Willenbrock S. Associated production of the Higgs boson and a single top quark at hadron colliders // Physical Review D. 2001. V. 64, №9. P. 094023.

### Иллюстрации

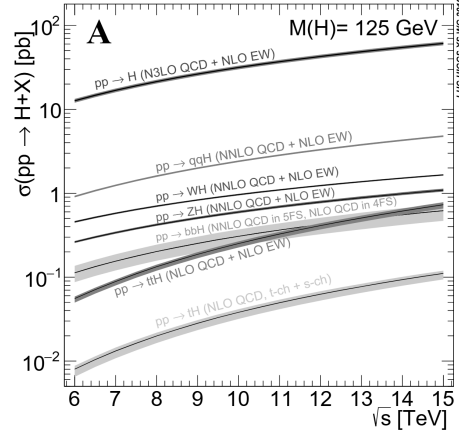


Рис. : 1. **А** Зависимость сечения образования бозона Хиггса в рамках Стандартной модели от энергии центра масс  $\sqrt{s}$  для протон-протонных столкновений

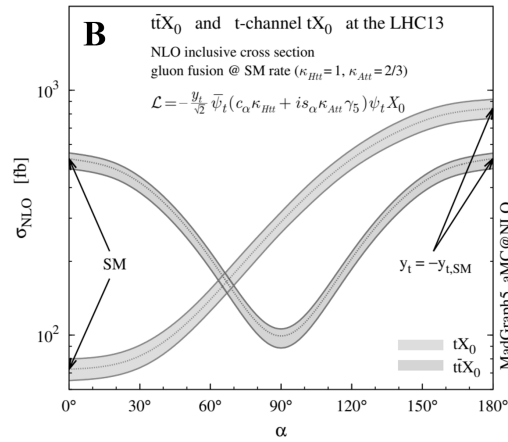


Рис. : 1. **В** Поперечные сечения процессов  $ttX^0$  и  $t$ -канального  $tX^0$  при энергии 13 ТэВ на Большом адронном коллайдере в зависимости от угла СР-смешивания

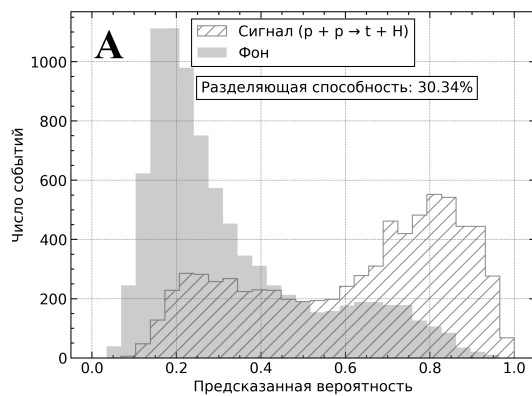


Рис. : 2. **А** Распределение предсказанных нейросетевой моделью вероятностей для событий сигнала и фона в виде гистограмм

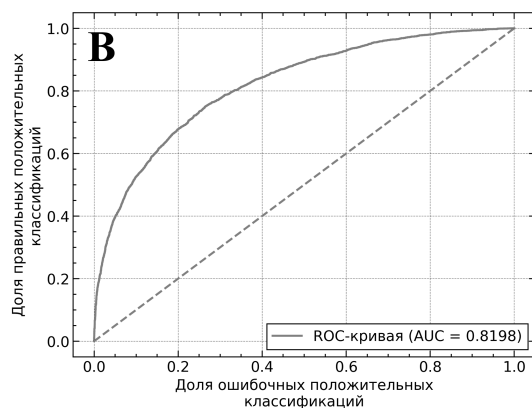


Рис. : 2. **В** Кривая ROC, позволяющая оценить эффективность архитектуры нейронной сети и выбрать оптимальный порог для разделения событий сигнала и фона