

ОПТИМИЗАЦИЯ ОТБОРА СОБЫТИЙ ДЛЯ ПРОЦЕССА $Z(\ell)Z(\nu\nu)jj$ НА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА ATLAS С $\sqrt{S} = 13$ ТэВ

Дмитрий Зубов, Диана Пятиизбянцева, Евгений Солдатов

НИЯУ «МИФИ»

19.11.2020

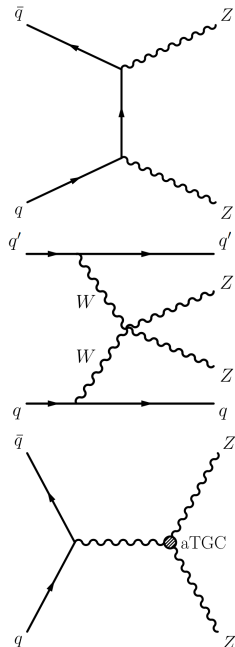
Введение

Актуальность исследования:

- ▶ Неполнота Стандартной модели (СМ)
- ▶ Наличие явлений, не укладывающихся в рамки теории
- ▶ Поиск отклонений от Стандартной модели

Мотивация выбора процесса:

- ▶ Возможность прецизионного измерения сечения
- ▶ Чувствительность к проявлениям новой физики за пределами СМ
- ▶ Многие расширения СМ предсказывают новые скалярные, векторные или тензорные резонансы, которые могут распадаться на пары электрослабых бозонов.



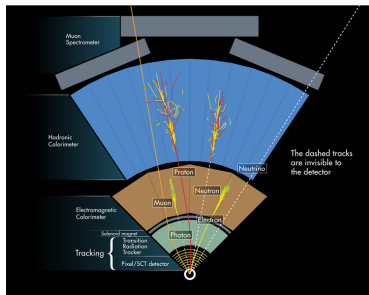
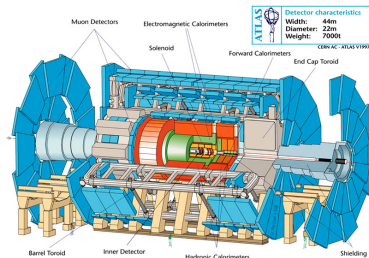
Детектор ATLAS и система координат

Основные компоненты детектора:

- ▶ Внутренний детектор
 - ▶ Pixel
 - ▶ SCT
 - ▶ TRT
- ▶ Калориметры
 - ▶ Электромагнитный
 - ▶ Адронный
- ▶ Мюонная система
- ▶ Магнитная система

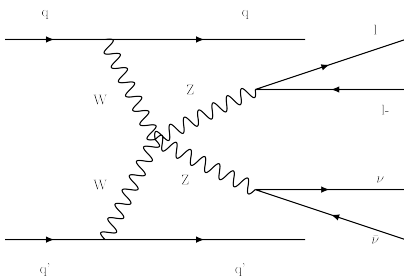
Используемые цилиндрические координаты:

- ▶ Азимутальный угол ϕ
- ▶ Полярный угол θ
- ▶ Псевдобыстрота $\eta = -\ln \tan \frac{\theta}{2}$
- ▶ Поперечный импульс $p_T = |\vec{p}| \sin \theta$
- ▶ Поперечная энергия $E_T = E \sin \theta$



Выбор конечного состояния

Среди всех двубозонных процессов рождение пары Z-бозонов имеет наименьшее сечение, но хорошее соотношение сигнал/фон в канале распада на четыре заряженных лептона. Соотношение сигнал/фон несколько хуже в канале распада на пару заряженных лептонов и пару нейтрино, но вероятность таких распадов выше.



Предварительный отбор событий:

- ▶ Число струй ≥ 2
- ▶ Два разноименно заряженных лептона одного аромата (e^+e^- или $\mu^+\mu^-$), $p_T^{lead} > 30$ ГэВ, $p_T^{sublead} > 20$ ГэВ
- ▶ Вето на третий заряженный лептон
- ▶ MET > 90 ГэВ
- ▶ $76 < M_{ll} < 106$ ГэВ
- ▶ $\eta(j_1) \times \eta(j_2) < 0$.

Фоновые процессы

Проводилась Монте-Карло симуляция сигнального и доминирующих фоновых процессов в пакете MadGraph5_aMCNLO с адронизацией и симуляцией детектора в пакетах Pythia и Delphes.

Сигнал:

- ▶ ZZ EWK - электрослабое рождение двух Z-бозонов и последующий распад в пару заряженных лептонов и пару нейтрино

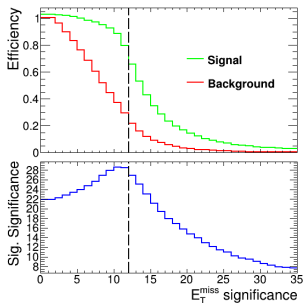
Фон:

- ▶ ZZ QCD - КХД рождение двух Z-бозонов и последующий распад в пару заряженных лептонов и пару нейтрино
- ▶ Z+jet - Рождение Z-бозона и струи, с распадом Z-бозона в пару заряженных лептонов и ложным большим MET
- ▶ WZ - Рождение пары бозонов Z и W^\pm , с распадом Z-бозона в пару заряженных лептонов и лептонным распадом W
- ▶ $t\bar{t}$ - Рождение пары топ-кварков и последующим распадом включающим конечное состояние $ll\nu\nu$ (не резонансное рождение $ll\nu\nu$)

Методика оптимизации

Оптимизация заключается в:

- ▶ поиске таких переменных, ограничение которых приводит к подавлению фона при максимальном сохранении сигнала
- ▶ поиске оптимального порога на переменные, при котором наблюдается наилучшее подавление фона при наилучшем сохранении сигнала



$$Efficiency = \frac{N_{pass}}{N_0}$$

Критерием наилучшего соотношения сигнал/фон является сигнальная значимость: $S.S. = \sqrt{2 \times [(S + B) \times \ln(1 + (S/B)) - S]}$

Метод оптимизации состоит в рассмотрении S.S. значимости как функции векторной переменной (вектора оптимизируемых переменных) и поиске вектора, при котором S.S. максимальна.

Результат оптимизации по выбранным переменным

В ходе оптимизации искался максимум S.S. как функции пяти переменных

Переменная	До	После
$E_T^{miss} \text{ signif.}$	—	>5
$M_{j_1 j_2}, \Gamma_{\Delta B}$	—	>720
$\Delta\eta(j_1 j_2)$	—	>2.4
$p_T(j_1), \Gamma_{\Delta B}$	—	>100
$p_T(j_2), \Gamma_{\Delta B}$	—	>40
Signal signif.	2.68	3.90
S/B	7.4×10^{-3}	44×10^{-3}
Total signal	974 ± 31	352 ± 19
Total bkg.	131373 ± 362	8027 ± 90

	До	После
Signal		
EWK ZZ	974 ± 31	352 ± 19
Background		
QCD ZZ	2805 ± 52	167 ± 13
Zj	48082 ± 219	1097 ± 33
WZ	28972 ± 170	3467 ± 59
tt	51512 ± 227	3296 ± 57
Total bkg.	131373 ± 362	8027 ± 90

Заключение

- ▶ В работе был продемонстрирован эффективный метод оптимизации отборов событий, суть которого поиск ограничений на параметры в многомерном пространстве этих параметров
- ▶ В результате работы метода было продемонстрировано подавление фона с 131373 до 8027 событий, при сокращении числа сигнальных событий с 974 до 352. При этом отношение S/B возросло в 6 раз, а сигнальная значимость возрасла с 2.68 до 3.90 σ .
- ▶ Описанный метод оптимизации был предложен и успешно применяется в анализе данных эксперимента ATLAS.