

ОПТИМИЗАЦИЯ ОТБОРА СОБЫТИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА $ZZ \rightarrow \ell\nu\nu$ НА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА ATLAS С $\sqrt{S} = 13$ ТэВ

Зубов Д.В.

НИЯУ МИФИ

Научный руководитель: Солдатов Е.Ю.

Консультант: Пятиизбянцева Д.Н.

Москва, 2020

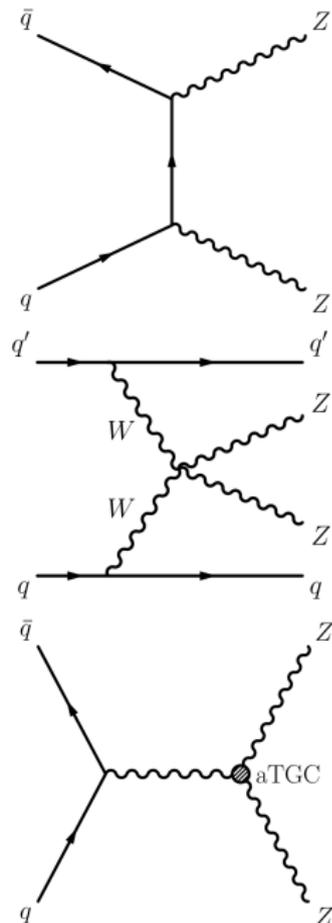
Введение

Актуальность исследования:

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

Мотивация выбора процесса:

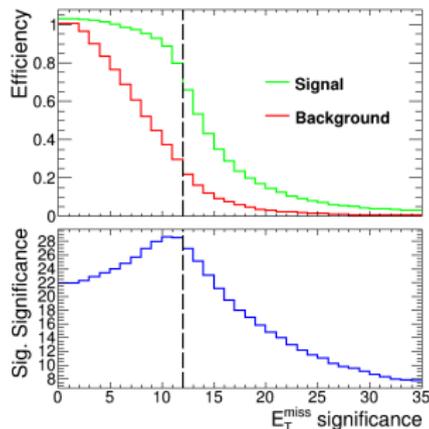
- ▶ Возможность прецизионного измерения сечения
- ▶ Чувствительность к проявлениям новой физики за пределами СМ
- ▶ Многие расширения СМ предсказывают новые скалярные, векторные или тензорные резонансы, которые могут распадаться на пары электрослабых бозонов.



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



$$\varepsilon = \frac{N_{\text{pass}}}{N_0}$$

Критерием наилучшего соотношения сигнал/фон является

сигнальная значимость: $S.S. = \sqrt{2 \times [(S + B) \times \ln(1 + (S/B)) - S]}$

Многокритериальная оптимизация

- ▶ Использовались в качестве критериев сигнальная значимость, сигнальная и фоновая эффективности;
- ▶ Рассматривались различные способы скаляризации и нормализации критериев.

Инклюзивный процесс $ZZ \rightarrow ll\nu\nu$

:

- ▶ В событии два разноименно-заряженных лептона одного аромата (e^+e^- или $\mu^+\mu^-$), при этом, поперечный импульс первого больше 30 ГэВ, второго больше 20 ГэВ;
- ▶ Вето на третий заряженный лептон;
- ▶ $76 \text{ ГэВ} < M_{ll} < 106 \text{ ГэВ}$, где M_{ll} - инвариантная масса двух заряженных лептонов;
- ▶ $E_T^{miss} > 90 \text{ ГэВ}$.

Сигнал	
QCD ZZ	КХД рождение двух Z-бозонов и последующий распад в $ll\nu\nu$
EWK ZZ	Электрослабое рождение двух Z-бозонов и последующий распад в $ll\nu\nu$
Фон	
Zj	рождение Z-бозона и струи, с распадом Z-бозона в пару заряженных лептонов и большим ложным потерянными поперечным импульсом
WZ	рождение пары бозонов Z и W, с распадом Z-бозона в пару заряженных лептонов и лептонным распадом W
tt	рождение пары топ-кварков и последующим распадом включающим конечное состояние $ll\nu\nu$ (не резонансное рождение $ll\nu\nu$)
WW	рождение пары W с распадом в $ll\nu\nu$ (не резонансное рождение $ll\nu\nu$)
Wt	рождение W и топ-кварка и распадом в конечное состояние, содержащее $ll\nu\nu$ (не резонансное рождение $ll\nu\nu$)
VVV	рождение трех векторных бозонов ($V = W$ или Z)
Other (ttV, ttVV)	рождение пары топ-кварков и одного или двух векторных бозонов

Сравнение методов

	До	Метод 1	Метод 2
E_T^{miss} , ГэВ	—	>120	>120
ΔR_{ll}	—	<1.6	<1.7
$\Delta\phi(\vec{E}_T^{miss}, \vec{p}_T^{ll})$	—	>2.5	>2.6
N_{b-jets}	—	<1	<1
$E_T^{miss} \text{ signif.}$	—	>11	>11
Signal signif.	6.89	26.36	26.79
S/B	0.020	1.581	1.583
Total signal	2388 ± 14	634 ± 8	655 ± 8
Total bkg.	119467 ± 1137	401 ± 6	414 ± 6

В обоих методах переменные оптимизировались последовательно одна за другой.

Метод 2 показывает большую сигнальную значимость, хотя в методе 1 непосредственно искался максимум сигнальной значимости.

Метод 1 - максимизация сигнальной значимости

Метод 2 - максимизация функции $F(x) = S.S.(x) + \epsilon_{signal} + \epsilon_{bkg}$.

Критерии нормировались методом Mini-Max.

Сравнение методов последовательной оптимизации и оптимизации при рассмотрении S.S. как функции нескольких переменных

	Before	One by one	5D search
E_T^{miss} , GeV	—	>120	>100
ΔR_{ll}	—	<1.6	<1.8
$\Delta\phi(\vec{E}_T^{miss}, \vec{p}_T^{ll})$	—	>2.5	>2.3
N_{b-jets}	—	<1	<1
E_T^{miss} signif.	—	>11	>10
Signal signif.	6.89	26.36	29.45
S/B	0.020	1.581	1.241
Total signal	2388 ± 14	634 ± 8	949 ± 10
Total bkg.	119467 ± 1137	401 ± 6	765 ± 15

Метод 5D search показывает лучшую сигнальную значимость и число сигнальных событий.

В обоих методах искался максимум сигнальной значимости.

Результаты оптимизации отборов для инклюзивного процесса

Искался максимум сигнальной значимости как функции шести переменных.

Variable	Before	After
$E_T^{miss} \text{ signif.}$	—	>10
E_T^{miss} , GeV	—	>90
ΔR_{ll}	—	<1.8
$\Delta\phi(\vec{E}_T^{miss}, \vec{p}_T^{ll})$	—	>2.5
$N_{b\text{-jets}}$	—	<1
E_T^{miss}/H_T	—	>0.6
Signal signif.	9.20	44.28
S/B	0.016	1.57
Total signal	5235 ± 21	1799 ± 14
Total bkg.	321835 ± 1686	1146 ± 19

	Before	After
Signal		
QCD ZZ	5039 ± 21	1790 ± 14
EWK ZZ	196.3 ± 1.6	8.7 ± 0.3
Total signal	5235 ± 21	1799 ± 14
Background		
Zj	228887 ± 1684	110 ± 18
WZ	6013 ± 20	836 ± 7
tt	77807 ± 60	104 ± 2
WW	2462 ± 9	56.1 ± 1.4
Wt	5949 ± 40	31 ± 3
VVV	33.2 ± 0.2	6.95 ± 0.09
Other	683 ± 3	2.22 ± 0.13
Total bkg.	321835 ± 1686	1146 ± 19

Электрослабый процесс $ZZjj \rightarrow ll\nu\nu jj$

Предварительные отборы:

- ▶ В событии два разноименно-заряженных лептона одного аромата (e^+e^- или $\mu^+\mu^-$), при этом, поперечный импульс первого больше 30 ГэВ, второго больше 20 ГэВ;
- ▶ Вето на третий заряженный лептон;
- ▶ $76 \text{ ГэВ} < M_{ll} < 106 \text{ ГэВ}$, где M_{ll} - инвариантная масса двух заряженных лептонов;
- ▶ $E_T^{miss} > 90 \text{ ГэВ}$.
- ▶ Число струй больше одной и произведение псевдобыстрот первых двух струй отрицательно.

Сигнал	
EWK ZZ	Электрослабое рождение двух Z-бозонов и последующий распад в $ll\nu\nu$
Фон	
QCD ZZ	КХД рождение двух Z-бозонов и последующий распад в $ll\nu\nu$
Zj	рождение Z-бозона и струи, с распадом Z-бозона в пару заряженных лептонов и большим ложным поперечным импульсом
WZ	рождение пары бозонов Z и W, с распадом Z-бозона в пару заряженных лептонов и лептонным распадом W
tt	рождение пары топ-кварков и последующим распадом включающим конечное состояние $ll\nu\nu$ (не резонансное рождение $ll\nu\nu$)
WW	рождение пары W с распадом в $ll\nu\nu$ (не резонансное рождение $ll\nu\nu$)
Wt	рождение W и топ-кварка и распадом в конечное состояние, содержащее $ll\nu\nu$ (не резонансное рождение $ll\nu\nu$)
VVV	рождение трех векторных бозонов ($V = W$ или Z)
Other (ttV, ttVV)	рождение пары топ-кварков и одного или двух векторных бозонов

Результаты оптимизации электрослабого процесса

Искался максимум сигнальной значимости как функции шести переменных.

Variable	Before	After
$E_T^{miss} \text{ signif.}$	—	>10
$M_{j_1 j_2}$	—	>780
$\Delta\eta(j_1 j_2)$	—	>1.6
N_{b-jets}	—	<1
$p_T(j_1)$	—	>60
$p_T(j_2)$	—	>50
Signal signif.	0.36	1.53
S/B	1.2×10^{-3}	0.18
Total signal	114.5 ± 1.2	13.5 ± 0.4
Total bkg.	98407 ± 784	74 ± 3

	Before	After
Signal		
EWK ZZ	114.5 ± 1.2	13.5 ± 0.4
Background		
QCD ZZ	598 ± 4	9.5 ± 0.4
Zj	64930 ± 783	4 ± 2
WZ	1479 ± 5	22.5 ± 0.3
tt	29010 ± 36	29.5 ± 1.2
WW	427 ± 4	5.8 ± 0.4
Wt	1703 ± 22	2.5 ± 0.8
VVV	7.20 ± 0.12	0.141 ± 0.015
Other	253.6 ± 1.6	0.29 ± 0.06
Total bkg.	98407 ± 784	74 ± 3

Заключение

- ▶ В результате работы были получены наилучшие отборы на переменные для инклюзивного процесса $ZZ \rightarrow ll\nu\nu$ и для электрослабого процесса $ZZjj \rightarrow ll\nu\nu jj$.
- ▶ Описанный метод оптимизации был предложен и успешно применяется в анализе данных эксперимента ATLAS.
- ▶ В дальнейшем планируется улучшение оптимизации отборов в процессе $ZZjj \rightarrow ll\nu\nu jj$ посредством отыскания переменных, эффективно подавляющих фон.

back up

