

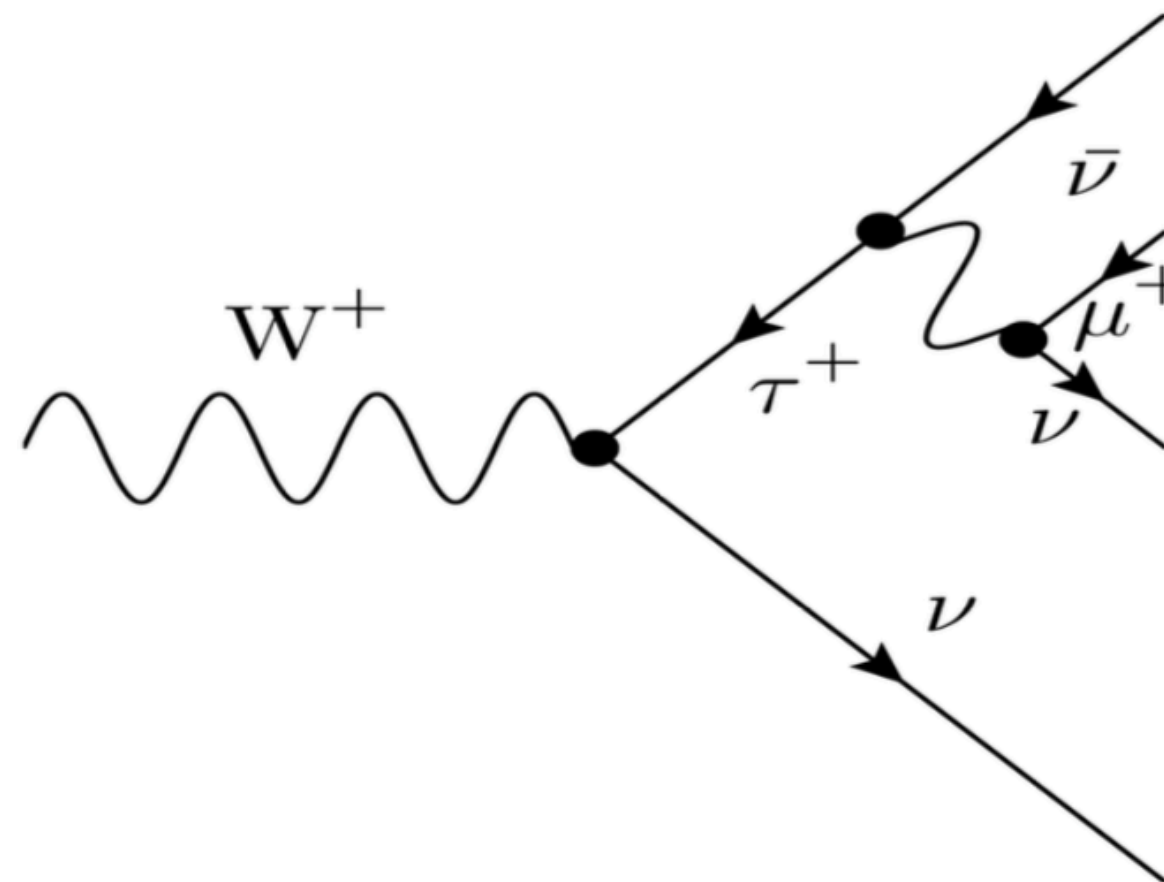
Классификация лептонных распадов W бозона методами машинного обучения в p-p столкновениях при $\sqrt{s} = 13$ ТэВ в эксперименте ATLAS.

Научный руководитель: Пономаренко Д.Е.
Выполнил: Толкачев Г.А.

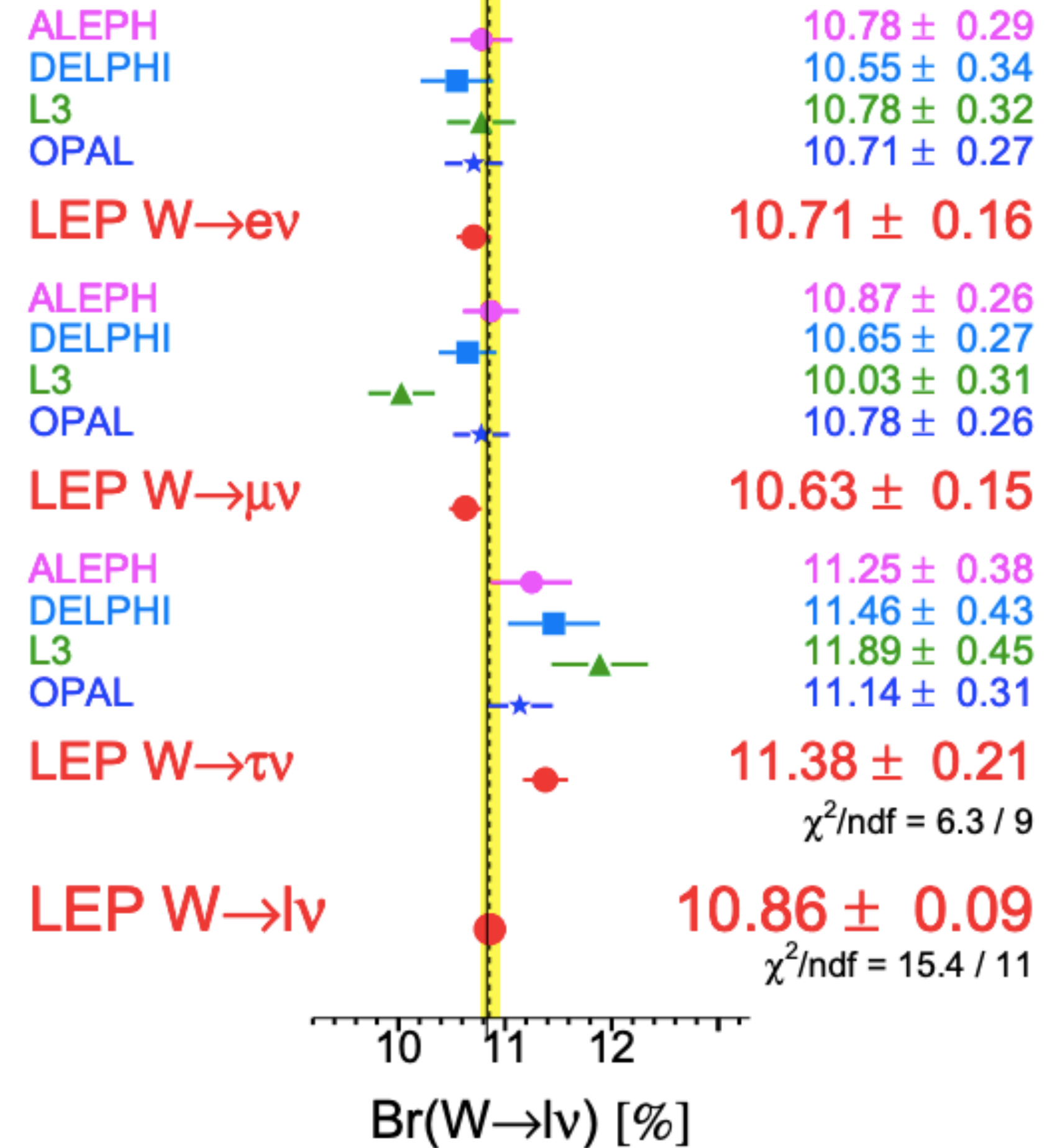
26.04.2021

Мотивация


- В анализе данных с LEP имеется указание на возможное отклонение в отношении отношений сечения двух процессов лепленного распада W бозона $Br(W \rightarrow \tau\nu)/Br(W \rightarrow \mu\nu)$
- На эксперименте ATLAS рождается большое количество W. Можно гарантировать хорошую статистику для распадов $W \rightarrow \tau\nu \rightarrow \mu\nu\nu$. Имеется больше содержание фонового процесса $W \rightarrow \mu\nu$, который имеет схожую сигнатуру.
- Цель улучшить результат измерения отношения отношений сечений с помощью переменной отклика классификатора BDT.




W Leptonic Branching Ratios



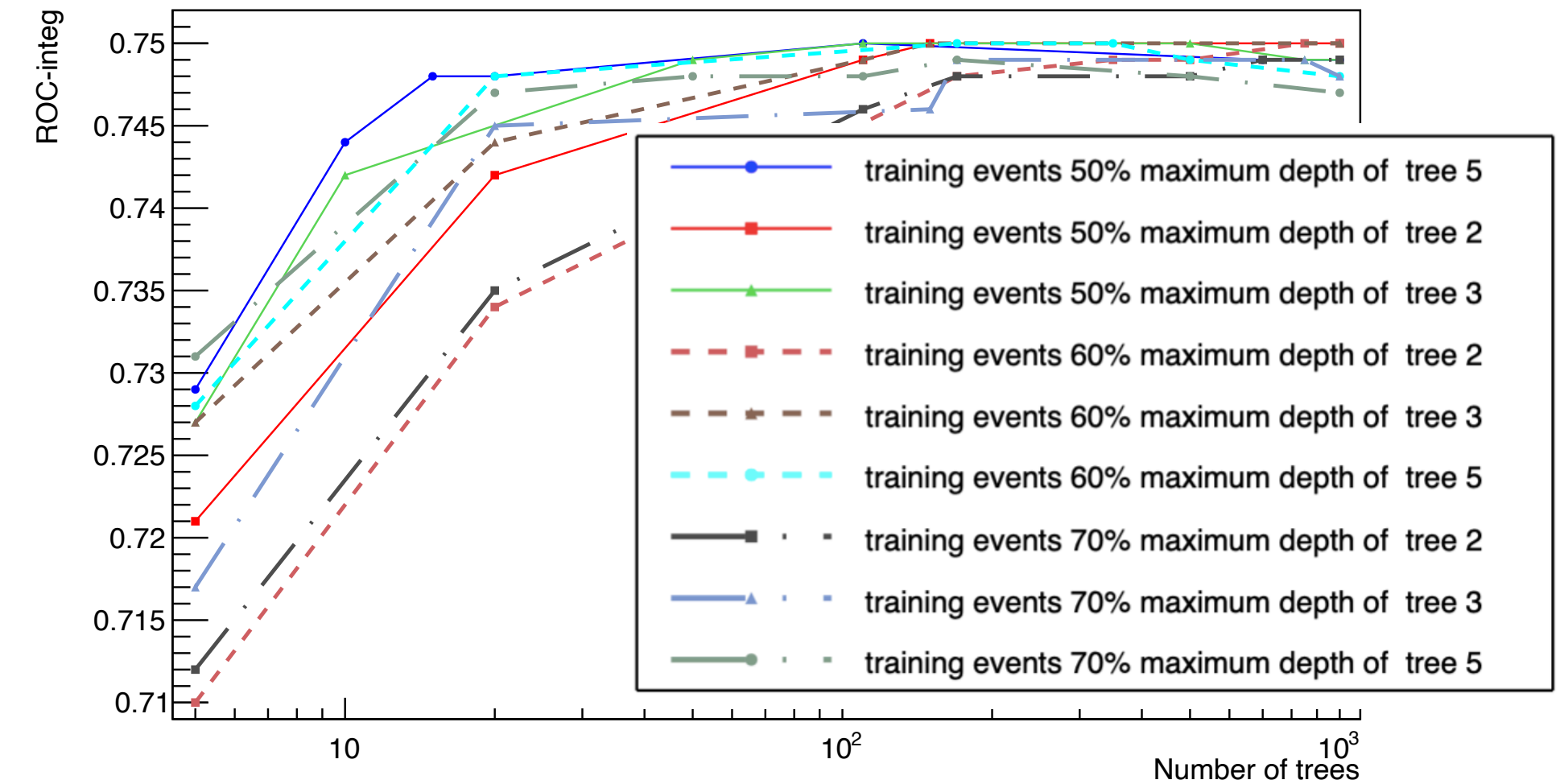
Ход работы

5 семестр  Подбор оптимальных параметров классификатора BDT.

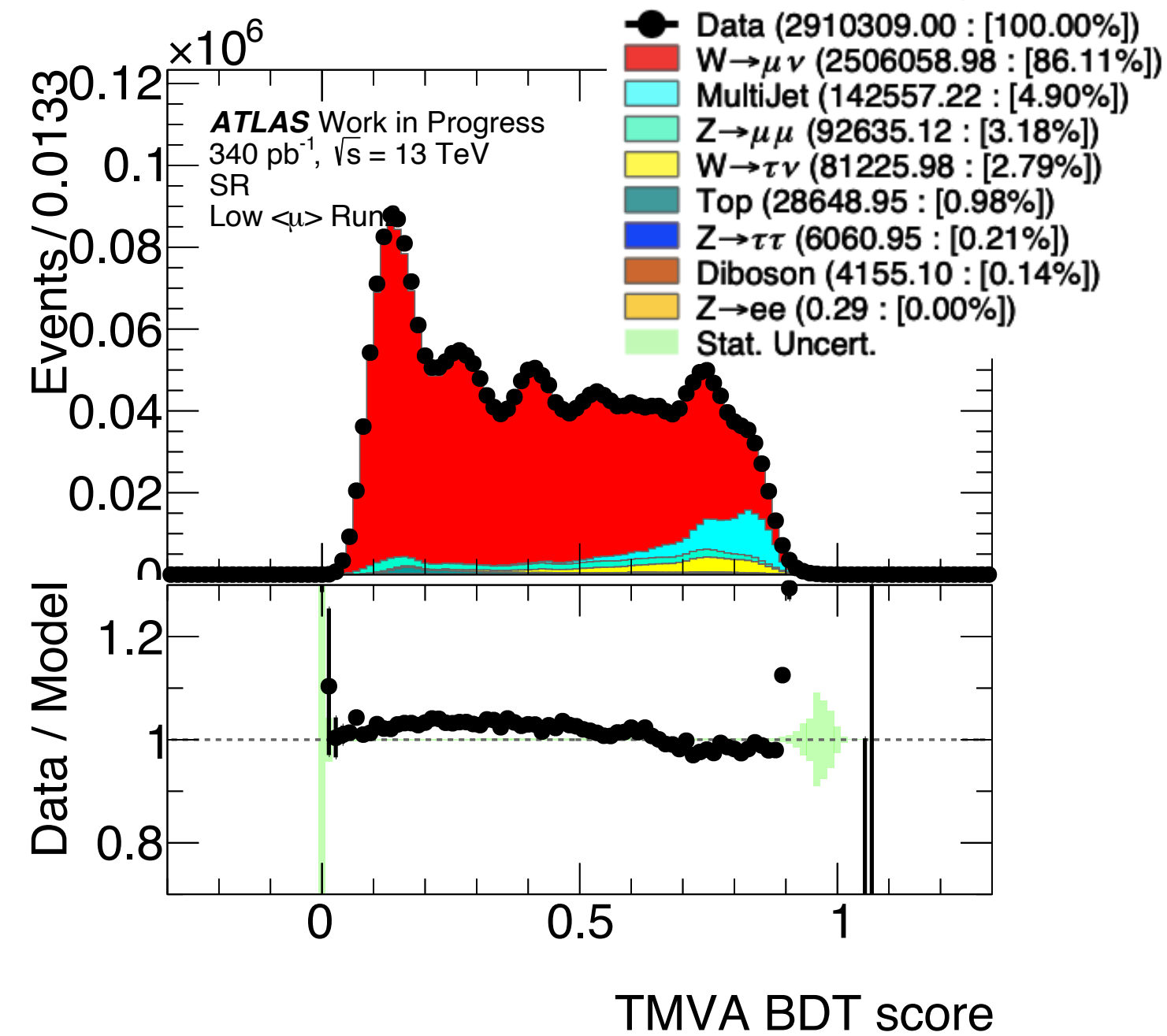
7 семестр  Обучение и валидация классификатора BDT. Классификация данных.

8 семестр  Фитирование. Оптимизация биннинга для BDT.

Зависимость значения ROC-integ от параметров классификатора BDT



Классификация данных сигнального региона



Использованные данные

Экспериментальные данные

В работе использовались экспериментальные данные, набранные на детектора ATLAS в 2017 и 2018 году во время режима с низкой светимостью 340 пБ^{-1} . При столкновении протон-протонных пучков с энергией 13 ТэВ.

Монте-Карло моделирование

Смоделированные данные были получены методом Монте-Карло с помощью генераторов Pythia и Sherpa и прошли всю цепочку реконструкций на условии реальных протон - протонных столкновений эксперимента ATLAS

Список Монте-Карло используемых в работе.

Sample	DSID	Generator	xs [pb]
$W^+ \rightarrow \mu\nu$	361101	PowhegPythia8EvtGen	11500.9
$W^- \rightarrow \mu\nu$	361104	PowhegPythia8EvtGen	8579.31
$W^+ \rightarrow \tau\nu$	361102	PowhegPythia8EvtGen	11500.9
$W^- \rightarrow \tau\nu$	361105	PowhegPythia8EvtGen	8579.31
$Z \rightarrow \tau\tau$	361108	PowhegPythia8EvtGen	1950.63
$Z \rightarrow \mu\mu$	361107	PowhegPythia8EvtGen	1950.63
Top	410013	PhPy8EG_P2012	35.8455
Top	410014	PhPy8EG_P2012	35.8244
Top	410470	PhPy8EG	729.77
Top	410642	PhPy8EG	36.993
Top	410643	PhPy8EG	22.174
Top	410644	PowhegPythia8EvtGen	2.06146
Top	410645	PowhegPythia8EvtGen	1.28867
Top	410646	PowhegPythia8EvtGen	35.8486
Diboson	363356	Sherpa_221_PDF30	2.20355
Diboson	363358	Sherpa_221_PDF30	3.4328
Diboson	363359	Sherpa_221_PDF30	24.708
Diboson	363360	Sherpa_221_PDF30	24.724
Diboson	363489	Sherpa_221_PDF30	11.42
Diboson	364250	Sherpa_221_PDF30	1.2523
Diboson	364253	Sherpa_221_PDF30	4.579
Diboson	364254	Sherpa_221_PDF30	12.501
Diboson	364255	Sherpa_221_PDF30	3.2344

Функция правдоподобия

$$L = \prod_b^{bins \in ZR} Pois(N_b^{data}, \mu_{ZR} N_b^{MC}) \prod_b^{bins \in SR} Pois(N_b^{data}, \mu_W [\mu_{sig} N_b^\tau + N_b^l] + \mu_{ZR} N_b^{MC} + N_b^{QCD}) \prod_j^{NPs} G(\theta_j^0, \theta_j) \quad (1)$$

Задание параметра интереса

- μ_{sig} - Отношение отношений сечени.

$$\mu_{sig} = \left(\frac{BR(W \rightarrow \tau\nu) BR(\tau \rightarrow \mu\nu\nu)}{BR(W \rightarrow \tau\nu)} \right)_{data} / \left(\frac{BR(W \rightarrow \tau\nu) BR(\tau \rightarrow \mu\nu\nu)}{BR(W \rightarrow \tau\nu)} \right)_{MC} \quad (2)$$

- μ_l, μ_{ZR} - Нормировочные коэффициенты.

- N_b^τ - Вклад от распадов $W \rightarrow \tau\nu$.

$$BR(\tau \rightarrow \mu\nu\nu) = 17.39 \% \Rightarrow \mu_{sig} = \left(\frac{BR(W \rightarrow \tau\nu)}{BR(W \rightarrow \tau\nu)} \right)_{data} / \left(\frac{BR(W \rightarrow \tau\nu)}{BR(W \rightarrow \tau\nu)} \right)_{MC} \quad (3)$$

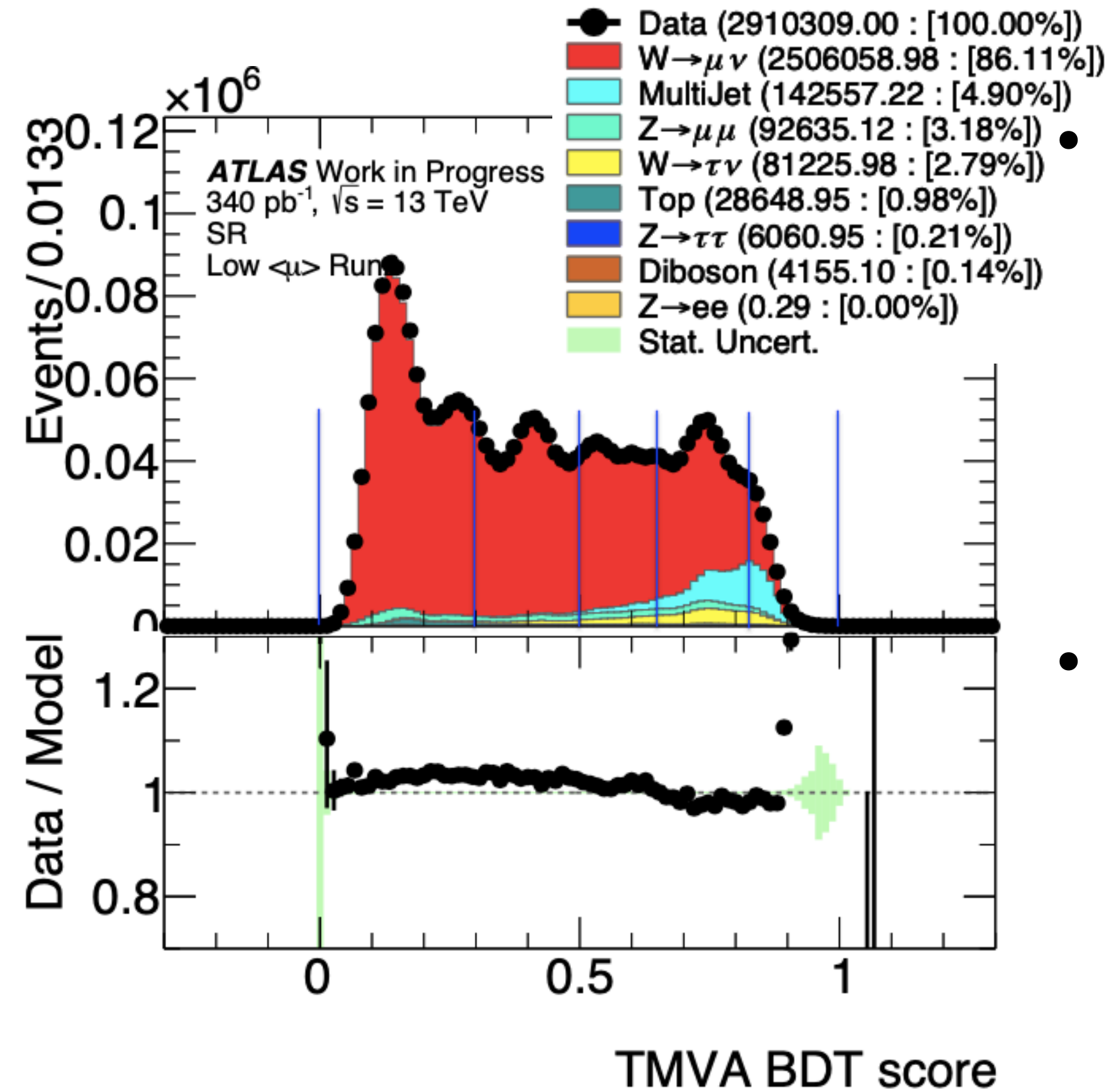
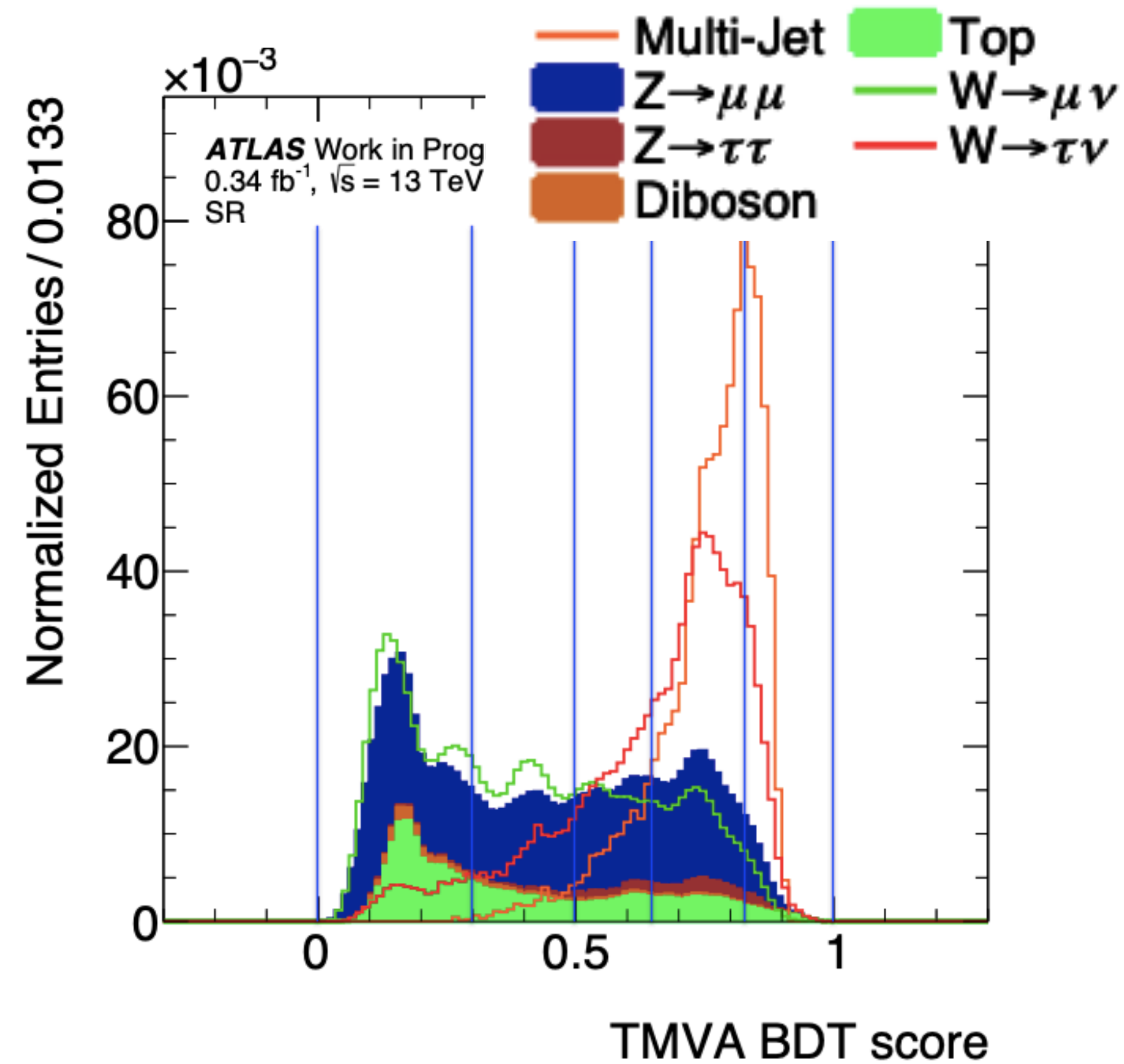
- N_b^τ - Вклад от распадов $W \rightarrow \mu\nu$.

- N_b^{QCD} - Вклад КХД фона.

$$\left(\frac{BR(W \rightarrow \tau\nu)}{BR(W \rightarrow \mu\nu)} \right)_{MC} = 1 \Rightarrow \mu_{sig} = R_{\tau/\mu} = \frac{BR(W \rightarrow \tau\nu)}{BR(W \rightarrow \mu\nu)} \quad (4)$$

- N_b^{MC} - Вклад остальных процессов.

Оптимизация биннирования переменной BDT

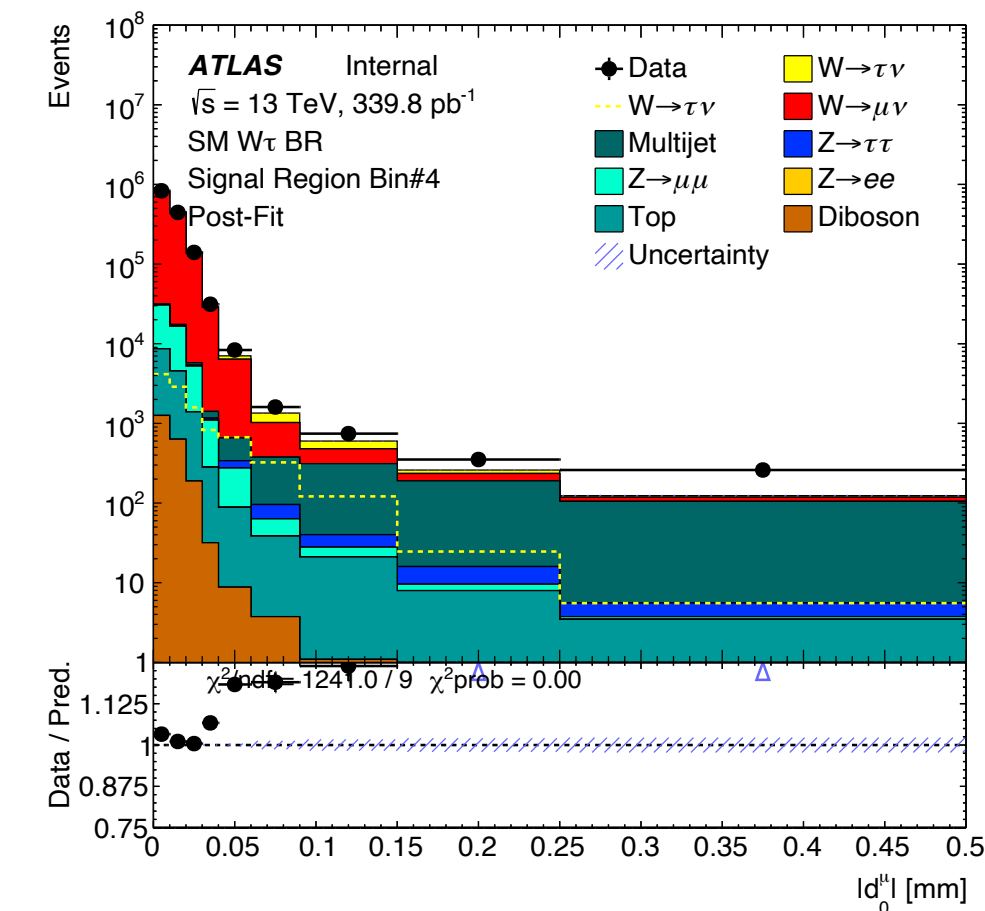
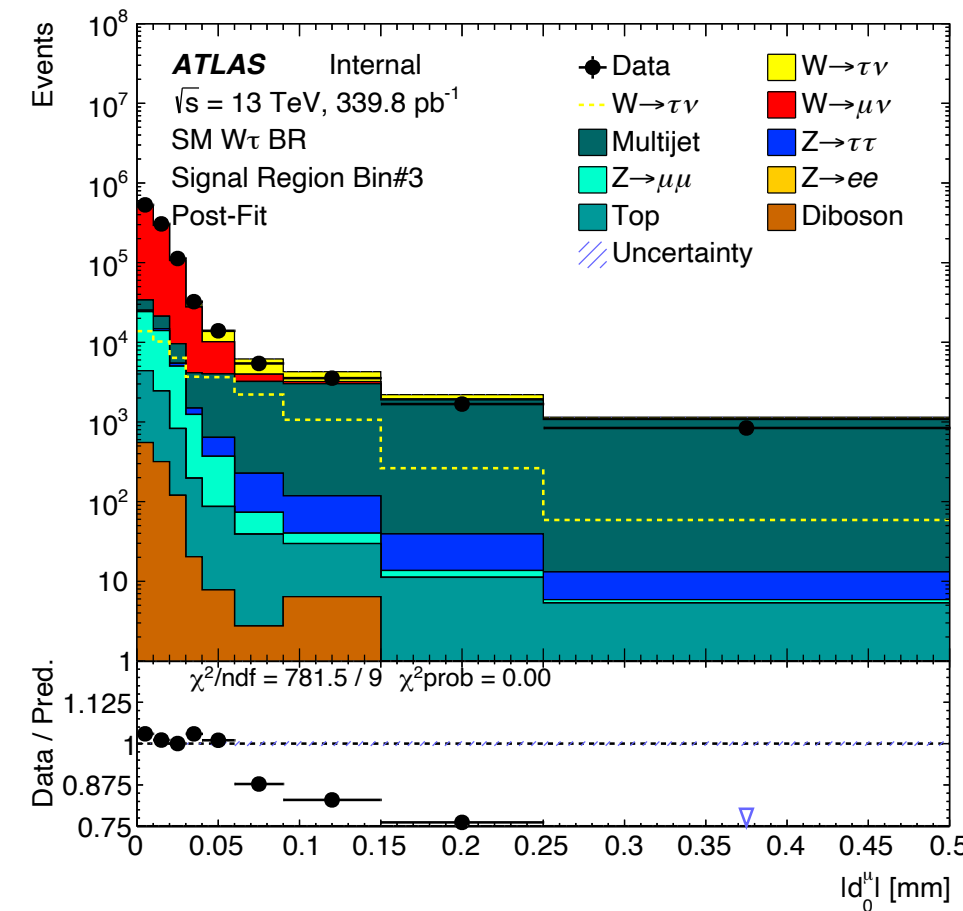
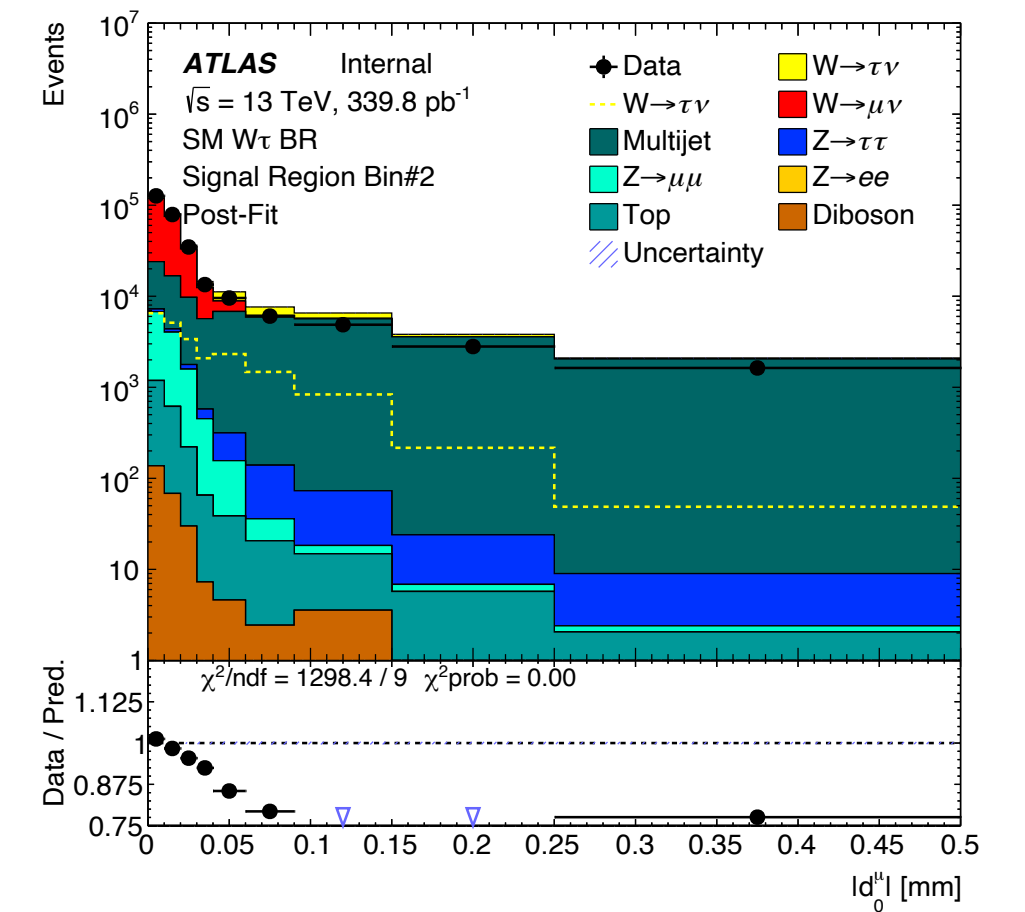
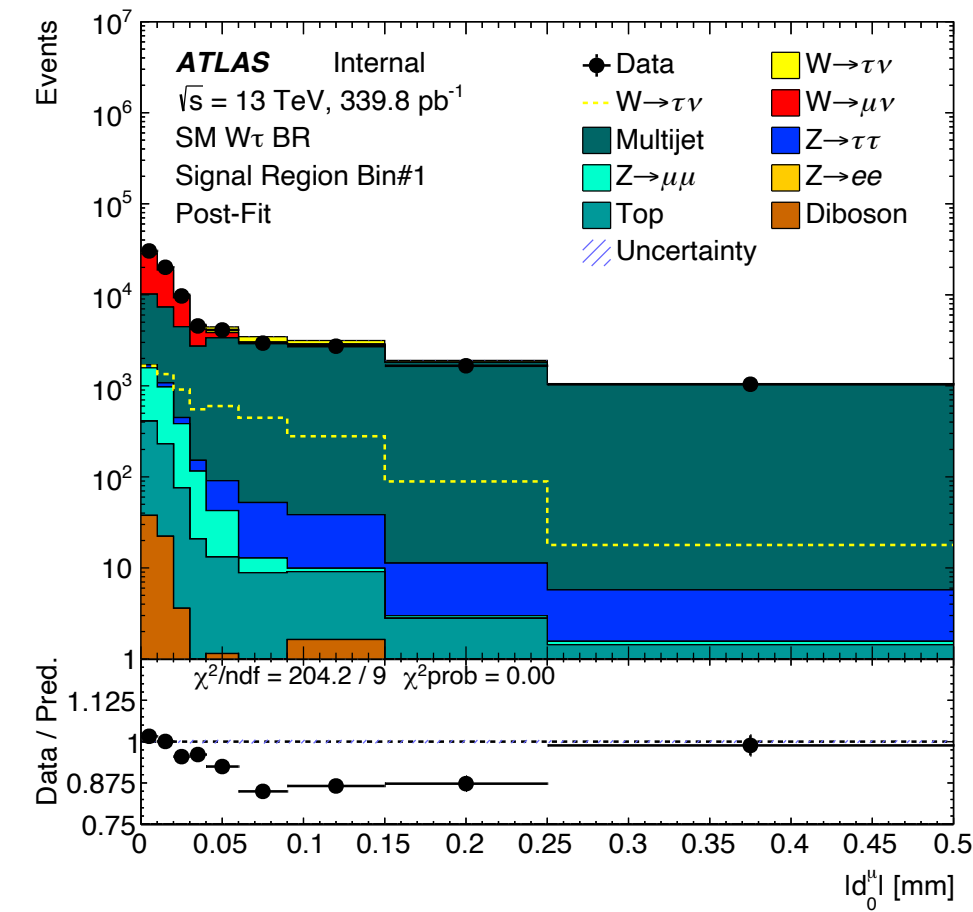
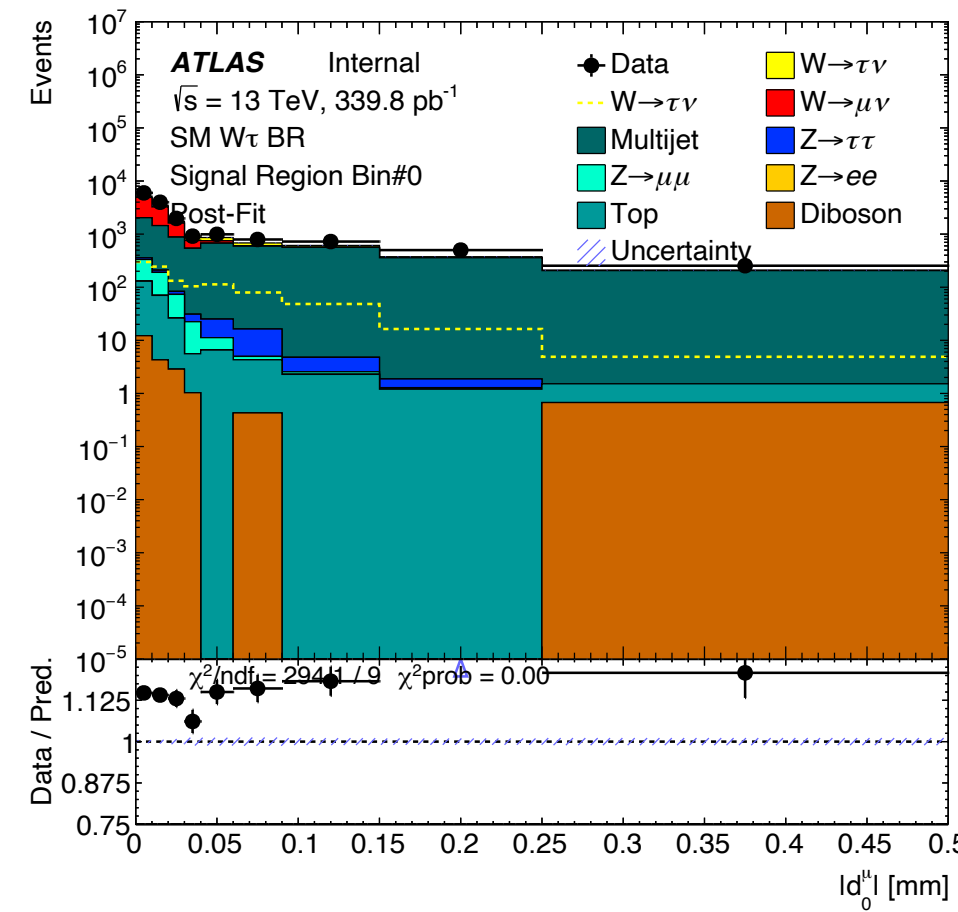
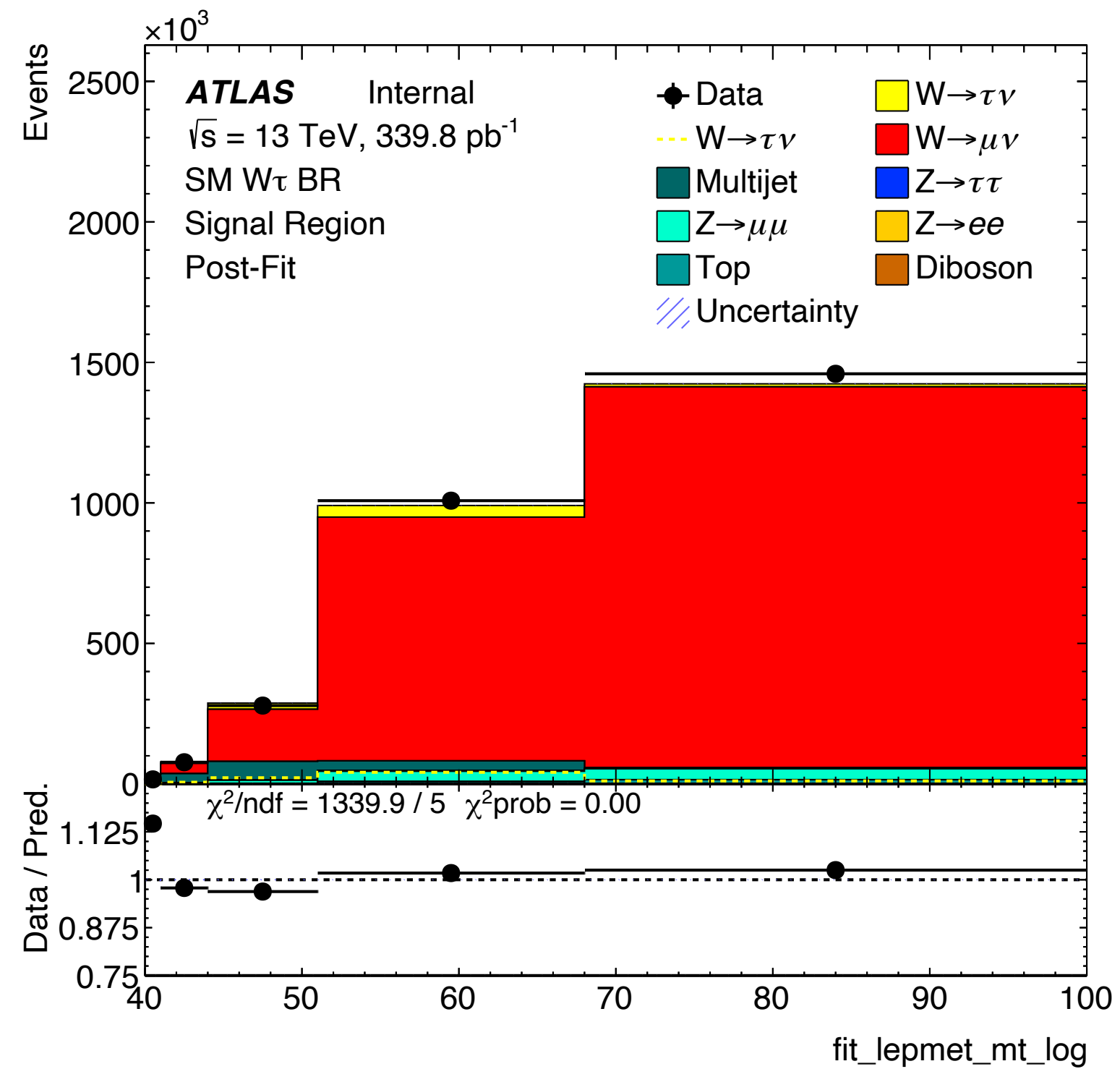


- Для получения оптимального результата необходимо провести оптимизацию биннирования распределения новой переменной отклика модели BDT.

- Биннирование проводится таким образом чтобы быть наиболее чувствительным к изменению формы сигнального и фонового распределения

$$\text{BDT} = [0.0, 0.3, 0.5, 0.65, 0.83, 1.0].$$

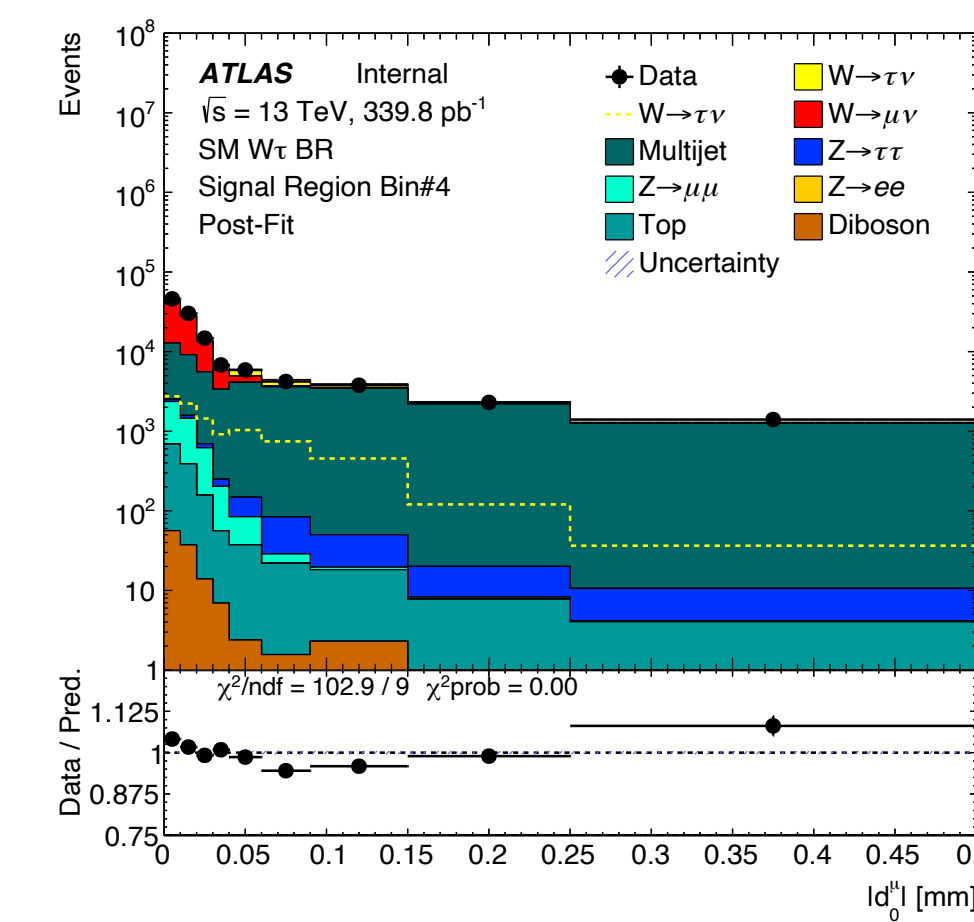
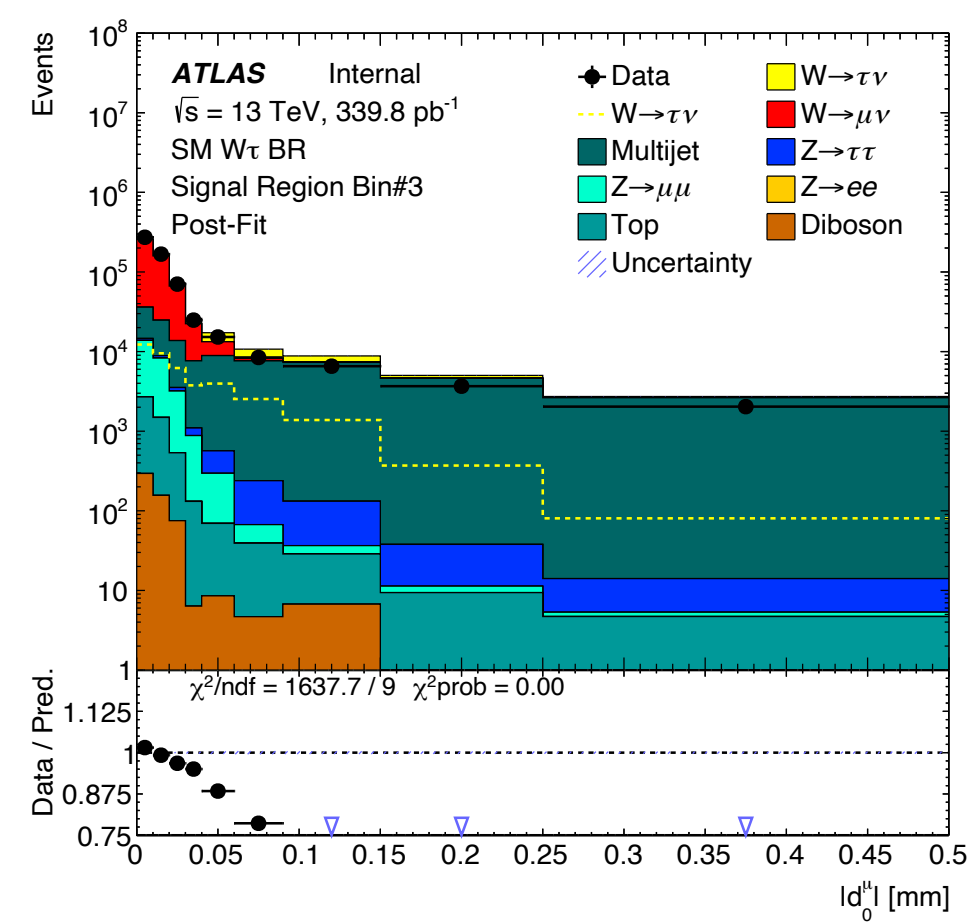
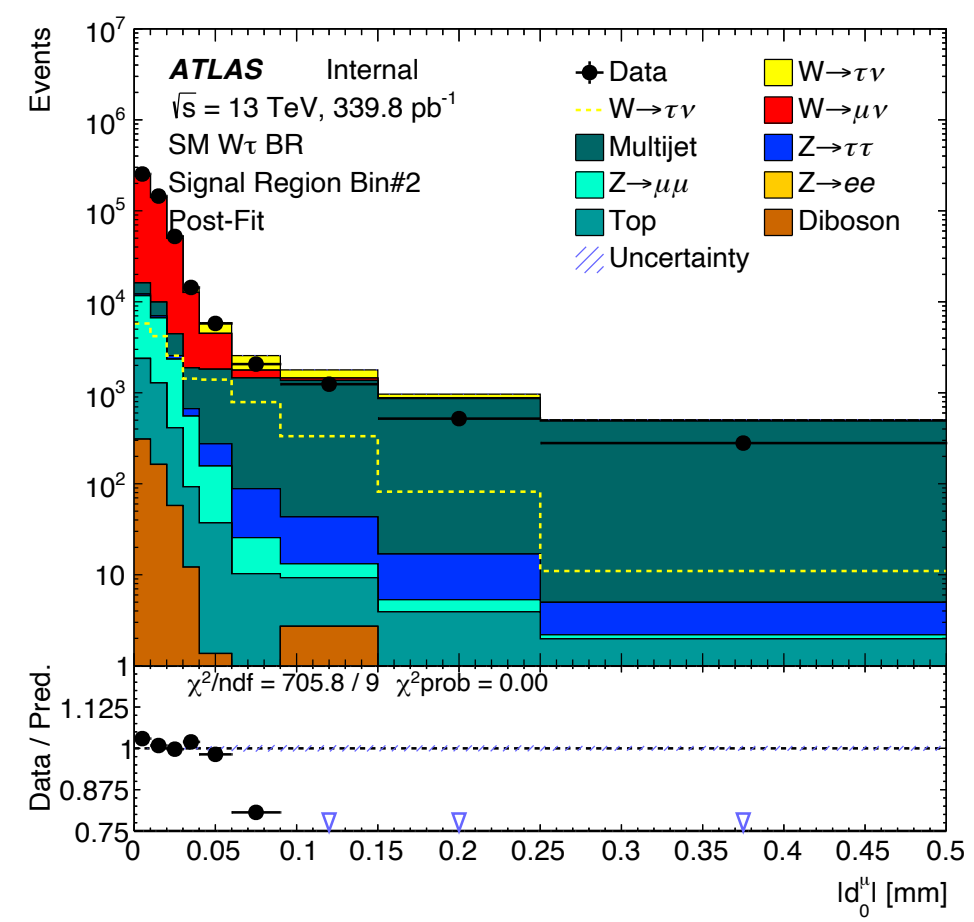
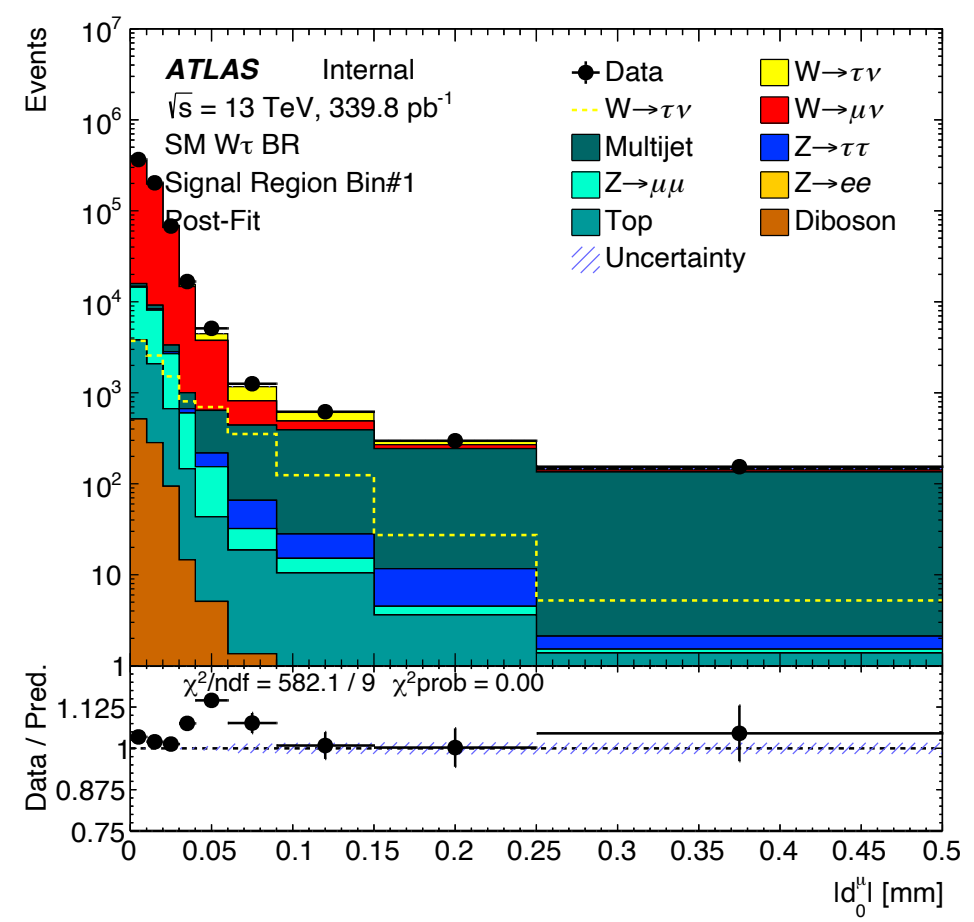
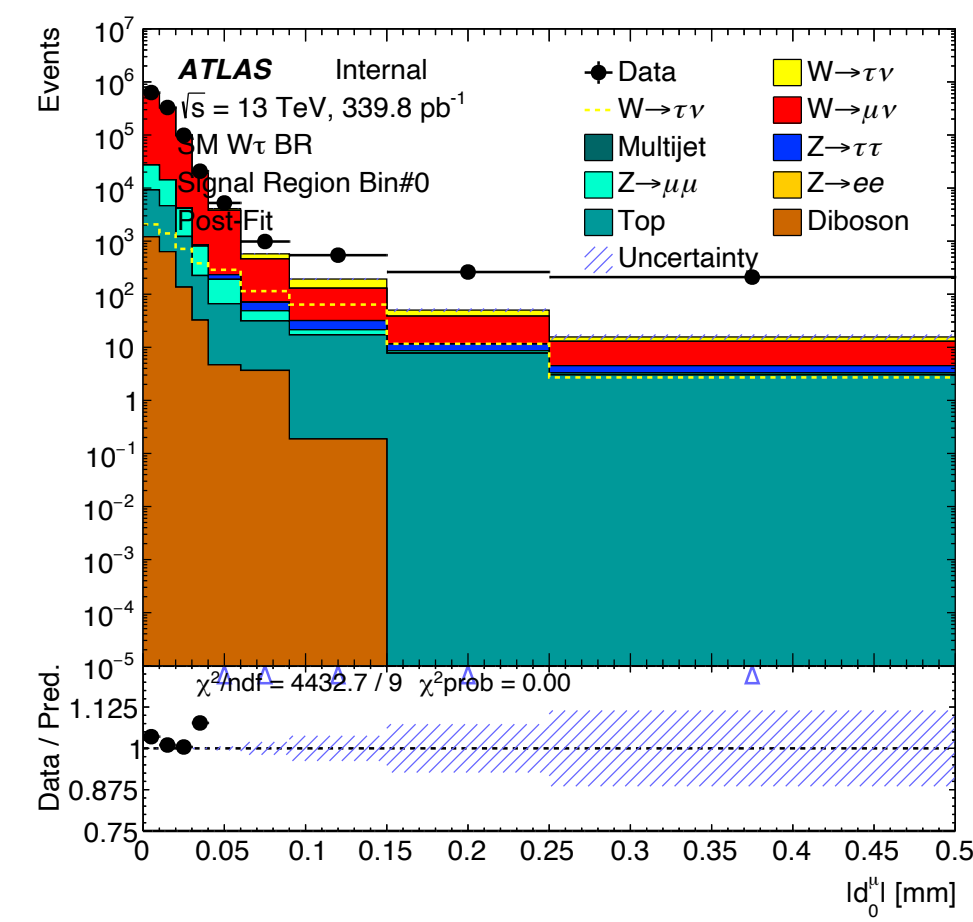
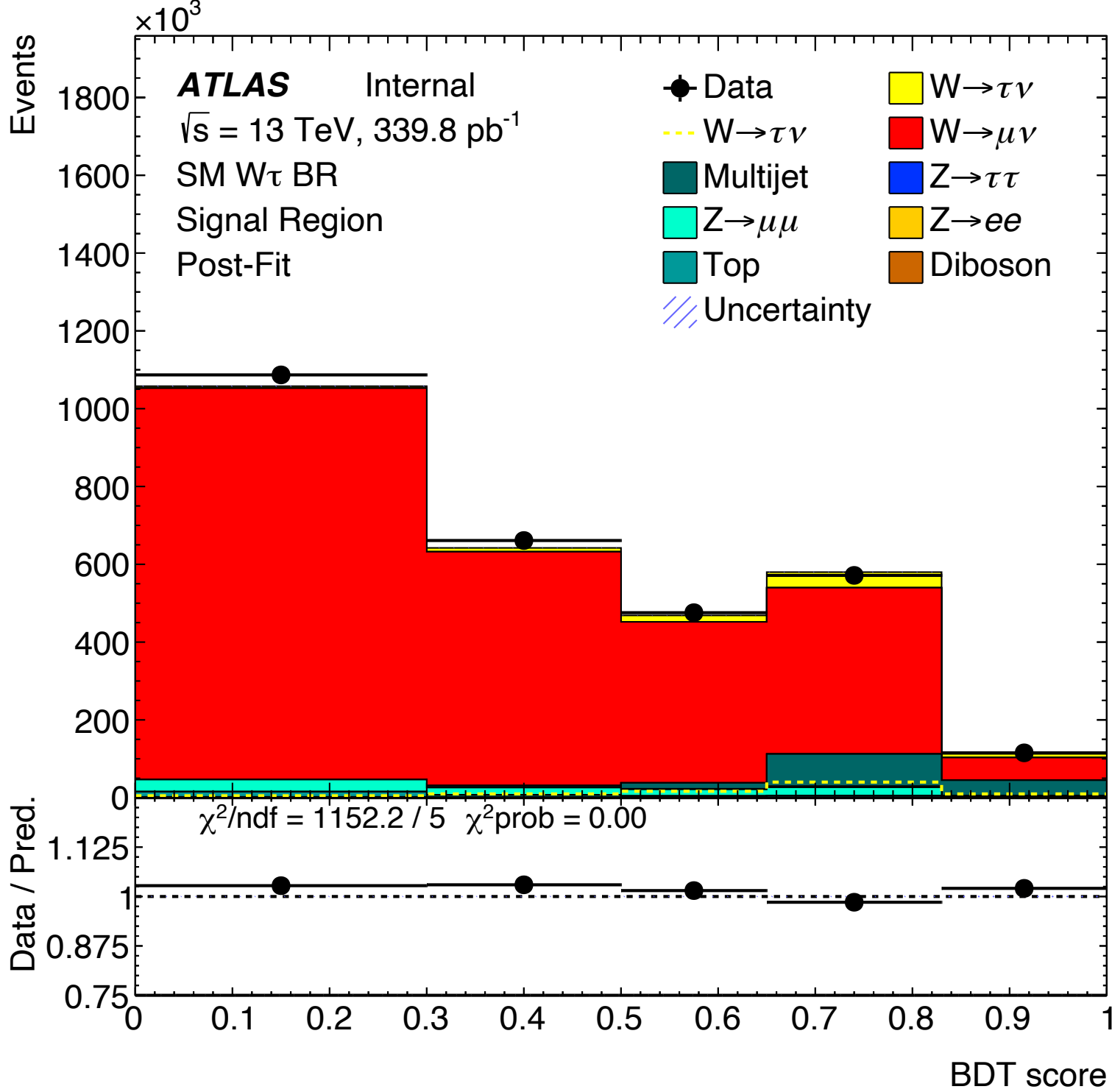
Результаты фитирования с использованием переменной поперечной массы M_T



Результат фитирования Азимов данных

$$\mu_{sig} = 1.0000^{+0.0121}_{-0.0121} (stat_{data})^{+0.0051}_{-0.0051} (stat_{MC})$$

Результаты фитирования с использованием новой переменной отклика классификатора BDT

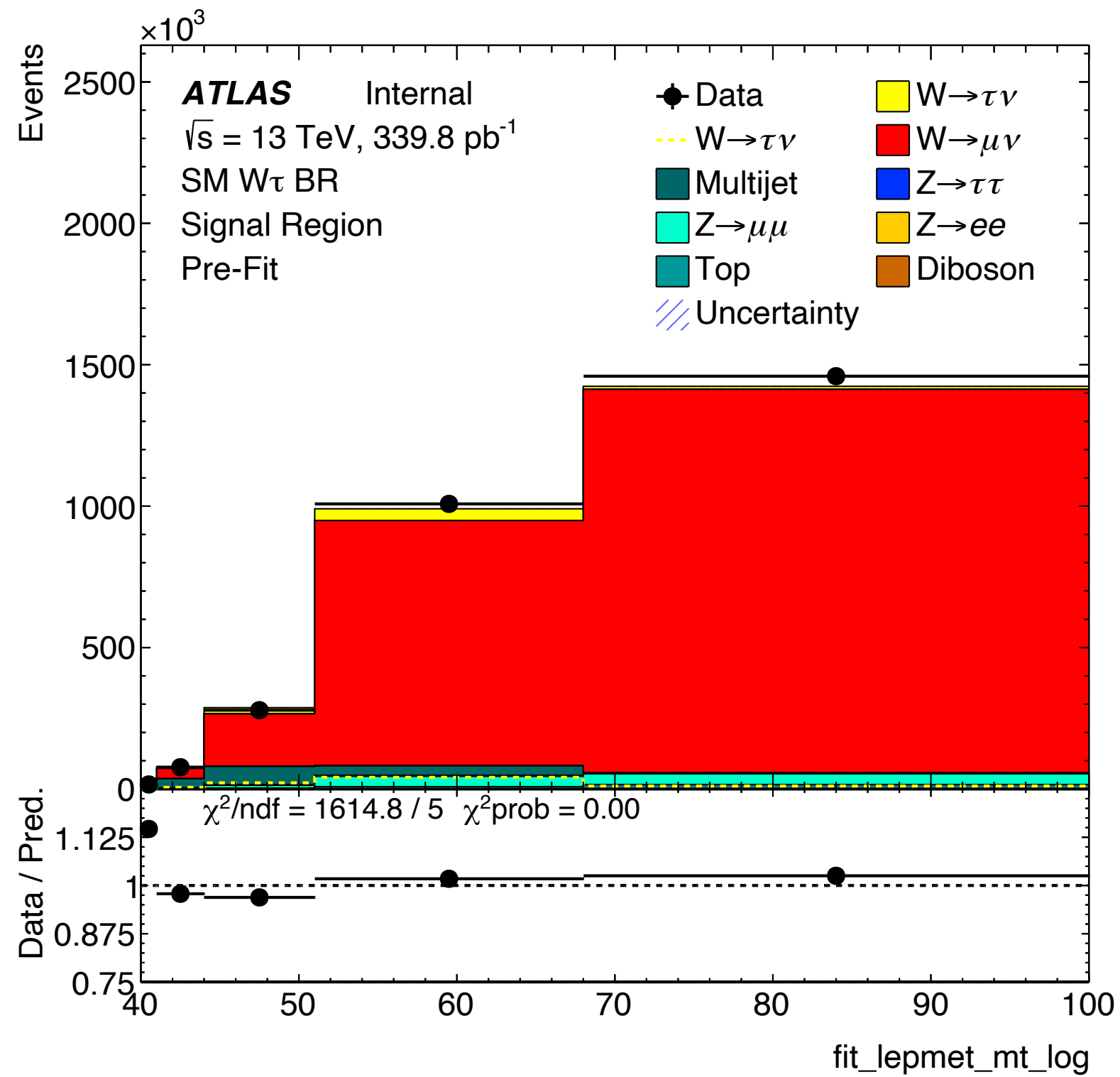


Результат фитирования Азимов данных

$$\mu_{sig} = 1.0000^{+0.0117}_{-0.0117} (stat_{data})^{+0.0048}_{-0.0048} (stat_{MC})$$

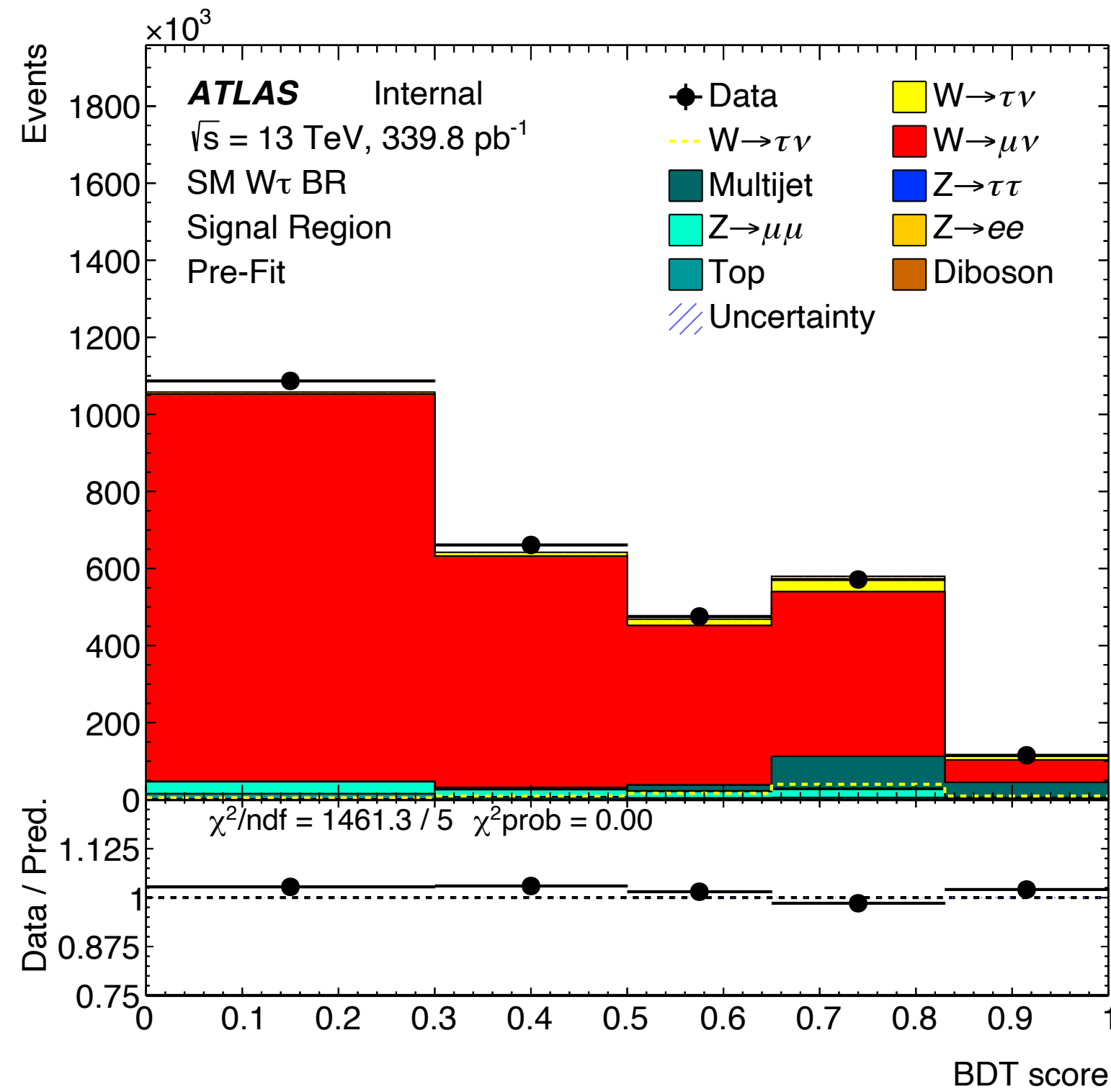
Результаты фитирования

Фитирование с использованием переменной поперечной массы.



$$\mu_{sig} = 1.0000^{+0.0121}_{-0.0121}(stat_{data})^{+0.0051}_{-0.0051}(stat_{MC})$$

Фитирование с использованием новой переменной отклика классификатора BDT



$$\mu_{sig} = 1.0000^{+0.0117}_{-0.0117}(stat_{data})^{+0.0048}_{-0.0048}(stat_{MC})$$

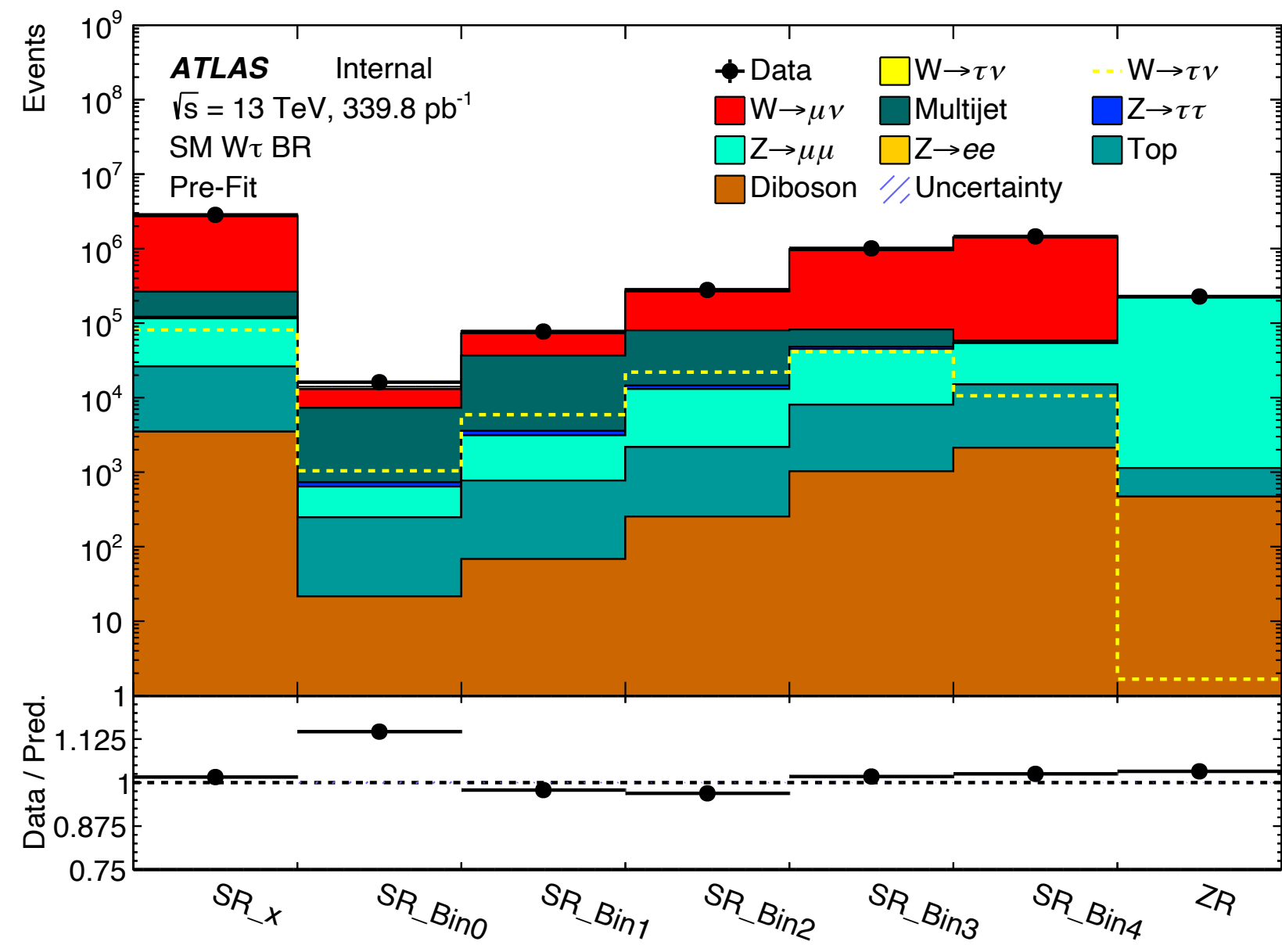
- Использование переменной отклика модели при фитировании уменьшает статистическую погрешность экспериментальных данных на 0.004 и погрешность Монте-Карло на 0.003.
- Различие между двумя результатами фитирования является несущественным.
- Планируется исследование причины столь малого уменьшения погрешностей, а также проведение повторного измерения

Заключение

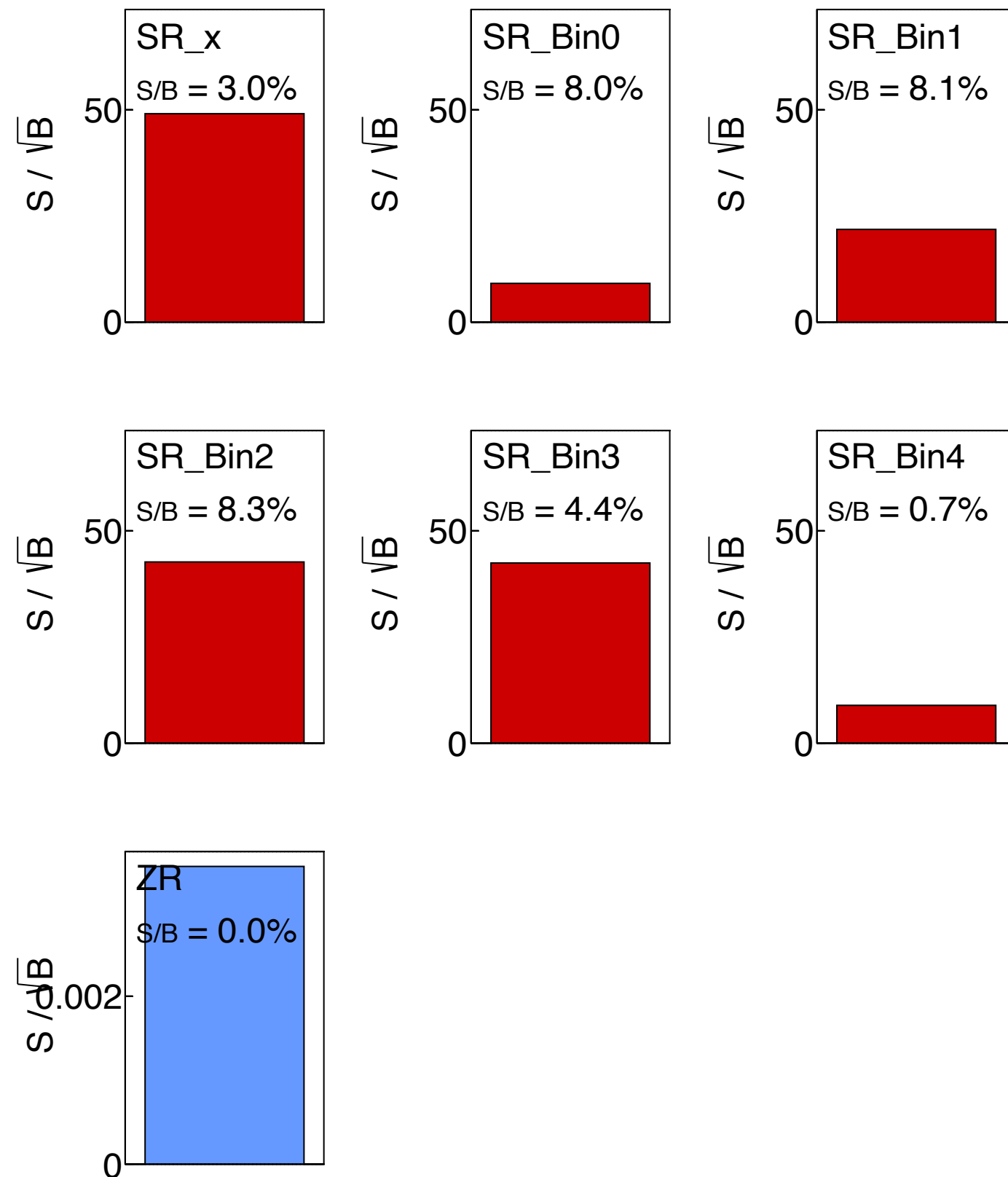
- Произведен вывод параметра интереса, которым является отношение отношений сечений $R_{\tau/\mu} = Br(W \rightarrow \tau\nu)/Br(W \rightarrow \mu\nu)$
- Освоен пакет для проведения фитирования TRExFitter.
- Сделана оптимизация биннирования для новой переменной отклика классификатора BDT.
- Проведено сравнение результата фитирования с использованием двух разных переменных.
- В качестве следующего шага работы планируется добавление систематических погрешностей в функцию правдоподобия, проведение повторного фитирования

Спасибо за внимание!

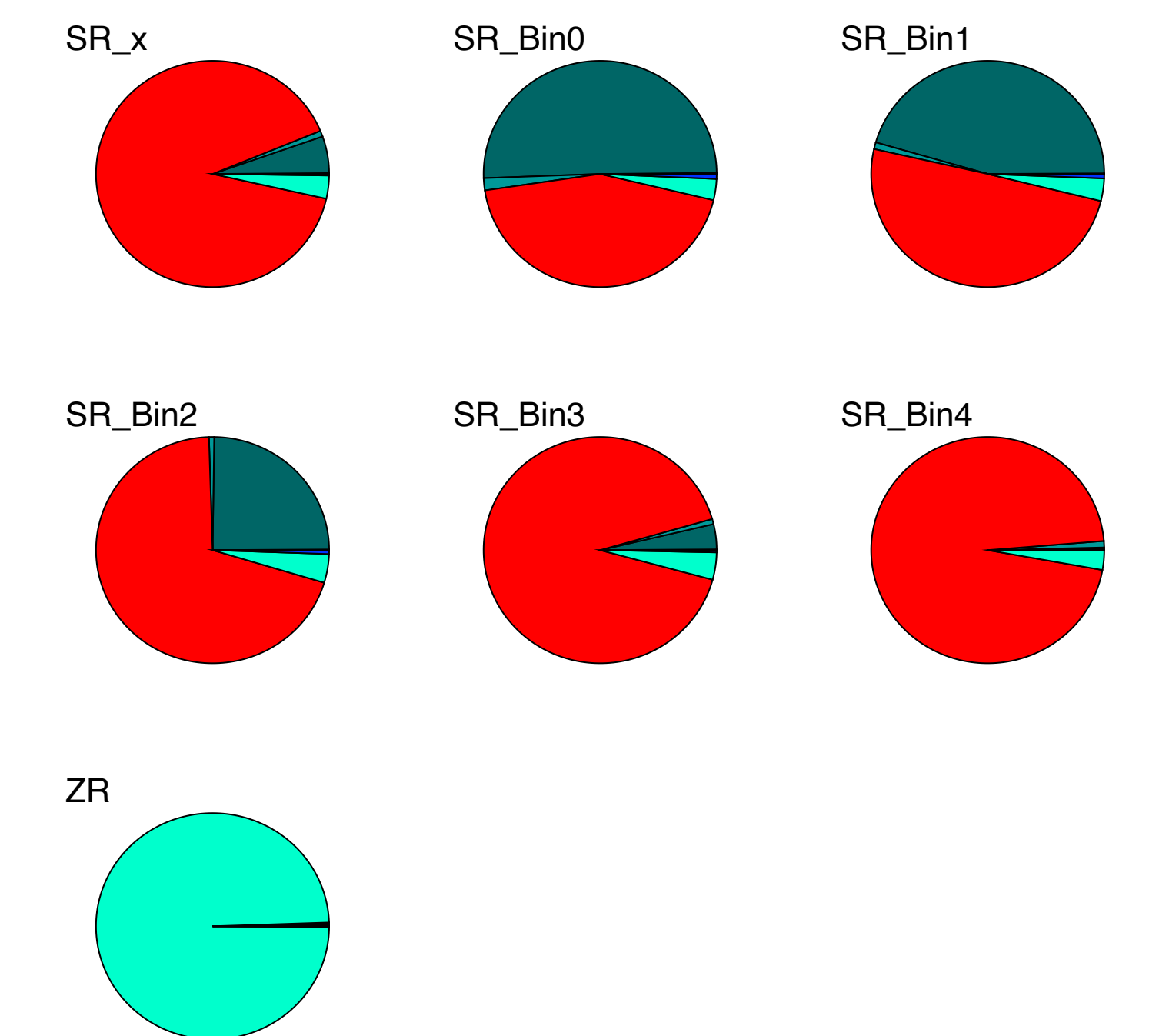
Дополнительные слайды

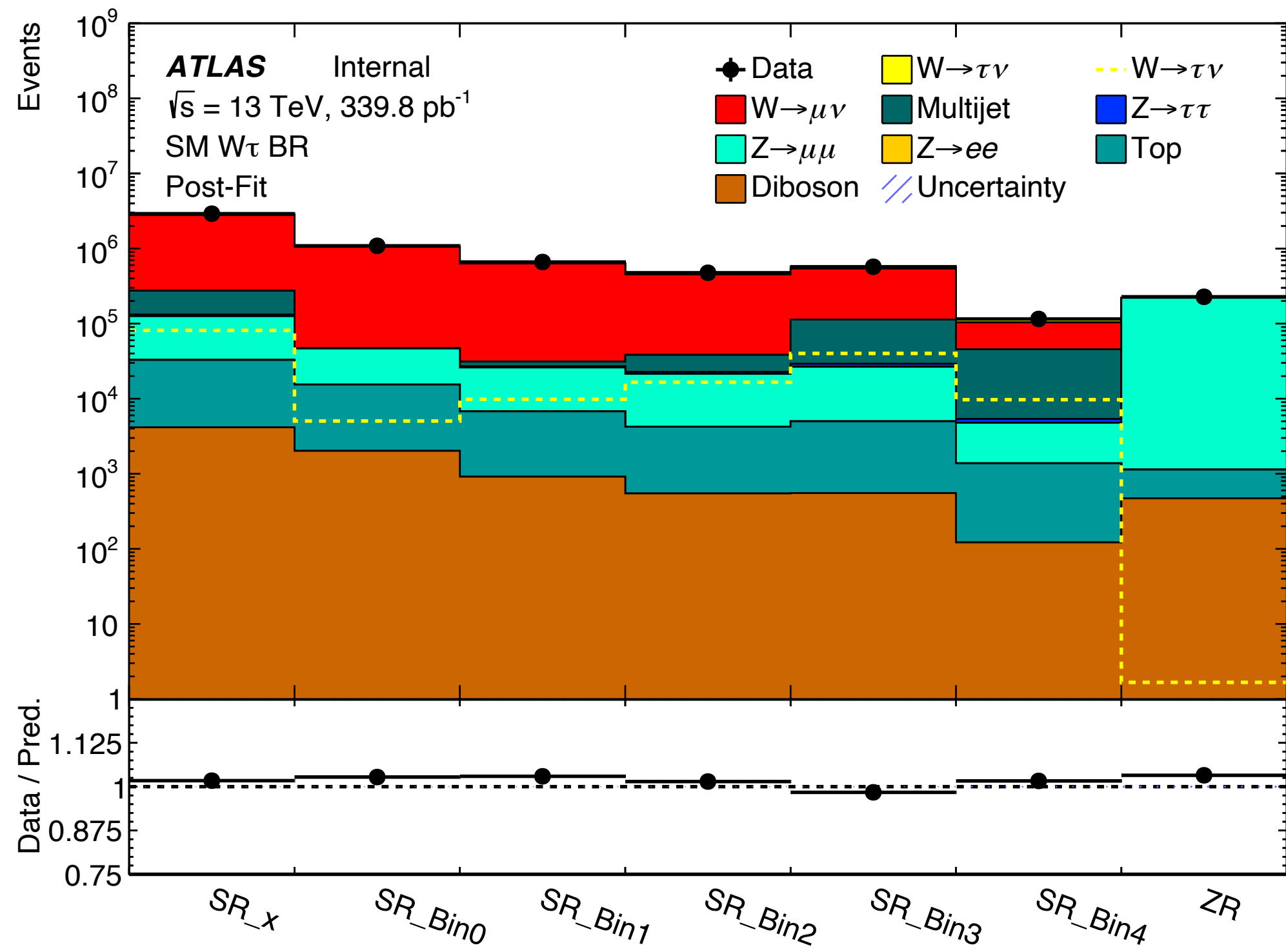


ATLAS Internal
 $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}, 339.8 \text{ pb}^{-1}$
 SM $W\tau$ BR



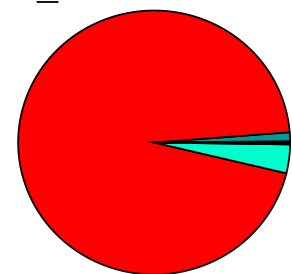
ATLAS Internal
 $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$
 SM $W\tau$ BR



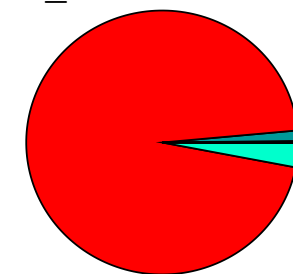


ATLAS Internal
 $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$
 SM $W\tau$ BR

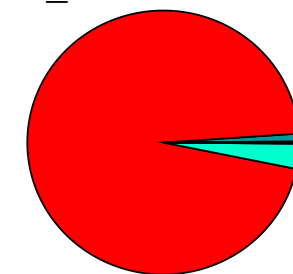
SR_x



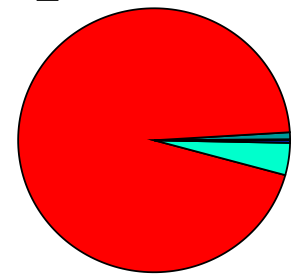
SR_Bin0



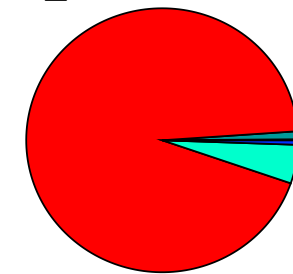
SR_Bin1



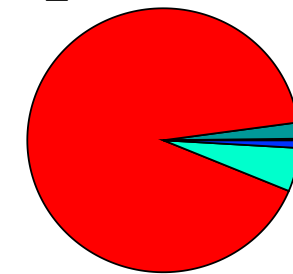
SR_Bin2



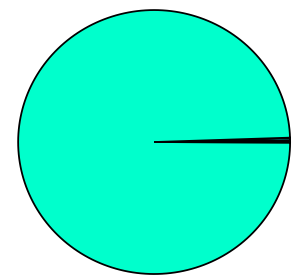
SR_Bin3



SR_Bin4



ZR



ATLAS Internal
 $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}, 339.8 \text{ pb}^{-1}$
 SM $W\tau$ BR

\blacksquare $Z \rightarrow ee$ \blacksquare $Z \rightarrow \tau\tau$
 \blacksquare $Z \rightarrow \mu\mu$ \blacksquare $W \rightarrow \mu\nu$
 \blacksquare Top \blacksquare Diboson

