

Выделение W и Z бозонов в адронной моде распада

Автор: Бондарь Михаил Александрович

Научный руководитель: Мягков Алексей Григорьевич

Введение

Процесс выделения векторных W и Z бозонов в адронной моде позволяет увеличить статистику для анализа. На адронную моду приходится 70% всех распадов для Z -бозонов и 67% для W -бозонов.

Для работы со струями с большим поперечным импульсом ($\sim 500-1000$ ГэВ) требуются специальные алгоритмы обработки.

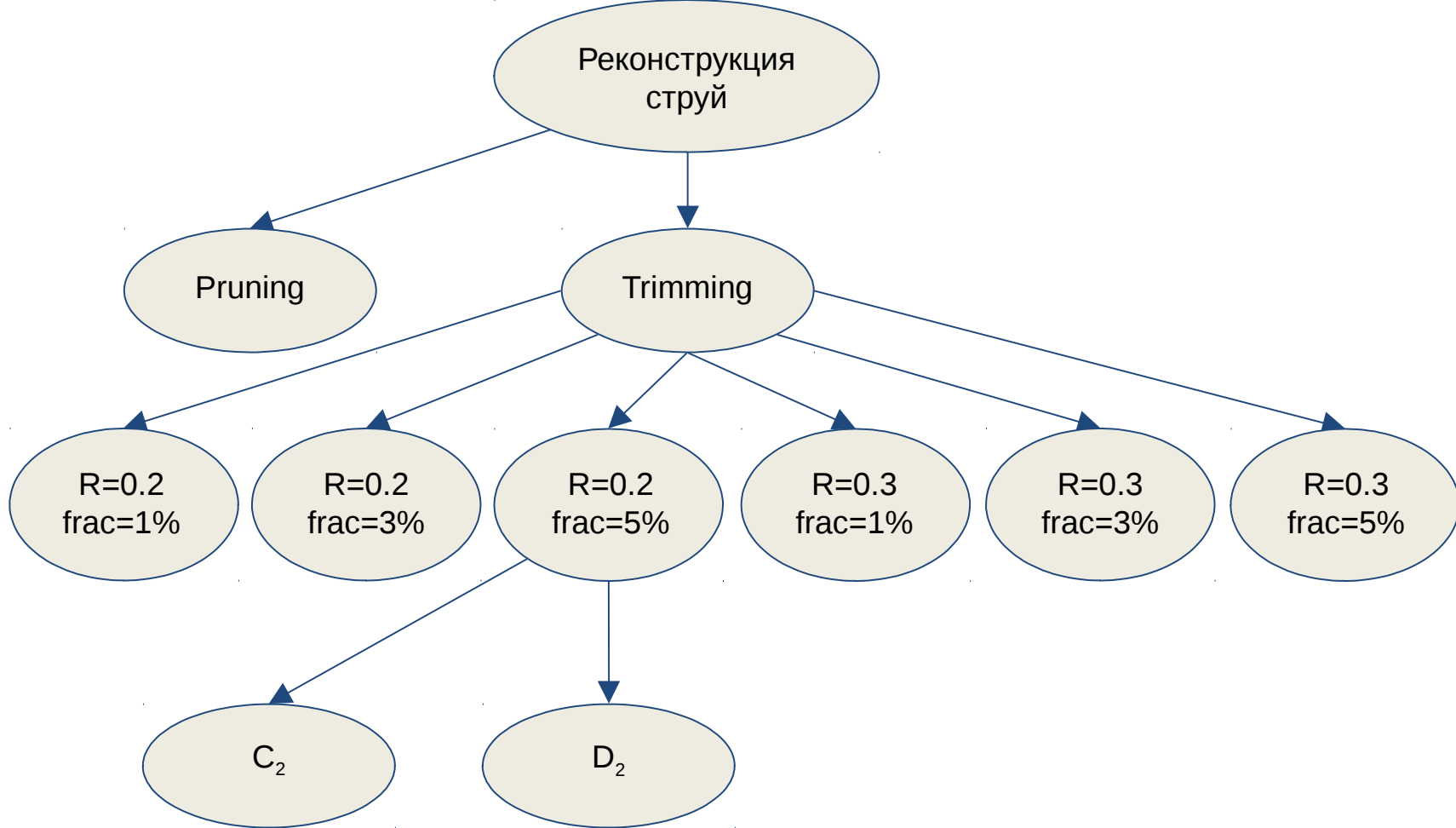
Данные и программы

Для обработки были взяты за основу алгоритмы из дистрибутива FastJet:

- Алгоритм реконструкции струй Анти-КТ
- Груммеры – Trimming, Pruning;
- Тагирование – подсчет коэфф. D_2 и C_2

Аннотация: анализировались данные 2 типов – события с распадом Z бозона (Zjet) + побочная струя и 2 qcd-струи (dijets) смоделированные с помощью генератора herwig. В каждом датасете содержится 10 000 событий с поперечным импульсом в некотором диапазоне (200-300, ... 700-800 ГэВ)

Задача: Поиск из множества доступных алгоритмов наиболее эффективных



Алгоритмы реконструкции струй

Первым этапом является поиск подходящих кандидатов для струй с большим радиусом. Рассмотрим 3 алгоритма из числа основных, которые являются потомками алгоритма JADE.

Обозначения: $\Delta R_{ij}^2 = (y_i - y_j)^2 + (\phi_i - \phi_j)^2$, где y_i - быстрота, а ϕ_i - азимутальный угол

КТ-алгоритм $d_{ij} = \frac{\min(p_{T,i}^2, p_{T,j}^2) \Delta R_{i,j}^2}{R^2}$ $d_{iB} = p_{T,i}^2$

CambridgeAachen фильтр $d_{ij} = \frac{\Delta R_{ij}^2}{R^2}$ $d_{iB} = 1$

Анти-КТ алгоритм $d_{ij} = \min\left(\frac{1}{p_{T,i}^2}, \frac{1}{p_{T,j}^2}\right) \frac{\Delta R_{i,j}^2}{R^2}$ $d_{iB} = \frac{1}{p_{T,i}^2}$

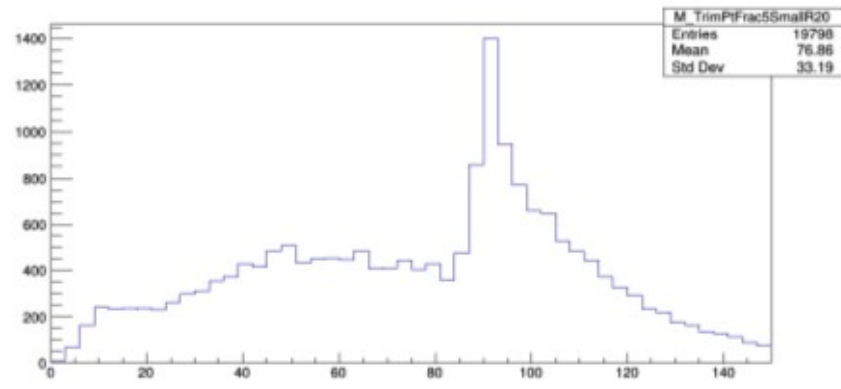
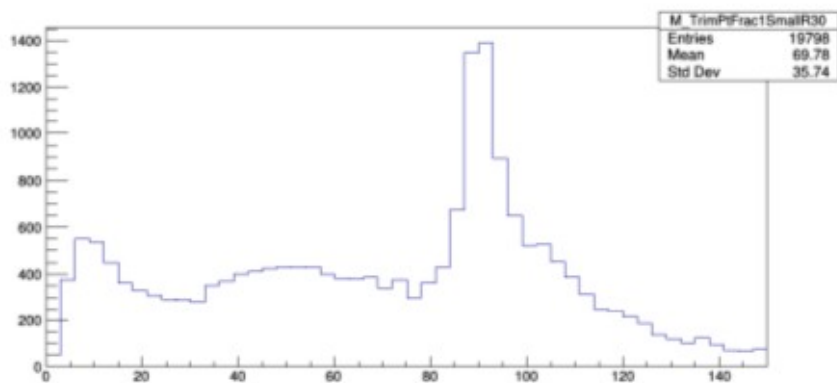
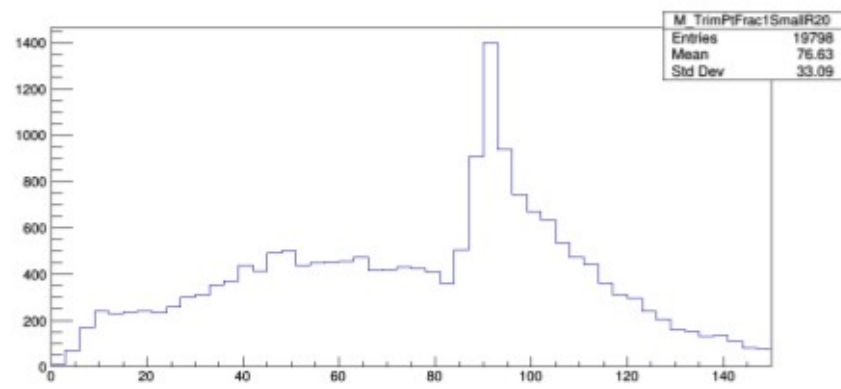
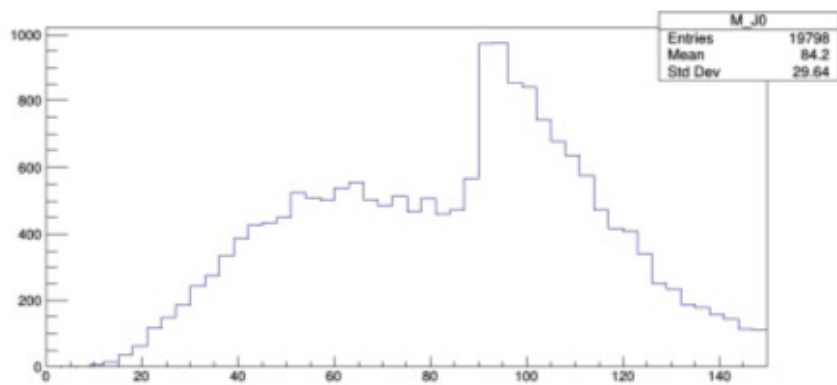
1. Вычисляются параметры d_{iB} и d_{ij} для всех частиц в событии
2. Если наименьшим является значение некоторого d_{iB} - эта частица объявляется струей и исключается из списка оставшихся частиц
3. Если наименьшим является значение некоторого d_{ij} - частицы i и j объединяются в струю и струя остается в списке.
4. Повторяется до объединения всех частиц в струи

Pruning

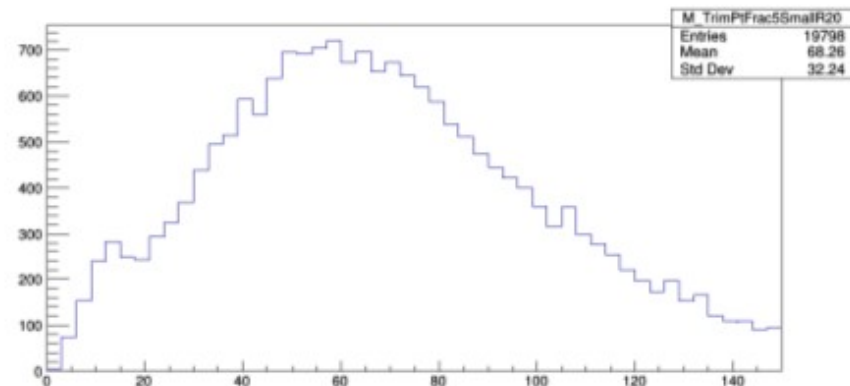
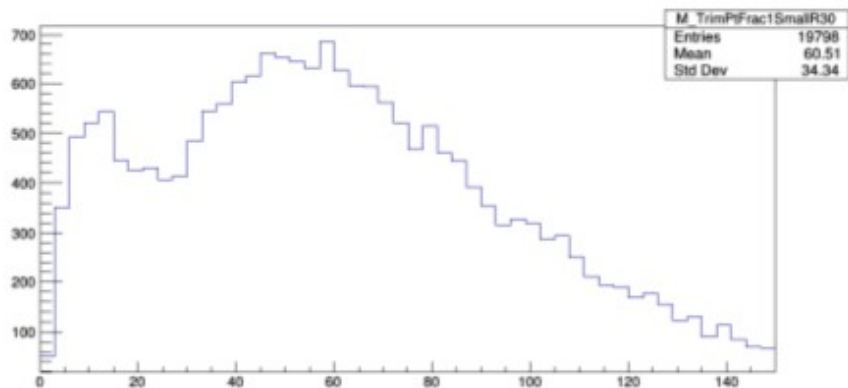
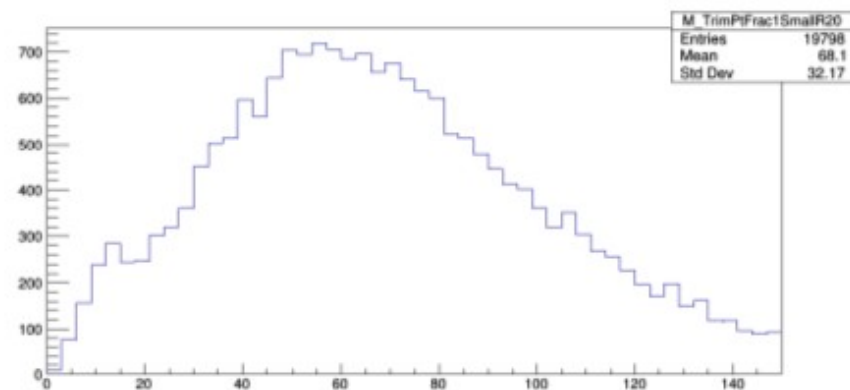
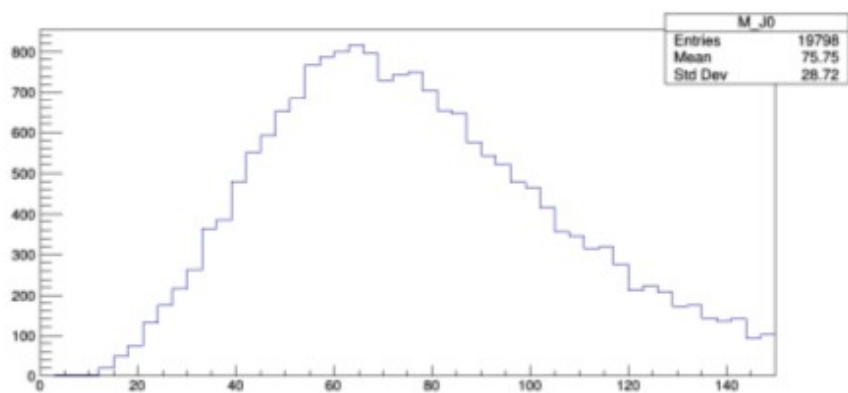
1. Начинаем со струй полученных на этапе реконструкции. Также определим параметры D_{cut} и z_{cut}
2. Каждый объект обрабатываем фильтром, проверяя выполнение условий:

$$z = \frac{P_{\Pi}}{P_{\text{Тр}}} < z_{cut} \text{ и } R_i > D_{cut}$$

3. Если условие из п. 2 выполняется – такой объект исключается из подструи. Продолжаем обработку по всем объектам в струе большого радиуса
4. Получившаяся в результате струя и есть результат прунинга



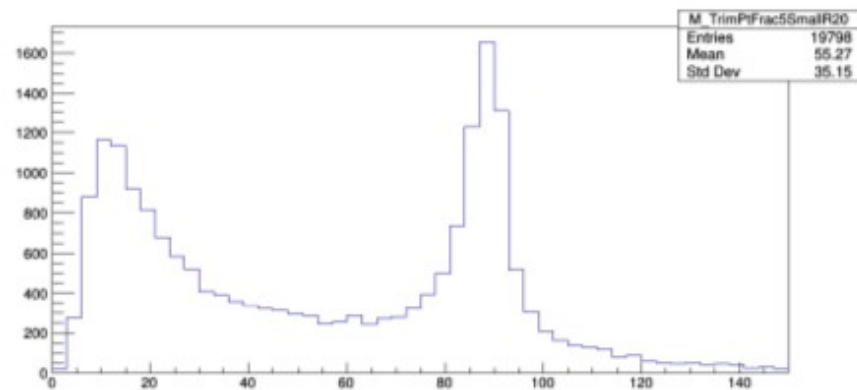
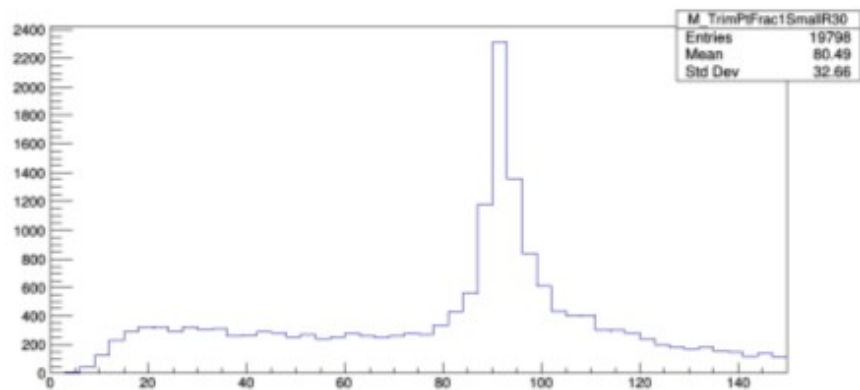
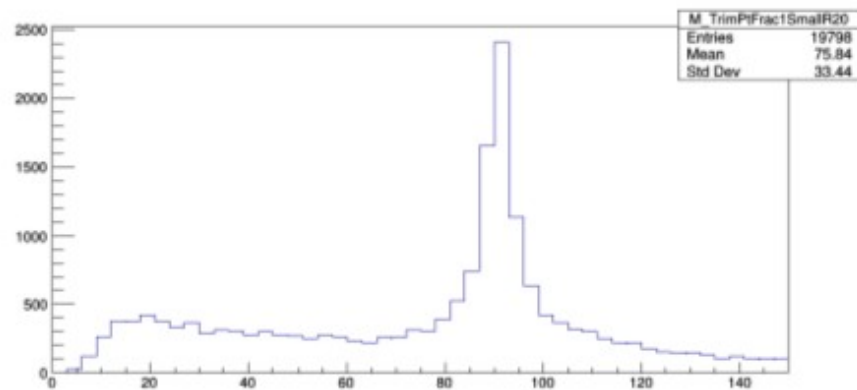
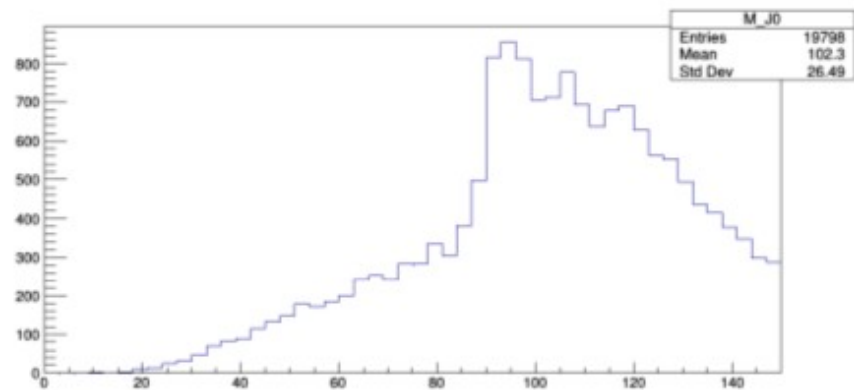
Распределение по массе струи (ГэВ) для Zjet событий до груммирования (1);
 pruning с $D_{\text{cut}}=0.2$, $z_{\text{cut}}=1$ (2); $D_{\text{cut}}=0.3$, $z_{\text{cut}}=1$ (3); $D_{\text{cut}}=0.2$, $z_{\text{cut}}=5$ (4); $p_T=200-300$ ГэВ



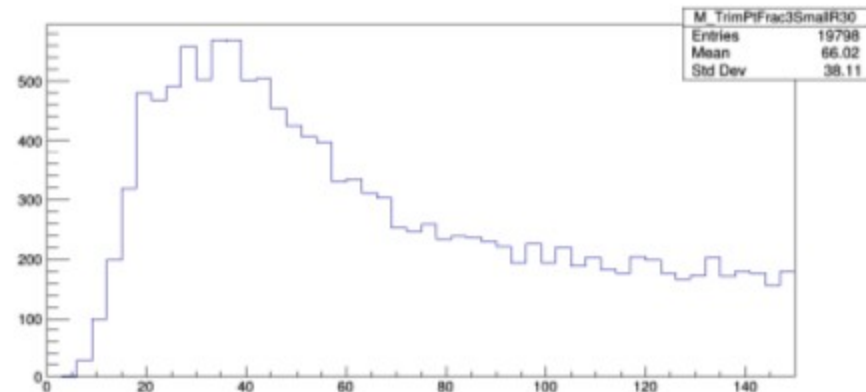
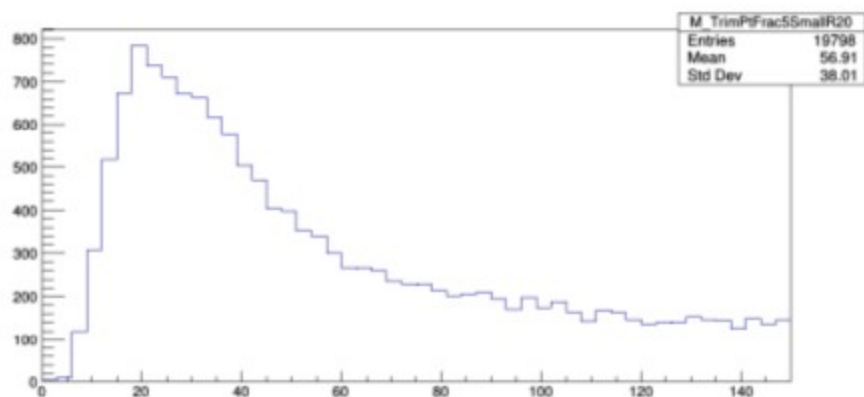
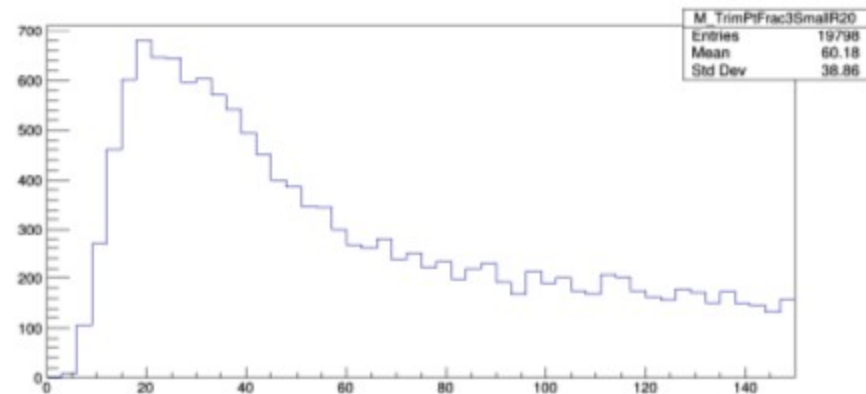
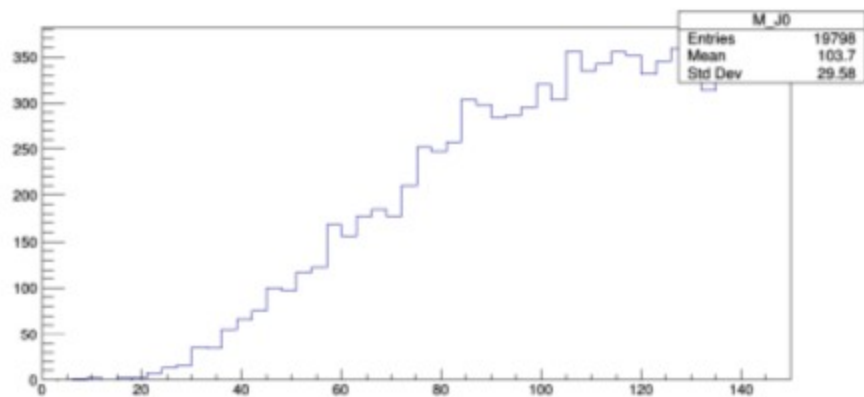
Распределение по массе струи (ГэВ) для dijet событий до груммирования (1);
 pruning с $D_{cut}=0.2, z_{cut}=1$ (2); $D_{cut}=0.3, z_{cut}=1$ (3); $D_{cut}=0.2, z_{cut}=5$ (4); $p_T=200-300$ ГэВ

Trimming

1. Выделение всех частиц в струи, используя анти-КТ алгоритм, получение “затравочной струи” (seed jet) производится на этапе реконструкции
2. Внутри каждой струи выделяются подструи с характерным радиусом $R_{sub} < R$, проводится реструктуризация имеющихся струй
3. Если вклад объекта в импульс струи слишком мал ($p_{Ti} < f_{cut} * p_{Tjet}$), такой объект исключается из струи



Распределение по массе струи (ГэВ) для Zjet событий до груммирования (1);
 trimming с $R=0.2$, $frac=1$ (2); $R=0.3$, $frac=1$ (3); $R=0.2$, $frac=5$ (4); $p_T=400-500$ ГэВ



Распределение по массе струи (ГэВ) для dijet событий до груммирования (1);
 trimming с $R=0.2$, $\text{frac}=3$ (2); $R=0.2$, $\text{frac}=5$ (3); $R=0.3$, $\text{frac}=3$ (4); $p_T=500-600$ ГэВ

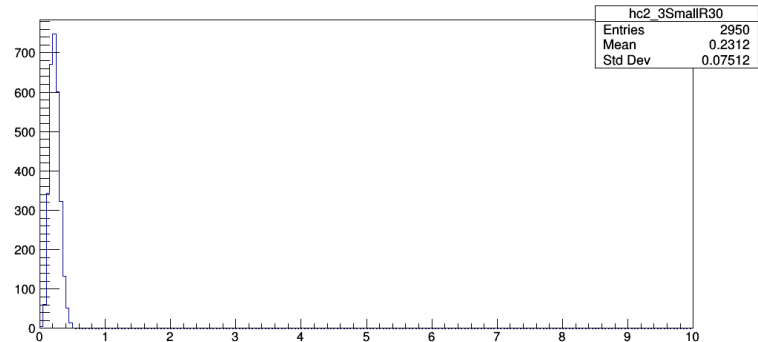
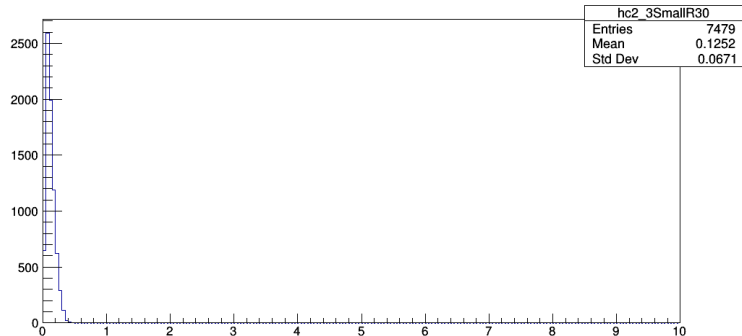
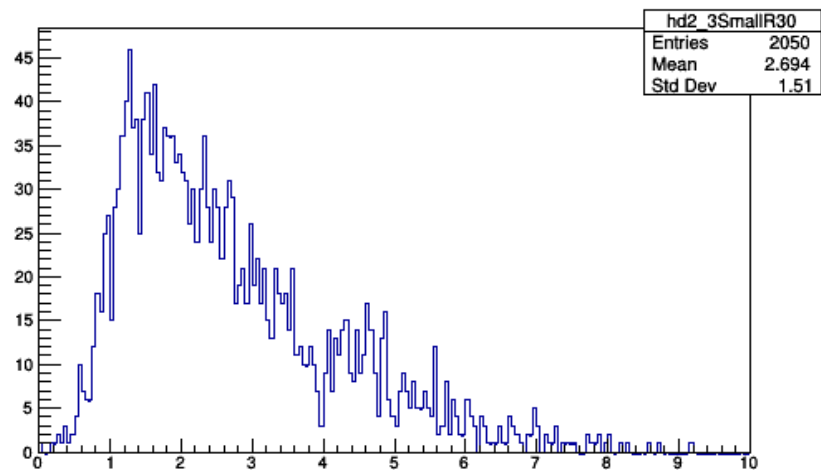
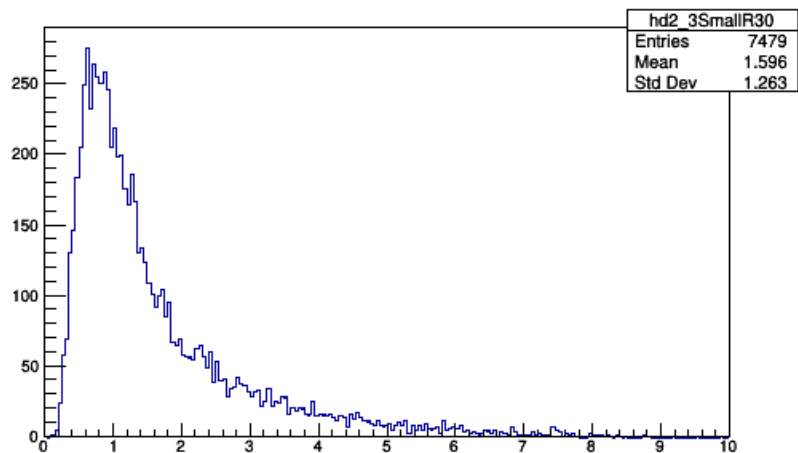
Мечение

$$e_n^{(\beta)} = \frac{ECF(n, \beta)}{(ECF(1, \beta))^n} \quad \Delta R_{ij}^2 = (y_i - y_j)^2 + (\phi_i - \phi_j) \quad , \text{ для 2 и 3 объектов:}$$

$$e_2^{(\beta)} = \frac{1}{p_{TJ}^2} \sum_{1 \leq i < j \leq n_j} p_{Ti} p_{Tj} R_{ij}^\beta \quad e_3^{(\beta)} = \frac{1}{p_{TJ}^3} \sum_{1 \leq i < j < k \leq n_j} p_{Ti} p_{Tj} p_{Tk} R_{ij}^\beta R_{ik}^\beta R_{jk}^\beta$$

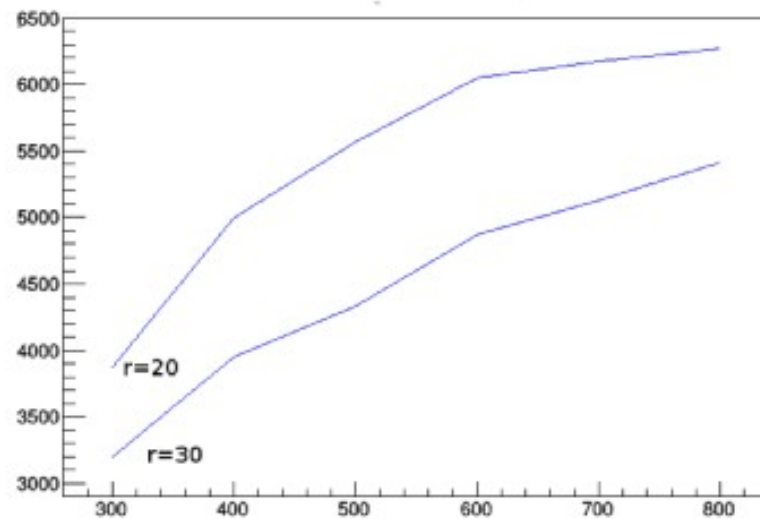
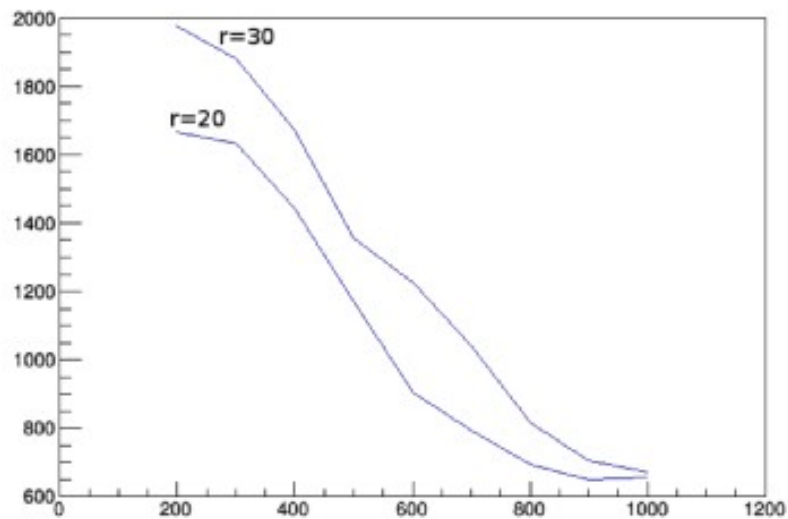
Непосредственно вычисляемые функции вводятся следующим образом:

$$D_2^{(\beta)} = \frac{e_3^\beta}{(e_2^\beta)^3} \quad C_2^{(\beta)} = \frac{e_3^\beta}{(e_2^\beta)^2}$$



Распределение по значению D_2 для Zjet событий (1) и dijet событий (2); распределение по значению C_2 для Zjet событий (3) и dijet событий (4). После тримминга с параметрами $pt=400\sim 500$, $frac=3$, $R=30$

Анализ

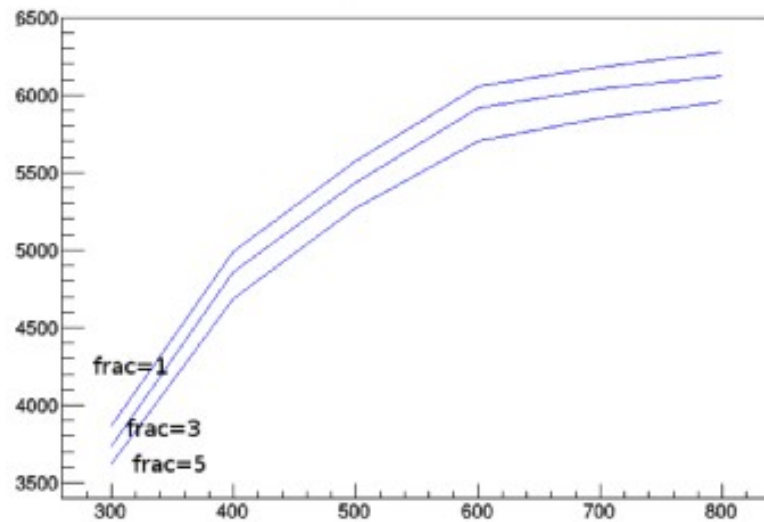
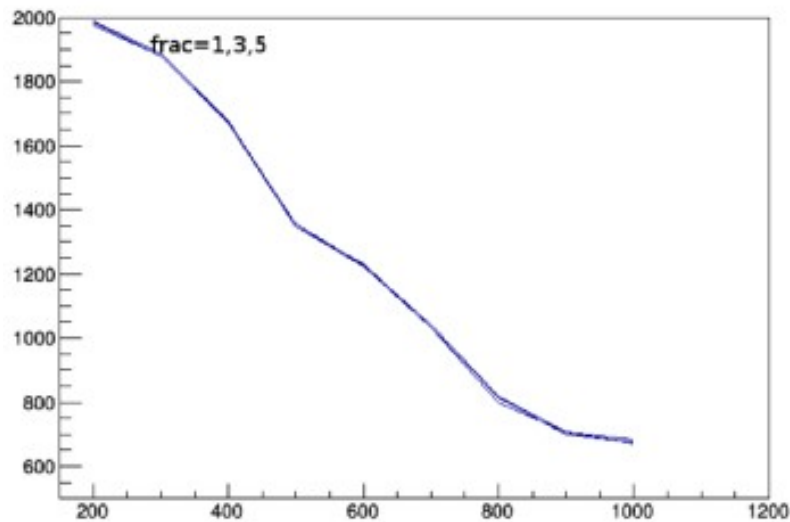


Распределение по количеству событий для djet (слева) и Zjet (справа) от p_T .

Pruning, frac=1.

Pruning: $D_{\text{cut}}=0.2$ для всего диапазона p_T

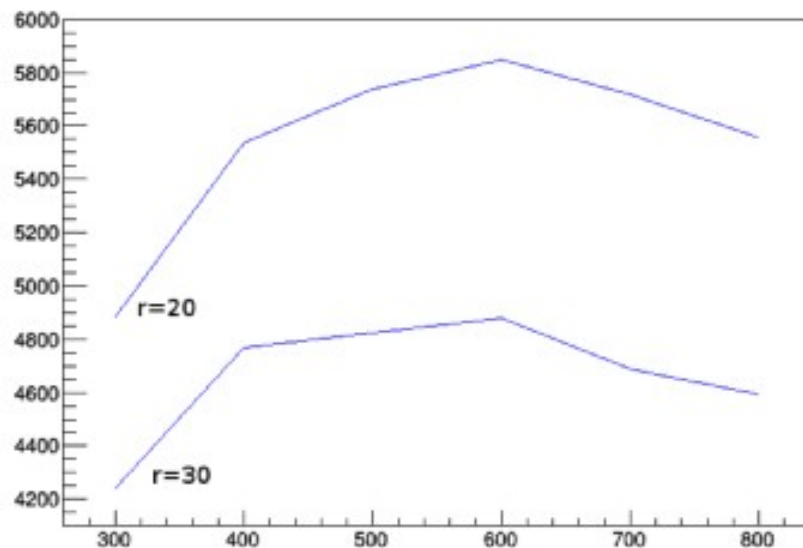
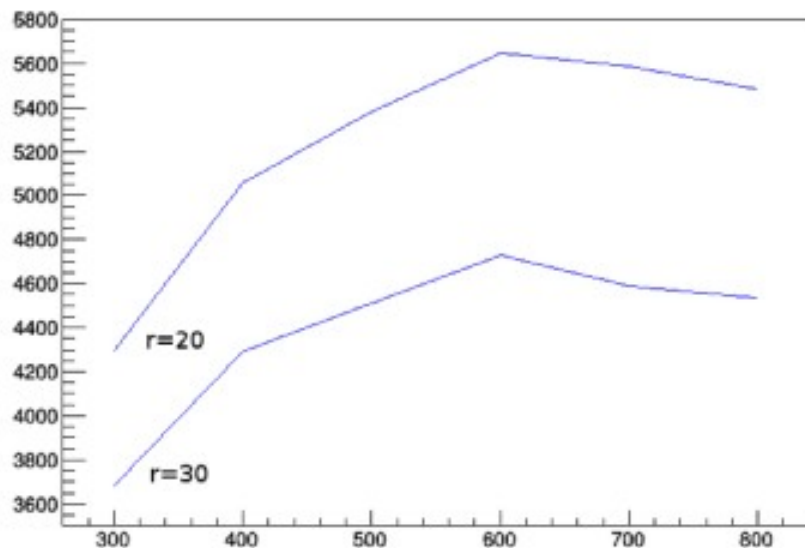
Анализ



Распределение по количеству событий для djet (слева) и Zjet (справа) в зависимости от p_T . Pruning, $r=0.2$.

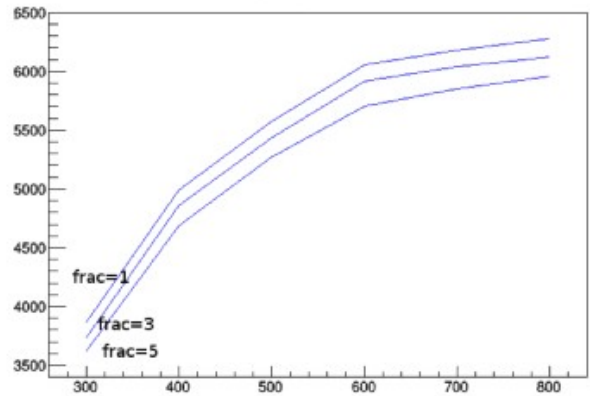
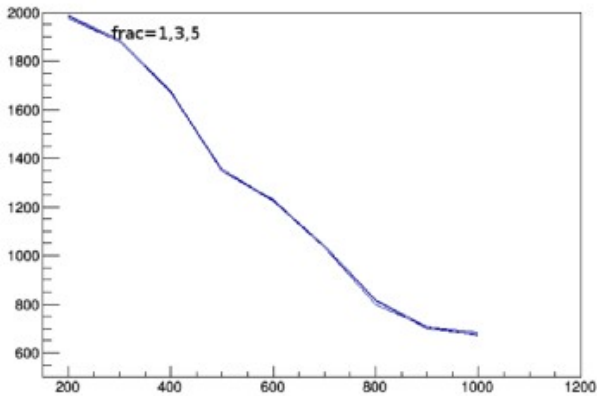
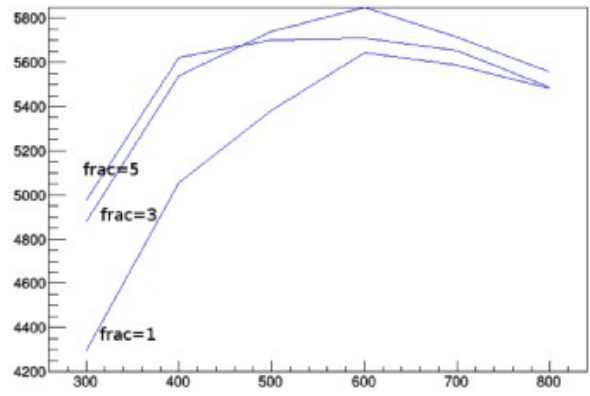
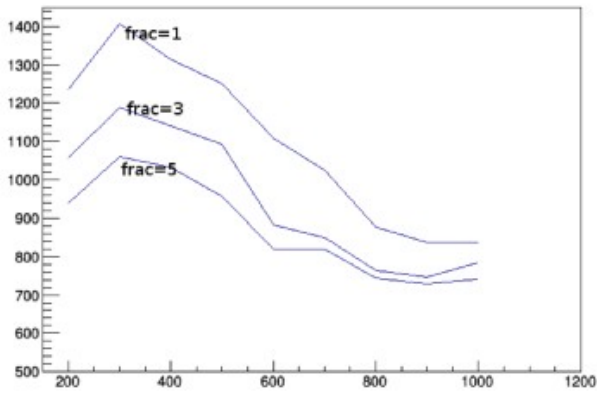
Pruning: $z_{\text{cut}}=1$, при условии $D_{\text{cut}}=0.2$, для всего диапазона p_T

Анализ



Распределение по количеству событий для Zjet от r_T .
Trimming, $\text{frac}=1$ (слева), $\text{frac}=3$ (справа).

Trimming для Zjet : $R=0.2$, независимо от значения frac и r_T .



Распределение по количеству событий для dijet (1) и Zjet (2) в зависимости от p_T ,
Trimming; для dijet (3) и Zjet (4) в зависимости от p_T . Pruning, $r=0.2$.

Заключение

Наиболее оптимальным для выделения событий и подавления фона является trimming с $\text{frac}=5$ и $R=0.2$ для поперечный импульсов до 500 ГэВ, далее pruning $z_{\text{cut}}=1$ и $D_{\text{cut}}=0.2$ является более результативным.

Проделанная работа

1. Использовались результаты моделирования двух процессов – Z + струя и 2-х струйные события с поперечным импульсом в заданных пределах (200-300 ... 700-800 ГэВ).
2. Выделены подструи с помощью Анти-КТ алгоритма. Полученные данные обработаны с использованием груммеров: `trimming` ($R=\{0.2,0.3\}$, $frac=\{1,3,5\}$) и `pruning` ($D_{cut}=\{0.2,0.3\}$, $z_{cut}=\{1,3,5\}$) и построены массовые гистограммы по полученным данным.
3. Была проделан анализ на предмет определения наиболее оптимального алгоритма с точки зрения выделения Z бозонов.
4. При массе бозона 91.4 ГэВ мы рассматриваем струи, попадающие в массовое ограничение 80-100 ГэВ.

Список литературы

1.) David Krohn, Jesse Thaler, Lian-Tao Wang, Jet Trimming, c. 4-5

2.) Jonathan M. Butterworth, Adam R. Daviso, Jet substructure as a new

Higgs search channel at the LHC, c. 2-4

3.) Andrew J. Larkoski, Ian Moulton, and Du Neill, Power Counting to

Better Jet Observables

4.) Stephen D. Ellis, Kristopher K. Vermilion, Recombination Algorithms

and Jet Substructure: Pruning as a Tool for Heavy Particle Searches, c. 19-20

5.) Jessie Shelton, TASI Lectures on Jet Substructure, c. 3-6

6.) Gavin Salam, Towards Jetography, c. 6-20

7.) Stephen D. Ellis, Kristopher K. Vermilion, Techniques for improved

heavy particle searches with jet substructure, c. 3-5