

# МАТЕМАТИЧКА ГИМНАЗИЈА

МАТУРСКИ РАД  
из предмета  
физика  
на тему

---

Мерење односа гранања Хигсовог бозона на  
два  $Z$  бозона

---

*Ученик:*  
Јелена Ристић, IV<sub>д</sub>

*Ментор:*  
Гордана Милутиновић-  
Думбеловић

Београд, мај 2018.

# Садржај

<b>1</b>	<b>Увод</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Увод у теорију елементарних честица</b>	<b>2</b>
2.1	Класификација елементарних честица . . . . .	2
2.1.1	Фермиони . . . . .	2
2.1.2	Бозони . . . . .	4
2.2	Хигсов бозон . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Compact Linear Collider</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Мерење односа гранања Хигсовог бозона на два Z бозона</b>	<b>7</b>
4.1	Циљ анализе . . . . .	7
4.2	Подаци . . . . .	8
4.3	Преселекција . . . . .	9
4.4	Мултиваријантна анализа . . . . .	9
4.4.1	Тренинг . . . . .	10
4.4.2	Апликација . . . . .	12
4.5	Резултати и дискусија . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Закључак</b>	<b>15</b>

# Глава 1

## Увод

Физика елементарних честица је грана физике која проучава природу честица које чине материју и одговорне су за интеракције које се јављају у универзуму. Од идеје која је потекла од Леукипа и Демокрита да је свет изграђен од недељивих честица, *атома*, па до данас када откривамо особине Хигсовог бозона, дајемо све шири и шири одговор на питање „Од чега је састављен свет око нас?“. За сада је најзаступљенија теорија Стандардног модела, која описује све нама познате честице, и три од четири фундаменталне интеракције. Овом теоријом предвиђено је и постојање Хигсовог бозона, чије је откриће потврђено 2012. године на ЛНС акцелератору у CERN-у. Иако има доста експерименталних потврда, Стандарни модел има теоријских недостатака па је неопходно дефинисати неку нову теорију - теорију свега, која ће објаснити све физичке аспекте нашег универзума.

Честични акцелератори су главно средство за експериментално истраживање у области честичне физике. Један такав биће и будући The Compact Linear Collider (CLIC), чија се изградња планира након ЛНС, у CERN-у. У овом раду, обрадом података добијених из симулације CLIC-овог детектора одређена је прецизност којом се може измерити однос гранања Хигсовог бозона на два Z бозона при енергији од 3 TeV-а у систему центра масе. Добијени резултати могу допринети прецизнијем одређивању особина Хигсовог бозона при интеракцији са другим честицама.

Рад се састоји из 5 глава, од којих се друга бави основном теоријском позадином, трећа даје увид у будући линеарни колајдер, а четврта представља поступак анализе као и добијене резултате.

# Глава 2

## Увод у теорију елементарних честица

### 2.1 Класификација елементарних честица

**Стандардни модел** је теорија честичне физике која се бави елементарним суб-атомским честицама и њиховим међусобним интеракцијама. Укључује теорије слабе и јаке нуклеарне и електромагнетне интеракције. Основна подела елементарних, али и сложених честица је у зависности од **вредности спина**. Спин је квантномеханичка карактеристика честица и представља својствени момент импулса честице. **Фермиони**, као градитељи материје, имају полуцелобројни спин, док су **бозони** преносиоци интеракције и имају целобројни спин.

#### 2.1.1 Фермиони

Фермиони су честице, описане **Ферми-Дирак статистиком**, које имају **полуцелобројни спин**. Задовољавају **Паулијев принцип искључења**, због чега се два идентична фермиона не могу наћи у истом квантном стању симултано. Зато, фермиони редом попуњавају енергетске нивое, од најнижег нивоа ка већим енергијама. Баш због ових строго одређених стања у којима се фермион може наћи се за фермионе каже да су конституенти материје.

#### Кваркови

Кваркови су елементарне честице и фермиони. Учествују у јаким, slabим и електромагнетним интеракцијама. Кваркови су градивне јединице за хадроне, који се деле на барионе и мезоне. Бариони су честице које се састоје од три кварка, а мезони су хадрони изграђени од једног кварка и једног антикварка. Иако саграђени искључиво од кваркова, мезони су бозони, с обзиром да им је укупни спин целобројан. Подељени су у три генерације:

Прва генерација - up и down кваркови

Друга генерација - charm и strange кваркови

Трећа генерација - top и bottom кваркови.

Табела 2.1: Приказ карактеристика кваркова

Назив	Честица	Античестица	Наелектрисање (e)	Спин ( $\hbar$ )	Маса мировања
Up	u	$\bar{u}$	+2/3	1/2	2.4 MeV/c <sup>2</sup>
Down	d	$\bar{d}$	-1/3	1/2	4.8 MeV/c <sup>2</sup>
Charm	c	$\bar{c}$	+2/3	1/2	1.275 GeV/c <sup>2</sup>
Strange	s	$\bar{s}$	-1/3	1/2	95 GeV/c <sup>2</sup>
Top	t	$\bar{t}$	+2/3	1/2	172.44 GeV/c <sup>2</sup>
Bottom	b	$\bar{b}$	-1/3	1/2	4.18 GeV/c <sup>2</sup>

## Лептони

Лептони су елементарне честице и фермиони и учествују само у slabим и електромагнетним интеракцијама. Сваком од три наелектрисана лептона одговара један неутралан неутрино па су тако и подељени у три генерације:

Прва генерација - електронски лептони: електрон и електронски неутрино

Друга генерација - мионички лептони: мион и мионски неутрино

Трећа генерација - таонички лептони: таон и таонски неутрино.

Неутрини су честице јако мале масе, готово да не интерагују са другим честицама или осећају деловање сила. Лептони друге и треће класе нису стабилни, и распадају се на лакше лептоне. У табели 2.2 дат је општи приказ особина ових честица.

Табела 2.2: Приказ карактеристика лептона

Назив	Честица	Античестица	Наелектрисање (e)	Спин ( $\hbar$ )	Маса мировања (MeV/c <sup>2</sup> )
Електрон	$e^-$	$e^+$	-1	1/2	0.510 998 910
Електронски неутрино	$\nu_e$	$\bar{\nu}_e$	0	1/2	<0.000 0022
Мион	$\mu^-$	$\mu^+$	-1	1/2	105.658 3668
Мионски неутрино	$\nu_\mu$	$\bar{\nu}_\mu$	0	1/2	<0.17
Таон	$\tau^-$	$\tau^+$	-1	1/2	1 776.84
Таонски неутрино	$\nu_\tau$	$\bar{\nu}_\tau$	0	1/2	<15.5

## 2.1.2 Бозони

Бозони су честице са **целобројним спином**. У бозоне спадају честице преносиоци фундаменталних интеракција, као и мезони. У табели 2.3 дат је приказ особина бозона.

Фотони су преносиоци електромагнетне интеракције. Она делује између свих наелектрисаних објеката.  $W^-$  и  $Z^0$  су бозони преносиоци слабе нуклеарне силе која је одговорна за распад тешких кваркова и лептона у лакше кваркове и лептоне. Глуони су преносиоци јаке нуклеарне интеракције која делује само на растојањима димензија атомског језгра. Најјача је позната интеракција и одговорна је за стабилност, како самог атомског језгра, тако и нуклеона - честица које граде атомско језгро.

Табела 2.3: Приказ карактеристика бозона

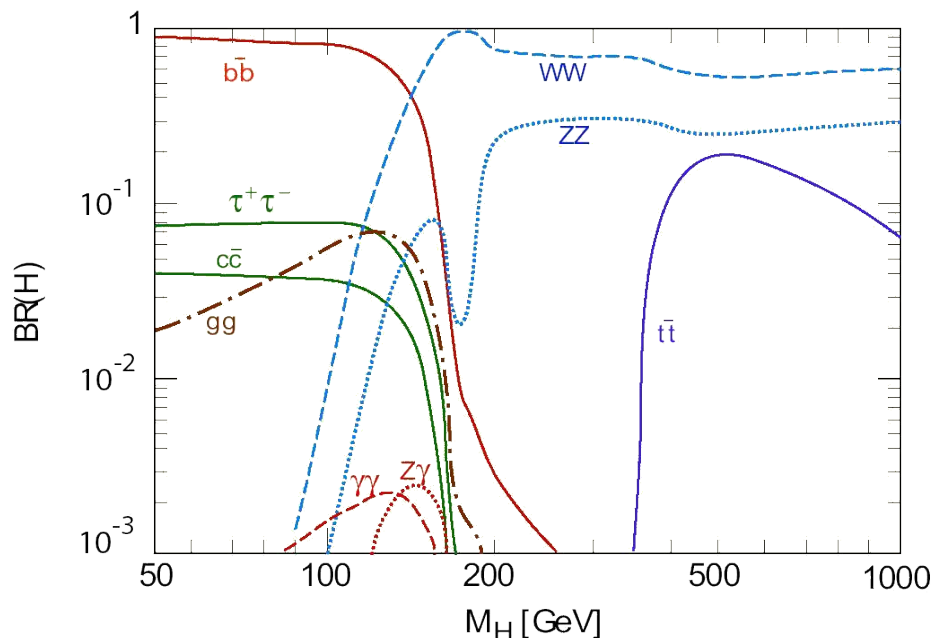
Честица	Античестица	Наелек. (e)	Спин ( $\hbar$ )	Маса мировања ( $GeV/c^2$ )	Преносилац интеракције
Фотон $\gamma$	$\gamma$	0	1	0	електромагнетна
$W^-$	$W^+$	-1	1	80.385	слаба нуклеарна
Z	Z	0	1	91.1875	слаба нуклеарна
Глуон g	g	0	1	0	јака нуклеарна
Хигсов бозон - H	H	0	0	125.09	маса

## 2.2 Хигсов бозон

Неколико деценија након што је теоријски предвиђено, 2012. године експериментално је потврђено постојање Хигсовог бозона [2]. По теорији стандардног модела, Хигсов бозон представља **ексцитацију квантног Хигсовог поља**. За разлику од осталих познатих поља, као што је нпр. електромагнетно, Хигсово поље има константну ненулту вредност у вакууму. Хомогено је и простире се по целом универзуму, а честице при **интеракцији са Хигсовим пољем добијају масу**.

По квантној механици, уколико је могуће да се честица распадне на неколико лакших честица, онда ће се временом то и десити. Ово је тачно и за Хигсов бозон. Вероватноћа да се деси неки конкретан распад Хигса зависи од много параметара. Многи параметри су предвиђени Стандардним моделом, али не и маса Хигсовог бозона. Вероватноћа да се десио неки распад представља **однос гранања** (енг. branching ratio - BR) за тај распад. Однос гранања конкретног распада се рачуна као однос броја тог конкретног распада са укупним бројем свих распада.

Хигсов бозон има јако кратак животни век, због чега га је јако тешко детектовати, те се он **детектује посредно, из производа распада**.



Слика 2.1: Предикција Стандардног модела за однос гранања у зависности од масе Хигса за различите распаде.

## Глава 3

# Compact Linear Collider

Иако се сваке године долази до нових открића у области честичне физике, данашњи колајдери само делимично могу одговорити на све теоријске предикције Стандардног модела. Зато је потребно изградити нове колајдере.

The Compact Linear Collider (CLIC) је будући **линеарни електрон-позитрон** сударач. Енергије у систему центра масе честица на којима ће CLIC радити су **380 GeV**, **1.4 TeV** и **3 TeV**. Један од циљева изградње CLIC-а је прецизније одређивање особина Хигсовог бозона. Предност овог сударача је што се при судару две елементарне честице добија мањи шум, него при судару сложених честица [3]. Додатно, с обзиром да је акцелератор линеаран, изостављена је потреба за јаким магнетима који скрећу сноп честица дуж кружне путање, као што је то случај са кружним колајдерима.

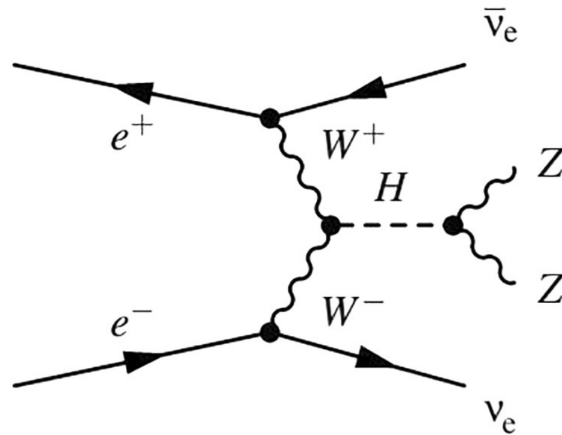
CLIC би могао дати детаљнији одговор на многа питања - веза између слабе и електромагнетне силе, природу Хигсовог бозона, као и његов однос са другим елементарним честицама, особине топ кварка и његов однос са Z бозоном и фотоном.



# Глава 4

## Мерење односа гранања Хигсовог бозона на два Z бозона

Ова анализа бави се одређивањем прецизности којом се може измерити однос гранања Хигсовог бозона на два Z бозона при енергији од 3 TeV-а. Теоријска процена односа гранања је око 3% [5]. Коришћени подаци представљају резултате добијене симулацијом детектора CLIC-а. Применом мултиваријантне анализе одређена је вредност односа гранања Хигса на два Z бозона, где се Хигсов бозон добија  $W^+W^-$  фузијом (слика 4.1).



Слика 4.1: Фајманов дијаграм настанка Хигсовог бозона  $W^+W^-$  фузијом као и његовог распада на два Z бозона.

### 4.1 Циљ анализе

Циљ је био одредити  $\sigma(e^+e^- \rightarrow H\nu_e\bar{\nu}_e) \times BR(H \rightarrow ZZ^*)$ , где је  $\sigma$  попречни пресек за дати догађај, а  $BR$  однос гранања Хигсовог бозона на два Z бозона. При судару позитрона и електрона посматран је догађај у коме је у међупроизводу добијен пар Z бозона, а у финалном производу пар кваркова и пар лептона (4.1). Како је маса Хигсовог бозона 126 GeV-а, а Z бозона 91 GeV-а, један Z бозон мора бити виртуални масе 35 GeV-а ( $Z^*$ ).

Такође, одређивани су опсежи вредности својстава који су карактеристични за по-  
сматрани догађај који у овој анализи представља сигнал:

$$e^+e^- \rightarrow H\nu_e\bar{\nu}_e, \quad H \rightarrow ZZ^* \rightarrow q\bar{q}l^+l^-. \quad (4.1)$$

Сви остали распади Хигса представљају шуме и подељени су у четири групе:

- $H \rightarrow bb$  – распад Хигса на два bottom кварка,
- $H \rightarrow cc$  – распад Хигса на два charm кварка,
- $H \rightarrow gg$  – распад Хигса на два глюона,
- остали распади Хигса.

## 4.2 Подаци

Различити распади Хигса, односно догађаји, добијени су симулацијом CLIC-овог детектора. За сваки догађај је захтевано да у крајњим продуктима распада буду укључена тачно два лептона. Лептони су идентификовани на основу њихових особина које су измерене у симулираним распадима. У оквиру једног догађаја, комбиновани су кваркови и лептони како би се добили кандидати за  $Z$  и  $Z^*$  бозоне.

Подаци са којима је рађена ова анализа представљају дистрибуције различитих својстава распада Хигса, тј. хистограме. За сигнал и сваки појединачни шум подразумеван је по један хистограм за свако својство. У овој анализи коришћени су хистограми за 17 својстава распада Хигса (табела 4.1).

Број догађаја сигнала који је обрађиван у овој анализи је 9500, а шума 11 506. Као софтверска подршка коришћен је C++ и TMVA пакет за мултиваријантну класификацију сигнала и шума.

Табела 4.1: Својства распада Хигсовог бозона и њихове ознаке

$m_H$ - маса Хигсовог бозона
$m_Z$ - инваријантна маса $Z$ бозона
$m_{Z^*}$ - инваријантна маса виртуелног $Z$ бозона
$m_{Z_{q\bar{q}}}$ - маса $Z$ бозона реконструисана помоћу два кварка
$m_{Z_{leptons}}$ - маса $Z$ бозона реконструисана помоћу два лептона
$P(b)^{jet1}$ - вероватноћа да је прва честица добијена у распаду $b$ кварк
$P(b)^{jet2}$ - вероватноћа да је друга честица добијена у распаду $b$ кварк
$P(c)^{jet1}$ - вероватноћа да је прва честица добијена у распаду $c$ кварк
$P(c)^{jet2}$ - вероватноћа да је друга честица добијена у распаду $c$ кварк
$N_{PFO}$ - број свих објеката који су препознати као честице у догађају
$\Theta_H$ - поларни угао честице која је кандидат за Хигса
$E_{vis}$ - укупна енергија у догађају
$E_{vis} - E_H$ - разлика укупне енергије и енергије Хигса
$p_T$ - компонента недостајућег импулса трансверзална сноповима $e^+$ и $e^-$
$y_{12}, y_{12}, y_{12}$ - транзиционе варијабле

## 4.3 Преселекција

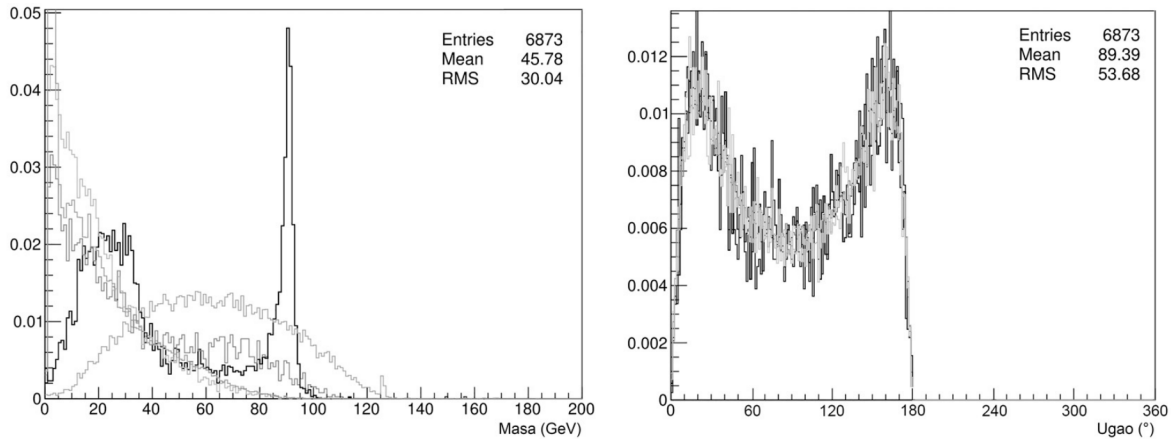
Циљ преселекције је да смањи број шума, а задржи што више догађаја сигнала, ради тачније анализе. За свако својство упоређивани су хистограми за сигнал и одговарајући хистограми свих шума. Затим је тражен опсег вредности својстава за који се задржава преко 85% сигнала, а одбацује што више шума. Уколико се на хистограму сигнал и шум не могу јасно одвојити, преселекција се не врши за ту физичку величину (слика 4.2).

Тако одређени опсези за нека својства износе:

$$\begin{aligned}
 m_H &< 180, \\
 m_Z &< 130, \\
 m_{Z^*} &< 95 \\
 m_{Z_{q\bar{q}}} &< 130, \\
 m_{Z_{leptons}} &< 100, \\
 P(c)^{jet1} &< 0.85, \\
 P(c)^{jet2} &< 0.85, \\
 45 &< N_{PFO} < 135, \\
 E_{vis} &> 110.
 \end{aligned}$$

Ефикасност сигнала и шума добијених преселекцијом су:

$$\begin{aligned}
 \text{сигнал} &: 86\%, \\
 H \rightarrow bb &: 71.4\%, \\
 H \rightarrow cc &: 38.7\%, \\
 H \rightarrow gg &: 72.2\%, \\
 \text{остали распади Хигса} &: 50.4\%.
 \end{aligned}$$



Слика 4.2: Дистрибуције масе  $Z$  бозона реконструисаног од два лептона (лево) и поларног угла распада Хигсовог бозона (десно). Пример хистограма на коме је могуће вршити преселекцију и пример на коме није. Црном линијом је означена дистрибуција сигнала, а сивом дистрибуције за различите шуме.

## 4.4 Мултиваријантна анализа

Мултиваријантна анализа одваја сигнал од шума користећи разлике између својстава, као и разлике између њихових међусобних корелација. Циљ мултиваријантне анализе је да

се разграничи које особине својстава су карактеристичне за сигнал, а које за шум, како би се непознати догађај са што већом тачношћу могао класификовати у одговарајући распад Хигса. Састоји се из два корака - тренинга и апликације.

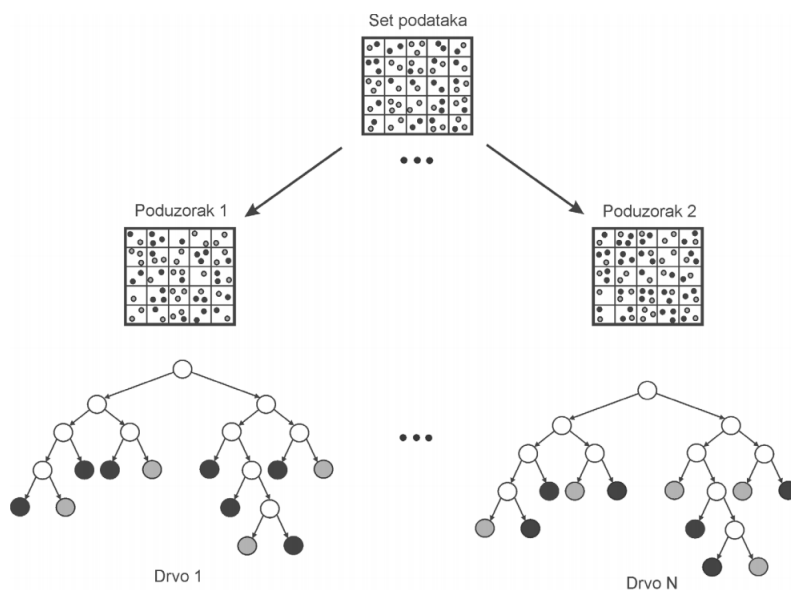
### 4.4.1 Тренинг

У тренингу је коришћена једна четвртина укупног броја догађаја (и сигнала и шума), при чему је за сваки догађај познато који је распад у питању. На основу ових догађаја потребно је препознати које особине распада Хигса, како саме вредности својстава тако и њихове међусобне корелације, су карактеристичне за сигнал. Особине сигнала не смеју бити превише специфичне. У супротном, неки непознати догађаји који јесу сигнали се могу сврстати у шум (енг. *overtraining*). Такође, уколико су карактеристичне особине за сигнал превише опште, догађаји који су шумови, препознаваће се као сигнали. У оквиру тренинга обрађиване су четири методе: BDT, BDTG, FisherG и SVM.

#### BDT и BDTG методе

BDT (Boosted Decision Tree) представља разгрануту структуру уз помоћ које се врши раздвајање сигнала и шума. Гранање је засновано на вредностима својстава. Наиме, сваком чвору у дрвету се придружује број. Чвор се грана на два, при чему су са леве, односно десне стране сви догађаји чија је вредност посматраног својства мања, односно већа од вредности чвора. Овим поступком, сви догађаји распоређени су у крајње чворове дрвета. Посматрајући све крајње чворове у којима има више догађаја сигнала од шума, добија се опсег вредности посматраног својства који је карактеристичан за сигнал. Процес раздвајања догађаја BDT методом на основу вредности својстава се може ефективно представити и као подела равни хистограма на области. Аналогно, област је карактеристична за сигнал уколико у њој има више догађаја сигнала него шума (слика 4.3). У конструкцији ових дрвета не сме бити превише догађаја сигнала да не би дошло до *overtraining*-а.

BDTG (Gradient Boosted Decision Tree) метода конструише низ плитких дрвета, при чему свако дрво тежи да исправи грешке претходног.

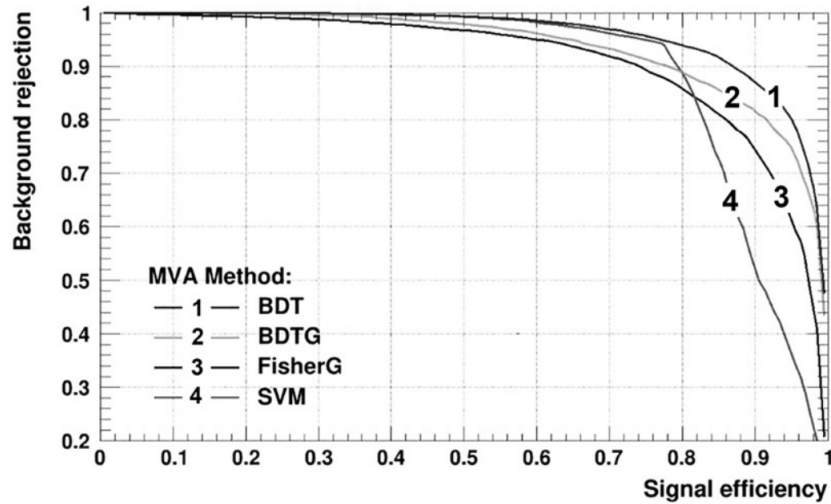


Слика 4.3: Шематски приказ Boosted Decision Tree-а и ефективне поделе равни.

## Мењање параметара и процена ефикасности

За BDT методу мењани су параметри на које је она осетљива. Вредности параметара који дају најбољу ефикасност BDT методе су: 3 за дубину BDT-а, 3 за број посматраних дрвета и 300 за број посматраних догађаја по једном дрвету.

Добијени су графици који приказују зависност ефикасности сигнала и шума који остају након тренинга (слика 4.4). Како су добијени резултати добијени BDT и BDTG методама значајно ефикаснији, у даљој анализи посматране су само ове две методе.

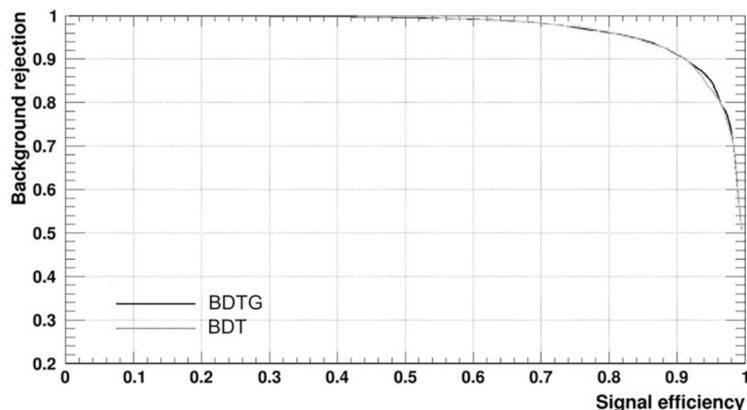


Слика 4.4: Процент одбаченог шума у зависности од ефикасности сигнала за четири различите методе.

Даље су мењани параметри који утичу на обе методе. Сваком догађају, у зависности од тога да ли је сигнал или шум, додата је тежина - вредност попречног пресека за одговарајући распад Хигса. Догађаји са већом тежином имају већи утицај на тренинг. Вредност тежина за појединачне догађаје су:

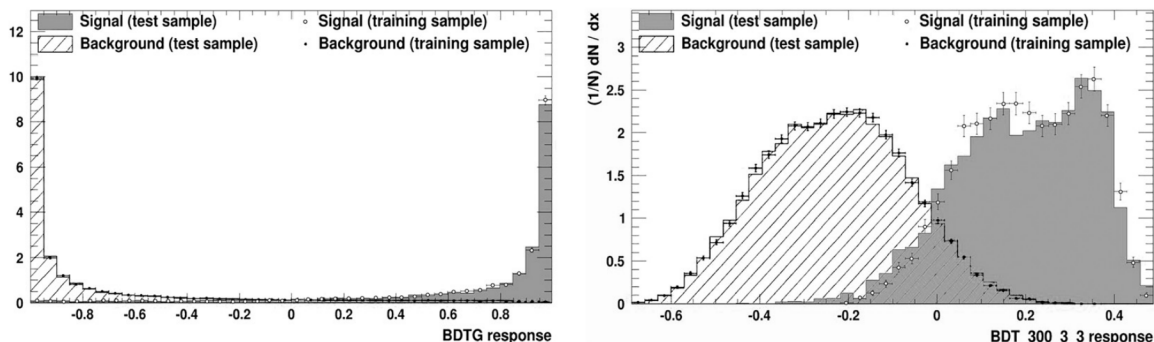
$$\begin{aligned} \text{сигнал} &: 244fb, \\ H \rightarrow bb &: 136.9fb, \\ H \rightarrow cc &: 6.9fb, \\ H \rightarrow gg &: 21fb, \\ \text{остали распади Хигса} &: 51fb. \end{aligned}$$

После додатих тежина сваком догађају, добијен је график зависности ефикасности шума и ефикасности сигнала за BDT и BDTG методу (слика 4.5).



Слика 4.5: Процент одбаченог шума у зависности од ефикасности сигнала за BDT и BDTG методе након промене одговарајућих параметара. Уочава се повећање ефикасности обе методе, посебно BDTG.

Обе методе враћају функцију одзива (енг. response function). Она сваком догађају додељује вероватноћу да је то сигнал, односно шум. Добијене су дистрибуције функције одзива (слика 4.6). Методом BDTG добијено је јасније раздвајање сигнала и шума од BDT методе. Поред тога, са слике 6. се може уочити да је поклапање процене тренинга са стварним догађајима веће код BDTG што додатно указујемо на њену ефикасност. Управо због тога, апликација је примењена BDTG методом.



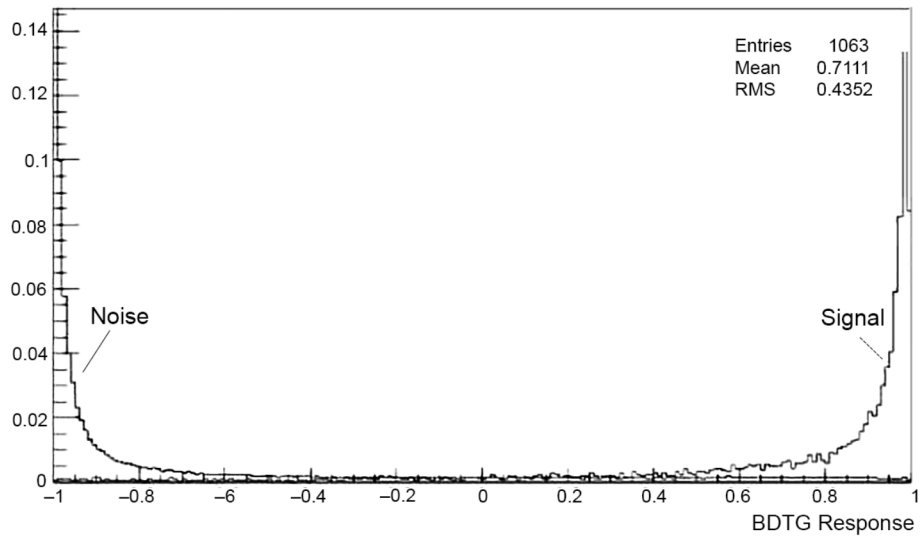
Слика 4.6: Дистрибуције функције одзива за BDT (лево) и BDTG (десно) методу. Тачке на графицима представљају процену истренираног програма да ли је догађај сигнал или шум. Поклапање тачака са правом дистрибуцијом указује на тачност методе.

## 4.4.2 Апликација

Апликација је примењена на осталих три четвртине од укупног броја свих распада Хигсовог бозона, BDTG методом. За сваки догађај враћена је вредност функције одзива, односно вероватноћа да је тај догађај сигнал, односно шум (слика 4.7). Како би се добио најбољи однос гранања, посматрани су само догађаји чија је вредност функције одзива изнад различитих вредности (граница функције одзива). За сваку границу функције одзива рачунат је однос гранања, по формули

$$\frac{\sqrt{S+B}}{S},$$

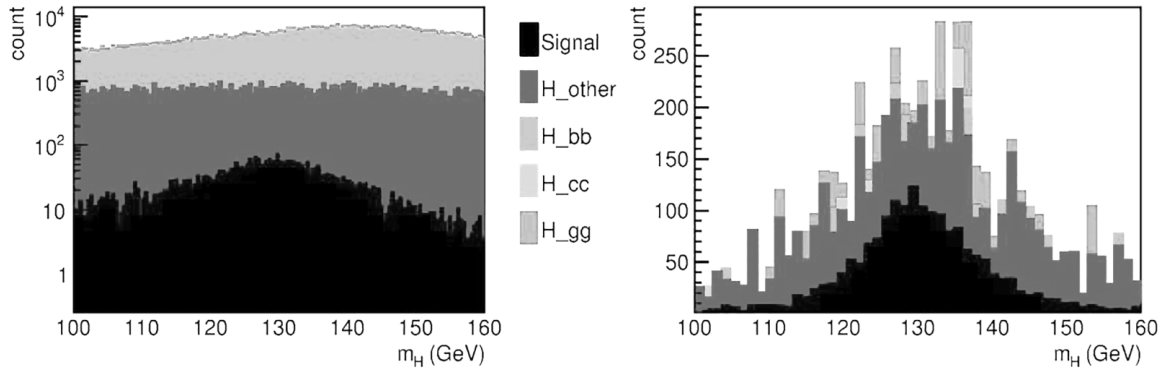
где су  $S$ , односно  $B$ , укупан број сигнала, односно шума након одређивања границе функције одзива, тј. након целокупне мултиваријантне анализе.



Слика 4.7: Дистрибуција функције одзива за догађаје сигнала и шума коришћених у апликацији.

## 4.5 Резултати и дискусија

Вредност границе функције одзива за коју је добијен најмањи однос гранања је BDTG  $\text{Response} = 0.96$ . За статистичку неодређеност мерења, тј. вредност односа гранања добијена је вредност  $(4.30 \pm 0.09)\%$ . Добијене су дистрибуције инваријантне масе Хигсовог бозона након преселекције, односно након мултиваријантне анализе (слика 4.8).



Слика 4.8: Дистрибуција инваријантне масе Хигса после преселекције (лево) и после мултиваријантне анализе (десно).



# Глава 5

## Закључак

У овој анализи је одређен однос гранања Хигсовог бозона на два  $Z$  бозона. Коришћени подаци добијени симулацијом будућег CLIC детектора. Мерење  $\sigma(e^+e^- \rightarrow H\nu_e\bar{\nu}_e) \times BR(H \rightarrow ZZ^*)$  може бити одређено са статистичком неодређеношћу од 4.3%. Однос гранања једнак је  $(g_{HZZ^*} \cdot g_{HWW})/\Gamma_H$ , где су  $g_{HZZ^*}$  и  $g_{HWW}$  константе спрезања Хигсовог бозона са  $Z$  и  $W$  бозонима, а  $\Gamma_H$  ширина Хигсовог бозона, величина позната из теорије. Резултати ове анализе могу се укључити у рачунање константи спрезања Хигсовог бозона. Стандардним моделом је предвиђено  $g_{HWW}/g_{HZZ^*} = \cos^2\theta_W$ , где је  $\theta_W$  Weinberg-ов угао [4]. Као што је познато, Weinberg-ов угао представља тест линеарности маса честица у односу на њихова спрезања са Хигсовим бозоном, те би резултати ове анализе могли допринети проверавању те предикције.

Захвалила бих се менторки Гордани Милутиновић-Думбеловић са Института за нуклеарне науке Винча за идеју рада, сво пренето знање, теоријско и практично, сву мотивацију, као и за указивања на прецизност и систематичност током писања овог рада. Такође бих се захвалила и Владимиру Вави Глигоровом са института LPNHE у Паризу, за сву помоћ и искрену подршку пружену током израде пројекта.

# Литература

- [1] W. N. Cottingham, D. A. Greenwood: *An introduction to the Standard Model of Particle Physics*, Cambridge University Press, 2007.
- [2] ATLAS Collaboration: *Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with ATLAS detector at the LHC*, Physics Letter B 716, 2012.
- [3] Г. Милутиновић-Думбеловић, С. Лукић, М. Пандуровић, Р. Roloff: *Physics potential for the measurement of  $\sigma(e^+e^- \rightarrow H\nu_e\bar{\nu}_e) \times BR(H \rightarrow \mu^+\mu^-)$  at a 1.4 TeV CLIC collider*, CLICdp Note 2014-005, 2014.
- [4] Г. Милутиновић-Думбеловић, И. Божовић-Јелисавчић, А. Robson, Р. Roloff: *Measurement of  $\sigma(e^+e^- \rightarrow H\nu_e\bar{\nu}_e) \times BR(H \rightarrow ZZ^*)$  and Higgs production in ZZ fusion at a 1.4 TeV CLIC collider*, CLICdp Conf 2015-004, 2015.
- [5] S. Dittmaier, C. Mariotti, G. Passarino, R. Tanaka: *Handbook of LHC Higgs cross sections: 1. Inclusive observable*, Geneva: CERN, 2011.