

## “FAKE FACTOR” METODUNDAN İSTİFADƏ EDƏRƏK HADRONİK TAU LEPTONUN ÖYRƏNİLMƏSİ

NAZİM ƏLİ HÜSEYNOV

*Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu,  
Azərbaycan, Bakı, Az-1143, H.Cavid pr.131.*

[nguseynov@jinr.ru](mailto:nguseynov@jinr.ru)

Təqdim olunan işdə elektrik yüklü, eyni işarəli iki yüngül və qarışıq leptonun üst kvark cütü ilə birlikdə yaranması və Standart Model çərçivəsində Hiqqsbosonun hadronik  $\tau_{had}^{vis}$  parçalanmalarında alınan məhsullarını müəyyən etmək üçün  $\sqrt{s}=13$  TeV və 2LSS1 $\tau$ -də qiymətləndirilən hadronik parçalanma  $\tau$  leptonun alqoritmi tədqiq edilmişdir. Alqoritm təkrarlanan neyron şəbəkələrinə (RNN) əsaslanır.

Yenidən qurulmuş yüklü zərrəciklərin izləri və kalorimetrin enerji çoxluqlarında  $\tau_{had}^{vis}$  üçün verilənlər yüksək dəqiqlikli ayırdetmə dəyişənlərindən asılıdır.  $\sqrt{s}=13$  TeV-ə uyğun alqoritmə proton-proton toqquşmalarında gözlənilən nəticələrin simulyasiyası və BDT yaxınlaşması ilə müqayisəsi aparılmışdır.

**Açar sözlər:** Fake Faktor metodu, Hadronik  $\tau$  lepton, RNN, yüklü hissəciklərin izləri  
**UOT: 539.1**

### Tau leptonların hadronik parçalanması

1.777 GeV kütləyə malik  $\tau$  lepton ən ağır yüklü lepton hesab olunur [1].  $\tau$  leptonların ehtimal olunan parçalanma hallarının 65%-i hadronik şəkildə baş verir. Bütün hadronik parçalanma məhsulları 72 və 22%-li bir və yaxud üç yüklü piondan, digər hadronik parçalanmalar yüklü  $K$  mezon ibarətdir. Həmçinin 68% hadronik parçalanmaların ən az birində neytral pionun əmələ gəlməsi baş verir. Həmçinin, neytral pionun əmələ gəlməsi,  $\tau$  lepton parçalanması ilə əlaqəli olan neytral və yüklü hadronların parçalanması zamanı da baş verən proseslərin bir hissəsini təşkil edir.  $\tau_{had}^{vis}$  qiyməti detektor daxilində parçalanma məhsulları vasitəsi ilə təyin olunur. Hadronik  $\tau$  parçalanmalarda əsas fon mənbəyi kvarkların və qluonların parçalanması nəticəsində əmələ gələn yüksək enerjili hadronlar şırnağıdır [2]. Şırnaqlardan “imtina” şərtində, kalorimetr daxilində yaranan məlumatlara əsaslanan müqayisə dəyişənlərindən istifadə olunmaqla,  $\tau_{had}^{vis}$ -nin müəyyənlişdirilmə mərhələsi həyata keçirilir. Prosesdə iştirak edən elektronlar isə fonun mühüm hissəsini təşkil etməklə yanaşı yüklü bir hadronla  $\tau$  leptonun parçalanma fazasının eyni olmasını göstərə bilirlər.

Xüsusi üsullardan istifadə etməklə fonu minimuma endirmək mümkündür [3].  $\tau_{had}^{vis}$ -nin kalorimetrdə böyük ehtimalla bərpa olunması, iz və enerjisi müəyyən olunan mövcud klasterlərdəki enerjilərin cəmi şəklində təyin olunur [3, 4]. Yenidən qurulmuş və ya modifikasiya olunmuş alqoritmlər formalaşmış şırnaqlar vasitəsi ilə yenidən səpilir. Həmçinin, şırnaqlar üçün  $p_T > 10$  GeV və  $|\eta| < 2.5$  şərtinin ödənilməsi tələb olunur.  $\tau_{had}^{vis}$  qiyməti başlanğıc şırnağa toxunan istiqamətində,  $AR < 0.2$  intervalında bütün izlərin ən böyük  $p_T$  hissəsi kimi müəyyən edilir və kütləsi sıfır olaraq təyin edilir. İzlərin  $\tau_{had}^{vis}$  istiqamətində ( $AR < 0.2$ ) və izolyasiya ( $0.2 < AR < 0.4$ ) regionunda olması ehtimal olunur; izlər  $p_T$ -dən, silisium detektorlarındakı toqquşmaların sayından və  $\tau$ -nin ən yüksək qiyməti ilə əlaqəli olan eninə və uzununa təsir parametrlərindən asılıdır. Təyin olunmuş izlərin sayı prosesdə başlanğıc say kimi qəbul edilir.

Hadronik  $\tau$  bir (“1-prong” parçalanma) və üç (“3-

prong” parçalanma) yüklü pion çevrilir və 1 və 3 izləri  $\tau_{had}^{vis}$  kimi yenidən qurulur. [4]-cü ədəbiyyatda  $\tau_{had}^{vis}$ -nin enerjiyə görə dəyişmə intervalı təsvir edilmişdir.  $\tau$  enerjisinin qiyməti dəqiq ifadə olunan (enerji şəklində) iki əlavə düzəlişdən ibarətdir.  $\tau$  lepton oxları  $AR < 0.2$  intervalında hadronik dəyişən kimi ifadə olunmaqla, top klasterlərin enerji cəmi bərabər korreksiya və verilənlərin toplanması şəklində qəbul olunur.

$\tau_{had}^{vis}$  hissəciyinin axını metodundan, əlavə kalorimetr və izlənmiş məlumatlar ilə gücləndirilmiş reqressiya kimi qəbul olunan çox variantlı texnikada istifadə olunur.  $\tau_{had}^{vis}$  yenidən qurulması kvark və qluonlarla başlanan şırnaqlar fonuna təsir etmir. Fonu şırnaqlardan ayırmaq üçün ayırdetmə alqoritmindən istifadə olunur.  $\tau$  leptonunun müəyyən edilməsi gücləndirilmiş BDT metoduna əsaslanır [6]. Fonda verilən signal və iki şırnaqlı hadisələr üçün BDT-də modeləşdirilmiş ( $Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$ ) 1-izli və 3-izli  $\tau_{had}^{vis}$  parçalanmalar hesablanmışdır. Ədəbiyyatda təsvir olunduğu kimi, BDT-də  $\tau_{had}^{vis}$ -nin ətrafında (əsas, və ya izolyasiya bölgəsində) tapılan izlərə və top klasterlərə əsaslanan dəyişənlər cəm şəklində istifadə olunur. Müxtəlif  $\tau$ -lərin müəyyən olunma effektivliyinə uyğun üç iş nöqtəsi götürülmüşdür. İş nöqtələri üçün yenidənqurma və müəyyən etmə effektivliyi 1 və 3 xətlə  $t$  parçalanmaları üçün 60% (50%), 55% (40%) və 45% (30%) təşkil edir [4].

Taunun müəyyən olunma effektivliyinin ölçülməsi üçün  $Z \rightarrow \tau\tau$  ilə genişləndirilmiş məlumat nümunəsi və zond metodundan istifadə olunmuşdur. Bir  $\tau$  lepton muona, digər leptonlar isə əlaqəli neytrinolar şəklində hadronik parçalanır. Şablon fit metodunda məlumatları fon qarışıqlarında qiymətləndirmək üçün iz çoxluğundan istifadə olunur. İzlər çoxluğu  $\tau_{had}^{vis}$  ilə əlaqəli ( $AR < 0.2$ ) və xarici ( $0.2 < AR < 0.6$ ) izlərin cəmi kimi müəyyən edilir.

Xarici izlərə (1) və (2) ifadələrində göstərilən şərtlər daxilində cavab vermək mümkündür.

$$D_{outer} = \min \left( \frac{p_T^{core}}{p_T^{outer}} \right) \quad (1)$$

$$\Delta R(\text{əsas, xarici}) < 4 \quad (2)$$

$\tau$ -ların müəyyən olunma tələbini tətbiq etməzdən əvvəl məlumatla siqnalın arasında əhəmiyyətlik və uyğunluq qiymətləndirilir. Müxtəlif  $\tau$ -ların müəyyən olunduğu iş nöqtələrinin tətbiqindən sonra siqnal məlumatlarından fonların çıxarılması tələb olunur. Müəyyən bir iş nöqtəsi üçün effektivliyin qiyməti alınan siqnal hadisələrindəki sayın nisbəti ilə hesablanır. Müxtəlif  $\tau$ -ların orta səviyyədə müəyyən etmə tələbindən əvvəl və sonra izlər çoxluğunun paylanması,  $\tau$  leptonun yenidən qurulması və müəyyən olunması ATLAS əməkdaşlığında yerləşən  $\tau$  qiymətləndirmə qrupunun nəticələrində ətraflı təsvir edilmişdir [4]. [4] ədəbiyyatının 4-cü şəklində orta  $\tau$  leptonun müəyyən olunma tələbinin tətbiqindən əvvəl və sonra iz çoxluğunun paylamaları verilmişdir. İzlər çoxluğu: həmin ədəbiyyat müəyyən edildiyi kimi,  $D_{xarici} < 4$  tələbini yerinə yetirən  $0.2 < \Delta R < 0.6$  əsas və xarici izlərin sayının cəmindən ibarətdir. Verilənlər ilə simulyasiya arasındakı kiçik fərqləri nəzərə alaraq müəyyən səviyyədə identifikasiyadan keçmək üçün  $\tau_{had}^{vis}$  siqnalında verilən effektivliyin ( $\epsilon_{Data}$ ) simulyasiya effektivliyə ( $\epsilon_{MC}$ ) olan nisbəti kimi təyin olunan korreksiya faktoru nəzərə alınmalıdır. Simulyasiyada iştirak etməyən taunun müəyyən olunmasının effektivliyi ( $\epsilon_{MC}$ ) bir iz və  $pT > 20$  GeV olan  $\tau_{had}^{vis}$  verilənləri üçün ( $\epsilon_{Data}$ ) müşahidə olunan səviyyəyə çatdırmaq üçün lazım olan miqyas faktorları ( $\epsilon_{Data}/\epsilon_{MC}$ ) eyni vahiddə uyğunluğu müəyyən edilmişdir. Miqyas faktoru ölçülən effektivliyin modelləşdirmə effektivliyinə olan nisbəti şəklində götürülür. Göstərilən amillər modelləşdirmədə taunun müəyyən edilmə effektivliyini ölçülən səviyyəyə çatdırmaq üçün tələb olunur. Bir və üç izli  $\tau_{had}^{vis}$  üçün uyğunlaşdırılmış əmsallar və korreksiya faktorunun ölçülməsində qeyri-müəyyənliklər müvafiq olaraq bir (üç) izlər üçün təxminən 5% (6%) təşkil edir [4].

$\tau_{had}^{vis}$ -ni elektronlardan ayırmaq üçün ehtimal xarakterli diskriminatordan istifadə olunur.  $AR < 0.4$  intervalında  $\tau$  lepton üçün qurulmuş proses yenidən hazırlanmış elektron həndəsəsi ilə uyğunlaşdırılır. Elektronun ehtimala əsaslanan identifikasiya alqoritmi boş iş nöqtəsindən keçərsə, göstərilən hallar qəbul edilmir. Ehtimal halı üzrə göstərilən qiymətlər  $p_T$  və  $|\eta|$ -dən asılı olaraq  $\tau_{had}^{vis}$  üçün 95% sabit effektivliklə təyin etmək üçün tənzimlənir. Bir elektronun tau lepton kimi  $Z \rightarrow ee$  hadisələrində səhv təyin edilmə ehtimalı etiket və araşdırma metodu ilə təyin olunur. Yanlış müəyyən etmə ehtimalı 0.5 ilə 2.5% arasında dəyişir və müvafiq uyğunluq əmsalları  $|\eta|$ -dən asılı olaraq 3-14% dəqiqliklə ölçülür [4].  $\tau_{had}^{vis}$  -nin yenidən qurulma ehtimalı qeyri-adi yenidən qurma ehtimalı ilə müqayisədə fərqlənir.

### RNN $\tau$ -nun təyin edilməsinin qiymətləndirilməsi

Öncə təsvir edilən  $\tau$ -nun yenidən qurulma alqoritmi detektorda şırnaqların izlərini və digər hissəciklərin eyniliyini təmin etmir. Hadronik tau lepton parçalanmalarını müəyyən etmək üçün xüsusi alqoritmlərdən istifadə olunur. Bir sıra BDT-lər ATLAS təcrübələrində  $\tau_{had}^{vis}$  şırnaqlarını ayırmaq üçün geniş istifadə edilmiş və şırnaqların qəbul olunmamasını əhəmiyyətli dərəcədə artıran RNN ilə əvəz edilmişdir. RNN-də istifadə edilən ilkin dəyişənləri [5]-də, BDT əsaslı taunun (tau sözlərini tau işarəsi ilə əvəz etmək daha uyğundur, məncə)

müəyyən olunma alqoritmində istifadə [3]-də verilmişdir. RNN-də,  $\tau_{had}^{vis}$  verilənləri ilə bağlı izlər və klasterlər üçün aşağı səviyyəli giriş dəyişənlərin kombinasiyasından, izlər və kalorimetrin verilmiş kəmiyyətlərindən yüksək dəqiqliklə hesablanmış kəmiyyətlərdən istifadə olunmuşdur. Hər bir izdə istifadə edilən məlumat eninə impuls ( $p_T^{iz}$ ), eninə ( $d_0^{iz}$ )(düstur kimi dəyişmək lazım) və uzununa ( $z_0^{iz} \sin\theta$ ) (düstur kimi dəyişmək lazım) təsir parametrləri,  $\tau_{had}^{vis}$  oxuna qədər olan bucaq məsafəsi ( $\Delta\eta^{iz}$ ,  $\Delta\phi^{iz}$ ) və müxtəlif Si detektor təbəqələrində baş verən toqquşmadakı izlərin sayından ibarətdir. Daxili piksel detektorunun təbəqələri ( $N_{ILB}$ ), digər piksel detektorlarının təbəqələri ( $N_{Pixel}$ ) və mikrostrip detektorların təbəqələri ( $N_{SCT}$ ) ilə göstərilmişdir. TopoCluster-də eninə enerji ( $E_T^{klaster}$ ),  $\tau_{had}^{vis}$  oxuna paralel bucaq məsafəsi ( $\Delta\eta^{klaster}$ ,  $T\Delta\phi^{klaster}$ ) və klasterlər verilmişdir.

### $\tau$ təyininin qiymətləndirilməsi

RNN taunun müəyyən olunma alqoritmi  $\gamma^* \rightarrow \tau\tau$  (siqnal) və iki-şırnaqlı fon hadisələrində statistik cəhətdən sərbəst sınaq nümunələrində qiymətləndirilir. RNN-nin qiymətləndirilməsi ATLAS təcrübəsində istifadə olunan BDT əsaslı taunun təyin olunma alqoritmi ilə müqayisə edilir [3]. Yanlış təyin edilmiş  $\tau_{had}^{vis}$  üçün RNN-nin tətbiqi ATLAS əməkdaşlığında  $\tau$  qiymətləndirmə qrupunun nəticələrində ətraflı qeyd edilmişdir [5]. [5]-ci ədəbiyyatın 4-cü şəklində aşkar olunduğu kimi, verilənləri qəbul etməmək gücü 1 və 3 uclu başlıqlarla  $\tau_{had}^{vis}$  və müstəqil olaraq hər iki təsnifat üçün göstərilən həqiqi  $\tau_{had}^{vis}$  seçim effektivliyindən asılı olaraq yanlış müəyyən edilmiş  $\tau_{had}^{vis}$  fonların seçiminin effektivliyinin qiymətindən müəyyən edilir. RNN əsaslı klassifikatorun qəbul etməmək gücü bütün hallarda siqnal seçmə effektivliyi üçün verilmiş BDT əsaslı klassifikatorun ehtimallarından iki dəfə yaxşıdır. RNN qiyməti  $pT$  və  $\mu$ -dən asılı olmayaraq, qəbul olunmamış həqiqi  $\tau_{had}^{vis}$  payına uyğun gəlir. Siqnal və fon halları üçün RNN qiymətlərinin paylanması [5] ədəbiyyatın 5-ci şəklində göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, fizika analizlərindən istifadə etməklə artan və qəbul olunmayan dörd iş nöqtəsi müəyyən edilmişdir. Üç başlıqlı fon nümunəsinin statistikasını yüksək RNN qiymətləri ilə doldurmaq üçün kifayət deyil. Hətta RNN qiyməti  $> 0.55$  kimi müəyyən edilən sıx iş nöqtəsi üçün də fon effektivliyinin qiymətləndirilməsinə cüzi təsir göstərir. Müvafiq siqnal seçmə effektivliyi və qəbul etməmək halları [5]-ci məqalənin 2-ci cədvəlində verilmişdir.

Həqiqi  $\tau_{had}^{vis}$  seçilmiş effektivliyin eninə impulsdan və şırnaqların kəsişməsində toplanan qarşılıqlı təsirlərin sayından asılılığı tədqiq olunmuşdur. Siqnal seçiminin  $p_T$  üçün effektivliyi çevrilmə prosesləri istisna olmaqla, digər hallarda  $p_T$ -dən asılı deyil. Siqnal effektivliyinin 5-10% azalması ədəbiyyatlarda təsvir olunduğu kimi tam hissəcik axını, tau enerjisi üçün kalorimetrdə alınan məlumatdan və siqnal effektivliyinin hamarlanmasıdan istifadə etməklə həyata keçirilmişdir. Böyük sıxlıqlı iş nöqtəsi üçün siqnal seçimində 10% effektivlik, şırnaq kəsişməsində və kalorimetrin daxili bölmələri arasında (bölgə ətrafında) yüksək sayda toplanmış qarşılıqlı təsirlər ilə müşahidə olunur.

Əlavə boş iş nöqtələri üçün  $p_T$ ,  $n$  və  $p$ -dən asılılıq əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Qeyd etmək vacibdir ki, göstərilən halların qəbul olunmamaq gücü  $p_T$ ,  $\eta$  və  $p$  paylanmalarından, fon nümunəsinin kvark-qluon tərkibindən asılıdır. Kvarkla işə salınan şırnaqlar qluon şırnaqlarına nisbətən daha dar zolağa və kiçik iz çoxluğuna malik olduğu üçün həqiqi  $\tau_{had}^{vis}$ -dən fərqləndirmək çox çətinidir. Qəbul olunmayan güc yüksək  $p_T$  istiqamətində artır və xüsusilə 3 başlıqlı  $\tau_{had}^{vis}$  üçün qarşılıqlı təsiri azalır [5].

### “Fake Factor” methodu

“Doğru təyin olunmamış” leptonlar və ya hadron parçalanmaları, foton çevrilmələri zamanı, və yaxud da qeyri-müəyyən obyektlərdən yaranır. Digər mənbələrdən verilən leptonlar (düzgün təyin olunmuş) “Prompt” kimi təsvir olunur. Bu təsviri (həqiqi təyin olunmuş) səviyyədə yalnız MC nümunələrində yerinə yetirmək mümkündür. Sıqnal, fon proseslərini və verilmiş məlumatları göstərmək üçün *TRexFitter* paketindən istifadə olunur. Fərz olunur ki, iki bölgə, sıqnal və tədqiqat intervalı mövcudur. Həqiqi təyin olunmamış tau lepton iki üsulla qiymətləndiriləcəkdir. Birinci üsul hadronik  $\tau$  üçün  $p_T > 25 \text{ GeV}$  şərtinin tələb olunduğu

“məntiqi triggerlərdən” istifadə ilə qiymətləndirmədir. Həmçinin sıqnal bölgəsində eyni işarəli iki leptonun olması şərti tələb olunur. Əvvəlcə 2ISS1tau had kanalında, Monte Karlo məlumatlarından istifadə etməklə trigger sistemində təhlili, sonrakı mərhələdə Fake Factors metodu nəzərdə tutulur. Fake Factors metodunun əsas ideyası, təxmin edilən fonun zənginləşdirilmiş hadisələr üçün tədqiqat nümunəsinin seçilməsi və hadisələri sıqnal bölgəsindəki fonla əlaqələndirmək üçün ekstrapolyasiya faktorundan istifadə olunmaqdır [7].

Tədqiqat nümunəsi verilənlərdən seçildikdə və ekstrapolyasiya əmsalı verilənlərə əsasən ölçülürsə, seçilmiş metod məlumatlara əsaslanır. Tədqiqat bölgəsi təxmin edilən fonu seçmək üçün müəyyən edilir. Fake Factors metodu nəzərdən keçirilən fonda hissəciklərin növlərini doğru müəyyən etməkdir. Əmsallar (3) ifadəsi əsasında hesablanır.

$$FF = \frac{N_{passID} - N_{passID, true\tau}}{N_{failedID} - N_{failedID, true\tau}} \quad (3)$$

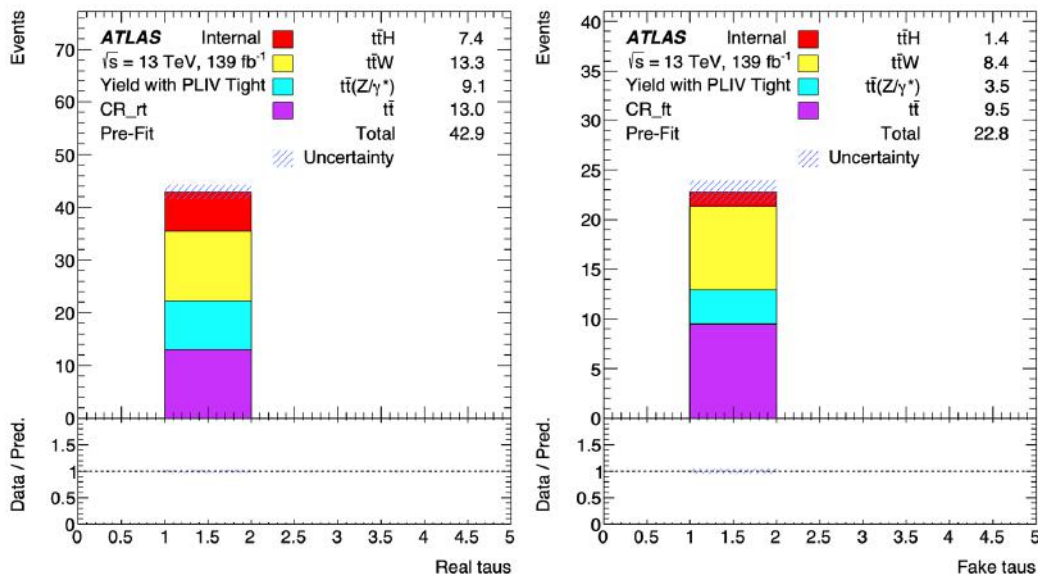
Sıqnal bölgəsində düzgün təyin olunmamış hadronik  $\tau$  lepton (4) ifadəsi ilə hesablanmışdır:

$$N_{passID}^{SR} = (N_{failedID}^{SR} - N_{failedID, true\tau}^{SR}) \cdot FF \quad (4)$$

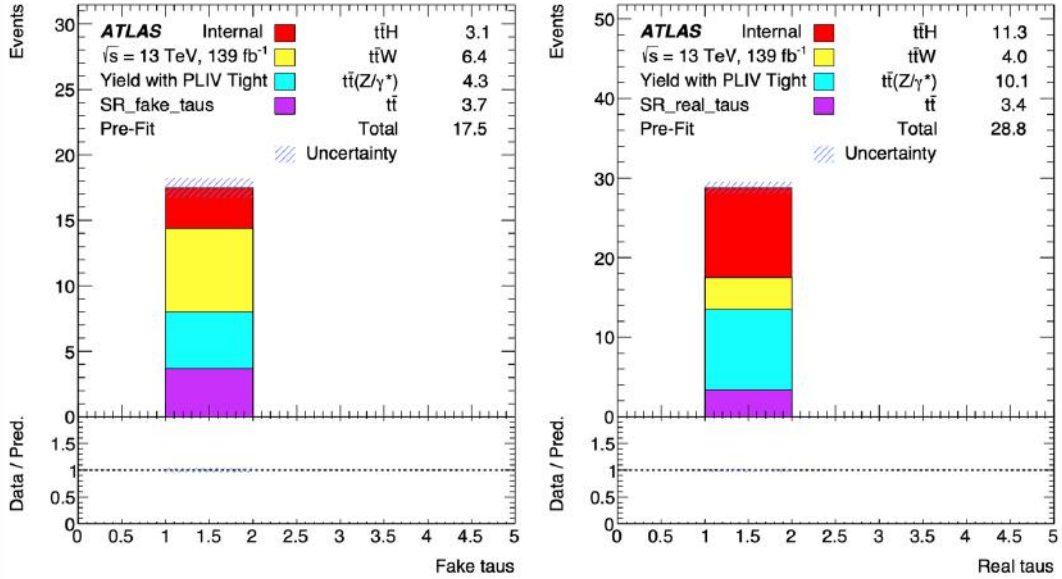
Sayğacdən birinci termin RNN şəbəkəsindən keçən məlumatlardır. Bizim tədqiqat işimizdə birinci termin *tausJetRNNigMedium=1* və triggerdən keçən məlumatlardır. İkinci termin trigger, RNN və həqiqət məlumatlarından keçən Monte Karlo məlumatlarıdır. Məxrəcdə birinci termin RNN-dən keçməyən, ikincisi Monte Karlo məlumatlarıdır. Bütün dəyişənləri müəyyən etdikdən sonra hesablamaları yerinə yetirmək mümkündür.

### Düzgün təyin olunmamış hadronik tau leptonlar hesablanması

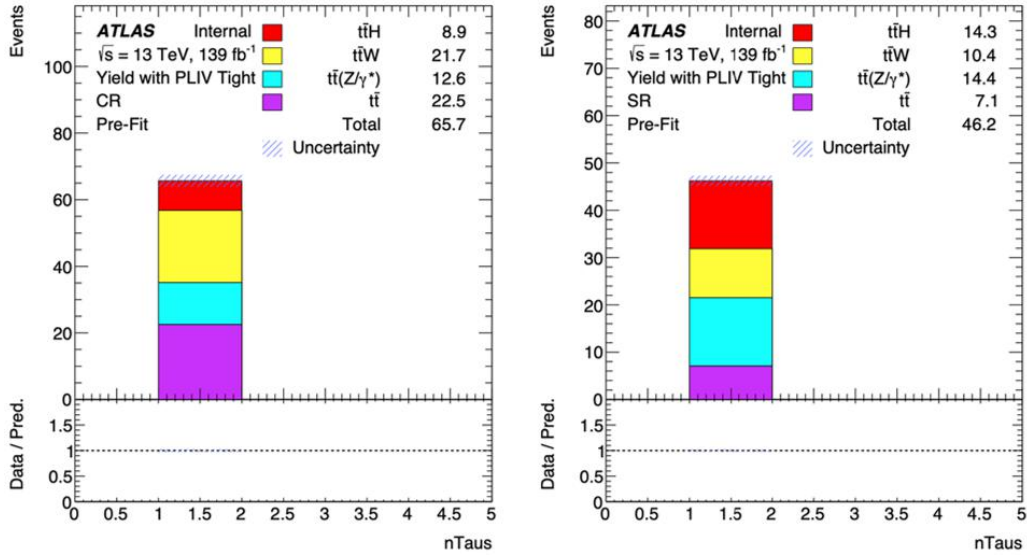
Tədqiqat işində “*tausHadronic*” dəyişənindən istifadə etməklə verilmiş bütün dəyişənlərin paylanmaları alınmış, həqiqi olmayan və həqiqi tauların sayı müəyyən edilmişdir. Hadronik  $\tau$  həqiqi olmayan və həqiqi dəyərdir. Yalnız 0 yaxud 1 qiymətini alır. 0 qiymətini qəbul edirsə yanlış, əks halda həqiqi qəbul edilir. Bu dəyişənlərin və digər kəsiklərin təbiiqi ilə sıqnal bölgəsində tH sıqnalının qiyməti şəkil 1-3-də verilmişdir. RNN və Fake Factorun iştirakı olmadan düzgün təyin olunmamış qiymətləndirmənin nəticələri göstərir ki, sıqnal bölgəsində tH qiyməti 8.9, seçilmiş bölgədə 14.3 bərabərdir[8].



Şəkil 1. Sıqnal və seçilmiş bölgədə hadronik tau leptonların sayı.



Şəkil 2. Sıqnal və seçilmiş bölgədə həqiqi olmayan hadronik tau leptonlarının ehtimalı.



Şəkil 3. Seçilmiş bölgədə həqiqi və həqiqi olmayan hadronik tau leptonlarının ehtimalı.

Digər təcrübələrdə hesablama vaxtını azaltmaq üçün əsas fonlar ayrıca hesablanmışdır. Növbəti addımda, digər kəsiklərin tətbiqi ilə yeni seçilmiş bölgələr yaratdıqdan sonra Fake Faktor metodunda FF əmsallarının hesablamaq üçün lazım olan dəyişənlər hesablanmışdır cədvəl 1(a,b).

Cədvəl 1a.  
Seçilmiş bölgədə FF əmsalının hesablanması üçün MC məlumatlarından alınan qiymətlər.

Seçilmiş bölgə	Monte Carlo məlumat
$N_{passID}\tau_{true}Medium1prong$	36.554
$N_{passID}\tau_{true}Medium3prong$	14.38
$N_{failedID}\tau_{true}Medium1prong$	4.512
$N_{failedID}\tau_{true}Medium3prong$	2.611

Cədvəl 1 b.  
Seçilmiş bölgədə FF əmsalının hesablanması üçün təcrübi məlumatlarından alınan qiymətlər.

Seçilmiş bölgə	Təcrübi məlumat
$N_{passID}\tau_{false}Medium1prong$	56
$N_{passID}\tau_{false}Medium3prong$	14
$N_{failedID}\tau_{false}Medium1prong$	81
$N_{failedID}\tau_{false}Medium3prong$	81

Cədvəl 2a.  
Signal bölgədə  $N_{passID}^{SR}$  -nin hesablanması üçün MC məlumatlarından alınan qiymətlər.

Signal bölgə	Monte Carlo məlumat
$N_{passID}\tau_{true}Medium1prong$	3.387
$N_{passID}\tau_{true}Medium3prong$	1.906

Cədvəl 2 b.

Signal bölgədə  $N_{passID}^{SR}$ -nin hesablanması üçün təcrübi məlumatlarından alınan qiymətlər.

Signal bölgə	Təcrübi məlumat
$N_{passID}\tau_{false}^{Medium1prong}$	55
$N_{passID}\tau_{false}^{Medium3prong}$	55

Dəyişənin qiymətlərində  $VV$ ,  $tZ$ ,  $WtZ$ ,  $tW$  prosesləri, digər proseslər və eyni zamanda fonda baş verən proseslər nəzərə alınır.

Verilmiş qiymətlər alındıqdan sonra  $FF$  əmsalı “1prong” üçün (5) ifadəsi ilə təyin olunur

$$FF_{1prong} = 0.254 \quad (5)$$

və “3prong” hallı üçün (6) ifadəsi ilə təyin olunur

$$FF_{3prongs} = 0.004 \quad (6)$$

Təyin olunmuş qiymətlər cədvəl 2(a,b) və (5), (6) əmsalları əsasən düzgün təyin olunmamış hadronik tau leptonlar (7) ifadəsi ilə hesablanmışdır.

$$N_{passID}^{SR} = 13.363 \quad (7)$$

## NƏTİCƏ

Tədqiqat işində 2LSS1tau<sub>had</sub> kanalındakı həqiqi olmayan tau leptonlar “Fake Factor” metodu ilə öyrənilmişdir. Göstərilən metodla  $N_{passID}^{SR}$ -nin qiyməti üçün 13.363 dəyəri müəyyən olunmuşdur. Ümumilikdə tədqiqat işi TRExFitter paketindən istifadə edilməklə yerinə yetirilmişdir. Doğru olmayan hadronik tau leptonların “Fake Factor” metodu ilə öyrənilməsi gələcək tədqiqatlarda təbii aktual hesab olunur.

- [1] *M. Tanabashi et al.*, Review of Particle Physics, Phys. Rev. D 98, 2018, 030001.
- [2] *G.Aad, B. Abbott et al.* Reconstruction of hadronic decay products of tau leptons with the ATLAS experiment. *Eur. Phys. J. C* 76, 295, 2016.  
<https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-016-4110-0>
- [3] *G. Aad, B. Abbott et al.*, Reconstruction, Energy Calibration, and Identification of Hadronically Decaying Tau Leptons in the ATLAS Experiment for Run-2 of the LHC, ATL-PHYS-PUB-2015-045,2015,p.1-25.
- [4] *G. Aad, B. Abbott et al.*, Measurement of the tau lepton reconstruction and identification performance in the ATLAS experiment using pp collisions at  $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ , ATLAS-CONF-2017-029, 2017, p.1-44.
- [5] *G. Aad, B. Abbott et al.*, Identification of hadronic tau lepton decays using neural networks in the ATLAS experiment, ATL-PHYS-PUB-2019-033, 2019, p.1-15.
- [6] *J. H. Friedman*. Stochastic gradient boosting, Computational Statistics & Data Analysis, 38(4), 2002, 367-378.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167947301000652>.
- [7] *G. Aad, B. Abbott et al.*. Tools for estimating fake/non-prompt lepton backgrounds with the ATLAS detector at the LHC, CERN-EP-2022-214, 30th November 2022
- [8] *G. Aad, B. Abbott et al.*. Analysis of ttH and ttW production in multilepton final states with the ATLAS detector. ATLAS-COM-CONF-2019-062, 2020, p.1-38.

Nazim Huseynov Ali oglu

## STUDY OF MISIDENTIFIED OF HADRONIC TAU LEPTON USING FAKEFACTOR METHOD

This paper describes a algorithm to identify the visible decay products of hadronic tau decays ( $\tau_{had-vis}$ ) in the Standard Model Higgs boson produced in association with a top quark pair in multilepton final states with two light leptons with same-sign electric charges and one hadronically decaying tau lepton, labeled as 2LSS1 $\tau_{had}$  at  $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ .

The algorithm is based on recurrent neural networks (RNN) employing information from reconstructed charged-particle tracks and clusters of energy in the calorimeter associated to  $\tau_{had-vis}$  candidates as well as high-level discriminating variables.

The expected performance of this algorithm is evaluated in simulated proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13\text{TeV}$  and compared to a BDT-based approach.

Гусейнов Назим Али оглы

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОШИБОЧНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ АДРОННОГО ТАУ-ЛЕПТОНА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА FAKEFACTOR.

В данной работе описывается алгоритм идентификации видимых продуктов адронных тау-распадов ( $\tau_{had-vis}$ ) в бозоне Хиггса Стандартной модели, образующемся в ассоциации с топ-кварковой парой в мультилептонных конечных состояниях с двумя легкими лептонами с электрическими зарядами одного знака и одним адронно распадающимся тау-лептоном, обозначенным как 2LSS1 $\tau_{had}$  при  $\sqrt{s} = 13\text{ТэВ}$ .

Алгоритм основан на рекуррентных нейронных сетях (РНС), использующих информацию из восстановленных треков заряженных частиц и кластеров энергии в калориметре, связанных с кандидатами  $\tau_{had-vis}$ , а также высокоуровневые дискриминационные переменные.

Ожидаемая производительность этого алгоритма оценивается в моделируемых протон-протонных столкновениях при  $\sqrt{s}=13\text{ТэВ}$  и сравнивается с подходом на основе BDT.

Qəbul olunma tarixi: 20.02.2023