

Új részecskék keresése a CERN LHC CMS detektorával

PhD kutatási beszámoló, III. szemeszter

Major Péter

Témavezető: Dr. Pásztor Gabriella
(ELTE TTK Fizikai Intézet Atomfizikai Tanszék)

2019. január 21.

1. CERN-i tanulmányút

Kutatásaim egyik fő irányvonala, hogy a CMS kísérlet által rögzített adatokhoz minél pontosabb luminozítás értéket tudjunk csatolni. A lehető leghatékonyabb munkavégzés érdekében a 2018 szeptembere és 2019 februárja közti időszakot Genf-ben töltöttem.

A luminozítás a részecskefizikai analízisek alapvető mennyisége, mely összeköti egy folyamat hatás-keresztmetszetét (geometriai valószínűségét) a várhatóan megfigyelt eseményszámmal, s mindemellett a precíziós analízisek szisztematikus hibájának egy fő forrása az LHC-n.

A van der Meer módszer (vdM szkennelés) azon luminozításmérő detektorok kalibrációját teszi lehetővé, melyek az abszolút luminozítást a detektor felületén keresztülhaladó effektív részecskefluxus segítségével határozzák meg. Az ilyen detektorok nagy népszerűségnek örvendenek a hadronütköztetőknél, ugyanis a leptonütköztetőkben használatos, rendszerint precízebb módszerek nem vihetők át a hadronos esetre az alacsony energiás QCD számolások nagy hibájából eredően. A CMS detektorban négy ilyen aldetektor egység üzemel.

A vdM kalibrációs módszer él bizonyos feltevésekkel, melyek nem teljesülnek maradéktalanul egy valódi gyorsító esetében, és jellemzően néhány tized százalékos hibát okoznak. A legfontosabb feltételezés, hogy a nyaláb alak leírása faktorizálható x és y irányban. Ez az egyik legjelentősebb szisztematikus hiba forrás az abszolút luminozítás kalibráció során, így a CMS kísérlet BRIL csoportjában arra törekszünk, hogy ezt minimálisra szorítsuk.

1.1. A 2018-as proton-proton kalibráció

A rövid technikai leállást 2018 júniusában egy vdM kalibrációs futás követte, melynek lebonyolításában én is részt vettem.

Szeptemberben elkezdtem az offset szkennelés analízis felépítését és annak összevetését egy hasonló célokat szolgáló, ám a vertex adatokat is felhasználó analízis, a nyaláb leképező szkennelés (BIS) eredményeivel. Az év végére világossá vált, hogy az offset szkennelés által felhasznált információ nem teszi lehetővé a BIS-hez hasonló precízió elérését, a BIS által adott korrekció mintegy 20%-áról tud számot adni a 2017-es adatok alapján.

Jelenleg abban az irányban folytatódik a kutatás, hogy megtudjuk érdeme-e az offset és a BIS eljárások egy hibrid verzióját létrehozni, valamint előkészületben van a 2018-as előzetes luminozítás kalibrációt feldolgozó preprint (PAS).

1.2. A 2018-as nehézion adatok

A vdM kalibráció során az LHC általában speciális nyalábkonfúziók mellett üzemel, amely beállítása időigényes folyamat. A nehézion ütközésekre szánt rövid idő következtében a szokásosnál keskenyebb nyalábokkal hajtottuk végre a kalibrációs eljárást, mely a nyomkövető detektor véges felbonása miatt használhatatlanná tette a vertex helymeghatározáson alapuló nyaláb leképező eljárás használatát.

Ugyanakkor a keskeny nyalábméret következtében az offset szkennelés érzékenyebbé vált a nyaláb orbit esetleges elkúszásából adódó hibákra. Erre válaszul javaslatomra a CMS kísérlet először hajtott végre diagonális szkennelést, mely amellyel, hogy az offset paraméterteret egy új régióját mintavételezi, kevésbé érzékeny a kúszásra is. Az adatok analízise folyamatban van.

1.3. BRIL ügyeletek

A CMS szerzői státuszommal járó követelményeknek eleget téve résztvettem az adatgyűjtésben a CMS vezérlőteremben mint az online luminozitás mérésért felelős felügyelő. Munkám során önszorgalomból kijavítottam az egyik, a felügyelők által gyakran alkalmazott, szoftver (validation tool) hibáját, mely sokat javított annak használhatóságán.

1.4. CMS túravezető képesítés

Folyamatban van a CMS túravezetői státuszom megszerzése, mely lehetővé teszi, hogy az érdeklődő közönségnek és főleg a fiatalabb generációnak adhassak át tudást miközben látogatás teszünk a CMS felszíni és a lehetőségek függvényében a földalatti helységeiben is.

2. Szuperszimmetrikus részecskék keresése foton + Higgs-bozon + hiányzó energia végállapotú folyamatokban

MSc szakdolgozatom témáját folytatva továbbra is dolgozom a Dr. Pásztor Gabriella és Bartók Márton doktorandusz által megkezdett szuperszimmetrikus (SUSY) részecskék utáni kutatásban. Ennek során egy olyan végállapotot vizsgálunk a CMS detektor 2016-ban gyűjtött $\sqrt{s} = 13$ TeV energiájú adataiban, melyben a szuperszimmetrikus általános mérték-közvetítés (GGM, General Gauge Mediation) model a kísérletileg elérhető paramétertartományának számottevő hányadában eseménytöbbséget jósol. Ezen végállapotot egy nagy energiájú foton, nagy hiányzó transzverz energia és egy b kvarkokra bomló Higgs bozon jellemzi (GHbbMET).

Az új fizika kimutatásához a Standard Modell folyamatokból származó háttér minél pontosabb becslése szükséges. A második legnagyobb járulékot a $W+$ hadronsugár keletkezés adja, amikor a W bozon bomlásából származó leptonok a detektor egy érzéketlen részén keresztül távoznak. Az én feladatom kezdetben ezen háttér in-situ adatok felhasználásán alapuló meghatározása volt.

A számítások során egy, a jel régiótól diszjunkt, leptont is tartalmazó kontroll régióból extrapoláltam a háttérrel vissza a leptont nem megengedő jel régióba. Ezt (a végállapotban leptont tartalmazó folyamatokat leíró a CMS kísérlet által központilag biztosított) Monte Carlo adathalmazok segítségével tettem. A kontroll régiót kibővítettem, hogy hadronikusan bomló tau leptonokat is tartalmazzon (eredetileg csak elektronok és müonok jelenlétét vizsgáltam). Míg korábbi munkám során a fent említett GHbbMET végállapot egy általam választott és kinematikus változók segítségével meghatározott részén számítottam ki a kérdéses háttérrel, addig most a már folyamatban lévő analízishez kellett a kódot adaptálni mind paraméterekben, mind formailag, hogy az analízisben minden háttér forrás becslése konzisztensen kezelhető legyen. A becslést ezért az analízis jel régióján kívül el kellett végezni az ebben az analízisben domináns QCD háttér kontroll régióra is. Ezt a célkitűzést sikerült elérni, azonban a félév során több infrastrukturális változtatást kellett végrehajtani a kódon.

Az analízis jelenleg az analízis note előkészítésének végső stádiumában jár, eredményeinket egyszer már prezentáltuk a fotonos SUSY analíziseket koordináló csoportnak, most az onnan gyűjtött visszajelzések alapján finomítjuk az analízist.

3. Konferenciák, rendezvények

3.1. Budapesten rendezett CMS Week konferencia

A 2018 október elseje és ötödike között Budapesten tartottuk az évente ötször megrendezésre kerülő CMS specifikus konferenciát, a CMS Hetet, melyre több száz kutató érkezett. A konferencia ideje alatt segítettem a megbeszélések és az extra programok kivitelezésében valamint a "2D Shape Reconstruction and XY Correlations in the 2018 CMS van der Meer Scans" című poszteren be mutattam az offset szken analízis folyamatát és eredményeit a 2018-as júniusi adatokon a tanulmány akkori állapotában. Egy itteni megbeszélés alkalmával hasonlítottuk össze először az offset szken és a nyaláb leképező szken eredményeit.

3.2. Részecskefizika határok nélkül

2018 novemberében az ELTE-n rendeztük meg a "Részecskefizika határok nélkül", alapvetően középiskolásoknak szóló, fél napos ismeretterjesztő előadást, mely több száz résztvevőt számlált. A rendezvényen bemutattam az erre az alkalomra készített "A legalapvetőbb építőelemek nyomában: A Standard Modell" című poszterem, illetve a részecske azonosításról meséltem az érdeklődőknek. Részt vettem továbbá egy kerekasztal beszélgetésen a karrierjük különböző pontján járó fizikusokkal, ahol én reprezentáltam a doktori iskolás hallgatókat.