

## 1.félév beszámoló

**Dudás Bence**

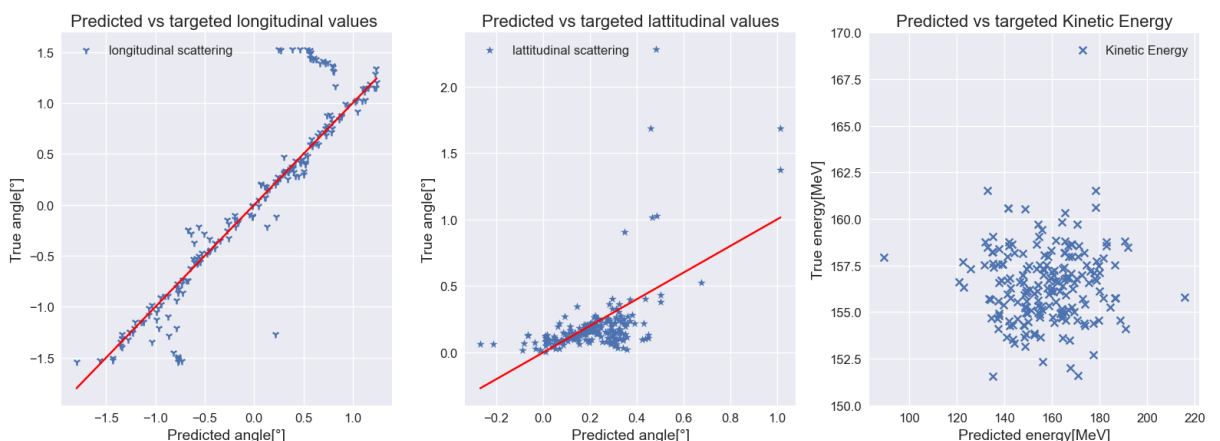
Statisztikus Fizika, Biológiai Fizika és Kvantumrendszerek Fizikája program

Témavezetők: Dr. Papp Gábor, Dr. Bíró Gábor

A dolgozat címe: Mesterséges intelligencia alkalmazása proton tomográfia kiértékelésében

**Bevezetés:** A hadronos (proton vagy szén) besugárzás a rákterápia egyik formája, melynek során a nehezen hozzáférhető helyeken levő rákos sejteket pusztítjuk el. Mivel ennek hatásmechanizmusa eltér a hagyományosabb gamma besugárzástól, az arra kifejlesztett diagnosztikai módszerek (CT) nem adnak kellő információt a hadron besugárzás pontos tervezéséhez, ezért protonokkal (is) szükséges pontosítani a tomográfias kiértékeléseket. Proton tomográfias eljárás során egy erre kifejlesztett detektorrendszerrel mérjük a részecskék beütéseit a detektorrétegekben. Mivel protonokat sugárzunk be ezek valamilyen szóródást szenvednek az adott objektumon, amelyet vizsgálunk és ezen szóródás képéből próbáljuk meghatározni, hogy a vizsgált objektumnak mekkora a protonokra ható fékező ereje adott pontban. Az én részem ezen projektben, hogy (egyelőre szimulált) besugárzások detektorképeiből rekonstruáljak részecskepályákat, hogy meg tudjuk határozni a beérkező protonok szóródási szögét és kinetikus energiáját (a detektorrendszerbe érkezés előtt).

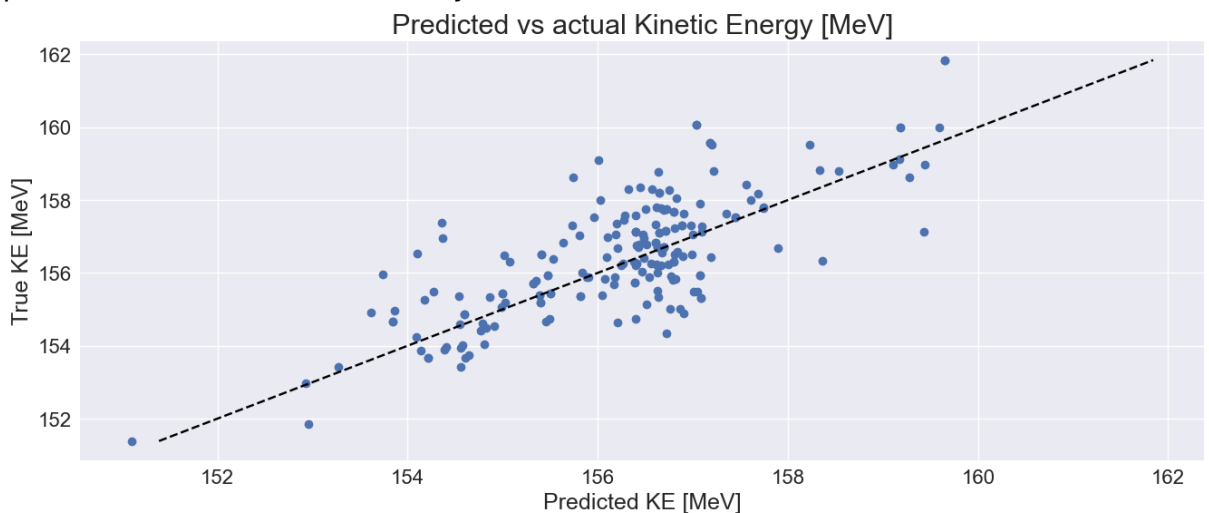
**Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:** Szemeszter első felében a mester szak alatt elkezdett módszereim fejlesztésével foglalkoztam. Ez azt jelenti, hogy csináltunk egy transzformer alapú neurális hálózatot, amely végig iterál a detektorrendszer minden rétegének pontjain, ezeket átalakítja egy látens térbe, ahol a Ford-Fulkerson algoritmussal megpróbáljuk összekapcsolni őket és így prediktálni a szórási szögeket és a kinetikus energiát a két réteg után. Fontos megjegyezni, hogy a modell a legutolsó detektorrétegtől iterált a legelső felé, hiszen a végén sokkal nagyobb a szórás, ezáltal könnyebben megkülönböztethetőek a beütések helyei. Az eredményeink az alábbi ábrán láthatóak:



1.ábra. A transzformer model által prediktált szórási szögek (bal longitudinális) (középső latitudinális) és kezdeti kinetikus energiák (jobb kinetikus energia) a hozzájuk tartozó valódi érték függvényében.

A szórás szögek esetében látható, hogy longitudinális szögeket a modell viszonylag nagy pontossággal tudott megtalálni, latitudinális szögeknél pedig valamilyen korreláció látható ám az energiák esetében nem voltak jók a becslések. Ez későbbi vizsgálatok alapján kiderült, hogy annak az oka, hogy az összekapcsolási módszereink a modellben nem adnak megfelelően jó eredményt. Így a félév végén arra az elhatározásra jutottunk, hogy felosztjuk a problémát kisebb részfeladatokra és ezen feladatok megoldásából próbáljuk megvalósítani a részecskepálya rekonstrukciót, illetve szórás szögek és kezdeti kinetikus energiák meghatározását.

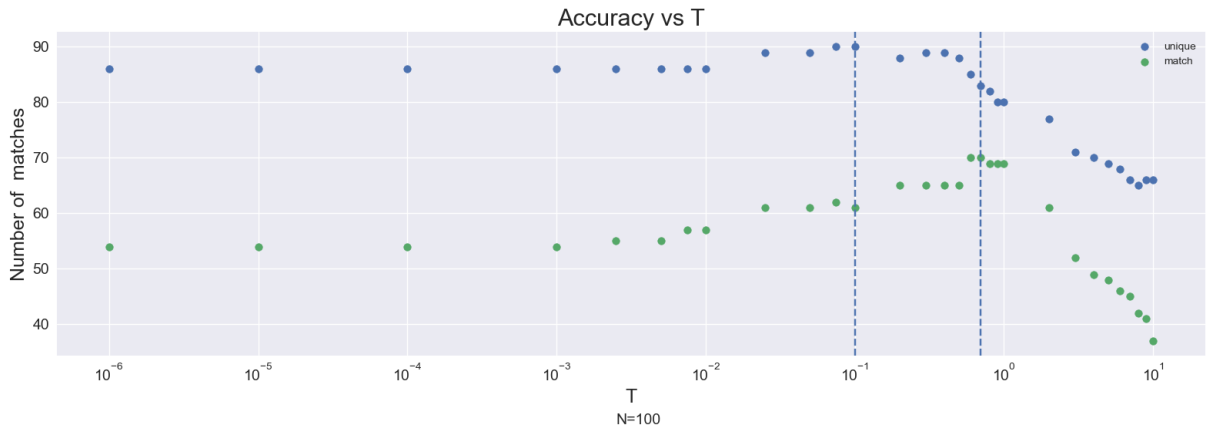
Első sorban megnéztük, hogy ha feltételezzük, hogy a részecskepályákat tökéletesen tudtuk rekonstruálni, akkor a beütések méretéből meg tudjuk-e határozni a bejövő kinetikus energiákat. Ezen feladatra építettem egy kisebb neurális hálózatot, egy MLP (Multilayer perceptron) modellt, nagyjából 500 paraméterrel. Az alábbi eredmények születtek:



2. ábra. A modellünk által meghatározott kinetikus energiák prediktált és valós értékének összehasonlítása.

Mint látható a 2. ábrán az energiák elkezdnek rásimulni az egyenesre, ideális esetben minden pont az egyenesen lenne. A legnagyobb eltérések 6-10 MeV közé szoktak esni, ez kiindulásnak jó, de ezen modell teljesítményének növelésén dolgozunk a jövőben.

A feladat másik fele, hogy a beütések helyei (és méretük, azaz leadott energiájuk) alapján összekössük őket rétegek között. Erre az úgy nevezett Sinkhorn-Gumbel algoritmust kezdtük el használni. Ezen algoritmus kiszámolja a távolság mátrixot a két adatsor között, amelyet össze szeretnénk kapcsolni, majd elosztja egy konstanssal (gyakran hőmérsékletként emlegetik), majd veszi a kifejezés exponenciálisát. Az így kapott mátrixot szokás Sinkhorn operátornak hívni, mely tartalmazza minden adatpontra, hogy milyen valószínűséggel kapcsolódik minden másik ponthoz. Az algoritmust megvalósítva a következő eredményeink lettek:



3. ábra. Beütések összekapcsolásának pontossága különböző hőmérséklet paraméterekkel 100 részecske esetén. Zöld jelöli, ahol egy ponthoz több másik is kapcsolódhat, kék jelöli, ahol egy ponthoz csak egy másik tartozhat.

Mint látható a 3. ábra esetében az algoritmus bíztató eredményeket tud elérni. Ezen eredmények növelésére próbálkozunk egy olyan megközelítéssel, ahol a távolság mátrix helyett, egy neurális hálózattól előállított mátrixot használunk, majd úgy készítjük el a Sinkhorn operátort. Ettől azt várnánk, hogy jobb eredményeket ad, mint a hagyományos algoritmus. Jelenlegi állapotában ezt még nem sikerült elérni, így ennek a fejlesztésén dolgozunk.

**Tanulmányi tevékenység:** Résztvevő és előadó a Zimányi Téli iskolán (<http://zimanyischool.kfki.hu/23/agenda>)

**Oktatási tevékenység:** Neurális hálózatok oktatásó BsC hallgatók számára a Korszerű számítástechnikai módszerek a fizikában 2 nevű tárgyon.

**Szakmai közéleti tevékenység:** Előadó Kutatók Éjszakáján, az ELTE szervezésében.

Tudományos ismeretterjesztés középiskolások számára a Tóparti Gimnázium és Művészeti Szakgimnáziumban

**Elismerések:** Doktoranduszi Kiválósági Ösztöndíj Program elnyerése.

**Cikkek:** Az utóbbi hetekben kezdtük el egy publikáció írását, mely megvalósításán folyamatosan dolgozom.