

2. félévi beszámoló

Gáliková Barbara (galikbarbara@gmail.com)

Csillagászat és Űrfizika PhD program

Témavezető: Forgácsné Dr. Dajka Emese

A dolgozat címe: **Szoláris és asztrofizikai magnetohidrodinamikai jelenségek vizsgálata**

1. Bevezetés

A napfizika számos nyitott kérdést tartogat számunkra és nincs ez másképp a napaktivitásra vonatkozó elméleteink tekintetében sem. Minden aktivitási jelenség központi csillagunk belsejében üzemelő mágneses dinamó következménye. A tökéletes dinamómodell még várat magára, melyhez számos empirikus vizsgálat eredményére van szükségünk, hogy időről-időre pontosítsuk a modelljeinket. Ma már elég sok aspektusát ismerjük a Nap viselkedésének, mint például a nagyjából 22 éves mágneses ciklust, vagy annál sokkal hosszabb vagy éppen rövidebb távú változásokat is. Az aktivitás előrejelzésére számos módszer ismert, ugyanakkor a dinamó okozta változékonyság még nagy kihívásokat állít az előrejelezni szándékozó tudósok elé (ezekről lásd például Nandy (2021) összefoglalóját).

Az utóbbi évtizedekben a napfizikai kutatások méginkább előtérbe kerültek, nem csak tisztán tudományos szempontok alapján, hanem társadalmi vonatkozásban is. Jelen társadalmunk már a hétköznapi életben is erősen függ a különböző technológiáktól, melyekre valódi veszélyt jelenthetnek a Nap által produkált szélsőséges aktivitási jelenségek. Példaként, a földkörüli pályára állított űreszközök teljesítményét és működését erősen befolyásolhatják az űridőjárási események, ezáltal zavarokat okozva a kommunikációban, navigációban és a kereskedelemben, sőt nagyon erős napkitörések esetén a Napból érkező részecskesugárzás akár a földfelszínen is kifejtheti hatását.

Az előbbiekből könnyen leszűrhető, hogy manapság már társadalmi szempontból is aktuális kutatási területnek számít a napaktivitási jelenségek folyamatos figyelemmel követése, valamint ezen empirikus adatokat vagy numerikus módszereket felhasználva annak lehetséges előrejelzése.

2. Félév során elvégzett kutatások

A félév elején bekapcsolódtam egy kutatásba, melynek keretén belül egy neurális háló segítségével szeretnénk előre jelezni a napaktivitás várható alakulását. Ehhez egy úgynevezett "tároló" jellegű neurális hálózatot (reservoir computing) használunk Jaeger (2001) és Lukoševičius (2012) alapján egy saját, Python nyelven írt megvalósítás keretében. Az alapötlet szerint az

empirikus adatokból kiindulva tanítjuk a hálózatot, majd a tanulási folyamat végén egy előrejelzést várunk tőle a következő napciklus erősségéről.

A neurális hálózatok használata és fejlesztése rohamosan fejlődő területnek mutatkozik, amit a szakirodalomban megtalálható megannyi különböző modell is alátámaszt. Az előrejelzésünk szempontjából fontos megjegyezni, hogy az ilyesféle hálózatok 2 módban üzemelhetnek:

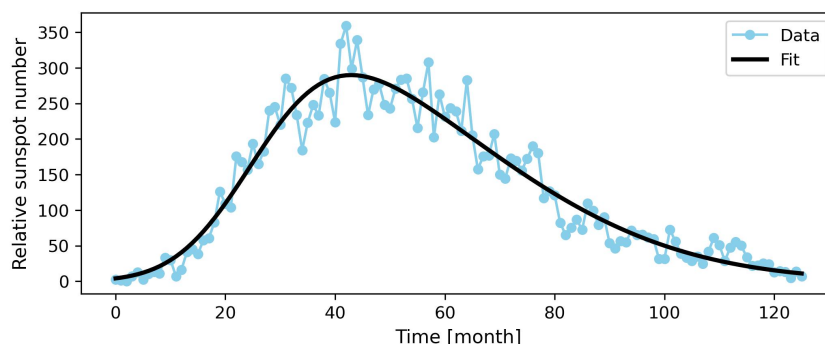
- **generative() mód:** a nevéből is következik, hogy ez a fajta módszer generálással alkotja az előrejelzést, azaz a betanítást követően az idősor egy adott értékével indítja az előrejelzést, majd az ily módon legenerált következő adatpont fogja a soron következő előrejelzés kiindulópontját képezni
- **predictive() mód:** a fentiekkel ellenben ezen módszer alkalmazásával egyfajta visszacsatolás van a rendszerben, vagyis a hálózatunk információval rendelkezik a teljes adatsorról.

A fellelhető megvalósítások közül nagyon sok esetben csak a második pontban ismertetett módszerrel képes működni a kód, melyek meglepően jónak tűnő "előrejelzéseibe" bele is futottunk a munka kezdetén. A napaktivitás előrejelzéséhez a generatív módra van szükségünk, hiszen egy jelenleg mindenki számára ismeretlen adatsort szeretnénk előre generálni és azt összehasonlítani a jövőben a valódi adatsorral.

Az ilyen hálózatoknak eléggé sok adatpontra van szükségük a megfelelő betanuláshoz, ami a napaktivitás tekintetében szintén nehézségeket okoz, hiszen a havi napfolt relatívszám adatsorunk is csak 1749-ig nyúlik vissza, a területadatok pedig még ennél is sokkal rövidebb adatsorokat képeznek. Ezért az alapötletünk szerint az empirikus adatokat felhasználva generálunk egy szintetikus adatsort a hálózat részére, amelyen a tanulás folyik, majd a tanulási folyamat végén legeneráljuk a soron következő napciklust. Az előrejelzéseket többféle adatsorra szeretnénk elvégezni, melyekből remélhetően a próbálkozásaink pontosítására vonatkozó következtetéseket tudunk majd levonni. Jelen munkához felhasználjuk a következő adatbázisokat: (I) Greenwich Photoheliographic Results és a (II) Debrecen Photogeliographic Data napfolt területeket tartalmazó adatbázisokat, valamint a (III) Royal Observatory of Belgium által biztosított International Sunspot Data adatsort, és végül (IV) a Nap 10,7 cm-es hullámhosszon mért rádiófluxusát.

A félév során tehát a fentebb említett adatok összegyűjtésével és elemzésével foglalkoztam. Minden szükséges adatot letöltöttem, majd mindegyiket havi adatpontokból álló adatsorrá alakítottam, melyre azért van szükség, hogy a betanított hálózatunk teljesen hasonló szerkezetű adatsorokat kapjon tanulásra. Az összes adatsort feldaraboltam egyedi napciklusokra, majd minden ciklust egy módosított Gauss-függvénnyel illesztettem meg, erre láthatunk egy példát az 1. ábrán. A ciklusok hosszát ismerjük, az illesztésekből megkapjuk az amplitúdót, a maximum elérésének idejét, a félértékszélességet és az aszimmetria paramétert. Ezen paraméterek felhasználásával állítottuk elő a tanulásra használt szintetikus adatsort.

Azt már a vizsgálatok elején tisztán láttuk, hogy a hálózat könnyebben megbírkózik az amplitúdó és a periódus változásával, és a nehézséget a többnyire erősen aszimmetrikus ciklusok



1. ábra. Az ábrán a 19. nappciklus esetében látjuk a napfolt relatívszám időbeli változását. A halvány kék vonal az adatsort szemlélteti, a fekete pedig a módosított Gauss-függvénnyel történt illesztést ábrázolja.

okozzák. Ugyanakkor a neurális hálózat is számtalan különféle paraméterrel rendelkezik, melyek optimális értékei erősen függenek a használni kívánt adatsorok tulajdonságaitól. A munka elején igyekeztünk alaposan utánajárni, mely paraméter mit szabályoz és változtatásai milyen hatással lehetnek a neurális hálózat működésére. Ezek a vizsgálatok nem könnyítik meg a dolgunkat, hiszen jelenleg a neurális hálózatok agyában zajló folyamatok gyakran egy fekete dobozra hasonlítanak. A lehető legjobb feltérképezés megvalósításához a metaparaméterek optimalizálására az ún. Markov-Chain Monte Carlo módszert használjuk. Úgy látjuk, hogy jelenleg már csak néhány végső futtatás hiányzik a munkából, amelyek befejeztével és kiértékelésével publikálni tudjuk a félév kutatásait.

Mindezen felül a ciklusok illesztéseit egyéb statisztikai vizsgálatokra is szeretném majd felhasználni lehetséges korrelációk után kutatva, valamint terveim között szerepel az első féléves beszámolóban ismertetett vizsgálatok folytatása is.

3. Publikációk

A félév elején 3 magyar nyelvű, ismeretterjesztő cikk is beküldésre került, melyek jelenleg a szerkesztők kezében várnak a megjelenésre. Ezek a következők:

- a Fizikai Szemlében megjelenő cikk:
Bebesi Zsófia, Gabányi Krisztina, Gálik Barbara, Forgácsné Dajka Emese: *Az exobolygók környezetében zajló, plazmafizikai folyamatokra visszavezethető rádiósugárzás észlelhetősége a Jupiterre vonatkozó ismereteink tükrében*
- a 2023-as Űrtan Évkönyvben jelenik meg az alábbi kettő:
Gálik Barbara, Forgács-Dajka Emese, Pádár Noémi, Bebesi Zsófia: *Napkutató az űrszondás mérések tükrében*
Kisvárdai Imre, Forgács-Dajka Emese, Gálik Barbara, Pádár Noémi, Bebesi Zsófia: *A kozmikus sugárzás és a napaktivitás kapcsolata*

4. Tanulmányi tevékenység

A félév során teljesített kurzusok:

- Kompakt csillagok szerkezete (FIZ/5/025)
- A Naprendszer peremén 2 (FIZ/5/048)
- Rádiócsillagászat II. (FIZ/5/010)

5. Konferenciák

2024. májusában részt vettem a Magyar Tudományos Akadémia 197. közgyűlésén (A FIZIKAI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottságának TUDOMÁNYOS ÜLÉSE, *A mesterséges intelligencia szerepe a csillagászati és űrfizikai kutatásokban*), ahol témavezetőm egy előadás keretében bemutatta a projektünket, melyen a félév során dolgoztunk Dr. Kovács Tamással közösen.

6. Oktatási tevékenység

A félév során a *Csillagászati észlelési gyakorlatok I.* (kurzus kódja: cseszlgyk1g17ga) kurzust tartottam földtudományi és fizika alapszakos hallgatóknak, mely heti másfél órás gyakorlatokat jelentett.

Hivatkozások

- Jaeger, Herbert (2001. jan.). „The " echo state " approach to analysing and training recurrent neural networks-with an erratum note”. *Bonn, Germany: German National Research Center for Information Technology GMD Technical Report 148.*
- Lukoševičius, Mantas (2012). „A Practical Guide to Applying Echo State Networks”. *Neural Networks: Tricks of the Trade: Second Edition.* Szerk. Grégoire Montavon, Geneviève B. Orr és Klaus-Robert Müller. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 659–686. old. ISBN: 978-3-642-35289-8. DOI: 10.1007/978-3-642-35289-8_36. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-35289-8_36.
- Nandy, Dibyendu (2021. márc.). „Progress in Solar Cycle Predictions: Sunspot Cycles 24-25 in Perspective”. 296.3, 54, 54. old. DOI: 10.1007/s11207-021-01797-2. arXiv: 2009.01908 [astro-ph.SR].