

## 4. félévi beszámoló

Góra Barbara (galikbarbara@gmail.com)

Csillagászat és Űrfizika PhD program

Témavezető: Forgácsné Dr. Dajka Emese

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

### Bevezetés

A napfoltok a Nap aktivitásának legjobb nyomjelzői, így átfogó vizsgálatukkal részletesebb képet kaphatunk csillagunk mágneses viselkedéséről. Ezen mágneses struktúrák észlelése évszázadok óta folyamatos, így hosszú időszakot felölelő adatbázisok állnak rendelkezésre a tanulmányozásukhoz. A hosszútávú változékonyság vizsgálatához és előrejelzéséhez elengedhetetlenek a több aktivitási ciklust lefedő adatbázisok. Mivel a szélsőséges napaktivitási jelenségek a földi életet is veszélyeztethetik, a tudományos jelentőség mellett társadalmi vonatkozása is van az aktivitási jelenségek megértésének és előrejelzésének. Az elmúlt 2 évben lehetőségem volt részt venni egy projektben, mely során neurális hálózatok és napaktivitási adatbázisok felhasználásával igyekszünk előrejelezni a napciklus várható alakulását.

A mérőműszerek fejlődése és az alkalmazott mérési módszerek eltérése jelentősen megnehezítheti a hosszú időszakokat lefedő, homogén adatbázisok létrehozását. A SOHO/MDI és SDO/HMI mérőműszerek adatai kiváló lehetőséget biztosítanak a napfoltok mágneses fejlődésének vizsgálatára, melyek együttes használatának lehetőségeit már több korábbi tanulmány is vizsgálta (lásd pl. Liu és tsai. (2012) és Suleymanova (2024)). A Debreceni Napfizikai Observatórium által létrehozott adatbázisban megtaláljuk a SOHO/MDI és SDO/HMI feldolgozott adatait is, melyek összehasonlítása és keresztkalibrációja megtalálható a Győri (2012) és Győri, Ludmány és Baranyi (2017) tanulmányokban. Vizsgálataim azt sejtették, hogy nem használható az általuk meghatározott általános korrekciós faktor az összes napfoltcsoportra egyaránt, így a további elemzéseim szempontjából elengedhetetlen volt, hogy körüljárjam, miként használható együttesen a két adatbázis.

### Az előző 3 félévben elvégzett kutatások

Az első félév során a napfoltcsoportok térbeli és mágneses fejlődésének vizsgálatával foglalkoztam. A területük, mágneses térerősségük és egyedi napfoltszámuk időbeli fejlődését egy módosított Gauss-függvénnyel illesztettem, majd az így kapott paraméterek közötti összefüggéseket vizsgáltam. A foltcsoportokra jellemző 3 különböző fejlődési út az én vizsgálataim alapján is kimutatható. Emellett megállapítottam, hogy a mágneses térerősségük és területük maximumának elérési időpontja nem feltétlenül esik egy időpontra, habár egyes elméletek szerint ez lenne az elvárás. Fejlődésüket tekintve kimutattam, hogy többségben vannak a gyorsan feltörő és lassan elbomló csoportok, ugyanakkor jelentős számban találtam közel szimmetrikusan fejlődő csoportokat is. Ezen vizsgálatok is a Debreceni Napfizikai Observatórium által gondozott adatbázisok alapján készültek (SOHO és SDO mérések egyaránt), így ezeket az eredményeket a jelen félévben elvégzett részletes keresztkorrelációs vizsgálatok alapján szükséges lesz újravizsgálnom, amelyekre a következő hónapokban kerül sor.

A második félév során a már említett napaktivitás-előrejelzési projektben vettem részt. Ehhez 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 tapasztalatok azt mutatják, hogy minél hosszabb adatsoron tud tanulni a hálózat, annál eredményesebb előrejelzéseket produkálhat. A hálózatunkat a leghosszabb rendelkezésre álló adatsoron hangoljuk be és tanítjuk: a Royal Observatory of Belgium által biztosított International Sunspot Data adatsoron, majd a megbízhatóbb előrejelzések

elérésének érdekében napfolt terület és rádiófluxus adatbázisok felhasználásával fogjuk pontosítani az eredményeket. A projektben az én feladatomban az említett adatbázisok adatainak összegyűjtése és rendszerezése, valamint azok alkalmassá tétele a hálózat tanítására. A neurális hálózatok olykor fekete dobozként működnek, feltérképezésük időigényes lehet, mely a mi munkánkat is jelentősen befolyásolta. Ugyanakkor az eredményeink biztatóak, a *Magyar Tudomány* folyóiratban megjelenés alatt áll az előzetes eredményeket tartalmazó cikk, és remélhetőleg a közeljövőben alkalmasak lesznek valamelyik nemzetközi, referált folyóiratban való publikálásra is.

A harmadik félévben visszatértem a napfoltcsoportok térbeli és mágneses fejlődésének vizsgálatához, ahol a SOHO és SDO adatait együttesen szerettem volna használni. Győri (2012) által a területekre meghatározott korrekciós faktor alkalmazásával azonban nem minden esetben sikerült kalibrálni az adatokat, így elkezdtem a debreceni adatbázisban található SOHO és SDO mérések összehangolhatóságának vizsgálatait. Mivel a két műszer nem mindig ugyanabban az időpillanatban végezte a méréseket, pontról pontra való összehasonlításra nem minden esetben volt lehetőség. Ezért egy meghatározott intervallumban kiszámítottam a foltcsoportok átlagos területértékeit, majd ezek összehasonlítását végeztem el. Külön vizsgáltam az umbra és a teljes területek összehasonlítását, valamint különbséget tettem kicsi és nagy foltcsoportok között. Jelentős különbségek adódtak a kisebb és nagyobb csoportok között, valamint az adatpontok jelentős szórása is azt sugallta, hogy nem lehetséges egyetlen korrekciós faktor alkalmazásával összehangolni a két adatbázisban található foltcsoportokra vonatkozó területeket.

## Félév során elvégzett kutatások

A félév során a harmadik félévben elkezdett összehasonlító vizsgálatokat folytattam a debreceni adatbázisban megtalálható SOHO/MDI és SDO/HMI feldolgozott adatok között. A vizsgálatokat kiterjesztettem, és nem csak a mért területértékek összehasonlítását végeztem el, hanem a mágneses térerősségek és a csoporton belüli egyedi napfoltszámokét is. Szimultán mérési adatpontokat és intervallumokban számolt átlagos értékeket is összehasonlítottam, hogy átfogóbb képet kapjak a lehetséges diszkrepanciákról. Egyértelmű szisztematikus eltéréseket azonosítottam: az SDO/HMI nagyobb umbra területeket, de kisebb teljes (umbra és penumbra együtt) területeket rögzít, mint a SOHO/MDI; több egyedi napfoltot azonosít, és erősebb mágneses mezőket mér mind az umbra, mind a penumbra régiókban. Emellett megállapítottam, hogy a foltcsoportok napkorongon elfoglalt helyzete is jelentős mértékben befolyásolja a mágneses térerősség értékekben megfigyelt különbözőségeket, így egészen más korrekciós faktort szükséges használni a napkorong szélén, mint a napkorong középponthez közelebbi régiókban. Felderítettem az adatbázisban található foltok polaritásának bizonytalanságait is, melyek megnehezítik a foltcsoportokon belüli pozitív és negatív részek szétválasztását. Területkorrekciókat tekintve a korábbi publikációkkal (lásd Győri (2012)) egyező eredményeket kaptam, ám a mágneses térerősség értékek összehasonlításából kapott eredményeim ellentmondásban állnak néhány korábbi tanulmánnyal (lásd pl. Liu és tsai. (2012) és Suleymanova (2024)), melyet bizonyára az eltérő feldolgozási módszerek okoztak. Összességében elmondható, hogy jelentős megfontolásokkal használható csak a két adatbázis együttesen. Ezen eredmények már elfogadásra kerültek egy nemzetközi folyóiratban, jelenleg megjelenés alatt állnak.

## Publikációk

Tudományos, referált publikációk (elfogadva, megjelenés alatt):

- **Forgács-Dajka Emese, Kovács Tamás, Góra-Gálik Barbara:** *Tároló jellegű neurális hálózat alkalmazhatósága a napaktivitás előrejelzésében*, Magyar Tudomány
- **Góra-Gálik, B., Forgács-Dajka, E., Ballai, I.:** *Ensuring Consistency in Sunspot Data: Reprocessing SOHO/MDI and SDO/HMI Datasets for Solar Magnetic Field Studies*, Universe

Ismeretterjesztő publikációk (névváltozás 2024 szeptemberében történt):

- **Gálik Barbara, Forgács-Dajka Emese, Pádár Noémi, Bebesi Zsófia:** *Napkutatás az űrszondás mérések tükrében*, Úrtan Évkönyv 2023
- **Kisvárdai Imre, Forgács-Dajka Emese, Gálik Barbara, Pádár Noémi, Bebesi Zsófia:** *A kozmikus sugárzás és a napaktivitás kapcsolata*, Úrtan Évkönyv 2023
- **Bebesi Zsófia, Gabányi Krisztina, Gálik Barbara, Juhász Antal, Forgácsné Dajka Emese:** *A plazmafizikai folyamatokra visszavezethető rádiósugárzás észlelhetősége az exobolygók környezetében I.*, Fizikai Szemle 2025/5

## Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

A félév során teljesített kurzusok:

- (Exo)Bolygóléggörök szeminárium II. (FIZ/5/044)

## Konferenciák

- 2023. október, *The Sixth Parker Heliophysics Scholars* online nemzetközi konferencia, előadásom címe: *"Time evolution of sunspot groups using intensity and magnetic data"*.
- 2024. május, a Magyar Tudományos Akadémia 197. közgyűlése (A FIZIKAI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottságának TUDOMÁNYOS ÜLÉSE A mesterséges intelligencia szerepe a csillagászati és űrfizikai kutatásokban), ahol témavezetőm mutatta be egy előadás keretében a projektünket.
- 2024. május, *Lectures on Modern Scientific Programming 2024* előadássorozat, résztvevőként.
- 2025. április, *31st Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics* online nemzetközi konferencia, előadásom címe: *Ensuring data consistency in Solar magnetism studies: a focus on SOHO/MDI and SDO/HMI sunspot data*.
- 2025. május, *The Ninth Parker Heliophysics Scholars* konferencia, előadásom címe: *From SOHO/MDI to SDO/HMI: Improving Continuity in Solar Magnetic Field Observations*
- 2025. május, *GPU Day 2025*, Budapest, résztvevőként.

## Oktatási és szakmai közéleti tevékenység

- 2024. július 23-án a XI. Eötvös Természettudományos Tábor Fizika szekciójának előadást tartottam a csillagászat fejlődéséről és történetéről.
- A 2023/2024 és 2024/2025-ös tanévek I. félévében a *Mérések és megfigyelések* (kurzus kódja: ft2mermeg0g17ga) kurzus csillagászat gyakorlatát tartottam földtudományi alapszakos hallgatóknak, mely 4 héten keresztül heti 2 órás gyakorlatot jelentett.
- A 2023/2024-es tanév II. féléve során a *Csillagászati észlelési gyakorlatok I.* (cseszlgyk1g17ga) kurzust tartottam földtudományi és fizika alapszakos hallgatóknak, mely heti másfél órás gyakorlatokat jelentett.
- 2024. szeptember 27-én az *ELTE TTK Kutatók Éjszakája* rendezvényen témavezetőmmel előadást tartottam a napaktivitás előrejelzésének fontosságáról és nehézségeiről, valamint néhány hallgatótársammal éjszakai távcsöves bemutatót tartottunk.
- Kisvárdai Imre, elsőéves csillagász MSc szakos hallgató TDK és 37. OTDK dolgozatának társ-témavezetője voltam.

## Hivatkozások

- Győri, L. (2012. okt.). „Study of Differences Between Sunspot and White Light Facular Area Data Determined from SDO/HMI and SOHO/MDI Observations”. *Solar Physics* 280.2, 365–378. old. DOI: 10.1007/s11207-012-9987-7.
- Győri, L., A. Ludmány és T. Baranyi (2017. febr.). „Comparative analysis of Debrecen sunspot catalogues”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 465.2, 1259–1273. old. DOI: 10.1093/mnras/stw2667. arXiv: 1612.03274 [astro-ph.SR].
- 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.
- Liu, Y., J. T. Hoeksema, P. H. Scherrer, J. Schou, S. Couvidat, R. I. Bush, T. L. Duvall, K. Hayashi, X. Sun és X. Zhao (2012. júl.). „Comparison of Line-of-Sight Magnetograms Taken by the Solar Dynamics Observatory/Helioseismic and Magnetic Imager and Solar and Heliospheric Observatory/Michelson Doppler Imager”. *Solar Physics* 279.1, 295–316. old. DOI: 10.1007/s11207-012-9976-x.
- 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](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35289-8_36).
- Suleymanova, Regina (2024. jún.). „Comparison of the magnetic fields in solar active regions derived with different instruments”. *Acta Astrophysica Taurica* 5.2, 1–5. old. URL: <https://astrophysicatauricum.org/index.php/aat/article/view/74>.