

I. félévi beszámoló

Soós Szabolcs (sz.soos@astro.elte.hu)

Részecskefizika és csillagászat PhD program

Témavezető: Prof. Dr. Erdélyi Róbert

A dolgozat címe: Developing state-of-the-art Space Weather forecast tools

Bevezetés

A Nap aktív régióiból (AR) származó flerek és korona-anyagkidobódások (CME) magyarázata a mai napig sem teljesen ismert annak ellenére, hogy ez a kutatás alapvető jelentőségű a Nap-Föld kapcsolatában. Kifejezetten fontos ez a téma modern civilizációnk és a kifinomult elektronikai rendszereink (technoszféra) védelme szempontjából, amelyekre a Naptól érkező nagy sebességű töltött részecskék jelentős kockázatot jelentenek. A nagy energiájú kitörések gyakorisága a 11 éves napciklust követik. A ciklus maximumán több veszélyes, nagy energiájú fler és CME is keletkezhet (akár 2-3 kitörés is havonta). A legtöbb fler illetve CME a napfoltcsoportok körüli mágnesesen aktív régiókból származik. Naplégköri magasság szempontjából a kitörések bölcsője a fotoszféra és az alsóbb korona közti, ún. Átmeneti Régió (Interface Region) ami nem azonos az Átmeneti Zónával.

Kutatásom során a napkitörések előrejelezhetőségét, ill. annak pontosságát kívánom javítani. Nevezetesen, ahhoz, hogy a jelenlegi módszerekhez képest lényegesen jobban becsüljük meg a fler/CME kitöréseket, meg kell mérni és kiértékelni a mágneses, sebesség és intenzitás adatokat a naplégkör magassága függvényében. Elsődlegesen, arra töreksem, hogy megvizsgáljam az alsóbb naplégkörben a fler/CME előtti mágneses tér dinamikát az AR-k feletti 3-dimenziós mágneses térszerkezet időbeni rendszeres megalkotásával, illetve nyomon kövessék időbeli fejlődésüket különösen figyelve a WGM (Korsós et al., 2015, 2019, 2020a), és a mágneses helicitás (Korsós et al., 2020b) változásaira.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése

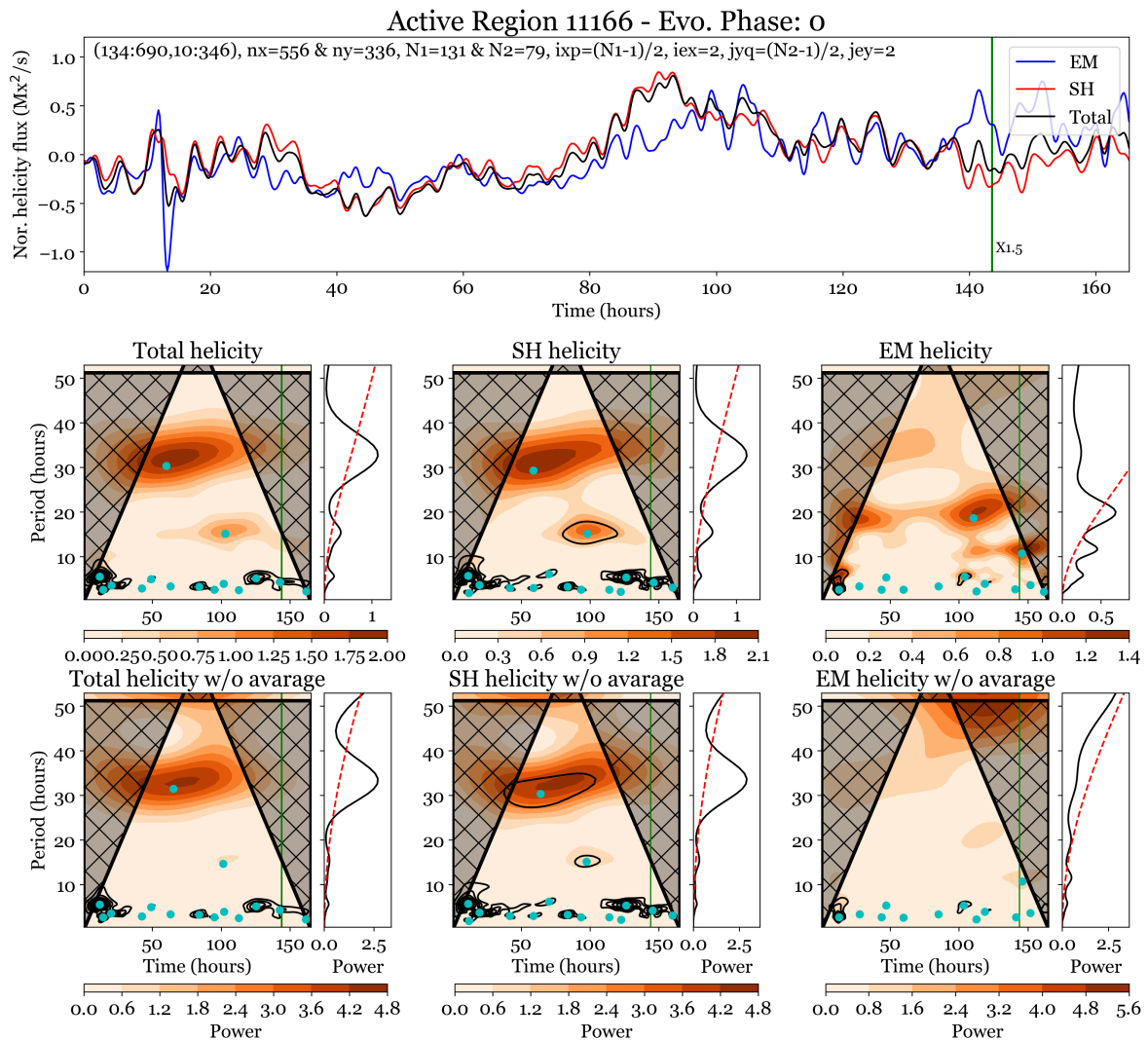
Első félévi munkámat a mágneses potenciáltér és nem-lineáris tér interpolációk alkalmazásának megismerésével kezdtem. Majd Korsós, M. B. et. al. által kifejlesztett WGM és fotoszférikus mágneses helicitáson alapuló fler/CME előtti dinamikát feltérképező eljárással ismerkedtem meg. A szükséges alapismeretek megszerzése után az érdemi munkába is bekapcsolódhattam. A kutatásomhoz nélkülözhetetlen AR mágneses vektormező adatok a Spaceweather Helioseismic Magnetic Imager Active Region Patches (SHARP) adatbázisból töltöttem le. Elsőként azt vizsgáltam meg, hogy annak függvényében, hogy a SHARP adatokból milyen paraméterekkel vágom ki az adott AR-t, hogyan változik meg annak normált „emerging”, „shearing”, és „total” mágneses helicitás komponensei. Majd vizsgáltam, hogy az ezen helicitási komponensek feldolgozására használt DAVE-DAVE4VM csomag paramétereinek változtatása, milyen hatással jár magára a helicitás komponenseire nézve. Miután sikerült a paramétereket beállítani, az eljárás még kiegészült a mágneses térerősség adott intervallumban vett értékeire való szűkítéssel. Ahhoz, hogy elkerüljük a később elvégzendő wavelet analízisben megjelenő SDO saját periódusait (Smirnova et al., 2013), szükségessé vált, hogy a SHARP adatokban a térerősséget 2000 G felett 2000 G-nak, a -2000 G alattiakat -2000 G-nak, illetve a ± 200 G közöttieknek 0 G-t adjunk. Ezt követően végeztem el Korsós et al. (2020b) analógiájára a helicitás analízist 28 db, új AR-ra, az előbb felsorolt módosításokkal. Ehhez 12 perces SDO műhold vektor magnetogramm adatokat használtam fel. Az AR-kat több szempont alapján, a következők szerint választottam ki: egy AR-nak a centrálmeridiántól való szögtávolsága $\pm 60^\circ$, hogy a lehető legjobb minőségű adatokat kapjam (Bobra et al., 2014). Továbbá, két fő csoportba szedve 14-14 db flerező és nem-flerező AR került kiválasztásra. Fontos, hogy minden egyes kiválasztott AR a legösszetettebb δ -típusú foltot tartalmazza.

A fleres AR-knak teljesíteniük kell, hogy legalább egy darab X-osztályú fler legyen hozzárendelhető. Ha egy ún. Fast-

Coronal Mass Ejection (Fast-CME) is bekövetkezett, az nem zárta ki az adott jelöltet. (A Fast-CME alsó határára, mivel erre vonatkozóan egyelőre nincs teljes konszenzus a szakirodalomban, 800 km/s lineáris sebességet szabtam meg.) A nem-flerező AR-nak pedig csak az az AR felel meg, amely nem produkál C-osztályú flernél nagyobb, illetve Fast-CME-t sem.

A vizsgált AR-k evolúciós fázis szerint három csoportba kerülhettek annak függvényében, hogy a vizsgált időben átlagosan milyen változást mutatnak: kialakuló/fejlődő, stabil vagy elhaló/lebomló.

Ezután a különböző helicitás komponensekre wavelet analízist végeztem el. Előtte még a számolt helicitás komponenseken egy egyszerű 24 órás simítást is elvégeztem, a nem simított adatok mellé. A simítás segít a kis periódusokat kiemelni. Mivel szükségünk van a waveleten megjelenő periódusok nagyságára, és bekövetkeztének idejére a vizsgált tartományban, ezért ehhez többféle csúcs kereső algoritmust teszteltem.

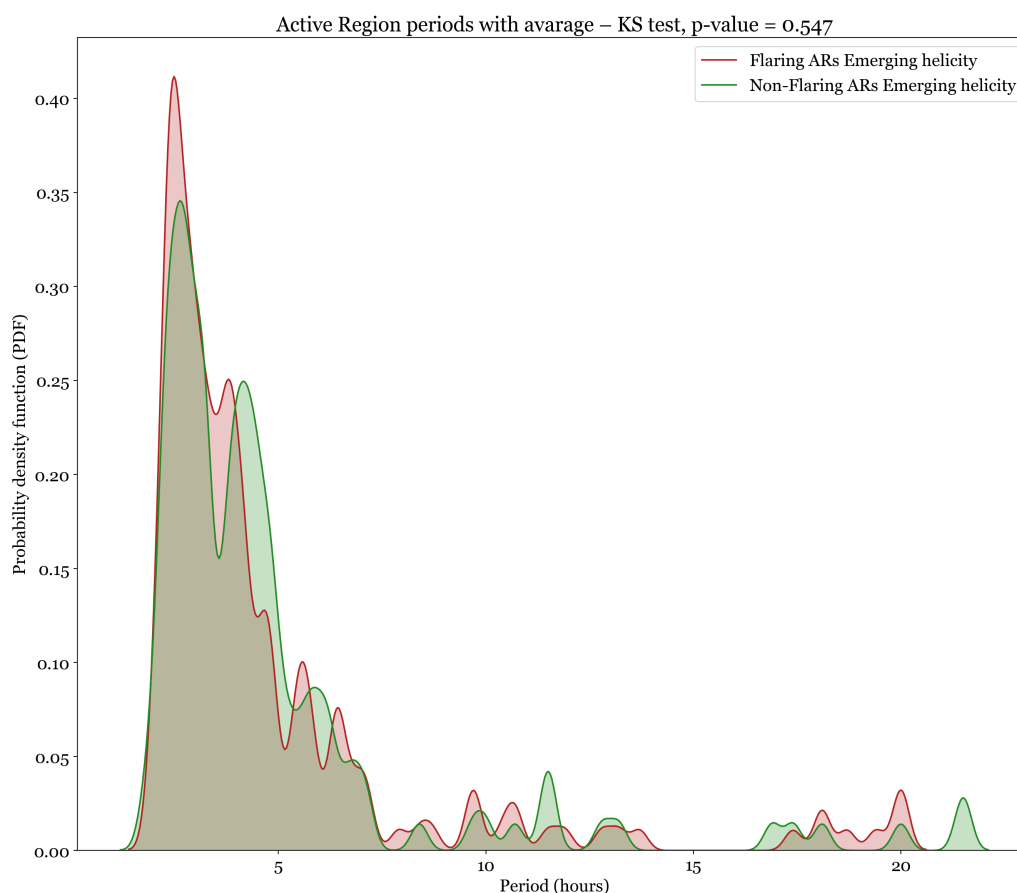


1. ábra. Egy tipikus AR wavelet analízise. A felső panelen a normált „emerging”, „shearing”, és „total” helicitás időbeni fejlődése látható. A függőleges zöld vonal a fler felfénylésének idejét mutatja. A középső paneleken sorban a „total”, „shearing”, és „emerging” helicitás wavelet power spektruma látszik simított adatokkal. Az alsó paneleken ugyanez, simítatlan adatokkal. A fekete kontúrvonalak a szignifikancia értékeket mutatja. Az x -tengelyen a vizsgált időintervallum, míg az y -tengelyen a periódusok találhatók. A fekete rácsozott terület a cone of influence, ahol már a vizsgált időintervallum véges volta miatt bekövetkező bizonytalanság már túlzottan nagy mértékűvé válik. Minden wavelet spektrum jobb oldalán látható a hozzátartozó globális wavelet spektruma (power időben átlagolva), a piros szaggatott vonal az 1σ szintet jelöli.

Vizsgálataim alapján, többek között az skimage lokális maximum kereső függvénye, illetve egy jóval összetettebb ún.

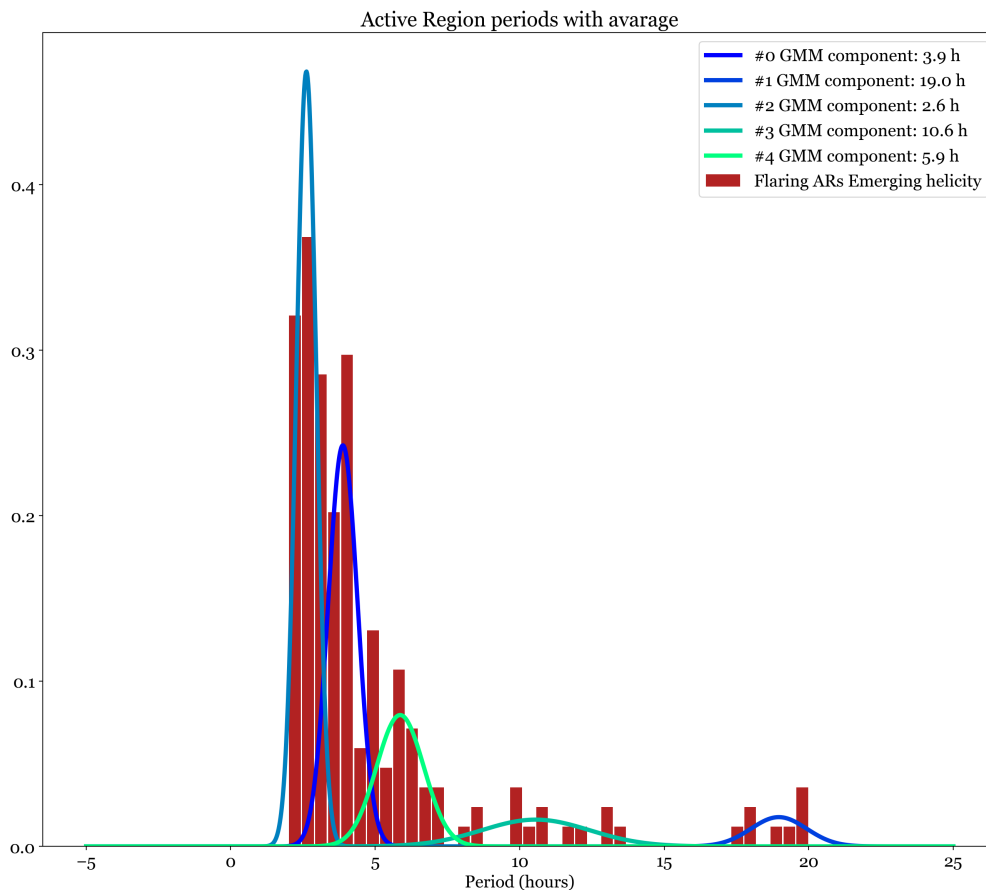
„persistent homology” eljárás tűnik a legígéretesebbnek. Ezen eljárások megfelelő paraméterezése, megbízhatóságának tesztelése, ill. hogy csak az 1σ feletti, hosszabb ideig élő periódusokat válasszuk ki automatikusan, még jelenleg is zajlik. Persistent homologyval elért eddigi eredmények, az 1. ábrán láthatóak. Itt most nem a wavelet power spektrumban jelentkező narancs csúcsokra keres, hanem a fekete kontúrvonalakra, ami a különböző szignifikancia szinteknek felel meg. A csúcskeresés csak az 1σ feletti adatokat veszi figyelembe. Értelemszerűen a cone of influenceen kívül eső csúcsokat sem tartom meg. A csúcsok további vizsgálata szükséges, hogy megállapíthassuk az eloszlási tendenciákat a különböző esetekben.

A meghatározott csúcsoknak egyszerű eloszlását már megvizsgáltam 12 esetre. A következő szempontok alapján: simítva – simítás nélkül, flerező AR-k – nem-flerező AR-k, „shearing” – „emerging” – „total” helicitás. Erre egy példa a 2. ábrán látható.



2. ábra. Simított adatokkal, a flerező és nem-flerező AR-kra, az „emerging” helicitásban megjelenő csúcsok PDF-e.

A flerező és nem-flerező AR-k eloszlásainak összehasonlítására Kolmogorov–Smirnov próbát végeztem. Ezzel párhuzamosan mind a 12 esetre a Gaussian Mixture Model (GMM) segítségével Gauss-féle eloszlásokat illesztettem. Az illesztett Gauss-eloszlások számát a legjobb Bayesian information criterion és Akaike information criterion értékek határozták meg. Viszont, közben egyértelművé vált, hogy a periódusok ún. sávokban (band-ekben) jelennek meg, ezért a GMM megfelelő paraméterét mindig úgy állítottam be, hogy ezek a band-ek feltűnőek legyenek, lásd 3. ábra.



3. ábra. Flerező AR-k, az „emerging” helicitásban megjelenő csúcsokra a Gaussian Mixture Model segítségével illesztett Gauss-görbék.

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

- A Naprendszer peremén (FIZ/2/087E), Rádiócsillagászat I. EA (FIZ/2/032E) kurzusokat vettem fel.
- STFC Introductory Solar System Plasmas Summer School (2020. 08. 24.–27.)
- Eric Priest – Magnetohydrodynamics of the Sun

Konferenciák az aktuális félévben

- UKSP Specialist Discussion Day (2020. 07. 30.–31.)
- ESPOS 2020. 09. 10. óta minden második héten csütörtökönként.
- UK-SOSS 2020. 09. 17. óta csütörtökönként, havonta egy alkalommal.
- European Space Weather Symposium 2020 (2020. 11. 2.–6.)

Oktatási tevékenység az aktuális félévben

- Csillagászati észlelési gyakorlatok 4 (cg1c4eg4, cseszlglyk4g17ga), heti 2 órában.

Hivatkozások

- M. G. Bobra, X. Sun, J. T. Hoeksema, M. Turmon, Y. Liu, K. Hayashi, G. Barnes, and K. D. Leka. The Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) Vector Magnetic Field Pipeline: SHARPs - Space-Weather HMI Active Region Patches. *Solar Physics*, 289(9):3549–3578, September 2014. doi: 10.1007/s11207-014-0529-3.
- M. B. Korsós, A. Ludmány, R. Erdélyi, and T. Baranyi. On Flare Predictability Based on Sunspot Group Evolution. *The Astrophysical Journal, Letters*, 802(2):L21, April 2015. doi: 10.1088/2041-8205/802/2/L21.
- M. B. Korsós, Shuhong Yang, and Robertus Erdélyi. Investigation of pre-flare dynamics using the weighted horizontal magnetic gradient method: From small to major flare classes. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 9:A6, January 2019. doi: 10.1051/swsc/2019002.
- M. B. Korsós, M. K. Georgoulis, N. Gyenge, S. K. Bisoi, S. Yu, S. Poedts, C. J. Nelson, J. Liu, Y. Yan, and R. Erdélyi. Solar Flare Prediction Using Magnetic Field Diagnostics above the Photosphere. *The Astrophysical Journal, Letters*, 896(2):119, June 2020a. doi: 10.3847/1538-4357/ab8fa2.
- M. B. Korsós, P. Romano, H. Morgan, Y. Ye, R. Erdélyi, and F. Zuccarello. Differences in Periodic Magnetic Helicity Injection Behavior between Flaring and Non-flaring Active Regions: Case Study. *The Astrophysical Journal, Letters*, 897(2):L23, July 2020b. doi: 10.3847/2041-8213/ab9d7a.
- V. Smirnova, V. I. Efremov, L. D. Parfinenko, A. Riehoakainen, and A. A. Solov'ev. Artifacts of SDO/HMI data and long-period oscillations of sunspots. *Astronomy & Astrophysics*, 554:A121, June 2013. doi: 10.1051/0004-6361/201220825.