

A Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban zajló ELF mérések automatikus megjelenítése

SZABÓNÉ ANDRÉ KAROLINA^{1*}, BOZÓKI TAMÁS¹, BÓR JÓZSEF¹,
SZABÓ CSONGOR¹ ÉS SÁTORI GABRIELLA¹

¹Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (ELKH FI), Sopron

Absztrakt

2020. július 6-ától a Nagycenk közelében található Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban (SZIGO, IAGA kód: NCK) mért extrém alacsony frekvenciás (ELF) adatok automatikusan megjelennek az obszervatórium honlapján (<http://nckobs.hu/data/sr/>). Az automatikusan generált ábrákon a H_{NS} , H_{EW} és E_Z térkomponensek dinamikus spektrumai, illetve az első három Schumann-rezonancia (SR) módus amplitúdója és frekvenciája jelenik meg. Ez utóbbi mennyiségeket a komplex demoduláció módszerével, az E_Z mérésből számoljuk. Ez a fontos fejlesztés lehetővé teszi a mérések állapotának folyamatos nyomonkövetését. A nyilvánosság számára jelenleg csak az aktuális nap ábrája érhető el, viszont a kutatóintézet munkatársai hozzáférnek az archivált ábrákhoz is. A weblap látogatói statisztikája azt mutatja, hogy számottevő az érdeklődés a méréseink iránt.

Kulcsszavak: Schumann-rezonancia, extrém alacsony frekvencia, adatfeldolgozás, adatmegjelenítés.

Motiváció

A SZIGO-ban a globális elektromos áramkör váltóáramú jelenségeinek, különösen a Schumann-rezonanciák (SR-ák), folyamatos monitorozása az 1990-es évek elején kezdődött egy gömbantenna telepítésével (Sátori és társai, 1996, 2013; Bór és társai, 2020). A rendszer 1996-ban két indukciós magnetométerrel egészült ki. Az első három SR módus modális frekvenciáinak és amplitúdóinak meghatározására a

*Levelező szerző: Szabóné André Karolina (szabone.a.karolina@epss.hu)

komplex demoduláció algoritmust találtak a legmegfelelőbbnek. 2003-ig csak az így kapott spektrális paramétereket archiválták. 2003-ban a rendszer továbbfejlesztésével már a nyers idősorok tárolása is lehetővé vált.

Az utóbbi években a mérőrendszer elöregedése miatt egyre több és több probléma volt a mérésekkel. Emiatt felmerült az igény a mérések folyamatos monitorozására. Az áttekinthető ábrák általában standard, ingyenesen elérhető produktumnak számítanak más geofizikai obszervatóriumokban (pl. Sodankylä Geophysical Observatory, <https://www.sgo.fi/>). Ezért úgy döntöttünk, hogy kifejlesztjük a saját programunkat, ami automatikusan megjeleníti az ELF adatainkat az obszervatórium honlapján.

Megvalósítás

Az automatikus ábrázoló program 10 percenként dolgozza fel a nyers adatfájlokat. Ezeket az .fw4 kiterjesztésű adatfájlokat egy Symmetric Research (SymRes) 4 csatornás adatgyűjtőből kapjuk. Egy ütemezett batch fájl elindít egy Python programot, ami végrehajtja a komplex demodulációt és dinamikus spektrumokat számol 10 perc hosszú adatsorokból. A feldolgozott időszak vége mindig 5 perccel korábban van, mint a program futásának kezdete. A dinamikus spektrumok spektrális paraméterei 10 másodperces időablak és 5 másodperces eltolás alkalmazásával számíthatók. Ezt követően a program az 1 perces átlagokat írja ki .csv fájlokba. Mindhárom adatcsatornához külön fájl tartozik. Az első három SR módus amplitúdóját és frekvenciáját csak az E_z komponensből számoljuk a komplex demoduláció algoritlussal. Ezek az adatok egy negyedik .csv fájlba kerülnek. A program a .csv fájlkat minden nap elején létrehozza és a nap folyamán 10 percenként hozzáfűzi az újabb adatokat. A program utolsó része a .csv fájlokban lévő adatok beolvasása és ábrázolása.

A mágneses tér észak-déli (angolul North-South, rövidítve: NS) komponensét még az eredeti, 1996-ban telepített indukciós tekercs méri. 2016 novemberétől a kelet-nyugati (angolul East-West, rövidítve: EW) komponensét egy LEMI-120 mágneses antenna regisztrálja, ugyanis az eredeti antennát ki kellett cserélni. Fontos különbség, hogy a két antenna eltérő érzékenységgel és átviteli karakterisztikával rendelkezik. Annak érdekében, hogy mindkét antennából érkező jelről megfelelő képet kapjunk, a dinamikus spektrumot bemutató ábrán eltérő színskálát alkalmazunk. A színskála legnagyobb értéke a H_{NS} komponensét regisztráló régi antenna esetében 57%-kal nagyobb, mint a H_{EW} komponensét regisztráló új LEMI antenna

esetében.

Az automatikusan generált ábrán öt al-ábra látható (1. ábra). Az első három a H_{NS} , H_{EW} és az E_z térkomponensek dinamikus spektrumát mutatja, az utolsó kettő pedig a komplex demoduláció eredményét: az E_z térkomponensből számolt amplitúdókat és frekvenciákat. Az első három SR módus frekvenciája sorban nagyjából 7, 9; 14, 1; illetve 20 Hz. Ahhoz, hogy egy grafikonon ábrázolhassuk ezeknek az idősorait, három y tengelyt használunk, amelyeket különböző színnel jelölünk. Az ábrán a feliratok angol nyelvűek, mivel az obszervatórium honlapja is angol nyelvű.

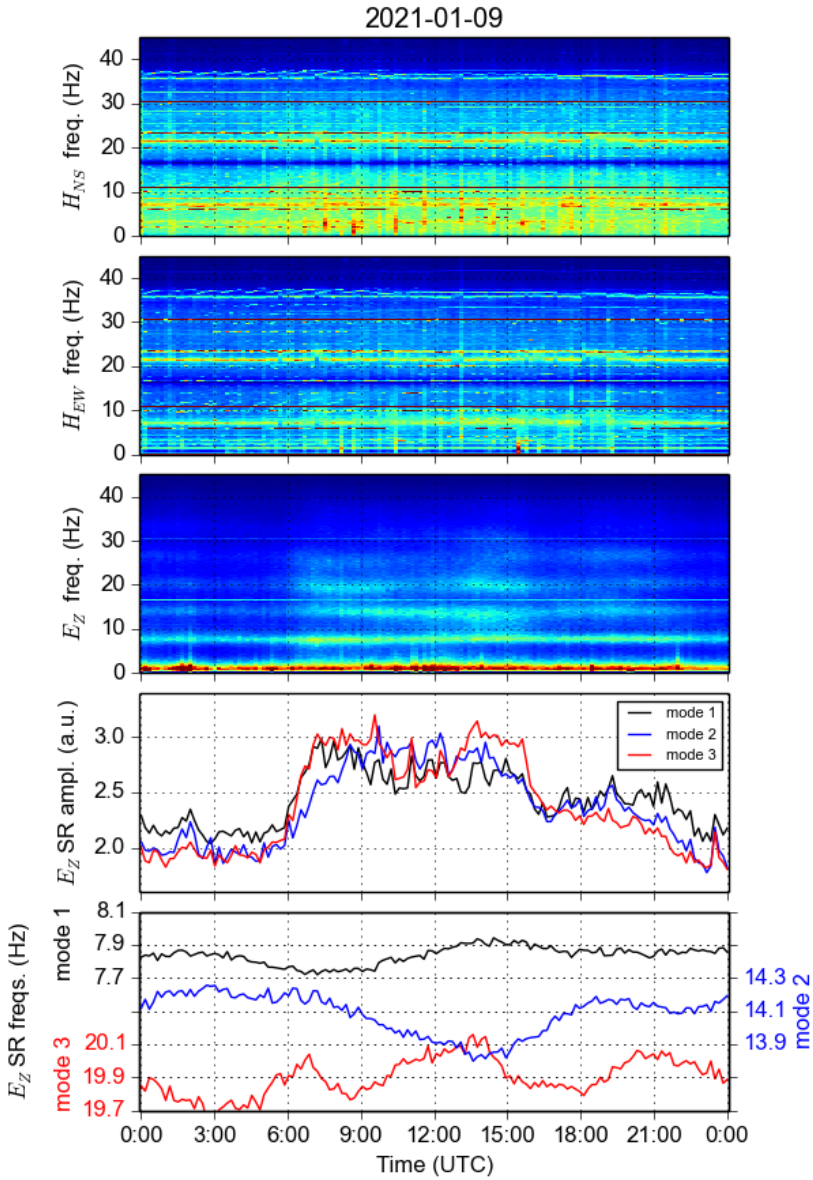
Az ábra mindig ugyanolyan néven van elmentve egy .png fájlba. A képfájl FTP kapcsolaton keresztül felkerül az nckobs.hu-ra és megjelenik a honlapon. A nap végén, amikor az ábrán már egy teljes nap adatai szerepelnek, az ábra másik néven is elmentődik, amely név már tartalmazza az adott nap dátumát. Ez a fájl is feltöltődik az nckobs.hu-ra belső használatra, illetve egy NAS tárhelyre is az archivált .fw4 adatfájlok mellé.

A programot úgy állítottuk be, hogy ha a komplex demodulációval nem lehet meghatározni az amplitúdókat és frekvenciákat, akkor egy figyelmeztető e-mailt küld arról, hogy elveszett a gömbantenna jele. A program akkor is küld emailt, ha helyreállt a jel.

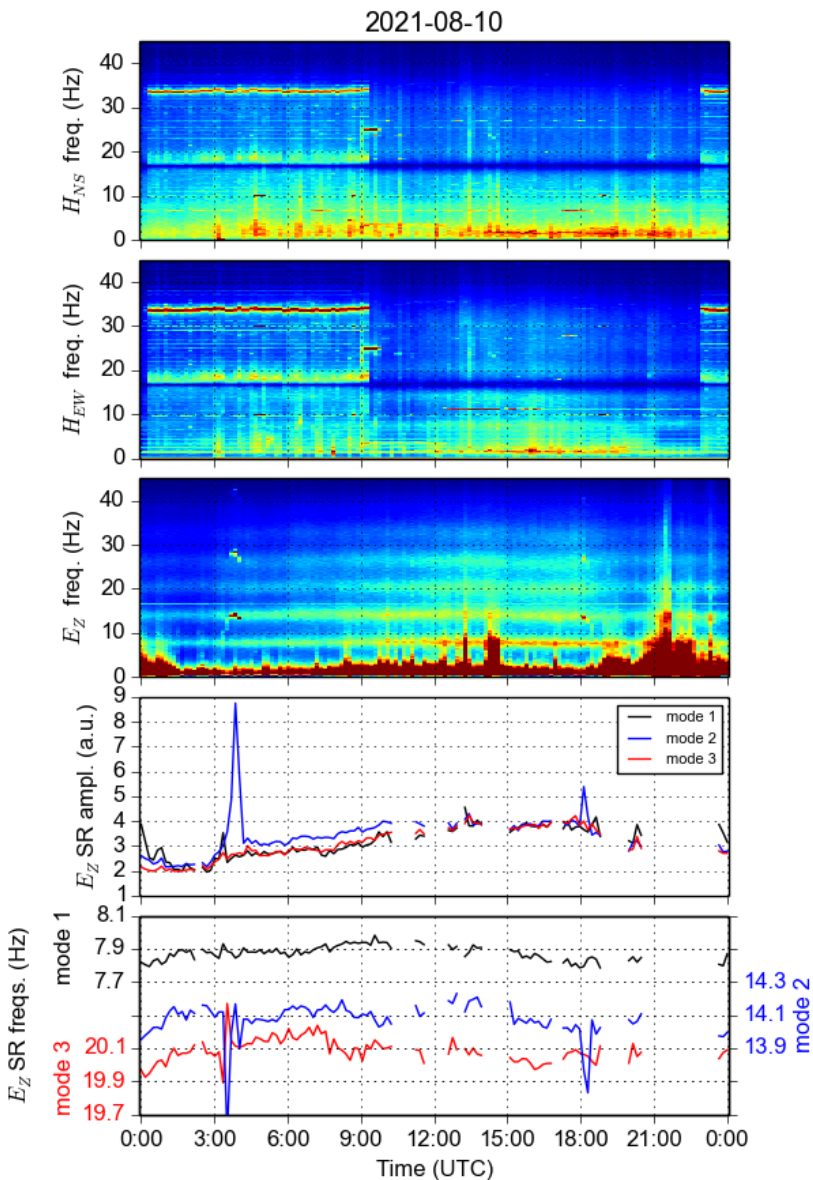
Az ábráról leolvasható információk

Az ábra elsődleges szerepe az, hogy segít figyelemmel kísérni a SR mérések állapotát. A színskálákat úgy állítottuk be, hogy jól látszódjanak a SR csúcsok amikor csendesek a helyi körülmények (pl. nincs erős szél, csapadék, közeli zivatarok, amelyekben erős elektromos aktivitás zajlik az ELF sávban is). Ha a helyi körülmények zavartak, akkor a SR csúcsok nem láthatók a nagy zaj miatt. Ezekben az esetekben a komplex demoduláció nem tud megfelelően működni és hibás értékeket produkál vagy nem ad eredményt. Emiatt az automatikus adatfeldolgozó kód által generált ábrákon lévő görbék és értékek nem tekinthetők referenciának. Az adatokat és eredményeket ellenőrizni kell, mielőtt bármiféle módon értelmeznénk őket vagy bármilyen következtetést le lehetne vonni belőlük.

A felső három panelen látható dinamikus spektrum (1. ábra) jól mutatja, hogy a SZIGO-ban a vertikális elektromos térkomponensben a SR-ák nagyon jól mérhetőek. A szokásos természetes és a kevés mesterséges zavartól eltekintve a SR jelenség jól felismerhető. A mesterséges eredetű zavarok egyik jellemzője, hogy hirtelen kezdődnek és hirtelen érnek véget. Elsődlegesen ez segít elválasztani a mesterséges



1. ábra. A SZIGO-ban, 2021. január 9-én mért Schumann-rezonancia adatokat bemutató, automatikusan generált ábra.



2. ábra. A SZIGO-ban, 2021. augusztus 10-én mért Schumann-rezonancia adatokat bemutató, automatikusan generált ábra.

és természetes zajokat egymástól, mivel ez utóbbiak felfutása és lecsengése általában fokozatos. Az E_z jelben az egyik zavaró, mesterséges zaj forrása az obszervatórium elektromos áramhálózatában található inverter. A SZIGO-ban ugyanis működik egy napelemes rendszer. Ez a mesterséges zaj általában hajnalban és szürkületkor figyelhető meg, amikor még, illetve már nem jut elég fény a napelemekre és az akkumulátorokról való működés folyamatosan ki-be kapcsolódik (2. ábra).

Az 1. és a 2. ábra egyaránt mutatja, hogy a SZIGO-ban a horizontális mágneses mező erősen szennyezett keskeny- és szélessávú zajokkal. Emiatt a SR-ák az idő nagy részében nem értékelhetők ki megfelelően ezekben a jelekben. Néha, pár órás időszakokban a zajszint alacsony, így az első vagy a második SR módus kivethető a H_{EW} térkomponens dinamikus spektrumában (2. ábra). Ez azt mutatja, hogy az ELF sávú zajszintek a SZIGO-ban irányfüggőek. Valószínűleg horizontális elektromos áramok okozzák az erős zajt a mágneses térben a SZIGO-ban. Ezek az elektromos áramok a talaj felső rétegeiben vízszintesen folyhatnak, és forrásuk nagy valószínűséggel az obszervatóriumtól alig néhány km-re délre futó villamosított vasútvonalak forgalmát kiszolgáló villamosenergia-rendszer tökéletlen, szivárgó földelése.

Látogatói statisztika

Ebben a bekezdésben bemutatunk néhány érdekes információt a honlapunk (<http://nckobs.hu/data/sr/>) látogatóiról. A bemutatott adatokat 2021. szeptember 9-én összegeztük. A látogatottságot egy ingyenes szolgáltatás, a clicky.com használatával követjük nyomon. A 2021. augusztus 13. és szeptember 9. közötti 28 napos időszakban 1149-en látogatták meg a honlapunkat az intézetből származó megtekintéseket nem számítva. A látogatók száma mellett a követőprogram a látogatók földrajzi elhelyezkedéséről is gyűjti az információt. A 28 napos időszak során a legtöbb látogató magyarországi volt (1054, 92%). Külföldről is voltak érdeklődők, mégpedig a következő országokból (a látogatók száma zárójelben szerepel minden ország neve után): Szlovákia (17), Ausztria (16), Románia (14), Egyesült Királyság (12), Németország (9), USA (6), Horvátország (5), Szerbia (5), Csehország (4), Franciaország (2), Belgium (1), Hollandia (1), Írország (1), Spanyolország (1) és Svájc (1). A látogatók nagy száma igazolja, hogy méréseink iránt jelentős az érdeklődés.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal K115836-os számú OTKA pályázata támogatta.

Irodalomjegyzék

- Bór, J., Sántori, G., Barta, V., Szabóné-André, K., Szendrői, J., Wesztergom, V., Bozóki, T., Buzás, A., & Koronczay, D. (2020). Measurements of atmospheric electricity in the Széchenyi István Geophysical Observatory, Hungary. *History of Geo- and Space Sciences*, 11(1), 53-70, <https://doi.org/10.5194/hgss-11-53-2020>
- Sántori, G., Rycroft, M., Bencze, P., Márcz, F., Bór, J., Barta, V., Nagy, T., & Kovács, K. (2013). An Overview of Thunderstorm-Related Research on the Atmospheric Electric Field, Schumann Resonances, Sprites, and the Ionosphere at Sopron, Hungary. *Surveys in Geophysics*, 34, 255-292, <https://doi.org/10.1007/s10712-013-9222-6>
- Sántori, G., Szendrői, J., & Verő, J. (1996). Monitoring Schumann resonances – I. Methodology. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 58(13), 1475-1481, [https://doi.org/10.1016/0021-9169\(95\)00145-X](https://doi.org/10.1016/0021-9169(95)00145-X)