

Tranziens geomágneses jelenségek jelalakvizsgálata

STEINER TIBOR¹ (témavezető), WESZTERGOM VIKTOR¹, ZIEGER BERTALAN¹

T. STEINER, V. WESZTERGOM, B. ZIEGER: Signal analysis of transient geomagnetic phenomena

OTKA nyilvántartási szám: T 7640

A geomágneses indexek meghatározása, a tranziens jelenségek kiválogatása, osztályozása úgy történik, hogy a kiértékelő a grafikus megjelenített idősort egy olyan mintához hasonlítja, melyet a tapasztalat alakított ki. Célnk ennek a szubjektivitást sem nélkülöző gyakorlatnak az algoritmizálása, kiváltása volt. Mintaesemények halmazából faktoranalízissel kiemeltük a legfőbb morfológiai jegyeket, illetve az ezeket hordozó eseményeket. Ezek az események képzik az osztályozási kritérium meghatározásának — a tanulási folyamatnak — az alapadatait. Az osztályozáshoz a *perceptron neuron modellt* választottuk. Többretegű neuron modell egyidejűleg több jelenségtípus felismerését is lehetővé teszi.

A Nagycenki Geofizikai Observatórium 1957 óta folyamatos, egyedülállóan hosszú adatsora lehetővé teszi a geomágneses pulzációs aktivitás, a naptevékenység és a napszél-paraméterek kapcsolatának vizsgálatát. A nagyon hosszú idősorokra a Welch-féle módszerrel becslött spektrális sűrűségfüggvényt használtuk az átlagos spektrum számítására. Az erővonal rezonancia eredetű hullámokat az upstream hullámoktól három állomásból álló hálózat adatait felhasználva, optimum szűréssel sikerült elkülöníteni.

1. Aktivitási mértékek valós idejű meghatározása, tranziens jelenségek osztályozása

A K index automatikus meghatározása

Az indexek közül a legszélesebb körben használt és számunkra is a legfontosabb a *K* index, amelyet BARTELS kezdeményezésére 1938 óta határoznak meg. A *K* indexről annyit kell tudni, hogy 3 órás időtartamra vonatkozik, a napi járás eliminálása után megmaradó legnagyobb és legkisebb érték különbségéből határozzák meg. Léptéke kvázilogaritmikus, 0–9 értékeket vehet fel. Figyelembe véve, hogy napjainkban a már több mint 50 éves, *K* indexekkel jellemzett idősor pótolhatatlan, további folyamatos meghatározását biztosítani kell. Mindinkább szükségessé vált alkalmas számítógépes eljárás kidolgozása. Az index automatikus meghatározásának nehézsége abban van, hogy a napi járást eliminálni kellene, a napi járás pedig fizikailag definiálatlan.

Az indexek meghatározását a történeti okok mellett más érvek is alátámasztják. A mágneses tér helyről helyre változik, regionálisan a vezetőképesség inhomogenitásaitól, globálisan pedig elsősorban a geomágneses szélességtől és a helyi időtől függ. A *K* index kvázilogaritmikus skáláját

minden obszervatóriumban a helyi adottságok figyelembevételével, tapasztalati úton határozták meg. Ez pedig implikálja, hogy a *K* indexek elvben függetlenek a Föld elektromágneses paramétereinek változásaitól csakúgy, mint a geomágneses szélességtől. Szemben tehát *B*, különböző helyen mért értékeivel, a *K* indexek összehasonlíthatók a primer források vonatkozásában.

Az IAGA V/5 munkacsoportja 1993-ban közzétette azoknak az algoritmusoknak a listáját, amelyeket alkalmasnak talált a *K* index automatikus meghatározására. A megfelelő algoritmus kiválasztását több mint 10 éves vita előzte meg. Ennek során az alábbi kritériumok fogalmazódtak meg a korábbi, sok szubjektív elemet is tartalmazó manuális eljárást felváltó módszerrel szemben:

— Maximálisan összhangban legyen a Bartels- (és Mayaud-)féle definíció alapján meghatározott index és az automatizált eljárás eredménye. Szakítani kellett tehát azzal az elképzeléssel, hogy az „új” *K* index fizikai tartalommal bírjon.

— Az automatikus eljárással szemben sem várható el jobb egyezés, mint amit két gyakorlott kiértékelő képes elérni, ugyanazon adatsor esetén.

— Az eljárásnak alkalmazhatónak kell lennie a különböző geomágneses szélességeken, ami a standardizálást biztosíthatja.

Az obszervatórium aktivitási indexének automatikus meghatározása céljából az IAGA ajánlásaiban rögzített algoritmusok összehasonlítását elvégeztük a Nagycenki Geofizikai Observatórium adatain. Megvizsgáltuk az eljárásokat eltérő geomágneses szélességeken, valamint a mágnesesen nyugodt, ill. zavart napok vonatkozásában is. Az FMI (SUCKSDORFF et al. 1985, *Geophysical Transactions* 36, 97) algoritmust találtuk a legalkalmasabbnak. Ez az eljárás a nyugodt napi változást $K < 5$ esetben változó hosszúságú időablakban eliminálja, $K \geq 5$ esetben pedig elhagyja!

Tranziens jelenségek jelalakvizsgálata

A jelalakvizsgálat és -felismerés ma már csaknem száz éves múltra tekint vissza. PEARSON úttörő jelentőségű munkája *A tér pontjaihoz legjobban illeszkedő vonalakról és síkokról* 1901-ben jelent meg. A műszaki és természettudományok számos területén (a geofizikán belül elsősorban a szeizmikában és a karotázásban) komplex elméletek születtek a számítástechnika fejlődésével párhuzamosan. A jelfelismerés első lépése valamilyen invariáns mennyiség (függvénykapcsolat, annak geometriai reprezentációja, spektrális összetétel stb.) meghatározása. A felépített időbeli, térbeli struktúrák és ún. referenciastruktúrák össze-

¹ MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, H-9401 Sopron, Pf. 5.

hasonlításával a modell finomítható. Egy, az invariánsokból felépített struktúra a jelenség(ek) egy-egy osztályát írja le, a végső fázis ezeknek az elkülönülő osztályoknak a meghatározása.

A geomágneses tranziens jelenségek jelalakvizsgálata során két olyan körülmény is van, ami a jelfelismerést rendkívül megnehezíti. Az első a geomágneses tér B , a második a történelmileg kialakult feldolgozási eljárások sajátágaiból adódik. B közelítőleg sem stacionárius, egyes intervallumok nyugodtak, máskor gyors változások vannak és a zaj jóval meghaladja a vizsgálni kívánt jel nagyságát. A jelfelismerés (különlegességek meghatározása) hagyományosan a kiértékelő tapasztalati modelljei alapján történik, egy-egy jelenségnek csak általános leírása ismert (az csupán verbálisan van meghatározva). (Az *aurorális substorm* pl. AKASOFU [1980] szerint „olyan megnövekedett energiadisszipáció, melynek során az aurorális elektrojet megerősödik, majd a nyugalmi szintre tér vissza”. Az SI nemzetközileg elfogadott meghatározás szerint olyan intervallum, melynek során a térerősség 5–15 perces intervallumban megnő, de SSC -nek nem tekinthető.) A jelfelismerés modelljei tehát definiálatlanok abban az értelemben, hogy strukturális invariánsokat nem jelölnek meg, ennek megfelelően a hagyományos eljárás nem is algoritmizálható. A geomágneses adatszolgáltatással szemben támasztott azon követelmény, miszerint az adatsornak folyamatosnak és homogénnek kell lennie, egy olyan adaptív automatikus eljárás kidolgozását teszi szükségessé, amelyik nem annyira a definíción, hanem inkább a kiértékelő tapasztalatain alapul.

Olyan véletlenszerűen kiválasztott, ún. mintajelenségeket vizsgáltunk, melyeket gyakorlott kiértékelők „ismertek fel” tapasztalati modelljük alapján. Az így összeválogatott mintában faktoranalízis segítségével kerestük a legfontosabb közös ismérveket.

A minta jellemzésére olyan új változókat (komponenseket) keresünk, melyekre a következő megkötéseket tesszük:

1. az eredeti változók lineáris kombinációi,
2. korrelálatlanok és négyzetösszegük = 1.

A hagyományos eljárással kiértékelt SI sorozatból a közös ismérveket (faktorokat) válogattuk ki. Fő ismérvek azokat a faktorokat tekintettük, melyekre a kovarianciamátrix sajátértéke nagyobb, mint 1. A százalékban kifejezett variancia kumulált összege a 7 fő faktorra 92%. Abban az egyszerű esetben, amikor az idősorban csupán egyfajta jelenséget keresünk (pl. SI), az idősort úgy transzformálhatjuk, hogy a transzformáció eredménye kétértékű — igaz vagy hamis (1 vagy 0) — legyen. A Matlab Neural Network Toolbox neuronmodelljei közül az ún. perceptron neuron alkalmazható az esemény osztályba sorolására. Feltételezve, hogy a keresett esemény és ellentette lineárisan szétválasztható, az osztályozáshoz ezt a hipersíkot kell megkeresnünk. Az osztályozási hipersík paramétereit a tanulási fázisban a fő ismérveket megtestesítő mintaeseményekkel határoztuk meg. Az így meghatározott döntési kritérium alapján a hagyományos eljárással meghatározott impulzusok 80%-a ismerhető fel. A nem felismert események egy része kis amplitúdójú, az effektivitás ezekben az esetekben normálással javítható, így a hagyományos és az automatikus eljárás 90%-os egyezése várható.

2. Geomágneses pulzációk digitális regisztrálása és feldolgozása

1994-ben megkezdődött a geomágneses pulzációk folyamatos digitális regisztrálása és az automatikus eljárásokkal, valamint az analóg regisztrátumok hagyományos kiértékelésével kapott eredmények összehasonlítása. A 0–2 perc periódusidő tartományra (pulzációk) jellemző aktivitási mérték — $K1$ index — automatikus előállításához az integrált jel teljesítményét határozzuk meg. A teljesítmény és a szubjektív, hagyományos kiértékelési eljárás eredményének megfeleltetésére konverziós formulát készítettünk. A 12 frekvenciasávra vektorszűréssel meghatározott $P1$ – $P12$ indexek értékelése folyamatban van.

A mágneses erővonalak átviteli függvényének, ill. válaszfüggvényének meghatározása optimum szűréssel

Bizonyos feltételek mellett az optimum szűrés segítségével akkor is meg tudjuk határozni az impulzusválaszfüggvényt, illetve az átviteli függvényt, ha nem ismerjük a gerjesztő forrást és csupán a felszíni pulzációs regisztrátum áll rendelkezésre. Az eljárás a szeizmikában *spike dekonvolúció* néven ismert. Ekkor a felszíni pulzációs regisztrátum a bemenet és a gerjesztő impulzusok a várt kimenet. Ha feltesszük, hogy a gerjesztés lineáris, a gerjesztő forrás fehér spektrumú, azaz az autokorrelációja a zérus időtolású hely kivételével mindenütt zérus, a gerjesztő forrás és a zaj korrelálatlanok és az impulzusválaszfüggvény egyoldalas, minimumfázisú és nem időfüggő, akkor a bemenet (a felszíni regisztrátum) autokorrelációjának ismeretében a dekonvolúciós optimumszűrő invertálásával kapjuk az eredményt. A válaszfüggvény Fourier-transzformáltja pedig megadja az átviteli függvényt. A módszert általánosítottuk komplex változókra úgy, hogy a felszíni regisztrátum északi, ill. keleti komponensét tekintettük a komplex változó reális, ill. imaginárius részének, így a válaszfüggvény polarizációját is meg lehet határozni. Az így számított válaszfüggvényre exponenciális lecsengő toroidális oszcillációt kaptunk a helyi erővonal rezonanciának megfelelő periódussal, ami Preseleenci, Nagycenk, ill. Niemegek esetében 15, 20, ill. 35 s-nak adódott. A módszer segítségével jól elkülöníthetjük az erővonal rezonanciát az upstream eredetű hullámoktól és lehetőség nyílik a polarizáció és a csillapítási tényező meghatározására is.

Idősorok spektrális sűrűségfüggvényének becslése a Welch-féle módszerrel

Egy digitális idősor teljesítményspektrumát legegyszerűbben úgy becsülhetjük, hogy kiszámítjuk a diszkrét Fourier-transzformáltját és az amplitúdó négyzetét vesszük. Ezzel az úgynevezett periodogrammal az a probléma, hogy nagy a szórása és ez akkor sem csökken, ha növeljük a minta elemek számát, azaz nem lesz „simább” a spektrum. A spektrum szórását úgy csökkenthetjük, hogy adott hosszúságú szakaszonként számítjuk a Fourier-transzformáltat és ezeket a részspektrumokat átlagoljuk. Minél több részspektrumot számítunk, annál kisebb lesz az átlagperiodogram szórása, viszont a jel hosszúsága korlátot szab a részspektrumok számának. A spektrum becslését úgy is javíthatjuk, hogy a Fourier-transzformáció előtt egy megfelelő ablakkal (Hamming, Hanning vagy Kaiser) súlyoz-

zuk az adatokat. Ez csökkenti a szélek zavaró hatását és kiszélesíti a spektrális csúcsoakat. Tehát a spektrális sűrűségfüggvény legjobb becslése ezzel az úgynevezett módosított átlag-periodogrammal érhető el.

Ez a módszer lehető teszi pl. átlagos spektrumok számítását nagyon hosszú pulzációs idősorokra is (napi vagy havi spektrum).

A KUTATÁS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓINK

WESZTERGOM V., SZARKA L., STEINER T. 1993: Remarks on midlatitude induction hazard. *IAGA Bull.* **55**, 208

WESZTERGOM V., STEINER T. 1993: On the automatic classification of transient geomagnetic variations. *IAGA Bull.* **55**, 201

VERÓ J., WESZTERGOM V. 1993: A geománeses indexek automatikus előállításáról. *Ionoszféra- és Magnetoszféra Fizika XIX*, 149–152

VERÓ J., ZIEGER B., LÜHR H. 1994: Upstream waves and surface geomagnetic pulsations. *In: Solar Wind Sources of Magnetospheric Ultra-low Frequency Waves*, Geoph. Monograph, **81**, American Geophysical Union, Washington, 365–373

VERÓ J., ZIEGER V. 1994: Upstream waves and field line resonances — Pulsation research at the Nagycenk Geophysical Observatory during three solar cycles. *In: Solar Wind Sources of Magnetospheric Ultra-low Frequency Waves*, Geoph. Monograph, **81**, American Geophysical Union, Washington, 55–66

ZIEGER B., MURSULA K. 1993: A 13.5-day variation in the near-Earth solar wind and in the geomagnetic activity, and its development during the solar cycle. *Proc. of the Eighth Intern. Symp. Solar Terr. Phys. Part I*, Kyoto, 99

WESZTERGOM V., ZIEGER B. 1995: Automatic recognition of sudden impulses. *Acta Geod. Geoph. Hung.* **30**, 407–415

SÁTORI Gabriella



A hallgatóság

