

Koherencia medzi počtom polárnych fakúl na severnej a južnej hemisfére Slnka

V.Karlovský, Hvezdáreň a planetárium M.R.Štefánika Hlohovec, astrokar @gmail.com

Abstrakt

Výsledok analýzy časovej premennosti počtu polárnych fakúl reprezentovanej dátami z observatória National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ) je prezentovaný na intervale 0 až 557 mesiacov. Dáta boli použité za pomoci vlnkovej transformácie na určenie významnosti nájdených periód. Analýza bola sústredená na hľadanie vzájomných vzťahov medzi počtom polárnych fakúl v susedných šírkových pásmach na severnej a južnej hemisfére Slnka a tiež medzi počtom polárnych fakúl na severnej a južnej hemisfére pomocou krížovej vlnkovej transformácie a vlnkovej koherencie. V práci bola skúmaná časová variabilita počtu polárnych fakúl v období rokov 1952 - 1998.

1. ÚVOD

Metóda vlnkovej transformácie umožňuje analyzovať podobne ako fourierovská transformácia časový rad hodnôt a zisťovať periódy. Na rozdiel od fourierovskej transformácie umožňuje zisťovať rôzne periódy pre každý okamih radu. Vlnková transformácia sa zakladá na hľadaní podobnosti rôzne dlhých častí celého súboru údajov s prekrývajúcimi sa, rôzne škálovanými funkciami (vlnami) potrebných vlastností. Na vlastné výpočty boli použité počítačové programy pre vlnkovú analýzu svetelných kriviek premenných hviezd ako aj program, ktorý je prístupný na internetovej adrese :

<http://paos.colorado.edu/research/wavelets>.

Krížová vlnková transformácia ukazuje oblasti s vysokým spoločným výkonom a ukazuje tiež informáciu o vzťahoch fáz jednotlivých radov. O vlnkovej koherencii môžeme uvažovať ako o lokálnej korelácii medzi časovými radmi v časovo frekvenčnom priestore. V lokálnej mierke vlnková koherencia ukazuje, či fáza časových radov má rovnaké chovanie.

2. METÓDY

V našej práci bola použitá spojitá vlnková transformácia (CWT). Podrobnosti možno nájsť v práci Torrence a Compo (1998). Popis metódy krížovej vlnkovej transformácie a vlnkovej koherencie ako aj popis niektorých problémov je v prácach Grinsted, Moore a Jevrejeva (2004) a tiež Maraun a Kurths (2004).

3. DÁTA

Na analýzu boli použité časové rady získané na observatóriu NAOJ 20 cm refraktorom v Mitake, prístupné na adrese:

http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/en/db_faculae.html.

Na analýzu radov bola použitá spojitá vlnková transformácia s tzv. Morletovou materskou vlnkou, kde sínusová vlnka je modulovaná v čase Gaussovou funkciou. Na súbory dát bol aplikovaný výpočtový algoritmus Torrence a Compo (1998) v jazyku IDL. Na určenie významnosti lokálnych maxim výkonového spektra bol použitý červený šum (red noise). Lokálne maximá boli určené na hladine spoľahlivosti 95 %.

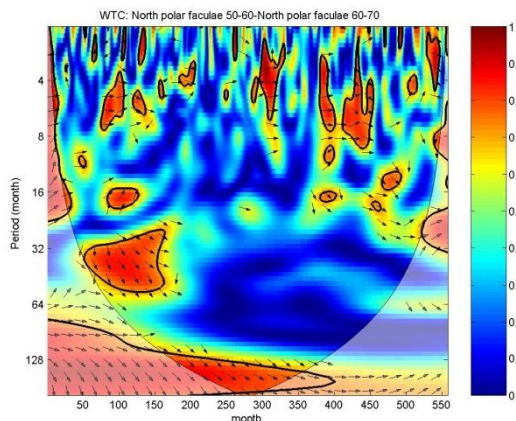
Ďalej bol na súbory dát radov aplikovaný výpočtový algoritmus pre určovanie spoločného (krížového) výkonového spektra vlnkovej transformácie a na určovanie vlnkovej koherencie vyvinutý Aslakom Grinstedom (2004) v prostredí MatLab

4. VÝSLEDKY

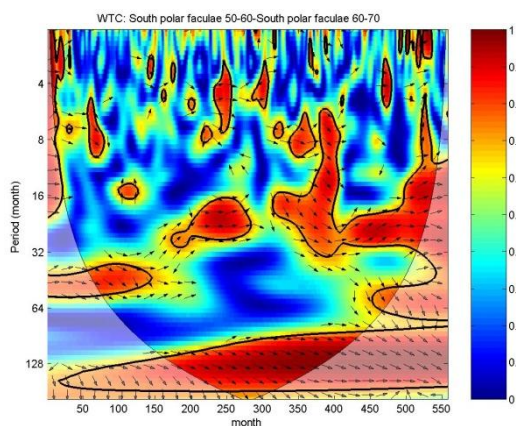
Analýza koherencie časových radov na severnej pologuli medzi počtom fakúl v šírkovom páse 50°-60° a počtom fakúl v páse 60°-70° ukazuje, že koherencia medzi týmito radmi je na kratších časových intervaloch 4 – 16 mesiacov iba sporadická a významnejšia je iba na perióde 40 mesiacov (3,3 roka) v období rokov 1957 – 1962. Významná fázová koherencia je v celom skúmanom období (1952 - 1998) iba na perióde 128 mesiacov (10,7 roka). Občasný výskyt ostrovčekov s periódou 12 mesiacov (1 rok) môžeme dať do

súvislosti so sklonom osi rotácie Slnka $\pm 7^\circ$ voči Zemi, ako uvádza napríklad Sakurai 1998.

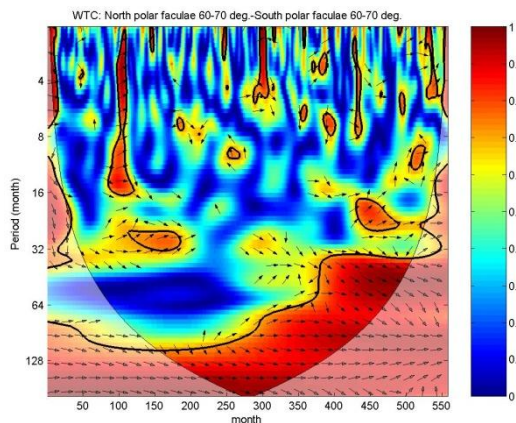
Koherencia časových radov na južnej pologuli medzi počtom fakúl v šírkovom páse $50^\circ - 60^\circ$ a počtom fakúl v páse $60^\circ - 70^\circ$ ukazuje podobný charakter ako je to na severnej pologuli. Sporadická koherencia je na časových intervaloch periód 4 – 8



Obr.1 Koherencia časových radov šírkových pásov $50^\circ - 60^\circ$ a $60^\circ - 70^\circ$ na severnej pologuli Slnka.



Obr.2 Koherencia časových radov šírkových pásov $50^\circ - 60^\circ$ a $60^\circ - 70^\circ$ na južnej pologuli Slnka.



Obr.3 Koherencia časových radov šírkových pásov $60^\circ - 70^\circ$ na severnej a južnej pologuli Slnka.

mesiacov. Vyskytuje sa tu koherencia na perióde 20 mesiacov (1,66 roka) v období 1970 – 1972 a v období 1973 – 1998. Koherencia na perióde 40 mesiacov sa vyskytuje v období 1952 – 1962 a koherencia 64 mesiacov (5,3 roka) sa vyskytuje 1990 – 1998. Významná fázová koherencia v celom skúmanom období je na perióde 128 mesiacov (10,7 roka). Períodu 12 mesiacov môžeme pripísať ročnej zmene sklonu rotačnej osi Slnka voči Zemi.

Koherencia časových radov na severnej a južnej pologuli v šírkových pásoch $60^\circ - 70^\circ$ je na perióde 40 mesiacov v období 1982 – 1998 a na perióde 128 mesiacov v celom skúmanom období. Od roku 1977 je to aj koherencia na perióde 64 mesiacov. Tak vzniká koherencia v intervale periód 40 – 128 mesiacov v období 1977 – 1998.

5. DISKUSIA A ZÁVER

Výsledky analýzy ukazujú , že občasný výskyt ostrovčekov s periódou 12 mesiacov (1 rok) môžeme dať do súvislosti so sklonom osi rotácie Slnka $\pm 7^\circ$ voči Zemi, ako uvádza Sakurai 1998, a to hlavne pri polárnych fakuliach v šírkových pásoch $60^\circ - 70^\circ$ na severnej aj južnej hemisfére. Relatívne malá koherencia medzi susednými šírkovými pásmi $50^\circ - 60^\circ$ a $60^\circ - 70^\circ$ na oboch hemisférach môže byť čiastočne vysvetlená tým , že fakule pozorované v šírkach $50^\circ - 60^\circ$ sú zložené, ako uvádza Sakurai 1998 , z dvoch zložiek, pričom jedna patrí k cyklu slnečných škvŕn a druhá k cyklu polárnych fakúl, Li et al. 2006 . Ďalším faktorom môže byť relatívna šírková nezávislosť tvorby fakúl.

Malá fázová koherencia , hlavne na kratších periódach ako 128 mesiacov, medzi časovými radmi na severnej a južnej pologuli v šírkových pásoch $60^\circ - 70^\circ$ je pravdepodobne v určitej nezávislosti tvorby fakúl na severnej a južnej hemisfére Slnka.

PodĎakovanie

Výpočty boli urobené za použitia modifikovaných programov algoritmov vlnkovej transformácie, originál ktorých bol vyvinutý C.Torrence a G.Compo (Wavelet software was provided by C.Torrence a G.Compo, and is available at URL: <http://paos.colorado.edu/research/wavelets/>) v programovacom jazyku IDL.

PodĎakovanie patrí aj Aslakovi Grinstedovi za software vyvinutý na krížovú vlnkovú transformáciu a vlnkovú koherenciu v programovacom prostredí MatLab (2002-2004). <http://www.pol.ac.uk/home/research/waveletcoherence/download.html> (Crosswavelet and wavelet coherence software were provided by A.Grinsted).

PodĎakovanie patrí aj Solar Observatory, National Astronomical Observatory of Japan , za dáta počtu polárnych fakúl na severnej a južnej hemisfére Slnka.

LITERATÚRA

- Grinsted A., Moore J.C., and Jevrejeva S., 2004 , Nonlinear Processes in Geophysics (2004) 11: 561-566
- Li Qixiu , 2008 Solar Phys. 249, 135 – 145
- Li K.J., Liang H.F., Gao P.X., Su T.W. , 2006, Solar Physics 236, 185 - 197
- Sakurai T., 1998, In: Balasubramaniam K.S., Harvey J., Rabin D. (eds.) Synoptic Solar Physics CS – 140, Astron. Soc. Pac., San Francisko, 483
- Maraun D. and Kurths J., 2004 Nonlinear Processes in Geophysics (2004), 11: 505-514
- Torrence C., Compo G.P., 1998 Bulletin of the American Meteorological Society, 79,