

# Krížová vlnková transformácia a vlnková koherencia medzi rádiovým tokom na 2800 MHz a Mg II indexom

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

## Abstrakt

Výsledok analýzy časovej premennosti slnečnej aktivity reprezentovanej Mg II indexom (Solar UV Core to Wing index) a rádiovým tokom na 10,7 cm (2800 MHz) je prezentovaný na intervale 2 až 128 dní. Denné dáta týchto indexov boli použité za pomoci vlnkovej transformácie na určenie významnosti nájdených períód. Analýza bola sústredená na hľadanie vzájomných vzťahov medzi indexami pomocou krížovej vlnkovej transformácie a vlnkovej koherencie. V práci bola skúmaná variabilita slnečnej aktivity od marca 2001 do februára 2002.

## 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 spojená 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 : Časový rad od marca 2001 po február 2002 denných hodnôt Mg II indexu na stránke National Geophysical Data Center , Boulder, Colorado USA : [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/SOLAR\\_UV/NOAAMgII.dat](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SOLAR_UV/NOAAMgII.dat)

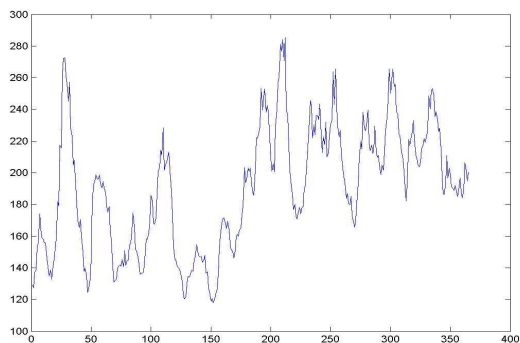
a tiež časový rad od marca 2001 po február denných hodnôt rádiového toku na 2800MHz (10,7 cm) zo stanice Ottawa (Kanada) na adrese:

[ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/SOLAR\\_RADIO/](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SOLAR_RADIO/)

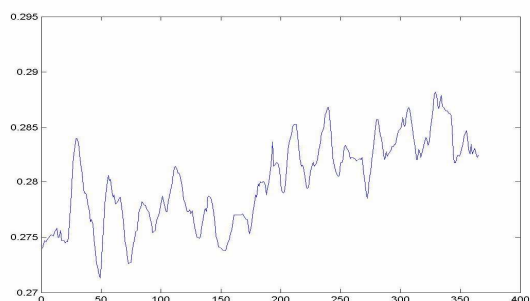
Na analýzu radov bola použitá spojená vlnková transformácia s tzv. Morletovou materskou vlnkou, kde sínusová vlnka je modulovaná v čase Gaussovou funkciou. Na súbory dát bol aplikovaný výpočtový algoritmus Torrence a Compa (1998) v jazyku IDL. Na určenie významnosti lokálnych maxím výkonového spektra bol použitý červený šum (red noise). Použitie červeného šumu je opodstatnené na krátkych periódach (okolo rotačnej periódy), pretože napríklad Wolfove čísla nie sú nezávislé na sebe, ale sú korelované s typickým korelačným časom približne 7 dní Oliver a Ballester, 1995 , Rybák a Karlovský 2003. Lokálne maximá boli určené na hladine spoľahlivosti 95 %.

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

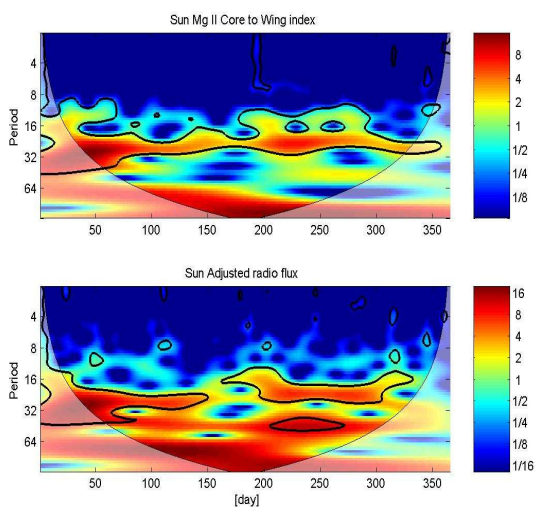
#### 4. VÝSLEDKY



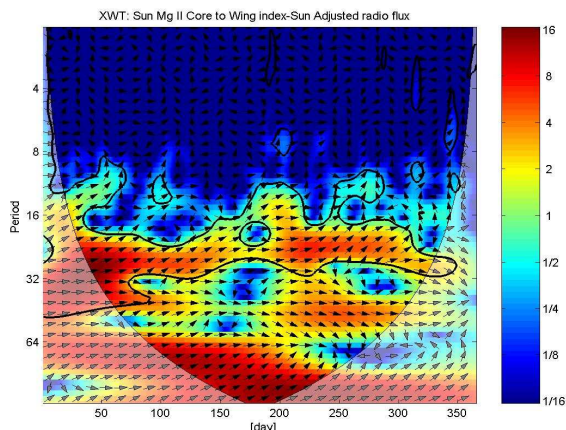
Obr.1 Rádiový tok na 2800 MHz (marec2001 - február2002)



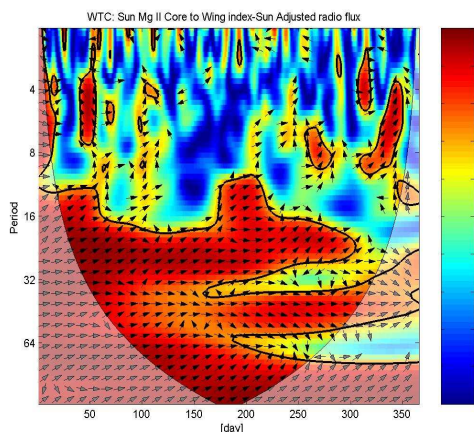
Obr.2 Index MgII (Core toWing marec 2001 – február 2002)



Obr.3 Vlnkové výkonové spektrum rádiového toku na 2800 MHz od marca 2001 po február 2002 a vlnkové výkonové spektrum indexu MgII v tom istom období.



Obr.4 Krížové vlnkové výkonové spektrum rádiového toku na 2800 MHz a MgII indexu.



Obr.5 Vlnková koherencia rádiového toku na 2800 MHz a MgII indexu.

Na obrázkoch 1 a 2 vidíme priebeh rádiového toku na 2800 MHz a Mg II indexu. Majú veľmi podobný charakter. Spojitá vlnková transformácia na obrázku 3 nám dáva informáciu a výkonovom spektre oboch indexov. Na hladine spoľahlivosti 95% je výkon v okolí synodickej rotačnej periódy (27,2753 dňa). Podobnú situáciu vidíme na obrázku 4, kde je spoločné (krížové) vlnkové výkonové spektrum oboch časových radov. Najvýznamnejší je výkon v oblasti rotačnej periódy počas celého skúmaného obdobia. Vlnková koherencia prezentuje rovnaké chovanie jednak v oblastiach okolo rotačnej periódy, ale aj v oblasti periód okolo 40 dní a 70 dní a viac.

## 5. DISKUSIA

Výsledky analýzy ukazujú, že najvyšší spoločný výkon časových radov rádiového toku na 2800 MHz a Mg II indexu je v intervale períód, ktoré sú blízke rotačnej períóde. Spoločné chovanie oboch radov je možné považovať za koherentné iba na períódach, ktoré sú blízke rotačnej alebo sú väčšie. Úzky vzťah oboch indexov slnečnej aktivity je teda na väčších períódach. V krátkych časových períódach ale spoločné chovanie je zhodné iba sporadicky. Mg II index charakterizuje chovanie chromosféry a rádiový tok na 2800 MHz celkový rádiový tok Slnka, tvorený zväčša v koróne. Teda užší vzťah vzniká na väčších períódach v dôsledku sumácie aktivity viacerých aktívnych oblastí na Slnku.

## 6. ZÁVER

Záverom môžeme konštatovať, že koherencia medzi dvoma časovými radmi Mg II indexu a rádiovým tokom na 2800 MHz je významná na períódach blízkyh rotačnej períóde a na väčších períódach.

### Podakovanie

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.

Podakovanie 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)

## LITERATÚRA

Grinsted A., Moore J.C., and Jevrejeva S., 2004, Nonlinear Processes in Geophysics (2004) 11: 561-566

Maraun D. and Kurths J., 2004 Nonlinear Processes in Geophysics (2004), 11: 505-514

Oliver R., Ballester J.L., 1995 Solar Phys. 156, 145

Rybák J., Karlovský V., 2003 In: Proc. ISCS 2003 Symposium, 145-148, 'Solar Variability as an Input to the Earth Environment', Tatransk8 Lomnica, Slovakia, 23-28 June 2003 (ESA SP-535 September 2003)

Torrence C., Compo G.P., 1998 Bulletin of the American Meteorological Society, 79, 61