

Priestorová koherencia medzi slnečnou granuláciou v G páse a reverznou granuláciou v čiare CaII H.

V. Karlovský, Hvezdáreň a planetárium Hlohovec, astrokar@gmail.com
I. Dorotovič, SÚH Hurbanovo, ivan.dorotovic@suh.sk

Abstrakt

Výsledok analýzy priestorovej premennosti slnečnej granulácie reprezentovanej snímkom v G páse a reverznou granuláciou v čiare CaII H je prezentovaný na intervale 0 až 37200 km. Dáta snímku z ďalekohľadu DOT boli použité za pomoci vlnkovej transformácie na určenie významnosti nájdených priestorových periód. Analýza bola sústredená na hľadanie vzájomných vzťahov medzi priestorovou premennosťou v G páse a v čiare CaII H pomocou krížovej vlnkovej transformácie a vlnkovej koherencie. V práci bola skúmaná priestorová variabilita aktivity v aktívnej oblasti AR 10968 z 12. augusta 2007.

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.

Podobne ako môžeme použiť vlnkovú a krížovú vlnkovú analýzu pre časové rady, môžeme ju použiť aj pre priestorové rady, pričom výsledné periódy a frekvencie budú priestorové.

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

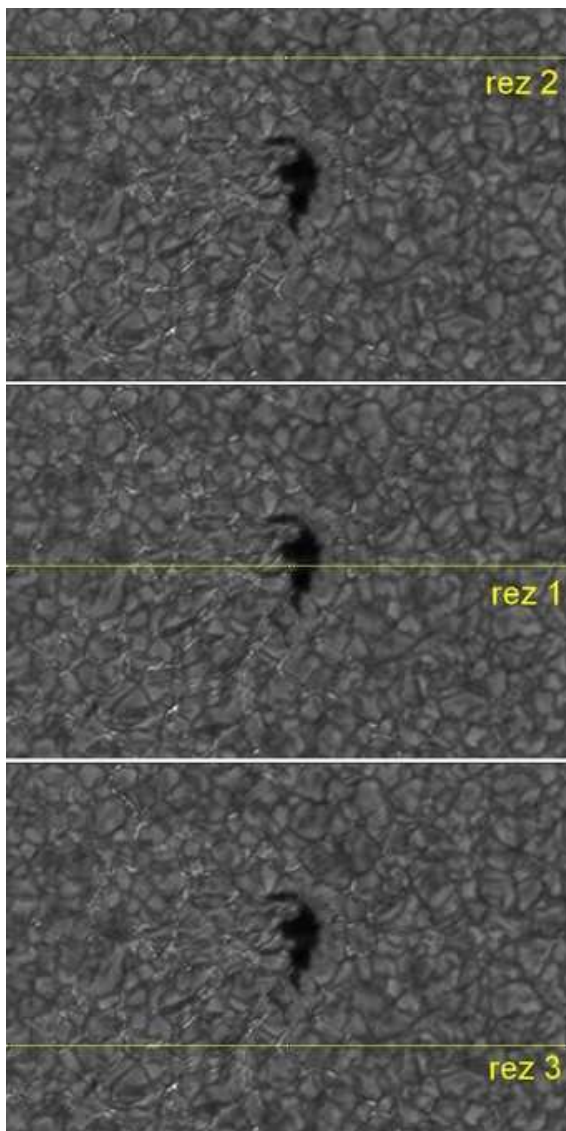
Na analýzu boli použité priestorové rady získané v 3 rezoch snímok ďalekohľadu DOT v aktívnej oblasti AR 10968 o 8:47:55 hod. UT v spektrálnej oblasti G pásu 430,5 nm a v čiare CaII H 396,8 nm (obrázok 1).

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 Compa (1998) v jazyku IDL. Na určenie významnosti lokálnych maxím výkonového spektra bol použitý červený šum (red noise). Lokálne maxímá boli určené na hladine spoľahlivosti 95 %.

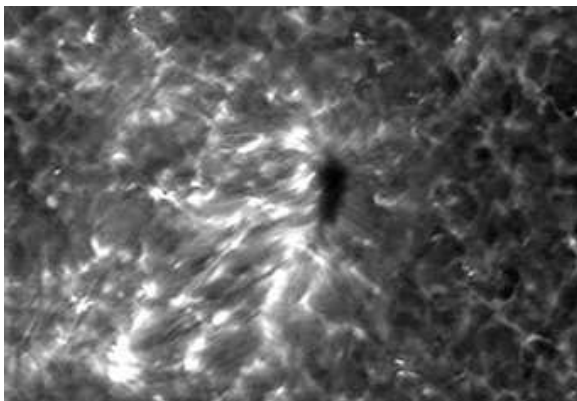
Ďalej bol na súbory dát radov aplikovaný výpočtový algoritmus pre určovanie spoločného (krížového) výkonového spektra vlnkovej transformácie a na určovanie vlnkovej koherencie vyvinutý Aslakom Grinstedom (2004) v prostredí MatLab

4. VÝSLEDKY

Analýza koherencie v troch rezoch ukazuje, že koherencia v prvom reze (rez cez slnečný pór) je v mieste póru na priestorovej perióde 4400 km (80px), pričom sa jedná o fázu 180° a teda fázy v G páse a CaII H sú opačné. Podobný výsledok je na priestorovej perióde 3500 km a 1700 km. V reze 2 je koherencia je na priestorovej perióde 3500 km vo fáze 180°. V reze 3, ktorý prechádza cez relatívne aktívnu časť oblasti v CaII



Obr.1 Rezy v aktívnej oblasti AR 10968, z ktorých boli získané údaje pre koherenciu. Označené rezy sú na snímke v G band.



Obr.2 Snímka aktívnej oblasti AR 10968 v čiare CaII H.

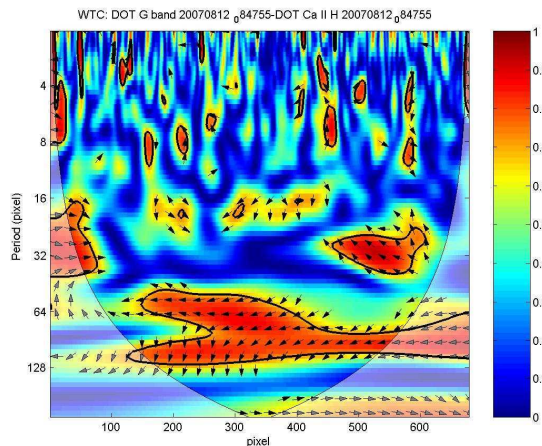
H je koherencia na 4400 km ,ale vo fáze 0°. Koherencia na priestorovej perióde 1700 km je vo fáze 90°.

5. DISKUSIA A ZÁVER

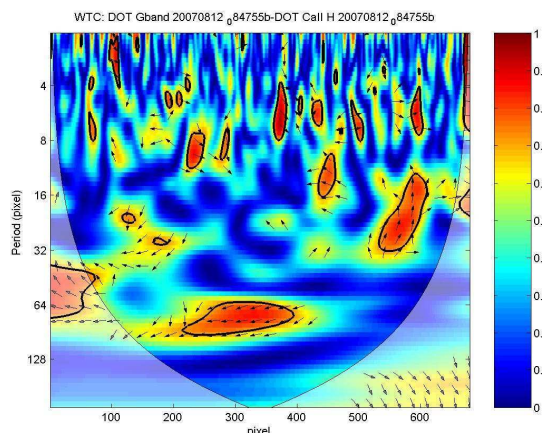
Výsledky analýzy ukazujú obr.3,4 a 5, že relatívne najvýznamnejšie priestorové periódy vo všetkých troch rezoch sú 4400 km a 3500km, a zasahuje najväčšie oblasti snímok, či už prechádza rez cez slnečný pór, alebo prechádza mimo neho. Zaujímavé je, že ak rez prechádza aktívnejšou časťou v CaII H mení sa fáza koherencie z opačnej na súhlasnú (zo 180° na 0°), prípadne na 90° .

Môžeme konštatovať, že vzťah granulácie viditeľnej v G páse a reverznej granulácie viditeľnej v CaII H čiare (Rutten R.J., de Wijn A.G., and Sutterlin P., 2004) je taký, že ku koherencii dochádza na určitých priestorových rozmeroch, väčších ako sú rozmery granulácie, približne na 4400 km a 3500 km, čo pravdepodobne súvisí s konvekciou v hornej fotosfére pri menšej hustote a teplote slnečnej plazmy.

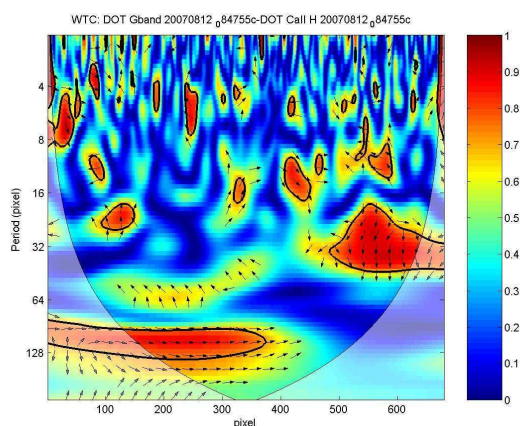
Fáza koherencie je 180°, čo sa mení pri zvýšenej aktivite viditeľnej v CaII H. To znamená, že sa mení konvektívny pohyb pri aktivite.



Obr.3 Koherencia v reze 1, prechádzajúcom cez slnečný pór.



Obr.4 Koherencia v reze 2, prechádzajúcom nad slnečným pórom.



Obr.5 Koherencia v reze 3, prechádzajúcom pod slnečným pórom (rezy sú na obr.1).

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 Utrechtskej Univerzite v Holandsku za poskytnutie snímok z ďalekohľadu DOT: <http://dotdb.phys.uu.nl/DOT/>

The DOT is operated by Utrecht University at the Spanish Observatorio del Roque de los Muchachos of the Instituto de Astrofísica de Canarias and is presently funded by Utrecht University, The Netherlands Organisation for Scientific Research NWO, The Netherlands Graduate School for Astronomy NOVA, and SOZOU. The DOT efforts are part of the European Solar Magnetism Network.

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

Rutten R.J., de Wijn A.G., and Sutterlin P., 2004 DOT tomography of the solar atmosphere (II.Reversed granulation in CaII H). A&A, 416, 333 - 340

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