

Multiškálové aspekty premennosti slnečnej aktivity

L. Pastorek, Slovenská Ústredná Hvezdáreň, Hurbanovo, pastorek @suh.sk
Z. Vörös, 1- Space Research Institute AAs, Graz Austria,
zoltan.voeroes @oeaw.ac.at 2- Geofyzikálny ústav SAV, Hurbanovo,
geomag @geomag.sk

Abstrakt

Priebeh slnečnej aktivity sa považuje za kváziperiodický. Pri analýze zodpovedajúcich fyzikálnych mechanizmov, okrem základnej 22/11 ročnej cykličnosti, sa predpokladá existencia aj iných periodických procesov. Neperiodické a intermitentné fluktuácie slnečnej aktivity, ktoré fyzikálne viac zodpovedajú turbulentným pohybom plazmy v konvektívnej zóne, sú najčastejšie zanedbané. Práca je venovaná identifikácii multiškálových fluktuácií, prítomných v dlhodobom časovom rade slnečných škvŕn, pomocou multifraktálneho prístupu.

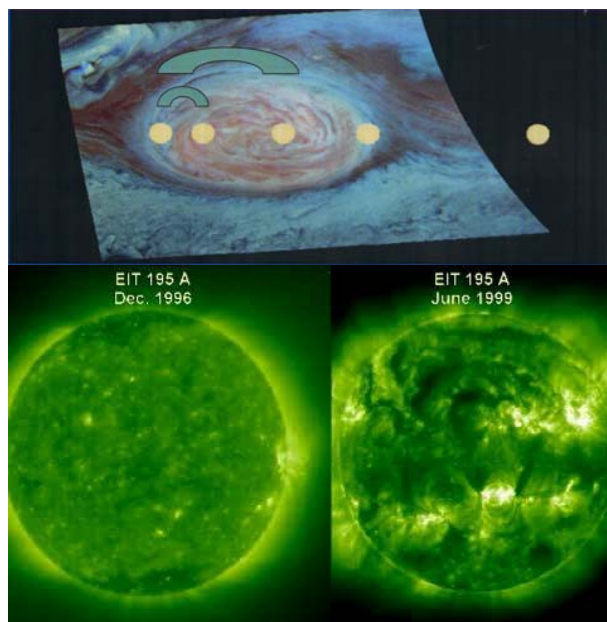
ÚVOD

Periód a maximálna amplitúda 11-ročného slnečného cyklu vykazujú istú variabilitu, ktorá je pravdepodobne spojená s nelinearitou procesov odohrávajúcich sa v konvektívnej zóne. Tieto procesy, prebiehajúce na veľmi rozdielnych časových škálach, môže vysvetliť len nelineárna teória slnečného dynamika. Modely zohľadňujúce turbulentné pohyby plazmy okrem vysvetlenia základnej 11/22 ročnej periódy vysvetľujú aj jej pozorovanú variabilitu a predpokladajú tiež aj výskyt magnetických fluktuácií s periódou okolo 8 rokov alebo s komplikovanejším časovým priebehom. S turbulentným pohybom plazmy v konvektívnej zóne pravdepodobne súvisia aj vysokofrekvenčné fluktuácie prítomné v dlhodobom časovom rade Wolfvoho relatívneho čísla slnečných škvŕn (WČ). Tieto intermitentné fluktuácie sa väčšinou zanedbávajú a ani teoretické práce nevysvetľujú príčiny ich vzniku. V tejto práci analyzujeme nelineárne vlastnosti fluktuácií, ktoré vykazujú multiškálové väzby. V práci [Pastorek, Vörös 2002] sme ukázali, že medzi malými škálami (vysokofrekvenčné fluktuácie) a vyššími škálami (11-ročný cyklus alebo jeho amplitúda) je energetická väzba. Naším cieľom je pochopenie intermitentných procesov typických pre magnetohydrodynamické toky.

CHARAKTERISTIKA INTERMITENTNOSTI

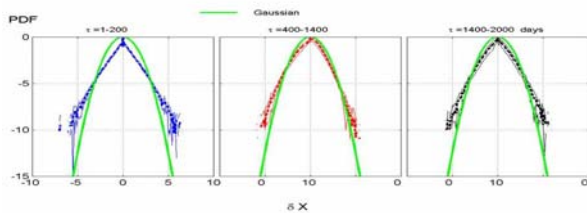
Na obr.1a) je znázornená turbulentná vírivosť v atmosfére Jupitera, kde sú viditeľné veľkoškálové koherentné štruktúry a zároveň fluktuácie na menších škálach. Vzhľadom na to, že sa jedná o stochastické procesy, je na ich charakteristiku potrebný

pravdepodobnostný prístup. To isté sa vzťahuje na stochastické procesy odohrávajúce sa v aktívnych oblastiach na Slnku (obr. 1b). Z obrázku je vidieť, že sa intermitentný charakter turbulentnej dynamiky mení v priebehu slnečného cyklu.



Obr. č.1. a)(hore) Maloškálové a veľkoškálové fluktuácie v atmosfére Jupitera.
b) (dole) Snímky slnečného disku v UV oblasti znázorňujú dynamiku turbulencií v čase minima a blízko maxima 11 ročného slnečného cyklu.

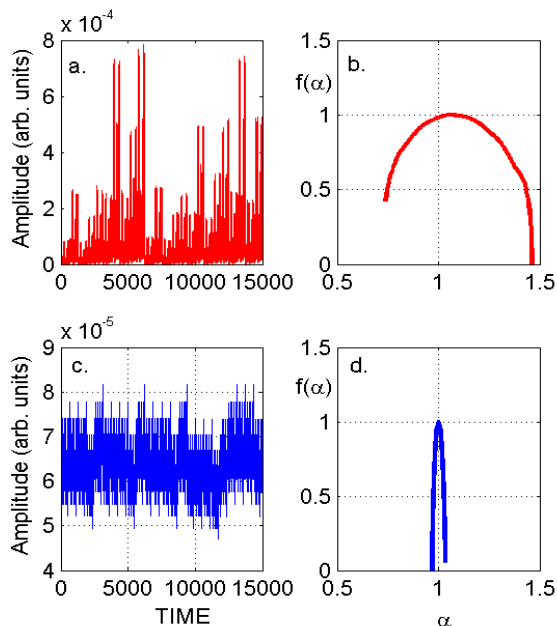
Na popis priestorových štruktúr potrebujeme viacbodovú štatistiku. Nakoľko priestorové merania sú nedostupné, použijeme časovo posunuté údaje získané z dlhodobého radu WČ [Pastorek, Vörös 2000 a 2002]. Metóda spočíva v tom, že pomocou časového posunutia τ vytvoríme z hodnôt jednodimenzionálneho časového radu WČ viacdimeznionálny priestor stavov. Pre rôzne hodnoty parametra časového posunutia τ vypočítané priebiehy hustoty pravdepodobnosti pdf sú znázornené na obr. 2. Pri malých hodnotách τ sa pdf značne líšia od gaussovského rozdelenia. S narastajúcou hodnotou τ sa rozdelenie blíži ku gaussovskému. Fyzikálne to znamená, že na malých škálach je energia fluktuácií nehomogénne rozdelená.



Obr. č. 2 Priebiehy hustoty pravdepodobnosti pdf pre rôzne hodnoty parametra časového posunutia τ postupne pre hodnoty 1 – 200, 400 – 1400, 1400 – 2000 dní.

Na popis intermitentnosti a nehomogénneho rozdelenia energie sa používajú multifraktálové metódy. Nehomogénne rozdelenie energie môžeme sledovať na logaritmickú škálu pomocou vzťahu

$$\alpha(t_j, w) = \log E(t_j, w) / \log w,$$

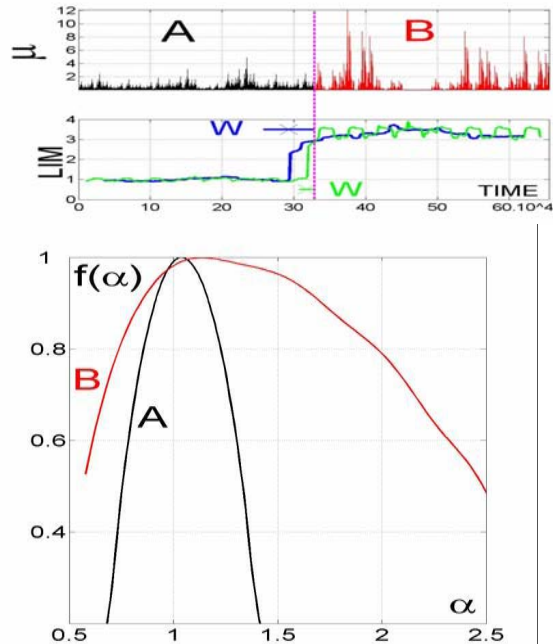


Obr. č.3 Dve multifraktálové merania(a,c) a ich spektrá (b,d)

kde E je energia signálu akumulovaná v okne w šírky $(t_j - w, t_j)$ v okolí bodu t_j .

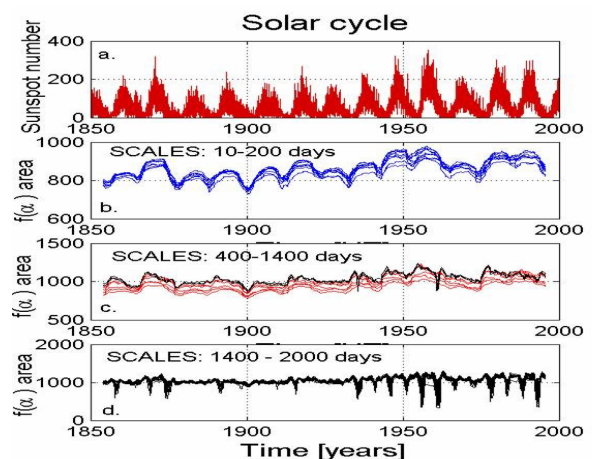
Posúvaním okna w po časovom rade dostávame jednotlivé hodnoty parametra α a zároveň aj informáciu o rozdelení energie signálu.

Stupeň intermitencie signálu je charakterizovaný pravdepodobnostným rozdelením $f(\alpha)$ (obr.3b,d a obr. 4a).



Obr. č. 4 Pravdepodobnostné rozdelenie $f(\alpha)$ dole pre dva signály s rôznym stupňom intermitencie

Intermitentnejším signálom (sign. B na obr. 3a,c a obr. 4a) patrí širšie rozdelenie $f(\alpha)$, preto lokálnu mieru intermitencie (LIM) môžeme zaviesť ako celkovú plochu pod rozdelením $f(\alpha)$ v posúvajúcim sa okne w . Pomocou časového posunutia vytvorené signály majú rôznu mieru intermitencie. Ich porovnanie so základným časovým chodom WČ je znázornené na obr.5.



Obr. č. 5 Stupeň intermitencie na rôznych časových škálach

Na menších škálach je silná väzba medzi periódami aj amplitúdami obidvoch signálov – obr.5 a), b). Väčšiu intermitenciu vykazujú slnečné cykly s vyššou amplitúdou. S narastajúcou škálou (hodnota posunutia τ) sa táto väzba postupne stráca obr.5 c),d).

ZÁVER

Na základe analýzy lokálnej miery intermitencie sme kvantifikovali časový priebeh miery nehomogenosti rozdelenia energie v dlhodobom časovom rade WČ. Našli sme súvislosť medzi amplitúdou a periódou 11ročného slnečného cyklu (WČ) a maloškálovej intermitencie. Toto je dôkazom energetického prepojenia medzi škálami. Preto pri tvorbe teoretických modelov pre dynamiku konvektívnych procesov treba

brať multiškálové väzby do úvahy. Znamená to, že nie je možné vysvetliť podstatu 11ročného cyklu oddelene od multiškálových energetických väzieb.

LITERATÚRA

- Pastorek L., Vörös Z., Nelineárna analýza variability dlhodobého časového chodu Wolfvho relatívneho čísla slnečných škvn, 15. Celoštátny slnečný seminár, Patince 2000, 81.
- Pastorek L., Vörös Z., Kvantitatívna charakteristika slnečnej cykličnosti, 16. Celoštátny slnečný seminár, Turčianske Teplice, 2002, 86.
- Riedi R.H., Multifractal processes, Technical Report, TR99-06, Rice University, 1999.
- Vörös Z. et. al., Multi-scale magnetic field intermittence in the plasma sheet, Ann. Geophys., In press, 2003.
- Véhel J.L. and Vojak R., Multifractal analysis of Choquet capacities: preliminary results, Adv. Appl. Math., Vol. 20, 1, 1998.