

Vlnková analýza Wolfovho relatívneho čísla

V.Karlovský, Hvezdáreň a planetárium Hlohovec, vladokarlovsky@hotmail.com

Abstrakt

Vlnková analýza Wolfovho relatívneho čísla slnečných škvrn naznačuje spolu s nelineárnou analýzou, že škvrnová aktivita s periodicitou okolo 10 - 11 rokov je pravdepodobne dôsledkom samoorganizácie aktivity s variabilitou 2 - 4 roky.

1. ÚVOD

Metóda vlnkovej transformácie umožňuje analyzovať podobne ako fourierovská transformácia časový rad hodnôt a zisťovať periódou. Na rozdiel od fourierovskej transformácie umožňuje zisťovať rôzne periódou 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>. Na tej istej adrese možno tiež použiť interaktívne kreslenie výsledných grafov. Ako ďalšia analýza bola použitá nelineárna analýza časových radov zameraná na zisťovanie korelačnej dimenzie a najväčšieho Ljapunovského exponentu. Podrobnosti nelineárnej analýzy možno nájsť v práci Karlovský V., 1998. Na výpočty boli použité algoritmy uvedené Wolf A., Swift J.B., Swinney H.L., Vastano J.A., 1985

2. ČASOVÉ RADY SLNEČNEJ AKTIVITY

Na analýzu boli použité časové rady : Rad priemerných ročných relatívnych čísel od roku 1700 do roku 1999 zo stránky Royal observatory of Belgium, Brussel, adresa: <http://sidc.oma.be/> položka Sunspot archive a tiež Zurišské priemerné mesačné relatívne čísla od roku 1750 do roku 1842, Waldmeier M, 1955. Z obdobia Maunderovho minima boli vzaté údaje GSSN (Group Sunspot Number) z práce Hoyt V.D., Schatten H. K, 1996

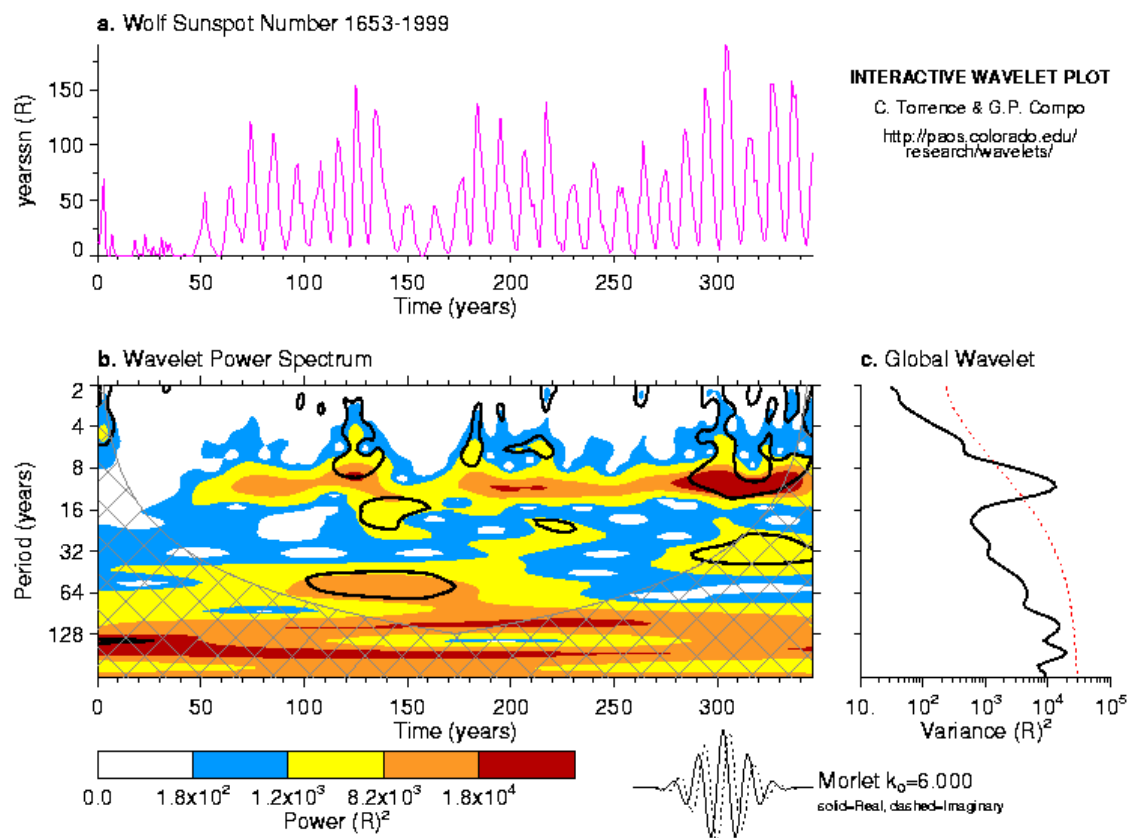
3. VLNKOVÁ ANALÝZA

Vlnkovou analýzou slnečnej aktivity sa zaoberali aj Frick P., a ďalší 1997. v súvislosti so slnečným polomerom. Naša vlnková analýza ročných relatívnych čísel za obdobie 1750 - 1999 a tiež mesačných relatívnych čísel z obdobia 1750 - 1842 ukazuje, ako vidíme na obrázkoch 1 a 2, že v obdobiach, kedy nastáva útlm aktivity s periódou 2 až 4 roky, klesá aj sila 10 - 11 ročnej periódou a tiež, že ak nastáva útlm 16 - 40 mesačnej aktivity (1,3-3,3 roka), klesá aj sila 128

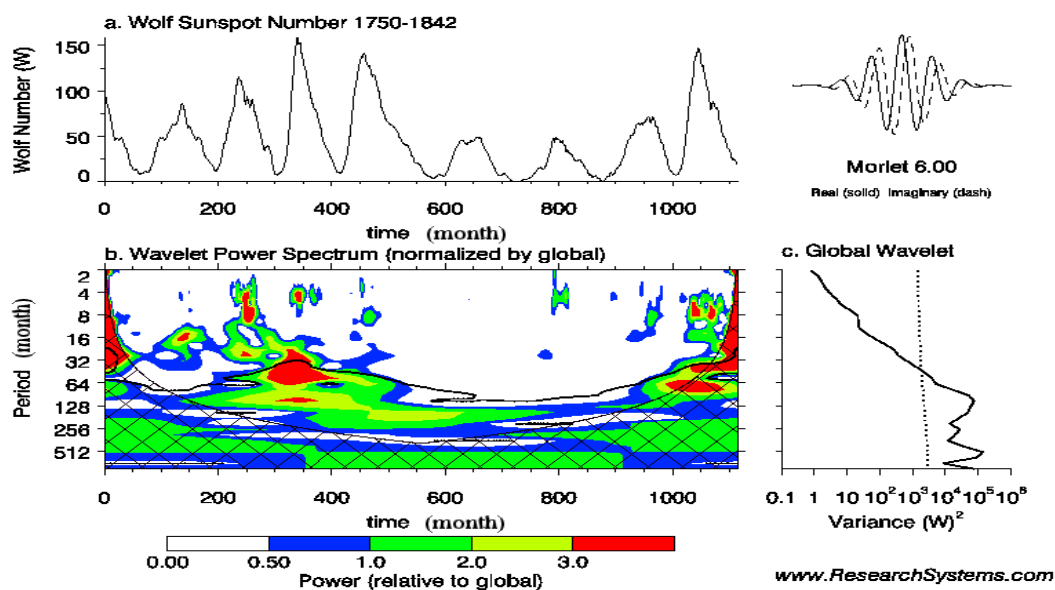
mesačnej periódou (10,67 roka). Vlnková analýza čísla GSSN z obdobia Maunderovho minima (obr.3) ukazuje podobný jav, totiž, že tu chýba jednak 10 - 11 ročná perioda a tiež, že tu chýba významnejšia 2 - 4 ročná perioda. Vzniká teda určité podozrenie, že krátkodobá aktivita 2 - 4 ročná iniciuje 10 - 11 ročnú aktivitu.

4. NELINEÁRNA ANALÝZA

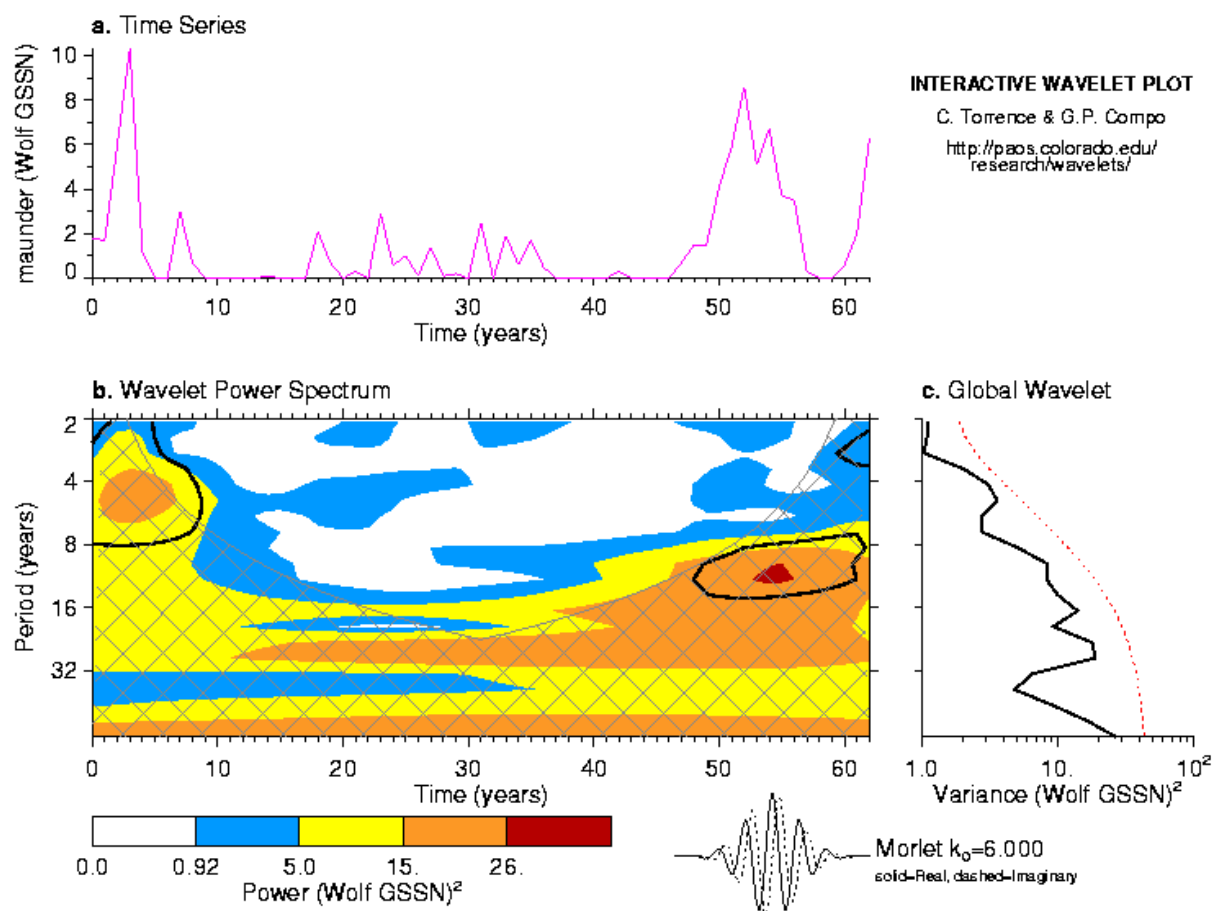
Aby bolo možné odpovedať na otázku, či perioda 10- 11 ročná má nejaký súvis s 2-4 ročnou periódou urobili sme ešte nelineárnu analýzu časového radu GSSN a porovnali ju s nelineárnou analýzou relatívnych čísel slnečných škvrn, ktorú publikoval Karlovský V., 1998. Výsledkom bolo, že korelačná dimenzia D_2 časového radu GSSN je $4,5 \pm 0,5$ (obr.4). V porovnaní korelačná dimenzia radu relatívneho čísla je $3,62 \pm 0,05$. To znamená, že tieto dva časové rady sa príliš neodlišujú, čo sa týka nelineárneho charakteru. Pri maunderovskom minime by sme očakávali od chodu relatívnych čísel skôr charakter šumu, ale zdá sa, že je to inak. Vzhľadom na to, že pri hodnote korelačnej dimenzie 4,5 je potrebné oveľa viac dát, než bolo k dispozícii, urobili sme ešte fraktálny test, či sa v danom prípade nejedná o tzv. farebný šum, kedy je korelačná dimenzia konečná, ale dáta sú sebestopodbné na všetkých mierkach. Fraktálny test ukázal (obr.5), že dáta nepredstavujú šum. Maximálny Ljapunovský exponent vyšiel $0,05 \pm 0,05$ bit/ rok. Korelačná dimenzia udáva najmenší počet stupňov voľnosti, ktorý je treba na rekonštrukciu daného dynamického systému, reprezentovaného časovým radom. Počet stupňov voľnosti je daný vzťahom : $n \geq 2 D_2 + 1$ Pri korelačnej dimenzii 3,62 je počet stupňov voľnosti 8 (8,24) pri 4,5 je počet stupňov voľnosti 10. Z toho vyplýva, že pri aktivite po uplynutí Maunderovho minima došlo k zmenšeniu počtu parametrov, ktoré ovplyvňujú škvrnovú aktivitu, teda došlo pravdepodobne k samoorganizácii s následným objavením sa 10-11 ročnej periódou, ktorú nazývame slnečný cyklus. Keďže po Maunderovom minime je silná aktivita s periodami 2 - 4 roky, je pravdepodobné, že táto aktivita je dôležitá pre vytvorenie slnečného cyklu s periódou 10 - 11 rokov.



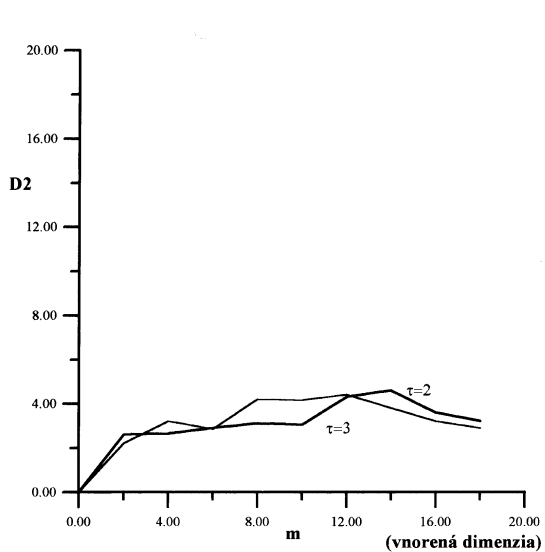
Obr.1 Vlnková analýza časového radu priemerných ročných relatívnych čísel slnečných škvŕn. Plná čiara označuje hladinu 95% spoľahlivosti.



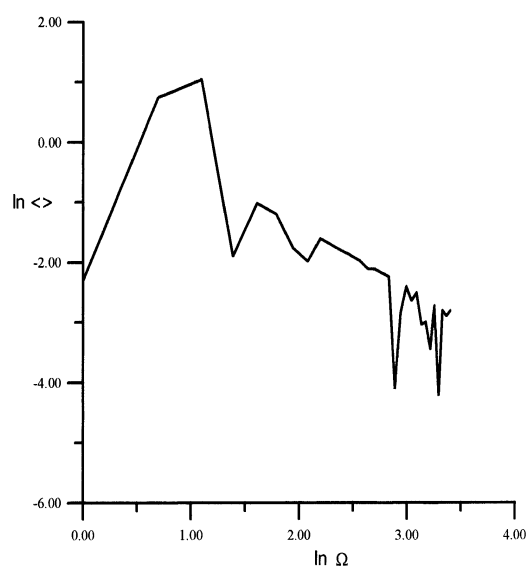
Obr.2 Vlnková analýza časového radu priemerných mesačných relatívnych čísel slnečných škvŕn v období 1700 - 1842. Plnou čiarou je vyznačená hladina 95% spoľahlivosti.



Obr.3 Vlnková analýza ročných čísel GSSN (pozri text) v období Maunderovho minima. Plná čiara označuje hladinu 95% spoľahlivosti.



Obr.4 Závislosť korelačnej dimenzie od vnorenej dimenzie m



Obr.5 Fraktálny test. Dáta nepredstavujú šum.

6.SÚHRN A DISKUSIA

Záverom môžeme konštatovať, že slnečná škvrnová aktivita sa v období Maunderovho minima len málo líši svojim charakterom od aktivity po tomto minime. Výsledky analýz nasvedčujú tomu, že po Maunderovom minime dochádza k objaveniu sa slnečného cyklu, pravdepodobne v dôsledku samoorganizácie škvrnovej aktivity.

Pod'akovanie

Pod'akovanie patrí za poskytnutie programov na výpočet vlnkovej transformácie, originál ktorých bol vyvinutý C.Torrencom a G.Campom - Program in Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado, Boulder, U.S.A.

LITERATÚRA

- Frick P., Nesme-Ribes E., Sokoloff D.:1997, "Wavelet analysis of Solar activity recorded by sunspot groups and solar diameter data" Acta Astron. Et Geophys. Univ. Comeniannae XIX, (1997) ,113
- Hoyt V.D., Schatten K.H.:1996 , "How well was the sun observed during the Maunder minimum?", Solar Physics, 165, 181-192,1996
- Karlovský V.:1998,"Slnečná aktivita a nízkodimenzióalný chaos" Zborník referátov z 13.Celoštátneho slnečného seminára, Upohlav 1996, ed.B.Lukáč, SÚH Hurbanovo, 108
- Waldmeier M.:1955,"Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung" Leipzig 1955, 141, ed.:Akademische verlagsgesellschaft Geest&Portg K.-G.
- Wolf A., Swift J.B., Swinney H.L., Vastano J.A.:1985, "Determining Lyapunov exponents from a time series", Physica D, 16,285-317