Analýza slnečnej erupcie z 18.júla 2016

Ján Karlovský, Hvezdáreň a planetárium M.R.Štefánika Hlohovec, jan.karlovsky@gmail.com
Vladimír Karlovský, Hvezdáreň a planetárium M.R.Štefánika Hlohovec, astrokar@gmail.com

Abstrakt
V príspevku je analyzovaná slnečná erupcia C4.4 zo dňa 18.júla 2016 pozorovaná v čiare H alfa v čase 8:13 – 9:18 UT . Spolu s s erupciou bola registrovaná aj prederupcia v čase 7:47-8:08 UT.

1.Úvod

Erupcia bola pozorovaná prístrojmi:H alfa LUNT - LS60THa kompletný slnečný ďalekohľad s 60 mm apertúrou a 500 mm ohniskovou vzdialenosťou, Filter B 1200 - priepustnost < 0.75 Angstrom, možnosť pozorovania erupcií a filamentov na disku Slnka a pozorovanie protuberancií na okraji disku Slnka. Ďalej bola použitá CCD kamera G1-2000 (CCD chip:ICX274AL) výrobca:Moravské přístroje a.s. http://www.mii.cz .

Obr.2 CCD kamera G1-2000 (CCD chip:ICX274AL) výrobca:Moravské přístroje a.s. http://www.mii.cz

Obr.1 H alfa LUNT - LS60THa kompletný slnečný ďalekohľad

2. Metódy

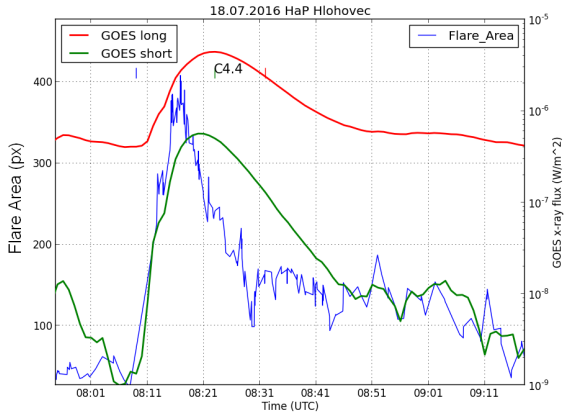
Erupcia bola snímaná pomocou softwaru ku CCD kamere - SIPS (Scientific Image Processing System). Analýza priebehu erupcie, plochy a intenzity signálu bola zisťovaná pomocou softwaru ImageJ za pomoci pluginu MultiThresholder, pričom originálne 16-bitové snímky boli prekonvertované na 32-bitové.

Na ďalšie analýzy variability bol použitý pôvodný software pre fourierovskú analýzu v programovacom prostredí IDL a tiež pre metódu EEMD kód , ktorý vyvinul Zhaohua Wu v roku 2009. Algoritmus metódy EEMD bol použitý v programovacom prostredí MatLab. Vlastný algoritmus je uverejnený na webovej stránke: http://rcada.ncu.edu.tw/research1_clip_program.htm

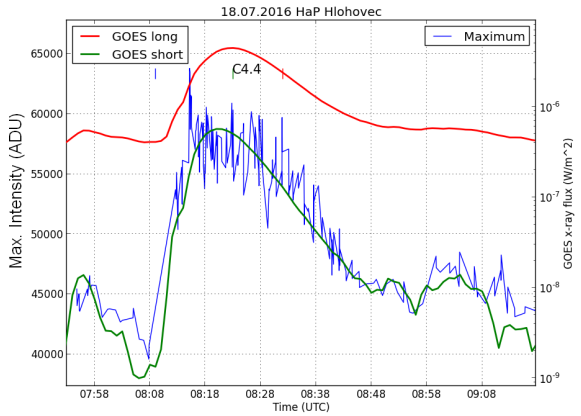
3. Priebeh erupcie a jej lokalizácia

Vzhľadom na to, že snímky erupcie pomocou CCD kamery boli 16 bitové, bolo ich potrebné prekonvertovať na 32 bitové, aby sme mohli zisťovať plochu erupcie v jednotlivých okamihoch. Podobne to bolo aj s intenzitou erupcie. Vlastnej erupcii

predchádzala prederupcia na súradniciach N06 W07 v čase 7:47 – 8:08 UT podľa pozorovania v čiare H alfa. Po skončení tejto prederupcie začala samotná erupcia, podľa meraní satelitu GOES 15 v intervale 1 – 8 Angstrom, v čase 8:09 – 8:32 UT s maximom o 8:23 UT ako C4.4 . Naše pozorovania v čiare H alfa určili začiatok erupcie na 8:13 UT a pozorovania prebiehali do 9:18 UT, kedy bolo pozorovanie ukončené pre zhoršujúce sa poveternostné podmienky. Priebeh erupcie jej plochy a intenzity je na obrázkoch č.3a a3b. Okrem toho je tam aj priebeh žiarenia 1 – 8 Angstrom a 0,5 – 4 Angstrom zo satelitu GOES 15.



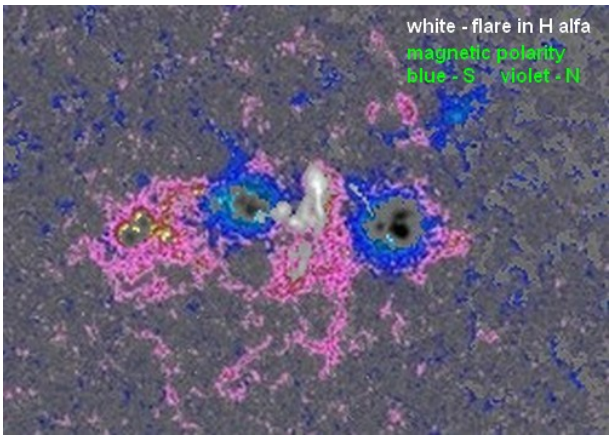
Obr.3a Priebeh prederupcie a erupcie v čiare H alfa. Porovnanie plochy erupcie a žiarenia z družice GOES 15 .



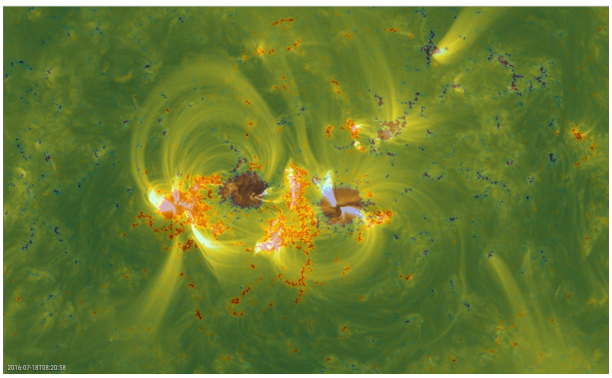
Obr.3b Priebeh prederupcie a erupcie v čiare H alfa. Porovnanie intenzity erupcie a žiarenia z družice GOES 15 .

Zaujímavé je, že maximum plochy erupcie v H alfa predchádza maximu v žiarení 1 – 8 Anstrom a aj v žiarení na 0,5 – 4 Angstrom.

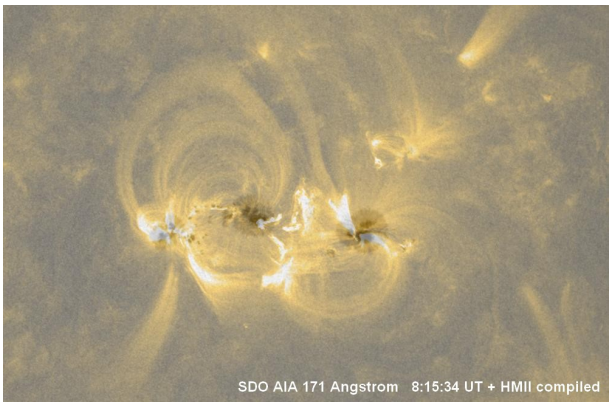
Lokalizácia erupcie bola prakticky takmer taká istá ako prederupcie. Zaujímavá je jej lokalizácia voči magnetickému poľu zo satelitu Solar Dynamic Observatory (SDO) obr.3c ako aj lokalizácia z SDO AIA 171 Angstrom voči magnetickému poľu , obr.3d a tiež z SDO AIA 171 Angstrom voči fotosfére, obr.3e.



Obr.3c Poloha erupcie voči magnetickému poľu z Solar Dynamic Observatory (SDO)

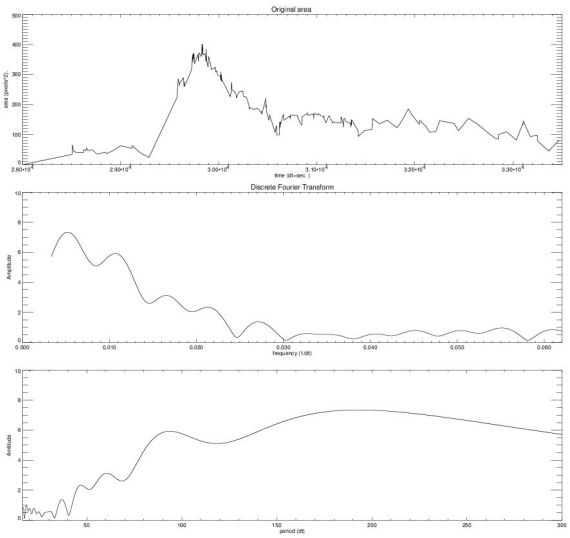


Obr.3d Lokalizácia snímku SDO AIA 171 Angstrom voči magnetickému poľu (modrá a červená farba).



Obr.3e Lokalizácia snímku SDO AIA 171 Angstrom voči fotosfére v kontinuu.

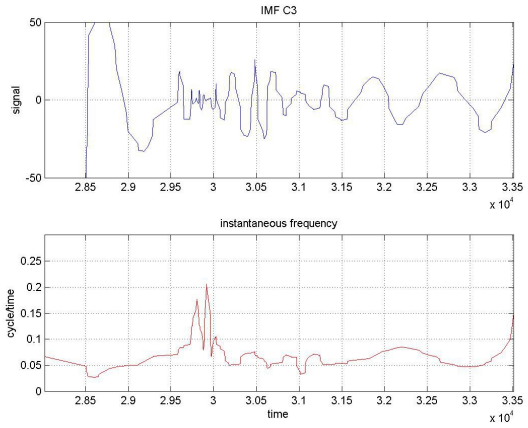
Počas erupcie dochádzalo k zmene intenzity častí plochy erupcie a jasnosť sa prelievala z jednej časti do druhej. To spôsobilo, že aj celková plocha a tiež intenzita erupcie oscilovala. Preto sme urobili fourierovskú analýzu zmien plochy erupcie. Analýzu vidíme na obrázku č.4. Našli sme periódy 47, 60, 90 a 195 sekúnd. Najvýznamnejšia je perióda 195 sekúnd .



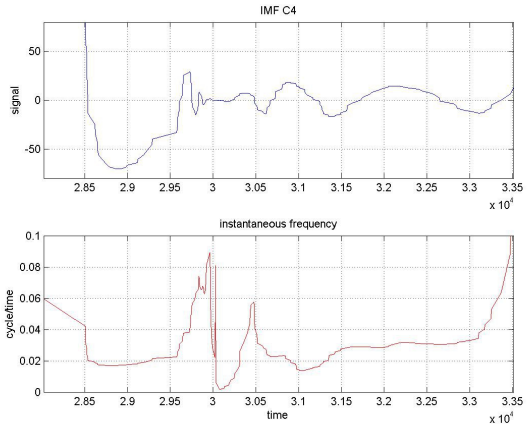
Obr.4 Fourierovská analýza zmien plochy erupcie.

Pretože naše dáta neboli získané v ekvidistantných časových intervaloch, nemohli sme použiť na analýzu vlnkovú transformáciu. Použili sme metódu EEMD, podobne ako Bradley L. Barnhart ·William E. Eichinger 2011, ktorá umožňuje analyzovať nelineárne a nestacionárne dáta a dáta nemusia byť robustné. Použitie tejto metódy je podrobne popísané v prácach autorov: Huang, N. E. , Z. Shen, and S. R. Long, M. C. Wu, E. H. Shih, Q. Zheng, C. C. Tung, and H. H. Liu, 1998, Huang, N. E., 2003, Kolotkov D.Y., Broomhall A.-M., Nakariakov V.M. 2015 Torres M. E., Colominas M. A., Schlotthaeur G., Flandrin P. (2011).

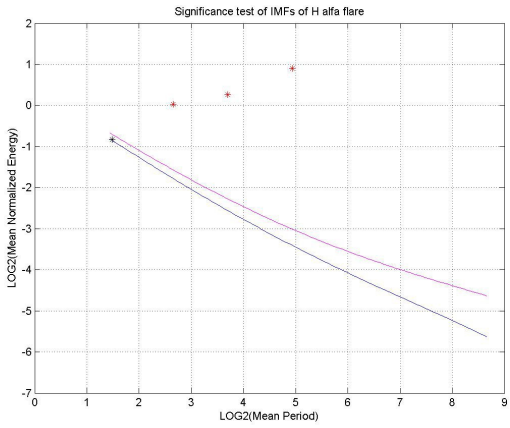
Metóda empirickej modálnej dekompozície ukazuje na periódu 20 sekúnd pri modálnej funkcii IMF3 a na periódu 50 sekúnd pri modálnej funkcii IMF4. Jednotlivé okamžité frekvencie vidíme na obrázkoch 5 a 6. Významosť jednotlivých modálnych funkcií je na obrázku č.7.



Obr.5 Okamžitá frekvencia pri IMF3



Obr.6 Okamžitá frekvencia pri IMF4

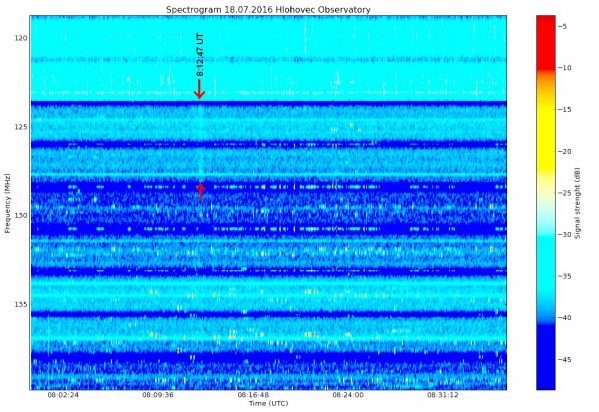


Obr.7 Test významnosti modálnych funkcií

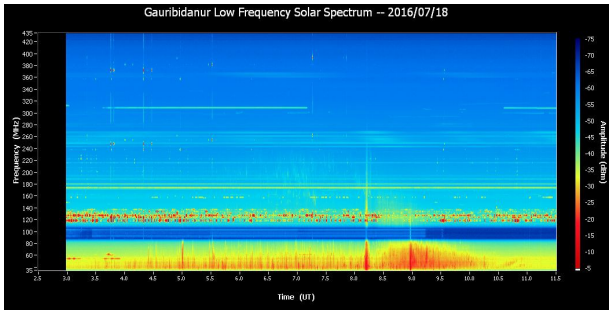
Významnosť jednotlivých modálnych funkcíí . Nad červenou krivkou je spoľahlivosť nad 99 %, nad modrou nad 95%. Vidíme, že sú významné prakticky všetky modálne funkcie. Pokiaľ sa zameriame na okamžité frekvencie vidíme veľkú variabilitu, takže v analyzovanom časovom intervale neexistuje frekvencia , či perióda, ktorá by bola relatívne stála

4. Rádioastronomické pozorovanie erupcie.

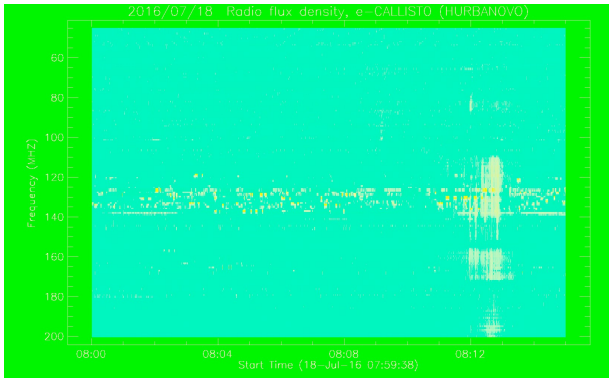
Okrem pozorovaní v čiare H alfa sme erupciu pozorovali tiež v rádiovej oblasti spektroheliografom na frekvencii 120 – 140 MHz. Záznam vidíme na obrázku č.8 . Pre porovnanie je záznam indického observatória Gauribidanur , kde vidieť vzplanutie typu III, obrázok č.9 a tiež záznam z projektu CALLISTO observatória v Hurbanove, obrázok č.10 ako aj záznam ruského observatória IZMIRAN, obrázok č.11.



Obr.8 Záznam vzplanutia typu III pri erupcii.

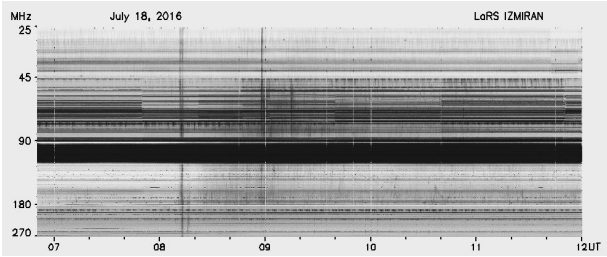


Obr.9 Záznam observatória Gauribidanur.



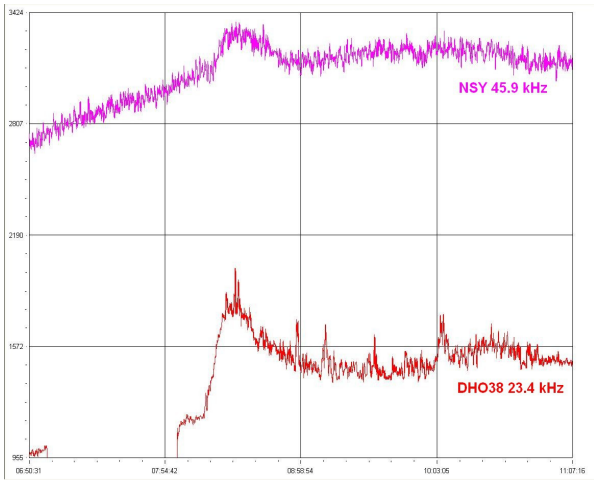
Obr.10 Záznam observatória SUH Hurbanovo.

Vzplanutie III/2 vidíme aj na obrázku č.3a a 3b na zázname družice GOES15 (short) ako hrb na krivke. Je to spôsobené urýchlenými elektrónmi.



Obr.11 Záznam observatória IZMIRAN.

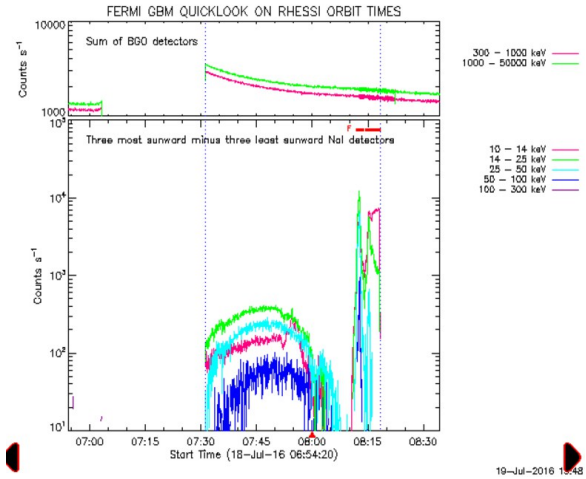
Registrovali sme erupciu aj nepriamo a to pomocou SID monitorov. Konkrétne to bol záznam odrazeného signálu od ionosféry vysielačov NSY a DHO38. Registráciu vidíme na obrázku č.12.



Obr.12 Záznam erupcie na SID monitoroch.

5. Ďalšie pozorovania erupcie.

Erupcia bola pozorovaná aj družicou FERMI, pričom časy žiarenia na 14 – 25 keV a 25 – 50 keV pri prederupcii zodpovedajú maximu v týchto intervaloch v čase 7:47 UT, čo zodpovedá začiatku prederupcie v H alfa z nášho pozorovania. Maximá žiarenia registrované v intervaloch 14 – 25 a 25 – 50 keV a tiež v intervale 50 – 100 keV zodpovedajú začiatku erupcie o 8:13 UT v H alfa nášho pozorovania. Registráciu zo satelitu FERMI vidíme na obrázku č.13.



Obr.13 Registrácia erupcie satelitom FERMI.

6. DISKUSIA A ZÁVER

Počas erupcie dochádzalo k zmene intenzity častí plochy erupcie a jasnosť sa prelievala z jednej časti do druhej. To spôsobilo, že aj celková plocha a tiež intenzita erupcie oscilovala. Našli sme periódy 47, 60, 90 a 195 sekúnd. Najvýznamnejšia je perióda 195 sekúnd.

Vzplanutie III/2 vidíme na zázname družice GOES15 (short) ako hrb na krivke. Je to spôsobené urýchlenými elektrónmi v priebehu erupcie.

Poďakovanie

Poďakovanie patrí Zhaohua Wu.

Výpočty boli urobené za použitia algoritmov metódy EEMD , originál ktorých bol vyvinutý Zhaohua Wu v roku 2009 v programovacom jazyku MatLab.

LITERATÚRA

Bradley L. Barnhart ·William E. Eichinger 2011, Analysis of Sunspot Variability Using the Hilbert –Huang Transform, Solar Phys (2011) 269: 439–449

Huang, N. E. , Z. Shen, and S. R. Long, M. C. Wu, E. H. Shih, Q. Zheng, C. C. Tung, and H. H. Liu, 1998: The empirical mode decomposition method and the Hilbert spectrum for non-stationary time series analysis, *Proc. Roy. Soc. London, **454A***,903-995.

Huang, N. E., 2003: Empirical Mode decomposition for analyzing acoustic signal, US
Patent 10-073857, August, 2003, Pending.

Kolotkov D.Y., Broomhall A.-M., Nakariakov V.M. 2015 Hilbert-Huang transform analysis of periodicities in the last two solar activity cycles., MNRAS 451, 4360-4367

Torres M. E., Colominas M. A., Schlotthaeur G., Flandrin P. (2011). A complete Ensemble Empirical Mode decomposition with adaptive noise. IEEE Int. Conf. on Acoust., Speech and Signal Proc. ICASSP-11, Prague. 4144-4147.

Wu, Z., and N. E Huang (2008),
Ensemble Empirical Mode Decomposition: a noise-assisted data analysis method.
Advances in Adaptive Data Analysis. Vol.1, No.1. 1-41.