Predikcia geomagnetických búrok pomocou neurónových sietí

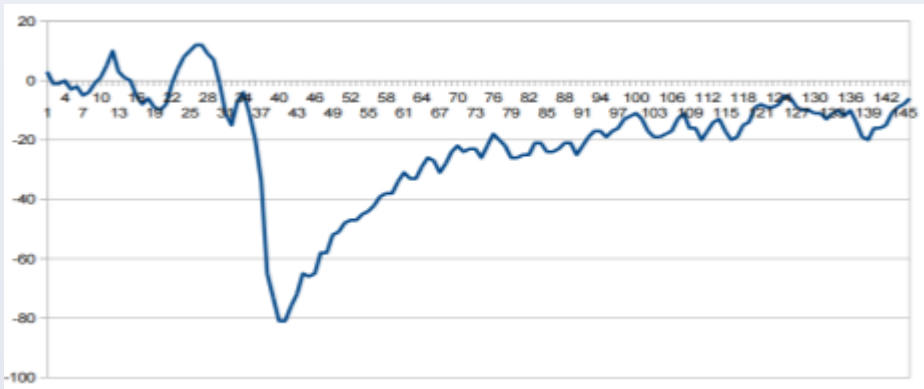
Jakub Baník
Vedúca práce:
doc. RNDr. Gabriela Andrejková, CSc.
Prírodovedecká fakulta UPJŠ

Abstrakt

Geomagnetické búrky, ktoré sú dôsledkom slnečnej aktivity, môžu spôsobiť mnoho problémov pri činnosti satelitov, preto je dôležité vedieť predpovedať, kedy bude ich sila najväčšia. V článku je navrhnutý algoritmus pre predikciu geomagnetických búrok, ktorý používa neurónové siete v kombinácii s teóriou fuzzy množín. Algoritmus bol implementovaný v programovacom jazyku Java a je testovaný na dostupných dátach z reálnych meraní fyzikálnych parametrov charakterizujúcich geomagnetické búrky, medzi ktoré boli doplnené parametre kozmického žiarenia.

Geomagnetické búrky

Geomagnetická búrka je dočasné narušenie magnetického poľa Zeme, ktorého najčastejším dôvodom sú procesy prebiehajúce na Slnku. Slnečné erupcie spôsobujú únik nabitých častíc do medziplanetárneho priestoru, čo spôsobuje výkyvy v magnetickom poli Zeme. Prúd týchto častíc unikajúcich zo Slnka sa nazýva slnečným vetrom.



Obrázok 1. Na obrázku je zobrazený priebeh geomagnetickéj búrky ako závislosť hodnôt indexu D_{st} od času v hodinách

Počas priebehu geomagnetických búrok je možné rozoznávať 3 fázy : počiatočnú, fázu, hlavnú fázu a fázu obnovy. V počiatočnej fáze nastáva mierne zvýšenie hodnoty D_{st} indexu o 20 až 50 nT a následnej jej prudké zníženie. V hlavnej fáze nastáva pokles hodnoty indexu D_{st} pod hranicu -50 nT, avšak môže klesnúť až na oveľa nižšie hodnoty. Vo fáze obnovy hodnota indexu D_{st} pomaly stúpa, až kým nedosiahne pôvodné hodnoty. Na obrázku č.1. je možné vidieť priebeh jednej takejto búrky.

Ciele práce

1. Spracovať známe výsledky a metódy použité pri výskume danej problematiky. Spracovať základné poznatky o fuzzy logike.
2. Navrhnúť systém na predikciu geomagnetických búrok pomocou fuzzy neurónových sietí, systém vylepšiť o nové fyzikálne poznatky.
3. Vyhodnotiť výsledky predikcie na reálnych dátach (urobiť predspracovanie dát a pripraviť ich využitie v aplikácii).

Existujúce riešenia

Existujú viaceré riešenia predikcie geomagnetických búrok, medzi ktoré patria aj riešenia pomocou neurónových sietí, ktoré zaujímajú nás.

Jedným z prvých boli (H. Lundstedt and P.Wintoft, 1994, [2]), ktorí využili vrstvovú neurónovú sieť s použitím parametrov n, v, B_z, σ_{B_z} nameraných osem hodín pred predikovanou hodnotou D_{st} na jej úspešnú predikciu.

Využitie rekurentných sietí pri predikcií geomagnetických búrok skúmali (Andrejková, G., Azorová, J., Kudela, K., 1996, [3]). Testované boli 4 modely neurónových sietí, pričom všetky boli schopné predpovedať geomagnetické s vyššou alebo s nižšou úspešnosťou.

Andrejková, G., Tóth, H., Kudela, 2004, [4], použili na predikciu geomagnetických búrok fuzzy neurónové siete. Zostavili fuzzy neurónový klasifikátor, ktorý predikoval, či nastane geomagnetická burka v čase t až t + 4 hodín. Na vstup boli zadávané hodnoty n*v a σ_{B_z}, respektíve n*v a B_z namerané v čase t-1 až t-8. Následné bola porovnávaná úspešnosť modelu s parametrami n*v, σ_{B_z} s modelom s n*v a B_z na vstupe.

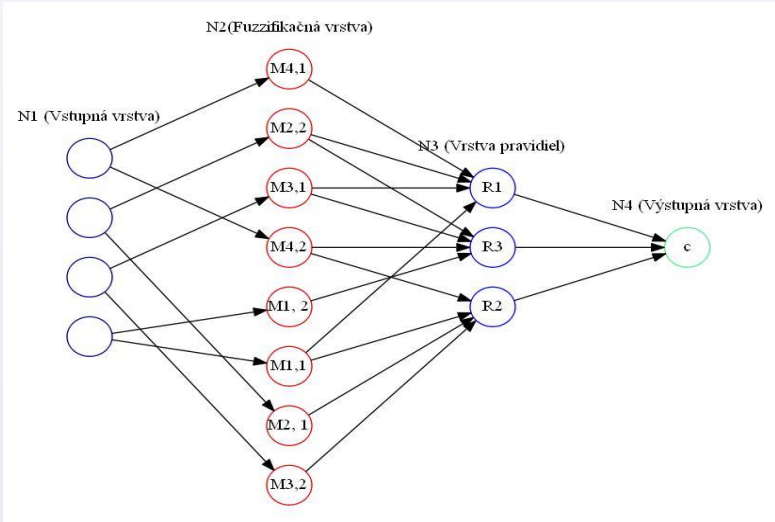
Neuro-fuzzy klasifikátor

Neuro-fuzzy je inak povedané použitie učiacich stratégií teórie neurónových sietí s fuzzy systémami. Ako neuro-fuzzy systém je väčšinou chápaná neurónová sieť, kde sa namiesto aktivačnej funkcie používajú funkcie z fuzzy systémov ako t-norma a t-co-norma. Pravidlá typu ***AK x je B A y JE C POTOM z je D***, kde x, y, z sú premenné a B, C, D sú fuzzy množiny sú interpretáciou týchto neuro-fuzzy systémov.

Neuro-fuzzy klasifikátor je modifikovaný neuro-fuzzy systém. Hlavným rozdielom je štruktúra pravidiel. Pravidla neuro-fuzzy klasifikatorov vyzerajú takto:

AK x_1 JE B_1 A ... A x_n je B_n POTOM x PATRI do C,

kde **x** je vstupný vektor s atribútmi $x_1 ... x_n$, B_1, ... ,B_n sú fuzzy množiny a C je trieda do ktorej je vstup **x** zaradení. Výstup takejto siete je n-rozmerný vektor, ktorý má všetky hodnoty rovné nule až na jednu. Príklad výstupu siete e^i= (0,….,0,1,0,…0) obsahujúci 1 na i-tej pozicií znamená, že vstup **x** klasifikátor zaradí do triedy C^i



Obrázok 2. Na obrázku je graficky znázornený jeden príklad neuro-fuzzy klasifikátora.

Dáta

Používané dáta sú získané z NASA's Space Physics Data Facility (SPDF). Dáta sú uložené v hodinových intervaloch..

Neurónová sieť prijíma štyri parametre na vstupe.

B_z ... z zložka vektora intenzity medziplanetárneho magnetického poľa

σ_z ... stredná kvadratická odchýlka parametra B_z

v ... rýchlosť častíc slnečného vetra

n ... častice slnečného vetra na $1cm^3$

Táto sieť bude predikuje to, či nastane búrka v časovom intervale <t, t+q>, kde q ∈ N, z hodnôt parametrov na vstupe v čase t-1. Predikujeme teda, či v časovom intervale <t, t+q> nastane pokles hodnôt parametra D_{st} o najmenej 40nT.

Keďže búrka buď nastane alebo nenastane, môžeme využiť neuro-fuzzy klasifikátor, ktorý nám na výstupnej vrstvy da buď hodnotu 1, respektíve nastala búrka alebo 0, respektíve búrka nenastala.

Vytvorili sme teda klasifikačnú funkciu :

$$\vartheta(B_z^{t-1},\ \sigma_z^{t-1},\ v^{t-1}, n^{t-1}) = \begin{cases} 1, ak\ min_{t'=t,\dots,t+a}\left\{D_{st}^{t'} - D_{st}^{t'-2}\right\} \le -40 \\ 0, inak \end{cases}$$

Implementácia neuro-fuzzy klasifikátora

Na začiatku sa spracúvajú dáta podľa už spomenutých princípov. Následne sa na tieto spracované dáta použije algoritmus na získavanie pravidiel z trénovacích dát. Po splnení podmienok ukončenia algoritmus skončí svoju prácu a zanechá nám zoznam pravidiel a štruktúru siete neuro-fuzzy klasifikátora. Následne sa na túto sieť aplikuje ďalší algoritmus, ktorý mení hodnoty funkcií príslušnosti vo fuzifikačnej vrstve. Na konci sa porovnáva úspešnosť siete vytvorenej prvým algoritmom a siete následne upravenej ešte druhým algoritmom. Pri vyhodnocovaní výsledkov neuro-fuzzy klasifikátora budeme brať do úvahy dve hodnoty E_1, E_2,Chyba prvého druhu nás informuje o neúspešnosti siete predpovedať búrky, ktoré nastali. .Chyba druhého druhu E_2 nás informuje o tom, v akej časti príkladov predpovedá sieť búrku, aj keď búrka nenastáva

Záver

Kedže ešte nie je všetko naprogramované, nedá sa posudzovať úspešnosť modelu a ani ho porovnávať s inými riešeniami.

Literatúra

[1] Severe Space Weather Events – Understanding Societal and Economic Impacts – Workshop Report, National Research Council of the National Academies, The National Academies Press, Washington, D.C., 2008

[2] Lundstedt, H., Wintoft, P.: Prediction of geomagnetic storms from solar wind data with the use of neural network. Ann. Geophysicae 12, 19-24 (1994), EGS-Springer-Verlag, 1994.

[3] Andrejková, G., Azorová, J., Kudela, K.: Artificial Neural Networks in Prediction D_{st} Index, Proceedings of the 1st Slovak Symp. on Neural Networks, ELFA, Košice, pp. 51-59, 1996.

[4] Andrejková, G., Tóth, H., Kudela, K.: Fuzzy Neural Networks in the Prediction of Geomagnetic Storms. Košice, 2004.

RESEARCH POSTER PRESENTATION DESIGN © 2015
www.PosterPresentations.com