

O možnosti modelovať vplyvy geomagnetickej aktivity na človeka umelou neurónovou sieťou

F. Valach, Geomagnetické obs. GFÚ SAV, Hurbanovo, fridrich@geomag.sk
I. Túnyi, Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava, geoftuny@savba.sk

Abstrakt

V minulosti bolo uskutočnených viacero výskumov, ktoré preukázali istú súvislosť medzi prejavmi ľudského správania a geomagnetickou aktivitou. Pre väčšinu vyšetovaných takýchto prejavov sa ukázali byť fázy poklesu a minima geomagnetickej aktivity pre človeka nebezpečnejšie ako fázy nárastu a maxima. V našej práci sme vychádzali z týchto záverov a zachádzame ešte ďalej - predkladáme metodiku tvorby NN modelu pre takúto závislosť. Použitie jednoduchšej metódy umelej neurónovej siete demonštrujeme na závislosti množstva samovrážd od geomagnetickej aktivity. NN model sme pomocou chí-kvadrátového testu kvantitatívnych znakov porovnali so skutočnými počtami samovrážd. Pre nezávislé testovacie súbory údajov sme obdržali náhodnostný koeficient 0,434 ($\chi^2 = 11,610$ pri počte znakov $N = 50$), čo potvrdzuje opodstatnenosť použitia predkladanej metódy.

1. ÚVOD

Od počiatkov existencie života na Zemi je súčasťou pozemského prostredia aj magnetické pole planéty. Je to pole premenné, jeho hlavná časť je generovaná v tekutom zemskom jadre a procesy v útrobach Zeme spôsobujú tiež variácie poľa s najdlhšími periódami (základnou je 8000-ročná perióda), ba aj zmeny jeho polarity (inverzie geomagnetického poľa) [Bucha, 1975; Parkinson, 1983]. Variácie geomagnetického poľa s krátkymi periódami majú pôvod mimo pevného zemského telesa. Výrazné sú variácie ročné, 27-dňové, denné, ktoré sú pravidelnými variáciami. Pod geomagnetickou aktivitou rozumieme prechodné nepravidelné variácie geomagnetického poľa [Ochaba, 1986]. Presne definované čísla, ktorými sa kvantitatívne charakterizuje geomagnetická aktivita, sú indexy geomagnetickej aktivity. Takouto mierou je napríklad planetárny amplitúdový index a_p , ktorý vystihuje intenzitu poruchy v rámci 3-hodinových intervalov, alebo denný planetárny amplitúdový index A_p , počítaný ako denný priemer hodnôt a_p [Ochaba, 1986]

$$A_p = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 a_p \quad (1)$$

Parkinson [1983] sa zmieňuje o experimentoch, ktoré naznačujú možný vzťah medzi geomagnetickým poľom a zdravím ľudí. Ďalej píše, že k štatisticky významným výsledkom je potrebné ešte vykonať množstvo ďalších pokusov.

V prácach [Túnyi a kol., 1994; Uhnák a kol., 1988; Lukáčová-Túnyi, 1988; Túnyi-Uhnák, 1990; Túnyi-Tesařová, 1991] bola vyšetovaná súvislosť medzi geomagnetickou aktivitou a výskytom niektorých ochorení (astmy bronchiale a epilepsie), pracovných

úrazov, smrteľných pracovných úrazov, úrazov vrcholových a výkonnostných športovcov a samovrážd. Ich výsledky svedčia o tom, že dni poklesu a minima geomagnetickej aktivity sú pre človeka nebezpečnejšie, ako dni jej vzrastu a maxima. Napríklad z výskumu 347 samovrážd, pitvaných v Ústave súdneho lekárstva UK v Bratislave za obdobie rokov 1985-1987, vyplýva, že na jednu samovraždu v období poklesu geomagnetickej aktivity bolo potrebné 2,51 dňa a v období jej vzrastu 4,87 dňa [Túnyi-Tesařová, 1991]. Na základe týchto výsledkov navrhli Túnyi a Kiss [1992] spôsob podávania pokusnej prognostiky pre človeka priaznivých a nepriaznivých fáz geomagnetickej aktivity.

2. MATERIÁL A POUŽITÁ METÓDA

V predkladanej práci sme použili údaje o denných počtoch samovrážd - prípadov pitvaných v Ústave súdneho lekárstva v Bratislave za obdobia rokov 1985-1987. Tieto údaje už boli v minulosti spracované (viď predchádzajúci paragraf) klasickými štatistickými prístupmi [Túnyi-Tesařová, 1991].

Za mieru geomagnetickej aktivity sme brali denný planetárny amplitúdový index A_p za príslušné roky. Rozdiel medzi svetovým časom UT (na ktorý sa vzťahujú indexy A_p) a stredoeurópskym časom SEČ resp. letným stredoeurópskym časom LSEČ pritom neberieme do úvahy.

Metódou použitou v práci je umelá neurónová sieť (NN). Princíp metódy a algoritmus, založený na zovšeobecnenom delta-pravidle a vylepšený zotrvačným členom [Gurney, 1996], je popísaný v práci [Valach, 2002]. Úspešnosť predkladanej metódy (navrhnutého NN-modelu) bude posúdená pomocou chí-kvadrátovej

štatistiky náhodnostným koeficientom [Press a kol., 1990].

3. VZORY PRE NEURÓNOVÚ SIET'

Z doterajších výskumov vyplýva, že pri štúdiu vplyvov geomagnetickej aktivity na človeka musíme uvažovať jej aktuálnu úroveň, ako aj údaj o tom, či ide o fázu nárastu alebo poklesu geomagnetickej aktivity. Preto sme navrhli neurónovú sieť s dvomi vstupnými neurónmi, jedným výstupným neurónom a medzi nimi vrstvou skrytých neurónov - ich počet určíme neskôr.

Štruktúra vzorov bude nasledovná:

Vstupy:

1. $\{A_p$ v danom dni}
2. $\{A_p$ v danom dni} mínus $\{A_p$ v predchádzajúcom dni}

Výstup:

1. {Počet samovrážd v danom dni}

Údaje o počte samovrážd sú pretransformované na otvorený interval (0 ; 1) pomocou transformačnej funkcie

$$x = 1 / \{ 1 + \exp [- a (X - b)] \} \quad (2)$$

tak, aby 0 samovrážd po pretransformovaní bolo 1/100 a 1 samovražda po pretransformovaní nech je 3/4. (x je nová hodnota po pretransformovaní, X je stará hodnota, $a = \ln 297$, $b = \ln 99 / \ln 297$.) Takáto transformácia bola zvolená s ohľadom na početnosť samovrážd v celom skúmanom období (Tab. č. 1).

Počet samovrážd za deň	Početnosť
0	797
1	254
2	38
3	6

Tab. č. 1 Početnosť denných počtov samovrážd v skúmanom období rokov 1985-1987.

Za skúmané obdobie troch rokov je spolu 1095 vzorov. Náhodným výberom boli rozdelené do troch súborov: Prvý súbor s 995 vzormi sa použije na účely tréningu siete, druhý súbor s 50 vzormi poslúži na test, ktorým sa určí vhodný počet skrytých neurónov a súbor so zvyšnými 50 vzormi bude použitý na otestovanie úspešnosti najlepšieho z modelov.

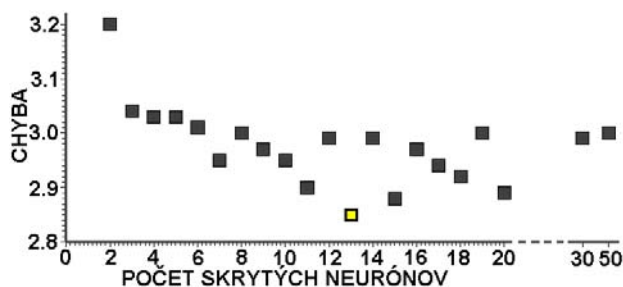
4. TRÉNOVANIE NEURÓNOVÝCH SIETÍ

Na súbore 995 tréningových vzorov boli trénované neurónové siete s počtom skrytých neurónov $H = 2, 3, \dots, 20$ a tiež 30 a 50. Vzory boli sieťam predkladané v náhodnom poradí. Rýchlosť učenia, spočiatku určená na 0,1, bola počas tréningu adaptovaná: pri zlepšovaní schopnosti siete určovať správne-očakávané výstupy, je rýchlosť učenia zdvojnásobená, pri stagnácii alebo poklese schopnosti rýchlosť učenia znižujeme na štvrtinu. Zotravný člen bol nastavený na stálu hodnotu 0,7.

Aby sme mohli odhadnúť rozumný počet neurónov H , bola na súbore 50 testovacích vzorov počítaná pre jednotlivé siete chyba, o akú sa výstupy siete odlišujú od želaných-očakávaných hodnôt. Ako mieru takejto chyby sme použili výraz

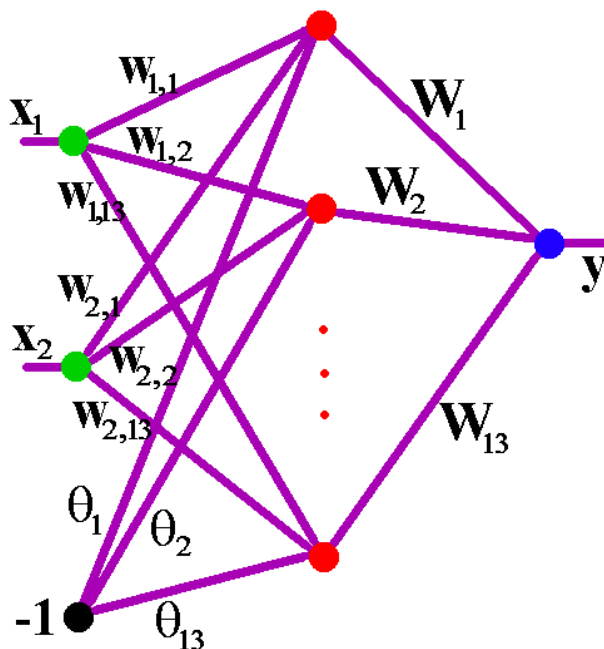
$$\sum_{p=1}^P \frac{1}{2} (t_p - y_p)^2 \quad (3)$$

v ktorom P je počet vzorov ($P = 50$), t_p je očakávaný výstup v p -tom vzore a y_p je výstup z výstupného neurónu pre p -tý vzor.



Obr. č. 1 Závislosť chyby, akej sa dopúšťa neurónová sieť, od počtu neurónov v skrytej vrstve.

Obrázok 1 ukazuje, ako sa mení chyba, t. j. hodnota výrazu (3), v závislosti od H . Najmenšej chyby sa dopustila neurónová sieť s trinástimi neurónmi v skrytej vrstve, preto za rozumnú budeme považovať hodnotu $H=13$. Architektúra použitej neurónovej siete je na obrázku 2.



Obr. č. 2 Schéma umelej neurónovej siete s dvomi vstupnými, trinástimi skrytými a jedným výstupným neurónom.

Výstup y na výstupnom neuróne sa dá vyjadriť ako funkcia vstupných veličín x_1 a x_2 , ktoré boli privedené na vstupné neuróny, vzťahom:

$$y = \left\{ 1 + \exp \left[\sum_{j=1}^{13} \frac{-W_j}{1 + \exp(\theta_j - x_1 w_{1j} - x_2 w_{2j})} \right] \right\}^{-1} \quad (4)$$

kde w_{ij} sú váhy dráh medzi vstupnou a skrytou vrstvou, θ_j sú prahy citlivosti jednotlivých neurónov skrytej vrstvy a W_j sú váhy dráh medzi skrytou vrstvou a výstupným neurónom.

Tréningom neurónovej siete na 995 vzoroch boli pôvodne náhodne zvolené váhy dráh a prahy citlivosti skrytých neurónov prispôsobované. Výsledkom sú hodnoty, uvedené v tabuľke 2.

j	w_{1j}	w_{2j}	θ_j	W_j
1	-0,276	0,035	0,952	0,205
2	-0,774	0,857	-0,170	-0,657
3	-0,626	0,426	-0,081	-0,471
4	0,334	0,000	0,341	0,391
5	-0,885	-0,254	0,757	-0,082
6	0,838	-0,508	0,814	-0,328
7	0,902	-0,568	0,354	-0,664
8	0,726	0,701	-0,220	-0,388
9	-0,495	0,549	0,854	0,138
10	-0,292	-0,789	0,783	0,160
11	-0,331	-0,759	-0,123	0,144
12	-0,712	0,574	0,120	0,125
13	-0,283	0,867	0,236	-0,247

Tab. č. 2 Váhy dráh a prahy citlivosti umelých neurónov.

5. TRANSFORMÁCIA DO PÔVODNEJ ŠKÁLY

Hodnoty, ktoré dostávame na výstupnom neuróne, je potrebné pretransformovať do pôvodnej škály. Prvým krokom je transformácia inverzná k tej, ktorú sme na začiatku vykonali podľa vzťahu (2). Musíme vziať do úvahy, že sme pracovali s dátami, ktoré sú značne "zašumené" - ťažko môžeme tvrdiť, že jediným faktorom, ktorý ovplyvňuje počty samovrážd, je geomagnetická aktivita a tvrdenie, že geomagnetická aktivita je dominujúcim faktorom, je tiež veľmi smelé. Neurónová sieť má vtedy tendenciu na výstupný neurón privádzať hodnoty, ktoré sú bližšie k akejsi strednej hodnote, ako je tomu v skutočnosti ("opatrná" reakcia neurónovej siete). Pokúsili sme sa nájsť dodatočnú transformáciu, ktorou by sme zmenili súbor s výstupmi siete na taký súbor, ktorý by mal rovnaké štatistické vlastnosti ako majú želané hodnoty. K nájdeniu tejto transformácie sme využili údaje, ktoré už predtým boli použité pri tréningu siete a hľadani hodnoty H , teda spolu 1045 vzorov. V tabuľke 3 sú uvedené znaky (denné počty samovrážd) a ich početnosti v skutočných prípadoch a v reakciách (výstupoch) neurónovej siete (reakcie sú zaokrúhlené na desatiny, čím sme dostali štyri diskkrétne hodnoty znakov).

Z požiadavky, aby sa podobali štatistické vlastnosti skutočných prípadov a reakcií neurónovej siete v tabuľke 3, vyplýva hľadaný transformačný vzťah

$$z_{\text{nové}} = 10 \cdot z_{\text{staré}} - 6 \quad (5)$$

kde $z_{\text{staré}}$ je výstup neurónovej siete zmenený transformáciou inverznou k (2), $z_{\text{nové}}$ je výsledná modelová hodnota počtu samovrážd v príslušnom dni.

Skutočné prípady		Reakcie neur. siete	
Znak	Početnosť	Znak	Početnosť
0	760	0,5	4
1	244	0,6	708
2	35	0,7	308
3	6	0,8	25

Tab. č. 3 Porovnanie súborov s výstupmi neurónovej siete a so skutočnými údajmi o počtoch samovrážd.

6. OTESTOVANIE NN-MODELU. ZÁVER

Posledných 50 vzorov, ktoré doteraz neboli použité, je vyhradených na otestovanie presnosti výsledného NN-modelu, ktorý predstavuje vzťah (4) a tabuľka 2 spoločne s vykonanými transformáciami podľa vzťahov (2) a (5).

Hodnoty pre 50 testovacích vzorov, ktoré poskytol NN-model, sme so skutočnými hodnotami (dennými počtami samovrážd) porovnali pomocou chí-kvadrátovej štatistiky. Početnosti modelových a skutočných znakov sú uvedené v tabuľke 4.

		0	1	2	← Reakcie neur. siete (znaky)
		0	31	4	
	1	4	6	0	
	2	2	1	0	
↑ Skutočné prípady (znaky)					↙ Početnosti

Tab. č. 4 Porovnanie NN-modelu so skutočnými hodnotami.

Na základe tabuľky 4 bola vypočítaná hodnota

$$\chi^2 = 11,610 \quad \text{pre } N = 50.$$

Náhodnostný koeficient, počítaný podľa vzťahu

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + N}} \quad (6)$$

má hodnotu 0,434.

Tieto štatistické ukazovatele nasvedčujú tomu, že existuje súvislosť medzi geomagnetickou aktivitou a množstvom spáchaných samovrážd, ktorú navrhnutý NN-model dokázal do istej miery postihnúť.

K budúcemu napredovaniu v tejto problematike bude potrebné spresniť a potvrdiť získané výsledky na omnoho rozsiahlejšej databáze. Treba zároveň pátrať aj po mechanizmoch, akými geomagnetická aktivita ovplyvňuje správanie a konanie ľudí. Takto prehľbené

poznatky spoločne s prognostikou geomagnetickej aktivity môžu napomôcť pri prevencii takých tragických javov, akými sú samovraždy.

PodĎakovanie Autori vyjadrujú poďakovanie grantovej agentúre VEGA (grant číslo 2/1118/23), za ktorej podpory bol predkladaný príspevok napísaný.

LITERATÚRA

- Bucha, V.: 1975, "Geomagnetické pole a jeho přínos k objasnění vývoje Země." Academia, Praha.
- Gurney, K.: 1996, "An Introduction to Neural Networks.", UCL Press, London.
- Lukáčová, H., Túnyi, I.: 1988, "Rozšírenie poznatkov o vplyve geomagnetickej aktivity na úrazovosť športovcov.", Teor. praxe těl.0 vých., 36, 11, str. 655-659.
- Ochaba, Š.: 1986, "Geofyzika.", SPN, Bratislava.
- Parkinson, W.D.: 1983. "Introduction to Geomagnetism.", Scottish Academic Press, Edinburgh and London (Rus. preklad Mir, 1986).
- Press, W.H., Flannery, B.F., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T.: 1990, "Numerical Recipes in Pascal - The Art of Scientific Computing.", Cambridge University Press, New York.
- Túnyi, I., Uhnák, A.: 1990, "Rozšírenie poznatkov o vplyve geomagnetickej aktivity na výskyt smrteľných pracovných úrazov.", Bezpečná práca, roč. 21, č. 3, str. 99-100.
- Túnyi, I., Tesařová, O.: 1991, "Samovraždy a geomagnetická aktivita.", Československá patologie, Soudní lékařství, 36, 1-2, str. 1-11.
- Túnyi, I., Kiss, J.: 1992, "Možnosť biomagnetickej prognostiky.", Zb. ref. Bioklíma a organizmy, Bratislava, str. 268-275.
- Túnyi, I., Lovíšková, M., Čabajová, Z., Beňová, I.: 1994, "Vplyv geomagnetickej aktivity na výskyt astmy bronchiale a epilepsie." Zb. ref. Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí, Úpice, str. 107-111.
- Uhnák, A., Lukáčová, H., Túnyi, I.: 1988, "Vplyv geomagnetickej aktivity na úrazovosť", Bezpečná práca, roč. 19, č. 1, str.11-14.
- Valach, F.: 2002, "Umelá neurónová sieť - príklad použitia.", Zb. ref. 16. Celoštátny slnečný seminár, Turčianske Teplice, str. 235-238.