

Možnosti včasnej detekcie silných búrok s využitím meteorologickej družice MSG

J. Kaňák, R. Habrovský: *Possibilities of Timely Detection of Severe Storms with Use of MSG Meteorological Satellite. Život. Prostr., Vol. 43, No. 4, p. 227 – 229, 2009.*

The Global Instability Indices (GII) software offered by EUMETSAT was implemented at the Slovak Hydrometeorological Institute on Central European domain (first longitude 7.525° E, last longitude 27.475° E; first latitude 41.275° N, last latitude 53.725° N) in 2008. MSG infrared imagery and NWP model ALADIN outputs are used to produce K-index, lifted index and total precipitable water content. These output parameters were presently tested on typical convective storm situations from 2008 summer period. First results indicate that the instability indices based on satellite data with combination of currently used nowcasting products can essentially increase the predictability of summer severe convective storms over Slovakia and surrounding countries.

Včasnému rozpoznaníu fyzikálnych podmienok vhodných na rast silnej konvekcie a jej následných ničivých búrkových prejavov sa v súčasnosti venuje veľká pozornosť nielen na úrovni národných meteorologických služieb, ale aj v ich medzinárodnej spolupráci. Iniciátorom takejto spolupráce bola v uplynulých rokoch aj medzinárodná organizácia EUMETSAT, prevádzkovateľ európskych geostacionárnych družíc METEOSAT a polárnych družíc METOP. Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) operatívne prijíma a spracúva obrazové údaje z družíc MSG, a to základný servis z MSG-2 (15-minútové merania), ako aj nezáväzný Rapid Scan servis z MSG-1 (5-minútové merania). Základným parametrom na detekciu silnej konvekcie je radičná teplota hornej hranice oblačnosti meraná v atmosférickom okne infračerveného žiarenia. Pre plnohodnotné využitie údajov z družíc MSG je užitočné použiť na určenie fyzikálnych podmienok atmosféry všetky infračervené kanály družice MSG. Toto umožňuje napr. algoritmus známy pod označením GII (*Global Instability Indexes*), ktorý bol pôvodne vyvinutý v NASA pre družicu GOES (Raó, Fuelberg, 1997) a EUMETSAT-om bol adaptovaný pre družicu MSG. Tento algoritmus používa na prvý odhad teploty a vlhkosti atmosféry výstupy globálnych numerických predpovedných modelov. Aby boli družicové údaje efektívne využité v mezosynoptickej mierke, treba použiť presnejšie odhady teploty a vlhkosti, ktoré sú výstupom lokálnych numerických predpovedných modelov. V SHMÚ bol algoritmus GII adaptovaný na

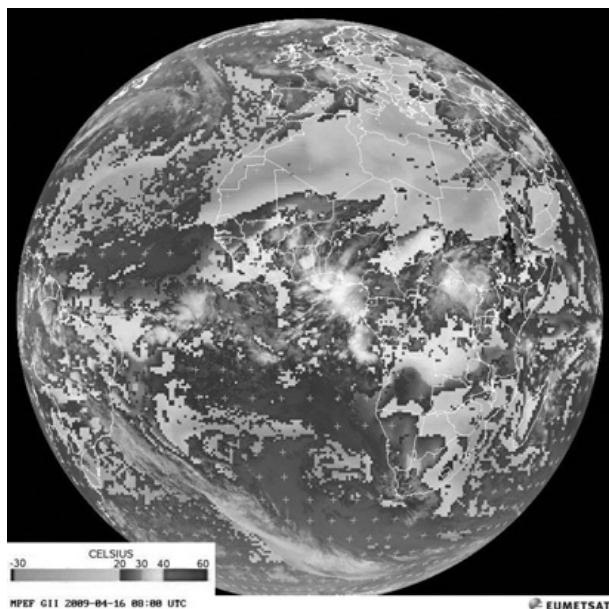
inicializáciu s použitím teplotných a vlhkosťných polí ako výstupov modelu ALADIN Slovakia. Výstupmi algoritmov GII, resp. RII (*Regional Instability Indexes*) sú v prvom kroku vertikálne teplotné a vlhkosťné profily atmosféry v horizontálnom rozlíšení ekvivalentnom rastru družice MSG (cca 5km²). V druhom kroku sa z týchto profilov vypočítajú samotné indexy instability (Aires a kol., 2001).

Definícia indexov stability atmosféry

Na výpočet indexov a vyzrážateľného obsahu vody vo vzduchovom stĺpci testoval EUMETSAT v globálnej verzii dve metódy, a to metódu neuronových sietí a metódu optimálneho výberu 1D-var pre minimalizáciu tzv. Cost funkcie. Tieto parametre sa počítajú operatívne pre zemský povrch snímaný družicou METEOSAT. Druhá metóda, ktorá bola v EUMETSAT-e testovaná na údajoch družice MSG, sa ukázala byť efektívnejšia a používa sa v dnešnej operatívnej EUMETSAT-u pod označením GII (*Global Instability Indexes*) (obr. 1).

Metóda optimálneho výberu 1D-var pre minimalizáciu Cost funkcie

Metóda je založená na výbere takého profilu teploty a vlhkosti, ktorý čo najlepšie vyhovuje družicou pozorovaným teplotám vyžarovania T_B vo vybraných spektrálnych pásmach.



Obr. 1. K-index 16. 4. 2009, 08:00 UTC – globálny produkt EUMETSAT-u dostupný vo formáte JPG na www.eumetsat.int, alebo vo formáte GRIB prostredníctvom distribučného systému EUMETCast.

Do algoritmu vstupujú satelitné údaje a údaje z globálneho, resp. lokálneho atmosférického modelu. Satelitné údaje z družice MSG-2 (METEOSAT 9) sú k dispozícii zo 6 kanálov: WV6,2, WV7,3, IR8,7, IR10,8, IR12,0 a IR13,4, kde číselný údaj znamená strednú vlnovú dĺžku kanála v mikrometroch. Okrem toho sú potrebné ku každému obrazovému bodu prislúchajúce uhly pozorovania, emisivita zemského povrchu a oblačná maska, ktorá identifikuje prítomnosť oblačnosti v atmosfére. Údaje z družice sú spracované RTTOV-algoritmom.

Vstupné údaje z atmosférického modelu tvoria: teplotné pole a merná vlhkosť (3D) na 34 tlakových hladinách, tlak vzduchu, teplota vzduchu a teplota vzduchu pri povrchu vo výške 2 m.

Metóda optimálneho výberu zväčša dramaticky nemení hodnoty modelom predpovedaných indexov, modifikuje však ich hodnoty podľa aktuálnych satelitných údajov a ich gradienty oproti hodnotám indexov z atmosférických modelov tak, aby lepšie popisovali aktuálny stav atmosféry ako samotné predpovedané parametre. Najmä predpovedané hodnoty KI indexu, ktorý predstavuje potenciál búrky určenej vertikálnym teplotným gradientom, obsahom vlhkosti v nižšej atmosfére a vertikálnym rozsahom vlhkej vrstvy a vyzrážateľného obsahu vody, sa ukazujú pre Európu vhodnými parametrami na predpovedanie letných

búrok (najmä lokálnych). Nevýhodou metódy je absencia družicových údajov pre oblasti pokryté vysokou oblačnosťou, ktorá bráni výpočtu daných indexov nad týmito oblasťami. Napriek tomu, metóda je v mnohých prípadoch užitočná na predpoveď výraznej atmosférickej konvekcie a používa sa pri generovaní operatívnych produktov EUMETSAT-u. Jej význam narastá v prípadoch, keď predpovedný model nepredpovedá nestabilitu atmosféry.

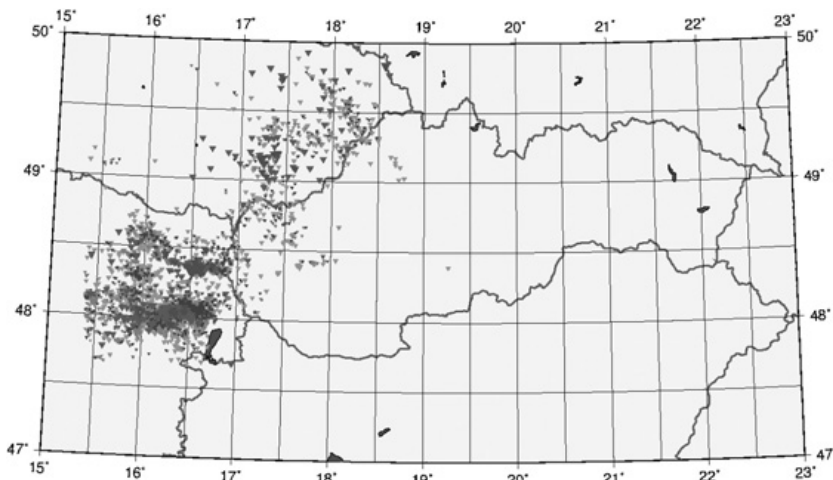
Implementácia GII metódy do operatívnej prevádzky v SHMÚ

Balík GII je naprogramovaný v jazyku Fortran 90. Na lokálnu inštaláciu v systéme Linux je okrem štandardných knižníc potrebná špeciálna knižnica RTTOV, (*Radiative Transfer model for TOVS – Tiros Operational Vertical Sounder*), ktorá zabezpečuje výpočet radiačného prenosu žiarenia v atmosfére pre infračervené kanály družice MSG-2 (Eyre, 1991). K programovému balíku ďalej patrí sada konštantných údajov pre zemepisné priradenie družicových údajov, emisivity zemského povrchu pre každý kanál družice a koeficientov skenovacieho prístroja družice. Na vstup aktuálnych družicových údajov do programu priamo z prijímacieho zariadenia bolo treba použiť konverzný program, ktorý prevedie prístrojové hodnoty na radiancie a potom na radiačnú teplotu. Aj pre vstup údajov z modelu ALADIN (*Aire Limitée Adaptation Dynamique Développement Inter National*) bolo treba zabezpečiť konverziu teplotných a vlhkostných polí do gridového súboru s definovaným pravidelným krokom v zemepisnej šírke a dĺžke. Keďže model ALADIN poskytuje potrebné polia v časovom kroku 60 minút, tieto sa najprv interpolujú do 15-minútového časového kroku družice (Koenig, 2002).

Vzhľadom na výpočtovú náročnosť algoritmu GII, resp. RII, bolo užitočné územne ohraničiť výpočet indexov. Na tejto doméne sa spracúvajú pre potreby RII výstupy z atmosférického modelu ALADIN s periódou 6 hodín, a to ako predpoveď na 12 hodín s krokom 60 minút. Potom vstupujú do lokálnej verzie programu metódy RII (Koenig a kol., 2006).

Na testovanie tejto metódy sme vybrali niekoľko situácií z r. 2008 (tab. 1). Okrem situácií s výraznou nestabilitou atmosféry nad strednou Európou sme spracovali aj niekoľko stabilných situácií, aby sa mohla lepšie posúdiť schopnosť algoritmu detegovať nestabilitu. Výsledky potvrdzujú, že vo väčšine prípadov sa môžu lokálne indexy nestability použiť pri identifikácii atmosférických podmienok podmieňujúcich tvorbu silnej konvekcie a jej nasledujúcich ničivých búrkových prejavov, čo možno demonštrovať na situácií z 25. 6. 2008. Oblasť s vysokými hodnotami K-indexu (viac ako 30 K) a celkové množstvo vodnej pary (viac ako

30 g.m⁻³) sa nachádza v údolí Dunaja v celom Rakúsku a siaha až nad západné Slovensko a južnú Moravu. Po 4,5 hodinách (o 20:00 UTC) búrková oblačnosť s hornou hranicou teplôt pod -65 °C už pokrýva celú uvedenú oblasť. Intenzitu búrok môžeme dokumentovať aj hustotou atmosférických výbojov, meraných systémom SAFIR v čase od 19:00 do 20:00 UTC (obr. 2) a intenzitou rádiolokačnej odrazivosti meranej rádiolokátorom Malý Javorník v čase 19:45 UTC.



Obr. 2. Hustota bleskov registrovaná systémom SAFIR v SHMÚ medzi 19:00 – 20:00 UTC 25. 6. 2008. Menšími trojuholníkmi sú vyznačené medzioblačné výboje, väčšími výboje medzi oblakom a zemským povrchom.

Metóda RII je vhodným doplnkom pre nowcasting (predpoveď) silnej, najmä lokálnej konvekcie. Metóda spresňuje indexy počítané iba na báze výstupov NWP a poskytuje priestorovo a časovo detailnejšiu informáciu. Je dôležitá najmä v prípadoch, keď lokalizuje iniciálnu búrkovú činnosť. Dôležité je vedieť, aké sú kritické hodnoty jednotlivých indexov, ktoré môžu závisieť od geografickej polohy a typu meteorologickej situácie. Metóda sa zatiaľ veľmi málo využíva, skúsenosti s jej opera-

tívnu prevádzkou sú iba v juhoafrickej a poľskej meteorologickej službe. SHMÚ je tretou inštitúciou, ktorá má lokálnu inštaláciu GII metódy v operatívnej prevádzke.

Tab. 1. Meteorologické situácie v r. 2008 na testovanie metódy RII. Väčšina bola s nestabilnou atmosférou a následnou búrkovou činnosťou.

Dátum	Typ situácie
5. 30. 2008	stabilná
5. 31. 2008	nestabilná
6. 1. 2008	nestabilná
6. 2. 2008	stabilná
6. 23. 2008	nestabilná
6. 24. 2008	nestabilná
6. 25. 2008	nestabilná
6. 26. 2008	nestabilná
6. 30. 2008	nestabilná
7. 7. 2008	nestabilná
7. 12. 2008	nestabilná
7. 13. 2008	nestabilná
7. 14. 2008	nestabilná
8. 1. 2008	nestabilná
8. 14. 2008	nestabilná
8. 15. 2008	nestabilná
9. 7. 2008	nestabilná

Literatúra

- Aires, F., Prigent, C., Rossow, W. B., Rothstein, M.: A New Neural Network Approach Including First Guess for Retrieval of Atmospheric Water Vapor, Cloud Liquid Water Path, Surface Temperature, and Emissivities Over Land From Satellite Microwave Observations. *J. Geophys. Res.*, 106, 2001, p. 14 887 – 14 907.
- Eyre, J. R.: A Fast Radiative Transfer Model For Satellite Sounding Systems. ECMWF Technical Memorandum No. 176, 1991, 28 p.
- Rao, P. A., Fuelberg, H. E.: Diagnosing Convective Instability From GOES-8 Radiances. *J. Appl. Meteor.*, 1997, 36, p. 350 – 364.
- Koenig M.: Atmospheric Instability Parameters Derived from MSG SEVIRI Observations. EUMETSAT. Interná publikácia, 2002, 27 p.
- Koenig, M., Pajek, M., Struzik, P.: Use of MSG Global Instability Indices (GII for Storm Prediction in Poland – Validation Study. EUMETSAT Meteorological Users Conference, Helsinki, Fínsko, 12. – 16. jún 2006. EUMETSAT 2006, 48 p.

RNDr. Ján Kaňák, jan.kanak@shmu.sk

Richard Habrovský, richard.habrovsky@shmu.sk

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava