

NOWCASTING – PROGNOZA NEPOSREDNOG RAZVOJA VREMENA

Nowcasting – the nearest time weather forecast

IVAN ČAČIĆ i VESNA JURČEĆ

Državni hidrometeorološki zavod
Grič 3, 10000 Zagreb, Hrvatska
cacic@cirus.dhz.hr

Prihvaćeno 8. travnja 2002, u konačnom obliku 17. veljače 2003.

Sažetak: Rad sadrži pregled glavnih metoda za prognozu neposrednog razvoja vremena na određenom lokalitetu: od sadašnjeg trenutka do nekoliko sati unaprijed. *Nowcasting* se u početku temeljio na statističkim metodama i linearnoj ekstrapolaciji, koje su relativno jednostavne i jeftine, a ne zahtijevaju razumijevanje pojedine pojave i fizikalno objašnjenje procesa koji se prognozira. Znatnijem napretku u *nowcastingu* doprinijeli su radarski i satelitski podaci koji su omogućili proučavanje mezoprocesa i uvođenje konceptijskih modela kao idealiziranih, u najvećoj mjeri kvalitativnih opisa nekih pojava, posebno onih koji nisu odgovarajuće dobro prikazani numeričkim modelima. Iako numerička prognoza vremena zauzima prvo mjesto u operativnom radu prognostičara, suvremeni mezomodeli još se uvijek ne mogu uspješno koristiti, jer se poremećaji u razmjeru pod mreže moraju parametrizirati, a radarske i satelitske podatke nije lako koristiti u početnim uvjetima modela. Međutim, numerički modeli omogućuju prikaz procesa manjih prostornih i vremenskih intervala namijenjenih postprocesnoj obradi vremenskih vertikalnih presjeka. U radu se ukratko razmatra izentropski model HRID, koji može pružiti prognostičaru detaljnu informaciju o lokalnim promjenama potrebnim u procesu neposredne vremenske prognoze.

Ključne riječi: nowcasting, vremenska prognoza, metode, modeli

Abstract: This paper presents an overview of nowcasting techniques, including local weather details, for a period of time from the present up to a few hours ahead. Nowcasting is based on the linear extrapolation and statistical techniques, which are relatively simple and computationally quite cheap. They offer no physical understanding of the processes underlying the observed system, and they cannot cope with the development of new events not observed at the present time. An essential improvement in nowcasting came from weather radars and geostationary satellites, which were of particular use in the conceptual models – idealized, mostly qualitative descriptions, incorporating an understanding of the structure and mechanism of certain meteorological phenomena, especially those which are not well described by numerical models. Although numerical weather prediction dominates modern forecasting procedures, the existing mesoscale models still cannot be successfully used in presenting the characteristics of small-scale phenomena since sub-grid-scale disturbances must be parameterized using the semi-empirical relations with the atmospheric state at neighboring grid points. An additional problem is the difficulty of incorporating observations from weather radar, satellite imaging instruments and lightning detectors in the models' initial condition. However, numerical mesoscale models can be effectively used in the post-processing procedure employing a high-resolution vertical time cross-section. This paper briefly describes the isentropic HRID model, which can offer forecasters detailed information about the local weather changes required for the process of nowcasting.

Key words: nowcasting, weather forecast, methods, models

1. UVOD

Nowcasting obuhvaća vremensku prognozu do samo nekoliko sati koja sadrži lokalna obilježja. Tako kratkoročna prognoza ne može se postići

uobičajenom metodom numeričke prognoze makrorazmjera (NVP), a njezina je prednost ta da uzima u obzir najnovije meteorološke podatke i neposredni razvoj vremena na nekom lokalitetu.

Nowcasting obuhvaća različite metode: od ekstrapolacije i advekcije, konceptijske modele, statističke metode do numeričkih modela. Sve su te metode predmet aktivnog istraživanja i nalaze se u fazi razvoja. Osobito je važno iskoristiti što više podataka za praktičnu upotrebu u čemu presudno pomaže automatizacija prikupljanja i obrade podataka.

Uspjeh *nowcastinga* posebno ovisi o raspoloživim podacima u realnom vremenu, a to su naročito podaci s radara i satelita. Očekuje se da će već u 2003. geostacionarni satelit *Meteosat* druge generacije (MSG) uvelike doprinijeti poboljšanju sadašnjih sposobnosti korištenja satelitskih podataka na području Europe i šire. To predstavlja izazov meteorološkim službama u osposobljavanju korištenja tog novog izvora podataka čim bude raspoloživ. Razvoj tehnike *nowcastinga* za Europu dan je u projektu COST-78 s koncentracijom na satelitske podatke.

2. DEFINICIJA NOWCASTINGA

Nowcasting je u početku bio definiran kao detaljni opis sadašnje situacije uz prognozu dva sata unaprijed koja je dobivena ekstrapolacijom sadašnjeg trenda razvoja. Sada se većinom smatra da *nowcasting* predstavlja vremensku prognozu za nekoliko sati unaprijed koja je kraća od tzv. vrlo kratkoročne prognoze. *Nowcasting* se koristi različitim metodama i uvažava lokalne karakteristike. COST-78 definira *nowcasting* kao vremensku prognozu u razdoblju do šest sati unaprijed, na koju se nastavlja vrlo kratkoročna vremenska prognoza koja se odnosi na razdoblje do dvanaest sati.

Napretku u *nowcastingu* doprinijela je mogućnost praćenja vremenskih procesa u mezorazmjerima. U razdoblju 1950–60. na raspolaganju su bili radarski podaci i satna motrenja pri tlu. Pojava satelitskih podataka znatno je doprinijela proučavanju mezoprocesa.

Glavni problem *nowcastinga* nije tumačenje pojedinih podataka, nego njihova asimilacija. Jasna slika pojave dobiva se kombinacijom tih podataka, osobito ukoliko se ti podaci mogu uklopiti u sustav konceptijskog modela. Povoljna je okolnost da su računala već u mogućnosti rješavanja problema asimilacije. Također su vrlo važna poboljšanja u modelima

mezorazmjera. No i pored toga uspjeh *nowcastinga* i dalje u velikoj mjeri ovisi o sposobnosti prognostičara u tumačenju konceptijskih modela.

Polje prizemnih vektora vjetra, uz ostale podatke pri tlu, pomažu u praćenju promjena prizemnog stanja atmosfere – što je snažno sredstvo *nowcastinga*. Konvekcija će se često razviti tamo gdje postoji konvergencija u polju vjetra. Od ostalih produkata još je važna i analiza geostrofičkog vjetra, koja u usporedbi sa stvarnim vjetrom ukazuje na polje intenzivnih ageostrofičkih komponenata.

Osnovu *nowcastinga* čine karte prizemnih meteoroloških elemenata. Negativni učinci nepouzdanosti podataka izbjegavaju se praćenjem podataka u razdoblju dužem od dva sata ili više sati.

Bit *nowcastinga* jest kako brzo prognostičar može prikupiti potrebne informacije kako bi predstavio trodimenzionalnu sliku atmosfere u promatranom području. Proizvodi mezoskalnih modela u skoroj će budućnosti biti raspoloživi većini prognostičkih centara, što će pomoći identifikaciji mezoprocesa. 1D modeli oblaka mogu biti korisni u tumačenju raspoložive energije, profila smicanja vjetra, razvoja stabilnosti, i posebno ako model raspolaže poljem vjetra dobivenim mjerenjem pomoću Dopplerova radara.

3. METODE NOWCASTINGA

Postoji velik broj metoda koje se u *nowcastingu* koriste s manjim ili većim uspjehom. Ovdje ćemo nabrojati nekoliko takvih metoda.

3.1. Linearna ekstrapolacija

Ta metoda u kratkom razdoblju obuhvaća barem dva opažanja ma kojega parametra, primjerice temperature, uz pretpostavku da će parametar u razdoblju ekstrapolacije ostati konstantan. Tom metodom može se također pratiti promjena oluja ili intenzivne oborine. Valjanost metode obrnuto je proporcionalna nelinearnosti promjene, znatno ovisi o tipu pojedine pojave i mijenja se od jednog do drugog slučaja.

Linearna ekstrapolacija mnogo se koristi – jer je najjednostavnija i vrlo jeftina. No ta metoda

ne daje fizikalno objašnjenje promatranih sustava ili procesa. Metoda ne može pratiti razvoj, već ona prati samo gibanje sustava ili procesa. No gibanje je obično vezano i uz razvoj što znatno smanjuje učinkovitost metode.

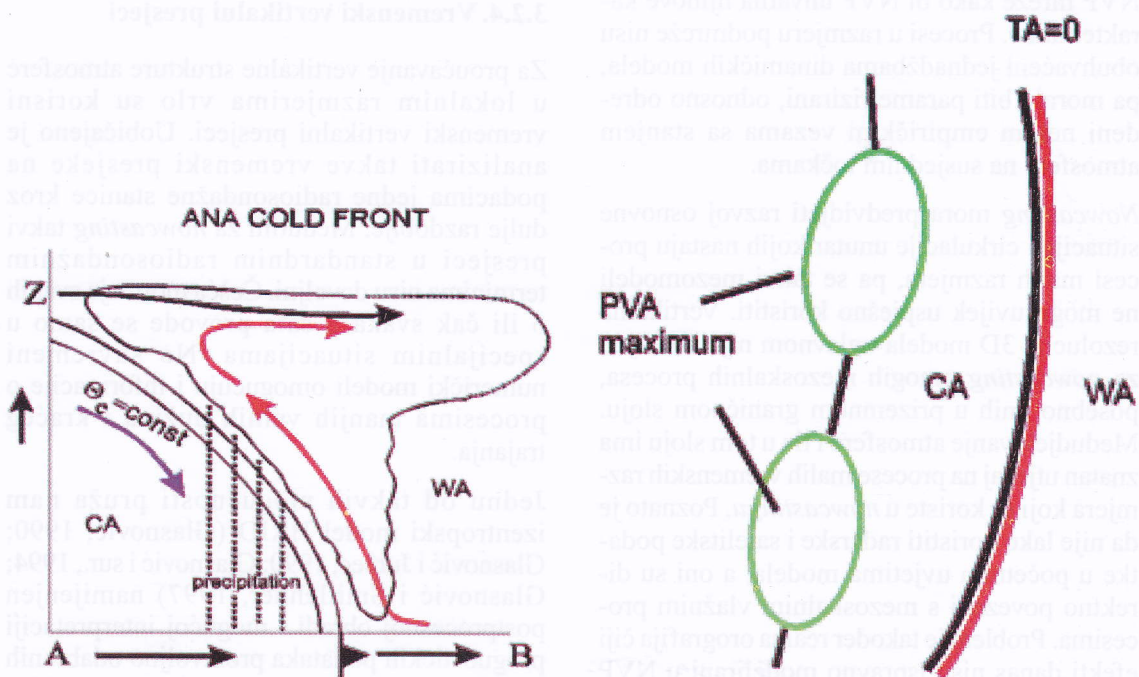
3.2. Statističke metode

Vremenske promjene mogu se pratiti statistički, dakle bez razmatranja mehanizma koji te promjene uzrokuju. Tako primjerice možemo dobiti procjenu buduće raspodjele prizemnog polja tlaka prateći prizemno polje tlaka iz niza sinoptičkih karata. Takvo prognozirano polje sadrži lokalne efekte podloge, posebno orografije i odgovarajuće promjene u troposferi koje na te promjene u polju prizemnog tlaka utječu. Međutim, pokazalo se (Jurčec, 1960) da bi za dobru prognozu tom metodom vjerojatno trebao vrlo velik niz sinoptičkih karata manjih vremenskih i prostornih razmjera kakvima meteorološke službe ne raspolažu, pa za sada

tom metodom nisu dobiveni pozitivni rezultati. Statistička metoda pogodna je za određivanje vjerojatnosti javljanja neke pojave ili fizikalnog mehanizma, brza je i jeftina – nakon što su izvedene statističke veze – i ne zahtijeva razumijevanje same pojave ili procesa. Metoda, međutim, zahtijeva konzistentni niz podataka kojim se utvrđuju statističke veze. Treba naglasiti da će metoda podbaciti ako se želi primijeniti na neko drugo područje, različito od onoga na kojem su statističke veze utvrđene.

3.2.1. Konceptijski modeli

Konceptijski modeli predstavljaju idealizirani kvalitativni i djelomice kvantitativni opis neke meteorološke pojave, i u tome su nam poznati njezina struktura, mehanizam i životni ciklus (npr. hladna fronta, ciklona, kumulonimbus itd.). Ti su modeli posebno važni za pojave koje nisu odgovarajuće prikazane numeričkim modelima i koje su karakterizirane znatnom nelinearnošću.



Slika 1. Konceptijski model hladne anafronte (Zwatz-Meise *et al*, 1996)

Figure 1. Conceptual model of cold anafont (Zwatz-Meise *et al*, 1996)

Koncepcijski modeli mogu opisati kompleksne oblike fizikalnih varijabli (sl. 1). Međutim, postoje problemi kod primjene tih modela u operativni prikaz fizikalnih parametara. Određene pojave mogu pokazivati velika odstupanja od idealnih opisa koncepcijskog modela. Zbog toga koncepcijski modeli ponekad mogu biti prekomplikirani za operativnu primjenu i teško uključivi u automatske sustave *nowcastinga*. Istraživanja u ZAMG-u (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) (Zwatz-Meise *et al.*, 1996) razmatraju problem automatske identifikacije korištenjem koncepcijskih modela koji uvažavaju satelitske podatke i produkte NVP-a kao početne uvjete *nowcastinga*.

3.2.2. 3D numerički modeli

Numerička vremenska prognoza svakako danas zauzima prvo mjesto u operativnoj prognozi. Moderni mezoskalni modeli već imaju mrežu točaka razlučivanja 10 km. Međutim, poremećaji lokalnog razmjera zahtijevaju bolja razlaganja s obzirom na činjenicu da pojave moraju imati dimenzije 3–5 prostornih razmaka NVP mreže kako bi NVP uhvatila njihove karakteristike. Procesi u razmjeru podmreže nisu obuhvaćeni jednadžbama dinamičkih modela, pa moraju biti parametrizirani, odnosno određeni nekim empiričkim vezama sa stanjem atmosfere na susjednim točkama.

Nowcasting mora predvidjeti razvoj osnovne situacije i cirkulacije unutar kojih nastaju procesi malih razmjera, pa se takvi mezomodeli ne mogu uvijek uspješno koristiti. Vertikalna rezolucija 3D modela uglavnom nije dovoljna za *nowcasting* mnogih mezoskalnih procesa, posebno onih u prizemnom graničnom sloju. Međudjelovanje atmosfere i tla u tom sloju ima znatan utjecaj na procese malih vremenskih razmjera koji se koriste u *nowcastingu*. Poznato je da nije lako koristiti radarske i satelitske podatke u početnim uvjetima modela, a oni su direktno povezani s mezoskalnim vlažnim procesima. Problem je također realna orografija čiji efekti danas nisu ispravno modelirani u NVP mezorazmjeru.

Treba se nadati da će razvoj računala u budućnosti omogućiti horizontalnu mrežu točaka od 2 do 3 km uz poboljšanje vertikalne rezolucije modela. Posebno je važno poboljšati 4D asimila-

ciju podataka, uključujući asinoptička motrenja pri rješavanju inicijalizacije modela.

3.2.3. 1D modeli

Ti modeli opisuju promjene duž vertikalne koordinate s visokom rezolucijom, a povezani su s 3D modelom koji daje početni profil i prognozira odgovarajuće članove. Takvi su modeli posebno važni za prognozu procesa koji kritički ovise o graničnom sloju i djelovanju podloge – što bi uz pravilan prikaz lokalne orografije bilo bitno za prognozu konvektivnih sustava.

1D modeli također se mogu koristiti u praćenju trajektorija u Lagrangeovim koordinatama.

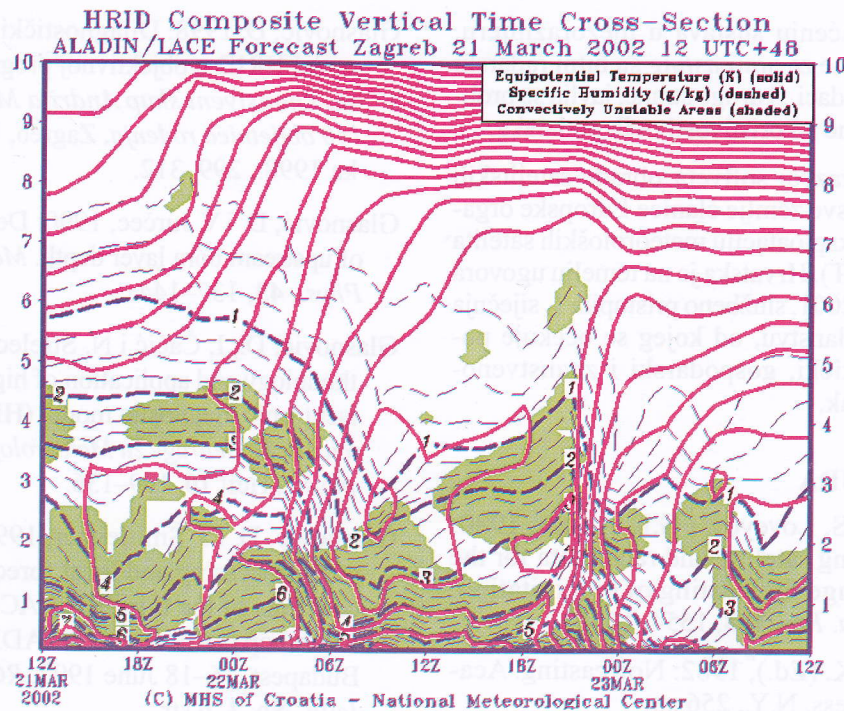
Prednost je tih modela da su jeftini i mogu se koristiti kada zatrebaju u operativnoj prognozi. Međutim, velik je nedostatak i ograničenje što ne mogu prikazati cirkulacije i posebno orografske efekte koje daje 3D model.

Treba naglasiti da većina atmosferskih pojava spada u 3D pojave, pa je teško vjerovati da se mogu modelirati 1D modelom.

3.2.4. Vremenski vertikalni presjeci

Za proučavanje vertikalne strukture atmosfere u lokalnim razmjerima vrlo su korisni vremenski vertikalni presjeci. Uobičajeno je analizirati takve vremenski presjeke na podacima jedne radiosondažne stanice kroz dulje razdoblje. Međutim za *nowcasting* takvi presjeci u standardnim radiosondažnim terminima nisu dovoljni. Češća motrenja svakih 6 ili čak svaka 3 sata provode se samo u specijalnim situacijama. No suvremeni numerički modeli omogućuju i informacije o procesima manjih valnih dužina i kraćeg trajanja.

Jednu od takvih mogućnosti pruža nam izentropski model HRID (Glasnović, 1990; Glasnović i Jurčec, 1990; Glasnović i sur., 1994; Glasnović i Šmitlehner, 1997) namijenjen postprocesnoj obradi i mogućoj interpretaciji prognostičkih podataka proizvoljno odabranih točaka mreže modela na vremenskim vertikalnim presjecima – i na taj način mogu poslužiti *nowcastingu*. Ulazni podaci su tzv. *pseudotempovi*, koji sadrže prognostičke vrijednosti meteoroloških parametara raspoređenih na određenom broju vertikalnih nivoa.



Slika 2. Vremenski vertikalni presjek temperature, ekvivalentne temperature, specifične i relativne vlažnosti, te konvektivne nestabilnosti za Zagreb.

Figure 2. Time vertical cross-section of temperature, equivalent temperature, specific and relative humidity and convective instability for Zagreb.

Broj pseudotempova odabire se proizvoljno. Vremenski korak analize odgovara razmaku na vremenskoj osi, a operativna verzija HRID-a omogućava razlaganje od 60, 30, 15 ili 12 minuta. Ukupan je broj veći ako sadrži niz izvedenih parametara na promatranoj točki mreže. Na taj način ti vertikalni presjeci pružaju prognostičaru vrlo detaljnu informaciju o lokalnim promjenama potrebnim u procesu *nowcastinga* (sl. 2).

Gomilanje izolija ekvivalentne potencijalne temperature na slici 2 vrlo vidljivo dijagnosticira dvije atmosferske fronte, njihovu jačinu, vertikalnu rasprostranjenost i tip. Vremenski vertikalni presjek jasno pokazuje prolaz izražene hladne atmosferske fronte 22. ožujka 2002. između 00 i 06 UTC, te nove slabije hladne fronte 22. ožujka 2002. oko 20 UTC. U oba slučaja, nagli vertikalni porast relativne vlažnosti uz prisutnost konvektivne nestabilnosti, pad kondenzacijske razine te nagao pad specifi-

čne vlažnosti ukazuje na razvoj Cb-a i naglašene konvektivne procese u vrijeme prolaska fronte.

4. ZAKLJUČAK

Nowcasting je dio vremenske prognoze koju nije lako i jednostavno provesti. Jedna metoda nije dovoljna za sve vremenske prilike i tipove vremena, pa je većinom nužno koristiti kombinaciju nekoliko metoda. Radarska i satelitska analiza često se koristi za analizu i prognozu konvektivne oborine. Ekstrapolacija i advekcija dominiraju u početnom stadiju *nowcastinga*, ali njihova valjanost naglo slabi s vremenom kada sve više jača učinkovitost NVP – koja je uglavnom kompletirana nakon 6 sati od početka integracije.

Metode *nowcastinga* jedine postižu učinkovitu prognozu za razdoblje 2–3 sata unaprijed. Razlog učinkovitosti *nowcastinga* jest u jednostavnoj činjenici korištenja sadašnjih podataka i praćenju stvarnog razvoja vremena,

posebno praćenju sustava u mezorazmjeru. Suglasno tome za *nowcasting* su bitni radarski i satelitski podaci. S druge strane, javlja se problem optimalne iskoristivosti ovih podataka.

U tijeku je razvoj softvera obrade satelitskih podataka za sve zemlje članice Europske organizacije za eksploataciju meteoroloških satelita (EUMETSAT). Hrvatska je na temelju ugovora od 2. srpnja 2001. službeno pristupila 1. siječnja 2002. tom članstvu, od kojeg se očekuje pozitivan politički, gospodarski i znanstveno-stručni učinak.

LITERATURA

- Bellon, A., S. Lovejoy, i G.L. Austin, 1980: Combining satellite and radar data for the short-range forecasting of precipitation. *Mon. Wea. Rev.* **108**, 1554–1556.
- Browning, K. (Ed.), 1982: Nowcasting. Academic Press, N.Y., 256 str.
- Conway, B.J., 1998: An overview of nowcasting techniques. *SAF Training workshop EUMETSAT*, Madrid, Spain, 34–42.
- COST-78, 1996: Nowcasting, a survey of current knowledge, techniques and practice. *European Commission, EUR 16861 EN*.
- COST-78, 1998: Proceedings of the 2nd international workshop on development of nowcasting techniques. Dresden, *Deutscher Wetterdienst*.
- Glasnović, D., 1990: Isentropic high resolution time cross-section based on polynomial hydrostatic adjustment technique. *Rasprave / Papers*, **25**, 69–76.
- Glasnović, D. 1998: Dijagnostički izentropski model HRID u objektivnoj prognozi vremena. *Znanstveni skup Andrija Mohorovičić, 140 obljetnica rođenja*, Zagreb, 10–12. ožujka 1998., 299–312.
- Glasnović, D. i V. Jurčec, 1990: Determination of upstream bora layer depth. *Meteor. Atmos. Phys.*, **43**, 137–144.
- Glasnović, D., I. Čačić i N. Strelec, 1994: Methodology and application of high resolution isentropic diagnostic model (HRID). *Osterreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysic*, Heft **10**, 109–136.
- Glasnović, D. i J. Šmitlehner, 1997: HRID in post-processing and local forecasting. Proceedings of the third RC LACE/ALADIN workshop on the use of ALADIN products, Budapest, 16–18 June 1997, *RC LACE bulletin*, **No. 3**. 6 str.
- Jurčec, V., 1960: Surface pressure prediction by means of statistics and vorticity principle. *M.Sc. thesis*, Mass. Inst. of Technology, 50 str.
- McGinley, J. 1986: Nowcasting mesoscale phenomena. U “*Mesoscale meteorology and forecasting*” (P.S. Ray, Ed.), Chapter **28**, 657–685.
- Zwatz-Meise, V., J. Schreiber, i Z. Zobl, 1996: Towards automatic Meteosat image interpretation. *Proceedings of EUMETSAT Meteor. Sat. data user's Conf.*, Vienna, Austria, 16–20 Sept. 1996, 97–104.