

OBJEKTIVNA ANALIZA

OBJECTIVE ANALYSIS

Petar GBURČIK

Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd

SUMMARY

Objective analysis is an important step in the automatic data processing, with prognostic models and models of environment control as final steps of data processing. The experience with model used operationally for the last few years, in the hydrometeorological service, was described. It is also suggested to use the procedure of objective analysis for the critical control of meteorological data.

POVZETEK

Objektivna analiza je del procesa avtomatske obdelave. V članku sta prikazana njeno mesto in vloga v tem procesu, katerega zadnja stopnja je model kontrole okolja. Prikazano je izkustvo z modelom za objektivno analizo, ki ga že več let operativno uporabljamo v naši službi. Predlagamo, da ga meteorološka služba uporablja tudi v avtomatizirani kritični kontroli meteoroloških podatkov.

UVOD

Objektivna analiza je važna karika u procesu automatske obrade podataka. Ako posmatramo tok obrade informacije od merenja do prognoze, možemo definisati sledeće faze:

1. Merenje. Merenje meteoroloških elemenata može se vršiti klasičnim putem u sinoptičkim terminima, pomoću automatskih stanica, satelita, radara i lasera.
2. Prenosenje. Telekomunikacioni sistem u koji su uključeni kompjuteri, a između kojih se uspostavljaju veze velike propusne moći, može velikom brzinom da prenese znatne količine informacija. Pored sinoptičkih podataka ovde su uključeni i asinoptički podaci sa satelita, u prvom redu indirektna sondaža atmosfere izračunate po merenjima zračenja iz selektivnog spektra.
3. Kontrole. Kontrola podataka nije strogo definisana faza, jer se pojedini njeni stepeni vrše u svakoj od faza procesa.

Ipak je treba locirati posle prenošenja podataka, jer se dolaskom podataka iz telekomunikacionog sistema u sistem obrade vrše najslabije procedure kontrole.

4. Objektivna analiza. Da bi se podaci merenja sa čitavog područja mogli u matematičkom modelu atmosfere koristiti kao polja meteoroloških veličina, potrebno je izvršiti analizu. U principu takav je pristup i u klasičnom manuelnom načinu rada. Ovde se dobijaju polja meteoroloških veličina predstavljena u pravilnoj mreži tačaka.
5. Numerička prognoza polja meteoroloških elemenata. Polja meteoroloških veličina dobivena objektivnom analizom obradjuju se pomoću jednačina hidrodinamike, koje u sebi sadrže članove promene sa vremenom. Matematički modeli atmosfere ovde simuliraju krupnije procese i promene u horizontalnom strujnom polju pritiska, temperature, vlažnosti i vertikalnog kretanja. Tom simulacijom procesa dobija se buduće stanje atmosfere, odnosno prognostička karta.
6. Matematički modeli lokalne prognoze. S obzirom da od prognostičke karte do prognoze vremena ostaje još uvek znatan raspon, koji se danas najčešće premošćuje subjektivnim procenama, postoje modeli (zasada ne široko prihvaćeni) koji na osnovu prognostičkih karata i pomoću statističkih pokazatelja lokalnih uslova, daju prognozu meteoroloških elemenata po tačkama.
7. Matematički modeli kontrole životne sredine. Ovi modeli koriste rezultate predhodnih, npr. strujna polja i trajektorije dobivene numeričkom prognozom ili podatke o prizemnim inverzijama dobivene pomoću modela lokalne prognoze. Sastoje se principijelno iz dva dela, jedan deo je prognoza aerozagadjenja, drugi deo je kontrola sistema merenja i alarmiranja.

OBJEKTIVNA ANALIZA

Za automatizaciju i objektivizaciju procesa prognoze veoma važnu fazu rada predstavlja objektivna analiza. Medjutim, pošto je težište rada ipak prognoza, ovaj deo posla je, silom određenih okolnosti, ostao da bude završen tek pošto je već postojalo dugotrajno operativno iskustvo sa prognozom. Ipak i u tome je bilo dobrih strana, jer uspešna objektivna analiza, naročito iznad područja sa malim brojem podataka, zahteva postojanje prognoziranog polja za termin analize. Drugim rečima, objektivna analiza nije preduslov prognoze, već su prognoza i analiza karike jednog lanca koje se neprekidno smenjuju. Za naše uslove pošto raspolažemo preliminarnim poljem, izabrana je kao najpogodnija metoda Bergthorson-Döös /1, 2/.

Ova metoda je primenjivana operativno u američkoj meteorološkoj službi. Njeni kvaliteti su ocenjeni vrlo visoko /3/ i rezultati koji se dobijaju po toj metodi znatno su bolji od rezultata po polinomijalnoj metodi. Metoda je prilagodjena našim uslovima i ovde će ukratko biti dat prikaz principa i procedure /4/.

Osnovne ideje su sledeće:

1. Podaci koji se koriste su:
 - a) Podaci osmatranja na stanicama.
 - b) Prognoza za taj termin u tačkama kvadratne mreže.

2. Na osnovu prognoze kojom se raspolaže u tačkama mreže, dobijaju se interpolacijom prognozirane vrednosti geopotencijala na stanicama.
3. Pošto su dobijene razlike između prognoziranih i osmotrenih vrednosti geopotencijala na stanicama, izračunavaju se te razlike u tačkama mreže. Tako se dobijaju "osmotrene" vrednosti u tačkama mreže, a to je analiza.

Procedura objektivne analize

1. Ulaz podataka za objektivnu analizu

Fiksni podaci:

Katalog stanica (brojevi i koordinate)

Podaci o mreži

Tekući podaci:

- a) TEMP (A deo) - 500 i 1000 mb
- b) TEMP A deo kompletan - Beograd
- c) SYNOP SHIP
- d) Prognozirano polje geopotencijala

2. Dobijanje prognoziranog polja u stanicama

- a) Uvodi se polje prognoziranog geopotencijala kao preliminarno polje;
- b) Za dobijanje vrednosti geopotencijala u stanici $F_{ps}(K)$ koristi se bilinearna interpolaciona formula:

$$F_{ps}(K) = \frac{1}{4} (F_1 + F_2 + F_3 + F_4) + 2x (F_2 + F_4 - F_1 - F_3) + 2y (F_1 + F_2 - F_3 - F_4) + 4xy (-F_1 + F_2 + F_3 - F_4)$$

Ovde su sa F_1, F_2, F_3, F_4 , označene vrednosti geopotencijala u tačkama mreže koje okružuju stanicu. Sa xy su označene koordinate stanice u sistemu čiji je koordinatni početak u centru okca mreže, a indeks "K" određuje stanicu.

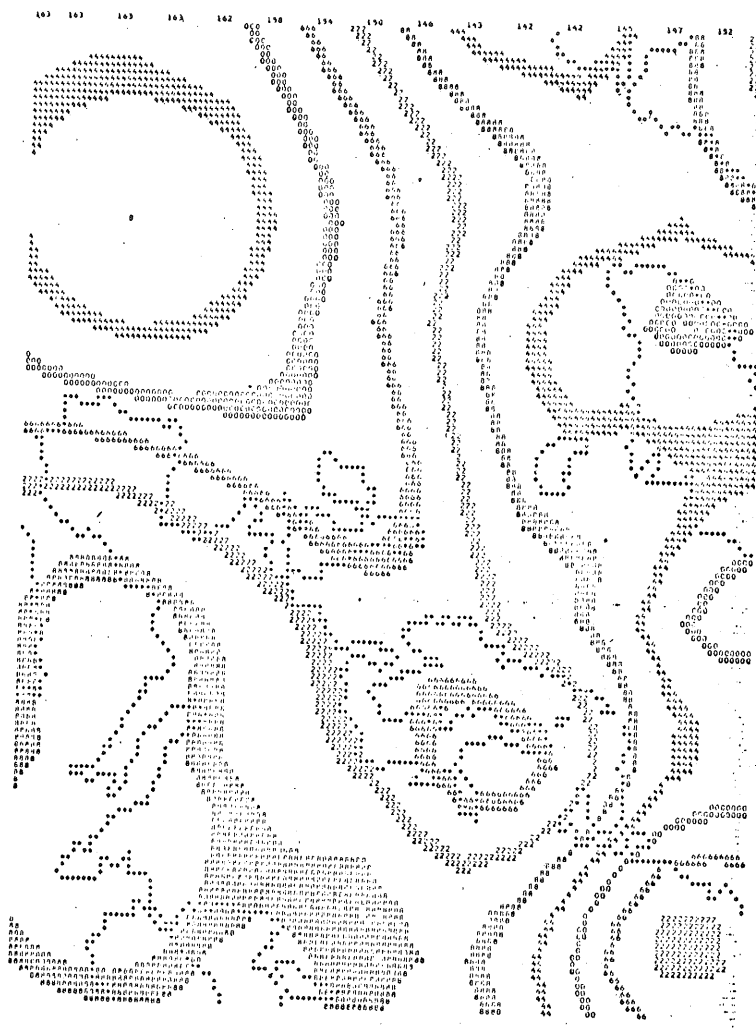
Ovde je korišćen koordinatni sistem određen numeričkom mrežom. Koordinate stanica na taj način su date sa $(I + \frac{1}{2} + x, y + \frac{1}{2} + y)$, pa je jednostavan postupak za dobijanje adresa okolnih tačaka mreže. Dovoljno je odbaciti decimalni deo koordinate stanice, pa ceo broj daje koordinate leve donje tačke odgovarajućeg okca mreže.

3. Dobijanje polja "grešaka"

Odstupanje osmotrenog polja od prognoziranog dato je jednostavno:

$$D(K) = F_{os}(K) - F_{ps}(K)$$

Gde indeks "os" osmotreno na stanici, a "ps" prognozirano na stanici.



Slika 1 Višinska karta AT 850 dobijena putem objektivne analize i predstavljena pomoću štampača.

Fig. 1 Upper-air chart AT 850 obtained by objective analysis and presented by the aid of printer.

Ovo polje se izračunava u ovoj fazi programa, a koristi se docnije više puta.

4. Određivanje bliskih stanica jednoj tački mreže

U principu se bliske stanice određuju tako, što se izračunava rastojanje od date tačke mreže do svih stanica, pa se bira nekoliko najbližih. Međutim, ako se ovaj princip primeni doslovno i kruto, taj deo programa će zahtevati ogroman broj operacija i najblaže rečeno, program neće biti naročito racionalan. Da bi postigli potreban rezultat sa što manje računskog vremena postupili smo na sledeći način.

Kada dodje na red tačka (I, J) izdvajaju se stanice čije se koordinate nalaze u granicama $(I \pm 3, J \pm 3)$. Samo za te stanice se vrši izračunavanje odstojanja do date tačke mreže. Ustvari, pošto samo rastojanje nije potrebno, već njegov četvrti stepen (vidi dole), to je ovde izišlo pozivanje potprograma za koren. Ovakav pristup bi u mnogome skratio i programe koji koriste polarni sistem, pa bezbroj puta pozivaju potprograme trigonometrijskih funkcija.

5. Izračunavanje "osmotrenog" geopotencijala u tački mreže

"Osmotreni" geopotencijal u datoj tački izračunava se pomoću podataka geopotencijala preliminarnog polja u tačkama mreže F_{pt} i napred izračunate "greške" D.

Uticaj podataka o vetru unosi se tako što se pretpostavlja važenje geostrofske formule, pa se pomoću osmotrenog vetra izračunava gradijent geopotencijala. Na taj način se dobija:

$$F_{tv} = F_{os} + \left(\frac{\partial F}{\partial r}\right)_{os} r$$

F_{tv} - geopotencijal u tački mreže koji daju podaci o vetru u datoj stanici,

F_{os} - geopotencijal na stanici,

r - rastojanje od tačke do stanice,

$\left(\frac{\partial F}{\partial r}\right)_{os}$ - gradijent izračunat pomoću podataka o vetru na stanici.

Prethodna jednačina se može pisati:

$$F_{tv} = F_{os} + \frac{(\delta_x F)_{os}}{d} x + \frac{(\delta_y F)_{os}}{d} \delta y$$

$\delta_x F$ i $\delta_y F$ se dobijaju ako se uzme osmotreni vetar i pomoću geostrofske relacije izračuna gradijent:

$$\frac{(\delta_x F)_{os}}{d} = \frac{fv_{os}}{gm}; \quad \frac{(\delta_y F)_{os}}{d} = -\frac{fu_{os}}{gm}$$

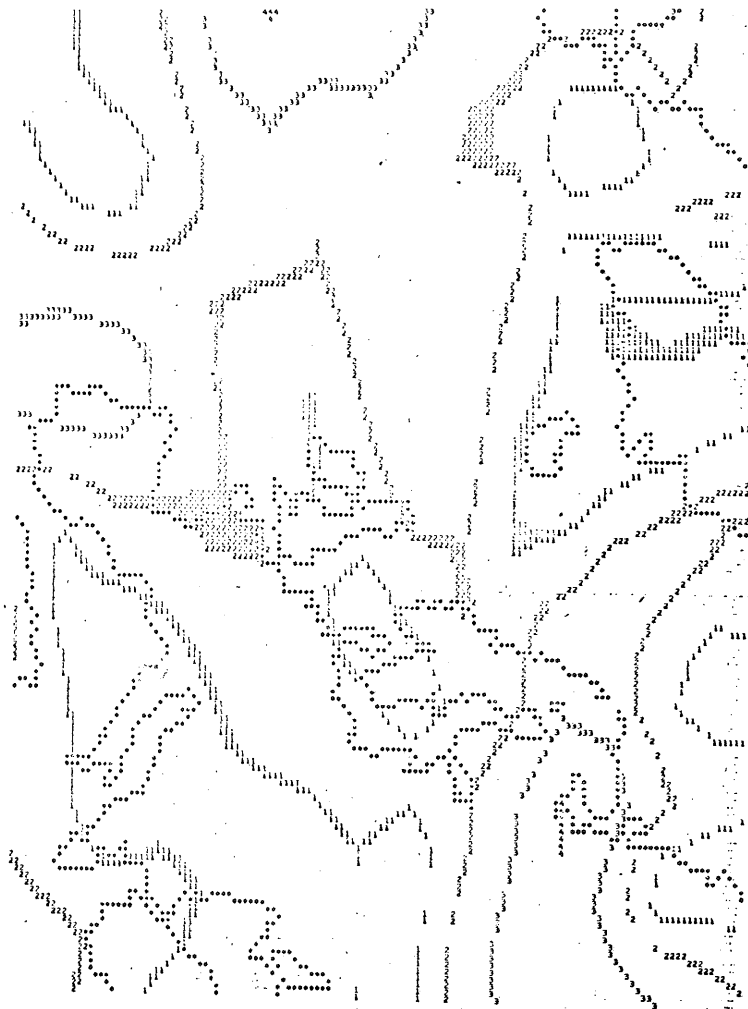
v_{os}, u_{os} = komponente u metrima u sekundi.

6. Uticaj više stanica

Različite stanice daju različite popravke za preliminarnu vrednost geopotencijala u jednoj tački. Naročito tamo gde je veliko rastojanje između tačaka. Zato se vrednost F_t izračunava pomoću uticaja više stanica.

Kada se raspolaze vrednostima u tački mreže dobijenim preliminarnim poljem pomoću geopotencijala i pomoću vetra, konačna vrednost u tački dobija se kao zbir tih vrednosti sa određenim težinama:

$$\bar{F}_t = \frac{\mu_{pt} F_{pt} + \mu_{tg} F_{tg} + \mu_{tv} F_{tv}}{\mu_{pt} + \mu_{tg} + \mu_{tv}}$$



Slika 2 Karta izotaha na nivou AT 700 dobijena putem objektivne analize i predstavljena pomoću štampača.

Fig. 2 Chart of isotachs at the level AT 700, obtained by objective analysis and presented by the aid of printer.

Težinska funkcija μ - ima oblik $\mu = \frac{a}{b + r^4} + C$ gde indeksi imaju sledeća značenja:

- pt - preliminarno u tački,
- tg - vrednost u tački na osnovu geopotencijala,
- tv - vrednost u tački na osnovu vetra,
- r - mereno jedinicama okca mreže.

Formula za više tačaka koje utiču na \bar{F}_t biće:

$$\bar{F}_t = \frac{\mu_{pt} F_{pt} + \sum_{i=1}^N \mu_{tgi} F_{tgi} + \sum_{i=1}^N \mu_{tvi} F_{tvi}}{\mu_{pt} + \sum_{i=1}^N \mu_{tgi} + \sum_{i=1}^N \mu_{tvi}}$$

N - broj stanica u napred označenoj oblasti.

Za izračunavanje težinske funkcije μ uzet je u početku:

- a = 1,1
- b = 1,3
- c = 0,02

zatim je eksperimentisano sa drugim vrednostima.

7. Korišćenje prizemnih osmatranja

Osmatranja sa prizemnih stanica i brodova mogu da budu korisna u oblastima u kojima je retka mreža visinskih osmatranja. Za naše prilike ovo se u prvom redu odnosi na Atlantik. Zbog toga su ovde interesantna isključivo osmatranja SYNOP-SHIP. U novije vreme bolji rezultati mogu se dobiti korišćenjem satelitskih osmatranja SIRS.

Döös preporučuje metod po kome se izračunavaju vertikalni temperaturni gradijenti na okolnim brodovima, pa se uz njihovu pomoć izračunavaju visinski podaci iznad broda sa "prizemnim" osmatranjima. Međutim, pošto se ti "okolni" brodovi nalaze na rastojanju često većem od 1000 km, ovako izračunati vertikalni gradijenti nisu naročito realni. Zbog toga je ovde uveden originalan način korišćenja prizemnih osmatranja, koji se sastoji u sledećem:

1. Uvodi se geopotencijal 1000 mb površine.
2. Izračunava se geopotencijal 500 mb površine pomoću preliminarne visine $RT_{500/1000}$, po formuli:

$$F_{500} = F_{1000\text{os}} + RT_{ps}$$

gde je F_{500} - izračunata visina 500 mb iznad broda, $F_{1000\text{os}}$ osmotrena visina 1000 mb, RT_{ps} - preliminarna vrednost relativne topografije iznad broda.

Ovako dobijena vrednost F_{500} smatra se u daljem postupku kao osmotrena vrednost.

8. Korišćenje satelitskih podataka

U novije vreme postoje u operativnom optičaju podaci o temperaturnoj stratifikaciji atmosfere dobiveni merenjima zračenja sa satelita. Odgovarajuće depeše sadrže geopotencijal relativne topografije. Da bi se mogle praktično koristiti u modelu prognoze potrebno je raspolagati i prizemnim pritiskom u datoj tački. Ovaj pritisak se dobija na osnovu prizemne analize i podatak se koristi postupkom "man - mashine".

Pored ovde prikazanog procesa u kome se koristi postupak objektivne analize za potrebe matematičkih modela prognoze i kontrole sredine u "real - time" postupku, objektivna analiza se može primeniti i kod kritičke kontrole klimatoloških podataka.

LITERATURA

- /1/ BERGTHORSON, P., DÖÖS, B.R. (1955): Numerical Weather - Map Analysis. Tellus, 7.
- /2/ DÖÖS, B.R. (1965): Numerical Analysis of Meteorological Data - WMO Regional Training Seminar - Moscow.
- /3/ GANDIN, L.S. (1968): Comparison of the Accuracy of Objective Analyses Produced in Various Countries - WMO/IUGG Symposium on Numerical Weather Prediction, Tokyo.
- /4/ GBURČIK, P. (1975): Studija dinamičkih metoda prognoze. Beograd, Savezni hidrometeorološki zavod.