

Primjena i ocjena objektivnih analiza dobivenih različitim varijantama metode polinomske interpolacije

Application and evaluation of the objective analysis obtained by various variants of the polynomial interpolation method

MIHOVIL KISEGI

SAŽETAK

Primjenjene su tri varijante metode polinomske interpolacije za dobivanje objektivne analize polja geopotencijala, vjetra i temperature na standardnim izobarnim površinama. Korišten je polinom drugog stupnja koji je prilagođavan podacima, metodom najmanjih kvadrata, iznad elementarnih područja i to: 1) stalne veličine, bez obzira na broj podataka; 2) promjenljive veličine, ali uz definiran broj podataka potreban za objektivnu analizu, i 3) polinom je prilagođavan podacima za svaku točku mreže zasebno, a podaci su uzimani s težinskom funkcijom. Pokazalo se, da su uzroci najvećih pogrešaka, koje se pojavljuju kod objektivne analize meteoroloških polja, premala gustoća podataka, zatim pogrešan podatak, i tek na trećem mjestu dolaze pogreške uvjetovane samim nedostatcima metode polinomske interpolacije.

Ključne riječi: Objektivna analiza.

ABSTRACT

Three variants of the polynomial interpolation method are applied to obtain objective analysis of the fields of geopotential, wind and temperature, at standard pressure surfaces. The second degree polynomial is used and adjusted to the station's data using the least squares method over an elementary area. It is shown that the errors in objective analysis primarily appear in the sparse data area; the second cause comes from some of the erroneous station's data, and only in the third place are errors caused by the shortcomings of the method itself.

Key words: Objective analysis.

1. UVOD

Cilj ovog rada bila je ocjena tri varijante metode polinomske interpolacije, koje su primjenjene za dobivanje objektivne analize meteoroloških polja, temperature, komponenata vjetra i geopotencijala. Kod dvije varijante je polinom drugog stupnja prilagođavan podacima iznad elementarnih područja i to: 1) stalne veličine bez obzira na broj podataka, metoda S; 2) promjenljive veličine ali uz definiran broj podataka, metoda N (Juršec i Branković, 1975). Kod treće varijante je polinom drugog stupnja prilagođavan okolnim podacima, metodom najmanjih kvadrata, za svaku točku mreže zasebno, a podaci su uzimani sa težinom koja ovisi o njihovoj udaljenosti od točke mreže. Zbog korištenja težinskih funkcija, ovu varijantu metode polinomske interpolacije pisat ćemo skraćeno, metoda T.

Metode su primjenjene na vremensku situaciju od 21. do 23. srpnja 1973. godine u 01 SEV, za dobivanje objektivne analize polja geopotencijala, komponenata vjetra i temperature. Ocjena je data prema subjektivnoj analizi, računanjem srednjaka i standardne devijacije odstupanja, kao i objektivno, računanjem srednjeg kvadratnog odstupanja i koeficijenta korelacije između opaženih i interpoliranih vrijednosti sa točaka mreže, metodom bilinearne interpolacije, na točke opažanja. Želja je, da se vidi koliko je metoda polinoma u mogućnosti da prikaže, i s kojom točnošću, polje pojedinog meteorološkog elementa, ovisno o načinu prilagođavanja polinoma podacima dobivenim opažanjem na radio-sondažnim stanicama.

2. PRIKAZ METODE POLINOMSKE INTERPOLACIJE

2.1. Historijat

Da se olakša razumjevanje do sada učinjenog istraživanja, i pomogne u daljnjem poboljšavanju metode polinomske interpolacije, bit će najprije ukratko izložen historijski razvoj i načini poboljšanja ove metode u svijetu.

I danas možda najjasniji put dobivanja objektivne analize jednog dvodimenzionalnog skalarnog polja, kao tlak, temperatura, geopotencijal itd., bit će prilagođavanje jedne dvodimenzionalne površine prema opaženim podacima metodom najmanjih kvadrata. Prvi pokušaj ove vrste, da bi dobio objektivnu sinoptičku analizu, učinio je Panofsky (1949). On je za određivanje polja vjetra i tlaka upotrijebio polinom trećeg stupnja na površinama veličine 10^6 kvadratnih milja. Poteškoća na koju se naišlo primjenom ove metode je pojava diskontinuiteta na granicama kontinuiranih površina, koje su bile svaka za sebe prilagođene sa jednim, ali različitim, polinomom. Ovi diskontinuiteti mogu biti uklonjeni na više načina, a jedan je osrednjavanje graničnih vrijednosti dvaju područja koja se nadovezuju jedno na drugo. Na ovome se osnivaju do sada primijenjene metode N i S, samo je korišten polinom drugog stupnja.

Ako sa H označimo visinu izobarne površine koja se najbolje prilagođava opažanjima iznad ograničene površine na karti, gdje je

$$H = F(x, y)$$

onda je F neka funkcija, najčešće polinom n-tog stupnja od x, y tj.

$$F(x, y) = \sum_{i, j=0}^n a_{ij} x^i y^j \quad i + j \leq n \quad (2.1.1)$$

U Meteorološkoj službi SAD, kao funkcija F, korišten je red od tzv. Houghovih funkcija i empirijskih ortogonalnih funkcija tlaka, pomoću kojeg su dobivene vrijednosti H u točkama mreže, za cijelo područje analize odjednom.

U izrazu (2.1.1) za polinom trećeg stupnja $n = 3$, dok se u kasnijim radovima, poslije rada Panofskog, koristio uglavnom polinom drugog stupnja ($n = 2$), koji pisan u razvijenom obliku izgleda:

$$H(x, y) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{11}xy + a_{20}x^2 + a_{02}y^2 \quad (2.1.2)$$

Da bi se odredili svih šest nepoznatih koeficijenata polinoma a_{ij} , potrebno je da raspolažemo sa šest nezavisnih veličina, a to su opažene vrijednosti H u šest točaka (meteoroloških stanica) čiji su položaji (vrijednosti x, y) poznati. Sa šest stanica s

podatkom H određena je površina drugog stupnja koja prolazi kroz svih šest podataka bez izgladivanja. Međutim, nužan je zahtjev da sistem linearnih algebarskih jednažbi bude preodređen, tj. da koristimo više podataka nego što je broj nepoznatih koeficijenata. Ovaj zahtjev pripisuje se činjenici da primljeni podaci sadrže izvjesne slučajno raspodijeljene pogreške opažanja, zatim pogreške nastale njihovim šifriranjem, te one nastale prenosom telekomunikacionim linijama, a takve pogreške mogu dovesti do numeričke nestabilnosti. U skladu s ovom činjenicom nepoznati koeficijenti aproksimativnog polinoma moraju biti određeni kao najvjerojatniji koeficijenti. Zbog toga se predređen sistem jednažbi rješava metodom najmanjih kvadrata. Problem se sastoji u nalaženju minimuma funkcije E, tj. sume kvadrata razlika između opažane visine geopotencijala na stanicama i izračunate visine polinomom za odgovarajuće stanice:

$$E = \sum_{n=1}^N \left(\sum_{i+j=0}^2 a_{ij} x_i^i y_j^j - H_n \right)^2 \quad (2.1.3)$$

gdje je N broj stanica upotrebljen za računanje koeficijenata polinoma. Naći minimum od E znači riješiti sistem nehomogenih linearnih jednažbi čiji

$$\frac{\partial E}{\partial a_{ij}} = 0 \quad 0 \leq i + j \leq 2 \quad (2.1.4)$$

je niz jednak broju nepoznatih koeficijenata a_{ij} .

Slijedeći sugestiju Charney-a, ako se uzmu opažanja koja neposredno okružuju točku mreže, u kojoj se traži vrijednost geopotencijala, onda se uključuje minimum uglađivanja, Gilchrist i Cressman (1954) dali su metodu po kojoj se u svakoj točki mreže određuje polinom drugog stupnja i to tako da bi se on što bolje prilagodio okolnim opažanjima.

$$E = \sum_{i=1}^l [p(H_s - H_0)]^2 + T^2 \sum_{i=1}^m \{p[(u_s - u_0)^2 + (v_s - v_0)^2]\}_i + \sum_{i=1}^n [q(H_s - H_p)]^2 \quad (2.1.5)$$

gdje je H_0 opažena visina izobarne površine, H_s visina određena polinomom na istoj stanici.

u_0, v_0 — komponente opaženog vjetra,

u_s, v_s — komponente geostrofičkog vjetra, određene polinomom. Za polinom drugog stupnja

$$u_s = -\frac{gm}{f} \frac{\partial H_s}{\partial y} = -\frac{gm}{f} (a_{11}x + 2a_{02}y + a_{01}) \quad (2.1.6)$$

$$v = \frac{gm}{f} \frac{\partial H_s}{\partial x} = g \frac{gm}{f} (2a_{20}x + a_{11}y + a_{10})$$

H_p je prognozirana vrijednost visine u točki mreže u momentu opažanja (npr. 12-satna ili 24-satna prognoza).

p i q su težinske funkcije i kao najpodesniji oblik pokazao se

$$p = \frac{1}{1 + \alpha r^2}, \quad q = \frac{p}{16} \quad (2.1.7)$$

gdje je $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, $x = x_0 - x_c$, $y = y_0 - y_c$

ma. Proces se ponavlja od točke do točke po cijeloj mreži. Pri analizi polja visine izobarnih površina koristili su opažanja visine i vjetra. Pri tome je nužno da imamo međusobni odnos između baričkog polja i vjetra. Kao najjednostavniji približni odnos koristi se jednažba geostrofičkog vjetra, međutim učinjeni su pokušaji korištenja realnijih odnosa, npr. jednažbe gradijentnog vjetra. Da bi se računalo sa manjim apsolutnim brojevima, Gilchrist i Cressman su visinu izobarnih površina izrazili devijacijom visine od standardne atmosfere. Oni su prvi uveli i težinske faktore sa kojima se određuje stupanj važnosti postavljen vrijednostima opažanja visine i vjetra. Definirali su ih kao recipročnu vrijednost standardne devijacije pogrešaka dobivenih iz opažanja visine i vjetra, na površini iznad koje je primijenjen polinom. Ako uzmemo točku mreže za ishodište koordinatnog sistema, onda je vrijednost koeficijenta a_{00} upravo željena vrijednost visine H u točki mreže. Ako u nekom području nema minimalnog broja podataka u susjedstvu bilo koje točke mreže, ona može biti preskočena u prvom ispitivanju, te izračunata u ponovljenom postupku sa korištenjem već izračunatih vrijednosti u točkama mreže. Usprkos tome, u područjima rijetkih podataka, koja se često susreću u hemisferskim analizama, nije bilo moguće sakupiti dovoljan broj podataka unutar određenog, već dovoljno proširenog, područja oko točke mreže, tako da se došlo na ideju da se koriste i prognostičke vrijednosti. Osim toga, spomenuta metoda pokazala je i jedan nedostatak, a to je da se polinom bolje prilagođava podacima koji su udaljeniji od točke mreže, jer je njih više, a to je upravo suprotno od naše želje.

Tako je došlo do uvođenja težinskih funkcija, čija vrijednost opada sa udaljenošću, pa je izraz iz kojeg se određuje najbolja aproksimacija površine po primio prema Bushby i Huckle (1957) oblik

r se najčešće mjeri u jedinicama koraka mreže. Sa x_0, y_0 su označene bezdimenzionalne koordinate stanice, a x_c, y_c koordinate točke mreže, dok je α empirijski dobiven koeficijent.

Težinska funkcija q data prognostičkim vrijednostima ima mnogo manju težinu, tako da ovaj član dolazi do izražaja u područjima gdje nema dovoljno podataka o visini geopotencijala i vjetru.

T^2 izražava težinu datu opažanjima vjetra u odnosu na opažanja visine. Budući da sva tri člana u izrazu (2.1.5) moraju imati ekvivalentnu dimenziju, onda se (kao jedinica od T) uzima sekunda.

Prvi član u izrazu za E (2.1.5), koji izražava razliku između visine dobivene polinomom i opažane visine, zavisi od slučajnih pogrešaka opažanja i od pogrešaka koje su uzrokovane time što stvarnu konturu površine ne možemo točno reprezentirati površinom datom polinomom s ograničenim brojem stupnjeva slobode.

Drugi član, koji izražava pogrešku aproksimacije vjetra, uključuje osim ovih pogrešaka također pogreške uzrokovane ageostrofičkim efektima.

Posljednji član također uključuje pogreške aproksimacije, a zavisi i od pogrešaka prognoze.

Koeficijenti polinoma dobiju se rješavanjem sistema linearnih algebarskih jednačbi (2.1.4). Broj ovih jednačbi za polinome drugog stupnja je šest, dok bi za površine trećeg stupnja bio deset.

Sumacija prvog i drugog člana uzima se preko najbližih opažanja, obično unutar šest koraka mreže, od točke mreže za koju određujemo visinu H . Također se uzimaju u obzir i opažanja koja se nalaze unutar šest koraka od točaka mreže a izvan su granica površine za koju se provodi objektivna analiza.

Prognostičke vrijednosti u trećem članu, koje možemo smatrati preliminarnim poljem, imaju vrijednosti samo u točkama mreže. Sumacija treće zagrada provodi se uzimajući u račun prognostičke vrijednosti sa devet najbližih točaka mreže uključujući i točku za koju se određuje vrijednost meteorološkog elementa.

2.2. Uklanjanje nedostataka metode polinomske interpolacije

Iskustvo dobiveno primjenom metode polinoma pokazalo je određene nedostatke, koji su bili osobito vidljivi pri analizi dubokih ciklona. Ovo je razmatrao u svojim ispitivanjima Corby (1961). On je pokazao, da postoji opća tendencija potcjenjivanja dubine intenzivnih ciklona, osobito u područjima s nedovoljnom mrežom opažanja. Važno je naglasiti, da se ova vrsta pogreške susreće i u drugim metodama objektivne analize. Za uklanjanje ovog nedostatka Corby je u svojim istraživanjima predložio dvije modifikacije metode polinoma.

On je pokazao da time što pri određivanju gradijenta visine izobarne površine zamjenjujemo opažani vjetar geostrofičkim vjetrom, činimo značajnu pogrešku u područjima s velikom zakrivljenošću izohipsa. To se može pokazati pomoću jednačbe gradijentnog vjetra, koja pisana u prirodnim koordinatama ima oblik:

$$fV + kV^2 = -g \frac{\delta H}{\delta n} \quad (2.2.1)$$

gdje je k zakrivljenost trajektorije, koja se uzima pozitivna za ciklonalna gibanja. Iz ove jednačbe se vidi, da gradijent $-g \frac{\delta H}{\delta n}$ postaje jednak $fV + kV^2$ ako se približavamo gradijentnom vjetru, a fV ako se približavamo gestrofičkom vjetru. Odnos ovih izraza je

$$1 + \frac{kV}{f} \quad (2.2.2)$$

i on je veći od jedinice za ciklonalna gibanja, a manji od jedinice za anticiklonalna gibanja. Opažena brzina vjetra na visini je bliža brzini gradijentnog, nego brzini geostrofičkog vjetra, pa je zato realnije opaženi vjetar identificirati sa gradijentnim vjetrom. Kada su izolnije jako zakrivljene, kao u dubokim ciklonama, gradijentna brzina je znatno manja od geostrofičke brzine. Zato je Corby predložio da se opažena brzina vjetra zamijeni novom vrijednošću

brzine koja se dobije množenjem sa faktorom $1 + \frac{kV}{f}$, tako da bi je pretvorili u geostrofičku vrijednost. Ova nova vrijednost može se usporediti sa geostrofičkim vjetrom određenim polinomom. Poteškoća je što zakrivljenost u početku nije poznata. Stoga se objektivna analiza provodi dva puta. Prvi put koristi se geostrofička aproksimacija. Poslije toga može se izračunati faktor (2.2.2) i tako ispraviti gradijent polja geopotencijala pri ponovnoj objektivnoj analizi. Praksa je pokazala da je takav postupak doveo do znatnih poboljšanja objektivne analize.

Uz ovo, prisutan je i drugi uzrok izgladivanja dubokih ciklona. On dolazi zbog ograničenih mogućnosti interpolacionog postupka, što površina drugog stupnja može prikazati samo eliptičke i hiperbolične paraboloide, dok su hiperboloidi i stožci isključeni. Svi vertikalni presjeci ovakvih površina su bezuvjetno parabole s vertikalnim osima. Parabola ima karakterističan kuglasto zaobljen oblik u okolišu tjemena i ne može nikako poprimiti šiljasti oblik. Ovaj efekt je stoga naročito uočljiv kod dubokih ciklona. Jedan način za uklanjanje ovog nedostatka bio bi da se u izraz (2.1.2) uvede kvadratni član visine H . To bi međutim dovelo do previše složenog nelinearnog sistema jednačbi za koeficijente a_{ij} .

Za objektivnu analizu 1000 mb površine, gdje se mogu koristiti podaci sa brodova, da se poveća broj opažanja, Corby (1961) je predložio određivanje visine na točki mreže metodom koja koristi »prilagođavanje ravninom«. Metoda se naime sastoji u nalaženju ravnine, koja predstavlja izobarnu površinu u blizini točke mreže, a čiji nagib daje geostrofički vjetar koji je izjednačen sa opaženim vjetrovima u području oko točke mreže. Pretpostavimo da je poznata visina 1000 mb površine H_0 i komponente vjetra u i v (korigirane za zakrivljenost) za jedan SHIP na poziciji (x, y) u odnosu na točku mreže. Tada ekstrapolacija pomoću geostrofičke jednačbe daje za visinu H_c u točki mreže

$$H_c = H_0 + \frac{f}{mg} (uy - vx). \quad (2.2.3)$$

Faktor m (map-faktor) potreban je ukoliko su x i y mjereni na stereografskoj ravnini, za njihovu transformaciju u rastojanja na zemlji. Ako se koristi više ovakvih podataka, onda se svaki podatak uzima sa težinom ovisnom o udaljenosti od točke mreže. Težinska funkcija je oblika (2.1.7) samo što je koeficijentu α određena 2^a puta veća vrijednost, tako da težinska funkcija opada brže sa udaljenošću. Ovu vrijednost treba naravno umanjiti ukoliko pravac koji spaja stanicu s opažanjem vjetra i točku mreže nije nije okomit na vektor vjetra. Konačna visina geopotencijala u točki mreže dobije se osrednjavanjem vrijednosti dobivenih kvadratnim prilagođavanjem i prilagođavanjem ravninom uz određene težinske faktore, dobivene empirijski.

Na kraju treba spomenuti da se veliki nedostatak dvodimenzionalne analize odražava u teškoći dobivanja dovoljno dobrog usaglašavanja polja po vertikali. Naime, kada se kao početna polja za višeslojne prognostičke modele koriste polja na različitim nivoima, nezavisno analizirana metodom polinoma, mogu se pojaviti značajne prognostičke pogreške. Corby (1963) te Kašković i Belousov (1963) predlo-

žili su metode objektivne analize kod kojih se računanje izvodi objektivno, odjednom za cijeli skup nivoa. Kod takvog postupka, imajući podatke oko promatrane točke mreže na svim nivoima, vrijednosti visina u točki mreže dobiju se pomoću sistema površina:

$$H_s = \sum_{v=0}^n Q_v L_v \quad (2.2.4)$$

gdje je

$$Q_v = \sum_{i,j=0}^n (a_{ij})_v x^i y^j, \quad 0 \leq i + j \leq n \quad (2.2.5)$$

$$a L = \log P, \quad P = \frac{P}{p_0} \quad p_0 = 1000 \text{ mb.} \quad (2.2.6)$$

Koeficijenti polinoma Q_v za sisteme površina, koji nam trebaju za dobivanje vrijednosti visine u točki mreže, određuju se na isti način kao i pri analizi dvodimenzionalnih polja, izraz (2.1.5), samo što se uz svaki član uvodi još jedan vertikalni težinski faktor oblika

$$p = \frac{3}{4} P - \frac{1}{4}$$

koji osigurava bolje usaglašavanje analiza podataka opažanja na različitim nivoima.

Numerička primjena ove metode jako je otežana jer ako se za Q uzme polinom drugog stupnja, za koji je nužno odrediti šest koeficijenata, a za H_s polinom trećeg stupnja po L , što zahtijeva daljnja četiri koeficijenta, tada broj koeficijenata koji treba odrediti metodom najmanjih kvadrata iznosi 24, a to vodi rješavanju sistema od 24 jednadžbe.

2.3. Određivanje polinoma korištenjem težinskih funkcija — metoda T

Kod ove metode polinom drugog stupnja je određen za svaku točku mreže zasebno, i to tako da se metodom najmanjih kvadrata prilagođavao okolnim podacima, a podaci su uzimani s težinom koja opada s njihovom udaljenošću od točke mreže. Pri tome je korišten samo prvi član izraza (3.1.5) tj.

$$E = \sum_{i=1}^l [p(H_s - H_0)^2]_i$$

Težinska funkcija p uzeta je istog oblika kao u radu Buchby i Huckle (1957)

$$p = \frac{1}{1 + \alpha r^4}$$

Koeficijent α je pojednostavljen po broju decimala i data mu je vrijednost 0,01. Buchby i Huckle a kasnije i Bull (1966) koristili su kod objektivne analize visinskih karata vrijednost $\alpha = 2^{-33} 10^8 = 0,01164115321$, a za objektivnu analizu prizemnih podataka $\alpha = 2^{-29} 10^8 = 0,186$. Također, rastojanje između točke mreže i stanice s podatkom nije mjereno u koracima mreže, već u geografskim stupnjevima, i to Pitagorinim poučkom pomoću razlika u geografskim dužinama i geografskim širinama, tj.

$$r = \sqrt{\Delta\lambda^2 + \Delta\phi^2}$$

Iako ovaj način nije najispravniji, budući da se ne radi o pravokutnom već o sfernom trokutu, ipak je na prilično jednostavan i prikladan način dobivena mjera rastojanja sa kojom se određivao težinski faktor. Za svaku točku mreže bira se 12 najbližih stanica s podatkom onog meteorološkog elementa za koji se provodi objektivna analiza.

3. OCJENA OBJEKTIVNIH ANALIZA METEOROLOŠKIH POLJA DOBIVENIH RAZLIČITIM VARIJANTAMA METODE POLINOMSKE INTERPOLACIJE

3.1. Ocjena rezultata objektivne analize prema subjektivnoj analizi

Ovaj način ocjene, iako sadrži dosta subjektivnosti, činio se najprikladniji i njime su se koristili mnogi autori, kao Corby (1961), Kruger (1969) i dr. Ocjena nije rađena za cijelo područje integracije HIBU — modela, tj. za svih 21×19 točaka mreže, nego samo za područje srednje i južne Evrope, područje u koje nije ulazilo pet krajnjih redova točaka mreže, slika 3.3.1, što znači samo za 11×9 točaka. Za ovih 99 točaka mreže određen je srednjak i standardna devijacija odstupanja objektivno od subjektivno dobivenih vrijednosti. Također se u toku rada nastojalo naći uzroke zbog kojih je došlo do većih odstupanja nad nekim dijelom ovog područja.

3.2. Ocjena rezultata objektivne analize metodom bilinearne interpolacije

Metoda bilinearne interpolacije, pomoću koje iz vrijednosti dobivenih na točkama mreže, metodom objektivne analize, možemo odrediti vrijednost na točki opažanja i usporediti ovu izračunatu vrijednost sa opaženom vrijednošću, može nam poslužiti ne samo za kontrolu podataka opažanja, nego i za ocjenu metoda objektivne analize. Korištena je jednadžba za bilinearnu interpolaciju u obliku

$$H = H_{00}(1-x)(1-y) + H_{10}x(1-y) + H_{01}y(1-x) + H_{11}xy.$$

Stanica s opažanjem ima koordinate x i y relativno prema uglu kvadrata mreže u kojem ona leži, a H_{00} , H_{10} , H_{01} i H_{11} su vrijednosti geopotencijala, ili nekog drugog meteorološkog elementa, izračunate metodama objektivne analize na točkama mreže. Ova metoda u nekim zemljama, npr. u Engleskoj (Bull, 1966), koristila se za kontrolu podataka opažanja. Opažanja koja nisu ispunjavala određeni kriterij, pri uspoređivanju sa izračunatom vrijednošću, bila su odbačena. Nakon toga, objektivna analiza bila bi ponovljena bez ovih pogrešnih podataka opažanja. Ova metoda može se međutim iskoristiti i za ocjenu metoda objektivne analize. Kao najprikladniji način ocjene smatra se računanje koeficijenta korelacije između interpolarnih i opaženih vrijednosti na točkama opažanja. Također je za iste točke izračunato i srednje kvadratno odstupanje interpoliranih od opaženih vrijednosti. Ovaj način ocjene vrlo je pogodan i može se koristiti za uspoređiva-

nje i dviju različitih objektivnih analiza, uzimajući u račun vrijednosti bilo na istim točkama opažanja ili na istim točkama mreže.

Ocjena rezultata objektivne analize metodom bilinearne interpolacije učinjena je slijedećim jednažbama (Lugina 1968)

a) koeficijent korelacije

$$R_{ik} = \frac{\overline{f_i f_k} - \bar{f}_i \cdot \bar{f}_k}{\sigma_i \sigma_k}$$

gdje je $\sigma_i^2 = \overline{(f_i - \bar{f}_i)^2}$, $\sigma_k^2 = \overline{(f_k - \bar{f}_k)^2}$

f_i — vrijednost meteorološkog elementa na točki opažanja ili mreže, koja se odnosi na jednu od analiza, f_k — vrijednost na istoj točki, stvarno opažena, ili se odnosi na drugu analizu (gornja crta označava osrednjavanje);

b) srednje kvadratno odstupanje

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i,k=1}^n (f_i - f_k)^2}{n}}$$

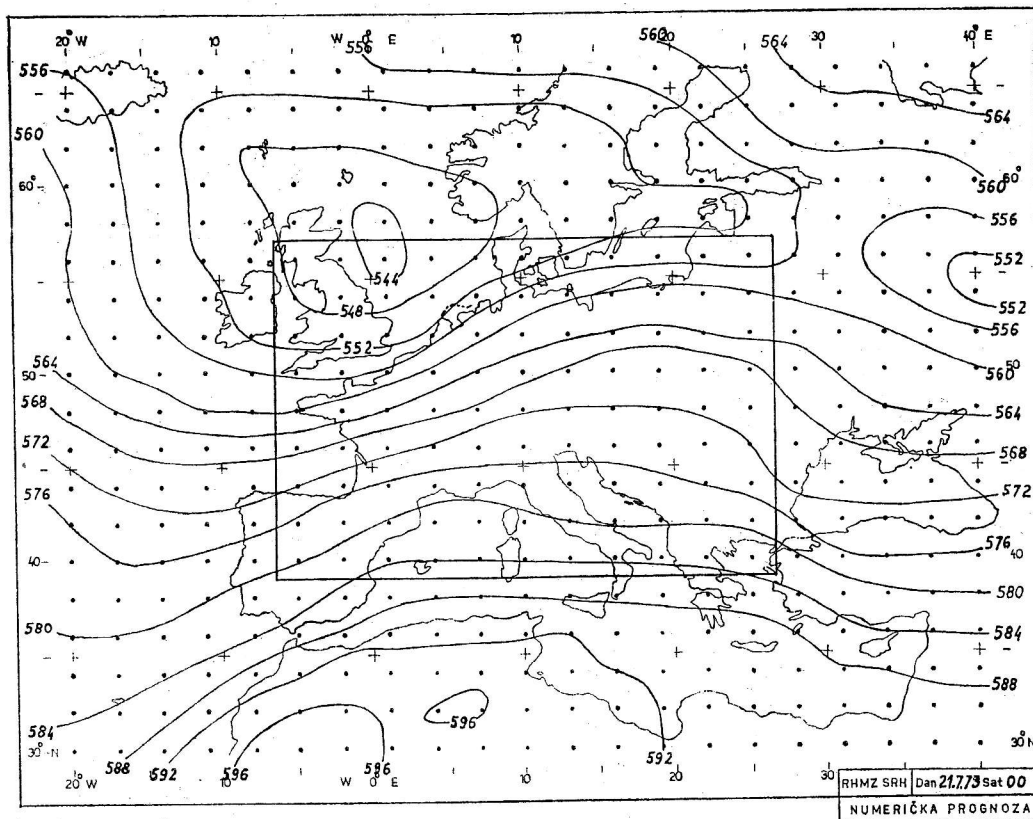
gdje je n broj točaka opažanja ili mreže.

Koeficijent koleracije i srednje kvadratno odstupanje određeno je uzimanjem u račun odstupanja interpoliranih od opaženih vrijednosti na svim točkama opažanja čiji podaci su korišteni u objektivnoj analizi. Osim toga, računskom stroju zadano je da ispiše najmanje i najveće odstupanje sa koordinatama stanice na kojoj je dobiveno. Od osobitog su značenja najveća odstupanja, pa su ona posebno razmatrana u nekim slučajevima, tražeći uzroke najvećih pogrešaka.

3.3. Ocjena rezultata objektivne analize polja geopotencijala

Uspoređivanje objektivnih analiza polja geopotencijala, dobivenih metodama N, S i T, sa subjektivnom analizom, pokazalo je osjetljivost svih metoda na gustoću podataka opažanja, dakle, nedostatak metoda polinomske interpolacije do kojeg se došlo i kod primjene metoda N i S na polja temperature i vjetra (Jurčec i Branković, 1975; Kisegi, 1976).

Sl. 3.3.1.
Subjektivna analiza
500 mb površine za
21. srpanj 1973. u 01
SEV.

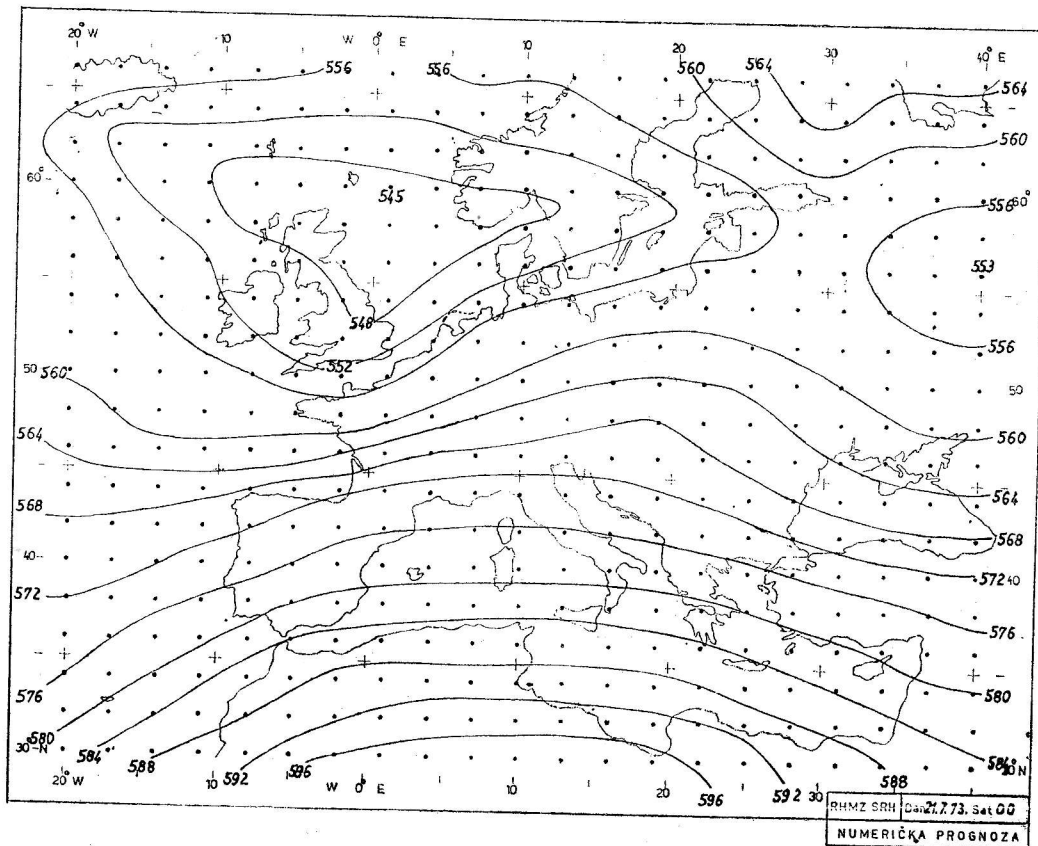


Na slici 3.3.1 prikazana je subjektivna analiza AT 500 mb za 21. srpanj 1973. u 01 SEV, a na slikama 3.3.2, 3.3.3 i 3.3.4 analize dobivene objektivnim metodama N, S i T. Sl. 3.3.2.; 3.3.3. Sve objektivne analize dobro su predstavile ciklone iznad Skandinavskog poluotoka i Sovjetskog Saveza, kao i greben iznad južnih dijelova Evrope. Kod ciklone koja se prostire iznad sjevernih dijelova Britanskog otočja te iznad južnog dijela Skandinavskog poluotoka, jedino

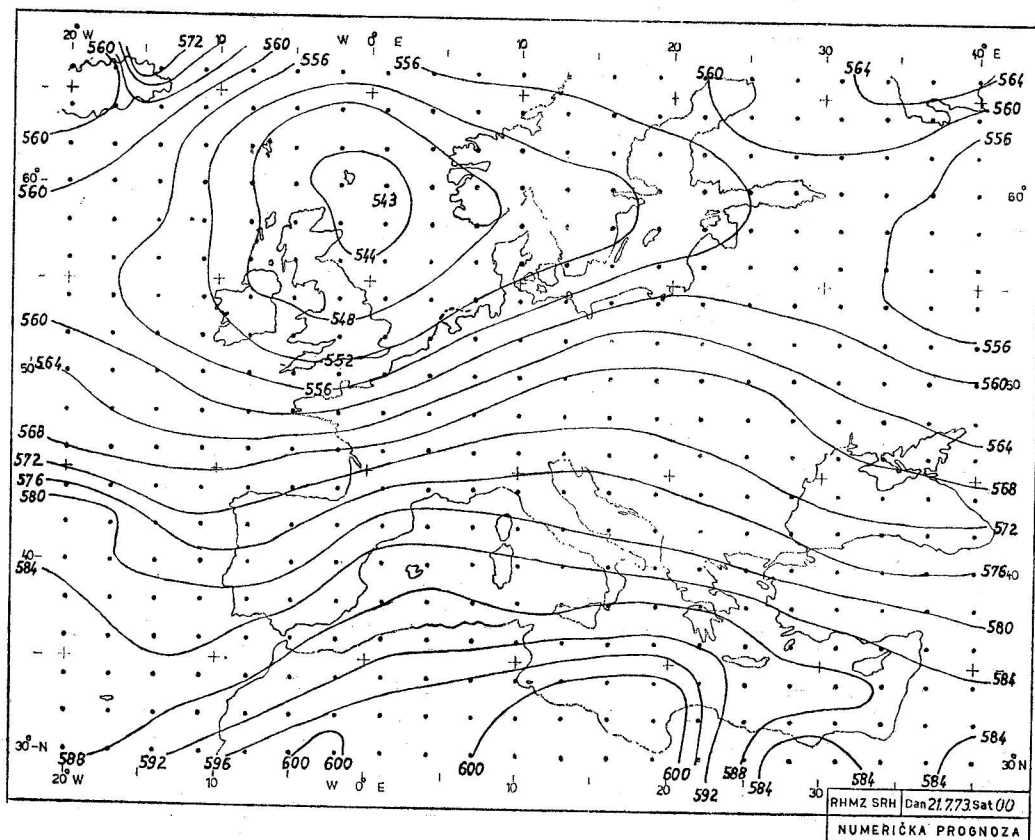
metoda S nije izgradila izohipsu 544 dkm. Sl. 3.3.4. Ciklonu iznad Sovjetskog Saveza najbolje je prikazala metoda T. Najveće pogreške se pojavljuju na zapadnoj i južnoj granici modela zbog nedostataka podataka. Kod metode S pojavljuje se anticiklona iznad istočnog dijela Islanda, a kod metode N prošireno područje povišenog geopotencijala iznad sjeverozapadnog dijela Afrike. Nad područjem Libije i Egipta zbog nedostatka podataka pojavljuje se kod me-

tode S izohipsa 600, a kod metode T i 604 dkm. Metoda S također daje povećane vrijednosti geopotencijala i nadpodručjem zapadno od Pirinejskog poluotoka. Područja iznad kojih se pojavljuju povećana odstupanja, objektivnih analiza od subjektivne analize, na 500 mb površini, pokazala su i na ostalim standar-

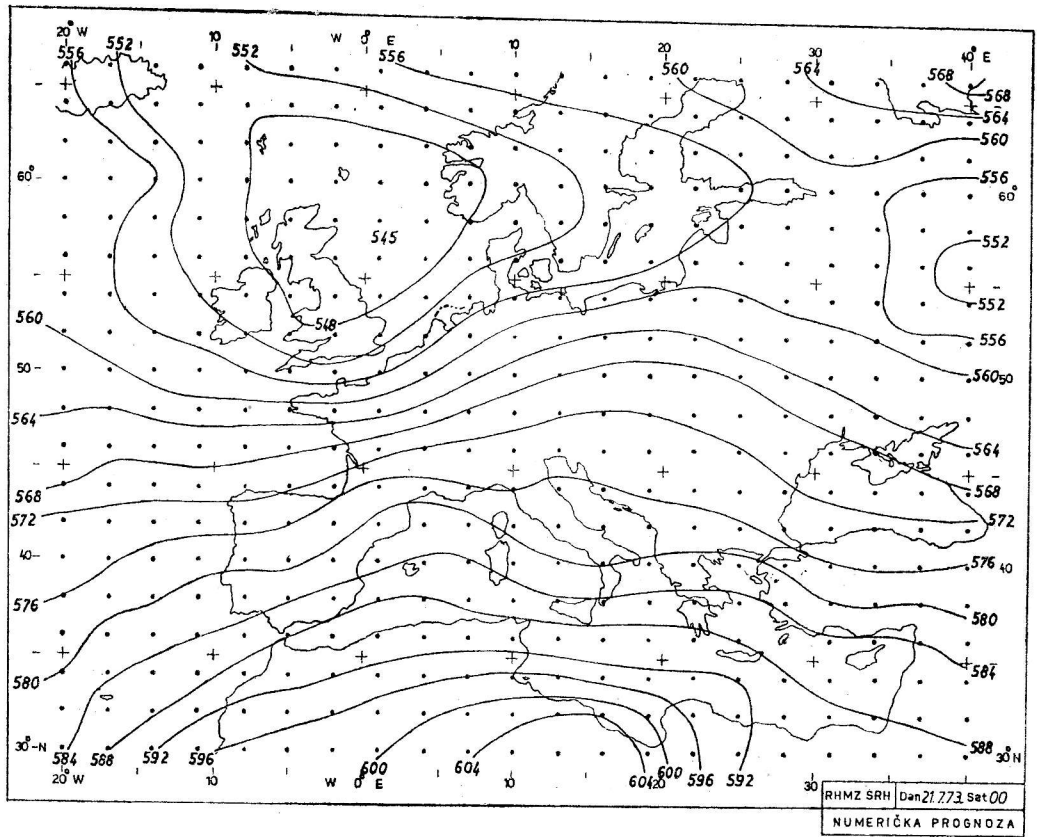
dnim izobarnim površinama slična odstupanja, što znači da se premala gustoća ili potpuni nedostatak podataka opažanja nad tim područjem odrazio, kod pojedine metode objektivne analize, na svim standardnim nivoima na isti način. Na rijetku mrežu podataka najviše se pokazuje osjetljiva metoda S,



Sl. 3.3.2. Objektivna analiza 500 mb površine dobivena metodom N za 21. srpanj 1973. u 01 SEV.



Sl. 3.3.3. Objektivna analiza 500 mb površine dobivena metodom S za 21. srpanj 1973. u 01 SEV.



Sl. 3.3.4.
Objektivna analiza 500
mb površine dobivena
metodom T za 21.
srpanj 1973. u 01 SEV.

jer ona prilagođava polinom drugog stupnja elementarnim područjima određene veličine ($\Delta\lambda = 18^\circ$, $\Delta\phi = 8^\circ$), bez obzira na broj podataka i prelazi granice modela samo za jedan korak mreže. Tako podaci sa Jan Mayena i Azorskih otoka nisu mogli umanjiti porast gradijenta geopotencijala nad područjem istočno od Islanda te zapadno od Pirinejskog poluotoka, budući da ih metoda S ne uzima u računanje.

Tabela 3. 3. 1

Standardna devijacija odstupanja vrijednosti geopotencijala (dkm), dobivenih objektivnim analizama od subjektivne analize, iznad predsjela srednje i južne Evrope, kao i srednje kvadratno odstupanje (dkm) između opaženih vrijednosti geopotencijala na stanicama i vrijednosti dobivenih metodom bilinearne interpolacije

Datum	Izobarna površina (mb)	Metoda N		Metoda S		Metoda T	
		σ	S	σ	S	σ	S
21. 7. 1973. 01 SEV	850	0,82	1,43	0,76	1,13	0,83	0,88
	700	0,85	1,26	0,78	1,13	1,08	0,84
	500	1,39	1,65	1,08	1,48	1,82	1,12
	400	1,23	2,10	1,25	1,80	1,30	1,35
	300	1,65	2,75	1,75	2,42	1,79	1,78
	200	2,42	3,26	2,12	2,87	2,37	2,17
22. 7. 1973. 01	850	0,62	1,04	0,74	0,96	0,72	0,65
	700	0,94	1,04	1,01	0,95	0,76	0,56
	500	1,40	1,53	1,64	1,50	1,72	0,71
	400	1,51	2,02	2,00	1,97	1,91	0,92
	300	1,91	2,75	2,27	2,57	2,13	1,31
	200	2,00	3,27	2,12	2,97	2,16	1,77
23. 7. 1973. 01 SEV	850	0,96	0,89	1,08	0,75	0,83	0,52
	700	1,33	1,00	1,30	0,88	1,26	0,66
	500	2,26	1,61	1,91	1,42	1,83	1,06
	400	2,55	2,05	2,37	1,83	1,93	1,30
	300	3,08	2,88	2,89	2,52	2,35	1,88
	200	3,68	4,21	3,91	3,72	3,70	2,97

Numerička ocjena objektivnih analiza polja geopotencijala, dobivena računanjem standardne devijacije odstupanja od subjektivne analize za područje srednje i južne Evrope, prikazana u tabeli 3.3.1, pokazuje da sve metode u području guste mreže stanica daju podjednako dobre rezultate. Standardna devijacija na nižim izobarnim nivoima manja je od 1dkm, dok sa visinom raste. Također i srednje kvadratno odstupanje, dobiveno između opaženih vrijednosti geopotencijala na stanicama i vrijednosti dobivenih metodom bilinearne interpolacije, pokazuje porast s visinom kod svih metoda objektivne analize. To znači da se točnost objektivne analize smanjuje sa povećanjem gradijenta polja geopotencijala.

Koeficijent korelacije kod svih metoda objektivne analize poprima visoke vrijednosti, uglavnom iznad 0,970. Metoda S pokazuje nešto bolje prilagođavanje opaženim podacima od metode N, dok se metoda T pokazala najboljom, i koeficijenti korelacije kod ove metode bili su između 0,990 i 0,998. Međutim, kod koeficijenta korelacije ne uočava se pravilnost u porastu, ili što bi bilo realnije, u padu njegove vrijednosti s visinom, ali se uočava jedna druga pravilnost; a to je da porast koeficijentata korelacije, ili pad, na nekom standardnom izobarnom nivou, u odnosu na susjedne nivoe, kod jedne metode pokazuje isti trend na tom nivou kao i kod ostalih metoda. Također i srednje odstupanje objektivnih analiza od subjektivne analize, iznad predjela srednje i južne Evrope, najčešće kod svih metoda na istoj izobarnoj površini, pokazuje isti predznak i približno jednaku vrijednost, što znači da sve metode, bez obzira na koji način se polinom drugog stupnja prilagođava podacima, na isti način podcjenjuju (negativni srednjak) ili precjenjuju (pozitivni

srednjak) vrijednosti dobivene subjektivnom analizom. To znači da je točnost objektivne analize u velikoj mjeri ovisila o gustoći i točnosti podataka opažanja.

Proučavanja uzroka najvećih pogrešaka koje se pojavljuju na stanicama s opažanjem, pokazala su da od 54 objektivne analize polja geopotencijala u 46 slučajeva najveće odstupanje, interpolirane vrijednosti metodom bilinearne interpolacije od opažene vrijednosti na točki opažanja, bilo je upravo na stanici sa pogrešnim podatkom, koji se svojom vrijednošću znatnije razlikovao od vrijednosti na susjednim stanicama, tako da ga polinom drugog stupnja, koji se podacima prilagođava metodom najmanjih kvadrata, nije mogao u punom iznosu uzeti u obzir. U tri slučaja najveće odstupanje bilo je na stanici koja se nalazila unutar ciklonarnog polja, što je pogreška metode, budući da polinom drugog stupnja opisuje paraboloid pa time izgladuje ciklonarna područja. Sve tri pogreške pojavile su se kod metode T, i to unutar ciklone iznad Sovjetskog Saveza, i bile su male tako da je na 500 mb pogreška iznosila 2,0 na 400 mb 2,5 a na 300 mb 4,0 dkm. Preostalih pet najvećih odstupanja pojavilo se kod metode S, na stanici koja se nalazila u blizini graničnog područja modela gdje je rijetka mreža s podacima i gdje se metoda S pokazala najlošijom. Ovi rezultati pokazuju da je objektivna analiza u mogućnosti, kao i subjektivna analiza, na način kako je radio Bull (1966), isključi pogreške, pa se ponavljanjem objektivne analize bez pogrešnih podataka dobije znatno bolja objektivna analiza. I u ovom slučaju pogreška raste s visinom, pa bi kriterij za odbacivanje pogrešnih podataka morali tako uskladiti da dopušteno odstupanje interpolirane od opažene vrijednosti, s visinom raste. Za objektivnu kontrolu horizontalne konzistencije podataka opažanja pokazuje se najpogodnija metoda N, budući da ona uz najmanji broj računanja najviše izgladuje podatke, tako da uz najmanji utrošak vremena računara možemo otkriti pogrešne podatke. U ponovljenom postupku trebalo bi primijeniti prilagođavanje polinoma okolnim podacima za svaku točku mreže zasebno, kako to radi metoda T, jer takav način primjene metode polinomske interpolacije najbolje može prikazati promjene u polju meteorološkog elementa, u ovom slučaju geopotencijala.

Ocjena rezultata objektivnih analiza polja geopotencijala navodi nas na zaključak da točnost objektivne analize najviše zavisi o broju podataka i njihovoj prostornoj gustoći (za 21. srpanj bilo je 143 TEMP izvještaja, za 22. 139 a za 23. srpanj 1973. u 01SEV 137 TEMP izvještaja), a zatim o njihovoj točnosti. Tek nakon toga mogle bi se navesti pogreške uvjetovane nedostacima same metode.

3.4. OCJENA REZULTATA OBJEKTIVNE ANALIZE U-KOMPONENTE VJETRA

Ocjena objektivnih analiza metodom bilinearne interpolacije na točkama opažanja, tabela 3.4.1, pokazuje dosta pravilan porast koeficijenta korelacije od nižih prema višim izobarnim nivoima kod svih metoda, što znači povećanje točnosti objektivne analize

polja vjetra s visinom. Srednje kvadratno odstupanje također raste s visinom do 300 mb površine, a zatim se, većinom, na 200 mb površini nešto smanjuje. Sličnu promjenu s visinom pokazala je standardnat devijacija odstupanja objektivnih od subjektivne analize iznad područja srednje i južne Evrope.

Tabela 3. 4. 1.

Srednje kvadratno odstupanje (m/sek) i koeficijent korelacije između opaženih vrijednosti u-komponente vjetra i vrijednosti dobivenih metodom bilinearne interpolacije na točkama opažanja

Datum	Izobarna površina (mb)	Metoda N		Metoda S		Metoda T		
		S	R	S	R	S	R	
21. 7. 1973.	850	3,34	0,880	2,73	0,920	2,51	0,949	
	700	3,68	0,895	2,93	0,936	2,83	0,956	
	500	4,74	0,903	4,08	0,930	2,61	0,974	
	01	400	4,89	0,921	4,01	0,948	2,92	0,973
	SEV	300	6,08	0,924	5,36	0,939	4,06	0,967
	200	3,97	0,964	3,71	0,968	2,43	0,987	
22. 7. 1973.	850	2,98	0,865	2,96	0,867	1,72	0,959	
	700	3,26	0,902	2,91	0,923	1,71	0,975	
	500	3,73	0,928	3,27	0,948	2,33	0,973	
	01	400	4,33	0,939	4,05	0,949	2,75	0,976
	SEV	300	6,04	0,938	5,42	0,952	3,76	0,977
	200	5,18	0,947	5,14	0,949	3,41	0,978	
23. 7. 1973.	850	2,52	0,888	1,99	0,933	1,57	0,959	
	700	3,03	0,914	1,99	0,933	1,57	0,971	
	500	3,86	0,921	3,15	0,949	2,10	0,977	
	01	400	3,41	0,954	3,17	0,962	2,11	0,983
	SEV	300	4,61	0,949	4,20	0,959	2,78	0,982
	200	4,70	0,944	3,84	0,963	2,50	0,985	

To nas navodi na zaključak da točnost objektivne analize polja vjetra, u većoj mjeri zavisi o postojanosti vjetra nego o brzini. S visinom, povećava se brzina vjetra, ali i postojanost vjetra po pravcu i brzini iznad prostranijih područja, tako da se polinom drugog stupnja lakše prilagođava ovakvim promjenama vjetra nego ako je vjetar manje brzine a promjenljivijeg smjera. Koeficijenti korelacije su, kako se i očekivalo, kod svih metoda manji nego kod objektivne analize polja geopotencijala, što znači da metoda polinomske interpolacije ne može tako dobro pratiti promjene meteorološkog elementa veće prostorne promjenljivosti, u ovom slučaju vjetra, kao što je to bilo kod polja manje prostorne promjenljivosti (geopotencijal). I kod objektivne analize polja vjetra vidimo da se metoda S bolje prilagođava podacima opažanja od metode N, dok metoda T daje najbolje rezultate. Kod ove ocjene nisu naravno uračunata odstupanja u područjima gdje nema podataka opažanja, a tamo su ona, kao što smo vidjeli, najveća osobito kod metode S, tako da se i kod objektivne analize u-komponente vjetra pokazalo da je metoda S u graničnim područjima najosjetljivija na smanjenje gustoće stanica s opažanjem.

3.5. OCJENA REZULTATA OBJEKTIVNE ANALIZE V-KOMPONENTE VJETRA

I kod ocjene objektivnih analiza polja v-komponente vjetra javljaju se iste zakonitosti o kojima smo pisali kod ocjene u-komponente vjetra. Rezultati ocjene v-komponente vjetra metodom bilinearne interpolacije, dobiveni za metode N, S i T, prikazani su u

tabeli 3.5.1. Srednje kvadratno odstupanje raste s visinom od 300 mb površine, a zatim se, većinom, na 200 mb površini smanjuje (Koeficijent korelacije raste s visinom ali ne pravilno). Njegove vrijednosti većinom su nešto niže nego kod objektivnih analiza u-komponente vjetra. Ovo se može objasniti činjenicom da se Evropski kontinent nalazi u području prevladavajuće zonalne cirkulacije, tako da je zonalna komponenta vjetra izraženija od meridionalne, pa je time i njena postojanost veća iznad prostranijih područja. I kod objektivnih analiza polja v-komponente vjetra metoda S pokazuje bolje prilagođavanje podacima od metode N, dok metoda T daje najmanja srednja kvadratna odstupanja i najveće vrijednosti za koeficijent korelacije.

Tabela 3. 5. 1.

Srednje kvadratno odstupanje (m/sek) i koeficijent korelacije između opaženih vrijednosti v-komponente vjetra i vrijednosti dobivenih metodom bilinearne interpolacije na točkama opažanja

Datum	Izobarna površina (mb)	Metoda N		Metoda S		Metoda T	
		S	R	S	R	S	R
21. 7. 1973. 01 SEV	850	2,89	0,858	2,74	0,874	1,88	0,959
	700	2,27	0,923	2,45	0,911	1,49	0,970
	500	2,47	0,883	3,16	0,908	1,87	0,970
	400	4,01	0,887	4,05	0,888	2,33	0,965
	300	4,90	0,874	4,85	0,885	2,83	0,961
200	3,94	0,889	3,17	0,927	1,97	0,974	
22. 7. 1973. 01 SEV	850	2,51	0,869	0,26	0,891	1,31	0,969
	700	2,87	0,858	2,45	0,898	1,66	0,957
	500	2,50	0,929	2,21	0,943	1,23	0,984
	400	3,15	0,923	3,19	0,921	1,79	0,977
	300	4,32	0,926	3,86	0,941	2,18	0,983
200	5,50	0,888	5,04	0,908	3,23	0,965	
23. 7. 1973. 01 SEV	850	2,40	0,768	2,09	0,825	1,40	0,933
	700	3,09	0,782	2,80	0,814	1,67	0,946
	500	3,77	0,786	2,65	0,901	1,66	0,967
	400	4,53	0,832	3,52	0,903	2,18	0,969
	300	5,89	0,848	4,47	0,916	3,25	0,958
200	5,28	0,810	3,27	0,931	1,79	0,981	

Istraživanje uzroka najvećih odstupanja interpoliranih vrijednosti, metodom bilinearne interpolacije, od opaženih vrijednosti na točki opažanja pokazala su, kod obje komponente vjetra, da su to uvijek bila područja najvećeg smicanja komponente vjetra. To je bilo logično, očekivati, budući da je vjetar vrlo promjenljiva veličina, i u područjima velikog smicanja vjetra, njegovu promjenu mogli bi prikazati jedino linearnom interpolacijom, tako da polinom drugog stupnja čije prilagođavanje je paraboloid mora dati najveće pogreške upravo u ovim područjima. I kod objektivne analize v-komponente vjetra, a to vrijedi i za u-komponentu, metoda T pokazuje se boljom od metoda N i S, jer može bolje pratiti promjene vjetra, a također i bolje prikazuje područja maksimalnih izotaha.

3.6. OCJENA REZULTATA OBJEKTIVNE ANALIZE POLJA TEMPERATURE

Ocjena objektivnih analiza temperaturnog polja metodom bilinearne interpolacije (tabela 3.6.1) pokazuje kao i kod polja geopotencijala, porast srednjeg

kvadratnog odstupanja s visinom, dok koeficijent korelacije većinom pada s visinom. To znači da točnost objektivne analize polja temperature pada sa povećanjem gradijenta. U gustoj mreži stanica, za područje srednje i južne Evrope, sve metode polinomske interpolacije su pokazale dobro prilagođavanje tako da je standardna devijacija odstupanja od subjektivne analize bila uglavnom manja od 1,5°, a na većini standardnih izobarnih nivoa bila je manja od 1,0°, što znači da je pogreška bila reda veličine pogreške mjerenja samog meteorološkog elementa.

Tabela 3. 6. 1.

Srednje kvadratno odstupanje (°C) i koeficijent korelacije između opaženih vrijednosti temperature i vrijednosti dobivenih metodom bilinearne interpolacije na točkama opažanja

Datum	Izobarna površina (mb)	Metoda N		Metoda S		Metoda T	
		S	R	S	R	S	R
21. 7. 1973. 01 SEV	850	1,71	0,961	1,49	0,971	0,57	0,995
	700	1,09	0,977	0,99	0,981	0,63	0,993
	500	1,87	0,886	1,65	0,914	0,58	0,988
	400	2,79	0,827	2,65	0,847	0,64	0,989
	300	4,22	0,728	3,99	0,763	0,93	0,981
200	4,75	0,610	4,76	0,605	1,05	0,965	
22. 7. 1973. 01 SEV	850	1,20	0,981	1,60	0,975	0,91	0,993
	700	0,90	0,987	0,83	0,989	0,50	0,996
	500	1,03	0,972	0,93	0,977	0,53	0,992
	400	1,18	0,968	1,00	0,977	0,59	0,992
	300	1,33	0,971	1,07	0,981	0,73	0,991
200	1,52	0,926	1,33	0,944	0,83	0,979	
23. 7. 1973. 01 SEV	850	1,12	0,976	1,80	0,983	1,35	0,983
	700	1,06	0,979	0,91	0,985	0,67	0,991
	500	1,07	0,973	0,93	0,979	0,63	0,990
	400	1,13	0,974	0,95	0,982	0,68	0,991
	300	2,25	0,920	2,02	0,936	1,67	0,957
200	1,52	0,928	1,44	0,933	1,02	0,969	

Koeficijenti korelacije su vrlo visoki, kod metode S veći nego kod metode N, a najveći kod metode T, što znači da se polje temperature, koje kao i polje geopotencijala ima malu prostornu promjenljivost, može jako dobro predstaviti metodom polinomske interpolacije.

U područjima rijetkih podataka metoda S pokazuje najveću osjetljivost. Istraživanje uzroka najvećih odstupanja koja su se pojavila na stanicama, između opaženih i interpoliranih vrijednosti, metodom bilinearne interpolacije, pokazala su da je to uvijek bio pogrešan podatak temperature koji se razlikovao značajnije od podataka na okolnim stanicama. To znači da nam metoda polinomske interpolacije kombinirana sa metodom bilinearne interpolacije može poslužiti za horizontalno usaglašavanje opaženih vrijednosti temperature, tako da uz određene kriterije, pogrešne podatke, do kojih je moglo doći opažanjem, šifriranjem ili transmisijom, možemo isključiti, i objektivnu analizu ponoviti bez pogrešnih podataka. Naravno i ovdje kriterije treba tako definirati da dozvoljeno odstupanje raste s visinom. Kriteriji moraju biti dovoljno široki da spriječe isključivanje stanice sa eventualno točnom vrijednošću meteorološkog elementa, u ovom slučaju temperature.

4. ZAKLJUČAK

Primjena metode polinomske interpolacije, korištenjem polinoma drugog stupnja, u tri varijante, na polja geopotencijala, komponenta vjetra i temperature dala je slijedeće rezultate:

1) Sve tri varijante metode polinomske interpolacije, metode N, S i T, daju zadovoljavajuće rezultate u središnjem dijelu područja integracije modela. To područje nije obuhvatilo pet krajnjih redova točaka mreže. U rubnim područjima zbog nedostatka podataka dobivaju se ponekad vrlo netočni podaci, naročito kod metode S. Ovaj problem u operativnoj primjeni metode polinoma mogao bi se riješiti, na najbrži i najbolji način, tako da se u područjima u kojima nedostaju podaci koriste prognostičke vrijednosti dobivene HIBU-metodom.

2) Točnost objektivne analize mnogo ovisi o broju podataka opažanja, njihovoj prostornoj gustoći i naravno, o njihovoj točnosti. To nam pokazuju promjene koeficijenta korelacije koje kod svih metoda, primijenjenih na sinoptičku situaciju jednakog broja, iste prostorne gustoće i točnosti podataka, pokazuju isti trend.

3) Broj podataka i nije toliko bitan ukoliko se analizira polje elementa manje prostorne promjenljivosti. Budući da sama metoda polinoma ima tendenciju da čini izvjesna izgladivanja, to znači da se uvijek može očekivati dobra objektivna analiza homogenog polja, jer je ploha dobivena polinomom drugog stupnja u mogućnosti da se dobro prilagodi takvomu polju. To nam pokazuju velike vrijednosti koeficijenta korelacije dobivene primjenom metoda N, S i T na polja geopotencijala i temperature. Kod objektivne analize polja vjetra, koji ima povećanu prostornu promjenljivost, dobivaju se znatno lošiji rezultati.

4) Objektivna analiza polja geopotencijala i temperature s većim gradijentima manje je točna od analize polja s manjim gradijentima što se vidi u smanjenju koeficijenta korelacije s visinom.

5) Objektivna analiza polja vjetra je točnija ako je vjetar stalniji po smjeru, bez obzira na njegovu jačinu, nego ako je vjetar slabiji i promjenljivog smjera. To nam pokazuju veći koeficijenti korelacije dobiveni kod objektivne analize polja vjetra na višim izobarnim nivoima.

6) Vrijednosti koeficijenta korelacije, dobivene objektivnim analizama polja geopotencijala, komponenta vjetra i temperature, pokazuju da se metoda T najbolje prilagođava opaženim podacima, a time daje i najbolje vrijednosti na točkama mreže. Metoda S daje bolje rezultate od metode N. Metoda N pokazuje najveće izgladivanje podataka opažanja pa se stoga čini najpogodnijom za horizontalon usaglašavanje točnosti podataka dobivenih opažanjem na meteorološkim stanicama.

7) Ocjena metoda polinoma, prema subjektivnoj analizi, nad cijelim područjem integracije modela, pokazala je da je jedino metoda T u mogućnosti da prikaže i manje promjene u polju geopotencijala, manje ciklonalno polje ili slabo izraženu dolinu ili greben. Ona se također mnogo bolje može prilagoditi naglim promjenama meteorološkog elementa kao što je vjetar, i mnogo bolje daje područja maksimalnih izotaha.

8) Optimum objektivne analize dobiva se ako se polinom drugog stupnja određuje za svaku točku mreže nezavisno, kao što to čini metoda T. U gustoj mreži stanica točnost objektivnih analiza polja geopotencijala i temperature, dobivena metodom T, uporediva je sa točnošću opažanja. Stoga daljnje usavršavanje ove metode treba ići putem uvođenja u objektivnu analizu kvalitativne kontrole horizontalne i vertikalne konzistencije podataka opažanja, te uvođenja u račun progrostičkih ili klimatoloških vrijednosti u područjima gdje nema dovoljnog broja podataka.

LITERATURA

- Bull, G. A., 1966: Objective analysis in the numerical weather forecasting system. *Forecasting techniques branch memorandum*, No. 10, Meteor. Office, 11 str.
- Bushby, F. H., Huckle, V. M., 1957: Objective analysis in numerical forecasting. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **83**, 232—247.
- Corby, G. A., 1961: Some experiments in the objective analysis of contour charts. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **87**, 34—42.
- Corby, G. A., 1963: An experiment in three-dimensional objective analysis. *Tellus*, **15**, 432—438.
- Gilchrist, B., Cressman, G. P., 1954: An experiment in objective analysis. *Tellus*, **6**, 309—318.
- Jurčec, V., Branković, Č., 1975: *Usporedba rezultata subjektivne i objektivne analize početnog stanja u modelu za ograničenu oblast s primitivnim jednadžbama u sigma koordinatnom sistemu*. Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, 23 str., nepublicirano.
- Kisegi, M., 1976: *Primjena metoda objektivne analize stanja atmosfere iznad južnih dijelova Evrope*. Mag. rad, Sveuč. u Zagrebu, Prirod.-matem. fak. 97 str.
- Kruger, H. B., 1969: General and special approaches to the problem of objective analysis of meteorological variables. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **95**, 21—39.
- Lugina, K. M., 1968: Svrnenie rezultatov objektivnogo analiza kart baričeskoj topografii polučeni v operativnoj praktike raznih stran. *Tr. GGO*, **228**, 154—165.
- Mašković, S. A., Belousov, S. L., 1963: Objektivnij analiz kart baričeskoj topografii. *Trudi Vsesojuznogo naučnogo meteorološkog soveščanija*. T. II. L., Gidrometeoizdat, 126—129.
- Panofsky, H. A., 1949: Objective weather-map analysis. *J. Meteor.*, **6**, 386—392.

SUMMARY

Three variants of the polynomial interpolation method for objective analysis of a meteorological field are studied and evaluated. Two of them: »S« having a constant area size regardless of the number of data inside the area, and »N« with a defined number of data but with variable size area, (are described in the paper by Branković in this Volume. In) addition the third variant »T« is examined in which the polynomial is adjusted to the environmental data at each grid point separately by the least square method, and the data are taken by the weighting functions decreasing with the distance from the grid point considered. All three variants are applied to the case study of 21-23 July 1973 in order to obtain objective analysis of the geopotential, wind components and temperature fields.

For each standard pressure level from 850 to 200 mb the comparison is made using subjective analysis in the region of middle and southern Europe, calculating standard deviation, root mean square error and the correlation coefficients between actual and computed values, using bilinear interpolation to transfer the calculated values from the grid points to the station network.

All three methods provide satisfactory results in the regions where station networks are dense and the errors in the fields of geopotential and temperature are of the order of errors in the measurements of the elements themselves. In the sparse data area all variants show increasing errors, the largest being in the S-variant. The root mean square error and the coefficient of correlation shows that by using the S-variant the interpolated data are better adjusted than in the N-variant, but the best analysis is achieved by the T-variant. The latter resulted in a very successful application not only in the analysis of relatively homogeneous fields of geopotential height and temperature, but also in the fields of the largest spatial variability such as the wind field. This is shown by the high correlation coefficients for the T-method which are 0,990-0,998 for the geopotential field; 0,957-0,996 for temperature; 0,949-0,987 for the zonal wind component and 0,933-0,984 for the meridional wind component. Furthermore, it is shown that the T-variant is the only one capable of portraying small perturbations in the scalar fields and their increased spatial variability, such as the isotachs of the wind maxima.

It is concluded that sparse data area are the primary cause for errors in the objective analyses performed. A decreased accuracy caused by some erroneous data could be classified as the second source of errors, and only on the third place come the errors caused by deficiencies of the polynomial method considered, since the field of meteorological elements could not be accurately represented by the surface defined by the polynomial of a limited number of freedom.

LIST OF FIGURES

- 3.3.1 Subjective analysis of 500 mb geopotential field, 21 July 1973, 00 GMT.
- 3.3.2 Objective analysis of 500 mb geopotential field obtained by the N-method, 21 July 1973, 00 GMT.
- 3.3.3 The same as in Fig. 3.3.2 for the S-method.
- 3.3.4 The same as in Fig. 3.3.2 for the T-method.

LIST OF TABLES

- 3.3.1 Standard deviation of the geopotential difference values (dkm) obtained as the difference between the objective and subjective analysis over middle and southern Europe, and the root mean square error of geopotential values at observation stations obtained from objective analysis using bilinear interpolation.
- 3.4.1 Root mean square error (m/sec) and the correlation coefficient between the observed values of the zonal wind component and the values obtained by objective analysis and interpolated to the observation station by the bilinear interpolation method.
- 3.5.1 The same as in Table 3.4.1 for the meridional wind component.
- 3.6.1 The same as in Table 3.4.1 for the temperature (°C).

SADRŽAJ

	strana
UVOD	25
PRIKAZ METODE POLINOMSKE INTERPOLACIJE	25
Historijat	25
Uklanjanje nedostataka metode polinomske interpolacije	27
Određivanje polinoma korištenjem težinskih funkcija — metoda T	28
OCJENA OBJEKTIVNIH ANALIZA METEOROLOŠKIH POLJA DOBIVENIH RAZLIČITIM VARIJANTAMA METODE POLINOMSKE INTERPOLACIJE	28
Ocjena rezultata objektivne analize prema subjektivnoj analizi	28
Ocjena rezultata objektivne analize metodom bilinearne interpolacije	28
Ocjena rezultata objektivne analize polja geopotencijala	29
Ocjena rezultata objektivne analize u-komponente vjetra	32
Ocjena rezultata objektivne analize v-komponente vjetra	32
Ocjena rezultat objektivne analize polja temperature	33
ZAKLJUČAK	34
SUMMARY	35
List of Figures	35
Literatura	34
List of tables	35