

INTERPOLACIJA IZMERJENIH 24-URNIH PADAVIN V PRAVILNO MREŽO ZA NAMEN PRIMERJAVE Z NUMERIČNIM MODELOM ZA NAPOVEDOVANJE VREMENA

Gregor Skok *, Tomaž Vrhovec *

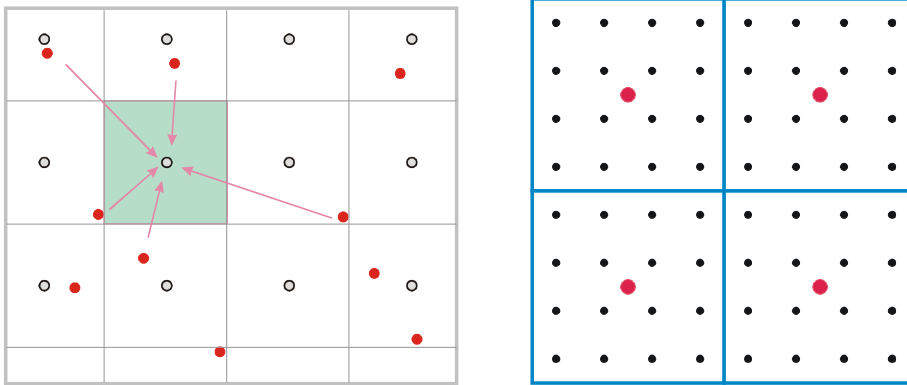
Povzetek

S primerjavo izmerjenih padavinskih polj, dobljenih s tremi različnimi interpolacijskimi metodami, smo ugotovili, da je pri izbiri območja interpolacije potrebno paziti, da ne pride do ekstrapolacije. Ugotovili smo, da je interpolacija v visoko ločljivost (1 km, 2 km) nezanesljiva, ker dajejo različne interpolacijske metode iz istih podatkov precej različne rezultate. Rezultat je ponavadi najbolj različen tam, kjer je količina padavin večja, saj so tam tudi večji gradienti količine padavin. Ugotovili smo, da pri ločljivostih interpolacije, ki so bolj grobe, kot je razdalja med merskimi postajami, različne metode dajejo podobna polja. Pri tem pa je treba paziti, da naredimo interpolacijo v pravilnem vrstnem redu: najprej interpoliramo v boljšo ločljivost (npr. 1 km) in šele nato agregiramo v slabšo. Tako dobljena polja so dokaj neodvisna od izbrane interpolacijske metode in primerna za primerjavo z numeričnim modelom za napovedovanje vremena.

Uvod

Trenutni numerični modeli za napovedovanje vremena na omejenem območju (Limited Area Model - LAM) imajo ločljivost okoli 10 km. Modeli kot izhod podajo dvodimenzionalno polje akumulacije padavin v izbranem časovnem intervalu. Da bi ocenili njihovo sposobnost napovedovanja padavin, pa je treba modelsko polje primerjati z izmerjenim. Realnega polja padavin v resnici ne poznamo, lahko ga samo ocenimo iz meritev. Največ meritev operativnih mrež ima 24-urni akumulacijski interval. Slovenska 24-urna padavinska merilna mreža je sestavljena iz okoli 200 padavinskih postaj, ki so bolj ali manj enakomerno razporejene po območju Slovenije. Ker so postaje bolj ali manj naključno razporejene po območju, model pa poda padavine v pravilni mreži, je potrebna interpolacija meritev v pravilno mrežo. Ponavadi interpoliramo vrednosti s postajaj na mrežo modela, včasih pa se dela tudi obratno (modelske vrednosti se interpolira v točke postaj). Vendar pa je med padavinami iz modela in meritvami iz postaj še ena pomembna razlika. Model namreč poda povprečne padavine v modelski celici, postaje pa podajo točkovne vrednosti padavin (Slika 1 levo).

* Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Jadranska 19, Ljubljana.



Slika 1 - Levo: Območje z modelskimi točkami (sivi krogi, obrobljeni s črno) in padavinskimi postajami (rdeči krogi). S pravokotno mrežo je označena velikost modelskih celic. Neznano vrednost v osenčeni celici dobimo z interpolacijo iz vrednosti okoliških postaj (označenih z roza puščicami). Desno: metoda agregacije. Združimo 4 x 4 točke (črne pike) v eno povprečno vrednost celice (modri kvadrati z rdečo piko na sredini).

Uporabljene interpolacijske metode

Uporabljali smo tri vrste interpolacijskih metod:

- Metoda tehtanih drsečih sredin
- Univerzalni kriging
- Metoda radialnih baznih funkcij

Metoda tehtanih drsečih sredin (IWD)

Metoda izračuna vrednost v izbrani točki z uporabo uteženega povprečja meritev na okoliških postajah,

$$F(\bar{x}) = \lambda_1 \cdot F(\bar{x}_1) + \lambda_2 \cdot F(\bar{x}_2) + \dots + \lambda_n \cdot F(\bar{x}_n), \quad (1)$$

kjer so $F(\bar{x}_1), F(\bar{x}_2), \dots, F(\bar{x}_n)$ na postajah izmerjene vrednosti in $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ uteži. Število bližnjih postaj, ki jih upoštevamo - n , je skoraj vedno manjše od celotnega števila postaj N . Privzamemo namreč, da postaje daleč stran na našo vrednost ne vplivajo - metoda je lokalna. Pri naših interpolacijah smo si izbrali $n = 10$.

Pri tem za uteži velja:

$$\lambda_i \propto \frac{1}{r_i^2},$$

kjer je r_i evklidska razdalja med našo točko in postajo.

Univerzalni kriging

Pri univerzalnem krigingu je najprej potrebno oceniti obliko trenda polja (ponavadi vzamemo kar linearne in kvadratne trende). S pomočjo vrednosti na postajah, od katerih smo trend že odšteli, nato poizkušamo oceniti prostorsko povezanost padavin. Takšna ocena nam omogoča izračun uteži $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, ki kar najbolj ustrezajo našim podatkom. Ko imamo uteži, vrednost izračunamo identično kot pri metodi tehtanih drsečih sredin (Enačba 1). Več o tem v Creesie, 1993, ali Kastelec D., 2001.

Metoda radialnih baznih funkcij (RBF)

Vrednost v neki točki dobimo kot:

$$F(\bar{x}) = a_1 \cdot \theta(r_1) + a_2 \cdot \theta(r_2) + \dots + a_N \cdot \theta(r_N), \quad (2)$$

kjer so $\theta(r_1), \theta(r_2), \dots, \theta(r_N)$ radialne bazne funkcije iste oblike, odvisne le od evklidske razdalje med točko interpolacije in neke postaje - r_i . Koefficienti a_i se določijo s tem, da mora biti vrednost funkcije $F(\bar{x})$ na lokacijah postaj enaka izmerjenim.

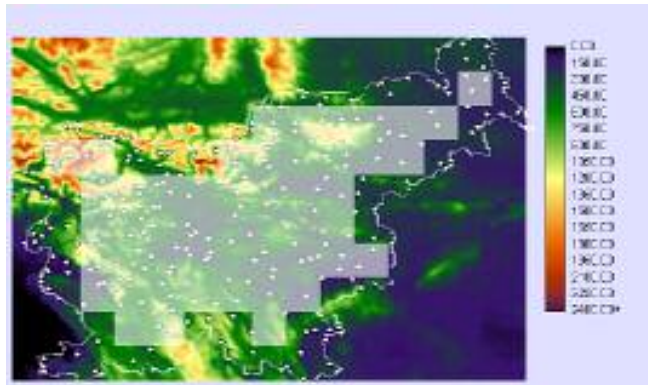
Za radialno bazno funkcijo smo si izbrali multikvadratno: $\theta(r) = \sqrt{r^2 + c^2}$, pri čemer smo si za koeficient c izbrali povprečno razdaljo do najbližje sosednje postaje. Kot vidimo pri izračunu interpolirane vrednosti, upoštevamo prav vseh N postaj. To pomeni, da lahko postaje tudi daleč stran vplivajo na našo vrednost. Metoda je zato globalna.

Agregacija

Agregacija ni interpolacijska metoda v pravem pomenu besede. Omogoča nam gladek prehod v slabšo ločljivost. Pri Agregaciji K -tega reda združimo $K \times K$ točk v eno povprečno (aritmetično povprečje) vrednost celice (Slika 1 desno). Ta vrednost nam predstavlja povprečno količino padavin na celotni celici. S tem dobimo K -krat slabšo ločljivost. Metoda je linearna in ima tudi lepo lastnost, da ohranja skupno količino padavin na območju.

Območje interpolacije

Za obdelavo smo si izbrali območje Slovenije. Da bi se izognili efektom ekstrapolacije, smo to območje zmanjšali na velikost, ki je vidna na Sliki 2.



Slika 2 - Topografija Slovenije (barvna lestvica) z označenimi lokacijami padavinskih postaj (bele pike) in označenim območjem interpolacije (osvetljeno območje)

Izbrane vremenske situacije

Za obdelavo smo si izbrali štiri vremenske situacije. Dve od teh sta bili situaciji z ekstremno veliko količino padavin, ko je bilo na vsaj eni izmed postaj izmerjeno nad 200 mm padavin (6.9.1998 in 7.10.1998). Drugi dve sta bili situaciji z nekoliko manjšo, a še vedno veliko količino padavin (26.3.1990 in 12.11.2001). Več podatkov o situacijah je v Preglednici 1.

V Preglednici 1 je dobro viden tudi razpon izmerjenih padavin. Pri situaciji 7.10.1998 je bilo na eni izmed postaj izmerjeno 237.3 mm, na neki drugi pa le 0.4 mm. Takšni podatki nam povedo, da je prostorska variabilnost 24-urnega padavinskega polja lahko zelo velika.

	N	min [mm]	max [mm]	Povp. [mm]	std. dev. [mm]
6.9.1998	229	9.1	219.5	60.9	30.0
7.10.1998	229	0.4	237.3	35.2	30.9
26.3.1990	179	14.1	81.3	39.5	14.0
12.11.2001	176	0.4	60.3	14.5	9.5

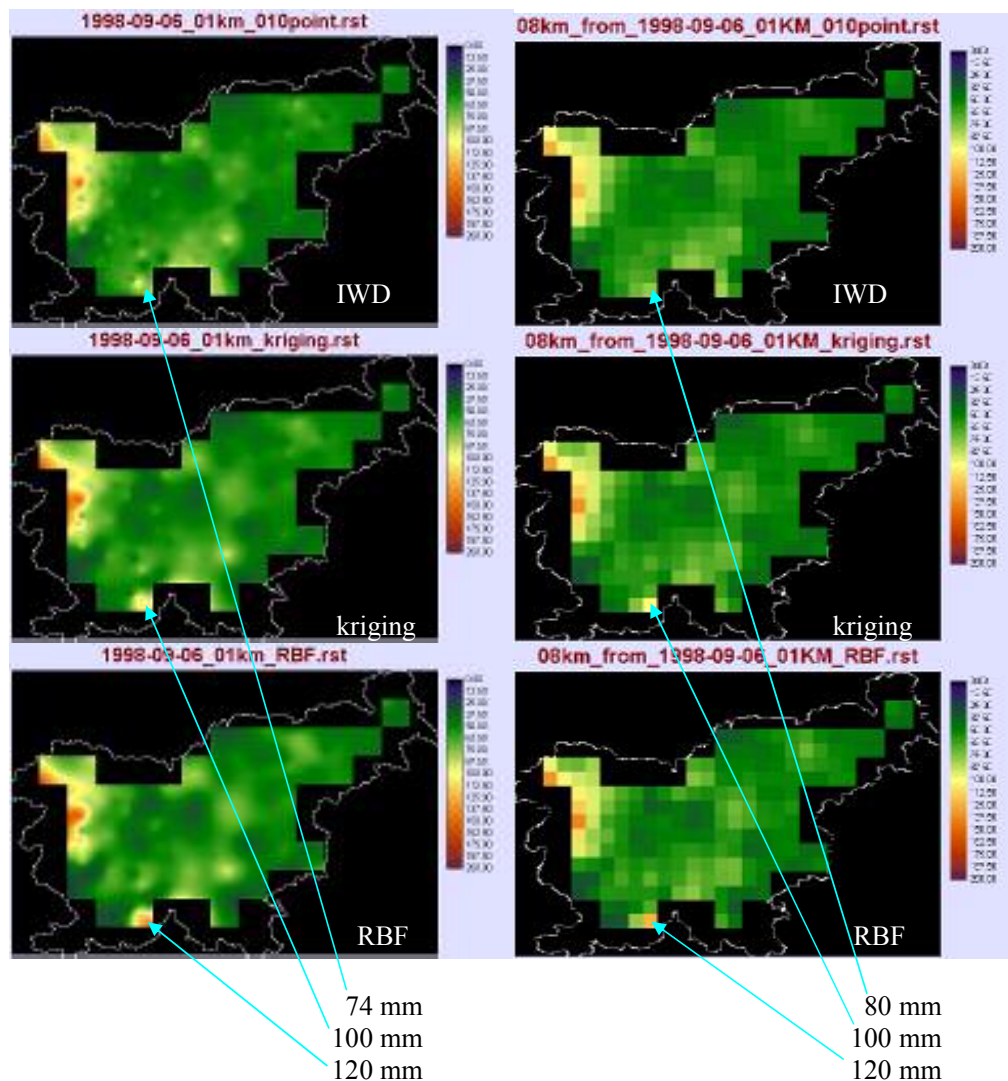
Preglednica 1 - Izbrane vremenske situacije. N - število delujočih padavinskih postaj, min - najmanjša izmerjena količina padavin, max - največja izmerjena količina padavin, povp. - povprečna vrednost izmerjenih padavin za vse postaje, std. dev - standardna deviacija izmerjenih padavin

Interpolacija z različnimi interpolacijskimi metodami

Če uporabimo postopek navzkrižnega preverjanja¹, je najboljši univerzalni kriging, sledi IWD in na koncu RBF. Vendar so pri tem razlike med metodami minimalne. Težko rečemo, da je ena metoda boljša kot druga. Pri vseh metodah se na nekaterih postajah pojavljajo odstopanja v velikosti do 50 mm.

¹ Navzkrižno smo preverili le postaje, ki nam padejo znotraj obrezanega območja iz Slike 2

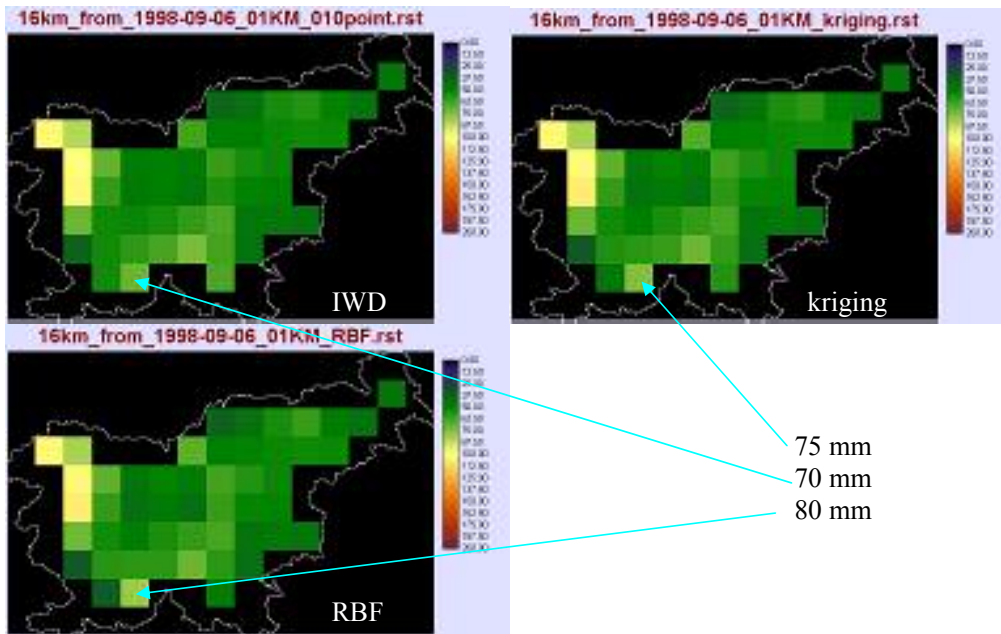
Na Slikah 3 in 4 so vidne interpolacije za situacijo 6.9.1998. Narejene so v 1 km mrežo, v 8 km mrežo agregirano iz 1 km in v 16 km mrežo agregirano iz 1 km. Pri 1 km mreži se na lokacijah kamor kažejo puščice, vrednosti, dobljene z različnimi metodami, močno razlikujejo. IWD tam določi okoli 74 mm, univerzalni kriging 100 mm, RBF pa 120 mm. Kljub temu, da smo za interpolacijo uporabili iste podatke, je vsaka metoda za to lokacijo napovedala precej drugačno vrednost. Situacija je podobna pri 8 km mreži. IWD poda okoli 80 mm, univerzalni kriging 100 mm, RBF pa 120 mm. Ko preidemo v 16 km mrežo, se razlike med metodami občutno zmanjšajo. IWD poda okoli 70 mm, univerzalni kriging 75 mm, RBF pa 80 mm.



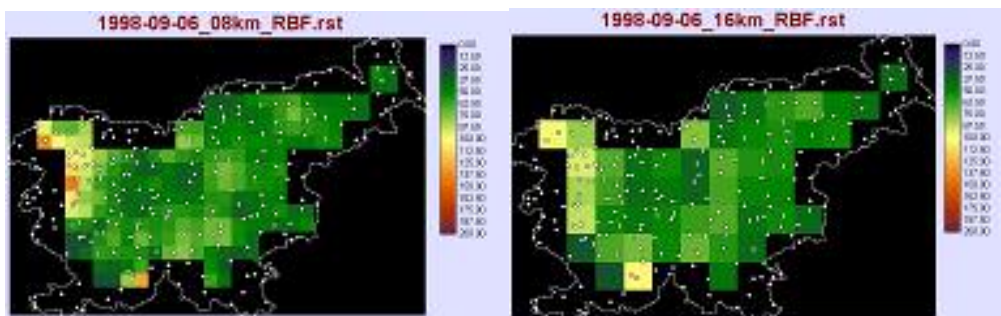
Slika 3 - Situacija 6.9.1998. Interpolacija padavin v 1 km mrežo (levo). Agregacija 1 km padavin v 8 km mrežo (desno). S puščicami so označene lokacije, kjer primerjamo vrednosti interpoliranih padavin.

Izkaže se, da je razlika v tem, da v našo izbrano celico tudi pri ločljivosti pri 8 km ne pade nobena postaja, pri 16 km pa dve (Slika 5). Izkaže se, da mora biti v vsaki celici vsaj nekaj postaj, če hočemo, da bo naše interpolirano polje neodvisno od metode interpolacije. Če privzamemo še, da so postaje enakomerno razporejene po območju, lahko rečemo, da je prejšnji pogoj enak tudi trditvam, da mora biti ločljivost interpoliranega polja slabša, kot je ločljivost postaj, ali da mora biti število postaj na območju večje, kot je število točk interpolacijske mreže.

Omenimo še, da je bilo za omenjene štiri situacije narejenih veliko primerjav med polji, dobljenimi z omenjenimi interpolacijskimi metodami, ki jih tukaj nismo omenili. Z njimi za vse štiri situacije dobimo podobne ugotovitve kot zgoraj.



Slika 4 - Situacija 6.9.1998. Agregacija 1 km padavin v 16 km mrežo. S puščicami so označene lokacije, kjer gledamo vrednosti interpoliranih padavin.



Slika 5 - Situacija 6.9.1998. Agregacija 1 km padavin v 8 km (levo) in 16 km mrežo (desno) z metodo RBF. Z belimi pikami so označene lokacije postaj.

Zaključek

Pri interpolaciji izmerjenih padavin v pravilno mrežo je treba paziti, da je območje interpolacije na vseh straneh obdano z dovolj postajami, da ne pride do ekstrapolacij. Na naših štirih situacijah se je izkazalo, da interpolacija v visoko (1 km, 2 km) ločljivost ni smiselna, saj lahko različne interpolacijske metode dajejo povsem različne rezultate. Polja se ponavadi bolj razlikujejo tam, kjer je padavin veliko, tam imamo namreč ponavadi tudi večje gradiente. Smiselna je agregacija teh polj v bolj grobo ločljivost (slabšo kot je ločljivost postaj). Tako dobljena polja so dokaj neodvisna od interpolacijske metode. Res je, da je ločljivost teh polj v Sloveniji omejena na okoli 10 km, vendar je takšna ločljivost tudi trenutnih numeričnih modelov. Boljša ločljivost pri interpolaciji 24-urnih akumulacij ni smiselna, saj je povsem odvisna od interpolacijskega postopka. Še bolj groba ločljivost je smiselna za urne akumulacije padavin, saj je tam razdalja med postajami večja od 25 km. Ko pa bo čez čas ločljivost prognostičnih modelov boljša od sedanje ločljivosti 10 km, pa direktna primerjava modelskih padavin z izmerjenimi 24-urnimi sploh ne bo več mogoča. Najpreprostejšo rešitev predstavlja agregacija modelskega polja v slabšo ločljivost in preverjanje delovanja modela v takšni ločljivosti, kakršno ima merska mreža. Boljša in seveda dražja rešitev pa je zgostitev merske mreže.

Literatura

Cressie N. A. C., 1993: Statistics for Spatial Data, Revised Edition Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. 900p.

Kastelec D., 2001: Objektivna prostorska interpolacija meteoroloških spremenljivk in njihovo kartiranje. Doktorska disertacija, Fakulteta za matematiko in fiziko v Ljubljani, Univerza v Ljubljani. 152p.

