

SISTEMATIČNE NEINSTRUMENTALNE NAPAKE PRI MERJENJU PADAVIN Z METEOROLOŠKIM RADARJEM

SYSTEMATIC NON-INSTRUMENTAL ERRORS OF RADAR MEASURED PRECIPITATION

Jure JERMAN¹
(mentor Jože RAKOVEC²)

prispelo 2. septembra 2000

sprejeto v dokončni obliki 22. novembra 2000

POVZETEK

V delu smo predstavili teoretične osnove radarskega merjenja količine padavin in našli poglavitne razloge za napako radarske ocene. Na vzorcu, ki vsebuje okoli štiristo ur hkratnih radarskih in dežemernih meritev, smo testirali vpliv različnih meteoroloških parametrov (višine izoterme 0 °C, oslabitve radarskega snopa v padavinah in tipa padavin) na napako radarske ocene urnih akumulacij padavin. Izdelali smo preprost algoritem za tipizacijo padavin. Kot statistično metodo za korekcijo radarske ocene urne akumulacije padavin nad neko točko smo uporabili linearno multiplo regresijo, ki smo jo primerjali z nelinearnim modelom - modelom nevronske mreže. Ugotovili smo, da se radarska ocena urnih akumulacij padavin v primerjavi z dežemerom izmerjenimi vrednostmi razlikuje v povprečju za faktor 2.

SUMMARY

Theoretical basis for rainfall measurement with radar are reviewed and the most important causes for radar estimation error listed. The influence of several meteorological parameters (zero degrees level, radar beam attenuation in rainfall, precipitation type) on the error in radar estimation of hourly rainfall was tested on the sample, consisting of about four hundred hours of radar and raingauge data. Linear multiple regression was used as the statistical procedure for the correction of radar estimations of hourly rainfall above certain point. Corrected radar estimations of hourly rainfall were on average in error by a factor 2, compared to the raingauge measurements. The calibration results from linear multiple regression procedure were compared with the results from nonlinear model i.e. neural network model.

¹ Jure Jerman, Hidrometeorološki zavod R Slovenije, Vojkova 1b, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, jure.jerman@rzs-hm.si

² Jože Rakovec, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Katedra za meteorologijo, Jadranska 19, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, joze.rakovec@uni-lj.si

1 UVOD

V našem delu smo skušali ugotoviti statistično zvezo med posameznimi meteorološkimi količinami in napako radarske ocene urnih akumulacij padavin za radar na Lisci. Znano je (npr. Joss in Waldvogel 1990, Divjak 1992), da se pri radarskih merjenih padavin pojavljajo velike napake zaradi narave pojava samega in zaradi načina zaznavanja tega pojava z meteorološkim radarjem. Osredotočili smo se predvsem na oslabitev radarskega žarka v padavinah in na odvisnost napake radarske ocene od tipa padavin in vigine izoterme $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kot statistično metodo za korekcijo radarskih ocen količine padavin smo preizkusili dve metodi: linearno (multipla regresija) in nelinearno (model nevronske mreže). Nelinearni model se je izkazal kot boljši v vseh pogledih, res pa je, da izboljšanje ni veliko. Poglavitni pomanjkljivosti nelinearnega modela sta računska zahtevnost v procesu izračuna modela in omejitve pri fizikalni interpretaciji rezultatov, kamor štejemo tudi pomankanje matematičnih orodij za delo z nevronskimi mrežami. Da bi lahko z gotovostjo trdili, da je nelinearni model uporaben tudi v operativni rabi, bi morali imeti na voljo večjo količino podatkov. Poglavitna prednost, ki je v svojem delu nismo dokonca izkoristili (razlog za to leži tudi v premajhni količini podatkov in njihovi naravi), je svoboda pri vključevanju dodatnih parametrov modela.

2 PODATKI IN OBDELAVA

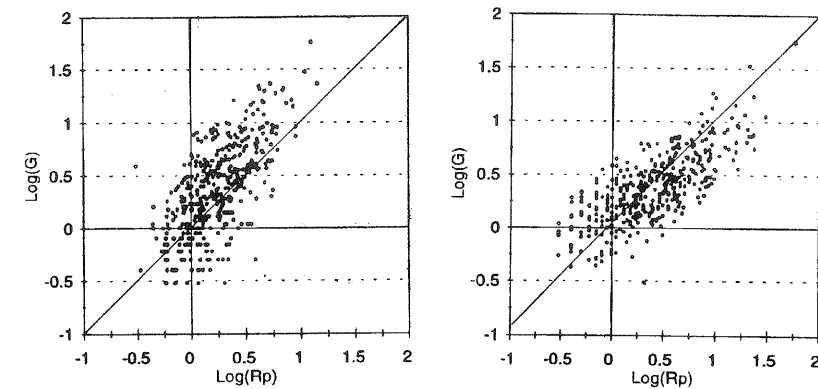
Uporabili smo podatke meteorološkega radarja na Lisci v obliki kvazi-dvodimenzionalnih slik z ločljivostjo $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ ($\times 1\text{ km}$) za leto 1991, v obdobju med 1. majem in 2. oktobrom 1991 – vseh slik je 1580. Za isti čas smo zbrali tudi dežemerne podatke iz osmih postaj iz območja, ki ga pokriva meteorološki radar.

Pri regresiji v zvezo med oboje podatke o padavinah (izmerjene pri tleh – G, izmerjene z radarjem – R) vključimo tudi (po Divjaku 1992) logaritem oddaljenosti od radarja r , poleg tega pa še oslabitev skozi padavine med mestom obravnave in radarjem $K(x,y)$, nekatere parametre strukture padavinskih polj, npr. s povprečjem radarskih vrednosti R_9 v 9 točkah okrog obravnavanega mesta, (ter v testni fazi regresije še z nekaterimi parametri strukture polja padavin, pa z višino izoterme $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ itd.). Tako je končno uporabljena zveza med padavinami G, izmerjenimi pri tleh, in tistimi (R) izmerjenimi z radarjem sledeča: $\log(G) = a + b \log(R) + c \log(r) + d K(x,y) + f \log(R/R_9)$. Ugotovili smo, da predstavlja oslabitev radarskega žarka v padavinah (K) enega od pomembnejših prispevkov k skupni napaki radarske ocene količine padavin, v našem primeru celo pomembnejšega kot sama razdalja do padavin (r). Do močnih oslabitev radarskega žarka prihaja ob zelo intenzivnih padavinah, te pa so povezane v glavnem s konvektivnim tipom padavin.

Pri metodi nevronske mreže smo imeli poleg vhodnih kanalov (njihovo število je enako številu prediktorjev pri regresijskem pristopu) in enega izhodnega kanala (količina padavin) še en skriti nivo. Za učenje nevronske mreže in kasnejše testiranje smo vzorec v razmerju 2:1 razdelili na učno in testno podmnožico podatkov: 272 učnih in 137 testnih vektorjev.

Kako se v povezavi med tema dvema viroma podatkov o padavinah izkažeta regresijska metoda in metod nevronske mreže, je prikazano na sliki 1 in v tabeli 1. Sipanje pri

nevronske mreže je nekoliko manjše, tudi sistematska napaka nagiba oblaka točk je manjša.



Slika 1. Sipanje radarske ocene urnih akumulacij padavin za testno množico po a) kalibraciji z linearnim regresijskim modelom, kot je naveden v tekstu in b) po kalibraciji z nevronske mreže z enakim vhodnim vektorjem, kot so prediktorji pri linearnem modelu.

Figure 1. Mean scatter factor for radar precipitation estimate around rain gauge precipitation ($\log^{-1}(\sigma_{R-G})$) for various models. For linear regression models also explained variance R^2 is included.

Tabela 1. Faktor povprečnega sipanja radarske ocene okoli z dežemerom izmerjene vrednosti $\log^{-1}(\sigma_{R-G})$ za posamezne modele. Za linearne regresijske modele z vključenimi dodatnimi parametri je podan tudi delež pojasnje variance R^2 . Table 1. Mean scatter factor for radar precipitation estimate around rain gauge precipitation ($\log^{-1}(\sigma_{R-G})$) for various models. For linear regression models also explained variance R^2 is included.

model, dodatni parameter	$\log^{-1}(\sigma_{R-G})$	R^2
nekalibrirano	2,4	-
linearna regresija, parameter: r	2,2	0,38
linearna regresija, parametra: r, K	2,1	0,43
linearna regresija, parametri: r, K, R/R ₉	2,0	0,47
nevronske mreže z $Z = AR^b$	1,9	-
nevronske mreže brez relacije Z - R	2,0	-

3 SKLEPI

Pokazali smo, da se lahko sipanje radarske ocene urnih akumulacij padavin nekoliko zmanjša z upoštevanjem dodatnih parametrov meritve. Merilo, ki pove kako uspešni smo bili pri vključevanju posameznih parametrov v model, je faktor povprečnega sipanja radarske ocene okoli z dežemerom izmerjene vrednosti $\log^{-1}(\sigma_{R-G})$. Ena od bistvenih omejitev, s katerimi smo se srečali pri našem delu, je vsebina arhiviranih radarskih slik. Razloga sta dva. Slika maksimalnih radarskih odbojnosti je primerna za spremljanje razvoja vremena na omejenem področju, manj pa je primerna za radarsko oceno količine padavin, vsaj ne brez dodatnih informacij. Druga omejitev je število intervalov v katere se vzorci radarska odbojnost. Širina intervala (8 dB) je razlog, da se velik delež informacije izgubi.

Na osnovi naše obdelave lahko zaključimo, da so nevronske mreže za problem statistične korekcije radarske ocene padavin uporabne, potrebno pa je mnogo dela, da bi njihove prednosti dokazali in do konca izkoristili. Menimo, da predstavlja linearni model v vmesnem času zadovoljivo osnovo, na katero se lahko kasneje opremo pri študiju modela nevronske mreže.

LITERATURA

Arhiv HMZ: Arhiv radarskih slik maksimalnih odbojnosti za 1991.

Joss, J. and A. Waldvogel, 1990: Precipitation measurement and hydrology. In: D Atlas (Ed.): *Radar in meteorology*. Boston, Amer. Meteorol. Soc., 577-618.

Divjak, M., 1992: Operational Radar Measurement of precipitation: The Accuracy of Point Estimates of Hourly Accumulations. *Preprints 2nd Conf. on Hyd. Appl. of Weather Radar*, Hannover BRD.