

PRIMER UPORABE GEOSTATISTIČNE ANALIZE ZA IZRIS KARTE DEBELIN NAPLAVINE NA PLANINSKEM POLJU

Metka PETRIČ

mag., dipl. inž. geol., Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, SI-6230 Postojna, Titov trg 2
M.Sc., geologist, Karst Research Institute, Scientific Research Centre of the Slovene Academy of Sciences and Arts,
SI-6230 Postojna, Titov trg 2

IZVLEČEK

Uporaba statističnih metod pri interpretaciji terenskih geoloških podatkov se tudi pri nas vedno bolj uveljavlja. V članku je predstavljen primer izdelave konturnih kart debeline naplavine na Planinskem polju, ki so bile izrisane z uporabo geostatističnega računalniškega programa GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software). Prostorska slika je rezultat numerične obdelave točkovnih podatkov o debelini naplavine v 82 vrtilinah. Ustreznost izbranega modela je testirana na osnovi relacije med ocenjenimi in izmerjenimi vrednostmi v teh točkah, zanimiva pa je tudi primerjava z rezultati geofizikalnih raziskav.

Ključne besede: debelina naplavine, geostatistika, Planinsko polje, Slovenija

Key words: alluvium thickness, geostatistics, Planinsko polje, Slovenia

UVOD

Pri geoloških raziskavah na terenu običajno dobimo točkovne podatke, saj vrednosti preučevanega parametra določamo na posameznih značilnih lokacijah. Šele z ustrezno interpretacijo pa lahko tako dobljeno informacijo postavimo v prostor. Interpretacija, ki jo na osnovi podatkov postavi raziskovalec sam, je rezultat njegovega znanja ter izkušenj in je zato v precejšnji meri subjektivna. V sodobni znanosti se temu skušamo izogniti z uporabo različnih matematično-statističnih metod, pri katerih dan bazo terenskih podatkov analiziramo z izbranimi numeričnimi orodji. Z izboljšanjem računalniške opremljenosti in hitrim razvojem ustrezne programske opreme so ti postopki postali dostopni širokemu krogu strokovnjakov. Tudi v slovenskem prostoru se njihova uporaba pri reševanju geoloških problemov vse bolj uveljavlja. Članek predstavlja poizkus obdelave terenskih podatkov z geostatističnim programom GEO-EAS: Geostatistical Environmental Assessment Software (Englund & Sparks, 1988).

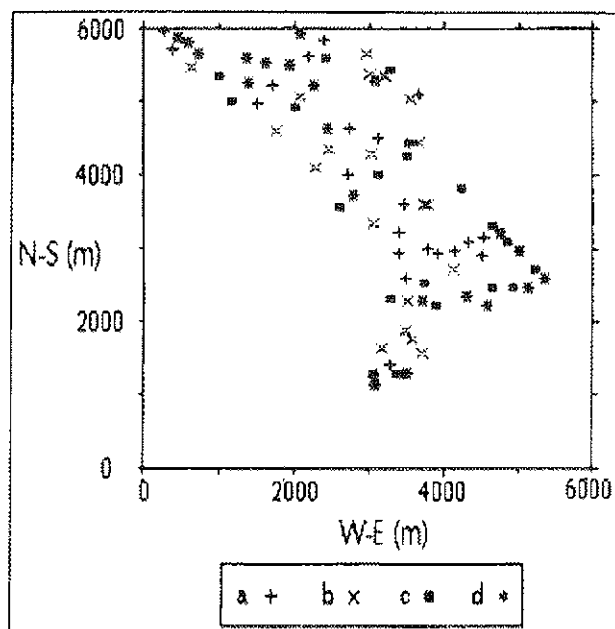
Za študijski poligon je bilo izbrano Planinsko polje, na katerem so že pred leti v okviru raziskav za graditev hidroelektrarne izvrtali številne vrtiline (Elektroprojekt, 1953). Izmerjene debeline naplavine na teh lokacijah dajo točkovno mrežo podatkov, ne pa tudi jasne pro-

storske slike. Problem smo skušali rešiti z uporabo geostatističnih metod, ki omogočajo izdelavo ustreznih konturnih diagramov debeline naplavine pa tudi oceno njihove statistične zanesljivosti.

OPIS POLIGONA

Planinsko polje se razteza v dinarski smeri med Grčarevcem in Planino v dolžini okrog 4,5 km. Na jugovzhodnem robu je široko 3,5 km, v osrednjem delu 2 km, proti severozahodu pa se najprej zoži na 1 km in se nato v ozkem jeziku izklinja pri Grčarevcu. Kota dna je okrog 447 m.

V strukturnem pogledu sta skoraj celotno območje polja in njegova širša okolica uvrščena k tektonski enoti Hrušiškega pokrova. Le neznaten del polja tik pod Planino pripada Snežniški narivni grudi. Ozemlje je razsekano s številnimi prelomi različnih smeri in starosti. Najpomembnejša je prelomna cona Idrijskega preloma, ki poteka čez osrednji del Planinskega polja (Čar, 1982). Kamninsko podlago gradijo karbonatni skladi od zgornjetriasne do zgornjekredne starosti, ki so prekriti s kvartarno naplavino. V glavnem je to glina, le na nekaterih mestih najdemo tanjšo plast peščenih glin z lokalno povečano vsebnostjo dolomitnih drobcev (Breznik, 1961).



Slika 1: Točkovni podatki o debelini naplavine D na Planinskem polju a: $0,0 \leq D \leq 0,8$, b: $0,8 < D \leq 2,5$, c: $2,5 < D \leq 4,7$, d: $4,7 < D \leq 24,0$.

Fig. 1: Point data on alluvium thickness D at Planinsko polje a: $0.0 \leq D \leq 0.8$, b: $0.8 < D \leq 2.5$, c: $2.5 < D \leq 4.7$, d: $4.7 < D \leq 24.0$.

Zanimive so hidrološke razmere na polju, saj je občasno zalito z vodo. Glavni dotok je reka Unica, ki priteče iz Planinske jame na južnem obrobju. Voda odteka v podzemlje skozi številne požiralnike, ki so se izoblikovali predvsem na severozahodnem in severnem robu polja.

KARTA DEBELINE NAPLAVINE NA PLANINSKEM POLJU

Teoretične osnove geostatistike

Metode geostatistike se uporabljajo pri analizi spremenljivk, ki opisujejo zvezne površine v prostoru. Ker je debelina naplavine v vsaki točki obravnavanega območja v določeni korelaciji z vrednostmi v neposredni okolici, glede na bolj oddaljene točke pa je statistično neodvisna, jo prav tako lahko uvrstimo v to skupino spremenljivk. Z linearno kombinacijo opazovanj v sosednjih točkah lahko ocenimo vrednost določenega parametra v poljubno izbrani točki prostora in tako izdelamo oceno prostorsko razporejenih vrednosti iz točkovnih podatkov. Statistična metoda, ki to omogoča, se imenuje krigiranje (Swan & Sandilands, 1995).

Na trgu se pojavljajo številni računalniški programi, ki omogočajo uporabo metode krigiranja. Eden izmed teh je tudi GEO-EAS: Geostatistical Environmental

Assessment Software (Englund & Sparks, 1988), ki smo ga uporabili na primeru Planinskega polja. Ta program obsega skupino orodij za opravljanje dvodimenzionalnih geostatističnih analiz prostorsko razporejenih podatkov.

Osnovna statistična analiza podatkov

Pri statistični obdelavi podatkov o debelini naplavine na Planinskem polju so bili uporabljeni rezultati analize 82 raziskovalnih vrtin, ki so zbrani v idejnem projektu za hidroelektrarno Planina - Verd (Elektroprojekt, 1953). Izmerjene debeline se gibljejo med 0 m na golicah in 24,4 m na območju zaplavljenega vrtače. Razporeditev točk vzorčevanja in izmerjenih vrednosti je prikazana na sliki 1. Podatki so glede na frekvenčno porazdelitev razvrščeni v 4 skupine z neenakomernimi intervali.

Osnovna statistična analiza celotne baze podatkov je dala srednjo vrednost debeline 4,1 m, varianco 13,48 in standardni odklon 3,67. Minimalna izmerjena debelina je 0,4 m, pri 25% frekvenčne porazdelitve je vrednost 2,0 m, mediana je 3,25 m, 75% vzorčevanih debelin je manjših od 5,05 m, maksimalna vrednost pa je 24,4 m. Za testiranje normalnosti sem uporabila podatke o asimetričnosti A in sploščenosti E . Izračunani vrednosti $A=3,4$ in $E=17,6$ se močno oddaljujeta od standardov ($A=0$, $E=3$), pa tudi obliki histograma in verjetnostne krivulje izključujeta hipotezo o normalnosti porazdelitve vzorca. Zato sem test ponovila še za logaritemske vrednosti debeline. Za asimetričnost $A=-0,05$ in sploščenost $E=3,75$ lahko sprejmemo hipotezo o normalnosti na ravni tveganja 5% in 1%. Tudi histogram kaže značilno Gaussovo porazdelitev, verjetnostna krivulja pa je premica.

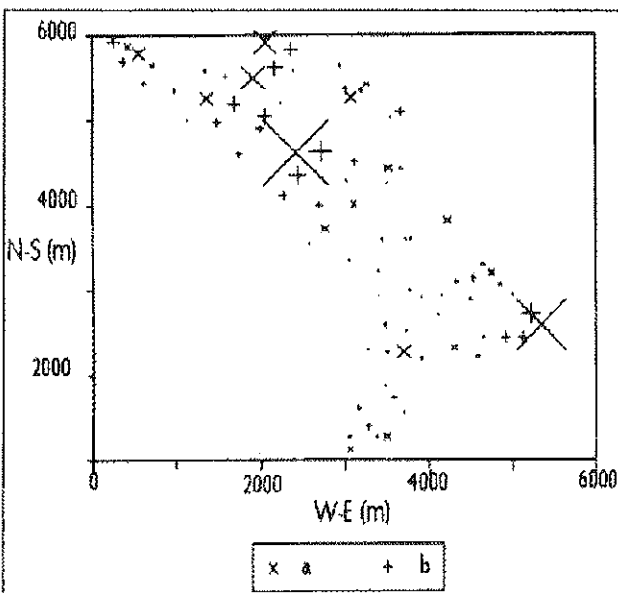
IZDELAVA KONTURNE KARTE DEBELINE NAPLAVINE

Z uporabo metode krigiranja je bila na osnovi točkovnih podatkov izdelana prostorska slika. V programu GEO-EAS je postopek razdeljen na 6 korakov. Najprej je treba v podatkovni bazi zbrati in ustrezno oblikovati terensko izmerjene podatke. Vsaka vrtina je predstavljena s koordinatama in debelino naplavine. V drugi fazi program za vse možne pare podatkov izračuna medsebojne razdalje in orientacije. Naslednji korak je izdelava semivariograma, ki prikazuje varianco med pari izmerjenih vrednosti kot funkcijo razdalje med točkami vzorčevanja. Na osnovi tako dobljene slike določimo korelacijo med vzorčevanimi vrednostmi v določeni smeri. Ker je bila normalnost porazdelitve dokazana za logaritemske vrednosti, so bili tudi pri izračunu semivariograma upoštevani logaritmi debelin. Primer sicer ni idealen, saj so odmiki od značilne oblike semivariograma kar precejšnja, vendar je kljub temu zadostno pogojem za uporabo metode navadnega krigiranja. Eksperimentalnemu semivariogramu moramo naj-

prej prirediti teoretični model z vizualnim prilagajanjem krivulje izračunanim točkam, izbrane značilne karakteristike semivarioograma pa v naslednjem koraku uporabimo pri krigiranju.

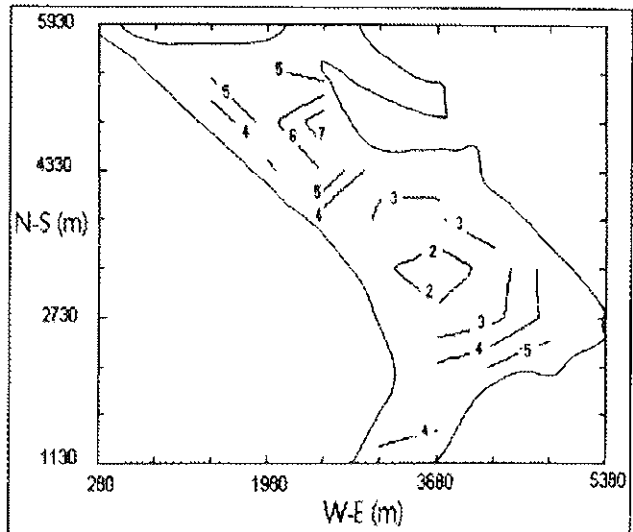
Program GEO-EAS omogoča tudi testiranje veljavnosti. Za kontrolo v vsaki točki vzorčevanja krigiramo vrednost spremenljivke na osnovi debelin, izmerjenih v sosednjih točkah, in značilnosti teoretičnega semivarioograma. Dobljene ocene primerjamo z izmerjenimi vrednostmi v istih točkah. Primerjava dveh skupin podatkov, ki jih sestavljajo izmerjene in ocenjene vrednosti, poteka na različnih ravneh. Po osnovni statistični analizi se za Planinsko polje srednji vrednosti dobro ujemata (za merjene vrednosti 4,07, za ocenjene pa 4,05), večja razlika pa se pokaže v standardnih odklonih (za merjene vrednosti 3,67, za ocenjene pa 1,71), saj pri ocenjenih debelinah ni izrazitih ekstremov in so dosti manj raztresene okrog povprečja. Pri izmerjenih vrednostih se ti ekstremi pojavljajo zaradi nepravilnosti v kamninski podlagi, kjer so vrtime presecale kraške depresije, zapolnjene z naplavinno. Ker nepravilnosti ponazarjajo nezvezne odseke regionalizirane spremenljivke, je korelacija s sosednjimi točkami zelo slaba. Posledica so odmiki pri krigiranju.

Drugo orodje primerjave je diagram napak (slika 2), na katerem so prikazane razlike med ocenjeno in dejansko debelino. Precenjena vrednost je označena z znakom +, podcenjena pa z znakom x. Velikost simbola



Slika 2: Grafični prikaz napake ocene debeline naplavine a: podcenjena vrednost, b: precenjena vrednost.

Fig. 2: Diagrammatic presentation of the error in the alluvium thickness estimate a: underestimated value, b: overestimated value.



Slika 3: Karta debeline naplavine na Planinskem polju.
Fig. 3: Alluvium thickness chart of Planinsko polje.

ponazarja velikost napake (čim večji je simbol, tem večji je odmik med ocenjeno in izmerjeno debelino. Pri analizi podatkov s Planinskega polja je ujemanje dokaj dobro. Večji odmik opazimo samo na posameznih izoliranih lokacijah in jih prav tako lahko razložimo z nepravilnostmi v podlagi. Še posebej očitno je to pri največjih izmerjenih debelinah (24,4 m, 21,7 m, 12 m in 11 m). Regresijska krivulja med opazovanimi in ocenjenimi vrednostmi ima naklon 45°, kar po teoriji izključuje sistematsko napako. Na osnovi opravljenih statističnih testov veljavnosti lahko torej zaključimo, da privzet teoretični model semivarioograma omogoča dokaj zanesljivo krigiranje v večjem delu polja. Seveda pa se nekaterim napakam, ki so posledica nepravilnosti v podlagi, ni mogoče izogniti.

Za zbrano bazo podatkov smo tako definirali prostorsko odvisnost, na osnovi katere lahko v naslednjem koraku z uporabo metode krigiranja postavimo dvodimenzionalno mrežo debelin naplavine na območju polja. S koordinatami nekaterih mejnih točk je bil določen zunanji rob polja, rezultat krigiranja pa so vrednosti debelin v pravilni mreži točk znotraj tega območja. V zadnjem koraku program omogoča izris konturnega diagrama, ki s konturnimi linijami prikazuje s krigiranjem ocenjene debeline naplavine na območju Planinskega polja (slika 3).

SKLEP

Poizkus uporabe metod geostatistike in računalniškega programa GEO-EAS za oceno debeline na Planinskem polju je dal zadovoljive rezultate. Na osnovi analize zbranih podatkov je bila izrisana konturna karta

ocenjenih vrednosti in testirana napaka te ocene. Pokazalo se je, da večji odmiki na posameznih lokacijah niso posledica napak v analitičnem postopku, ampak se pojavljajo predvsem zaradi neenakomerno razporejenih nepravilnosti v strukturi kamninske podlage.

Zanimiva je tudi primerjava konturnih diagramov s karto globin do kamninske podlage, ki je bila izdelana na osnovi geofizikalnih meritev (Ravnik, 1976). Pri tej raziskavi je bilo opravljenih kar 44000 geoelektričnih meritev, kar pomeni večjo občutljivost za manjše lo-

kalne spremembe in bolj detajlni prikaz razmer na polju. Kljub temu so napake zaradi lokalnih anomalij v skalni podlagi ostale. Primerjava je pokazala, da se v grobem konturne oblike obeh kart dokaj dobro ujemajo. Čeprav je bila v članku predstavljena geostatistična analiza izdelana samo na osnovi 82 podatkov, lahko torej njene rezultate ocenimo kot dovolj reprezentativne v okviru dane natančnosti in potrdimo primernost njene uporabe za reševanje podobnih problemov.

SUMMARY

The application of statistical methods for the interpretation of field geological data is gaining more and more recognition in our country as well. The article describes how contour charts of the alluvium thicknesses at Planinsko polje were made by means of the Geostatistical Environmental Assessment Software. The spatial outline of this area is the result of numerical processing of point data on the alluvium thickness in 82 bores. Adequateness of the selected model was tested on the basis of the relations between the estimated and measured values in these points. The comparison with the results of geophysical research is also interesting.

LITERATURA

- Breznik, M., 1961.** Akumulacija na Cerkniškem in Planinskem polju.- Geologija 7, 119-149, Ljubljana.
- Čar, J., 1982.** Geološka zgradba požiralnega obrobja Planinskega polja.- Acta carsologica 10, 75-105, Ljubljana.
- Elektroprojekt, 1953.** Hidroelektrarna Planina - Vercl. Idejni projekt. Podatki o predhodnih delih.- Elektroprojekt, Ljubljana.
- Englund, E. & Sparks, A., 1988.** GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) User's Guide.- Kansas Geological Survey & Geo-und Umweltinformatik, 199 p., Las Vegas, Nevada.
- Ravnik, D., 1976.** Kamninska podlaga Planinskega polja.- Geologija 19, 291-315, Ljubljana.
- Swan, A.R.H. & Sandilands, M., 1995.** Introduction to Geological Data Analysis.- Blackwell Science, 446 p., Oxford.