

HRVATSKI RJEČNIK ODABRANIH GEOSTATISTIČKIH POJMOVA

CROATIAN DICTIONARY OF SELECTED GEOSTATISTICAL TERMS

^{1,2)} TOMISLAV MALVIĆ, ¹⁾ KRISTINA NOVAK ZELENKA

¹⁾ INA-Industrija nafte d.d., Sektor za geologiju i inženjering, Šubićeva 29, 10000 Zagreb
e-pošta: tomlav.malvic@ina.hr, kristina.novakzelenika@ina.hr

²⁾ Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Ključne riječi: geostatistika, hrvatski izričaj, natuknice, definicija

Key words: geostatistics, terminology, hints, definition

Sažetak

Modeli i interpretacije temeljene na geostatističkim metodama često se rade pomoću računalnih programa. Stoga su primjena i razvoj geostatistike usko vezani s razvojem informatike i računarstva. Pri tomu treba uvijek poznavati terminologiju koja se rabi u knjigama i računalnim programima kako bi se modeli načinili ispravno. Budući da se geostatistika tek u zadnjih desetak godina počela primjenjivati u modeliranju ležišta ugljikovodika u Hrvatskoj, nužno je odrediti osnovni skup geostatističkih pojmova koje je potrebno poznavati za rad te takve rječničke uratke neprekidno proširivati. U rječniku je dan opis 53 natuknice leksikografskoga tipa, uz određivanje standardnoga izričaja u području geostatistike.

Abstract

Geostatistical models and interpretations very often are made by using computer programs. Consequently, application and development of geostatistics are closely connected with progress of informatics and computers. In such applications the well-known terminology applied into books and computer application is necessary condition for well-established and right models. Since geostatistics is applied in Croatian hydrocarbon reservoir modelling in the last decade, there was a need for establishing basic set of geostatistical terms necessary for work. Such dictionaries need to be continuously expanded and modified. Presented dictionary encompasses 53 lexicographical hints, which define standard expressions in the field of geostatistics.

1. Uvod

Poznavanje hrvatske terminologije nužno je za razumijevanje geostatističke obradbe i prikaza geoloških varijabli podzemlja, kao što su šupljikavost, propusnost, zasićenje vodom i druge, stoga su u radu prikazane definicije odabranih osnovnih geostatističkih pojmova, poput varijable, variograma, determinističkih metoda, stohastičkih simulacija itd.

Primjena matematike u geologiji razmjerno je novi metodološki pristup interpretaciji geoloških odnosa u podzemlju (npr. Malvić, 2007; Lapaine and Malvić, 2009), a geostatistika, kao grana geomatematike bavi se analizom prostornih podataka uporabom variograma ili sličnih tehnika za kvantificiranje i modeliranje njihove prostorne korelacije. Ona uključuje različite tehnike, poput krigiranja, koje omogućuju vizualizaciju prostornog korelacijskog modela. Započinje svoj razvoj u drugoj polovici prošlog stoljeća. Dva su velika znanstvenika utemeljila tu disciplinu, poimence prof. dr. sc. Danie Krige te prof. dr. sc. George Matheron. (opisano npr. u Malvić, 2007, 2008a). Učestalija primjena geostatistike, kao i njezin intenzivniji razvoj usko su vezani s razvojem informatike i računarstva, što nikako ne treba biti začuđujuća činjenica, budući da se interpretacije temeljene na geostatističkim metoda-

ma rade danas isključivo pomoću računalnih programa. Zbog velikoga broja variogramskih parova podataka koje treba izračunati te linearnih jednadžbi koje treba riješiti kod geostatističke interpolacije, za svaki skup brojniji od tri podataka takav posao bez računala trajao bi satima. Budući da se geostatistika prije desetak godina počela primjenjivati u modeliranju ležišta ugljikovodika u Hrvatskoj i objavljeni su brojni radovi s uporabom primjera iz Hrvatske ili hrvatske terminologije i općenito izričaja (npr. Malvić, 2008b,c; Malvić and Balić, 2009; Malvić et al., 2009; Malvić and Bastaić, 2008; Novak Zelenika and Malvić, 2010; Novak Zelenika et al., 2010), neka rječnička djela već su tiskana za područje geomatematike (npr. Malvić et al., 2008; Malvić and Cvetković, 2008).

U ovome radu prošireno je i dopunjeno rječničko djelo utvrđene hrvatske terminologije koje se odnosi na područje geostatistike i to variogramsku analizu, kartiranje i modele (determinističke i stohastičke). Rječnik prikazanih pojmova namijenjen je osobama koje često koriste inozemnu geostatističku literaturu i programe kako bi u svojim publikacijama u Hrvatskoj strukovno i jezično ispravno prikazivali svoje analize i rezultate. Strukovni rječnici, koliko god mali bili, ujedno uvećavaju jezično bogatstvo naroda iz kojega potječu, tj. bogatstvo njegova materinjega jezika.

2. Rječnik geostatističkih natuknica s definicijama, napomenama i poveznicama

anizotropija

Svojstvo varijable da u različitim smjerovima pokazuje različita prostorna ili numerička obilježja.

Napomena: Anizotropija je također svojstvo nekih tijela da u različitim smjerovima pokazuju različita fizikalna svojstva. Suprotno od izotropija.

Primjer: Pružanja taložnih okoliša po strukturnim osima ili pravcima u geologiji.

Engl. anisotropy

Franc. anisotropie

Njem. Anisotropie

anizotropija, variogramska

Anizotropija kod koje je variogramski doseg veći u jednome negoli je doseg u drugome smjeru.

Vidi: anizotropija; doseg; doseg, variogramski

Engl. anisotropy, variogram

Franc. anisotropie, variogramme

Njem. Anisotropie, Variogramm

cikličnost

Relativno pravilno osciliranje krivulje oko praga.

Napomena: Ta se pojava često uočava na eksperimentalnim variogramima.

Vidi: prag; variogram, eksperimentalni

Engl. cyclicity, periodicity

Franc. cyclicité

Njem. Zyklizität

ćelija

Dio prostornog modela kojem se vrijednost procjenjuje interpolacijom ili simulacijom.

Vidi: model, prostorni; interpolacija; simulacija.

Napomena: Ako unutar ćelije postoji mjereni podatak, takav se obično naziva i čvrstim podatkom koji se nepromijenjen uzima u obzir kod kasnijih procjena. Moguće je takav podatak smatrati promjenjivom vrijednošću kojom je tek jednom točkom predstavljena vrijednost ćelije. Zato bezuvjetne simulacije uz vrijednost ćelije još prikazuje i interval statističke nesigurnosti, poput standardne devijacije.

Engl. cell

Franc. cellulaire

Njem. Zelle

doseg

Veličina u kojoj je variogramski model približno jednak vrijednosti praga.

Napomena: U sfernome, eksponencijalnome i Gaussovu modelu, koji se pragu približavaju asimptotski, primjenjuje se "praktični" ili "efektivni" doseg koji se računa na mjestu gdje funkcija doseže približno 95 % praga. Model čistoga odstupanja funkcija je bez dosega, tj. između podataka ne postoji nikakva prostorna veza. Tada se procje-

na radi običnom aritmetičkom srednjom vrijednošću. Kod linearnoga modela pojmovi prag i doseg služe samo za određivanje nagiba.

Vidi: model, variogramski; prag, variogramski

Engl. range

Franc. rangée

Njem. Aussageweite

ekstrapolacija

Približno izračunavanje vrijednosti funkcije za vrijednosti argumenata koje su izvan područja argumenata na kojem je funkcija zadana.

Primjer: Upotrebljava se u geologiji pri konstruiranju izolinja izvan međubušotinskog prostora.

Engl. extrapolation

Franc. extrapolation

Njem. Extrapolation

ekvidistancija

Razlika vrijednosti definiranih dvjema susjednim izolinjama na karti.

Primjer: Na topografskim kartama ekvidistancija je razlika nadmorskih visina. Na geološkim kartama dubina i debljina slojeva ekvidistancija je često 10, 25, 50 ili 100 metara. Na gotovo svim vrstama inženjerskih karata dopuštene ekvidistancije su zadane i ne mogu se birati proizvoljno.

Vidi: izolinja

Engl. equidistance

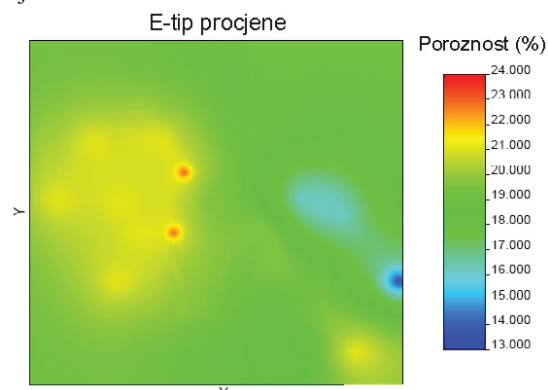
Franc. équidistance

Njem. Äquidistanz

E-tip procjene

Procjena koja daje očekivanje analizirane varijable u svim točkama ili ćelijama karte, a temelji se na nizu rješenja indikatorskog krigiranja te odabiru onoga s najvećom vjerojatnošću.

Primjer:



E-tip procjene poroznosti u pješčenjaku

Vidi: krigiranje, indikatorsko krigiranje

Engl. E-type estimation

Franc. E-type estimation

Njem. E-Typ Schätzung

geostatistika

Dio geometematike koji se bavi analizom prostornih podataka uporabom variograma ili sličnih tehnika za kvantificiranje i modeliranje njihove prostorne korelacije. Napomena: Uključuje različite tehnike, poput krigiranja, koje omogućuju vizualizaciju prostornog korelacijskog modela.

Engl. geostatistics
 Franc. géostatistique
 Njem. Geostatistik

interpolacija

Približno izračunavanje vrijednosti funkcije za vrijednosti argumenata koje su unutar područja argumenata na kojem je funkcija zadana.

Engl. interpolation
 Franc. interpolation
 Njem. Interpolation

izolinija

Linija na karti koja spaja točke istih ili pretpostavljeno istih iznosa nekih veličina.

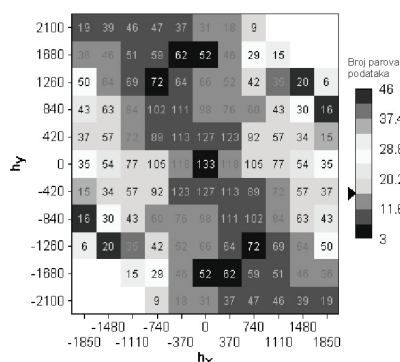
Engl. isoline
 Franc. isoligne
 Njem. Isolinie

karta variogramskog područja

Karta srednje vrijednosti variograma unutar istraživanog područja s brojem podataka u svakoj ćeliji modela.

Napomena: Upotrebljava se za određivanje anizotropije. Vidi: model, prostorni; ćelija; anizotropija; anizotropija, variogramska

Primjer:



Karta variogramske površine s označenim brojevima parova podataka u svakoj ćeliji

Engl. variogram surface map
 Franc. surfaces carte de variogramme
 Njem. Karte Oberflächen Variogramm

kokrigiranje

Oblik krigiranja te traženja težinskih koeficijenata za jednu ili više dodatnih varijabli.

$$Z_{CK} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i + \sum_{j=1}^n \chi_j \cdot S_j$$

gdje je: 'Z_{CK}' vrijednost u točki koja se računa kokrigiranjem, 'λ' težinski koeficijenti (računaju se preko matrice krigiranja) za ukupno 'n' poznatih vrijednosti primarne varijable 'Z' (varijabla koja fizikalno izravno opisuje promatrano svojstvo), težinski koeficijenti 'χ' za ukupno 'n' poznatih vrijednosti sekundarne varijable 'S' (varijabla koja promatrano svojstvo opisuje posredno preko korelacije s primarnom varijablom).

Napomena: Kokrigiranje obuhvaća tehnike kao što su jednostavno kokrigiranje, obično kokrigiranje, kolocirano kokrigiranje, itd.

Napomena: Dodatne varijable obično su korelirane s primarnom varijablom uporabom Pearsonova i Spearmanova koeficijenta korelacija s vrijednostima (+/-) 0,75-1,00. Vidi: krigiranje, jednostavno; krigiranje, obično; kokrigiranje, kolocirano; matrica krigiranja

Engl. Cokriging
 Franc. Cokrigeage
 Njem. Kokriging

kokrigiranje, kolocirano

Kokrigiranje koje uključuje dvije ili više koreliranih varijabli, s mjerenjima u istim točkama, te uporabom zajedničkog variogramskog modela.

Napomena: Zbog većeg broja ulaznih podataka matrica koja se odnosi na sekundarnu varijablu može biti znatno veća negoli ona za primarnu varijablu. Kod kolociranog kokrigiranja sekundarna varijabla je svedena samo na lokacije gdje se nalazi primarna, kao uvjet za računanje korelacije.

Vidi: kokrigiranje; model, variogramski

Engl. Collocated Cokriging
 Franc. Colocalisés cokrigeage
 Njem. Kollokation Kokriging

kovarijanca

Statistička mjera korelacije između dviju slučajnih varijabli koja se može prikazati jednadžbom:

$$Cov(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{N}$$

gdje su: 'Cov(x,y)' vrijednost kovarijanca između varijabli 'x_i' i 'y_i' za 'i=1..n', 'x̄' srednja vrijednost varijable 'x', 'ȳ' srednja vrijednost varijable 'y'.

Engl. covariance
 Franc. covariance
 Njem. Kovarianz

krigiranje

Interpolacijska metoda temeljena na iterativnom računanju težinskih koeficijenata za mjerene podatke (1), a u cilju dostizanja najmanje varijance procjene (2) u

točki procjene gdje vrijedi:

$$Z_K = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i \quad (1)$$

gdje su: ' Z_K ' vrijednost procijenjena iz ' n ' okolnih podataka, ' λ_i ' težinski koeficijent na lokaciji ' i ' te ' Z_i ' mjerene vrijednost na lokaciji ' i ';

$$\sigma_K^2(Z) = \text{Var}\{Z_i^* - Z_i\} \quad (2)$$

gdje su: ' σ_K^2 ' procjena varijance krigiranja, s ciljem određivanja težinskih koeficijenata takvih da je ona najmanja; ' Z_i^* ' procijenjena vrijednost slučajne varijable ' Z ' na lokaciji ' i ', ' Z_i ' izmjerena vrijednost slučajne varijable ' Z ' na lokaciji ' i '.

Napomena: Vrijednosti težinskih koeficijenata ovise samo o udaljenostima mjerenih vrijednosti od točke procjene, a ne i od samih mjerenih vrijednosti. Izračunati težinski koeficijenti, dodijeljeni mjerenim podacima, minimiziraju varijancu procjene, koja je najniža kod rezultata krigiranja. Dobivena varijanca naziva se varijancom krigiranja, a izračunata je kao funkcija variogramskog modela.

Vidi: model, variogramski

Engl. Kriging

Franc. Krigeage

Njem. Kriging

krigiranje, indikatorsko

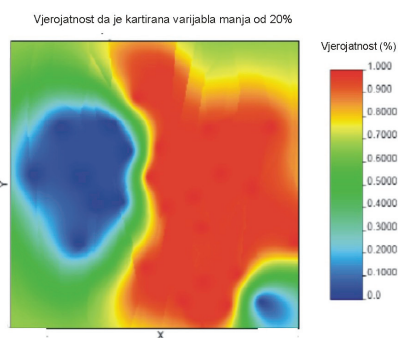
Tehnika krigiranja čija jednadžba glasi:

$$Z_{IK} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i$$

gdje su: ' Z_{IK} ' vrijednost varijable ' Z ' procijenjena indikatorskim krigiranjem, ' λ_i ' težinski koeficijent izračunat običnim krigiranjem za mjerenje na lokaciji ' i ', ' Z_i ' vrijednost indikatorske varijable na lokaciji ' i '.

Vidi: varijabla, indikatorska; krigiranje, obično

Primjer:



Primjer karte poroznosti dobivene indikatorskim krigiranjem (vjerojatnosti da je poroznost manja od granične vrijednosti 20 %)

Engl. Indicator Kriging

Franc. Krigeage Indicateur

Njem. Indikator Kriging

krigiranje, jednostavno

Tehnika krigiranja koja podrazumijeva da su lokalne srednje vrijednosti unutar elipsoida pretraživanja jednake srednjoj vrijednosti svih podataka, a moguće ju je prikazati matrično i ispisati s ' n ' linearnih jednadžbi s ' n ' nepoznanica.

$$\begin{bmatrix} \gamma(Z_1 - Z_1) & \gamma(Z_1 - Z_2) & \dots & \gamma(Z_1 - Z_n) \\ \gamma(Z_2 - Z_1) & \gamma(Z_2 - Z_2) & \dots & \gamma(Z_2 - Z_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma(Z_n - Z_1) & \gamma(Z_n - Z_2) & \dots & \gamma(Z_n - Z_n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(Z_1 - Z) \\ \gamma(Z_2 - Z) \\ \dots \\ \gamma(Z_n - Z) \end{bmatrix}$$

gdje su: ' λ ' težinski koeficijenti koji se računaju, ' γ ' (izraz) izračunata vrijednost semivariograma, ' $Z_1 \dots Z_n$ ' mjerene vrijednosti u točkama, a ' Z ' lokacija u kojoj se procjenjuje nova vrijednost iz mjerenih vrijednosti ' $Z_1 \dots Z_n$ '.

Napomena: Težinski koeficijenti ' $\lambda_{1..n}$ ' množe se sa svakom mjerenom (ulaznom) vrijednošću ' $Z_{1..n}$ ', na taj način „otežavajući“ svaki podatak. U načelu, bliži podatci imaju veće težinske koeficijente, a dalji manje, što je izravna posljedica ovisnosti o prostornom modelu, tj. o vrijednostima variograma. Do odstupanja od toga pravila dolazi kada postoje podatci grupirani u nekoliko skupina, tj. klastera. U tom slučaju metoda krigiranja promatra svaku skupinu podataka približno kao jednu vrijednost, tj. unutar prostorno bliskih podataka u skupini neki mogu biti množeni s negativnim, a neki s pozitivnim težinskim koeficijentima. Važno je svojstvo krigiranja da zbroj svih težinskih koeficijenata iznosi 1, osim kod tehnike jednostavnog kriginga. Nadalje, ako svi težinski koeficijenti imaju jednaku vrijednost, radi se o slučaju procjene aritmetičkom sredinom.

Vidi: matrice krigiranja; težinski koeficijenti

Engl. Simple Kriging

Franc. Krigeage Simple

Njem. Simple Kriging

krigiranje, obično

Tehnika krigiranja, s pretpostavkom da lokalna srednja vrijednost (unutar radijusa pretraživanja) nije jednaka srednjoj vrijednosti svih mjerenja, a moguće ju je prikazati matrično i ispisati s ' $n+1$ ' linearnih jednadžbi s ' $n+1$ ' nepoznanica:

$$\begin{bmatrix} \gamma(Z_1 - Z_1) & \gamma(Z_1 - Z_2) & \dots & \gamma(Z_1 - Z_n) & 1 \\ \gamma(Z_2 - Z_1) & \gamma(Z_2 - Z_2) & \dots & \gamma(Z_2 - Z_n) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma(Z_n - Z_1) & \gamma(Z_n - Z_2) & \dots & \gamma(Z_n - Z_n) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(Z_1 - Z) \\ \gamma(Z_2 - Z) \\ \dots \\ \gamma(Z_n - Z) \\ 1 \end{bmatrix}$$

gdje su: ' λ ' težinski koeficijenti koji se računaju, ' γ ' (izraz) izračunata vrijednost semivariograma, ' $Z_1 \dots Z_n$ ' mjerene vrijednosti u točkama, ' Z ' lokacija u kojoj se procjenjuje nova vrijednost iz mjerenih vrijednosti ' $Z_1 \dots Z_n$ ', a ' μ ' Lagrangeov multiplikator.

Vidi: matrice krigiranja

Engl. Ordinary Kriging

Franc. Krigeage Ordinaire

Njem. Ordinary Kriging

krosvalidacija

Srednja vrijednost razlike kvadrata mjerene i procijenjene vrijednosti na istoj lokaciji, s ciljem određivanja ukupne pogreške procjene u svim mjerenim točkama prema izrazu:

$$MSE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2$$

gdje su: 'MSE' (engl. Mean Square Error) rezultat dobiven metodom krosvalidacije, ' v_i ' izmjerena vrijednost na lokaciji 'i', ' \hat{v}_i ' interpolirana vrijednost na lokaciji 'i', a 'n' broj mjerenja.

Napomena: Nije moguće numerički usporediti rezultate za različit broj točaka na istome području, jer nije moguće staviti u linearnu vezu razliku mjerenje i procijenjene vrijednosti ako njihov prostorni raspored nije pravilan. Zato se krosvalidacija koristi za usporedbu pogreške različitih interpolacijskih algoritama uporabljenih na istome ulaznom skupu.

Engl. Cross-Validation
Franc. Validation Croisée
Njem. Cross-Validierung

matrice krigranja

Matrična jednadžba oblika $[A] \cdot [X] = [B]$ u kojoj se vrijednosti matrica A i B dobivaju izračunom eksperimentalnih variograma i njihovom aproksimacijom teorijskim modelom, a zatim se računa matrica X koja daje težinske koeficijente za različite tehnike krigranja, poput jednostavnog, običnog i drugih.

Vidi: variogram, eksperimentalni, teorijski; krigranje, jednostavno, obično; težinski koeficijent
Engl. kriging matrices
Franc. matrice de krigeage
Njem. Kriging-Matrix

model, deterministički

Model koji za jednake ulazne vrijednosti daje uvijek isti rezultat.

Engl. model, deterministic
Franc. modèle, déterministe
Njem. Modell, deterministischen

model, eksponencijalni variogramski

Variogramski model koji aproksimira eksperimentalni variogram eksponencijalnim matematičkim modelom opisanim kao:

$$\gamma(h) = C \left[1 - \exp\left(\frac{-h}{a}\right) \right]$$

gdje je ' $\gamma(h)$ ' vrijednost semivariograma, 'C' prag, 'h' udaljenost, dok je 'a' doseg.

Vidi: variogram, eksperimentalni; variogram, teorijski; variogramski model
Engl. variogram exponential model
Franc. modèle de variogramme exponentiel
Njem. exponentielle Variogramm-Modell

model, Gaussov variogramski

Variogramski model koji aproksimira eksperimentalni variogram Gausovim matematičkim modelom opisanim kao:

$$\gamma(h) = C \left[1 - \exp\left(\frac{-h^2}{a^2}\right) \right]$$

gdje je ' $\gamma(h)$ ' vrijednost semivariograma, 'C' prag, 'h' udaljenost, dok je 'a' doseg.

Vidi: variogram, eksperimentalni; variogram, teorijski; variogramski model
Engl. variogram Gaussian model
Franc. modèle de variogramme gaussien
Njem. Gauß Variogramm-Modell

model, prostorni

Model koji vrijednosti ćelija računa determinističkim ili stohastičkim modelima u dvije ili tri dimenzije.

Vidi: ćelija; model, deterministički, stohastički
Engl. model, spatial
Franc. modèle, spatial
Njem. Modell, räumliches

model, sferni variogramski

Variogramski model koji aproksimira eksperimentalni variogram sfernim matematičkim modelom opisanim kao:

$$\gamma(h) = C \left[\left(\frac{3h}{2a} \right) - \left(\frac{h^3}{2a^3} \right) \right], \quad h \leq a$$
$$\gamma(h) = C \quad h > a$$

gdje je: ' $\gamma(h)$ ' vrijednost semivariograma, 'C' prag, 'h' udaljenost, dok je 'a' doseg.

Vidi: variogram, eksperimentalni; variogram, teorijski; variogramski model
Engl. variogram spherical model
Franc. modèle de variogramme sphérique
Njem. sphärischen Variogramm-Modell

model, stohastički

Model koji kod procjene vrijednosti ćelija uvodi slučajnost u procjenu, birajući statistički dopuštene vrijednosti.

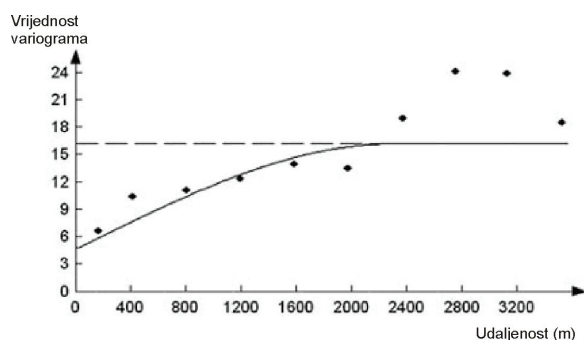
Vidi: ćelija, realizacija, minimalna, medijanska, maksimalna
Engl. model, stochastic
Franc. modèle, stochastique
Njem. Modell, stochastische

odstupanje, variogramsko

Odstupanje na ordinati gdje započinje eksperimentalni variogram.

Napomena: Odstupanje je uvijek manje od praga. Kako se u raznim programima variogram ne može izračunati za ishodišnu točku (jer je korak nula) u svim modelima se taj iznos procjenjuje iz oblika krivulje za nekoliko prvih koraka. Što je odstupanje veće, procjena je slabija. Ako je odstupanje jednako pragu, variogram se ne koristi,

već procjena odgovara aritmetičkoj sredini ulaznih vrijednosti.



Primjer određivanja odstupanja ekstrapolacijom krivulje teorijskog semivariograma

Engl. variogram nugget

Franc. variogramme écart

Njem. Variogramm Abweichung

prag, variogramski

Gornja granica interpretacije dosega variograma.

Napomena: Računa se kao varijanca podataka.

Vidi: doseg, variogramski; odstupanje, variogramsko; teorijski, variogram

Engl. variogram sill

Franc. variogramme seuil

Njem. Variogramm Schwelle

radijus pretraživanja

Radijus kruga oko mjesta procjene, a unutar kojega se uzimaju mjereni podatci.

Napomena: Kod anizotropnih osi u dvije dimenzije krug se mijenja u elipsu, a radijus pretraživanja tada se mijenja u poluosi elipse pretraživanja.

Vidi: anizotropija; anizotropija, variogramska

Engl. searching radius

Franc. rayon de recherche

Njem. Umkreissuche

razred, variogramski

Prstenasto područje oko točke za koju se izračunava eksperimentalni variogram, a koja sadrži mjerenja na temelju kojih se računa.

Engl. variogram class

Franc. variogramme de grade

Njem. Variogramm Klasse

realizacija

Jedna od procjena dobivenih simulacijom od kojih je svaka jednako vjerojatna.

Vidi: simulacija

Engl. realization

Franc. réalisation

Njem. Realisierung

realizacija, minimalna

Realizacija koja je rezultat simulacije u kojem je izračunana procjena varijable najmanja od svih mogućih.

Vidi: realizacija; simulacija

Engl. realization, minimal

Franc. réalisation, minimale

Njem. Realisierung, minimale

realizacija, medijanska

Realizacija koja je rezultat simulacije u kojem je izračunata procjena varijable takva da postoji 50 % većih i manjih procjena.

Vidi: realizacija; simulacija

Engl. realization, median

Franc. réalisation, médiane

Njem. Realisierung, Median

realizacija, maksimalna

Realizacija koja je rezultat simulacije u kojem je izračunata procjena varijable najveća od svih mogućih.

Vidi: realizacija; simulacija

Engl. realization, maximal

Franc. réalisation, maximale

Njem. Realisierung, maximale

regionalizirana varijabla

Obuhvaća pojam koji označava varijablu ili mjerenje koja opisuje neku prirodnu pojavu u nekom prostoru određenu jasnom strukturom. Zbog prostornog određenja ona se naziva i regionaliziranom. Takve varijable česta su obilježja mjerenja u raznim „geoznanostima“ i imaju svojstvo da je vrijednost opisana vrijednošću funkcije „ $f(x)$ “ u nekoj točki „ x “. Vrijednost funkcije „ $f(x)$ “ može biti obilježena svojom vjerojatnošću kao posljedice njezine „strukture“ koja se može (regionalno) matematički opisati te „slučajnom“ komponentom, koja ne smije prikriti regionalnu „strukturu“ razdiobe takve varijable.

Engl. regionalized variable

Franc. variable régionalisée

Njem. regionalisierte Variable

semivariogram

Variogramska funkcija podijeljena brojem 2.

Vidi: variogram, eksperimentalni

Engl. semivariogram

Franc. semivariogramme

Njem. Semivariogramm

simulacija

Procjena nepoznate vrijednosti nizom realizacija iz postojećih mjerenja u odabranoj točki ili ćeliji, unutar statistički dopuštenog intervala.

Vidi: realizacija; realizacija, minimalna, medijanska, maksimalna; ćelija

Engl. simulation

Franc. simulation

Njem. Simulation

simulacija, bezuvjetna

Simulacija kod koje se mjerene vrijednosti u točki ili ćeliji ne zadržavaju konstantnim u svim realizacijama, već se mogu mijenjati unutar statistički dopuštenog intervala jednako kao i u ćelijama bez mjerenja.

Vidi: simulacija; ćelija; ekstrapolacija

Engl. simulation, unconditional

Franc. simulation, inconditionnelle

Njem. Simulation, bedingungslose

simulacija, sekvencijska

Simulacija koja procjenjuje ulazni skup podataka nizom jednakovrijednih realizacija unutar statistički dopuštenog intervala, a poredak ćelija čije se vrijednosti procjenjuju odabire se uporabom generatora slučajnih brojeva.

Napomena: simulacije mogu biti temeljene na algoritmima krigiranja ili kokrigiranja, a dobivene vrijednosti prikazane krivuljom razdiobe vjerojatnosti, na kojoj se mogu usporediti vjerojatnosti različitih realizacija. Tako realizacija označena P1 znači da na kumulativnoj krivulji vjerojatnosti po promatranom kriteriju postoji 99 % realizacija koje imaju, primjerice, veći ukupni volumen ćelija, srednju poroznost i tome slično. Simulirane vrijednosti tijekom izračuna realizacije postaju jednakovrijedne s mjerenim podacima, te zajednički čine skup podataka iz kojih se procjenjuju vrijednosti preostalih ćelija.

Engl. simulation, sequential

Franc. simulation, séquentielle

Njem. Simulation, sequentielle

simulacija, uvjetna

Simulacija kod koje se mjerene vrijednosti u točki ili ćeliji zadržavaju konstantnim u svim realizacijama.

Vidi: simulacija; ćelija; ekstrapolacija; realizacija

Engl. simulation, conditional

Franc. simulation, conditionnelle

Njem. Simulation, bedingte

stacionarnost

Svojstvo slučajne varijable 'X' da ima, bez obzira na promjenu broja uzoraka tijekom vremena $[X = X_n : n \geq 0]$, jednako očekivanje i varijancu.

Napomena: U geostatistici se promatra na tri razine. Stacionarnost 1. reda je invarijantna u odnosu na sve translacije, no kao vrlo striktan zahtjev, primjerice u geologiji, ona se ne može postići. Stacionarnost 2. reda podrazumijeva da je očekivanje neovisno o broju i položaju mjerenja, a kovarijanca ovisi samo o udaljenosti između mjerenja. Koristi se kod većine geostatističkih tehnika. Stacionarnost 3. reda naziva se još i intrinističkom hipotezom, a podrazumijeva neovisnost očekivanja te postojanje variograma. Koristi se samo kod indikatorskih tehnika.

Vidi: krigiranje; krigiranje, indikatorsko

Engl. stationarity

Franc. stationnarité

Njem. Stationarität

težinski koeficijent

Koeficijent kojim se množi mjereni podatak kako bi mu se dala odgovarajuća vjerodostojnost u odnosu na druge mjerene podatke.

Napomena: Težinski koeficijent ili, kraće, težina, često je obrnuto proporcionalna kvadratu standardne devijacije. Kod gotovo svih tehnika krigiranja težinski koeficijenti su normalizirani tako da je njihov ukupan zbroj jednak 1.

Vidi: krigiranje; krigiranje, jednostavno; krigiranje, obično

Engl. weighting coefficient

Franc. coefficient de pondération

Njem. Gewichtungskoeffizienten

transformacija, indikatorska

Transformacija mjerene vrijednosti u indikatorsku prema formuli:

$$I(x) = \begin{cases} 1 & \text{ako je } z(x) \leq v_{\text{cutoff}} \\ 0 & \text{ako je } z(x) > v_{\text{cutoff}} \end{cases}$$

gdje je: 'I(x)' indikatorska varijabla, 'z(x)' izvorna vrijednost, a 'v_{cutoff}' granična vrijednost.

Engl. indicator transformation

Franc. indicateur de transformer

Njem. Anzeige verändern

varijabla, indikatorska

Varijabla koja mjerene vrijednosti prikazuje vrijednostima 0 ili 1.

Engl. indicator variable

Franc. variable indicateur

Njem. Indikatorvariable

varijabla, kategorička

Varijabla koja mjerene vrijednosti prikazuje s dvije ili više kategorija.

Napomena: Svojstvo kategorije je da se podatci unutar nje ne razlikuju po iznosu, već svi imaju samo svojstvo pripadnosti kategoriji. Na primjer, nakon što su sva mjerenja poroznosti manja od 20 % indikatorski transformirana u kategoriju 0, a ostala u kategoriju 1, postaje irelevantno koliki je iznos svakoga pojedinačnog podatka u kategoriji

Engl. categorical variable

Franc. variable catégorique

Njem. Kategoriale Variablen

variogram

Funkcija kojom se računa prostorna zavisnost parova podataka.

Napomena: Može se opisati eksperimentalnim i teorijskim variogramom, a svaki od njih može biti neusmjereni ili usmjereni.

Vidi: variogram, eksperimentalni; variogram, teorijski;
variogram, neusmjereni; variogram, usmjereni
Engl. variogram
Franc. variogramme
Njem. Variogramm

variogram, eksperimentalni

Variogram oblika:

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

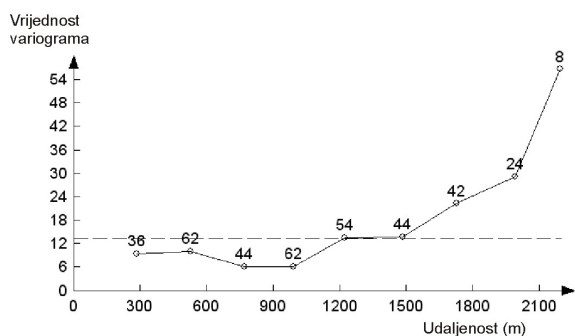
gdje je: '2γ(h)' vrijednost variograma, 'n' broj parova podataka uspoređenih na udaljenosti 'h', 'z(x_i)' vrijednost varijable na lokaciji 'x_i', a 'z(x_i + h)' vrijednost varijable na lokaciji udaljenoj za 'h' od promatrane lokacije 'x_i'.
Napomena: Eksperimentalni variogrami aproksimiraju se teorijskim variogramskim modelima. Variogrami mogu biti neusmjereni i usmjereni, ovisno o mogućoj anizotropiji.

Vidi: variogram, teorijski; variogram, neusmjereni; variogram, usmjereni; anizotropija, variogramska
Engl. variogram, experimental
Franc. variogramme, expérimental
Njem. Variogramm, experimentelle

variogram, neusmjereni

Variogram koji nije usmjeren nekim pravcem prilikom računanja vrijednosti za parove podataka.

Primjer:



Eksperimentalni neusmjereni semivariogram (kasnije aproksimiran eksponencijalnim modelom) sa sljedećim vrijednostima: doseg 1200 m, širina razreda 250 m, broj razreda 15, odstupanje 0,7, prag 13,26

Vidi: variogram, eksperimentalni
Engl. variogram, omnidirectional
Franc. variogramme, omni-directionnelle
Njem. Variogramm, omni-direktionale

variogram, teorijski

Variogram koji sadrži aproksimacijski model za eksperimentalni variogram opisan matematičkom funkcijom.

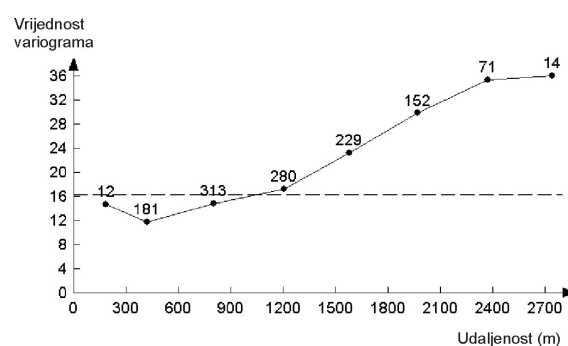
Vidi: variogram, eksperimentalni
Engl. variogram, theoretical
Franc. variogramme, théorique
Njem. Variogramm, theoretische

variogram, usmjereni

Variogram koji je usmjeren po pravcu prilikom računanja vrijednosti parova podataka.

Napomena: Usmjereni variogram se računa iz podataka koji se nalaze unutar kružnog isječka čiji radijus odgovara radijusu pretraživanja, a pravac kojim je usmjeren variogram je simetrala kuta toga isječka.

Primjer:



Usmjereni semivariogram izračunat (kasnije aproksimiran sfernim modelom) po pravcu pružanja strukture ležišta ugljikovodika (45°-225°; 0° je smjer sjevera) na temelju 15 razreda, uz širinu od 400 m te kutnu toleranciju od 45°.

Engl. variogram, directional
Franc. variogramme, directionnelle
Njem. Variogramm, direktionale

variogramski model

Model koji numerički opisuje oblik variogramske krivulje kod eksperimentalnog ili teorijskog variograma.

Vidi: variogram, eksperimentalni; variogram, teorijski; model, eksponencijalni variogramski; model, sferni variogramski

Engl. variogram model
Franc. modèle de variogramme
Njem. Variogramm-Modell

vrijednost, granična

Numerička vrijednost koja se koristi za indikatorsku transformaciju ulaznih vrijednosti u indikatorsku varijablu s vrijednostima 0 i 1.

Napomena: Indikatorska varijabla je i kategorička.
Vidi: varijabla, indikatorska, kategorička; transformacija, indikatorska
Engl. cutoff
Franc. coupé
Njem. Abschneiden

3. Zaključne definicije djela

Geostatistika kao grana geomatematike sve se više koristi kako u geologiji, tako i u brojnim drugim prirodnim i tehničkim znanostima, tj. svugdje gdje se žele interpolirati ili procijeniti što pouzdanije karte obzirom na broj ulaznih podataka. Za njezinu primjenu uglavnom se koriste specijalizirani računalni programi za variogramsku analizu, determinističku interpolaciju i stohastičku procjenu. Prikazani geostatistički pojmovi odabrani su iz višegodišnje prakse i obimnoga objavljenoga opusa autora, te njihova poznavanja većine računalnih programa za geostatističko modeliranje.

Rječnik sadrži 53 pojma čija makrostruktura se sastoji od istoga broja natuknica (tzv. lema) te uz svaku od njih odgovarajuće definicije. Osnovna definicija dana je jednom rečenicom (rječnik) uz moguće napomene kroz niz kratkih, predmetnih opisa i primjera (leksikon) te indeksiranje na značenjski povezane natuknice. Poredak je abecedni, tj. tvori abecedarij. Po kategoriji, radi se o specijaliziranom rječniku, preskriptivnoga karaktera jer propisuje standardne riječi u hrvatskoj geostatističkoj terminologiji. Leksikon je jednojezičan, hrvatski, a pojmovi prikazani u abecedariju imaju poveznice na engleski, francuski i njemački jezik.

Received: 15.12.2012.

Accepted: 12.04.2013.

Literatura

Lapaine, M. and Malvić, T. (2009): Geomathematics Between Mathematics and Geosciences. Annual of the Croatian Academy of Engineering, 12, 51-67.

Malvić, T. (2008a): Primjena geostatistike u analizi geoloških podataka. Sveučilišni priručnik, INA-Industrija nafte, d.d., 103 pp, Zagreb.

Malvić, T. (2008b): Kriging, cokriging or stochastic simulations, and the choice between deterministic or sequential approaches. Geologia Croatica, 61, 1, 37-47.

Malvić, T. (2008c): Production of a Porosity Map by Kriging in Sandstone Reservoirs, Case Study from the Sava Depression. Kartografija i geoinformacije, 9, 12-19.

Malvić, T. (2007): Geomatematika. Vijesti Hrvatskoga geološkog društva, 44, 1, 6-15.

Malvić, T. and Balić, D. (2009): Linearnost i Lagrangeov linearni multiplikator u jednadžbama običnoga kriginga. Nafta, 60, 1, 31-43.

Malvić, T. and Bastaić, B. (2008): Reducing variogram uncertainties using the 'jack-knifing' method, a case study of the Stari Gradac – Barcs-Nyugat field. Bulletin of Hungarian Geological Society (Foltani Kozlony), 138, 2, 165-174.

Malvić, T., Cvetković, M. and Balić, D. (2008): Geomatematički rječnik. Hrvatsko geološko društvo, 74 pp, Zagreb.

Malvić, T. and Cvetković, M. (2008): Hrvatsko-hrvatski rječnik iz primjene neuronskih mreža u geologiji. Vijesti Hrvatskoga geološkog društva, 45, 1, 43-46.

Malvić, T., Barišić, M. and Futivić, I. (2009): Cokriging geostatistical mapping and importance of quality of seismic attribute(s). Nafta, 60, 5, 259-264.

Novak Zelenika, K. and Malvić, T. (2010): Using of Ordinary Kriging for indicator variable mapping (example of sandstone/marl border). Naftaplin, 10, 56, 55-70.

Novak Zelenika, K., Malvić, T. and Geiger, J. (2010): Kartiranje gornjomiocenskih pješčenjačkih facijesa metodom indikatorskog kriginga (Mapping of the Late Miocene sandstone facies using indicator kriging). Nafta, 61, 5, 225-233.