

RJEČNIK OSNOVNIH GEOSTATISTIČKIH POJMOVA

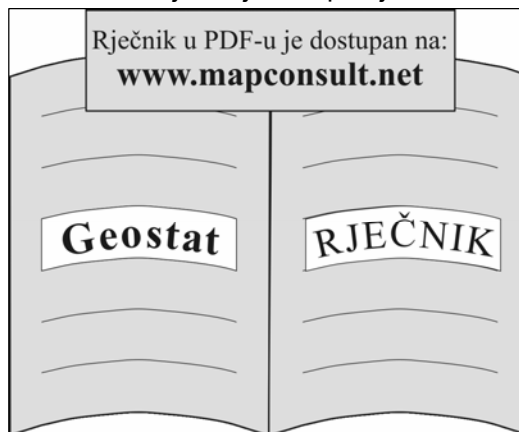
Tomislav MALVIĆ

Geostatistika i prostorna statistika, kroz zadnje 2-3 godine, postali su standardni alati u hrvatskoj naftnoj geologiji. Dio rezultata primjene različitih geostatističkih metoda publiciran je kroz niz članaka, prvenstveno u časopisima Nafta i Geologia Croatica, no i na nekoliko renomiranih inozemnih simpozija. Upotrebom geostatistike, ali i očekivanim širenjem njezine primjene kako u geologiji tako i drugim geoznanostima, pojavila se potreba prevođenja i standardiziranja hrvatskih pojmova u tom području.

Kao prvi korak u tom smjeru, načinjen je sažeti rječnik većine osnovnih geostatističkih pojmova, koji predstavlja djelomičan, odnosno nadopunjeni prijevod engleskog geostatističkog rječnika objavljenog kao dio programskog paketa GEOEAS, dostupnog na adresi www.epa.gov/ada/download/models/geoeas.pdf.

Radi se o jednom od najpoznatijih besplatnih paketa za primjenu geostatistike i prostorne statistike, koji je razvijen pri *United States Environmental Protection Agency*.

Hrvatski rječnik sadrži 30 pojmova poredanih u daljnjem tekstu po abecednom redu. Uz svaki izraz napisan je engleski izvornik.



Anizotropija („Anisotropy“) – slučaj kada je doseg veći (tj. bolja korelacija) u jednom negoli drugom smjeru.

Blok kriging („Block Kriging“) – Procjena vrijednosti bloka iz skupa bliskih uzoraka primjenom *kriginga*. Blok može biti površina ili prostor veličine 2x2, 3x3, 4x4 ili više ćelija, čije je središte u jednoj od točaka mreže („grid node“).

Diskretizacija („Discretization“) – Kod *kriginga* postupak aproksimacije područja u bloku konačnim nizom točaka.

Doseg („Range“) – U sfernom modelu daje veličinu kada model postiže maksimalnu vrijednosti ili prag („sill“). U eksponencijalnom i Gaussovu modelu, koji prag postižu asimptotski (odnosno nikada u potpunosti), koristi se „praktični“ ili „efektivni“ doseg koji se računa na mjestu gdje funkcija dosegne približno 95 % praga. Model čistog odstupanja („nugget model or nugget effect“) je funkcija bez dosega (iznosi 0), tj. između podataka ne postoji nikakva prostorna veza. Tada se procjena radi običnom aritmetičkom srednjom vrijednošću. Kod linearnog modela pojmovi „prag/doseg“ služe samo za određivanje nagiba.

Eksponencijalni model („Exponential Model“) – Česta teoretska funkcija za aproksimaciju eksperimentalnih variograma matematičkim modelom. Može se primijeniti i u kombinaciji s odstupanjem („nugget effect“).

Gaussov model („Gaussian Model“) - Česta teoretska funkcija za aproksimaciju eksperimentalnih variograma matematičkim modelom. Može se primijeniti i u kombinaciji s odstupanjem („nugget effect“).

Geostatistika („Geostatistics“) – Metodologija za analizu prostorno koreliranih podataka. Glavno obilježje je upotreba variograma ili sličnih tehnika za kvantificiranje i modeliranje prostorne korelacije podataka. Uključuje različite tehnike poput *kriginga*, koje vizualiziraju određeni prostorni korelacijski model.

Jednostavni kriging („Simple Kriging“) – Varijanta *kriginga* koja podrazumijeva da su lokalne srednje vrijednosti relativno konstantne i jednake srednjoj vrijednosti cijele populacije koja se smatra poznatom. Populacijska srednja vrijednost upotrijebljena je u svakoj lokalnoj procjeni, s uzorcima koji pripadaju takvoj lokalnoj procjeni.

Korak („Lag“) – Interval ili širina klase upotrijebljene za variogramski račun.

Kovarianca („Covariance“) – Statistička mjera korelacije između dvije varijable. U geostatistici, kovarianca se promatra kao inverzija variograma, a računa se kao razlika ukupne varijance i vrijednosti variograma. Češće se upotrebljavaju nego variogrami za izračun jednadžbi matrica *kriginga*.

Kriging („Kriging“) – Interpolacijska metoda bazirana na ponovljenom izračunu težinskih koeficijenata i srednjih vrijednosti podataka („weighted moving average“), gdje težinski koeficijenti dodijeljeni kontrolnim točkama (podatcima) minimiziraju varijancu procjene. Ta varijanca izračunana je kao funkcija variogramskog modela, relativnog razmještaja podataka i položaja točke (odnosno bloka) čija se vrijednost procjenjuje.

Kokriging («CoKriging») – interpolacijska metoda temeljena na ponovljenom izračunu težinskih koeficijenata i srednjih vrijednosti podataka («weighted moving average»), gdje težinski koeficijenti dodijeljeni kontrolnim točkama (podatcima) minimiziraju varijancu procjene. Za razliku od *kriginga*, takvi se izračuni obavljaju za primarnu i sekundarnu varijablu, a sekundarna varijabla je veličina koja na neki način dodatno opisuje ponašanje primarne.

Madogram („Madogram“) – Dijagram srednjih apsolutnih razlika parova mjerenja izražen kao funkcija udaljenosti i smjera. Madogrami nisu „pravi“ variogrami i općenito ne mogu biti upotrijebljeni kod *kriginga*. Ako se madogram ipak upotrijebi, procjene *kriginga* mogu biti „prihvatljive“, no standardna devijacija *kriginga* neće imati nikakvo značenje.

Model odstupanja („Nugget Model“) – Model konstantne varijance, koji se često primjenjuje u kombinaciji s jednom ili više matematičkih funkcija kojima se aproksimira eksperimentalni variogram. Odstupanje predstavlja veličinu između ishodišta i praga, određenu na osi Y, a predstavlja mjesto u kojoj započinje eksperimentalni variogram (kako je opisano, u slučaju kada isti ne započinje u ishodištu). Što je odstupanje veće procjena je slabija, sve do slučaja kada je ono jednako pragu. Tada je procjena *krigingom* zamjenjena procjenom aritmetičkom sredinom.

Numerička pogrješka interpolacije („Cross Validation“) – Tehnika za testiranje prihvatljivosti variogramskog modela i interpolacijske metode. Na mjestu gdje postoji podatak, mjerena vrijednost se zanemaruje, a nova procjena računa iz vrijednosti preostalih uzoraka u granicama elipsoida prostorne zavisnosti („searching neighborhood“). Zatim se procijenjena vrijednost uspoređuje s izmjerenom, računa se kvadrat razlike te se postupak ponavlja za sve postojeće mjerene vrijednosti na karti. Interpretacija takvih rezultata može biti vrlo korisna, ali ponekad i višeznačna pa se treba oprezno upotrijebiti. Neobično velike razlike između procijenjene i stvarne vrijednosti mogu upozoriti na nazočnost prostornih ekstrema („spatial outliers“) ili točaka koje, po svojim svojstvima, ne pripadaju ostalim mjerenim vrijednostima iz tog skupa.

Obični kriging („Ordinary Kriging“) – Tehnika *kriginga* u kojoj je pretpostavljeno da lokalna srednja vrijednost nije približna ili jednaka srednjoj vrijednosti ukupnog broja podataka. Pri procjeni upotrebljavaju se samo «bliski» uzorci unutar elipsoida pretraživanja.

Područje pretraživanja („Searching Neighborhood“) – Podrazumijeva elipsoid centriran u točki ili bloku čija se vrijednost procjenjuje. Samo mjerenja koja se nalaze unutar elipse (odnosno elipsoida prostorne zavisnosti) upotrijebljena su za izračun matrica *kriginga*. Kada se računa procjena u sljedećoj točki elipsa se pomiče te se za procjenu uzima najčešće (ali ne nužno) drugačiji skup mjerenih vrijednosti.

Prag („Sill“) – Gornja granica svakoga variogramskog modela koji ima takvo ograničenje, tj. koji na većim udaljenostima teži većim vrijednostima. Sferni, Gaussov, eksponencijalni model i model odstupanja («nugget effect») imaju definiran prag. U linearnom modelu pojmovi „prag/doseg“ služe za određivanje nagiba pravca.

Pretraživanje u kvadrantu („Quadrant Search“) - U GEOEAS-u (i nekim drugim programima) područje pretraživanja *krigingom* određeno je elipsoidom koji može biti podijeljen u četiri jednaka sektora. Za njih se može odrediti minimalni i maksimalni broj podataka potrebnih za izračun. Također se može postaviti ograničenje na najveći dopušteni broj sektora bez podataka. Ako neki od postavljenih kriterija nije ispunjen, procjena *krigingom* neće biti načinjena u toj točki.

Pretraživanje u oktantu („Octant Search“) – U GEOEAS-u (i nekim drugim programima) područje pretraživanja *krigingom* određeno je elipsoidom koji može biti podijeljen u osam jednakih sektora. Za njih se može odrediti minimalni i maksimalni broj podataka potrebnih za procjenu. Također se može postaviti ograničenje na najveći dopušteni broj sektora bez podataka. Ako neki od postavljenih kriterija nije ispunjen, procjena *krigingom* neće biti načinjena u toj točki.

Relativni variogram („Relative Variogram“) – Variogram u kojem je standardna variogramska vrijednost za svaki korak podijeljena kvadratom srednje vrijednosti uzoraka koji se upotrebljavaju u tom koraku („lag“). Takav pristup je rjeđi, no može biti koristan ako postoji „proporcionalni efekt“, tj. kada područja s koncentracijom podataka većom od prosječne imaju i varijancu veću od prosječne.

Semivariogram („Semivariogram“) – Funkcija identična variogramu, osim što je cijeli matematički izraz kraćen s brojem 2. Postoji stanovito neslaganje u geostatističkoj literaturi u tome koji je izraz bolji, no zbog jednostavnosti prevladava izraz „variogram“.

Sferni model („Spherical Model“) – Česta teoretska funkcija za aproksimaciju eksperimentalnih variograma matematičkim modelima, samostalno ili u kombinaciji s odstupanjem.

Standardna devijacija kriginga („Kriging Standard Deviation“) – Standardna pogreška procjene *krigingom*. Po definiciji, *kriging* je težinski linearni procjenitelj sa skupom težinskih koeficijenata koji minimiziraju varijancu procjene (kvadrat standardne pogreške). Povezanost standardne devijacije *kriginga* i stvarne pogreške procjene ovisna je o variogramskom modelu i o pravilima koja podrazumijeva njegovu konstrukciju i aproksimaciju. Zbog toga vrijednost standardne devijacije *kriginga* mora biti interpretirana s oprezom.

Stohastičke simulacije («Stochastic Simulations») – predstavljaju skupinu tehnika kojima se za isti ulazni skup podataka dobiva niz jednakovrijednih rješenja. Također iz relativno malobrojnog ulaznog skupa dobiva se znatno veći skup novih procjena (karata) iz kojih je moguće načiniti znatno pouzdaniji histogram ulaznog skupa (posljedica toga što se ulaznim vrijednostima pribrajaju i simulirane, te raste brojnost skupa). Simulacije su temeljene na algoritmu *kriginga* (*kokringing*), a dobivene vrijednosti prikazuju se kroz krivulju razdiobe vjerojatnosti (PDF), na kojoj se može odrediti npr. najmanje rješenje (sve ostala stohastička rješenja, kao što su ukupna poroznost, rezerve, dubine i drugo, veća su od te realizacije). Takva realizacija označava se i kao P1, što znači da na kumulativnoj krivulji vjerojatnosti postoji 99 % većih rješenja of toga, a po promatranom kriteriju. Statističkim odabirom može se na jednaki način odabrati medijan realizacija (P50), maksimalna realizacija (P100) ili bilo koje drugo rješenje s PDF krivulje. Neke od simulacijskih tehnika su sekvencijske Gaussove simulacije, sekvencijske indikatorske simulacije i dr.

Točkasti kriging („Point Kriging“) – Procjenjuje vrijednost u točki na temelju okolnih vrijednosti. Procjena *krigingom* u točki obično je vrlo slična procjeni *kriginga* u relativno malom bloku čije je središte u takvoj točki, no standardna devijacija veća je kod točkastoga *kriginga*. Točkasti *kriging* poštuje mjerene vrijednosti, odnosno tretira ih kao kontrolne točke («hard-data»).

Teoretski variogramski modeli («Theoretical Variogram Models») – Ovdje su spomenuti eksponencijalni, sferni, Gaussov, model odstupanja i linearni. Prva tri su najčešća i gotovo se uvijek koriste, eventualno uz manje odstupanje («nugget effect»). Prednost im je što se mogu opisati matematičkom funkcijom te je kasniji proračun matrica *kriginga* jednostavniji.

Ugniježđeni variogramski modeli („Nested Variogram Models“) – Model koji je zbroj dvaju ili više jednostavnih modela poput odstupanja („nugget effect“), sfernog, eksponencijalnog i drugih modela. Najjednostavniji ugniježđeni model jest dodavanje odstupanja nekom od teoretskih modela.

Variogram („Variogram“) – Vrijednost varijance (polovica kvadrata razlike) za par mjerenja koji je funkcija udaljenosti (ponekad i smjera) uzoraka. Obično su ispitani svi mogući parovi podataka te grupirani u razrede (korake), približno jednake udaljenosti i smjera. Variogrami osiguravaju sredinu ili kvantificiraju opaženu vezu koja jače povezuje bliže od udaljenijih uzoraka.

Variogram inverzne kovarijance („Inverted Covariance Variogram – InvCov“) – Variogram izračunan određivanjem koraka kovarijance („lag covariance“) na temelju ukupne varijance. Takav pristup primjenjuje se kada kod usmjerenih variograma sredina uzoraka nije jednaka u svim smjerovima (npr. glavnom i sporednom). Variogram inverzne kovarijance prilično je rijedak izraz, a upotrebljava se kada više nije nužno koristiti neke pretpostavke upotrijebljene za izračun variograma. Variogrami inverzne kovarijance mogu se izračunati i primijeniti kod *kriginga* jednako kao i uobičajeni variogrami.