

T. Malvić, M. Cvetković, D. Balić

*GEOMATEMATIČKI
RJEČNIK*

Hrvatsko geološko društvo
Geomatematički odsjek



GEOMATEMATIČKI RJEČNIK

T. Malvić, M. Cvetković, D. Balić

ISBN 978-953-95130-4-5



Tomislav MALVIĆ, Marko CVETKOVIĆ, Davorin BALIĆ

GEOMATEMATIČKI RJEČNIK

Hrvatsko geološko društvo
Geomatematički odsjek

Zagreb, 2008.

Nakladnik:
Hrvatsko geološko društvo (HGD), Sachsova 2, 10000 Zagreb
www.geologija.hr

Za nakladnika:
Mr. sc. Niko Dalić, dipl. ing. geologije, predsjednik Društva

Autori:
Dr. sc. Tomislav Malvić, dipl. ing. geologije
Marko Cvetković, dipl. ing. geologije
Davorin Balić, dipl. ing. geologije

Recenzenti:
Dr. sc. Zoran Peh, dipl. ing. geologije (Hrvatski geološki institut)
Prof. dr. sc. Josipa Velić, dipl. ing. geologije (Rudarsko-geološko-naftni fakultet)

Lektorica:
Dr. sc. Ivana Matas Ivanković

Grafičko oblikovanje i tisak:
Denona d.o.o., Zagreb

Naklada:
200 primjeraka

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice
u Zagrebu pod brojem 684315.

ISBN 978-953-95130-4-5

*Sva prava pridržana, HGD, 2008.
Djelomično pretiskivanje i umnažanje dopušteno je samo uz naznaku izvora,
a tiskanje i distribucija više od jednoga primjerka samo uz pismeno
odobrenje nakladnika.*

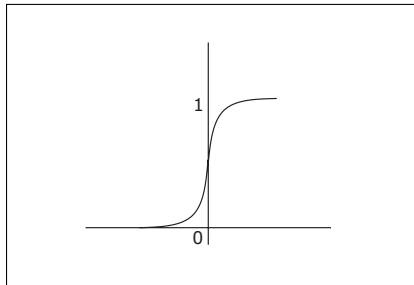
PREDGOVOR

Pisanje rječnika obično se ne zamišlja kao neki iznimno zanimljiv posao ili aktivnost koja će u znanstvenoj zajednici pobuditi veliko zanimanje. No, s druge strane, svatko od nas nebrojeno je puta posegnuo za malim (ponekad i velikim) knjigama na svojim policama tražeći prijevod ili objašnjenje nekoga pojma koji upravo unosi u svoje izvješće, članak ili neki drugi rad. Takve knjige, odnosno rječnici, česti su nam pomagači u svakodnevnome radu. Njihov je broj općenito velik, ali kada se promatra broj hrvatskih stručnih rječnika ili, nazovimo ih, stručnih pojmovnika na našem jeziku, u području geologije broj takvih djela prilično je skroman. Autori rječnika koji je pred vama proveli su nekoliko godina u istraživanju i primjeni geomatematike u različitim geološkim studijama i znanstvenim člancima. Rezultat takva rada bilo je i prikupljanje niza prijevoda i objašnjenja na hrvatskome jeziku u tome karakterističnome geološkome području. Potaknuti zajedničkim djelovanjem kroz aktivnosti Geomatematičkoga odsjeka, ali i cijeloga Hrvatskoga geološkoga društva, odlučili smo pripremiti hrvatski geomatematički rječnik (pokraj njih smo u zagradi ostavili i nazive na engleskome jeziku jer su oni još uvijek prilično zastupljeni u literaturi). Nadamo se da ćete ga otvoriti mnogo puta te da će kvaliteta rječnika biti potvrđena njegovim proširivanjem i novim izdanjima u koja ćemo unijeti i prijedloge čitatelja ovoga njegova prvoga izdanja.

Autori

A

Aktivacijska funkcija (*activation function*) – funkcija koja se povećava ovisno o graničnoj vrijednosti nužnoj za prihvaćanje hipoteze, što omogućuje da neuronska mreža izračuna ukupan rezultat. Vrijednosti težinskih koeficijenata i prihvaćanja hipoteze mijenjaju se i prilagođuju kroz razdoblje uvježbavanja (ili učenja) mreže. Neke od često upotrebljavanih aktivacijskih funkcija jesu sigmoidalna, hiperbolično-tangentna, linearna funkcija, linearna funkcija s pragom, a ima i drugih.



Graf sigmoidalne aktivacijske funkcije

Algoritam postupnoga opadanja (*gradient descent algorithm*) – povratni postupak koji se upotrebljava u višeslojnim mrežama, no često može znatno produžiti vrijeme uvježbavanja mreže. Vrijeme učenja postupno je skraćeno uvođenjem metode *postupnoga opadanja* kojim je poboljšana algoritam s povratnim postupkom.

Algoritam s povratnim postupkom (*Backpropagation algorithm*)

– algoritam koji podrazumijeva da učenje mreže uključuje određivanje razlike između stvarnoga i željenoga odgovora, tj. izračun pogreške vraća se natrag u mrežu u novi korak, s ciljem postizanja najuspješnijega učenja. Takva pogreška izračunata je za svaki neuron te upotrijebljena za prilagodbu težinskih koeficijenata i vrijednosti aktivacije funkcije. Opisani korektivni postupak nazvan je mrežom s povratnim postupkom koja opisuje postupak učenja i provjere mreže. To je ponovljeno toliko puta dok pojedinačna ili ukupna pogreška nije niža od postavljene granične vrijednosti. Nakon dosezanja te granice završeno je učenje mreže i ona može biti primijenjena za obradbu novih ulaza. Taj postupak danas je najpopularnija paradigma koja se primjenjuje u neuronskim mrežama. Time je povratna informacija provučena kroz mrežu od njezina ulaza do izlaza.

Anizotropija (*anisotropy*) – pojava kada je variogramski doseg veći (tj. bolja je autokorelacija podataka) u jednome nego u drugome smjeru. U širem smislu anizotropija je pojava kada promatrana varijabla pokazuje različita prostorna ili numerička obilježja u različitim smjerovima. Često se anizotropija promatra i provjerava po strukturnim osima ili pravcima pružanja taložnih okoliša.

Arhitektura potpuno povezanih perceptrona (*completely connected perceptrons*) – arhitektura koja podrazumijeva da su unutar sloja svi skriveni neuroni spojeni prema naprijed kroz sve moguće kombinacije.

B

Bezuvjetna simulacija (*unconditional simulation*) – vrsta simulacije kod koje se mjerene vrijednosti ne poštuju, nego se i one ponovno procjenjuju te se mogu razlikovati od izvornih podataka. Takva mogućnost pojavljuje se kada je mjerena vrijednost predstavljena točkom postavljenom unutar neke ćelije modela. Površina ćelije u apsolutnome je smislu znatno veća od točke te se može smatrati da će pomicanje položaja točke unutar ćelije uzrokovati da će se njezina vrijednost razlikovati od one na početnome položaju. Stupanj dopuštene promjene može se izračunati odgovarajućim algoritmima.

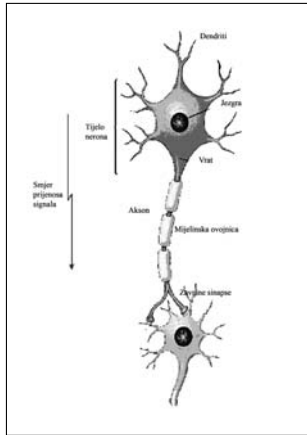
Binomna razdioba (*binomial distribution*) – razdioba kod koje se može se reći da je slučajna varijabla X binomno distribuirana ako je ona diskretna, $R(X) = \{0, 1, 2, 3, \dots, n\}$, i ako je funkcija vjerojatnosti zadana formulom:

$$P(X = k) = \binom{n}{r} \cdot p^r \cdot q^{n-r}$$

gdje je n bilo koji prirodan broj, $k \leq n$ prirodan broj i p ($0 < p < 1$) realan broj. Tada se može pisati $X \approx B(n, p)$.

Biološki neuron (*biological neuron*) – temeljna jedinica središnjega živčanoga sustava. Ukupni broj neurona u živčanome sustavu čovjeka iznosi oko 10^{11} . Neuroni su raspoređeni tako da je svaka pojedina

skupina zadužena za određene funkcije. Unutar same skupine neuroni su čvrsto povezani tako da se na ulaze jednih neurona nastavljaju izlazi drugih neurona. Veze mogu biti i povratne. Biološki neuron sastoji se od tijela neurona, dendrita i aksona. Dendriti imaju funkciju prihvaćanja signala iz drugih neurona i njima se prenosi više od 90% signala (ostatak prenosi samo tijelo neurona). Signali se dalje prenose na druge neurone preko aksona koji se izravno povezuju s dendritima susjednih neurona. Spojevi između dendrita jednoga neurona i aksona drugoga nazivaju se sinapse. Bitnu ulogu u prijenosu signala imaju neurotransmiteri koji u tisućinki sekunde reguliraju vezu između dendrita i aksona. Proces učenja i pamćenja sastoji se u upravljanju tokova neurotransmitera kojima se pojedine veze pojačavaju, smanjuju ili potpuno prekidaju. Svaka biološka neuronska mreža posjeduje unutrašnji, membranski, potencijal koji iznosi oko -70 mV. Potencijal se konstantno mijenja i kada dođe do postizanja granične vrijednosti, dolazi do pobuđivanja drugih neurona preko aksona. Aktiviranje jedne sinapse obično nije dovoljno da dođe do aktiviranja susjednoga neurona. Uzastopno aktiviranje jedne sinapse u kratkome vremensko-intervalu ili istovremeno aktiviranje više sinapsi može dovesti do izlazne aktivnosti neurona.



Biološki model neurona

Blok kriging (*Block Kriging*) – procjena vrijednosti bloka iz skupa bliskih uzoraka primjenom kriginga. Blok može biti predstavljen površinom veličine 2x2, 3x3, 4x4 ili više ćelija s konstantnom visinom ili trodimenzionalnim prostorom (npr. 3x3x3). Središte bloka uvijek je u jednoj od točaka mreže (*grid node*).

C, Č, Ć

Centar (*centre*) – vidi Središte.

Centralni granični teorem (*central limit theorem*) – vidi *Središnji granični teorem*.

Ciklički dio variograma (*cyclic part of variogram*) – pojava koja je česta na eksperimentalnim variogramima nakon dosezanja praga, kada ostatak krivulje nastavlja više ili manje pravilno oscilirati oko te vrijednosti.

Član (*member*) – ima dvojako značenje. Predstavlja određeni dio matematičke jednadžbe, npr. matrične jednadžbe kriginga. Također, u geologiji označuje litostratigrafsku jedinicu čija se geološka obilježja (debljina, poroznost, dubina i drugo) mogu analizirati i opisivati geomatematičkim alatima.

Ćelija (*cell*) – površina kojom se obično predstavlja jedan dio modela (kod geomatematičke primjene obično se radi o geološkome modelu). Takva temeljna površinska jedinica obično je najmanje područje u kojemu se procjenjuje vrijednost na temelju ulaznih podataka, bilo interpolacijom ili simulacijom. Ako unutar ćelije postoji mjereni podatak, on se obično naziva i čvrstim podatkom koji se nepromijenjen uzima u obzir kod kasnijih procjena. Moguće je, iako rijetko, takav

podatak ne smatrati nepromjenjivom vrijednošću kojom je predstavljena vrijednost cijele ćelije, odnosno takav podataka smatrati samo približnom procjenom točne vrijednosti ćelije. Razlog je tomu što je ćelija predstavljena dvodimenzionalnom površinom, a podatak je uvijek točka (točkasti podatak). Dakle, da je položaj te točke djelomično pomaknut unutar ćelije, moguće je da bi i njezina vrijednost (koja je ekstrapolirana na ćeliju) bila drugačija. Zato se, kod bezuvjetnih procjena ćelija, uz vrijednost točkastoga podatka još bilježi i interval statističke nesigurnosti (poput standardne devijacije).

D, DŽ

Delta pravilo (*Delta rule*) – poznato je kao i Widrow-Hoffovo pravilo ili pravilo najmanjih srednjih kvadrata. Cilj je ovoga pravila minimizirati sumu kvadrata pogrešaka, gdje je pogreška definirana kao razlika između izračunatoga i stvarnoga (zadanoga) izlaza neke neuronske mreže za dane ulazne podatke. Jednadžba Delta pravila glasi $\Delta w_{ji} = \eta \cdot izlaz_{cj} \cdot \varepsilon_i$, gdje je Δw_{ji} vrijednost prilagođivanja težine veze od neurona j prema neuronu i ($\Delta w_{ji} = \Delta w_{ji}^{nova} - \Delta w_{ji}^{stara}$), $izlaz_{cj}$ je vrijednost izlaza izračunatoga u neuronu j , a ε_i je tzv. “sirova pogreška” ($\varepsilon_i = izlaz_{ci} - izlaz_{di}$, gdje je $izlaz_{di}$ stvarni izlaz u neuronu i). Tzv. “sirova pogreška” rijetko se širi unatrag kroz mrežu. Češće se primjenjuju neki drugi oblici izračuna pogreške.

Delta-bar-delta pravilo (*Delta-bar-delta rule*) – pravilo koje je razvio Jacobs (1988.) s ciljem povećanja brzine konvergencije postupka kod klasičnoga Delta pravila. To je heuristički pristup prostorne raspodjele koeficijenata učenja η tako da svaka veza u mreži ima svoj korak učenja i mijenja te korake kontinuirano kako učenje napreduje. Ovo pravilo učenja koristi se zadanim (stvarnim) izlazom za računanje pogreške. Samim su tim mreže koje primjenjuju ovo pravilo nadgledane.

Determinizam (*determinism*) – svojstvo modela koji u sebi sadržava isključivo varijable koje je moguće u potpunosti opisati matematičkim jednadžbama. Deterministički sustav jest sustav koji ne sadržava slučajnosti bilo koje vrste u opisivanju svake svoje varijable. Ukratko, deterministički modeli za određenu vrstu vrijednosti svake ulazne varijable uvijek daju jednak izlaz (izračun je ponovljiv).

Diskretizacija (*discretization*) – kod kriginga postupak aproksimacije područja u bloku konačnim nizom točaka.

Doseg (*range*) – veličina u kojoj variogramski model postiže maksimalnu vrijednost ili prag (*sill*). U sfernome, eksponencijalnome i Gaussovu modelu, koji se pragu približavaju asimptotski (odnosno nikada ne dostignu vrijednost praga), primjenjuje se “praktični” ili “efektivni” doseg koji se računa na mjestu gdje funkcija doseže približno 95% praga. Model čistoga odstupanja (*nugget model or nugget effect*) funkcija je bez dosega (iznosi 0), tj. između podataka ne postoji nikakva prostorna veza. Tada se procjena radi običnom aritmetičkom srednjom vrijednošću. Kod linearnoga modela pojmovi *prag* i *doseg* služe samo za određivanje nagiba.

Džepni geostatistički model (*pocket geostatistical model*) – kolokvijalni naziv za jednostavnije geostatističke kalkulacije (poglavito variograma) programirane na snažnijim kalkulatorima ili dlanovnicima. Moguće ih je smisljeno primijeniti na skupovima s manjim brojem točkastih podataka.

E

Eksponecijalna funkcija (*exponential function*) – jedna od najvažnijih funkcija u matematici. Piše se kao $\exp(x)$ ili e^x , pri čemu e iznosi približno 2,71. Kao funkcija realne varijable x , graf funkcije $y = e^x$ uvijek je pozitivan iznad osi x i raste s lijeva na desno. Nikada ne dodiruje os x , iako mu je os x horizontalna asimptota. Inverzna funkcija eksponencijalne funkcije jest prirodni logaritam $\ln(x)$, definiran za sve pozitivne vrijednosti x .

Eksponecijalni model (*exponential model*) – česta teorijska funkcija za aproksimaciju eksperimentalnih variograma matematičkim modelom. Može se primijeniti i u kombinaciji s odstupanjem (*nugget effect*).

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

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

Ekstrapolacija (*extrapolation*) – određivanje novih vrijednosti izvan poznatoga skupa podataka. Postupak je donekle sličan interpolaciji, ali za razliku od interpolacije, rezultat je ekstrapolacije nesigurniji, odnosno svrstava se u područje pretpostavljenoga.

Elastični povratni algoritam (*resilient propagation algorithm*) – jedan od algoritama koji ubrzavaju proces uvježbavanja (skr. Rprop). Za razliku od standardnoga algoritma s povratnim postupkom, Rprop upotrebljava samo parcijalne derivacije u procesu prilagođivanja težinskih koeficijenata, odnosno služi se tzv. učenjem kroz epohe gdje su težinski koeficijenti prilagođeni tek nakon definiranja svih uzoraka ponašanja ili veza između podataka iz cijeloga ulaznoga skupa. Rezultat je 4 do 5 puta brži rad Rprop algoritma u odnosu na standardni algoritam s povratnim postupkom.

Elastični unaprijeđeni povratni algoritam (*improved resilient propagation algorithm plus*) – unaprijeđeni Rprop algoritam s lokalnim prilagodljivim pravilom učenja (skr. iRprop+).

F

F-test (*F-test*) – test koji služi za provjeru jesu li varijance dviju skupina podataka jednake. Ako su varijance dviju skupina podataka (uz pretpostavljenu normalnu razdiobu) jednake ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$), varijabla $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$ je karakterizirana F-distribucijom s $k_b = n_1 - 1$ stupnjeva slobode u brojniku te $k_n = n_2 - 1$ stupnjeva slobode u nazivniku. Pritom su s_1^2 i s_2^2 nezavisne procjene varijanci σ_1^2 i σ_2^2 . Ako se hipoteza H_0 ne odbacuje, tada u $100 \times (1 - \alpha) \%$ slučajeva vrijednost F zadovoljava nejednakost $F_1 \leq F \leq F_2$. Pritom su F_1 i F_2 odabrane tako da vrijedi

$$P\{F < F_1\} = \frac{\alpha}{2}, P\{F > F_2\} = \frac{\alpha}{2}.$$

Vrijednosti F_1 i F_2 predstavljaju *pragove značajnosti*, a interval $[F_1, F_2]$ područje prihvatanja hipoteze H_0 . Ako je $F < F_1$ ili $F > F_2$, odbacuje se hipoteza H_0 i prihvaća alternativna hipoteza H_1 .

Formacija (*formation*) – osnovna jedinica u litostratigrafskome sustavu jedinica, koja obuhvaća prepoznatljiv interval stijena, određen jasnom razlikom litologije i stratigrafije u odnosu na formacije u podini i krovini. Takve stijene često su opisane različitim geološkim i petrofizikalnim vrijednostima. Formacija je najčešća litostratigrafska jedinica za koju su (barem u hrvatskome dijelu Panonskoga bazena) prikupljene različite geološke varijable sa svojim (često uprosječe-

nim) vrijednostima. Tako su upravo stijene predstavljene formacijama vrlo često predmet različitih geomatematičkih analiza. Uz formacije čest su predmet takvih analiza i litostratigrafski članovi te ležišta ugljikovodika.

Funkcija gustoće vjerojatnosti (*probability density function* – PDF)

– vidi *Krivulja razdiobe vjerojatnosti*.

G

Gaussov model (*Gaussian model*) – česta teorijska funkcija za aproksimaciju eksperimentalnih variograma matematičkim modelom. Može se primijeniti i u kombinaciji s odstupanjem (*nugget effect*).

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

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

Geostatistika (*geostatistics*) – metodologija u analizi prostorno koreliranih podataka. Glavno je obilježje upotreba variograma ili sličnih tehnika za kvantificiranje i modeliranje prostorne korelacije podataka. Uključuje različite tehnike poput kriginga, koje vizualiziraju određeni prostorni korelacijski model.

Gnjezdasti variogramski model (*nested variogram model*) – vidi *Ugnježdjeni variogramski model*.

H

Hikvadrat-test (χ^2 -test) – statistički test koji se najčešće upotrebljava za ispitivanje hipoteze ako slučajna varijabla ima normalnu (ili neku drugu) razdiobu. Glavni je nedostatak toga testa da se provodi s podacima objedinjenim u skupine od kojih svaka ima svoju frekvenciju. Pritom grupiranje podataka može biti u velikoj mjeri samovoljno, jer se mijenjanjem broja (širine razreda) mijenjaju i frekvencije, a time i oblik razdiobe. Takav problem dijelom je riješen upotrebom Kolmogorov-Smirnovljeva testa. Parametri koji se računaju kod hikvadrat-testa jesu vrijednost χ^2 , stupanj slobode k te prag značajnosti (vjerojatnost pogreške prve vrste) $p_k(\chi^2)$.

I

Interpolacija (*interpolation*) – postupak računanja nove vrijednosti između dviju poznatih vrijednosti. U numeričkoj analizi obično se između dviju poznatih vrijednosti neke funkcije umetne nova, jednostavnija funkcija. Njezin iznos nikada ne prelazi interval određen točkama između kojih se računa. Vrijednosti dobivene interpolacijom svrstavaju se u područje mogućega.

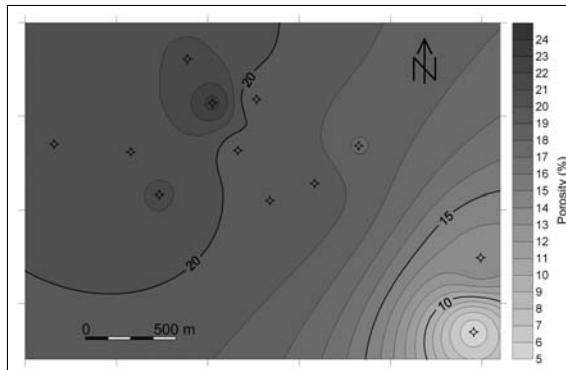
Interpolacijski algoritam (*interpolation algorithm*) – matematička metoda koja se upotrebljava za izračun novih vrijednosti (iz postojećih mjerenja) te izradbu karata. Karte su najčešći rezultat interpolacije (dvodimenzionalan), no interpolacija može biti načinjena i u 1 (jednoj) ili 3 (tri) dimenzije (odnosno na dužini ili kakvome tijelu poput kocke).

Inverzna udaljenost (*inverse distance weighting*) – interpolacijska metoda inverzne udaljenosti procjenjuje vrijednosti na temelju relativno jednostavnoga matematičkoga izraza:

$$z_{IU} = \frac{\frac{z_1}{d_1^p} + \frac{z_2}{d_2^p} + \dots + \frac{z_n}{d_n^p}}{\frac{1}{d_1^p} + \frac{1}{d_2^p} + \dots + \frac{1}{d_n^p}}$$

Utjecaj svake točke obratno je proporcionalan njezinoj udaljenosti od lokacije na kojoj se procjenjuje vrijednost. Broj točaka uključenih u

procjenu ($z_1 \dots z_n$) određen je polumjerom kružnice postavljene oko spomenute lokacije. Rezultat metode uvelike ovisi o vrijednosti *ekspONENTA udaljenosti* (p). Najčešće ta vrijednost iznosi 2, jer je tada i račun najjednostavniji, a podjednako se uočavaju oblici na makroskali i mikroskali.



Karta raspodjele poroznosti dobivena metodom inverzne udaljenosti

Iteracija (*iteration*) – korak u analizi podataka neuronskom mrežom prilikom kojega se vrijednosti težinskih koeficijenata prilagođuju s obzirom na vrijednosti iznosa učenja. Broj iteracija zadaje korisnik prilikom određivanja vrijednosti neuronske mreže. Veći broj iteracija pri uvježbavanju mreže načelno znači da će mreža imati manju pogrešku prilikom predviđanja, no postoji opasnost od preuvježbavanja mreže.

Izlazni sloj (*output layer*) – sloj u kojemu su predstavljeni rezultati rada (uvježbavanja, predviđanja) mreže. Uvijek postoji samo jedan izlazni sloj u mreži.

Iznos učenja (*learning rate*) – važan parametar kod uvježbavanja mreže. Pravilno prilagođivanje te vrijednosti omogućuje dobro prepoznavanje općega trenda u promjeni vrijednosti ulaznih podataka.

Radi se o jednom od najvažnijih članova u jednadžbama kojima se opisuju kalkulacije unutar neuronske mreže. Na primjeru jedne od najpopularnijih vrsta neuronskih mreža (vidi *Mreža s povratnim postupkom*), koja se temelji na vraćanju informacija unutar mreže od izlaznog sloja unatrag, određivanje težinskih koeficijenata i pogriješke iskazano je jednadžbom u kojoj se nalazi i vrijednost *iznosa učenja* i to kao:

$$w_{ij} = w_{ij}^* + LR \cdot e_j \cdot X_i$$

gdje su:

i – broj ulaza j -tog neurona u izlaznom sloju

j – broj neurona

w_{ij} – težinski koeficijenti

w_{ij}^* – korekcija težinskog koeficijenta određena postupkom učenja

LR – iznos učenja (engl. *learning rate*)

e_j – iznos pogriješke

X_i – vrijednost i -tog ulaza

J

Jednostavni kriging (*Simple Kriging*) – inačica 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. Kod jednostavnoga kriginga matična jednadžba napisana u punome obliku glasi:

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

gdje je γ (*izraz*) vrijednost semivariograma, λ težinski koeficijent, $Z_1 \dots Z_n$ mjerene vrijednosti u točkama, a Z točka u kojoj se procjenjuje nova vrijednost iz okolnih, poznatih vrijednosti $Z_1 \dots Z_n$.

K

Kaos (*chaos*) – općeniti naziv za ponašanje koje je zabilježeno u dinamičkim sustavima čija je promjena takva da bi njezino opisivanje determinističkim jednadžbama bilo nemoguće (rezultati bi bili nepredvidljivi ili slučajni). Zato se razvila grana matematike i fizike koja se naziva teorija kaosa, a služi za opisivanje dijela nelinearnih dinamičkih sustava. Kaotični sustavi, iako dinamički, često u sebi sadržavaju određene pravilne uzorke koji se mogu opisivati. Danas je teorija kaosa prihvaćen alat za rješavanje mnogih dinamičkih problema (meteorologija, medicina i mnoge druge prirodne znanosti koje analiziraju velike skupove podataka u naizgled slaboj vezi) koje je pojavom računala postalo moguće opisivati.

Koeficijent momenta (*momentum coefficient*) – ulazna vrijednost vrlo važna kod uvježbavanja mreže. Određuje veličinu prijašnjih iteracija te njezin utjecaj na novu procjenu. Geološki smisao te tvrdnje može se prikazati na sljedećemu primjeru: zamislimo skup 1D vrijednosti poroznosti 7,2, 7,0, 6,3, 5,7, 6,2, 6,5, 5,5, 5,2 %. Takav niz pokazuje općeniti trend smanjivanja vrijednosti prema svojem kraju. No, također sadržava i jedan lokalni minimum od 5,7 % na 4. mjestu.

Kohonenovo pravilo (*Kohonen's rule*) – pravilo učenja kod kojega neuronska mreža ne uči na poznatim izlazima, a težine u mreži prilagođuju se koristeći se ulazom u neuron i .

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

Kolmogorov-Smirnovljev test (Kolmogorov–Smirnov test) – statistički test koji ne traži da se podatci razvrstaju u skupine (za razliku od hikvadrat-testa), a glavni je zahtjev raspoloživost vrlo velikoga uzorka. Također služi za provjeru vrste razdiobe ulaznih podataka, ponajprije normalne razdiobe. Hipoteza se prihvaća s obzirom na postavljeni prag značajnosti koji se označuje s $p(K-S)$.

Korak (lag) – interval ili širina klase upotrijebljene za variogramski račun.

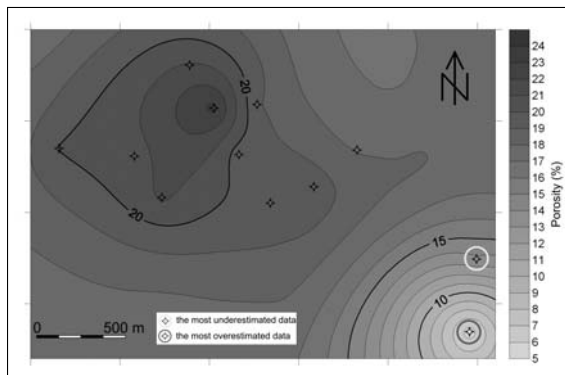
Korekcijski izraz (correction rate) – razlika između stvarne i modelirane vrijednosti. Ta je vrijednost izračunata za svaki skriveni sloj, dok mreža pokušava smanjiti spomenutu razliku u svakoj sljedećoj iteraciji.

Korisnost (utility) – “zadovoljstvo” koje kod investitora uzrokuje očekivana vrijednost ili očekivana dobit. U području istraživanja i proizvodnje ugljikovodika pojam korisnosti povezan je s geološkim, tržišnim ili drugim rizicima. Ekonomisti upotrebljavaju izraz “margi-

nalne korisnosti” da objasne stavove prema riziku, a osobito stav izbjegavanja rizika.

Kovarijanca (*covariance*) – statistička mjera korelacije između dviju varijabli. U geostatistici se kovarijanca promatra kao inverzija variograma, a računa se kao razlika ukupne varijance i vrijednosti variograma. Češće se upotrebljava nego variogrami za izračun jednadžbi matrica kriginga.

Kriging (*kriging*) – interpolacijska metoda temeljena na ponovljeno-me izračunu težinskih koeficijenata i srednjih vrijednosti podataka. Konačne vrijednosti težinskih koeficijenata ovise samo o udaljenosti-ma mjerenih vrijednosti od točke procjene, a ne i od samih mjerenih vrijednosti. Izračunati težinski koeficijenti dodijeljeni kontrolnim točkama (podacima) minimiziraju varijancu procjene. Dobivena varijanca naziva se još i varijancom kriginga, a izračunata je kao funkcija variogramskoga modela.



Karta raspodjele poroznosti dobivena metodom kriginga

Krivulja razdiobe vjerojatnosti (*probability density function – PDF*) – za diskretnu razdiobu vjerojatnosti takva krivulja određuje za svaku realizaciju ‘x’ slučajne varijable X vjerojatnost da će ta varijabla poprimiti vrijednost karakterističnu za realizaciju. Za diskretne podatke rezultat su te funkcije relativne frekvencije svake vrijednosti ‘x’. Na primjer, ako postoji pet slojeva (‘a,b,c,d,e’) sljedećih debljina: 43, 27, 14, 11 i 5 metara, tada funkcija razdiobe vjerojatnosti ima oblik: $f(a) = 0,43$, $f(b) = 0,27$, $f(c) = 0,14$, $f(d) = 0,11$, $f(e) = 0,05$. Usporedi *Funkcija gustoće vjerojatnosti*.

Krosvalidacija (*cross-validation*) – relativno jednostavna numerička metoda čija je primjena vrlo raširena. Primjenjuje se za procjenu kvalitete. Temelji se na uklanjanju vrijednosti mjerene na odabranome mjestu i određivanju nove vrijednosti na istome mjestu, uzevši u obzir preostale podatke. Postupak se ponavlja za sve lokacije i na kraju će biti izračunata srednja kvadratna pogreška (*MSE – mean square error*). Nedostatak je ove metode neosjetljivost na broj analiziranih lokacija.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{stvarna vrijednost} - \text{procijenjena vrijednost})_i^2$$

pri čemu je: *MSE* rezultat dobiven metodom krosvalidacije (*mean square error*), *stvarna vrijednost* veličina na lokaciji *i*, a *procijenjena vrijednost veličina* procijenjena na lokaciji *i*.

L, Lj

Lokalno prilagodljiva pravila učenja (*local adaptive learning rules*) – mreže koje korisniku olakšavaju prilagođivanje parametara uvježbavanja, automatizirajući neke ulazne vrijednosti koje postavlja korisnik. Na primjer, omogućeno je da se pojam iznosa učenja mreže poznaje samo elementarno. Nadalje, svaka sinaptička veza unutar mreže ima svoju vlastitu vrijednost iznosa učenja, optimiziranu kroz uvježbavanje. Automatiziran je i proces određivanja veličine mreže čime je spriječeno zagušenje prilikom modeliranja, odnosno predimenzioniranje zbog memoriziranja podataka ili analize podataka koji predstavljaju “šum”, tj. nisu karakteristični za ulazni signal.

Ljuska modela (*model shell*) – izraz koji se često primjenjuje kod opisivanja granica geološkoga modela koji se prikazuje na računalu. Takva ljuska obuhvaća, na primjer, ležište ili drugo geološko tijelo u podzemlju koje se analizira i prikazuje grafički, slikom i brojčanim vrijednostima. Ljuska modela zatvara površinu ili tijelo koje takav model opisuje, a njezine granice mogu biti određene slobodno odabranim polinomom, rasjedima, litološkim granicama ili nekim drugim veličinama i vrijednostima važnim za geološki model.

M

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.

Matrica (*matrix*) – u matematici matrica je prikazana kao tablica brojeva pravokutnoga oblika. Matrica je definirana za prirodne brojeve m i n kao preslikavanje $A: \{1, 2, \dots, m\} \times \{1, 2, \dots, n\} \rightarrow F$. To je matrica tipa (m, n) s koeficijentima iz polja F . Kaže se da je A matrica s m redaka i n stupaca, gdje se u i -ti redak i j -ti stupac navodi funkcijska vrijednost $A(i, j)$. Takva matrica standardno se piše:

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ & & \dots & \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Matrice se upotrebljavaju za prikaz linearnih jednadžbi, za uvođenje koeficijenata linearnih transformacija (vidi *Obični kriging*), a također se mogu zbrajati, množiti i razlagati na razne načine.

(1) Primjer množenja matrica konstantom k :

$$k \cdot \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k \cdot a & k \cdot b \\ k \cdot c & k \cdot d \end{bmatrix}$$

(2) Primjer zbrajanja matrica:

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e & f \\ g & h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a+e & b+f \\ c+g & d+h \end{bmatrix}$$

(3) Primjer množenja matrica:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ b_{31} & b_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} \cdot b_{11} + a_{12} \cdot b_{21} + a_{13} \cdot b_{31} & a_{11} \cdot b_{12} + a_{12} \cdot b_{22} + a_{13} \cdot b_{32} \\ a_{21} \cdot b_{11} + a_{22} \cdot b_{21} + a_{23} \cdot b_{31} & a_{21} \cdot b_{12} + a_{22} \cdot b_{22} + a_{23} \cdot b_{32} \end{bmatrix}$$

Matrična jednadžba kriginga (*kriging matrix*) – rezultat matematičkih jednadžbi i izvoda kriginga moguće je napisati u obliku matričnih jednadžbi. Unutar dviju od tih matrica vrijednosti su izražene vrijednošću variograma ili kovarijance, odnosno ovise o udaljenosti uspoređenih lokacija. Treća matrica sadržava težinske koeficijente koji se na kraju procjenjuju iz prvih dviju spomenutih matrica. Simbolički se spomenuta matrična jednadžba piše u obliku:

$$[W] \times [L] = [B]$$

Mreža s povratnim postupkom (*Backpropagation network*) – ograničenje mreže temeljene na perceptronima jest da se uzorci mogu razdvojiti i prepoznati samo kroz linearnu matricu. To ograničenje prevladano je uvođenjem nove paradigme ili algoritma nazvanoga povratni postupak. Taj algoritam unaprjeđuje mehanizam pojedinač-

noga perceptrona upotrebom velikoga broja skrivenih slojeva. Odatle potječe i naziv *višeslojna mreža*.

Mreža s radijalnom funkcijom (*Radial basis function network*) – mreža koja se može upotrebljavati u jednakim situacijama kao i mreža s povratnim postupkom. Koristi se radijalno simetričnom i radijalno ograničenom aktivacijskom funkcijom u skrivenome sloju. Ta mreža nema neke nedostatke mreže s povratnim postupkom, poput lokalnoga minimuma i dugotrajnoga učenja, no zahtijeva više računanja prije negoli sama dosegne zadani minimum kroz određeni broj iteracija.

Mrežni slojevi (*network layers*) – odabrani broj neurona predstavlja ulazni sloj koji prikuplja i raspodjeljuje podatke u mreži. Svi takvi ulazi prilagođeni su kroz jednadžbu koja se primjenjuje unutar skrivenih slojeva upotrebom aktivacijske funkcije. Rezultat je prikazan u izlaznome sloju. Skriveni slojevi povezani su samo unutar mreže i ne šalju informacije izvan nje.

N

Nadgledane uvježbane mreže (*supervised trainable networks*) – predstavljaju mreže opremljene s nekoliko primjera u kojima je traženi problem riješen. Iz toga uzorka mreža vježba, odnosno uči, te će iz sličnoga ulaznoga skupa moći samostalno načiniti predviđanje nedostajućih podataka upotrebom naučenoga uzorka. Ako neobrađeni ulazni skup sadržava nove varijable, predviđanje mrežom bit će krivo ili se uopće neće moći načiniti.

Najbliže susjedstvo (*nearest neighbourhood*) – interpolacijska metoda najbližega susjedstva dodjeljuje vrijednost najbliže točke svakomu čvoru mreže. Ta je metoda korisna u slučaju kada postoji praznina u podacima, a želi se načiniti pregledna karta zona.



Karta raspodjele poroznosti dobivena metodom najbližega susjedstva

U slučaju kada nedostaje nekoliko podataka, ovom metodom moguće je “nadopuniti” praznine na relativno djelotvoran način. Ako postoje područja na kojima nema dovoljnoga broja podataka da bi dobivena mreža mogla biti relevantna, ona se mogu izuzeti iz proračuna.

Neizraziti broj (*fuzzy number*) – broj koji pripada konveksnomu i normaliziranomu neizrazitomu skupu ($\tilde{A} \subseteq R$) čija je pripadajuća funkcija barem na nekim segmentima kontinuirana te točno u jednoj lokaciji poprima vrijednost $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ u.

Neizrazita logika (*fuzzy logic*) – logički sustav (koji je prvi opisao Zadeha 1960.) koji se naziva i sustav neizrazite logike, u kojemu su načela zaključivanja zasnovana na teoriji neizrazitih skupova, a pri tom se primjenjuju logičke sintakse “ako-onda” (*if-then*). U teoriji neizrazitih skupova element može samo djelomično pripadati nekomu skupu, a to se određuje stupnjem pripadnosti. Time je teorija djelom neodređena, nesigurna, tj. nije izražena (jasna) (*fuzzy*). Takvi sustavi primjenjuju se u mnogim situacijama (u kontroli dizala, perilica, analize ljudskoga govora), pa i u geologiji.

Neizraziti skupovi (*fuzzy sets*) – skupovi čiji elementi imaju stupanj članstva. Predstavljaju produžetak, odnosno nadopunu klasičnoj teoriji skupova u kojoj je članstvo ili pripadnost elemenata skupu procijenjeno u binarnome ili kategoričkome odnosu. Drugim riječima, u klasičnoj teoriji neki element pripada ili ne pripada skupu. S druge

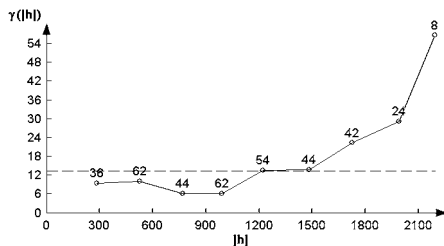
strane, teorija neizrazitih skupova dopušta stupnjevitu ili djelomičnu pripadnost elemenata skupu.

Neizraziti upravljački sustav (*fuzzy control system*) – sustav upravljanja temeljen na neizrazitoj logici (*fuzzy logic*). Matematički se ispituju analogne ulazne vrijednosti, predstavljene logičkim varijablama, u rasponu između 0 i 1. Razlikuje se od standardne ili digitalne logike koje rade sa diskretnim vrijednostima 0 i 1 (*true and false*).

Neusmjereni variogram (*omnidirectional variogram*) – eksperimentalni variogram koji pri izračunu parova podataka nije usmjeren po nekome pravcu. Teorijski, može se smatrati da je kut pretraživanja postavljen na 90 stupnjeva, čime se polukružnice postavljene oko pravca glavne i sporedne variogramske osi (međusobno okomitih) preklapaju u potpunosti.

Neuron (*neuron*) – vidi *Biološki neuron* i *Umjetni neuron*.

Neusmjereni variogram (*omnidirectional variogram*) – eksperimentalni variogram koji je pri izračunu parova podataka usmjeren nekim pravcem. Pritom je važna variogramska veličina kut pretraživanja, čija širina određuje veličinu “prozora” iz kojega se preuzimaju podatci. Najveći mogući kut pretraživanja iznosi 45 stupnjeva sa svake strane pravca pružanja variogramske osi. Nakon toga bi se “prozori” pretraživanja počeli prekrivati na pravcu glavne osi i sporedne osi okomite na nju.



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

Numerička pogreška interpolacije (*numerical interpolation error*) – tehnika za testiranje prihvatljivosti variogramskog modela i interpolacijske metode. Na mjestu gdje postoji podatak, zanemaruje se mjerena vrijednost, a nova procjena računa se iz vrijednosti preostalih uzoraka u granicama elipsoida prostorne zavisnosti (*searching neighbourhood*). 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 je 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 toga skupa. Usporedi *Krosvalidacija*.

O

Obični kriging (*Ordinary Kriging*) – najčešće upotrebljavana tehnika kriginga u kojoj je pretpostavljeno da lokalna srednja vrijednost (unutar nekoga radijusa pretraživanja) nije približna ili jednaka srednjoj vrijednosti ukupnoga broja podataka. Pri procjeni se upotrebljavaju samo “bliski” uzorci unutar elipsoida pretraživanja (vidi *Pretraživanje u kvadrantu i oktantu*). Ta tehnika kriginga (poput svih ostalih osim jednostavnoga kriginga) ima dodan “faktor ograničenja” unutar jednadžbi (*constraint*) kako bi se minimizirala pogreška $\sigma_k^2(x)$ i time procjena postala nepristrana. Takav faktor u pravilu opisuje neko vanjsko ograničenje ulaznih podataka koje nije vidljivo iz samih vrijednosti, a naziva se Lagrangeovim faktorom (ili Lagrangeovim multiplikatorom). Kod tehnike običnoga kriginga vrijedi uvjet da je zbroj svih težinskih koeficijenata jednak 1 te se može prikazati sljedećim nizom linearnih jednadžbi:

$$\gamma(Z_1 - Z_1)x\lambda_1 + \gamma(Z_1 - Z_2)x\lambda_2 + \dots + \gamma(Z_1 - Z_n)x\lambda_n + \mu = \gamma(Z_1 - Z)$$

$$\gamma(Z_2 - Z_1)x\lambda_1 + \gamma(Z_2 - Z_2)x\lambda_2 + \dots + \gamma(Z_2 - Z_n)x\lambda_n + \mu = \gamma(Z_2 - Z)$$

.....

$$\gamma(Z_n - Z_1)x\lambda_1 + \gamma(Z_n - Z_2)x\lambda_2 + \dots + \gamma(Z_n - Z_n)x\lambda_n + \mu = \gamma(Z_n - Z)$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n + 0 = 1$$

Ako se sustav linearnih jednadžbi prikaže matricno, dobiva se:

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

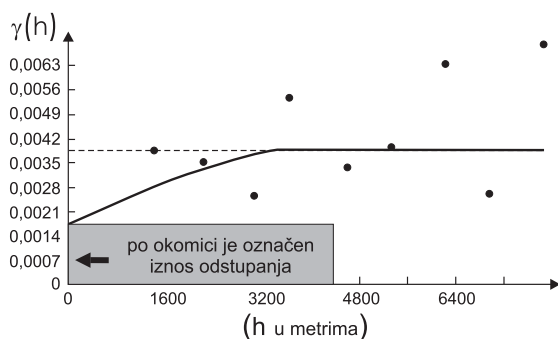
Broj težinskih koeficijenata ovisi o broju kontrolnih točaka i može se širiti na vrlo velike ulazne skupove, jer u današnje vrijeme računalni programi uspješno rješavaju i takve velike matrice. Nakon toga procijenjena vrijednost jednostavno je zbroj svih kontrolnih točaka otežanih pripadajućim koeficijentima:

$$Z = \lambda_1 \cdot Z_1 + \lambda_2 \cdot Z_2 + \dots + \lambda_n \cdot Z_n$$

Obradba podataka (*data processing*) – postupci koji se primjenjuju na računalu, a uključuju analiziranje, procjenjivanje i modeliranje podataka u korisnu informaciju, npr. geološki model ili kartu. Svi geometrički alati koji se mogu upotrijebiti u računalnim programima namijenjeni su za takve postupke. Posebno su naglašene različite obradbe kao rezultat upotrebe raznih algoritama ili arhitektura neuronskih mreža.

Odstupanje (*nugget model*) – model konstantne varijance koji se često primjenjuje u kombinaciji s jednom ili više matematičkih funkcija kojima se aproksimira eksperimentalni variogram. Odstupanje je veličina između ishodišta i praga, određena na osi Y , a predstavlja

mjesto u kojemu započinje eksperimentalni variogram (kako je opisano, u slučaju kada on ne započinje u ishodištu). Što je odstupanje veće, procjena je slabija, sve do slučaja kada je ono jednako pragu. Tada je procjena krigingom u cijelome modelu zamijenjena aritmetičkom sredinom.



Prikaz određivanja iznosa odstupanja na eksperimentalnom variogramu

Odstupanje na eksperimentalnim variogramima uvijek se aproksimira iz iznosa nekoliko eksperimentalnih točaka najbližih ishodištu variograma. Takva aproksimacija tim je nesigurnija što je veća širina variogramskih razreda, jer su takve točke udaljenije.

P

Perceptron (*perceptron*) – arhitektura neuronske mreže koja se temelji na skladištenju podataka onako kako se to odvija u ljudskome umu. Takav mehanizam posjeduje svojstva “učenja” te je zapravo prvi prototip kasnijih neuronskih mreža. Perceptronski mehanizam temelji se na međupoveznicama kakvima je obilježena ljudska asocijativna memorija.

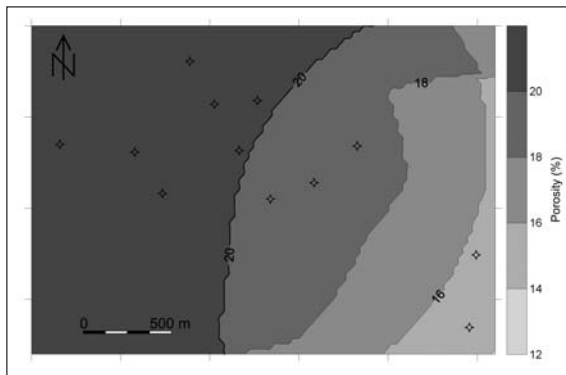
Područje pretraživanja (*searching neighbourhood*) – elipsoid centriran u točki ili bloku čija se vrijednost procjenjuje. Sama mjerenja koja se nalaze unutar elipse (odnosno elipsoida prostorne zavisnosti) upotrijebljena su za izračun matrica kriginga. Kada se računa procjena u sljedećoj točki, elipsa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

Poissonova razdioba (*Poisson distribution*) – slučajna varijabla X ima Poissonovu razdiobu ako je njezina razdioba diskretna, $R(X) = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ i ako je funkcija vjerojatnosti zadana formulom:

$$P(X = r) = \frac{1}{r!} \cdot e^{-\lambda} \cdot \lambda^r$$

gdje je $\lambda > 0$ slobodno odabrana konstanta. Tada se može pisati $X \approx P_0(\lambda)$.

Pokretna sredina (*moving average*) – metoda koja dodjeljuje vrijednosti točkama mreže tako da određuje srednju vrijednost podataka koji se nalaze unutar određenoga područja čvora mreže. Također mora biti definiran i najmanji broj podataka koji se uzima u obzir. Točka mora biti smještena u središte područja u kojemu se računa srednja vrijednost. Podatak, odnosno njegova vrijednost koja se dobije za svaki čvor jednaka je aritmetičkoj sredini podataka koji se nalaze unutar definiranoga područja s mjerenim vrijednostima. Ako je broj podataka unutar definiranoga područja manji od graničnoga broja podataka, vrijednost u točki neće se izračunati. Metoda nije pogodna za skupove s malim brojem ulaznih podataka (vidjeti priloženu sliku), jer je iznos aproksimacije u bliskim područjima bez vrijednosti jednoličan.



Karta raspodjele poroznosti dobivena metodom pokretne sredine

Poopćeno Delta pravilo (*Generalized Delta rule*) – pravilo dobiveno dodavanjem derivacije ulazne funkcije u Delta pravilo tako da se prilagođivanje težina računa po formuli: $\Delta w_{ji} = \mu \cdot y_{cj} \cdot \varepsilon_i \cdot f'(I_i)$, gdje je

I_i ulaz u neuron i . To se pravilo može primijeniti kod nelinearnih aktivacijskih funkcija.

Povratni postupak (*Backpropagation procedure*) – proces uvježbavanja mreže koji uključuje određivanje razlike između stvarnoga i željenoga odgovora mreže, odnosno izračun iznosa pogreške koji se vraća natrag u mrežu kako bi se bolje uvježbala. Takva pogreška određena na svakome neuronu služi za prilagođivanje postojećih težinskih koeficijenata i vrijednosti njihove aktivacije. Vidi *Algoritam s povratnim postupkom*.

Prag (*sill*) – gornja granica svakoga variogramskoga modela koji ima takvo ograničenje, tj. koji na većim udaljenostima teži većim vrijednostima. Sferni, Gaussov, eksponencijalni model i odstupanje (*nugget effect*) imaju definiran prag. U linearnome modelu pojmovi *prag* i *doseg* služe za određivanje nagiba pravca.

Prag značajnosti (*level of significance*) – granična vrijednost s obzirom na koju se određuje hoće li se odbaciti hipoteza ispitana statističkim testom (npr. t-testom, hkvadrat-testom, Kolmogorov-Smirnovljevim testom i drugima). Uobičajeno je da se hipoteza ne odbacuje nego se prihvaća kada je prag (razina) značajnosti veća od 5 %.

Pravilo učenja (*learning rules*) – formula koja se primjenjuje za prilagođivanje težinskih koeficijenata među neuronima. Najčešće korištena pravila jesu: Delta pravilo (vidi), poopćeno Delta pravilo (vidi), Delta-bar-delta pravilo (vidi) i Kohonenovo pravilo (vidi).

Pretraživanje u kvadrantu i oktantu (*quadrant and octant search*)

– područje pretraživanja krigingom (ili nekom drugom interpolacijskom metodom) određeno je elipsoidom koji može biti podijeljen u četiri (kod kvadranta) ili osam jednakih (kod oktanta) 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.

R

Razina značajnosti (*level of significance*) – vidi Prag značajnosti.

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

Rizik (*risk*) – stupanj spremnosti da se uloži neka vrijednost u očekivanu dobit. Očekivanje je rezultat vrste rizika, odnosno spremnosti da se veća dobit veže uz veći mogući gubitak. Stavovi prema riziku dijele se na neutralni stav prema riziku (investicija jamči održavanje sredstava ili malu dobit), podržavanje rizika (investicija je načinjena unatoč tomu što je mogućnost gubitka veća od 50 %) te izbjegavanje rizika (mogućnost dobitka prelazi 50 %).

S

Semivariogram (*semivariogram*) – funkcija identična variogramu, osim što je cijeli matematički izraz kraćen brojem 2. Postoji određeno 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.

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

gdje je $\gamma(h)$ vrijednost semivariograma, h udaljenost te a doseg.

Shapiro-Wilkov W test (*Shapiro-Wilk W test*) – danas jedan od najčešće upotrebljivanih i najpouzdanijih statističkih testova za potvrđivanje hipoteze o normalnoj razdiobi. Ako je rezultat značajan, odbacuje se hipoteza o normalnosti razdiobe. Test se odlikuje velikom sigurnošću zaključka o odbacivanju ili neodbacivanju hipoteze.

Simulacija (*simulation*) – postupak predviđanja drugačiji od interpolacije, no također predstavlja procjenu nepoznate vrijednosti iz postojećih mjerenja u odabranoj točki. Za razliku od interpolacije algori-

tam kod simulacije opisuje moguće rješenje upotrebom uzorkovanja mogućih vrijednosti s krivulje gustoće vjerojatnosti. Zato je za jedan ulazni skup vrijednosti moguće dobiti niz jednakovrijednih rješenja ili realizacija. Vidi *Bezuvjetna simulacija* i *Uvjetna simulacija*.

Skriveni sloj (*hidden layer*) – još se naziva i međusloj. Unutar jedne neuronske mreže može biti i više takvih slojeva. Skriveni sloj nije povezan s okolinom mreže, već mu je namjena da obrađuje podatke (upotrebom aktivacijske funkcije) koji su u mrežu došli preko ulaznih slojeva.

Središte (*centre*) – točka za koju je vezan neki postupak ili vrijednost. U geomatematici taj pojam gotovo uvijek podrazumijeva središnju točku ćelije ili volumena (tijela) na kojemu ili u kojemu se radi procjena.

Središnji granični teorem (*central limit theorem*) – teorem kojim se tvrdi (Laplace 1818. i Lyapunov 1901.) da razdioba slučajne varijable s n mjerenja teži normalnoj distribuciji ako $n \rightarrow \infty$. Opširnije, razdioba varijable Y približno je *normalna* s očekivanjem $E(x) = \sum_{i=1}^N c_i \cdot E(X_i)$ i varijancom $\sigma^2(Y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot \sigma^2(X_i)$ ako su X_i nezavisni i ako je $\sigma^2(Y)$ puno veće od bilo koje pojedinačne sastavnice $c_i^2 \cdot \sigma^2(X_i)$ za vrijednosti X_i koje ne slijede normalnu razdiobu.

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 variogramskome modelu, njegovu izračunu te aproksimaciji. Zbog toga vrijednost standardne devijacije kriginga mora biti interpretirana s oprezom.

Stohastičke simulacije (*stochastic simulations*) – skupina tehnika kojima se za isti ulazni skup podataka dobiva niz jednakovrijednih rješenja. Također, iz relativno malobrojnoga ulaznoga skupa dobiva se znatno veći skup novih procjena (karata) iz kojih je moguće načiniti znatno pouzdaniji histogram ulaznoga skupa (posljedica toga što se ulaznim vrijednostima pribrajaju i simulirane te raste brojnost skupa). Simulacije su temeljene na algoritmu kriginga (kokriginga), a dobivene vrijednosti prikazuju se krivuljom razdiobe vjerojatnosti (vidi *Krivulja razdiobe vjerojatnosti – PDF*), na kojoj se može odrediti primjerice najmanje rješenje (sva ostala stohastička rješenja, kao što su ukupna poroznost, rezerve, dubine i drugo, veća su od te realizacije). Takva realizacija označuje se i kao P1, što znači da na kumulativnoj krivulji vjerojatnosti po promatranome kriteriju postoji 99 % većih rješenja od toga. Statističkim odabirom može se na isti način odabrati medijanska realizacija (P50), maksimalna realizacija (P100) ili bilo koje drugo rješenje s PDF krivulje. Neke od simulacijskih tehnika jesu sekvencijske Gaussove simulacije, sekvencijske indikatorske simulacije i dr.

Studentov test (*Student's test*) – test koji se upotrebljava ispitivanje tvrdnje o jednakosti sredina dviju skupina podataka. Pretpostavljena je normalna distribucija za obje skupine podataka, uz nepoznato očekivanje $E(x)$ i varijancu $V(x)$. Problem koji se želi riješiti jest testiranje nul-hipoteze $H_0 : E(x) = \mu_0$, odnosno alternativnih hipoteza ${}_1H_1 : E(x) = \mu_1 > \mu_0$ i ${}_2H_1 : E(x) = \mu < \mu_0$. Ako je hipoteza H_0 istinita, varijabla $t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$ pripada Studentovoj t -razdiobi s $k = n - 1$ stupnjeva slobode. Područje odbacivanja hipoteze određeno je nejednakošću $\frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} > t_{1-\alpha}$, gdje je $t_{1-\alpha}$ takva vrijednost varijable t iz pripadne t -razdiobe da je zadovoljena jednakost: $P_t\{t > t_{1-\alpha}\} = \alpha$. Pri tome je α unaprijed zadana vjerojatnost pogreške prve vrste (obično 0,05 ili 0,01). Područje odbacivanja hipoteze određeno je također nejednakošću $\frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} < t_\alpha$, gdje je t_α odabrana vrijednost varijable t tako da vrijedi: $P_t\{t < t_\alpha\} = \alpha$. Pri tome su t_α i $t_{1-\alpha}$ kritične vrijednosti.

T

T-test (*t-test*) – vidi *Studentov test*.

Teorijski variogramski modeli (*theoretical variogram models*) – modeli koji mogu biti eksponencijalni, sferni, Gaussov, linearni model i odstupanje. Prva su tri najčešća i gotovo se uvijek primjenjuju, eventualno uz manje odstupanje (*nugget effect*). Prednost im je što se mogu opisati matematičkom funkcijom, a to omogućuje kasniji izračun matrica kriginga, odnosno težinskih koeficijenata koji pripadaju mjerenim podacima.

Težinski koeficijent (*weighting coefficient*) – odgovarajuća težina ili težinski koeficijent kojim se opterećuje ulazna vrijednost. Kod interpolacije te vrijednosti množe se s mjerenim podacima. Kod neuronskih mreža, ovisno o vrijednosti težinskoga koeficijenta, neuron će ostati neaktivan ili će se aktivirati. O vrijednostima i uvjetima aktivacije odlučuje aktivacijska funkcija.

Točkasti kriging (*Point Kriging*) – procjenjuje vrijednost u točki na temelju okolnih vrijednosti. Procjena krigingom u točki obično je vrlo slična procjeni krigingom u relativno malome bloku čije je središte u takvoj točki, no standardna devijacija veća je kod točkastoga kriginga. Točkasti kriging uzima u obzir mjerene vrijednosti, odnosno tretira ih kao kontrolne točke (*hard data*).

U

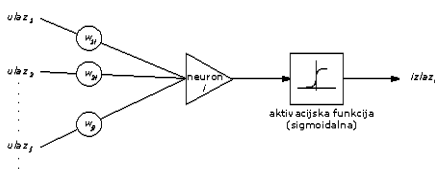
Učinak preuvježbavanja neuronske mreže (*overtraining effect*) – učinak do kojega dolazi prilikom odabira prevelikoga broja iteracija, posebno u sprezi s malom vrijednošću iznosa učenja. Tako uvježbana neuronska mreža imat će malu vrijednost pogreške prilikom predviđanja, no, zbog potpunoga prilagođivanja težinskih koeficijenata podacima na kojima je uvježbavana, neće moći uspješno predviđati nove vrijednosti, odnosno vrijednosti na kojima nije bila uvježbavana.

Ugniježđeni variogramski model (*nested variogram model*) – model koji je zbroj dvaju ili više jednostavnih modela poput odstupanja (nugget effect), sfernoga, eksponencijalnoga i drugih modela. Najjednostavniji ugniježđeni model jest dodavanje odstupanja nekom od teorijskih modela.

Ulazni sloj (*input layer*) – sloj koji čini niz odabranih neurona koji prosljeđuju podatke učitane iz mreže.

Umjetni neuron (*artificial neuron*) – osnovna struktura mreže. Takav neuron obuhvaća nekoliko ulaza i jedan izlaz. Svaki ulaz povezan je s odgovarajućim težinskim koeficijentom. Ovisno o rezultatu aktivacijske funkcije, neuronski izlaz bit će aktiviran ili će ostati neaktivan. Cijela umjetna neuronska mreža predstavlja sustav velikoga broja umjetnih neurona koji imaju svojstvo prikupljanja, pamćenja i

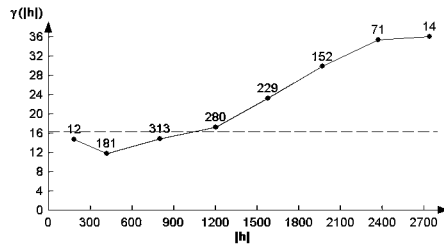
obrade podataka vlastitom lokalnom memorijom. Ne postoji jedinstvena definicija umjetne neuronske mreže, no može se prihvatiti ona koju je dao Kohonen (1988.), a glasi: “Umjetna neuronska mreža skup je međusobno povezanih, jednostavnih elemenata (najčešće prilagodljivih), koji rade paralelno i organizirani su tako da je odnos neuronske mreže prema objektima u stvarnome svijetu isti kao odnos biološkoga neuronskoga sustava.” Ti su jednostavni elementi umjetni neuroni.



Prikaz modela umjetnoga neurona

Pritom je (na slici): $ulaz_j$ – j -ti ulazni podatak, w_{lji} – težinski koeficijent j -toga ulaza za i -ti neuron te $izlaz_i$ – izlazni podatak iz i -toga neurona.

Usmjereni variogram (*directional variogram*) – eksperimentalni variogram koji je pri izračunu parova podataka usmjeren nekim pravcem. Pri tome je važna variogramaska veličina kut pretraživanja, čija širina određuje veličinu “prozora” iz kojega se preuzimaju podatci. Najveći mogući kut pretraživanja jest 45 stupnjeva sa svake strane pravca pružanja variogramske osi. Nakon toga bi se “prozori” pretraživanja počeli prekrivati na pravcu glavne osi i sporedne osi okomite na nju.



Primjer usmjerenoga semivariograma izračunatoga po pravcu pružanja $45^\circ - 225^\circ$ na temelju 15 razreda, uz širinu od 400 metara te kutnu toleranciju od 45° .

Uvjetna simulacija (*conditional simulation*) – vrsta simulacije kod koje se mjerene vrijednosti poštuju u svim realizacijama. To znači da će ćelija koja sadržava mjerenu vrijednost predstavljenu točkom uvijek cijela (po cijeloj svojoj plohi ili volumenu) sadržavati tu točkastu vrijednost.

V

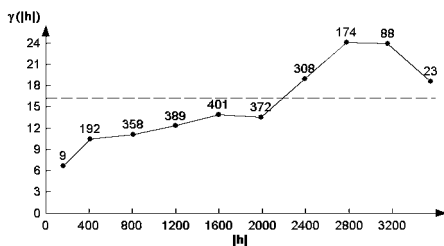
Varijanca kriginga (*kriging variance*) – jedan od najvažnijih geostatističkih pojmova. Predstavlja modifikaciju prave varijance ulaznih vrijednosti i nužan je za izračun matričnih jednadžbi kriginga. Najjednostavnije, oko točke u kojoj se radi procjena, unutar elipsoida ili kružnice pretraživanja, smješten je samo dio postojećih mjerenih podataka. No, pri izračunu procjene u odabranoj točki varijanca svih mjerenih podataka zamijenjena je varijancom vrijednosti smještenih samo unutar područja pretraživanja.

Variogram (*variogram*) – vrijednost varijance (polovina kvadrata razlike) za par mjerenja koji je funkcija udaljenosti (ponekad i smjera) uzoraka. Obično su ispitani svi mogući parovi podataka te su svrstani u razrede (korake) jednake udaljenosti i smjera. Variogrami osiguravaju sredinu ili kvantificiraju opaženu vezu koja jače povezuje bliže od udaljenijih uzoraka. U variogramskoj jednadžbi

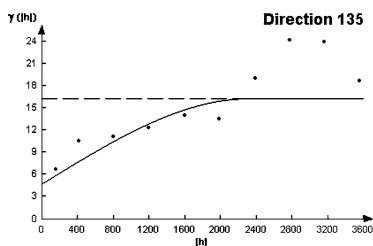
$$2\gamma(h) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

$2\gamma(h)$ predstavlja vrijednost variograma, n broj parova podataka uspoređenih na udaljenosti h , $z(x_i)$ vrijednost varijable na lokaciji x , a $z(x_i + h)$ vrijednost varijable na lokaciji udaljenoj za h od promatrane lokacije $x_i + h$. Variogrami mogu biti neusmjereni (vidi *Neusmjereni variogram*) te usmjereni (vidi *Usmjereni variogram*). Eksperimentalni variogrami aproksimiraju se teorijskim variogramskim modelima

(poput sfernoga, eksponencijalnoga i drugih). Usporedi Semivariogram.



Eksperimentalni semivariogram za odabrani skup mjerenja

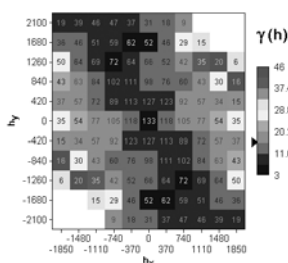


Aproksimacija sfernim teorijskim modelom za odabrani skup mjerenja

Variogram inverzne kovarijance (*inverted covariance variogram* – InvCov) – variogram izračunat 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. glavnome i sporednome). Variogram inverzne kovarijance prilično je rijedak izraz, a upotrebljava se kada više nije nužno primjenjivati neke pretpostavke upotrijebljene za izračun variograma. Variogrami inverzne kovarijance mogu se izračunati i primijeniti kod kriginga jednako kao i uobičajeni variogrami.

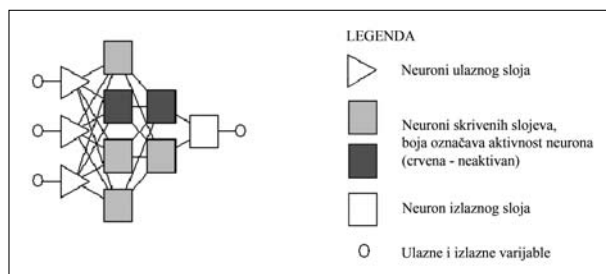
Variogramске оси (variogram axis) – оси по којима се ради vario-gramска анализа, односно računaju експериментални variogramи. Често се постављају двије variogramске оси које обично одговарају геолошким осима (структурним, тектонским, талоžним и др.). То су главна и споредна ос и окомите су једна на другу. Могуће је поставити и већи број оси, но и тада је однос међу њима обично симетричан.

Variogramска површина (variogram surface map) – карта vario-gramске површине računа се из истогa skupa података из којегa су израчунати експериментални variogramи (usmjereni или neusmjereni). Dvodimenzionalni простор који се намјерава kartirati, најчешће krigingом у којему variogramски резултати представљају улазне vrijednosti, prikazan је ćelijama. Unutar сваке ćелије prikazan је број парова података који могу бити upotrijebljeni у kalkulaciji variograma. Takva карта често се upotrebljava за одређивање просторних оси, односно pravaca на којима се налази највећи или најмањи број парова података (често се примјењује за закључивање о сличности просторних и структурних или талоžних оси).



Karta variogramске површине s označenim brojevima parova podataka u svakoj ćelij

Višeslojna mreža (*Multiple layer perceptron*) – neuronska mreža koja sadržava veći broj skrivenih slojeva.



Jednostavan prikaz višeslojne mreže s povratnom informacijom te dva skrivena sloja (Multilayer perceptron – MLP), iz paketa Statistica (2004)

Vjerojatnost (*probability*) – statistička veličina u kojoj je slučajan događaj opisan realnim brojem iz intervala od 0 do 1. Označuje vjerovanje da će se neki događaj zbiti. Visok stupanj ostvarivanja događaja teži prema broju 1. Teorija vjerojatnosti kao matematička disciplina široku je upotrebu u geologiji stekla primjenom metode Monte Carlo kod predviđanja svojstava stijena iz relativno maloga broja točkastih podataka. To je bila jedna od prvih geomatematičkih metoda koja se primjenjivala u izračunu vjerojatnosti otkrića te procjeni mogućih količina ugljikovodika u izglednim ležištima.

Z, Ž

Zaključak (*conclusion*) – logički postupak kojim jedan sud proizlazi iz drugih, različitih sudova. Često se takvi logički postupci upotrebljavaju u neuronskim mrežama korištenjem aktivacijske funkcije te drugih varijabli učenja mreže (poput *iznosa učenja* i *koeficijenta momenta*). Polazni sudovi nazivaju se premisama, a završni zaključkom. U logici se također razlikuju deduktivni zaključak koji nužno slijedi iz premisa i, nasuprot njemu, induktivni zaključak koji je samo vjerojatna posljedica premisa.

Žarište (*focus*) – pojam žarišta općenito je vezan za geometriju ili geometrijsku optiku. Kod fotografskih slika žarište je točka gdje je njezina oštrina (prilikom nastanka u fotoaparatu) najveća. Udaljavanjem od žarišta oštrina se slike smanjuje. Pomicanje žarišta prije izradbe slika te naknadna obradba oštine često se radi različitim algoritmima neuronskih mreža. Ti se algoritmi uvježbavaju tako da se, u cilju postizanja veće kvalitete, maksimizira kontrola obradbe žarišta slika na računalu.

Indeks engleskih izraza

A-Cor

Activation function	<i>Aktivacijska funkcija</i>
Anisotropy	<i>Anizotropija</i>
Artificial neuron	<i>Umjetni neuron</i>
Backpropagation algorithm	<i>Algoritam s povratnim postupkom</i>
Backpropagation network	<i>Mreža s povratnim postupkom</i>
Backpropagation procedure	<i>Povratni postupak</i>
Binomial distribution	<i>Binomna razdioba</i>
Biological neuron	<i>Biološki neuron</i>
Block Kriging	<i>Blok kriging</i>
Cell	<i>Ćelija</i>
Central limit theorem	<i>Centralni granični teorem, Središnji granični teorem</i>
Centre	<i>Centar, Središte</i>
Chaos	<i>Kaos</i>
Cokriging	<i>Kokriging</i>
Completely connected perceptrons	<i>Arhitektura potpuno povezanih perceptrona</i>
Conclusion	<i>Zaključak</i>
Conditional simulation	<i>Uvjetna simulacija</i>
Correction rate	<i>Korekcijski izraz</i>

Cov-G

Covariance	<i>Kovarijanca</i>
Cross-validation	<i>Krosvalidacija</i>
Cyclic part of variogram	<i>Ciklički dio variograma</i>
Data processing	<i>Obradba podataka</i>
Delta rule	<i>Delta pravilo</i>
Delta-bar-delta rule	<i>Delta-bar-delta pravilo</i>
Determinism	<i>Determinizam</i>
Directional variogram	<i>Usmjereni variogram</i>
Discretization	<i>Diskretizacija</i>
Exponential function	<i>Eksponencijalna funkcija</i>
Exponential model	<i>Eksponencijalni model</i>
Extrapolation	<i>Ekstrapolacija</i>
F-test	<i>F-test</i>
Focus	<i>Žarište</i>
Formation	<i>Formacija</i>
Fuzzy control system	<i>Neizraziti upravljački sustav</i>
Fuzzy logic	<i>Neizrazita logika</i>
Fuzzy number	<i>Neizraziti broj</i>
Fuzzy sets	<i>Neizraziti skupovi</i>
Gaussian model	<i>Gaussov model</i>
Generalized Delta rule	<i>Poopćeno Delta pravilo</i>
Geostatistics	<i>Geostatistika</i>
Gradient descent algorithm	<i>Algoritam postupnoga opadanja</i>

H-L

Hi-squared test (χ^2-test)	<i>Hikvadrat-test</i>
Hidden layer	<i>Skriveni sloj</i>
Improved resilient propagation algorithm	<i>Elastični unaprijeđeni povratni algoritam</i>
Input layer	<i>Ulazni sloj</i>
Interpolation	<i>Interpolacija</i>
Interpolation algorithm	<i>Interpolacijski algoritam</i>
Inverse distance weighting	<i>Inverzna udaljenost</i>
Inverted covariance variogram	<i>Variogram inverzne kovarijance</i>
Iteration	<i>Iteracija</i>
Kohonen's rule	<i>Kohonenovo pravilo</i>
Kolmogorov-Smirnov test	<i>Kolmogorov-Smirnovljev test</i>
Kriging	<i>Kriging</i>
Kriging matrix	<i>Matrična jednadžba kriginga</i>
Kriging standard deviation	<i>Standardna devijacija kriginga</i>
Kriging variance	<i>Varijanca kriginga</i>
Lag	<i>Korak</i>
Learning rate	<i>Iznos učenja</i>
Learning rules	<i>Pravilo učenja</i>
Level of significance	<i>Prag značajnosti</i> <i>Razina značajnosti</i>
Local adaptive learning rules	<i>Lokalno prilagodljiva pravila učenja</i>

M-Poc

Madogram	<i>Madogram</i>
Matrix	<i>Matrica</i>
Member	<i>Član</i>
Model shell	<i>Ljuska modela</i>
Momentum coefficient	<i>Koeficijent momenta</i>
Moving average	<i>Pokretna sredina</i>
Multiple layer perceptron	<i>Višeslojna mreža</i>
Nearest neighbourhood	<i>Najbliže susjedstvo</i>
Nested variogram model	<i>Gnjezdasti variogramski model, Ugniježđeni variogramski model</i>
Network layers	<i>Mrežni slojevi</i>
Neuron	<i>Neuron, Biološki neuron, Umjetni neuron</i>
Nugget model	<i>Odstupanje</i>
Numerical interpolation error	<i>Numerička pogreška interpolacije</i>
Omnidirectional variogram	<i>Neusmjereni variogram</i>
Ordinary Kriging	<i>Obični kriging</i>
Output layer	<i>Izlazni sloj</i>
Overtraining effect	<i>Učinak preuvježbavanja neuronske mreže</i>
Perceptron	<i>Perceptron</i>
Pocket geostatistical model	<i>Džepni geostatistički model</i>

Poi-T

Point Kriging	<i>Točkasti kriging</i>
Poisson distribution	<i>Poissonova razdioba</i>
Probability	<i>Vjerojatnost</i>
Probability density function – PDF	<i>Funkcija gustoće vjerojatnosti, Krivulja razdiobe vjerojatnosti</i>
Quadrant and octant search	<i>Pretraživanje u kvadrantu i oktantu</i>
Radial basis function network	<i>Mreža s radijalnom funkcijom</i>
Range	<i>Doseg</i>
Relative variogram	<i>Relativni variogram</i>
Resilient propagation algorithm	<i>Elastični povratni algoritam</i>
Risk	<i>Rizik</i>
Searching neighbourhood	<i>Područje pretraživanja</i>
Semivariogram	<i>Semivariogram</i>
Shapiro-Wilk W test	<i>Shapiro-Wilkov W test</i>
Sill	<i>Prag</i>
Simple Kriging	<i>Jednostavni kriging</i>
Simulation	<i>Simulacija</i>
Spherical model	<i>Sferni model</i>
Stochastic simulations	<i>Stohastičke simulacije</i>
Student's test	<i>Studentov test</i>
Supervised trainable networks	<i>Nadgledane uvježbane mreže</i>
T-test	<i>T-test vidi Studentov test</i>
Theoretical variogram models	<i>Teorijski variogramski modeli</i>

U-W

Unconditional simulation	<i>Bezuvjetna simulacija</i>
Utility	<i>Korisnost</i>
Variogram	<i>Variogram</i>
Variogram axis	<i>Variogramske osi</i>
Variogram surface map	<i>Variogramska površina</i>
Weighting coefficient	<i>Težinski koeficijent</i>

