

Nový „vírus“ alebo „Nové trendy hodnotenia ložísk nerastných surovín: aplikácia na ložisko magnezitu Jelšava – Miková“ od Petra Španeka

New “virus” or “New trends in mineral deposits evaluation: Case study in Jelšava – Miková magnesite deposit” by Peter Španek

LADISLAV VIZI a JULIÁN KONDELA

Ústav geovied, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 15, 040 01 Košice

Abstract. *The contribution critically comments the methodological article “New trends in mineral deposits evaluation: Case study in Jelšava – Miková magnesite deposit (Slovakia)” written by Peter Španek (2009; Mineralia Slov., 41, 331 – 338), and presents numerous alternatives of more appropriate evaluation of mineral deposits.*

Key words: *geostatistics, modelling of deposit bodies, interpolation methods, Jelšava magnesite deposit, Slovakia*

Teoretici aj praktici znali problematiku hodnotenia ložísk nerastných surovín určite radi siahnu po článku zaoberajúcom sa novými trendmi v tejto oblasti. Hovorí sa, že obal predáva tovar. Niekedy nie je výrobok taký kvalitný, ako tvrdí obal. V prenesenom význame to znamená, že nie je možné predvídať, či po kliknutí na odkaz článku so sľubným titulom objavíme to, čo očakávame, alebo si, naopak, práve nás našiel „vírus“.

Článok uverejnený v časopise *Mineralia Slovaca* 41/03/2009 *Nové trendy hodnotenia ložísk nerastných surovín...* je viac ako nadnesený. Čitateľovi sľubuje informácie o nových trendoch. A práve príspevky takéhoto druhu vedú čitateľa znalého problematiky k prvotnej reakcii, ktorou je pochopiteľne ignorovať uvedené a len nechápavo krútiť hlavou. To by však bolo to isté, ako známe „kto mlčí, ten svedčí“, a to v konečnom dôsledku necháva priestor pre ešte väčšie zmätky. Preto si autori tohto komentáru kladú za povinnosť reagovať na uvedený príspevok. Nie v zmysle kritiky a dokazovania absurdity spomínaného článku, ale v zmysle uvedenia veci na správnu mieru a otvorenia priestoru pre diskusiu na tému nových trendov v hodnotení ložísk nerastných surovín.

Už v úvodnej časti príspevku nemožno súhlasiť s autorovým výkonom, kde konštatuje nasledovne:

„Metódy geoštatistiky a modelovania ložiskových telies sa v zahraničí využívajú už desaťročia, no u nás sa s ich aplikáciou začalo len prednedávnom.“

V zozname použitej literatúry absentujú práce od nestorov aplikácie geoštatistiky v bývalom Československu, ako sú Schejbal, Rybár, Bláha, Škubal, Kučera, Mesarčík a ďalší. Je zrejmé, že autor týmto tvrdením len zakrýva nie celkom dobrý prehľad v problematike, teda aspoň v lokálnom meradle. Záver úvodnej kapitoly však znie sľubne:

„Cieľom tejto štúdie je poskytnúť stručný prehľad moderných metód hodnotenia ložísk nerastných surovín, akými sú rôzne interpolačné a geoštatistické metódy...“

K týmto moderným metódam sa dostávame v kapitole „Interpolačné metódy“, kde sa dozvedáme:

„Medzi najčastejšie používané interpolačné metódy v ložiskovej geológii patria:

a) metóda prevrátených štvorcov vzdialeností (inverse squared distance – IDS); b) metóda krigingu; c) metóda

minimálneho zaoblenia; d) modifikovaná Shepardova metóda; e) metóda prirodzeného suseda; f) metóda najbližšieho suseda; g) metóda radiálnych bázových funkcií; h) trojuholníková metóda s lineárnou interpoláciou zistených hodnôt.“

Nie je zjavné, prečo autor všeobecnú metódu prevrátených vzdialeností (*Inverse Distance Weighting – IDW*) obmedzil len na jej druhú mocninu a prečo len pri tejto metóde použil aj anglický ekvivalent, mimochodom nesprávne (*Inverse Distance Squared – IDS*). Rovnako nie je jasné, čo myslel autor bázovými funkciami alebo minimálnym zaoblením – asi základné funkcie a minimálne zakrivenie. Úsmevne však vyznie aj „interpolačia zistených hodnôt“ – interpolované sú predsa neznáme hodnoty na základe pozorovaných, zistených hodnôt (nie je potrebné zisťovať zistené). Svoje tvrdenie o tom, že tieto metódy interpolácie patria medzi najpoužívanejšie v ložiskovej geológii podopiera citáciou Staněk et al. (2006). Z citovaného článku je však jednoznačne zjavné, že autori sa odvolávajú na zoznam dostupných interpolačných metód v prostredí Surfer od spoločnosti Golden Software™, ktoré implementovali do svojho prostredia IHPSUL. Ďalšie podkapitoly však potvrdzujú celkový dojem z nezvládnutia ani len troch následne opísaných metódik, výber ktorých vo vzťahu k novým trendom hodnotenia ložísk nerastných surovín nie je vôbec zjavný a autorom je neuvádzaný.

V prípade trojuholníkovej metódy s lineárnou interpoláciou nie je vôbec zjavné, prečo sa autor opiera o obrázok 1, ktorý vôbec nekorešponduje s uvedenou sústavou lineárnych rovníc. Označeniam bodov so známymi hodnotami G_2 , G_4 a G_9 sú priradené súradnice x , y a hodnoty „ z “ s indexmi 1, 2 a 3 a nie 2, 4, 9. Napriek tomu, že daný obrázok je citovaný (Blištan, 2005), dalo by sa usudzovať, že vzhľadom na spomínané zmätočné označenia schému prevzal citovaný autor z nejakej všeobecnejšej literatúry, zaoberajúcej sa princípmi lineárnej interpolácie a „zabudol“ ju citovať. Veď kto by označoval tri body úplne náhodne za sebou nasledujúcimi číslicami? Je zjavné, že celá podkapitola je autorom opísaná z prvého citovaného zdroja, ktorý však rovnakým spôsobom nezvláda princíp a teóriu lineárnej interpolácie na základe triangulačnej siete. Pravdepodobne preto, lebo citovaný autor nepoužil

a necitoval nijakú odbornú literatúru (vrátane použitej schémy na obrázku).

Je na mieste poznamenať, že lineárna interpolácia na základe triangulačnej siete sa, rovnako ako všetky lineárne interpolácie, zakladá na tzv. lineárnej kombinácii dostupných údajov a príslušných váh pre odhad neznámej hodnoty. Získaný odhad je teda výsledkom váženého priemeru, v tomto prípade troch údajov umiestnených na vrchoch príslušného trojuholníka vytvorenej triangulačnej siete a príslušných váh. Tieto váhy sú určené na základe dvoch základných metód. Prvá spočíva v určení troch vnútorných trojuholníkov, ktoré vzniknú po vložení bodu s neznámou hodnotou. Neznáme váhy sú následne určené na základe plôch daných vnútorných trojuholníkov. Druhý spôsob spočíva v určení váh na základe hodnotení vzťahov medzi súradnicami jednotlivých vrcholov príslušného trojuholníka a polohy bodu s neznámou hodnotou. Detailný opis týchto metód je možné nájsť v publikácii Vizi a Hlásny, 2007a (str. 109).

Ďalšia podkapitola v rámci kapitoly „Interpoláčné metódy“ sa zaoberá metódou prevrátených vzdialeností, konkrétne štvorcov vzdialeností – „Metóda prevrátených štvorcov vzdialeností (IDS)“. Autor stanovuje, že:

„Hodnotu sledovanej veličiny T_B v bode B zisťujeme ako súhrn príspevkov zo známych bodov, ktoré sú v určitej vzdialenosti od bodu B.“

Nasleduje všeobecné vyjadrenie odhadu neznámej hodnoty na základe prevrátených vzdialeností. Čo znamená ten „súhrn príspevkov“? Autor má zrejme na mysli lineárnu kombináciu známych údajov a príslušných váh určených na základe prevrátených vzdialeností medzi ich priestorovými pozíciami a pozíciou bodu s odhadovanou hodnotou. V spomínanom vyjadrení však nie je objasnený parameter „ k “. Práve on predstavuje kľúčový aspekt metódy interpolácie na základe prevrátených vzdialeností. Exponent „ k “ totiž zastupuje najjednoduchší model priestorovej interpolácie s konceptom tzv. priestorovej autokorelácie, pri ktorých vychádzame z predpokladu, že vzťah odhadovanej hodnoty je najintenzívnejší k najbližšej hodnote a klesá so stúpajúcou vzdialenosťou. Na základe spomínaného princípu sú váhy údajových bodov vstupujúcich do výslednej lineárnej kombinácie odhadované na základe zmeny mocniny „ k “ – čím nižšia je táto mocnina, tým podobnejšie váhy sa priradujú k jednotlivým údajovým bodom. Veľmi jednoducho možno dokázať, že v extrémnom prípade, kedy $k = 0$, sa výsledný odhad neznámej hodnoty rovná aritmetickému priemeru údajov vstupujúcich do odhadu, nakoľko všetky priradené váhy budú rovnaké. V opačnom prípade, kedy sa mocnina „ k “ zvyšuje, budú bližšie údajové body nadobúdať vyššie váhy a vzdialenejšie nižšie. V extrémnom prípade sa výsledný odhad priblíži k odhadu na základe metódy polygónov vplyvu. Znamená to, že metóda štvorcov prevrátených vzdialeností zodpovedá prípadu, kedy $k = 2$. Na základe citácie uvedenej pri obrázku 2 (Blišťan, 2005) je zrejme, že aj táto podkapitola bola opísaná z príslušného citovaného článku s rovnako nízkou kvalitou opisu danej metódy interpolácie. Okrem toho, že sa spomínaná schéma nápadne podobá na uvádzanú Sinclairom a Garstonom (2006, str. 20), nachádza sa na

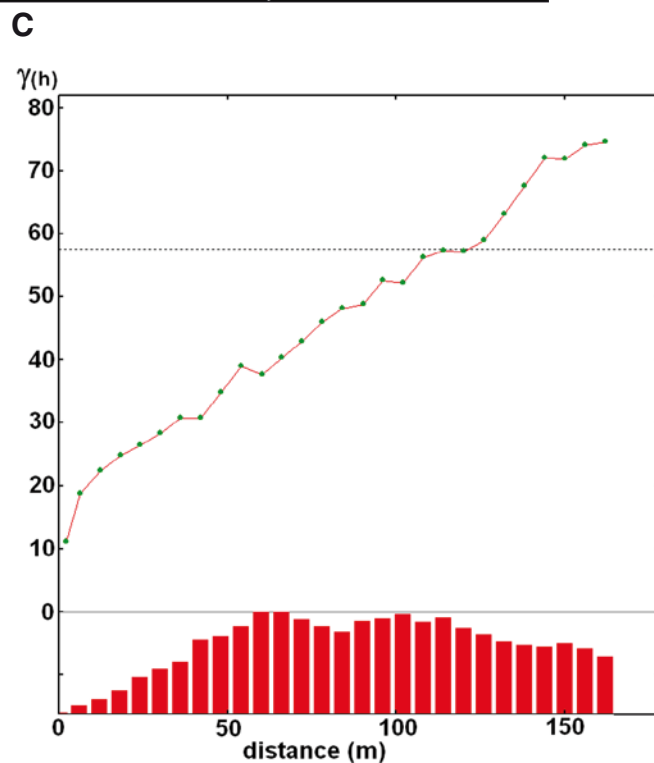
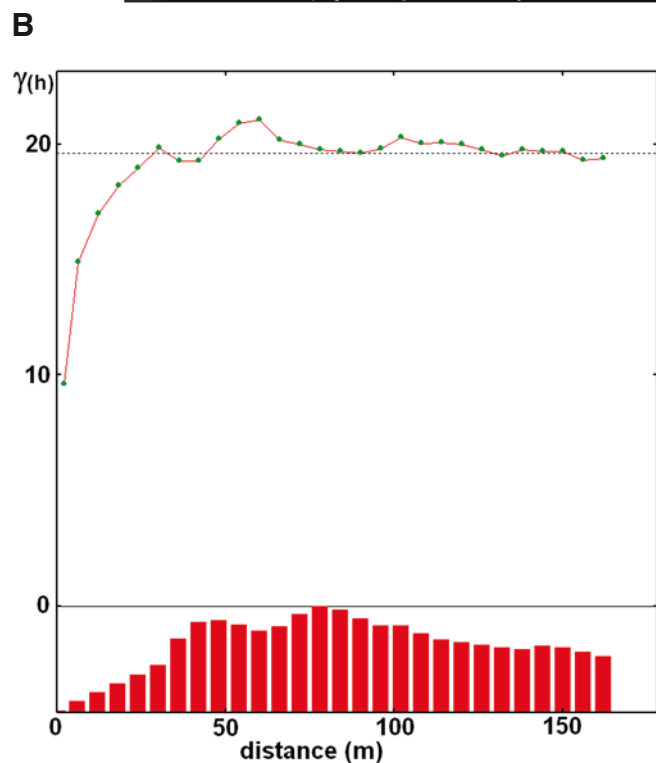
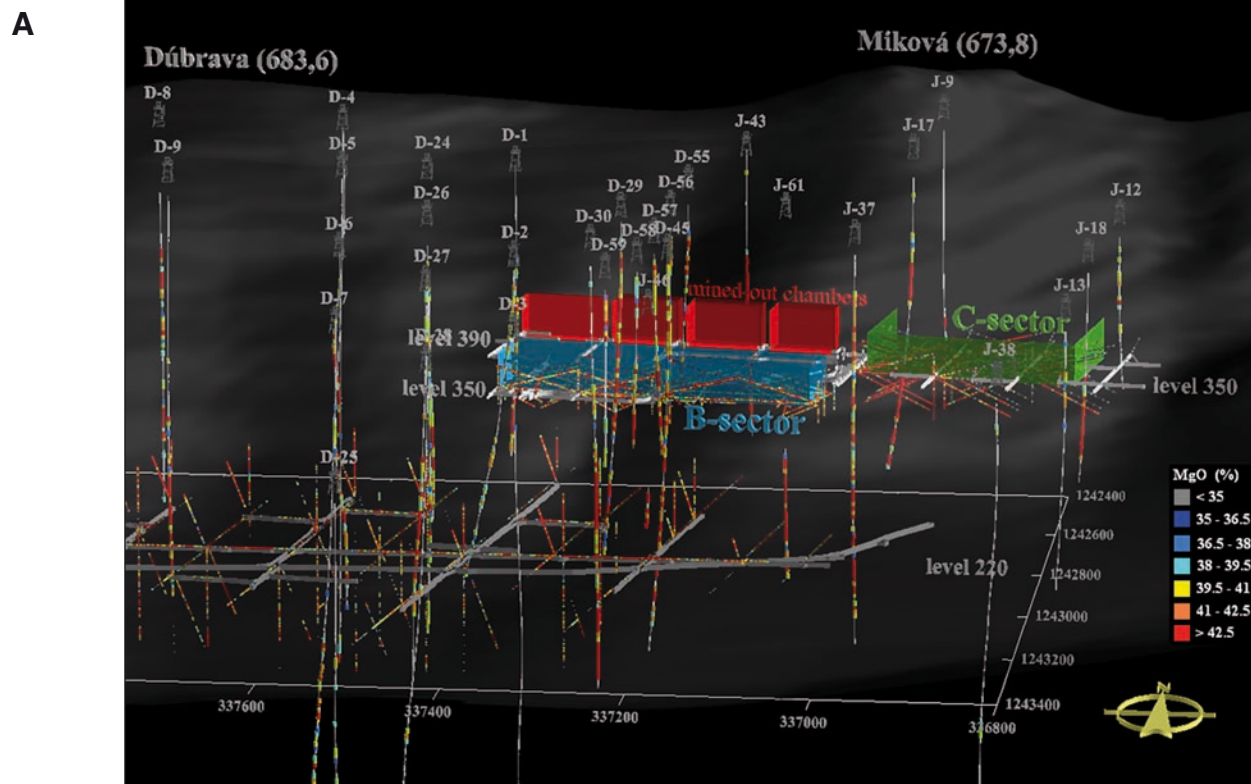
nej dvakrát „ g_7 “. Detailnejší opis metódy IDW s praktickým príkladom je možné nájsť v publikácii Vizi a Hlásny, 2007a (str. 116).

Pozn. V časopise *Mineralia Slovaca* 41/3/2009 sa uvádza príspevok autorov Blišťan, P. a Blišťanová, M. s opisom parametrov vstupujúcich do odhadu IDW. Okrem toho, že parameter „ $typ\ okolia$ “ je v skutočnosti modelom (Vizi a Hlásny, 2007b) a je všeobecný pre takmer všetky interpoláčné metódy okrem triangulácie a polygónov vplyvu, autori evidentne pracovali so zahraničnou literatúrou a príslušným slovníkom – parameter „ k “ označovaný v zahraničnej literatúre ako „Power“ preložili výrazom „ $sila$ “. Takým spôsobom sa do vyjadrenia odhadu na základe IDW namiesto mocniny „ k “ dostala fyzikálna veličina. Ide o unikátne zistenie? Ak áno, potom by si tento spôsob interpolácie zaslužil podrobnejšiu charakteristiku podloženú matematikou.

Poslednou prezentovanou podkapitolou v rámci kapitoly „Interpoláčné metódy“ je „Geoštatistická metóda krigingu“. Čitateľ sa z nej však nedozvie vôbec nič o krigovaní. Prvý vzťah, ktorý sa tu uvádza, neplatí pre krigovanie, ale všeobecne vyjadruje už niekoľkokrát spomínanú lineárnu kombináciu dostupných údajov (g_i) a príslušných váh (w_i). Krigovanie je metóda na odvodenie optimálnych váh vstupujúcich do tejto lineárnej kombinácie na základe štruktúrneho modelu priestorovej variability študovaného fenoménu vyjadreného modelom variogramu. Autor ho definuje takto:

„Variogram je základná štruktúrna funkcia...“

V skutočnosti nie je základnou štruktúrnou funkciou, ale základným štruktúrnym nástrojom, ktorý v praxi predstavuje model zložený z viacerých autorizovaných matematických funkcií, opisujúcich priestorové črty variability študovaného regionalizovaného javu, ako je dosah autokorelácie, jej anizotropia, zonalita, úrovne variability a iné. Označuje sa ako model regionalizácie. Rovnako semivariogram nie je štruktúrna funkcia, ale jednoducho diskretná funkcia semivariácie pre rôzne vzdialenosti, ktorá slúži na odhad výsledného modelu regionalizácie a jeho parametrov. Vzťah výpočtu experimentálneho semivariogramu uvedený autorom sa vysvetľuje pomerne rozpačito a vyjadrenia ako „nesie v sebe priestor“ alebo „konkrétna hodnota“ nevyjadrujú nič iné ako úplné nevládanie štúdia základov geoštatistiky a teórie regionalizovaných premenných a náhodných funkcií. Veta „Takto transformované pole hodnôt slúži ako vstup na krigovanie“, dokrešľuje celkový dojem z kapitoly „Interpoláčné metódy“ a oprávnené vzbudzuje úsmev. Aké transformované pole má autor na mysli? A o akú transformáciu vlastne ide? Odkiaľ vlastne a prečo uvedené zvraty a terminológiu autor používa? A konečne – čo sa čitateľ dozvie z uvedenej podkapitoly o krigovaní? Je na mieste dodať, že geoštatistika je samostatná vedná disciplína. Existujú renomované školy geoštatistiky, akreditujú sa špecializované študijné odbory, vytvárajú výskumné centrá, organizujú sa svetové kongresy, vydávajú sa špecializované knižné a odborné publikácie, terminologické slovníky... Geoštatistika si evidentne sama o sebe vyžaduje hlbšie štúdium, ktoré bezpochyby bude viesť



Obr. 1. Rozdielny priebeh všesmerných experimentálnych variogramov premennej obsahu MgO (%) ťažobných sektorov B (B.) a C (C.), a pozícia týchto sektorov v rámci magnezitového ložiska Jelšava (B – modrou, C – fialovou) (A.).

Fig. 1. Different shapes of omnidirectional experimental variograms of MgO content variable for the mining sectors B (B.) and C (C.), and position of the mining sectors within Jelšava magnesite deposit (B in blue and C in purple) (A.).

k záveru, že krigovanie označuje viac ako len interpolačnú metódu.

Samotná prípadová štúdia uvádzaná autorom v kapitole „Modelový príklad aplikácie interpolačných metód (IDS, kriging) v prostredí GIS na ložisko magnezitu Jelšava“ otvára priestor pre nespočetné množstvo ďalších otázok. Nezainteresovanému čitateľovi nie je zrejmé z obrázku 3, kde v rámci ložiska sa situuje B-sektor. Obrázok zahŕňa aj časť C-sektoru, ktorý sa rovnako ako B-sektor dobýva výstupkom a súčasne aj vydobyté a zlikvidované časti ložiska po ťažbe komorovým spôsobom. Prezentácia vstupných dát na obrázku 4 vôbec neobjasňuje, o akú situáciu ide – body predstavujúce analyzované vzorky by si zaslúžili farebné alebo proporčné rozlíšenie podľa výsledkov analýz študovanej premennej. Mapy (obr. 3 a 4), najmä v 3D priestore, si vyžadujú označenie severu a mierky, pretože sú prezentované v rôznych mierkach a pohľadoch. Zo samotného textu nevyplýva, prečo sa použila metóda IDS. Aká bola motivácia využitia exponentu $k = 2$? Nejasným zostáva aplikovanie univerzálneho krigovania ako druhej metódy okrem tvrdenia, že:

„Pomerne dobré výsledky sa dosiahli pri aplikácii geoštatistickej metódy univerzálneho krigingu.“

Čo to znamená „pomerne dobré“? Aké kritérium sa zvolilo pre dané hodnotenie kvality odhadu? Univerzálne krigovanie sa označuje ako rozšírený koncept odhadu intrinziekeho, ale nestacionárneho náhodného procesu, čo si vyžaduje osobitý prístup modelovania nestacionárnej zložky variogramu a odvodenia systému krigovacích rovníc. Pravdou zostáva, že všeobecne všesmerný experimentálny variogram hodnôt meraní MgO nevykazuje prítomnosť trendu na rozdiel od všesmerného experimentálneho variogramu ťažobného C-sektoru (obr. 1). Dôvodom je umiestnenie ťažobného B-sektoru v oblasti s výraznou pomíneralizačnou tektonickou porušenosťou, ktorá ho rozdeľuje na kvázistacionárne celky – bloky (Sasvári a Kondela, 2003). Iný typ distribúcie MgO sa v tejto oblasti dokladá rozdielnym priebehom experimentálneho variogramu oproti C-sektoru s podstatne jednoduchšou štruktúrnou stavbou. Rozdielny priebeh príslušných experimentálnych variogramov odráža rôzne štruktúrno-geologické podmienky dominujúce v jednotlivých sektoroch.

Autor svoje tvrdenie opodstatnenosti použitia univerzálneho krigovania opiera o výsledky procedúry cross-validation („bumerangový“ test). Pre hodnotenie výsledkov krigovania neuvádza nijaké z týchto výsledkov, či už v grafickej, alebo tabulkovej podobe. Naproti tomu konštatuje, že: „výsledkom tejto procedúry je mapa chýb vypočítaných hodnôt sledovaného javu (obr. 8)“, čo však v nijakom prípade nezodpovedá pravde! Autor totiž sám uvádza:

„V priebehu tohto testu sa porovnáva známa hodnota sledovaného javu (v našom prípade vzorka, hodnota MgO) s vypočítanou hodnotou v tomto bode.“ Skutočným výsledkom použitia cross-validation je štatistické spracovanie odchýlok medzi známymi a odhadnutými hodnotami a hodnotenie výsledkov získaných na základe použitia rôznych metód interpolácie, resp. zmenami parametrov či už modelu autokorelácie, alebo účinného okolia odhadu. To znamená, že spomínaným spôsobom môžeme získať len mapu chýb

v pozíciách vzoriek a zobraziť oblasti, kde výsledky odhadu nadhodnocujú skutočné hodnoty a naopak.

Stručný opis hodnotenia kvality interpolácie s praktickým príkladom možno nájsť v publikácii Vizi a Hlásny, 2007a (str. 126). Mapu chýb krigovania v podobe rastového výstupu, ako prezentuje Španek na obrázku 8, získavame na základe zavedenia váh odhadnutých krigovaním do systému krigovacích rovníc a substitúciou tohto systému do rozptylu odhadu. Ak by bolo možné vytvoriť takúto mapu na základe výsledkov cross-validation, otázka by potom znela, prečo sa takáto mapa neprezentovala aj pre výsledky odhadu na základe IDS? Dôvod je prostý – deterministické metódy odhadov nehodnotia chybu odhadu, pretože nie sú modelovo založené. A preto daná mapa ani nemôže byť prezentovaná.

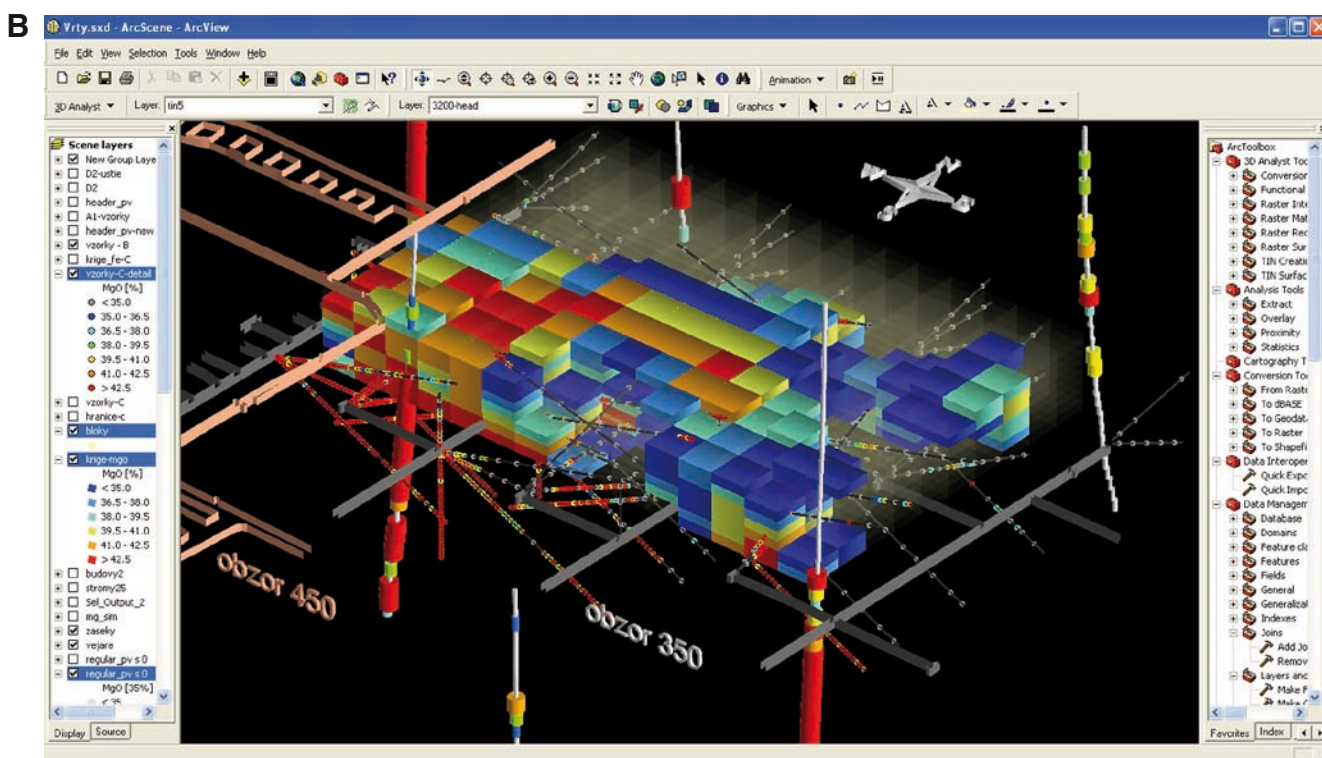
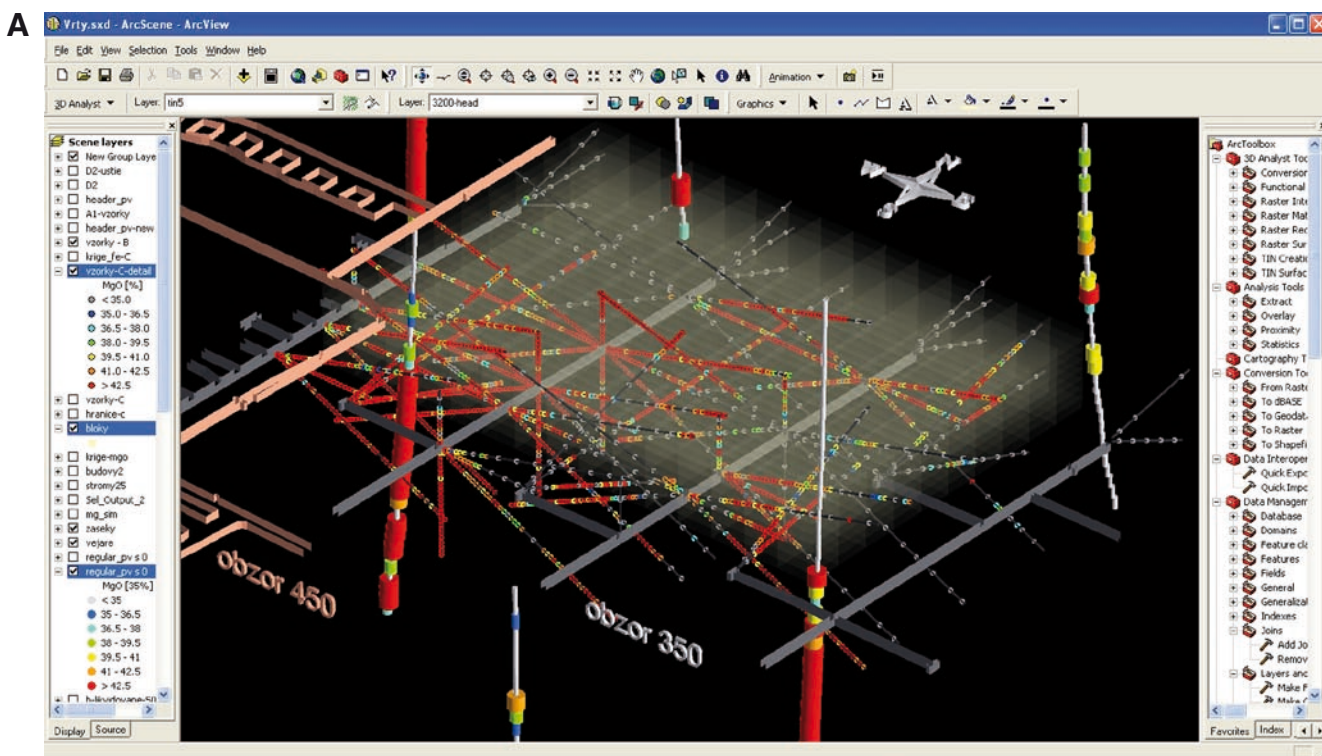
V prípade prezentácie výsledkov priestorovej distribúcie obsahu MgO sú zobrazené dve mapy: jedna vytvorená bez vplyvu tektoniky a druhá s vplyvom. Prečo neboli takéto mapy vytvorené aj v prípade krigovania? Pretože ArcGIS umožňuje zavedenie tektoniky, zlomov alebo bariér len v prípade použitia IDW, použitie ostatných metód to neumožňuje. V dôsledku toho v rámci ArcGIS autor porovnáva neporovnateľné. A to je chyba. Práve pri krigovaní má zavedenie systému zlomov oveľa väčší zmysel ako pri IDW. Odôvodňuje sa to založením krigovania na modeli variogramu, ktorý hodnotí vzťahy nielen medzi dátovými a odhadovanou pozíciou, ale aj vzájomné vzťahy medzi jednotlivými údajovými bodmi. To znamená, že zavedený systém zlomov tvorí diskontinuity študovaného priestoru nielen počas finálneho procesu odhadu, ale aj priamo v procese štruktúrnej analýzy a modelovaní variogramu, ktorý vstupuje do krigovania, čo výrazne mení dosiahnuté výsledky (Vizi, 2008a).

Okrem toho všetky prezentované výsledné „mapy“ (nech už pôsobia akokoľvek) vôbec nerešpektujú hranice dobývacieho B-sektoru a jeho narotovanie v generálnom azimute 7, 77°. Samotný B-sektor je predsa priestorový objekt so známymi súradnicami ako v horizontálnej, tak aj vertikálnej rovine. Ďalej sa B-sektor rozdeľuje na jednotlivé ťažobné lávky a ťažobné jednotky. Prezentované nerešpektujú rozblokovanie sektoru alebo aspoň ťažobnej lávky na úrovni 350 m n. m. na ťažobné jednotky. Ťažko potom pochopiť výrok:

„Z výsledkov použitia týchto metód dokážeme identifikovať bohatšie a chudobnejšie časti ložiska...“

Samozrejme z toho vyplýva zavádzajúca diskusia o tom, kde je aké kvantitatívne zastúpenie MgO na ťažobnej látke. O ťažobnú látku vyššie alebo nižšie bude mať distribúcia MgO iný charakter. Ako sa dá potom o spomínané výsledky opierať pri následnom výpočte zásob? Vo všeobecnosti pôsobia prezentované výstupy ako výsledok automatizovanej procedúry softvéru „bez ladu a skladu“, bez popisu legendy, bez uvedenia serveru, atď. Jednoducho, v praxi nepoužiteľné.

Článok nielenže neposkytuje prehľad moderných metód hodnotenia ložísk nerastných surovín, ako „sľubuje“ v úvode, ale aj opísané archaické metódy prezentuje chybné, ak vôbec môžeme o nejakej prezentácii hovoriť. Článok v skutočnosti neposkytuje metódy hodnotenia, ale vnucuje veľmi zastarané metódy interpolácie. Metódu trojuholníkov poznáme od čias Descartesa, ak nie skôr. V procese výpočtov zásob dnes



Obr. 2. Príklad blokového modelu pre odhad zásob jednotlivých ťažobných jednotiek na C-sektore, ložisko Jelšava **(A.)**. Zobrazenie výsledkov geoštatistického modelovania priemerných hodnôt obsahu MgO (%) ťažobných jednotiek dobývacieho sektora **(B.)**. Vizualizácia odhadnutých ťažobných jednotiek C-sektora magnezitového ložiska Jelšava.

Fig. 2. Example of a regular block model for reserve estimation of SMU (A.) within mining sector C (Jelšava magnesite deposit). Visualization of the results of the geostatistical block modelling of the average values for MgO content (%) (B.).

už nemá širšie použitie (Böhmer a Kužvart, 1993, s. 384). Ak to tak nie je, a autor je presvedčený o súčasnej aplikácii spomínanej metódy v procese výpočtu zásob, nech uvedie príklady ložísk, kde sa použila. Metóda IDW, rovnako ako trojuholníková, sa nedá použiť pre odhad priemerných hodnôt blokov, pričom je známe, že v prípade odhadov zásob ložísk úžitkových nerastov sa zameriava na vytvorenie blokového modelu na základe projektovanej dobývacej metódy alebo rozblokovania ložiska na ťažobné sektory (obr. 2). A dospel k tomu aj sám autor, pretože v závere uvádza:

„Interaktívne prepojenie ložiskovej databázy s jednotlivými aktívnymi témami umožňuje rýchlo a efektívne **vyhľadať v rámci ložiskového telesa bloky** s určitými špecifickými vlastnosťami.“

Ak sú teda vyššie uvedené metódy „novými trendmi“ v hodnotení ložísk nerastných surovín, prečo autor aspoň okrajovo neuviedol nejakú retrospektívu vývoja odhadovacích metód v geológii a ťažbe, z ktorej by bolo jasné, ktoré sú už za „horizontom“, zastarané a nepoužívané a vyzdvihol nové trendy? Ďalšia otázka by smerovala k tomu, ako by autor vytvoril trojrozmerný blokový model v prostredí ArcGIS, keď ten umožňuje vytvárať modely alebo použitie interpolačných metód len v dvojrozmernom priestore. Modelovanie v geológii a baníctve sa vyznačuje svojou unikátnou príslušnosťou k trojrozmernému priestoru, a preto prostredie ArcGIS nie je prispôbené pre takúto modelovanie. Môže byť však použité pre vizualizáciu a spracovanie importov výsledkov modelovania špecializovaných geoštatistických prostredí (Vizi, 2009).

V článku autor viackrát operuje výrazom „viacvariantný výpočet zásob“ a jeho význame pri hodnotení ložísk nerastných surovín, ktorý však bližšie nedefinuje. Ak predpokladáme, že autor má na mysli odhad zásob pre rôzne bilančné (medzné, okrajové, cut-off) podmienky, potom je na mieste dať tieto veci na správnu mieru. Ako už bolo uvedené, triangulácia a IDW nie sú metódy vhodné na tvorbu blokového modelu ložiska.

Lineárne metódy krigovania sú síce vhodné na odhad priemerných hodnôt blokov, ale ich cieľom je čo najpresnejší odhad iba jednej neznámej priemernej hodnoty príslušného bloku. Lineárne metódy krigovania, rovnako ako deterministické metódy interpolácie, neumožňujú takéto „viacvariantné“ odhady z dôvodu ich tzv. vyhladzovacieho efektu. Pre variantné výpočty zásob slúžia ako podklad odhady kompletnej distribúcie pravdepodobnosti na základe nelineárnej kombinácie údajov a váh, ktoré nie sú, na rozdiel od lineárnych kombinácií, funkciami len priestorovej pozície vzoriek, ale aj ich hodnôt a tým jej experimentálnej distribúcie.

Na základe takýchto odhadov možno odvodiť tzv. krivky selektivity pre podiel tonáže, kovnatosti a priemerných hodnôt pre sériu cut-off (medzných, bilančných, okrajových) podmienok a následne vypočítať premenné, ako sú reálna tonáž a kovnatosť sledovaných vnútorných atribútov študovaného ložiska.

Problémy odhadov riešia mnohé nelineárne geoštatistické metódy, napríklad indikátorové krigovanie, rovnomerné podmieňovanie, disjunkívne krigovanie a iné. Pravdepodobne

najkompletnejší zoznam, v nijakom prípade však nie konečný, týchto nelineárnych metód sa uvádza v práci (Vann a Guibal, 2001). Samostatnú kapitolu v hodnotení ložísk nerastných surovín tvoria geoštatistické podmienené simulácie založené na krigovaní. Zameriavajú sa na vytvorenie súboru rovnako pravdepodobných realizácií možných priemerných hodnôt blokov a odvodenie kompletnej distribúcie pravdepodobnosti pre každý blok. Na základe takéhoto numerického modelu ložiska možno odvodiť premenné na výpočet zásob pre akúkoľvek cut-off hodnotu. Praktickým použitím uvedených prístupov sa vytvoril kompletný multivariačný model vyťažiteľných zásob magnezitovej suroviny medzi horizontom 220 a 320 m n. m. v ložisku Jelšava (Vizi, 2008b), ktorý sa následne implementoval do špeciálne vytvoreného geografického informačného systému MineGIS (Mišovic a Sasvári, 2005). Zohľadňuje špecifické požiadavky geologicko-meračského oddelenia spoločnosti SMZ, a. s., Jelšava. Ak by bol Španek (2009) aspoň čiastočne oboznámený s uvedeným informačným systémom a v ňom zavedenými modelmi, pravdepodobne by jeho príspevok vyzeral inak.

Vyššie spomínané metódy nelineárnych odhadov a simulácií zásob ložísk úžitkových nerastov sa dnes pomerne často používajú v praxi a trendy sa posúvajú k iným hraniciam. Rovnako pojmy ako support efekt, model Gaussovej anamorfózy, informačný efekt, rozptyl disperzie, model zmeny supportu a iné nie sú len výsadou výskumných centier, ale našli si svoje miesto aj v praxi. Výskum, vývoj a aplikácia geoštatistických metód odhadov a simulácií je dnes skôr evolučný ako revolučný, ale neustále pokračuje a sústreďuje sa na praktické problémy prieskumu a ťažby ložísk nerastných surovín. Novými trendmi je rozšírenie konceptov nelineárnych odhadov a simulácií v zmysle multivariačných analýz, priamych blokových simulácií, kontaktných analýz, analýz konektivity, aplikácie plurigaussických simulácií a iných (www1). S autorom však možno súhlasiť v tvrdení, že u nás sa tieto metódy začali využívať len nedávno – pod metódami však nemáme na mysli trianguláciu alebo IDW, ale nelineárne odhady a simulácie. Žiaľ, v globále sa s článkom súhlasiť nedá, neprináša nič nové a predkladá odbornej, ale aj širšej verejnosti neaktuálne a neúplné informácie.

Posledná poznámka bude venovaná použitej literatúre. Zoznam obsahuje dvanásť zdrojov, pričom len jeden je zahraničný (Staněk et al., 2006), jeden tvorí vyhláška a jeden zákon. Potvrďuje autorovu nulovú až spiatočnícku úroveň znalostí o tom, aké sú trendy hodnotenia ložísk u nás na Slovensku. Rovnako sa hodnotí aj jeho prehľad o danej téme vo svete. Okrem toho až tretinový objem citovaných zdrojov patrí jedinému hlavnému autorovi. Inšpirovať sa len týmito prácami je viac ako nedostatočné a vyznejú skôr ako ich cielené vnucovanie širšej verejnosti. Uvedené práce sa vôbec nevenujú novým trendom a prezentované blokové modely v článkoch sú výsledkom prác inej osoby. Rovnako nie je problém nájsť isté spojitosti, ktoré v konečnom dôsledku vedú k záverom, že spomínané citácie sú účelové a že sa onen pomyselný „vírus“ začal nešťastne šíriť z východu našej republiky.

Literatúra

- BLIŠŤAN, P., 2005: Priestorové modelovanie geologických objektov a javov v prostredí GIS systémov. *Acta Montan. Slov.*, 10, 3. (<http://actamont.tuke.sk/pdf/2005/n3/4blistan.pdf>)
- BLIŠŤAN, P. & BLIŠŤANOVÁ, M., 2009: Prehodnotenie ukazovateľov využiteľnosti ložísk uhlia na aplikáciu podzemného splyňovania (UCG) na príklade ložiska Beladice (Podunajská nížina). *Miner. Slov. (Bratislava)*, 41, 3. (http://www.geology.sk/doc/min_slov/ms_2009_3/05_Blistan_Blistanova_3_09_web.pdf)
- BÖHMER, M. & KUŽVART, M., 1993: Vyhľadávanie a prieskum ložísk nerastných surovín. *Slovenské pedagogické nakladateľstvo. Bratislava. ISBN 80-08-00367-7.*
- MIŠOVIC, P. & SASVÁRI, P., 2005: Specialized GIS system MineGIS SMZ Jelšava. *Acta Montan. Slov.*, 10, 4. (<http://actamont.tuke.sk/pdf/2005/n4/5misovic.pdf>)
- SASVÁRI, T. & KONDELA, J., 2003: Alpínska hrástovo-grábenová stavba na magnezitovom ložisku Jelšava – Dúbravský masív. *GeoScience Engineering. VŠB-TU Ostrava, XLIX/1.* (<http://gse.vsb.cz/2003/XLIX-2003-1-123-128.pdf>)
- SINCLAIR, A. J. & GARSTON, B. H., 2006: Applied Mineral Inventory Estimation. *Cambridge University Press, New York. ISBN 0-521-02182-0.*
- STANĚK, F., HONĚK, J., HOŇKOVÁ, K. & JELÍNEK, J., 2006: Interactive program system for application of modern evaluation of coal deposits and their parts under complicated conditions. *Acta Montan. Slov.*, 11, 1. (<http://actamont.tuke.sk/pdf/2006/n1/9stanek.pdf>)
- SPANĚK, P., 2009: Nové trendy hodnotenia ložísk nerastných surovín: aplikácia na ložisko magnezitu Ješava – Miková. *Miner. Slov. (Bratislava)*, 41, 3. (http://www.geology.sk/doc/min_slov/ms_2009_3/12_Spanek_3_09_web.pdf)
- VANN, J. & GUIBAL, D., 2001: Beyond ordinary kriging – An overview of non-linear estimation. In: *Mineral Resource and ore reserve Estimation – The AusIMM Guide to good practice. Monograph 23. Pp. 249 – 256. Eduards, A. C. (ed.). AIMM, Melbourne, Australia, 2001. ISBN: 978-1-875776-80-1.* (<http://www.gaa.org.au/pdf/bok%20keynote.pdf>)
- VIZI, L. & HLÁSNY, T., 2007a: Priestorové interpolácie. In: *Hlásny, T. (ed.): Geografické informačné systémy – Priestorové analýzy (Kapitola 9). Zephyros a Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen. 2007. ISBN 978-80-8093-029-5.*
- VIZI, L. & HLÁSNY, T., 2007b: Výber účinného okolia odhadu a jeho vplyv na výsledok priestorovej interpolácie. *Acta Montan. Slov.*, 12, 3. (<http://actamont.tuke.sk/pdf/2007/n3/13vizi.pdf>)
- VIZI, L., 2008a: A case study on uniform conditioning of local recoverable reserves estimation for Jelšava magnesite deposit – level 220. *GeoScience Engineering*, 54, 1. (<http://gse.vsb.cz/2008/LIV-2008-1-41-53.pdf>)
- VIZI, L., 2008b: Vplyv zavedenia systému zlomov do geoštatistického modelovania – prípadová štúdia modelovania geometrie bazálneho lignitového sloja b1 (Beladice). *Acta Montan. Slov.*, 13, 1. (<http://actamont.tuke.sk/pdf/2008/n1/28vizi.pdf>)
- VIZI, L., 2009: Využitie geoštatistických metód špecializovaných programových prostredí pre modelovanie geologických objektov a ich vizualizácia v ArcGIS. GIS Ostrava 2009. 25. – 28. 1. 2009, VŠB-TU Ostrava. (http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2009/sbornik/index.htm)
www1: www.geovariances.com