

Nové trendy hodnotenia ložísk nerastných surovín: aplikácia na ložisko magnezitu Jelšava – Miková

PETER ŠPANEK

Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; spanek@fns.uniba.sk

New trends in mineral deposits evaluation: Case study in Jelšava–Miková magnesite deposit (Slovakia)

The aim of this study is basic characteristic of modern methods, which are nowadays used in economic geology for evaluation of mineral deposits.

Geographic information systems (GIS) represent modern instrument for construction of the a model of mineral deposit. IDS (inverse distance squared) method and geostatistical kriging method are the most important interpolation methods, which are used for construction of the model.

These methods were applicated in the Slovak magnesite deposit Jelšava, the Miková part of the deposit, block B, horizont 350. The model of distribution of MgO content in magnesite deposit was constructed. The influence of tectonics was also included into the model by applying IDS method. An error map of interpolation process was prepared after application of kriging method.

Key words: geographic information systems, interpolation, geostatistics, model of deposit

Úvod

V roku 2004 bola uznesením č. 722/2004 schválená *Aktualizovaná surovinová politika SR pre oblasť nerastných surovín*. Surovinová politika štátu zahŕňa všetky aktivity, ktorými štát ovplyvňuje a definuje ciele spoločnosti pri využívaní domácich zdrojov nerastných surovín. Nadväzuje pri tom na dlhodobé potreby hospodárskeho a sociálneho rozvoja spoločnosti s ohľadom na environmentálne aspekty trvalo udržateľného rozvoja týkajúce sa geologického výskumu a prieskumu a využívania overených zásob nerastných surovín, ako aj získavania surovín v zahraničí na zabezpečenie chodu ekonomiky (Michalková, 2006).

Kvôli splneniu uvedených cieľov sa v súčasnosti vyvíja pomerne veľká snaha o kvalitné ekonomické hodnotenie slovenských ložísk nerastných surovín. Kvalitné ekonomické hodnotenie sa však nezaobíde bez dobre vykonaného výpočtu a zhodnotenia zásob na ložisku. Tomuto výpočtu a zhodnoteniu zásob by malo predchádzať využitie moderných metód hodnotenia ložiska, ktoré by čo najhodnovernejšie znázorňovali situáciu a parametre ložiskového telesa.

Metódy geoštatistiky a modelovania ložiskových telies sa v zahraničí využívajú už desaťročia, no u nás sa s ich aplikáciou začalo len prednedávnom. V súčasnosti sa geoštatistika stáva nevyhnutným nástrojom pri riešení rôznych problémov v modernej ložiskovej geológii. Jej výsledky sa využívajú pri výpočte zásob a ekonomickom hodnotení ložiska.

V procese ťažby na ložisku je potrebné neustále spracúvať a analyzovať geologické informácie získané

počas ťažobného prieskumu. Táto skutočnosť si aj u nás vynútila postupné zavádzanie GIS (geografických informačných systémov) pri hodnotení ložísk. Má to veľký význam aj pri výpočte zásob a ekonomickom hodnotení ložiska.

Medzi prínosy geografického informačného systému patrí napríklad zvýšenie úrovne plánovania ťažby, spresnenie vedenia evidencie pohybu zásob, možnosť realizácie variantného výpočtu zásob, a teda skvalitnenie ekonomického rozhodovania (Lipták, 2006).

Cieľom tejto štúdie je poskytnúť stručný prehľad moderných metód hodnotenia ložísk nerastných surovín, akými sú rôzne interpolačné a geoštatistické metódy aplikované prostredníctvom špeciálneho softvéru v prostredí GIS a rôznych nových trendov v ekonomickom hodnotení, ktoré sa v súčasnosti využívajú pri zhodnocovaní ložísk nerastných surovín.

Geografické informačné systémy (GIS) pri hodnotení ložísk nerastných surovín

Geografické informačné systémy sú systémy, ktoré slúžia na efektívne ukladanie, aktualizáciu, analýzu, modelovanie a prezentáciu geograficky orientovaných informácií a na manipuláciu s nimi. GIS je efektívne prepojenie rôznych typov grafických údajov (vektorové, rastrové) s vhodne štruktúrovanou databázou.

Úlohy špecifické pre GIS možno rozdeliť na niekoľko oblastí (Zlocha, 1996):

- reprezentácia geografického priestoru, meranie a zber údajov,
- zhromažďovanie údajov,

- štruktúry údajov a algoritmy,
- priestorové modelovanie a štatistika,
- zobrazovanie,
- organizačné, právne a etické aspekty.

Vyvrcholením predchádzajúcej analýzy a spracovania ložiskovo-geologických údajov je vytvorenie geografického informačného systému, ktorý je založený na spracovaní všetkých dostupných textovo-numerických a grafických údajov o ložisku.

GIS, ktorý sa využíva pri hodnotení ložiska a pri plánovaní ťažby, si vyžaduje spracovanie nasledujúcich typov údajov (Blištan a Grinč, 1998):

- vzorkový materiál a terénne geologické merania (spracovanie máp vzoriek, kníh vzoriek, existujúcich databáz vzoriek),
- mapové podklady – komplexné spracovanie mapovej dokumentácie (meračské body, meračská sieť, klady listov, technické práce, vystrojenie banských diel, ložiskovo-geologické informácie, povrchová situácia, technologické objekty),
- tabuľkové údaje – aktuálne a archívne informácie (parametre ložiskových blokov, ekonomické hodnotenia, archívne informácie).

Náročnosť modelovania ložiskového telesa závisí od množstva vstupných údajov a od zvolenej modelovacej metódy. Pri modelovaní geologických telies sa využívajú rôzne interpolačné metódy.

Geografický informačný systém je založený na prepojení subsystémov do dvoch základných modulov – databázového a geografického (Blištan a Kondela, 2002).

Databázový modul využíva možnosti tabuľkového procesora a textového editora a relačný prístup k údajom a informáciám.

Geografický modul ponúka možnosti analýzy priestorových vzťahov databázových záznamov vo vzťahu k ostatným geoobjektom alebo javom. Je to geografické prezentovanie ložiskových a iných údajov na základe stanovených kritérií (priestorová analýza a 3D modelovanie).

Hlavné výhody použitia geografického informačného systému v ložiskovej geológii (Blištan a Kondela, 2002): a) komplexná báza ložiskovo-geologických údajov, b) digitálny model geologickej situácie a účelové geologické mapy, c) možnosť analýzy a spracovania všetkých geologických údajov.

Geografické informačné systémy poskytujú banskej prevádzke komplexnú bázu banskotechnických údajov, digitálne povrchové, banské a iné účelové mapy a možnosti analýzy a spracovania ostatných údajov (vetranie, únikové cesty, rozmiestnenie strojov a pod.).

Prínos zavedenia geografického informačného systému na ložisku Jelšava-Dúbravský masív spočíva v nasledujúcich faktoch (Lipták, 2006):

- zvýšenie úrovne plánovania ťažby vytvorením modelu distribúcie magnezitu rôznych kvalitatívnych tried, ktorý je súčasne podkladom na optimálne situovanie dobývok a pilierového systému; to v konečnom dôsledku zvyšuje výrubnosť ložiska a využitie magnezitu;
- spresnenie vedenia evidencie pohybu zásob;

- analýza distribúcie chemického zloženia magnezitu a škodlivín, lokalizácia rôznych kvalitatívnych tried magnezitu; je to dôležité pri riadení kvality ťažby;

• rozmery dobývaných blokov sú v súlade s použitou dobývacou metódou;

• možnosť realizácie variantného výpočtu zásob podľa rôznych hraničných (tzv. cut-off) podmienok využiteľnosti; jednoznačne to prispieva ku skvalitneniu ekonomického hodnotenia;

• možnosť kvantifikácie odbytových možností, výrobného sortimentu a optimalizácie ťažby a spracovania magnezitu.

Interpolačné metódy

Interpolačné metódy sú silným nástrojom pri hodnotení kvalitatívnych aj kvantitatívnych charakteristík ložiskového telesa v priestore. Slúžia na interpretáciu vlastností ložiska aj v miestach, odkiaľ nemáme k dispozícii vzorkový materiál. Výber interpolačnej metódy má značný vplyv na tvorbu modelu ložiskového telesa, množstvo vypočítaných zásob a celkové zhodnotenie ložiska. V rámci ložiskového telesa môžeme vyčleniť zóny obohatenia, prípadne ochudobnenia danej suroviny (distribúcia úžitkovej zložky). Má to význam aj pri lepšom plánovaní ťažby na ložisku, modernom viacvariantnom spôsobe výpočtu zásob a celkovom hodnotení ložiska. Nie všetky interpolačné metódy však poskytujú úplne rovnaké výsledky. Voľba najvhodnejšej interpolačnej metódy závisí od viacerých faktorov v súvislosti s konkrétnym ložiskom.

Medzi najčastejšie používané interpolačné metódy v ložiskovej geológii patria:

a) metóda prevrátených štvorcov vzdialeností (*inverse square distance* – IDS); b) metóda krigingu; c) metóda minimálneho zaoblenia; d) modifikovaná Shepardova metóda; e) metóda prirodzeného suseda; f) metóda najbližšieho suseda; g) metódy radiálnych bazových funkcií; h) trojuholníková metóda s lineárnou interpoláciou zistených hodnôt (Staněk et al., 2006).

V nasledujúcom texte stručne uvedieme princípy niektorých interpolačných metód, ktoré sa najčastejšie používajú v ložiskovo-geologickom prieskume.

Trojuholníková metóda s lineárnou interpoláciou zistených hodnôt

Princíp tejto metódy spočíva v odhade neznámej hodnoty pomocou lineárnej závislosti (obr. 1).

Lineárnym útvarom v trojrozmernom priestore je rovina z , ktorá je daná rovnicou:

$$z = ax + by + c.$$

Polohu hľadaného bodu B zisťujeme z troch známych bodov so súradnicami $G_2 [x_1, y_1, z_1]$, $G_4 [x_2, y_2, z_2]$ a $G_9 [x_3, y_3, z_3]$, pre ktoré platí:

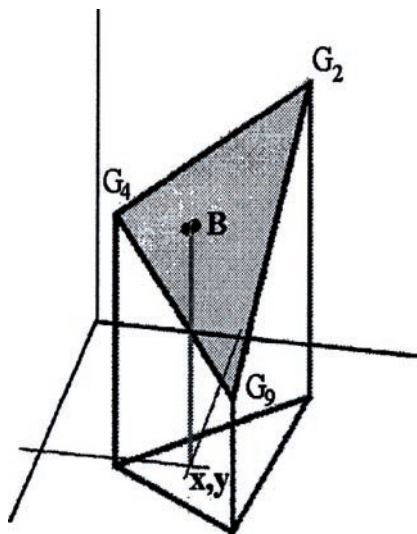
$$z_1 = ax_1 + by_1 + c,$$

$$z_2 = ax_2 + by_2 + c,$$

$$z_3 = ax_3 + by_3 + c.$$

Kedže poznáme všetky hodnoty x_i , y_i a z_i , riešením uvedenej sústavy rovníc sú koeficienty a , b , c roviny, v ktorej sa nachádzajú body G_2 , G_4 a G_9 . Polohu hľadaného bodu B [x_B , y_B] potom zistíme zo vzťahu:

$$T_B = ax_B + by_B + c.$$



Obr. 1. Princíp trojuholníkovej metódy s lineárnou interpoláciou, rovina z je definovaná bodmi G_2 , G_4 a G_9 (Blišťan, 2005).

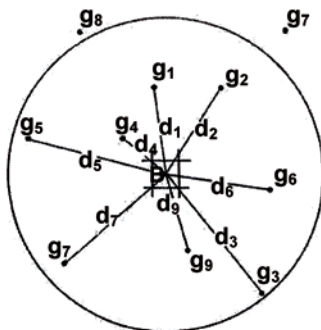
Fig. 1. Principle of triangulation method with linear interpolation, the plain z is defined by points G_2 , G_4 and G_9 (Blišťan, 2005).

Metóda prevrátených štvorcov vzdialeností (IDS)

Hodnotu sledovanej veličiny T_B v bode B zisťujeme ako súhrn príspevkov zo známych bodov, ktoré sú v určitej vzdialenosti od bodu B (obr. 2). Princíp metódy možno vyjadriť vzťahom:

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k}}$$

d_i^k – vzdialenosť jednotlivých bodov so známymi hodnotami veličiny k bodu B , g_i – hodnoty sledovanej veličiny jednotlivých známych bodov.



Obr. 2. Princíp metódy IDS (Blišťan a Kondela, 2001 in Blišťan, 2005).

Fig. 2. Principle of IDS method (Blišťan and Kondela, 2001 in Blišťan, 2005).

Geoštatistická metóda krigingu

Úlohou tejto metódy je poskytnutie čo najlepšieho odhadu sledovanej veličiny v ľubovoľnom mieste záujmovej plochy alebo telesa na základe skupiny známych hodnôt (Blišťan, 2005).

Pri metóde krigingu platí tento základný vzťah:

$$T^* = \sum_{i=1}^n w_i g_i$$

T^* – odhadovaná hodnota v konkrétnom bode B ,

w_i – váha pozorovania v i -tom bode,

g_i – známa hodnota sledovanej veličiny v i -tom bode (vzorka).

Medzi hodnotami veličiny v rôznych bodoch poľa existuje určitý vzájomný vzťah – kontinuita, ktorá sa vyjadruje pomocou štruktúrnych funkcií kovariancie a variogramu. Variogram je základná štruktúrna funkcia, ktorá kvantitatívne opisuje zmeny v priestore regionálnej premennej. Semivariogram je štruktúrna funkcia, ktorá opisuje očakávaný rozdiel v hodnotách medzi párami vzoriek vzdialených od seba o h s danou vzájomnou orientáciou (Blišťan a Pauco, 2005).

Funkciu semivariogramu opisuje vzťah:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} (U(v_i + h) - U(v_i))^2$$

$n(h)$ – počet párov vstupujúcich do výpočtu experimentálneho semivariogramu na vzdialenosti h , h je vektor v n -rozmernom priestore,

$(v_i + h)$ – nesie v sebe priestor,

$U(v_i)$ – konkrétna hodnota.

Priestorová štruktúra študovaného regionalizovaného javu je modelovaná na základe semivariogramu vypočítaného z dvojíc hodnôt oddelených vektorom h . Takto transformované pole hodnôt slúži ako vstup na krigovanie.

Uvedené metódy sú súčasťou programového vybavenia viacerých špecializovaných počítačových programov (*Surfer 8*, *Topol*, *ArcGIS* a pod.).

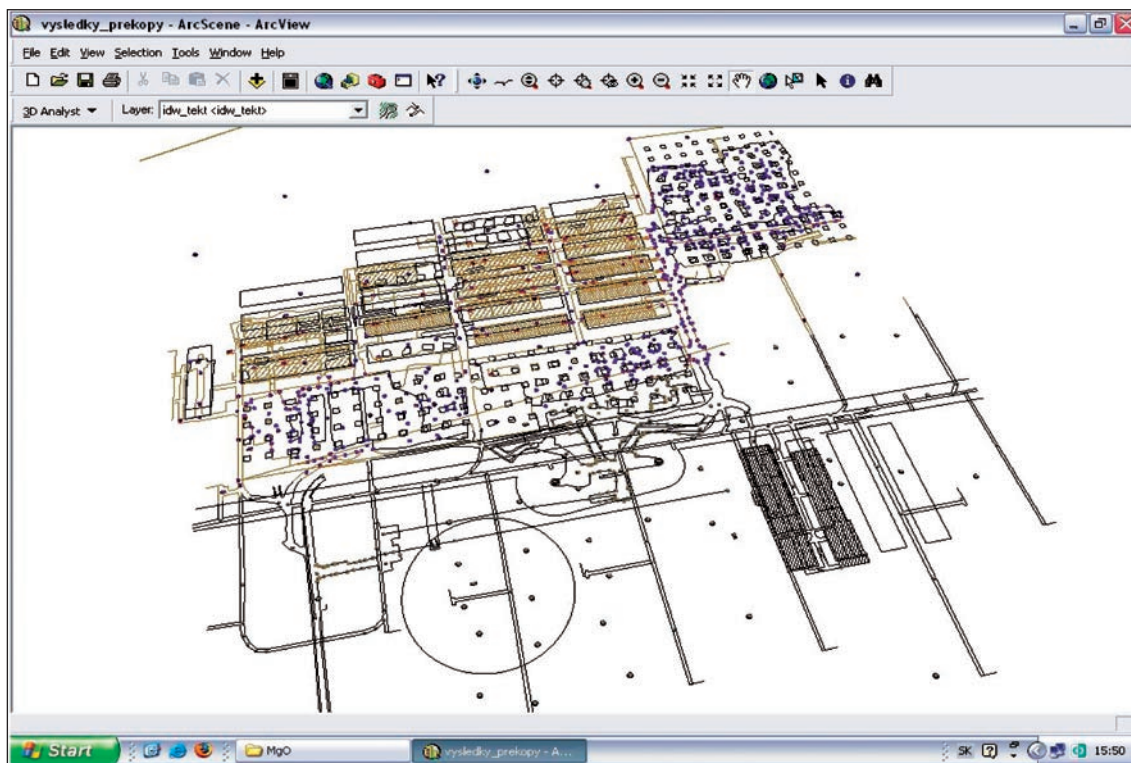
Ekonomické hodnotenie ložísk

Klasifikáciu zásob výhradných ložísk SR upravuje § 14 zákona č. 44/1988 Zb. v znení zákona č. 498/1991 Zb., 558/2001, 203/2004, 587/2004, 479/2005, 219/2007 Zb. a vyhláška SGÚ č. 6/1992 Zb. o klasifikácii a výpočte zásob výhradných ložísk.

Podľa preskúmanosti výhradného ložiska alebo jeho časti, stupňa znalosti jeho úložných pomerov, kvality, technologických vlastností a banskotechnických podmienok sa zásoby výhradného ložiska klasifikujú na: a) Z-1 (overené zásoby), b) Z-2 (pravdepodobné zásoby), c) Z-3 (predpokladané zásoby).

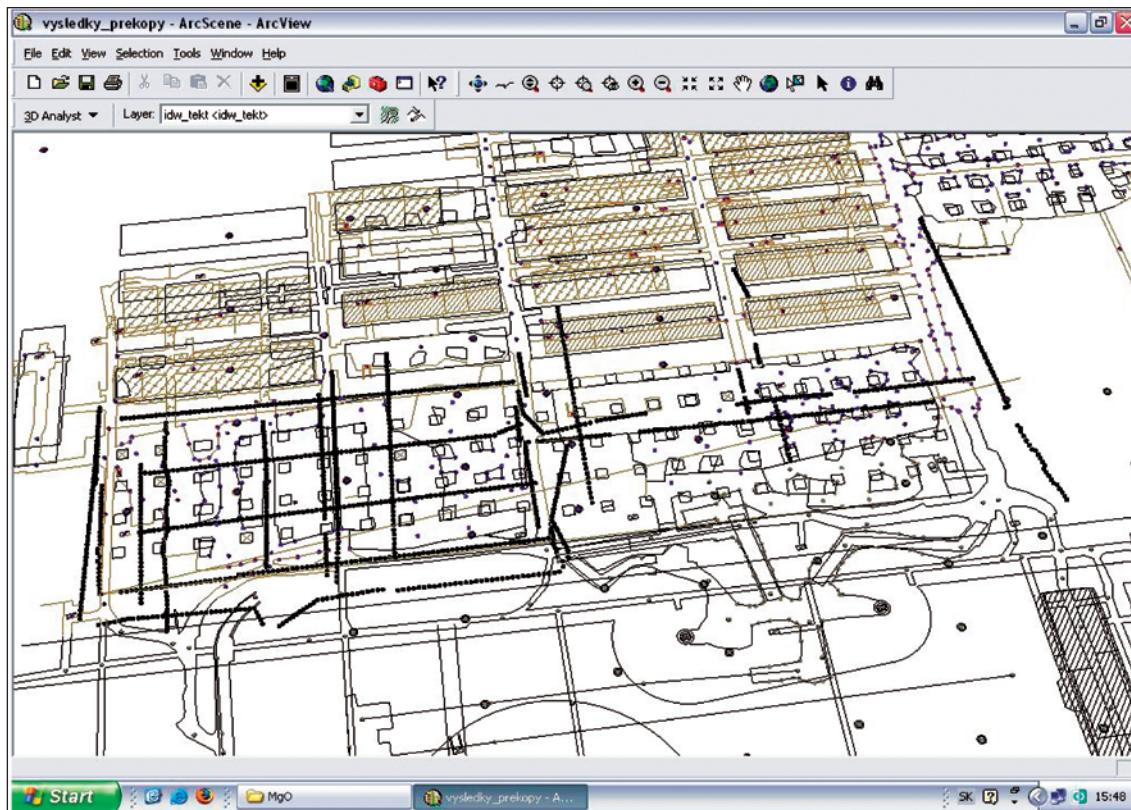
Podľa vhodnosti na hospodárske využitie sa zásoby klasifikujú na: a) bilančné zásoby, b) nebilančné zásoby.

Podľa možnosti dobývania podmienenej technológiou dobývania, bezpečnosťou prevádzky a určenými ochran-



Obr. 3. Banská mapa horizontu 350, sektor B, ložisková časť Miková.

Fig. 3. Mine map of horizon 350, block B, Miková part of deposit.



Obr. 4. Situácia analyzovaných vzoriek (horizont 350).

Fig. 4. Location of analysed samples (horizont 350).

nými piliermi sa zásoby klasifikujú na: a) viazané zásoby, b) voľné zásoby.

K samotnému ekonomickému hodnoteniu ložiska je možné pristúpiť až po dôkladnom prehodnotení množstva zásob, ich kvality a následných variantných výpočtoch zásob, kde sú presne definované jeho ložiskovogeologické parametre, banskotechnické, technologické a hydrogeologické pomery (Tréger a Baláž, 1999).

Do celkového ekonomického hodnotenia ložiska treba zarátať aj náklady na energiu pri ťažbe a úprave suroviny, náklady na likvidáciu starých environmentálnych záťaží a pod.

Pri klasifikovaní zásob na bilančné (ekonomické) a nebilančné (potenciálne ekonomické) je potrebné definovať závislosť medzi zásobami ložiska (Z), priemerným obsahom (x) a medzným obsahom (x_0) úžitkovej zložky. Túto závislosť definujeme pri variantných výpočtoch zásob na ložisku pri rôznych, vopred určených hodnotách medzného obsahu úžitkovej zložky.

Definícia závislosti medzi množstvom zásob (Z), priemerným obsahom (x) a medzným obsahom (x_0) úžitkovej zložky je dôležitá aj pri určení optimálnych Z , x a x_0 , ktoré zodpovedajú maximálnej cene ložiska pri meniacich sa technických a technicko-technologických parametroch.

V konečnom dôsledku teda cena ložiska (C), jeho ekonomická hodnota, závisí od ceny suroviny (c), výrobných nákladov (n), technicko-technologických parametrov (tp) a od ložiskovogeologických parametrov (Z , x , x_0). Možno ju vyjadriť ako funkciu týchto parametrov:

$$C \rightarrow f(Z, x, x_0, n, c, tp).$$

Ložiskovogeologické parametre (Z , x , x_0) nazývame *statické* a technicko-technologické a technické parametre (n , c , tp) nazývame *dynamické*.

Postup ekonomického hodnotenia ložiska na základe variantného výpočtu zásob je takýto (Tréger a Baláž, 1999):

1. Do ekonomického hodnotenia vstupujú údaje, ktoré pozostávajú z ložiskovogeologických parametrov – zásob, priemerných a medzných hodnôt obsahu úžitkovej zložky.

2. Ekonomické hodnotenie sa začína variantným výpočtom zásob. To umožní okontúrovať zásoby rôznej kvality pri rôznom medznom obsahu úžitkovej zložky, ktoré pokrývajú celý interval kvality overenej na ložisku nad hodnotou medzného obsahu prijatého pre nebilančné zásoby.

3. Každý variant výpočtu zásob sa následne technicko-ekonomicky zhodnotí a na základe úžitkovej hodnoty 1 t, výrobných nákladov na 1 t a množstva vyťažiteľných zásob sa vhodnou metodikou pre každý variant výpočtu zásob vyčíslí cena ložiska.

Modelový príklad aplikácie interpolačných metód (IDS, kriging) v prostredí GIS na ložisko magnezitu Jelšava

Ložisko magnezitu Jelšava je situované na severnom okraji karbónskeho pruhu gemerika. Produktívne telesá magnezitu majú namúrsky vek a sú súčasťou ochtinského

súvrstvia dobšinskej skupiny. Ložisko pozostáva z tmavosivého dolomitu, ktorý je lokálne hydrotermálne premenený na kryštalický svetlosivý magnezit. Magnezitové telesá tvoria nepravidelné šošovky rôzneho tvaru a kvality. Šošovky dosahujú horizontálnu dĺžku 3 600 m v smere V – Z a hrúbka produktívneho súvrstvia je 600 m. Šošovky sú významne tektonicky porušené (Mathes, 2000).

Evidované bilančné zásoby ložiska Jelšava v množstve 240 miliónov ton s predpokladanou životnosťou minimálne 100 rokov zaraďujú toto ložisko k ložiskám svetového významu (Lipták, 2006). Vyťaženie magnezitu sa po úprave používa predovšetkým na výrobu žiaruvzdorných hmôt vo forme magnezitových slinkov.

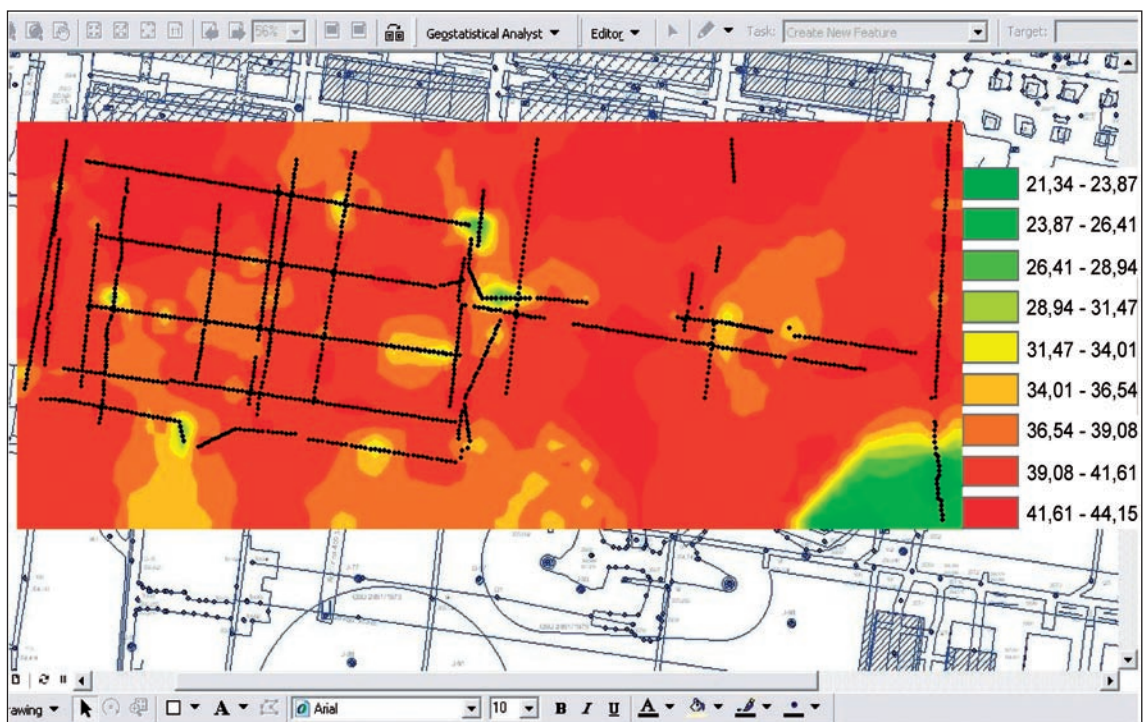
Uvedené interpolačné metódy boli aplikované na ložiskovej časti Miková, sektor B, horizont 350 m n. m. Spoločnosť SMZ Jelšava, a. s., poskytla údaje, ktoré pozostávali z banskej mapy študovaného horizontu v elektronickej podobe vo forme *design* súboru a databázy vzoriek, ktorá bola spracovaná v tabuľkovom procesore *Excel*. V databáze boli ku každej vzorke z prekopov z daného horizontu uvedené tieto údaje: priestorové súradnice (X , Y , Z), hodnoty chemického zloženia (obsah MgO , SiO_2 , Fe_2O_3 a CaO). Tieto údaje tvorili vstupné údaje na následnú analýzu distribúcie úžitkovej zložky MgO prostredníctvom použitia jednotlivých uvedených interpolačných metód v prostredí GIS. Pri použití metódy IDS sa do modelovania distribúcie MgO zahrnul aj vplyv tektoniky, pretože na danom ložisku je pomerne významný. Na analýzu sa použil program *ArcGIS 9.1*.

Súčasťou programového vybavenia softvéru *ArcGIS 9.1* sú aj rôzne užitočné nástroje. Prostredníctvom nich dokážeme aplikovať jednotlivé interpolačné techniky na súbor údajov, ktoré môžu byť uložené v databáze v rôznych formátoch (napr. *mdb.*, *dbf.* a podobne).

Prvým krokom pred samotnou analýzou bolo prenesenie banskej mapy horizontu 350 m n. m. do 3D priestoru kvôli lepšej ilustrácii situácie dobývacieho sektora B, ložiskovej časti Miková (obr. 3). Následne sa v priestore lokalizovali analyzované vzorky z prekopov z horizontu 350 m n. m. (obr. 4).

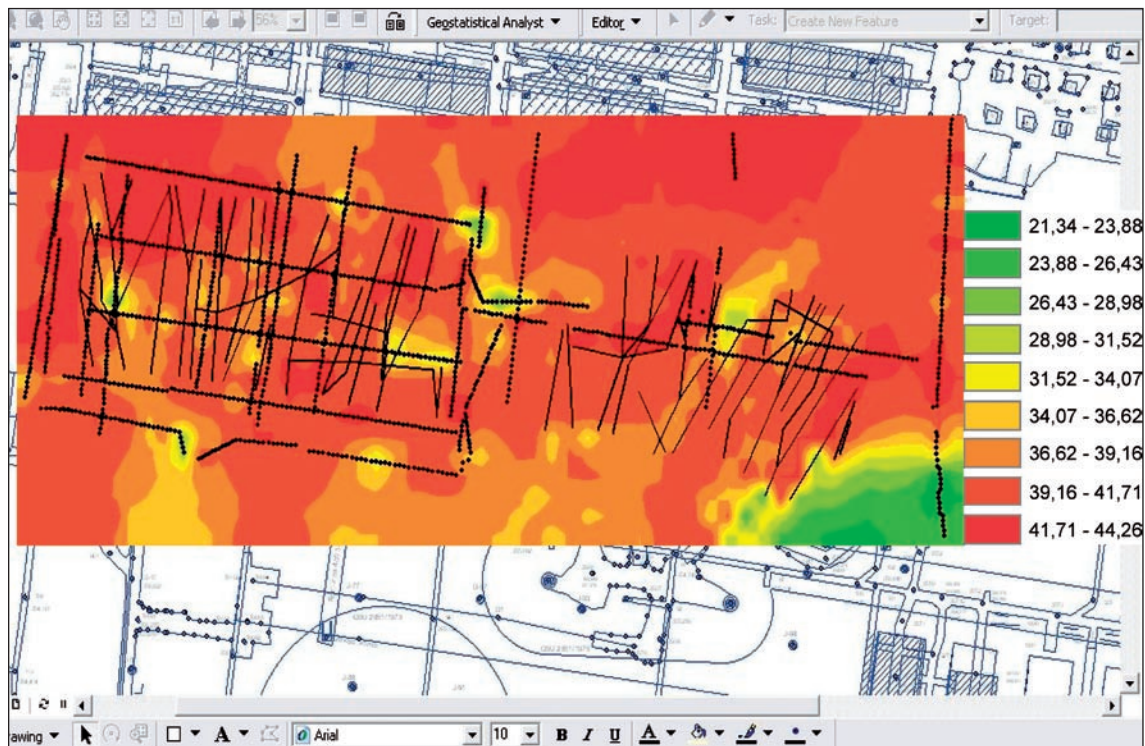
Na analýzu distribúcie úžitkovej zložky MgO v priestore ako prvá sa použila metóda IDS (obr. 5). Pri použití metódy IDS je možné do výpočtu zahrnúť aj vplyv rôznych diskontinuít (v našom prípade ide o zlomy), ktoré výrazne vplyvajú na distribúciu sledovaného javu. Ako vidno, v danej ložiskovej časti sa nachádza množstvo diskontinuít, ktoré tiež majú vplyv na distribúciu úžitkovej zložky (obr. 6).

Pomerne dobré výsledky sa dosiahli pri aplikácii geoštatistickej metódy univerzálneho krigingu (obr. 7). Znovu tu výrazne vidieť zvýšený obsah MgO v sz. časti a nízky obsah v jv. časti. Po aplikácii krigingu sa vykonáva procedúra *cross validation* (tzv. „bumerangový“ test), pri ktorej sa testuje presnosť aplikovanej krigovacej metódy. V priebehu tohto testu sa porovnáva známa hodnota sledovaného javu v danom bode (v našom prípade vzorka, hodnota MgO) s vypočítanou hodnotou v tomto bode. Výsledkom tejto procedúry je mapa chýb vypočítaných hodnôt sledovaného javu (obr. 8).



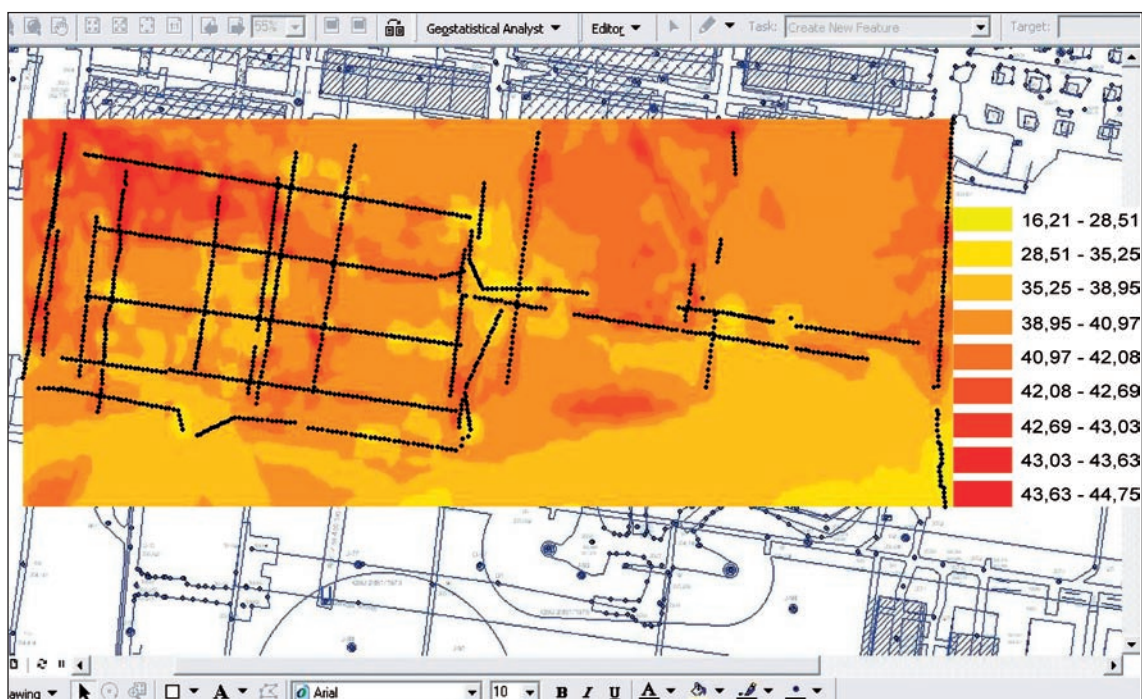
Obr. 5. Proces interpolácie obsahu MgO (%) vo vzorkách (metóda IDS, bez vplyvu tektoniky).

Fig. 5. The interpolation process of MgO (%) content in samples (IDS method, without influence of tectonics).



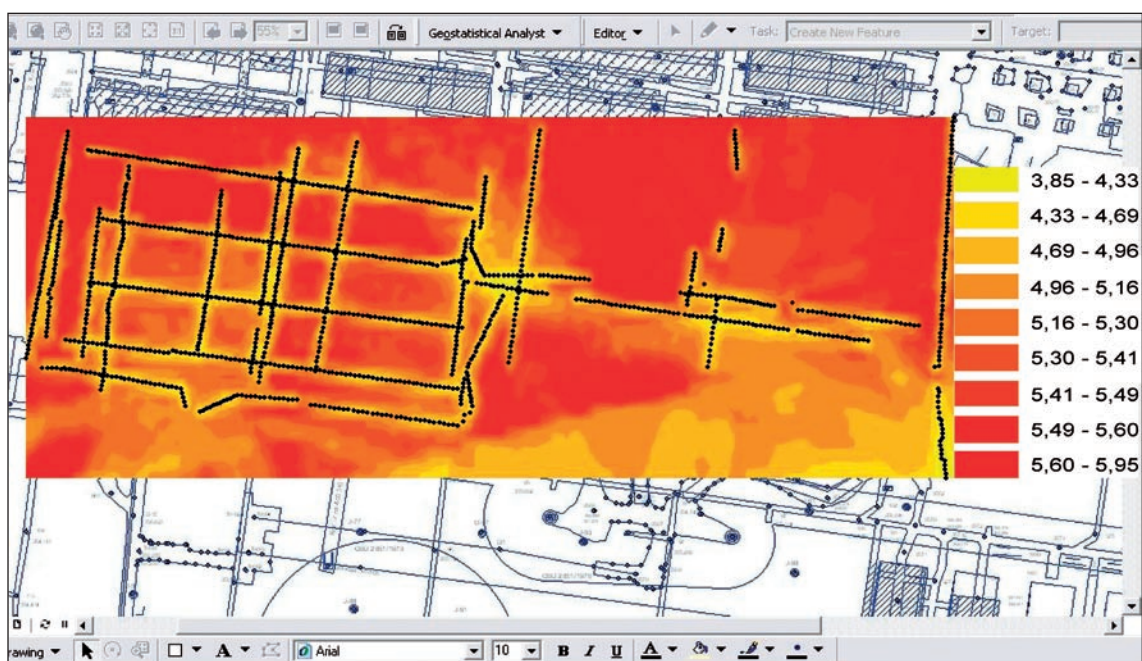
Obr. 6. Proces interpolácie obsahu MgO (%) vo vzorkách (metóda IDS, s vplyvom tektoniky).

Fig. 6. The interpolation process of MgO (%) content in samples (IDS method, with influence of tectonics).



Obr. 7. Proces interpolácie obsahu MgO (%); (metóda krigingu).

Fig. 7. The interpolation process of MgO (%) content (kriging method).



Obr. 8. Mapa chýb interpolácie obsahu MgO (metóda krigingu).

Fig. 8. The error map of interpolation of MgO content (kriging method).

Pri aplikácii oboch metód v oblasti analyzovaných vzoriek horizontu 350 m n. m. vidieť zvýšený obsah MgO v sz. časti. V juhovýchodnej časti, naopak, je obsah MgO výrazne nižší (okolo 25 %). V tejto časti zrejme ide o vzorkový materiál pochádzajúci z dolomitu.

Z výsledkov použitia týchto metód dokážeme identifikovať bohatšie a chudobnejšie časti ložiska. Aplikácia uvedených metód v prostredí GIS uľahčuje proces viacvariantného výpočtu zásob v priebehu ložiskovo-geologického prieskumu a následné ekonomické hodnotenie ložiska.

Záver

Využívanie uvedených metód sa už postupne aj na Slovensku stáva neoddeliteľnou súčasťou geologického prieskumu. Geoštatistika má pri modelovaní ložiskového telesa nezastupiteľnú úlohu. Na základe jej aplikácie zisťujeme parametre a vlastnosti ložiska v celom jeho priestore, nielen v rámci banských prieskumných diel. Geoštatistické metódy popri ložiskovom prieskume nachádzajú široké uplatnenie s úspešnými výsledkami aj v rôznych vedných disciplínach. Modelovanie a prezentácia ložiskového telesa v prostredí GIS predstavuje mnoho výhod oproti klasickým analógovým mapám v papierovej podobe. Interaktívne prepojenie ložiskovej databázy s jednotlivými aktívnymi témami umožňuje rýchlo a efektívne vyhľadať v rámci ložiskového telesa bloky s určitými špecifickými vlastnosťami. V konečnom dôsledku to má veľký význam pri plánovaní ťažby, vykonávaní výpočtu zásob podľa najnovších metód a kritérií a pri ekonomickom hodnotení ložiska.

Nové metódy ekonomického hodnotenia ložiska, viacvariantného výpočtu zásob a určovania ceny ložiska v podmienkach trhovej ekonomiky sa začali na Slovensku využívať len nedávno a hneď sa prejavil ich veľký význam. V minulosti sa často stávalo, že mnohé zásoby ložiska boli podhodnotené a určené ako nebilančné, no v skutočnosti sa aj v rámci týchto zásob nachádzali ekonomicky významné zásoby. Tento problém sa postupne odstraňuje aplikáciou moderných postupov viacvariantného výpočtu zásob.

Podakovanie. Práca vznikla s pomocou finančných prostriedkov grantu Univerzity Komenského v Bratislave č. 224 s názvom projektu *Moderné trendy v hodnotení ložísk nerastných surovín*. Ďakujeme zamestnancom spoločnosti SMZ, a. s., Jelšava za poskytnutie údajov nevyhnutných pri práci a za ochotu spolupracovať.

Literatúra

- BLIŠŤAN, P., 2005: Priestorové modelovanie geologických objektov a javov v prostredí GIS systémov. In: *Acta Montan. Slov.*, roč. 10, č. 3, s. 296 – 299.
- BLIŠŤAN, P. & GRINČ, A., 1998: Spracovanie geologickej dokumentácie pomocou CAD systémov a GIS. In: *Acta Montan. Slov.*, roč. 3, č. 1, s. 157 – 167.
- BLIŠŤAN, P. & KONDELA, J., 2002: Geografický informačný systém pre ložisko Jelšava. In: *Acta Montan. Slov.*, roč. 7, č. 4, s. 223 – 226.
- BLIŠŤAN, P. & PAUCO, M., 2005: Model distribúcie úžitkových zložiek a škodlivín, ako základných kvalitatívnych parametrov magnezitového ložiska Bankov – Košice a jeho prezentácia v prostredí GIS. In: *Acta Montan. Slov.*, roč. 10, č. 2, s. 89 – 93.
- LIPTÁK, V., 2006: Súčasné trendy ťažby a spracovania magnezitu v Jelšave. In: *Súčasné trendy a problémy vo výskume nerudných nerastných surovín*. Bratislava, s. 77 – 82.
- MATHES, J., 2000: An outline of exploration of the Dúbrava Massif magnesite deposit – Jelšava (Gemeric Unit). In: *Miner. Slov. (Bratislava)*, Vol. 32, pp. 197 – 200.
- MICHÁLKOVÁ, J., 2006: Ekonomika nerastných surovín. Rigorózna práca. *Manuskript*. Bratislava.
- STANĚK, F., HONĚK, J., HONKOVÁ, K. & JELÍNEK, J., 2006: Interactive program system for application of modern evaluation of coal deposits and their parts under complicated conditions. In: *Acta Montan. Slov.*, Vol. 11, No. 1, pp. 50 – 59.
- TRÉGER, M. & BALÁŽ, P., 1999: Nerastné bohatstvo Slovenska, problémy jeho klasifikácie a oceňovania. In: *Acta Montan. Slov.*, roč. 4, č. 2, s. 89 – 100.
- Vyhláška SGÚ č. 6/1992 Zb. o klasifikácii a výpočte zásob výhradných ložísk.
- Zákon SNR č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon) v znení zákona SNR č. 498/1991 Zb. a novely zákona č. 558/2001 Z. z.
- ZLOCHA, M., 1996: Analýza morfometrických vlastností reliéfu a podpovrchových štruktúr v ložiskovej a environmentálnej geológii. [Kandidátska dizertačná práca.] *Manuskript*. Bratislava.

Rukopis doručený 18. 3. 2009

Revidovaná verzia doručená 1. 4. 2009

Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

New trends in mineral deposits evaluation: Case study in Jelšava–Miková magnesite deposit (Slovakia)

The main aim of this study is to render a short review of modern methods of mineral deposits evaluation (geographic information system, interpolation methods, geostatistics, modern methods of economic evaluation of mineral deposits), which are nowadays used for evaluation of mineral deposits.

The advantages of using GIS in geology of mineral deposits are: a) complex basis of geological and deposit data; b) digital model of geological situation and geological maps; c) possibility of analysis of all geological data (Blišťan and Kondela, 2002).

Triangulation method with linear interpolation, IDS (inverse distance squared) method and geostatistical kriging method are often used in geology of mineral deposits by modelling of deposit body.

Key factors, which have a great influence at the mineral deposit price are: a) reserves; b) utility element amount; c) cost of production; d) price of one metric tonne of raw material; e) technical parameters of exploitation (Tréger and Baláž, 1999).

The model of MgO content in magnesite of the Slovak magnesite deposit Jelšava–Miková, sector B, horizon 350, was used in this study for demonstration of using GIS in geology of mineral deposits. The GIS software ArcGIS 9.1. was used for final analysis. Applying both – IDS and kriging methods, we visualized an increased MgO content in north-western part of horizon 350 m a.s.l. Contrary, in south-eastern part the MgO content is distinctly lower (around 25 %). The results demonstrate that GIS methods allow easily identify richer and poorer parts of deposits.