

Analytické nástroje a funkcie GIS v riadiacom a rozhodovacom procese ťažobnej organizácie

Peter Semrád¹

Analytical tools and functions of GIS in the process control and decision support of mining company

The development of computer techniques, the increase in demands for the professional and possible fastest data processing, as well as for the fluency and efficiency of information gaining, exchanging and providing has a strong influence on forming the new generation of information technologies - Geographic Information Systems (GIS) that rose in the second half of the twentieth century.

Advancement in this area is still progressing and GIS gradually find the enforcement in individual fields where they play a great role in the process control and decision support. Nowadays, there are applications in mining and geology, where are used especially at processing and evaluating of mining - geological documentation, optimization of mining and technical processes, planning, distributing and managing of mining as well as economic analysis that are important in terms of investment decisions to mining business.

GIS are the systems for the effective keeping, updating, processing, analysing, modelling, simulating and presenting geographically oriented information. We can identify them as computer systems helping to solve real problems that should be normally required to solve by human expert.

Well equipped GIS have graphic ability and accordingly manage descriptive (attribute) data. They are able to secure mutual connection between graphical and descriptive data and in addition to command countless number of functions that enable the execution of spatial analysis. This fact is very important in mining and geological application.

There are exploited mostly geostatistical analysis (e. g. modelling of distribution valuable and harmful components of mineral resource in a mineral deposit), surface modelling and surface model analysis (e. g. at modelling the subsidence of mining territory), different methods of creating spatial and attribute queries about database for seeking necessary data (e. g. to find all mining blocks of deposit that meet required conditions and to calculate their total quantity of reserves) and distance and network analysis (modelling protection pillars as buffer zones for operating objects above ground, time calculation for transport of mineral resource, using optimal routes combined with cost calculation), from the analytical apparatus and functions of GIS used in the process control and decision support of mining company.

Modern mining is ranked to the specific group of fields with high information intensity. Because of high financial demands of the mine processes and technologies, the basical strategy of all mining companies is the utilization of information technologies for the reduction of expenses. Implementation of GIS in this area is, according to their options and functions, ideal.

Key words: *geographical information system, process control, decision support, mining company, modelling, spatial statistical analysis, surface modelling, database query, distance analysis, network analysis*

Úvod do problematiky

Rozvoj počítačovej techniky, nárast požiadaviek na kvalitné a čo najrýchlejšie spracovanie veľkého množstva dát (priestorových i nepriestorových), ako aj na plynulosť a efektívnosť získavania, ukladania, archivácie, výmeny a poskytovania informácií, to všetko sa podieľalo na nástupe novej generácie informačných technológií - geografických informačných systémov (GIS), ktoré sa začali uplatňovať v druhej polovici 20. storočia.

Vývoj v tejto oblasti neustále napreduje a GIS si postupne nachádzajú uplatnenie v rôznych oblastiach, kde zohrávajú významnú úlohu v riadiacom a rozhodovacom procese. Dnes už nie je výnimkou ani oblasť baníctva a geológie, kde sa využívajú najmä pri spracovaní a vyhodnocovaní geologicko-ložiskových dát, ďalej pri riešení niektorých bansko-technických problémov, ako aj pri ekonomických analýzach, ktoré sú dôležité z hľadiska rozhodovania o investovaní do banského podniku.

Stručná charakteristika GIS

Z mnohých definícií GIS sa ako všeobecne použiteľná javí definícia firmy *Environmental Systems Research Institute-ESRI, Redlands, USA*, ktorú táto firma uvádza v materiáloch k svojmu produktu PC ARC/INFO: „GIS je organizovaný súbor počítačového hardwaru, softwaru a geografických údajov, navrhnutý na efektívne získavanie, ukladanie, upravovanie, obhospodarovanie, analyzovanie a zobrazovanie všetkých foriem geografických informácií.“

V súlade s touto pomerne jednoduchou definíciou sa však žiada poznamenať, že v skutočnosti existujú tri rôzne chápania pojmu GIS (Tuček, 1998): *GIS ako technológia* (hardwarové a softwarové vybavenie), *GIS ako aplikácia* (konkrétna GIS aplikácia, ktorá je súčasťou riadenia činností istej organizačnej jednotky) a *GIS ako vedecká či technická disciplína*.

¹ Ing. Peter Semrád, Katedra geológie a mineralógie Fakulty BERG Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 15, 043 84 Košice.
(Recenzované a revidovaná verzia dodaná 22.5.2001)

Z hľadiska funkčnosti a životaschopnosti sú v porovnaní s príbuznými počítačovými systémami (CAD - počítačom podporované projektovanie, DS - databázové systémy, CAM - počítačová kartografia) typickými prednosťami produktov GIS integrované spravovanie grafických a popisných (atribútových) dát a schopnosť vykonávať pomerne zložité priestorové analýzy.

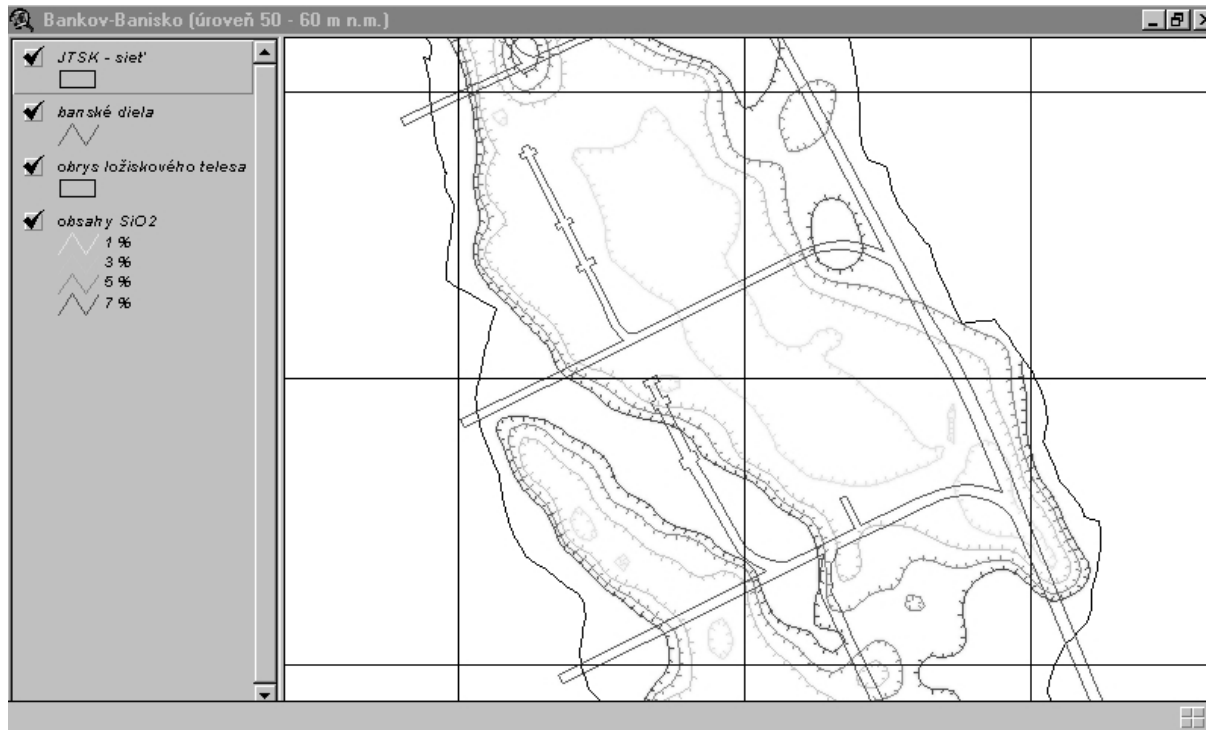
Analytické nástroje a funkcie GIS v riadiacom a rozhodovacom procese ťažobnej organizácie

Problematika analýz v prostredí GIS je vysoko špecifickou záležitosťou, čo súvisí s oblasťou aplikácie, ale aj s tým aké sú naše požiadavky na tieto analýzy. Po zohľadnení rozdelení analytických funkcií GIS podľa jednotlivých autorov (Aronoff, 1989; Star-Estes, 1990; Peuquet-Marble, 1990; Cornelius-Heywood, 1994) je možné povedať, že z pohľadu využitia v riadiacom a rozhodovacom procese budú v bansko-geologickej aplikácii GIS zohrávať významnú úlohu nasledujúce analytické funkcie:

a) Priestorové štatistické analýzy

Najčastejšie používanými metódami sú geoštatistické metódy, ktoré sú nahrádzané metódami klasickej matematickej štatistiky iba v prípade, ak je k dispozícii nedostatočný počet nameraných údajov. Priestorové štatistické analýzy môžu byť z pohľadu banskej prevádzky zamerané napríklad na:

- *modelovanie distribúcie úžitkových a škodlivých zložiek nerastnej suroviny* v ložisku (obr.1) (snažíme sa odhaliť priestorové rozmiestnenie bohatých a ochudobnených zón v ložisku), čo je dôležité pre potreby optimalizácie, plánovania a riadenia ťažby (spravidla sa vytvára stavebnicový model ložiska, kde každej elementárnej stavebnej jednotke - mikrobloku, sú priradené vypočítané štatistické údaje),
- *modelovanie distribúcie mocnosti ložiska* - poznanie priestorovej distribúcie tohto parametra je významné z hľadiska výpočtu zásob a prognózovania vývoja mocnosti v tých častiach ložiska, odkiaľ máme ešte relatívne málo údajov resp. ich nepoznáme,
- *modelovanie hĺbky ložiska vzhľadom na zemský povrch* - poznanie priestorovej distribúcie tohto parametra je významné z bansko-technického ale aj ekonomického hľadiska, a to z pohľadu rentabilnosti ťažby, ktorá s narastajúcou hĺbkou ložiska klesá,
- *modelovanie distribúcie znečistenia prostredia banského závodu a okolia* - poznanie priestorovej distribúcie komponentov, spôsobujúcich znečistenie daného prostredia je dôležité z hľadiska ekologickej prevencie, ako aj pre vykonanie potrebných opatrení.



Obr.1. Ukážka priestorového modelovania % distribúcie parametra SiO_2 na magnetitovom ložisku Košice-Banisko (ložisková časť Bankov-Banisko, lávka 50 - 60 m n.m.) v prostredí ArcView. Použité boli metódy geoštatistiky a výsledky sú prezentované vo forme mapy izolínií obsahov SiO_2 .

Fig. 1. Example of spatial modelling of SiO_2 distribution (%) at the Košice-Banisko magnesite deposit (Bankov-Banisko part, 50 - 60 metres above the sea level) by Arcview software. Geostatistic methods were used and results are presented by the isoline map of SiO_2 content.

b) Modely terénov a ich analýzy

Model terénu v oblasti ložiska by mal byť bežnou súčasťou každej geologicko-ložiskovej aplikácie GIS. Dôležité je pri tejto problematike zdôrazniť potrebu zaznamenania východzieho stavu (počiatočný model terénu, bez akýchkoľvek antropogénnych zásahov súvisiacich s banskou činnosťou) a pravidelné sledovanie a zdokumentovanie akýchkoľvek terénnych zmien v sledovanom priestore. Analýzy modelu terénu v danej aplikácii sú dôležité z nasledovných dôvodov:

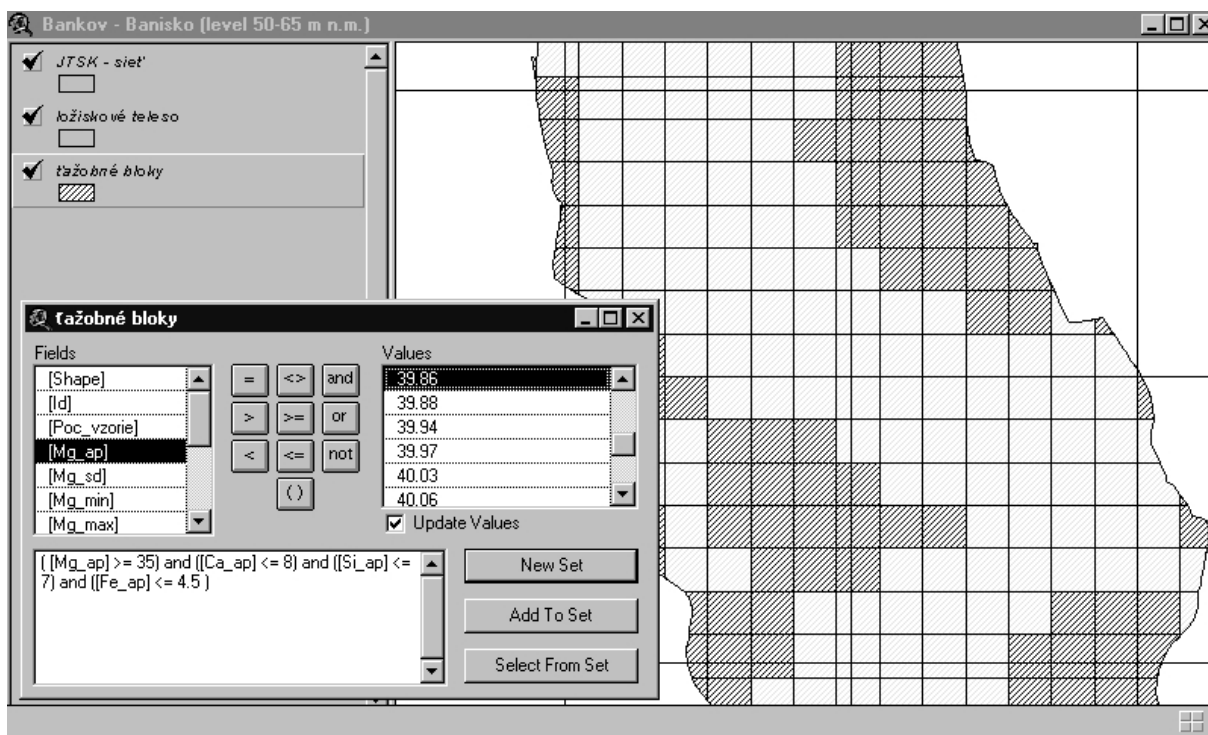
- poznanie morfológie terénu v oblasti ložiska, jeho polohy voči zemskému povrchu, ako aj spôsobu jeho východu na povrch, je dôležité pre určenie technických prác vhodných pre jeho prieskum, prípadne pre následné otvárkové práce a spôsob dobývania,
- model terénu je možné využiť pri modelovaní prejavov dôsledkov podzemného dobývania, keď dochádza ku geodynamickým procesom a vznikom závalových pásiem,
- modelovanie terénu v dôsledku zmien spôsobených povrchovou ťažbou (depresné tvary) alebo nahromadením haldového materiálu, resp. odpadom z úpravy (elevačné tvary) a s tým súvisiace rezové a objemové výpočty,
- model terénu oblasti, v ktorej je banský podnik situovaný je možné plnohodnotne využiť pre optimálne rozmiestnenie prevádzkových objektov, spojovacích komunikácií, banských hald, odvodňovacích (dedičných) štôlní a pod.

Problematika digitálnych modelov terénov a ich analýz je pomerne detailne zachytená napríklad v prácach Urban (1991), Krcho (1979) a ďalších.

c) Otázky vo vzťahu k databáze

Pre potreby riadenia a rozhodovania sa nové údaje často získavajú odvodením z pôvodných údajov tak, že sa formuluje vhodne otázka vo vzťahu ku geografickej databáze, ktorá je v podstate jadrom každého GIS. Operácia kladenia otázok vo vzťahu k databáze má všeobecne tri hlavné zložky (Tuček, 1998): 1. špecifikácia dát, ktorých sa otázka týka, 2. formulácia podmienok, ktorým majú hľadané údaje vyhovovať, 3. inštrukcia, čo sa má s vybranými dátami vykonať. Otázky môžu byť jednoduchého typu, alebo sú kombinované do sústavy viacerých podmienok. V ďalšom nasledujú príklady potenciálnych otázok na geografickú databázu geologicko-ložiskovej aplikácie GIS:

- vyhľadaj banské dielo, prieskumný vrt, ťažobný blok a pod. s daným označením a lokalizuj ho v priestore,



Obr.2. Ukážka tvorby zloženej otázky vo vzťahu k databáze. Hľadáme ťažobné bloky, ktoré spĺňajú (vyselektované svetlou farbou) medzné kritériá priemerných obsahov.

Fig.2. Example of creating a compounded query. We are searching for mining blocks of a deposit (designated by the light colour), that meet required conditions of average contents.

- vyhľadaj všetky ťažobné bloky, ktoré spĺňajú zadanú podmienku výberu (obr.2) a vyčíslí ich sumárne množstvo zásob,
- vyhľadaj všetky vzorky do istej vzdialenosti od ťažiska ťažobného bloku (tie je potom možné použiť pre výpočet priemerných obsahov pre daný blok),
- vyhľadaj všetky povrchové objekty, ktoré sú do istej vzdialenosti od centra závalového pásma, a teda sú potenciálne ohrozené,
- vyhľadaj všetky ťažobné bloky, ktoré zasahujú do špecifikovaných ochranných pilierov (potom je možné napríklad vyčíslit' sumárne množstvo viazaných zásob).

d) Analýzy vzdialeností a sietí

Analýzy vzdialeností a sietí sú ďalšou veľmi dôležitou skupinou analýz, poskytovaných prostredím GIS. Spôsoby chápania pojmu vzdialenosti a metódy ich aplikácie v prostredí GIS v prehľadnej forme uvádzajú napríklad Laurini-Thompson (1992) a Schneider-Robbins (1995). Prehľad rozdelenia analýz na sieťach rozoberajú napr. Aronoff (1989) a Cornelius-Heywood (1994). Aj tieto analýzy, ako to dokazujú príklady uvedené nižšie, majú svoje uplatnenie v geologicko-ložiskovej aplikácii GIS:

- modelovanie ochranných pilierov, ako vzdialenostných zón pre objekty, ako napríklad ťažobné jamy, vetracie komíny a pod.,
- modelovanie ochranných zón pre inžinierske siete a sietie, ktorými sú vedené špeciálne médiá (odpadové vody pochádzajúce z úpravni rudy, agresívne bankské vody, atď.),
- výber optimálnej trasy pre dopravu vyťaženej suroviny, výpočet doby prepravy, dĺžky trasy a celkových prepravných nákladov,
- hľadanie optimálnych únikových trás z podzemia na povrch v prípade bankského nešťastia, optimálnych trás pre rozvod elektrickej energie v podzemí, vetracieho systému v podzemí a pod.

Záver

Moderné baníctvo už dnes vo svete patrí do špecifickej skupiny odvetví, pre ktoré je charakteristický vysoký stupeň informatizácie. Vzhľadom na značnú finančnú nákladovosť bankských procesov a technológií je základnou stratégiou ťažobných organizácií, platnou v súčasnosti a určite aj v budúcnosti, využívanie informačných technológií na optimalizáciu ťažby a znižovanie celkových nákladov. Implementácia GIS do tejto oblasti je preto vzhľadom k prezentovaným možnostiam a funkciám ideálna.

Literatúra

- ARONOFF, S.: Geographical Information Systems - A Management Perspective. *WDL Publications*, Ottawa, 1989
- CORNELIUS, S. - HEYWOOD, I.: Spatial operations, Course notes, International distance learning GIS diploma programme. *The Manchester Metropolitan University*, 1994
- KRCHO, J.: Reliéf ako priestorový subsystém geografickej krajiny a ako kompletný digitálny model, *Geografický časopis*, roč. 31, č.3, 1979
- LAURINI, R., - THOMPSON, D.: Fundamentals of spatial information systems. San Diego, *Academic Press*, 1992
- PEUQUET, D. - MARBLE, D. F.: Introductory readings in GIS. *Taylor and Francis*, 1990
- SCHNEIDER, K. - ROBBINS, P.: GIS and Mountain Environments, Exploration a GIS Technology, UNITAR, vol. 5. *Clark University, Worcester*, 1995
- STAR, J. - ESTES, J.: Geographical Information Systems, An Introduction. *Prentice Hall*, 1990
- TUČEK, J.: GIS - Geografické informační systémy (Principy a praxe). Praha, *Computer Pres*, 1998
- URBAN, J.: Digitální model terénu, *Ediční středisko ČVUT*, Praha, 1991