

Možnosti optimalizace v geologickém průzkumu

Ctirad Schejbal¹

Optimization of geological exploration

The problem of optimization of geological exploration is complicated owing to the probability character of determinants, parameters and results of the exploration process and the difficulty in defining a object function. From the standpoint of methodology, five levels can be differentiated, namely optimization on the macroeconomic level, optimization on the enterprise level, the optimization of an exploration task, the optimization of the method and the optimization of technical tools. In the paper contents and methodical processes of solving the first three optimization levels, which are decisive, are presented.

Key words: exploration, optimization, macroeconomy, enterprise

Úvod

Průzkumná geologie představuje samostatný interdisciplinární obor s velmi různorodou náplní, s vlastní teoretickou bází a pracovními postupy. Řešení úkolů probíhá ve velmi variabilním geologickém prostředí a za silně se měnících vnitřních a vnějších podmínek, přičemž požadovaných cílů může být dosaženo různými postupy a prostředky. To znamená, že každý geologickoprůzkumný úkol představuje individuální výrobní program. Projevuje se snaha o rozpracování typových řešení pro určité geologické situace, v jejichž rámci se využívají standardizované úkony. Je nezbytné zdůraznit, že geologickoprůzkumná činnost má blíže k vědecké, než k výrobní sféře.

Geologicko-průzkumná činnost má charakter informační služby. Cílem je získávání, evidence, uchovávání, transformace dat a vyhodnocování požadovaných informací o zkoumaných geologických objektech, ať jde o horninové těleso, ložisko nerostné suroviny, vodonosný horizont nebo regionálně geologickou či metalogenetickou jednotku. Náplní optimalizace je tedy snaha o získání co nejúplnějších, nejpřesnějších, nejspolehlivějších a zároveň včasných a levných informací o zkoumaném objektu a o jejich co nejefektivnější využití. Specifickým rysem geologického průzkumu je jeho dlouhodobý pracovní cyklus. Jde tedy o činnost, ve které nezbytnou podmínkou optimalizace prací je retrognóza, tj. soustavné vyhodnocování minulých činností a znalostí (Voronin, 1983).

Optimalizace geologických prací

Optimalizace geologických prací představuje složitý problém, komplikovanější, než je optimalizace jiných technologických procesů. Důvodů je celá řada. Mezi nejdůležitější patří pravděpodobnostní charakter determinantů, parametrů i výsledků průzkumného procesu a obtížnost analytického definování cílové funkce. Situaci dále komplikuje skutečnost, že průzkumný program v sobě zahrnuje ve většině případů více cílů. I když se s růstem stupně prozkoumanosti snižuje stupeň neurčitosti, pravděpodobnostní charakter výsledných informací stále zůstává zachován. To vyplývá z existence jisté „bariery poznatelnosti“, dané interakcí složitosti prostorové hierarchické struktury studovaného objektu a technicko-ekonomické únosnosti systému jeho zkoumání (Schejbal, 1988). Z metodologického hlediska lze v rámci geologického průzkumu rozlišit pět úrovní optimalizace a to:

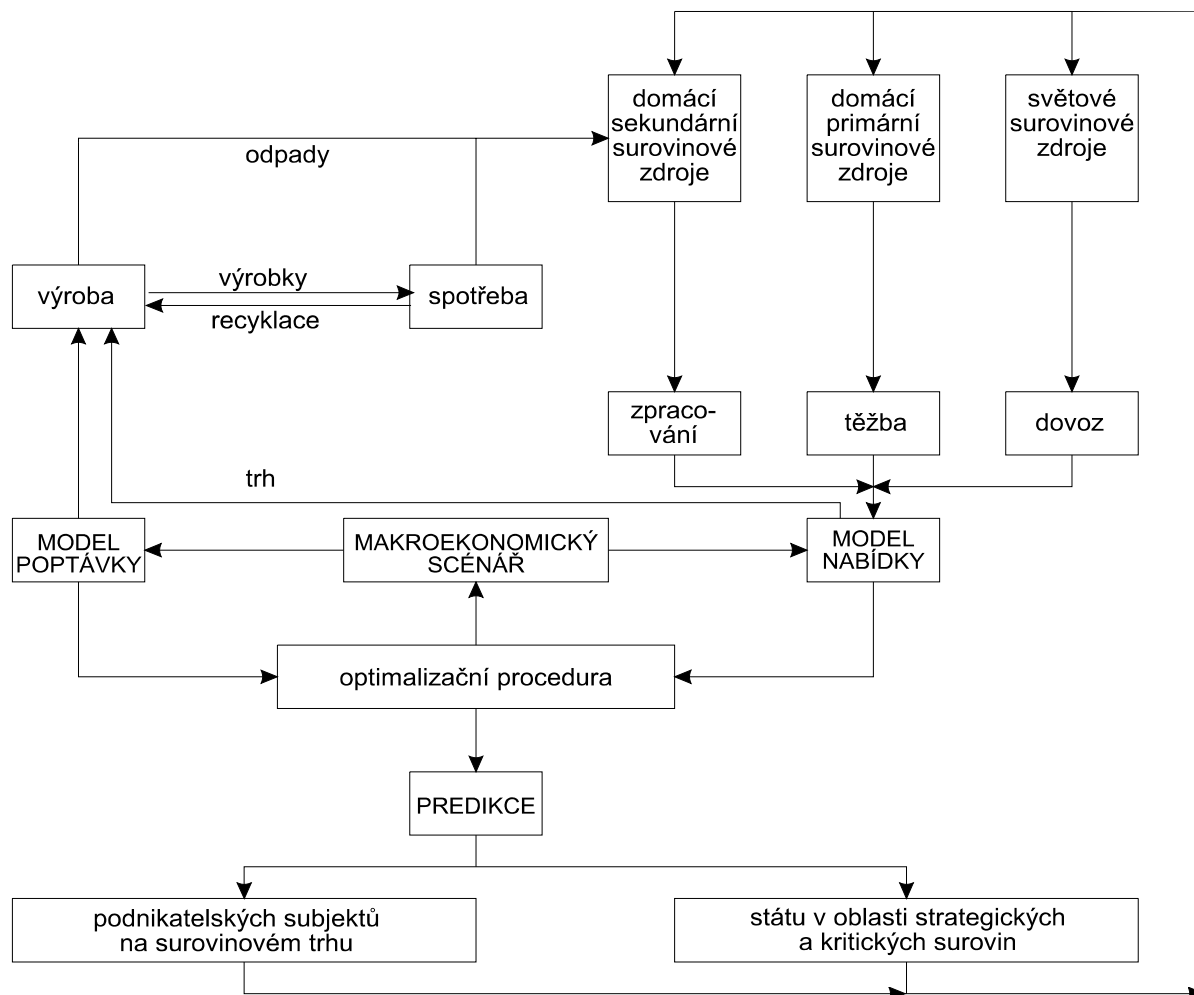
- optimalizaci na úrovni makroekonomické,
- optimalizaci na úrovni geologicko-průzkumného podniku,
- optimalizaci průzkumného úkolu (projektu, programu),
- optimalizaci průzkumných metod,
- optimalizaci průzkumných technických prostředků.

¹ Vysoká škola báňská, Hornicko-geologická fakulta Technické univerzity, 708 33 Ostrava, tř. 17. listopadu 15, Česká rep. (Doručené 15.7.1996, revidovaná verzia doručená 6.11.1996)

Každá z vymezených úrovní se vyznačuje vlastní náplní a tedy i metodickými postupy, které ovšem sledují společný cíl - nalézt za předem stanovených podmínek a při respektování pravděpodobnostního charakteru systému vyhovující řešení zadaného úkolu. Poněvadž poslední dvě úrovně jsou relativně nejjednodušší a nejvíce známé, bude pozornost věnována prvním třem úrovním, pro které jsou zformulovány základní koncepce.

Optimalizace na makroekonomické úrovni

Úkolem optimalizace geologických prací na makroekonomické úrovni je vytvářet při očekávaných věcných a časových omezeních možnosti zajištění základních potřeb nerostných surovin, zdrojů podzemních vod a všech dalších požadavků v geotechnické a stavební sféře a v oblasti environmentální problematiky. Musí tedy vycházet z rozboru požadavků existující struktury odběratelských odvětví a směrů a dynamiky její transformace. Zejména nerostný surovinový trh se obecně radikálně mění v důsledku hospodářsko-politických změn a velmi rychlého rozvoje efektivnějších a environmentálně šetrnějších technologií, což vyvolává významné změny požadavků na spektrum a množství surovin. To nutně zvýrazňuje význam promyšlené surovinové politiky, pod kterou musíme chápat systém pravidel chování se subjektů surovinového trhu, který vyplývá z makroekonomického scénáře hospodářského rozvoje státu a to především v případě kritických a



strategických surovin (obr. 1).

Obr. 1: Obecný koncepční model struktury surovinového trhu.

Velmi důležitý nástroj formování a konkretizování nerostné surovinové politiky jsou modely predikce poptávky a nabídky surovinových zdrojů. Úlohu predikce nerostných surovin můžeme zjednodušeně formulovat následovně. Na základě známých nebo projektovaných hodnot $X_t = \{x_{t1}, x_{t2},$

... , x_{tn} } (n ukazatelů za období $t = 0, 1, 2, \dots, p$) máme stanovit predikci hodnot $Y_T = \{y_{T1}, y_{T2}, \dots, y_{Tn}\}$ těchto ukazatelů k času T, za předpokladu

$$Y_T = f(X_0, X_1, \dots, X_p; T), T = p+1, p+2, \dots$$

kde f je funkce zobrazení v systému $(X_0, X_1, \dots, X_p; T)$.

Obecná matematická konstrukce je formálně jednoduchá, ovšem realizace této základní představy je komplikovaná, neboť závisí na řadě faktorů, zejména na cílech modelování (analýza chování trhu, zásob, potřeb, cen surovin, průmyslového procesu, prostorového toku surovin), definici systému prognózování (modely časových řad, ekonometrické, technicko-inženýrské, bilanční, expertní) a výběru omezujících podmínek (ekonomických, geologických, technologických, environmentálních atd.). Do predikčních modelů je nutné začlenit faktoru času, který se projevuje implementačním, technologickým a průzkumným zpožděním.

Optimalizace průzkumu na podnikové úrovni

Geologicko-průzkumné podniky patří k institucím, pro které je typický různorodý charakter řešených úkolů za různých podmínek, nepravidelný průběh činností, variabilní organizační uspořádání, občasná kontrola plnění úkolů, předkládání výsledků ve formě technické dokumentace o řešení (závěrečné zprávy, výpočty zásob) atd. Úvahy o racionálním uspořádání a řízení činnosti podniku tedy musí vycházet z respektování specifčnosti geologického průzkumu v oblasti plánování, organizování, řízení a provádění prací. Základním problémem při formování či transformaci geologickoprůzkumného podniku je *definování směrů činnosti*, ve kterých bude působit. Je třeba obezřetně analyzovat očekávané trendy v odběratelských odvětvích a zároveň orientaci a rozvoj konkurenčních a kooperujících organizací. Velmi závažný problém představuje *optimalizace organizační struktury geologicko-průzkumného podniku* tak, aby umožňovala efektivní plnění výrobního programu. Cílem je vybudování úsporného, adaptabilního a flexibilního systému, který dovoluje:

- rychle a efektivně reagovat na vnější podmínky změnou výrobního programu a odpovídající restrukturalizací,
- aktivně vyhledávat a nabízet průzkumné a doplňkové výrobní programy.

Častým změnám požadavků a podmínek a obecným poznatkům vyhovuje volná struktura podniku s malým počtem úrovní, minimem formálních pravidel a s dobře fungujícími informačními toky mezi vedením a technologickými komplexy, které se vytvářejí pro řešení jednotlivých průzkumných a doplňkových programů. Ve skutečnosti každý podnik tvoří unikátní subjekt s vlastní organizační strukturou, která odpovídá poslání podniku a výrobnímu programu.

Geologický a zejména ložiskový průzkum probíhá v prostředí rizika a tedy se značnou pravděpodobností ztrát. Riziko vyplývá z geologických, technologických, ekonomických nebo i politických a mezinárodních nejistot. Většina rozhodnutí je totiž založena na informacích, které jsou kvalitativně i kvantitativně více či méně omezené. Hlavním smyslem dobrého řízení je snaha splnit přijaté úkoly a minimalizovat dopady uvedených rizik. Proto je už po řadu desetiletí v geologicko-průzkumné činnosti úspěšně uplatňován *sekvenční přístup*, i když byl rozvíjen a uplatňován spíše intuitivně. Obecné řešení úkolů v geologickém průzkumu probíhá (s výjimkou úkolů přesně účelově zadaných) v řadě etap, přičemž v každé etapě má rozhodování jinou náplň a také jiný efekt. Významným rysem celé procedury je systematická redukce plošné rozlohy a počtu zkoumaných objektů při růstu detailnosti a nákladů.

Etapová struktura činnosti jako hlavním metodicko-organizační princip určitým způsobem optimalizuje průzkumnou činnost ve smyslu dosažení maximálního (?) efektu při minimálních (?) nákladech. Ve své klasické podobě má ale omezené možnosti a je proto různě transformován. Přesto je v té či oné formě obecně používán.

Základním úkolem je nalezení efektivního řešení víceetapového průzkumného procesu, který představuje sekvenční rozhodovací proceduru. V každé etapě existují tři možná rozhodnutí a to ukončit práce pro negativní výsledky, ukončit práce pro vyhovující pozitivní výsledky a pokračovat v pracích další průzkumnou etapou. Jestliže je např. cílem prací ložiskového průzkumu popsát hmotnost Q a kvalitu K zkoumaného ložiskového objektu, pak rozhodovací funkce bude

$$D(Q, K) = \begin{cases} d_1 \dots & (Q^+ \leq Q_0) \cup (K^+ \leq K_0) \\ d_2 \dots & (Q^- \geq Q_0) \cap (K^- \geq K_0) \\ d_3 \dots & (Q^- < Q_0 < Q^+) \cup (K^- < K_0 < K^+) \end{cases}$$

kde Q_0 je požadovaná minimální hmotnost zásob, Q^- a Q^+ dolní a horní mez konfidenčního intervalu odhadu Q při pravděpodobnosti P , K_0 požadovaná minimální kvalita, K^- a K^+ dolní a horní mez konfidenčního intervalu odhadu K . Zisková funkce $W(d)$, která udává ekonomický efekt každého rozhodnutí, bude nabývat při hodnocení m -té etapy průzkumných prací hodnot

$$W(d) = \begin{cases} w(d_1) = & - \sum_{i=1}^m N_i \\ w(d_2) = & E(H_m) - \sum_{i=1}^m N_i \\ w(d_3) = & E(H) \times P(V^+) - [\sum_{i=1}^m N_i + E(N_{m+1})] \end{cases}$$

kde N_i jsou náklady na provedení i -té etapy, H hodnota prozkoumaného objektu, $E(H_m)$ a $E(H_{m+1})$ odhad ceny objektu po provedení m -té a projektované ($m+1$) etapy, $P(V^+)$ pravděpodobnost pozitivního výsledku prací a $E(N_{m+1})$ odhad nákladů na projektovanou etapu.

Optimalizace průzkumného úkolu

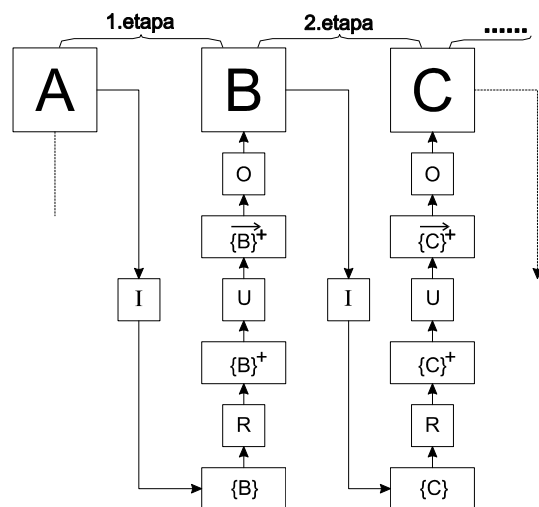
Pro vlastní geologicko-průzkumnou činnost je podstatná optimalizace průzkumného programu. Z věcného hlediska se rozpadá do několika dílčích, na sebe navazujících problémů a to:

- výběr objektu průzkumu,
- optimalizace metodického komplexu,
- sestavení a optimalizace technologického komplexu,
- optimalizace struktury průzkumného systému,
- optimalizace průzkumného procesu.

V dalším textu je zaujato stanovisko k těm problémům, které považují za nejvýznamnější.

Výběr objektu průzkumu

představuje úvodní fázi řešení průzkumných úkolů (pokud není přímo stanoven zadáním). I když je metodika prognózního oceňování předmětem zvýšeného zájmu, nejsou dosud vyjasněny a ujednoceny principy a kritéria oceňování. Přesto můžeme formulovat jak obecné principy, tak zásady konkrétních řešení výběru zájmových objektů v globálním, regionálním i lokálním měřítku.



Účelem prognózních studií je určit nejvhodnější cílové objekty a ocenit jejich vlastnosti (v ložiskovém průzkumu možné prognózní zdroje či zásoby). Formálně korektní řešení se podle Voronina (1983) rozpadá na fáze:

- vymezení nadějných objektů,
- rozdělení na objekty perspektivní a neperspektivní,
- uspořádání perspektivních objektů podle stupně nadějnosti,
- ocenění perspektivních objektů.

V podstatě jde o klasifikační úlohu, založenou na logických nebo matematických empirických či pravděpodobnostních pravidlech, která se opakuje v každé průzkumné etapě (obr.2).

V současné době existuje celá řada metodik prognózování, které jsou založeny na různých principech ze sféry geologických, ekonomických a

Obr.2: Formální schéma procesu výběru a oceňování cílových objektů (upraveno dle Voronina, 1983): I - fáze vymezení, R - fáze rozdělení, U - fáze uspořádání, O - fáze ocenění.

matematických věd. Jsou rozpracovány do rozdílné míry úplnosti a tedy i použitelnosti. Výsledné vymezení cílových objektů a odhady zdrojů nerostných surovin mají nejen rozdílný rozsah, ale i spolehlivost v závislosti na množství a charakteru vstupních informací. Už od šedesátých let byly rozpracovávány postupy, které vycházejí z využití metalogenetických koncepcí různého typu. V průběhu času se ale stále více začaly rozvíjet postupy, které využívají zejména pravděpodobnostně statistických metod. Nejvyšší stupeň představují geologicko-statistické postupy multivariačního typu, které aplikují výhody předchozích přístupů (tj. znalostí v geologickém a metalogenetickém vývoji na straně jedné a matematického aparátu dovolujícího kvantifikaci závislostí a predikcí na straně druhé). V současné době se klade zvýšený důraz na komplexní prognózní ocenění ložiskových rajonů (pánví), což má velký význam pro získání reálného pohledu na stav a možný rozvoj nerostných surovinových zdrojů. Charakteristickým rysem tohoto přístupu je přechod od dvourozměrných k třírozměrným modelům hodnocených zájmových objektů. Je ale nutno zdůraznit, že takovéto hodnocení je smysluplné pouze za předpokladu dostatečného množství znalostí o geologicko-strukturní stavbě a zdrojích nerostných surovin, tj. relativně vyšším stupni prozkoumanosti.

Optimalizace metodického komplexu

v každé etapě průzkumné sekvence znamená, že musíme zvolit specifický postup činností z řady možností, přičemž důsledky našeho rozhodnutí nejsou předem známy a lze je jenom odhadovat. Je skutečností, že dosud byla při přípravě metodického komplexu posuzována vhodnost každé metody v podstatě samostatně, bez analýzy efektivnosti a nákladovosti možných kombinací metod, neboť nejsou spolehlivě prošetřeny informační vazby mezi jednotlivými metodami geologického průzkumu. Přesto lze formulovat obecné principy výběru:

Předpokládejme, že z množiny všech známých průzkumných metod $\{M\}$ můžeme pro objekt průzkumu C , geologické prostředí (typovou situaci) G a etapu řešení J vybrat určité metodické komplexy

$$\{M_i; C, G, J\} = \{M_{i1}, M_{i2}, \dots, M_{in}; C, G, J\}, i=1, \dots, m$$

pro které můžeme určit:

- náklady na realizaci $N_i = f_N(M_{i1}, M_{i2}, \dots, M_{in}; C, G, J)$,
- dobu realizace $T_i = f_T(M_{i1}, M_{i2}, \dots, M_{in}; C, G, J)$,
- kvalitu dosaženého řešení $K_i = f_K(M_{i1}, M_{i2}, \dots, M_{in}; C, G, J)$,
- efektivnost $E_i = f_E(M_{i1}, M_{i2}, \dots, M_{in}; C, G, J)$, považované za kritérium optimality.

Jestliže jsou v rámci zadání stanoveny přípustné náklady N_P , přípustná doba realizace T_P , požadovaná kvalita řešení K_P a efektivnost prací E_P , pak můžeme říci, že:

- a) ze všech možných metodických komplexů $\{M_i; C, G, J\}$ budou přípustné ty, pro které budou splněny podmínky

$$(N_i \leq N_P) \cap (T_i \leq T_P)$$

- b) z přípustných komplexů budou vyhovující ty, které vyhovují požadované kvalitě řešení, tj. splňují podmínku

$$(K_i \geq K_P)$$

- c) racionální je takový vyhovující komplex, který splňuje podmínku požadované efektivnosti řešení

$$(E_i \geq E_P),$$

- d) takový racionální komplex, u kterého efektivnost $E_i = \max$, považujeme za optimální; celkově musí splňovat podmínky

$$(N_i \leq N_P) \wedge (T_i \leq T_P) \cap (K_i \geq K_P) \cap (E_i = \max).$$

Hlavním problémem je ocenění kvality řešení, které předpokládá posouzení informační sdělnosti, tj. vzájemných vztahů jednotlivých metod a průzkumných systémů z hlediska věcně interpretovatelné informace.

Optimalizace metodického komplexu se dosud prováděla intuitivně a pouze kvalitativně, na základě subjektivního posouzení expertů. V současnosti lze využít kvantitativní optimalizační postupy. Efektivnost průzkumné sekvence jako celku lze maximalizovat optimalizací každé etapy při respektování všech výsledků etapy předchozí. Jde tedy o metodologii typickou pro dynamickou optimalizaci sto-chastických systémů.

Pravděpodobnost nalezení objektu při realizaci i-tého metodického komplexu $\{M_{ij}\}$ bude obecně

$$P(Z_i) = \frac{P(V) \times \prod_{j=1}^m P(Z_{ij}|V)}{1 - P(\bar{V}) - P(V) \times \prod_{j=1}^m P(\bar{Z}_{ij}|V)},$$

kde $P(V)$ je pravděpodobnost výskytu objektu, $P(\bar{V})$ pravděpodobnost neexistence objektu, $P(Z_{ij}|V)$ podmíněná pravděpodobnost zastižení objektu a $P(\bar{Z}_{ij}|V)$ podmíněná pravděpodobnost nezastižení objektu j-tou metodou i-tého komplexu $\{M_{ij}\}$. Uvedený postup neuvažuje možný vliv vzájemných interakcí průzkumných metod, ale jen pravděpodobnost nálezu. Optimalizace průzkumného komplexu může vyjít z logického předpokladu, že podmíněná pravděpodobnost zastižení objektu i-tým komplexem $\{M_{ij}\}$ bude větší, než průměrná podmíněná pravděpodobnost zastižení jednotlivými metodami

$$P(Z|M_{i1}, M_{i2}, \dots, M_{in}) = \frac{\alpha}{n} \times \sum_{j=1}^n P(Z|M_{ij}),$$

kde faktor interakce je závislý na množství, reálnosti a kombinaci údajů z různých metod (lze určit expertním odhadem). To znamená, že cílem bude nalézt takovou kombinaci metod, aby

$$\frac{\alpha}{n} \times \sum_{j=1}^n P(Z|M_{ij}) = \max$$

při dodržení nákladových, časových a kvalitativních omezení.

Optimalizace struktury průzkumného systému

pod kterou rozumíme plošné nebo prostorové rozmístění míst pozorování (průzkumných bodů či průniků) ve studovaném geologickém objektu prováděných různými metodickými postupy a technickými prostředky, představuje další teoreticky i prakticky závažný problém. Struktura systému je určována v první řadě geometrickými a vnitřními vlastnostmi zkoumaných geologických objektů. Druhou skupinou faktorů, které ji ovlivňují, jsou faktory hospodářské, vyplývající z hodnoty objektu a ekonomických možností jeho zkoumání.

Postupy optimalizace struktury průzkumného systému při vyhledávání, tj. v situaci, kdy není známa poloha hledaných objektů, jsou založeny na posouzení pravděpodobnosti jejich zastižení. Ta vychází z výpočtu geometrické pravděpodobnosti

$$P(Z) = \frac{|C|}{|S|}$$

kde $|C|$ a $|S|$ jsou míry objektu C a zkoumané oblasti S . Z uvedeného je patrné, že se v etapě vyhledávacího průzkumu obecná prostorová úloha zjednodušuje na řešení v ploše, tj. jde o optimalizaci průzkumné sítě. V tomto případě je C průmět průměrného objektu, resp. jeho doprovodné

anomální zóny, do plochy vyhledávání (na povrch). Za předpokladu rovnoměrné distribuce jak polohy objektů v cílové oblasti, tak jejich orientace F , bude pravděpodobnost zastižení objektu

$$P(Z) = \int \int_{C F} P(Z|C, F) \times P(C) \times P(F) \, dc \, df$$

kde $P(Z|C, F)$ je podmíněná pravděpodobnost zastižení při známé velikosti a orientaci, $P(C)$ pravděpodobnost velikosti a $P(F)$ pravděpodobnost orientace průmětu. Potřebné údaje o rozměrech, orientaci a distribuci hledaných objektů lze odvodit statistickým rozbohem ze známých objektů v cílové oblasti, ze známých objektů v analogických oblastech, z průměrných charakteristik průmyslově významných ložisek analogického typu, údajů získaných z literatury apod.

Ekonomickou efektivnost struktury průzkumného systému při neznámé poloze hledaných objektů v zájmové oblasti, tj. v etapě vyhledávání, vyjadřuje účelová funkce

$$\text{Eff} = f [H, P(Z), N] \quad \text{!} = \max$$

kde H je celková hodnota hledaných objektů, $P(Z)$ pravděpodobnost jejich zastižení a N celkové náklady na provedené práce. Tento obecný výraz můžeme transformovat do konkrétního vztahu

$$\text{Eff} = P(V) \cdot \sum P_i(Z) \cdot H_i - \sum N_i \quad \text{!} = \max$$

kde $P_i(Z)$ je pravděpodobnost zastižení i -tého objektu o hodnotě H_i při nákladech N_i a $P(V)$ je pravděpodobnost výskytu hledaných objektů v cílové oblasti, kterou lze vyjádřit jako funkci geologických faktorů (g_1, g_2, \dots, g_m) pomocí prognózních modelů založených na procedurách geologicko-statistického hodnocení, různých typech modelů rozpoznávání obrazů, expertních modelech apod. Poněvadž jak hodnotu hledaných objektů, tak náklady na jejich nalezení pouze odhadujeme, nabude výsledný vztah podoby

$$\text{Eff} = P(V) \cdot \sum P_i(Z) \cdot E(H_i) - \sum E(N_i) \quad \text{!} = \max$$

kde $E(H_i)$ je očekávaná hodnota i -tého objektu a $E(N_i)$ očekávané náklady na jeho nalezení. Odhady můžeme získat statistickým modelováním nebo rozbohem a statistickým vyhodnocením dříve realizovaných průzkumů analogických objektů.

Kritérium efektivnosti struktury průzkumného systému v případě vyhledávání ložiskových objektů je

$$\kappa = \frac{\sum H_i}{\sum N_i} \geq \kappa_p$$

kde κ_p je minimální přípustná hodnota kritéria. Jestliže budou náklady na realizaci jednoho místa pozorování (průzkumného bodu nebo průniku) N_j přibližně stejné a známe-li celkové přípustné náklady N_p , lze úlohu optimalizace struktury systému definovat jednodušeji, bez odhadování hodnoty ložiskových objektů. Přípustný počet bodů (průníků) je

$$n_p = \frac{N_p}{N_j}$$

a tudíž plocha připadající na jeden bod (průnik)

$$s_p = \frac{S}{n_p}$$

Pak můžeme považovat za optimální takový systém, pro který platí, že

$$P(Z) \neq \max$$

za podmínky

$$l_a \cdot l_b = S_p$$

kde l_a, l_b jsou průměrné vzdálenosti průzkumných bodů (průniků) v systému. Pokud nebudou stanoveny přípustné mezní náklady, pak můžeme formulovat podmínky optimalizace

$$\begin{array}{l} P(Z) = \\ \\ l_a l_b = \end{array} \left| \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right. \max$$

Odhad očekávaných nákladů je tedy nutnou podmínkou optimalizace průzkumných systémů. Konstrukce nákladových modelů, které ve zjednodušené formě vyjadřují různé druhy průzkumných činností nebo celé programy, má kritický význam.

Zatímco v etapě vyhledávání je cílem nalézt ložiskový objekt, je úkolem průzkumu popsat jeho morfologii a variabilitu parametrů. Optimalizačním kritériem tedy obecně bude jistý ukazatel statistické nebo prostorové (strukturální) variability určujících veličin. Způsob stanovení struktury průzkumného systému není dosud uspokojivě vyřešen. Je ale zřejmé, že se metodické možnosti značně rozšiřují. Známé postupy můžeme rozdělit do tří skupin na metody empirické, statistické a geostatistické, z nichž poslední lze považovat za nejspolehlivější, neboť se opírají o strukturální charakteristiky náhodných polí veličin, které dostatečně popisují zkoumaný objekt.

Závěr

Optimalizace geologických prací má v současnosti a blízké budoucnosti rozhodující význam pro zajištění velmi rozmanitých úkolů, spojených se získáváním informací, které jsou nezbytné pro rozvoj nerostného surovinového komplexu a návazných průmyslových odvětví, pro stavebnictví, vodárenství, zemědělství, lesnictví a obecně pro územní plánování a environmentální problematiku. Vzhledem ke komplexnímu charakteru požadovaných informací a k nákladnosti prací je nutno volit takové postupy, které zajistí maximální efektivnost. Zvláště je nutné brát v úvahu pravděpodobnostní charakter celého průzkumného procesu a vstupních i výsledných informací.

Literatura

- Schejbal, C.: Methodology of prognostic reserves assessment in ore districts. - *Computers in Earth Sciences for natural resources characterization, ed. J.J.Royer, Coll.Ind.Proc., Nancy, 1984, p.132-141.*
- Schejbal, C.: Analiz sootnošenija meždu etapami geologo razvedočnych rabot i objektov razvedki i ich ocenki. - *In "Ekonomika mineralnogo syrja i geologorazvedočnych rabot", sekce C, Košice-Zlatá Idka, 1988, p.125-132.*
- Voronin, Ju.A.: Issledovanije operacij pri poiskach i razvedke mestorožděnij poleznych iskopajemych. - *Izd. Nauka, Sibir. otd., Novosibirsk, 1983.*
- Wignall, T.K. - DeGeoffroy, J.: Statistical models for optimizing mineral exploration. - *Plenum Press, N.York - London, 1987.*