

Mineralia slov.
12 (1980) 1, 43—52

Využitie kvantitatívnych metód pri inžinierskogeologickom hodnotení prostredia

JÁN VLČKO

Katedra inžinierskej geológie PFUK, Zadunajská 15, 811 00 Bratislava.

(1 obr. a 3 tab. v texte)

Doručené 7. 4. 1979

Использование количественных методов для характеристики среды при проведении инженерногеологической разведки

Автор в своей статье при использовании модели природной среды приводит методическую последовательность количественной среды с точки зрения её максимального использования. Приходит к выводу, что приведённая последовательность даёт объективные данные о среде. В заключении формулирует предложение методической последовательности, которые соответствуют нашим условиям и требованиям в технической практике.

Utilization of quantitative methods in the engineering geological evaluation of the environment

On the example of a natural environment model attaining subrayon size, a new methodological procedure is presented with the aim to evaluate in quantitative manner the optimum utilization of the environment. The designed procedure yields objectivized data on the appreciated environment. A modified methodological design appears as the most suitable in natural conditions of Slovakia being applicable to purposes of professional practice, too.

Narastajúca tendencia po exaktnosti a stále náročnejšie požiadavky používateľov na výsledky regionálneho výskumu pri hodnotení prostredia dávajú inžinierskej geológii nové a časovo naliehavé úlohy. Splniť ich bude schopná len za predpokladu, že využije nové vedecké a metodické postupy, ktoré doteraz využíva iba v obmedzenom

rozsahu. Ide najmä o kvantitatívne metódy hodnotenia.

Súčasný stav využívania kvantitatívnych metód pri inžinierskogeologickom hodnotení prostredia možno charakterizovať ako etapu „hľadania“ optimálnych a objektívnych pracovných postupov. Treba si uvedomiť, že v praxi veľmi ťažko rozlíšiť subjektívne a objektívne

rozhodovanie. Je to najmä preto, že „subjektívne rozhodovanie je často ovplyvnené objektívnymi poznatkami a do objektívnych metód zasa prenikajú subjektívne prvky“ (J. Ř í h a 1977). Tento poznatok potvrdzujú aj dostupné metodické návrhy kvantitatívneho hodnotenia prostredia využívané v geológii, resp. inžinierskej geológii známe z literatúry.

Východiskom štúdia našej problematiky boli práce A. K. Turnera (1976), J. Gy. Fabosa — S. J. Caswellovej (1976), S. E. Hasana — T. R. Westa (1978), najmä M. Matulu (1978), ktorý podal jeden z komplexných návrhov na kvantitatívne hodnotenie regionálnych geosystémov. Možno ho využiť:

a) pri hodnotení optimálneho spôsobu využitia rozličných územných celkov istej oblasti (rajónov, podrajónov, okrskov);

b) pri výbere optimálneho miesta (okrsku) na istý spôsob využívania územia (napr. na výstavbu priemyselného komplexu a i.);

c) pri rozhodovaní o optimálnom spôsobe využitia alebo type výstavby v istom mieste.

Napriek podobnosti metodických postupov uvedených v literatúre bolo nevyhnutné podrobiť ich kritickej analýze. Tak sme získali predstavu o kladoch a záporoch individuálnych prístupov, o objektívnosti získaných hodnôt i o možnostiach využiť ich pri regionálnom inžinierskogeologickom výskume v

našich podmienkach.

Aplikácia metodického postupu hodnotenia prostredia

Ťažisko práce spočíva v praktickej aplikácii na modelovom území. Na to nám ako jednoduchý príklad poslužil inžinierskogeologický model prírodného krajinného prostredia na úrovni podrajónu (symbol k1I₁). Jeho stručná charakteristika je v tab. 1.

Metodický postup kvantitatívneho hodnotenia regionálnych inžinierskogeologických systémov možno zhrnúť do piatich čiastkových operácií:

1. Stanovenie účelových variantov (alternatív) riešenia. Východiskom je kritický rozbor všetkých dostupných údajov a informácií o hodnotenom prostredí. Mechanizmus rozhodovacieho procesu spočíva v ich správnom výbere a vzájomnom porovnaní. Na určenie optimálneho využívania modelového územia sme stanovili päť rozdielnych variantov. Sú to:

- a) nenáročná bytová a účelová výstavba s hĺbkou zakladania do 2 m,
- b) priemyslová, náročná bytová a účelová výstavba s hĺbkou zakladania od 2—3,5 m,
- c) povrchové vedenie komunikačných trás,
- d) ťažba stavebných materiálov,
- e) poľnohospodárske využívanie.

2. Výber (druh a počet) a hodnotenie rozhodujúcich faktorov geolo-

Bodové hodnotenie stanovených faktorov modelového podrajónu (kII₁) z hľadiska činností prichádzajúcich v ňom do úvahy

Evaluation of relevant factors of model subzone (kII₁) with regard to the purpose of the selected land-use alternatives

Tab. 1

Faktory	Varianty využitia	I	II	III	IV	V	Stručná charakteristika hodnoteného podrajónu
1. Únosnosť a stlačiteľnosť hornín		5	5	5	—	—	Hlinito-piesčité sedimenty s mocnosťou 2 m ležiace na súdržných ílovito-prachovitých sedimentoch tuhej konzistencie. Hladina podzemnej vody je v hĺbke 2—5 m, voda je neagresívna. Povrch územia je málo rozčlenený so sklonom 10—15°. Seizmicita územia je 5° MCS. V územnom celku je niekoľko plytkých plošných zosunov, procesy erózie sú menšieho rozsahu. Je tu aj ložisko tehliarskej hliny a kvalitná pôda.
2. Ťažiteľnosť		9	9	9	9	—	
3. Namrzavosť		5	9	1	—	—	
4. Výskyt nerastných zdrojov		1	1	1	9	1	
5. Úroveň hladiny podzemnej vody		9	5	9	5	9	
6. Agresivita		9	9	9	—	—	
7. Sklonitosť		5	5	5	—	—	
8. Členitosť		9	9	9	—	—	
9. Seizmicita		9	9	9	—	—	
10. Svahové pohyby		1	1	1	5	1	
11. Erózia		9	9	9	9	9	
12. Úrodné pôdy a lesy; rezervácie; rekreačné plochy		1	1	1	1	9	

gického prostredia. Rozhodujúce faktory sa vyberajú so zreteľom na účelové zameranie vybraných variantov hodnotenia. Faktorom (kritériám) sa prisudzujú bezrozmerné normalizované hodnoty podľa vopred dohodnutej bodovacej stupnice. Výsledkom operácie je tabuľka bodového ohodnotenia vybraných faktorov riešenia. Na realizáciu variantov hodnotenia sme určili 12 rozhodujúcich faktorov. Faktory negeologického charakteru (úrodné pôdy a lesy; rezervácie a rekreačné

plochy) sme hodnotili súborne ako jeden faktor rovnocenný s ostatnými. Hodnotili sme iba podstatné faktory, vplývajúce v rozhodujúcej miere na realizáciu uvažovaných variantov.

Faktory sme ohodnotili podľa tejto stupnice: vhodný 9, podmienčne vhodný 5, nevhodný 1.

Vzťah medzi faktormi geologického prostredia a variantmi využitia územia je zreteľný z tab. 1.

3. Stanovenie poradia dôležitosti (váženie) faktorov. Môže sa

robiť tzv. binárnym rozhodovacím postupom. Používa sa pri zisťovaní poradia javov a procesov, ktoré nemožno vyjadriť istou merateľnou hodnotou, pri ktorých sa dá posúdiť ich relatívny význam (napr. vhodný, podmienne vhodný, nevhodný). Princíp stanovovania poradia dôležitosti (váženia) spočíva vo vzájomnom porovnaní relatívneho významu každého faktora z uvažovanej množiny faktorov so všetkými ostatnými faktormi tejto množiny. Tento spôsob hodnotenia sa volí preto, lebo párovým porovnávaním stanovených faktorov (kritérií) sa spravidla môže určiť väčšia dôležitosť jedného z dvojice hodnotených faktorov.

Postup je veľmi jednoduchý, spočíva v zhotovení tzv. trojuholníka párov (obr. 1), v ktorom horné čísla z dvojice čísel tvoria poradové číslo porovnávaného faktora, dolné čísla poradové čísla ostatných faktorov. Postupne sa posudzuje a hodnotí relatívny význam jednotlivých faktorov v každej dvojici. Poradové číslo dôležitejšieho faktora (kritéria) sa označí (napr. zakrúžkovaním). Pri každom poradovom čísle sa označí získaný počet predností („výher“) a zostaví sa tabuľka poradia dôležitosti. Ak sa pri hodnotení použije viac faktorov, tvorí váhu (poradie dôležitosti) počet získaných predností. Pri menšom počte faktorov stačí použiť ich obrátené poradie. Tento postup treba opakovať pri každej zvolenej alternatíve riešenia osobitne. V tab. 2

sú výsledky binárneho hodnotenia stanovených faktorov modelového územia pre jednotlivé varianty využitia územia.

① 2	① 3	① 4	① 5	① 6	① 7	① 8	① 9	① 10	① 11	① 12
② 3	② 4	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	2 10	② 11	② 12	
③ 4	3 5	3 6	3 7	3 8	3 9	3 10	③ 11	③ 12		
4 5	4 6	4 7	4 8	4 9	4 10	4 11	④ 12			
5 6	5 7	5 8	5 9	5 10	5 11	5 12				
6 7	6 8	6 9	6 10	⑥ 11	⑥ 12					
7 8	7 9	7 10	7 11	7 12						
8 9	8 10	⑧ 11	⑧ 12							
9 10	⑨ 11	⑨ 12								
10 11	10 12									
11 12										

Obr. 1. Ukážka stanovovania poradia dôležitosti na základe binárneho rozhodovacieho postupu pomocou trojuholníka párov pri I. uvažovanom variante využitia modelového územia

Fig. 1. An example of determining the ranks made by binary decision technique using Fuller's triangle for the I. land-use alternative

4. Výslednú vhodnosť a návrh optimálneho variantu využitia je najvhodnejšie stanoviť podľa rozhodovacej tabuľky (tab. 3), v ktorej sa uvádzajú bezrozmerné normalizované hodnoty faktorov (podľa bodu 2) a poradie ich dôležitosti (podľa bodu 3). Ich súčin udáva zväženú hodnotu — skóre. Súčet hodnôt v rámci každého variantu vyjadruje celkovú hodnotu daného

variantu. Variant s najvyšším bodovým ohodnotením je hľadaným optimálnym variantom.

Z jednoduchého modelového riešenia možno usúdiť, že z hľadiska využívania podrajónu klI_1 je optimálny variant I, t. j. prostredie sa najracionálnejšie využíva vtedy, keď sa v ňom realizuje nenáročná bytová a účelová výstavba s hĺbkou zakladania do 2 m.

5. Vykreslenie účelovej mapy. Metodický postup treba nevyhnutne realizovať v celom rozsahu hodnoteného územia, t. j. pri každom rovnorodom územnom celku samostatne. Získaný rozsah hodnôt možno rozdeliť do troch, resp. piatich účelových kategórií vhodnosti, ktoré tvoria základ na vyčlenenie nových kvantitatívne zhodnotených územných jednotiek.

Spracovanie výsledkov binárneho hodnotenia rozhodujúcich faktorov pri jednotlivých variantoch využitia územia

The results of binary decision technique for relevant factors of the selected land-use alternatives

Tab. 2

Poradové číslo faktorov	Počet prvenstiev					Poradie					Váha (obrátené poradie)				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1	11	10	11	—	—	1	2	1	—	—	12	11	12	—	—
2	4	4	6	3	—	8	8	6	3	—	5	5	7	4	—
3	3	3	5	5	0	9	9	7	1	5	4	4	6	6	1
4	1	2	1	2	3	11	10	11	4	2	2	3	2	3	4
5	9	9	9	—	—	3	3	2	—	—	10	10	10	—	—
6	5	5	2	—	—	7	7	9	—	—	6	6	3	—	—
7	8	7	10	—	—	4	5	2	—	—	9	8	11	—	—
8	7	6	7	—	—	5	6	5	—	—	8	7	8	—	—
9	6	11	3	4	1	6	1	9	2	4	7	12	4	5	2
10	10	8	8	1	2	2	4	4	5	3	11	9	9	2	3
11	2	1	4	0	4	10	11	8	6	1	3	2	5	1	5
12	0	0	0	—	—	12	12	12	—	—	1	1	1	—	—

Metodický postup

Z doterajších regionálnych poznatkov vychodí, že priestorové a proporcionálne rozloženie faktorov prírodného prostredia je zložité a s riešeným modelom ťažko porovnateľné. Očakávame preto, že pri

hodnotení rozsiahlejších inžiniersko-geologických systémov sa nevyhnutne objavia nové prvky, ktoré sa budú musieť brať do ohľadu v každej rozhodovacej analýze o využívaní prostredia.

Napriek jednoduchosti použitého metodického postupu sme sa pri

Výsledná rozhodovacia tabuľka hodnotenia podzónu kII₁
 Evaluation of the kII₁ subzone in the final decision table

Tab. 3

Varianty Faktory	Výsledná hodnota — skóre														
	I			II			III			IV			V		
	Prostá hodn.	Váha	Zvážená hodn.	Prostá hodn.	Váha	Zvážená hodn.	Prostá hodn.	Váha	Zvážená hodn.	Prostá hodn.	Váha	Zvážená hodn.	Prostá hodn.	Váha	Zvážená hodn.
1	5	12	60	5	11	55	5	12	60	—	—	—	—	—	—
2	9	5	45	9	5	45	9	7	63	9	4	36	—	—	—
3	5	4	20	9	4	36	1	6	6	9	6	54	1	1	1
4	1	2	2	1	3	3	1	2	2	5	3	15	9	4	36
5	9	10	90	5	10	5	9	10	90	—	—	—	—	—	—
6	9	6	54	9	6	54	9	3	27	—	—	—	—	—	—
7	5	9	45	5	8	40	5	11	55	—	—	—	—	—	—
8	9	8	72	9	7	63	9	8	72	—	—	—	—	—	—
9	9	7	63	9	12	108	9	4	36	9	5	45	9	2	18
10	9	11	99	9	9	81	9	9	81	9	2	18	9	3	27
11	9	3	27	9	2	18	9	5	45	1	1	1	9	5	45
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—
Súčet			578			554			538			169			127

aplikácii kvantitatívnej metódy hodnotenia stretli s istými ťažkosťami. Ich závažnosť nás núti aspoň stručne ich spomenúť v takom poradí, v akom sme sa s nimi stretli v priebehu aplikácie.

1. Výber variantov a adekvátny počet rozhodujúcich faktorov podmieňuje konečný — optimálny návrh rozhodnutia. Závisí od konkrétnych geologických, resp. inžinierskogeologických pomerov hodnoteného systému, účelu hodnotenia a ešte stále vo veľkej miere od subjektívneho prístupu jednotlivých autorov. Dôležitý je najmä objektívizovaný výber — druh a počet rozhodujúcich faktorov. Logickou úvahou sme dospeli k náhľadu, že väčší počet hodnotených faktorov zaručuje primeranú exaktnosť a objektívnosť výsledku rozhodovacej analýzy. V skutočnosti to tak nemusí byť, a to najmä ak sú účelové varianty hodnotenia podmienené

rozdielnymi faktormi, nielen druhom, ale aj počtom. Z výsledkov praktickej aplikácie vychodí, že rozdielny počet hodnotených faktorov automaticky vedie k skresleniu výsledného hodnotenia. Preto za najvhodnejšie a najobjektívnejšie pokladáme hodnotiť vždy rovnaký alebo aspoň približne rovnaký počet rozhodujúcich faktorov.

S problémami tohto druhu sa najčastejšie stretávame pri hodnotení väčších regionálnych inžinierskogeologických systémov, keď sa do hodnotenia zahŕňajú aj zložky a faktory negeologického charakteru, ktorých rozhodujúci počet v porovnaní s geologickými faktormi nemožno v plnom rozsahu stanoviť a ktoré pri inžinierskogeologickom hodnotení spravidla nadobúdajú až druhoradý význam. Dokumentuje to aj praktický príklad, v ktorom sme pri hodnotení účelových variantov I—III stanovili dva-

násť rozhodujúcich faktorov, pri hodnotení územia z hľadiska možnosti ťažby stavebných materiálov (IV. variant) šesť a poľnohospodárskeho využitia (V. variant) len päť faktorov. Otázkou zostáva, či pri inžinierskogeologickom posudzovaní treba hodnotiť aj faktory negeologickej povahy, a keď treba, ako. Ich osobitné postavenie v systéme prírodného prostredia, neobnoviteľnosť, a tým aj spoločensky vysoká hodnota vyžadujú zahrnúť ich do rozhodovacieho procesu. Ale spôsob riešenia nateraz zostáva sporný.

Jedným z mnohých riešení by bolo posúdenie všetkých vyčlenených zložiek, resp. faktorov negeologického charakteru súborne ako jedného faktora (zložky), napr. zdroj prírodných potenciálov atď., ekvivalentný s ostatnými vyčlenenými geologickými faktormi.

Ďalšou z možností je začať exaktné hodnotenie na takých špeciálnych rajónových mapách (napr. na mape vhodnosti územia na výstavbu; M. Hrašna — J. Vlčko 1977), ktoré by okrem geologických faktorov brali do úvahy aj obmedzenia inžinierskej činnosti negeologického charakteru. Kvantitatívne by sa hodnotila len tá časť prostredia, ktorú nelimituje nijaký z vyčlenených faktorov. Hodnotenia na takejto úrovni by pri dôkladnom rešpektovaní celospoločensky významných zložiek a faktorov prostredia zaručovali vysoký stupeň objektívnosti výsledného rozhodnutia.

Pri zdokonalení kartografickej techniky by bolo možno už do mapy mnohoúčelovej inžinierskogeologickej typologickej rajonizácie zahrnúť limitujúce zložky a faktory prostredia, napr. vyčlenené rajonizačné jednotky označiť iba symbolmi, farebnými plochami zohľadniť rozsah a kvalitu poľnohospodárskej pôdy a lesov, rozsah ložísk atď. Mapa v takejto forme by bola spoľahlivým základom exaktného kvantitatívneho hodnotenia regionálnych inžinierskogeologických systémov.

2. Číselné hodnotenie faktorov. Rovnako závažným problémom popri stanovení rozhodujúceho počtu faktorov zostáva ich číselné hodnotenie, t. j. priradenie normalizovanej bezrozmernej hodnoty.

Väčšina autorov sa na zaručenie vyššieho stupňa objektívnosti pri hodnotení jednotlivých faktorov opiera o príslušné normové predpisy, ktorých veľká diferenciácia v obsahovej náplni pravdepodobne podmienila aj rozdielnosť navrhovaných hodnotení. Napr. A. K. Turner (1970) a M. Matula (1978) navrhujú hodnotenie v rozsahu 1—10, S. E. Hasan — T. R. West (1978) 1—9, J. Gy. Fabos — S. J. Caswell (1976) 1—5.

Z našich normových predpisov z rozličných stavebných odborov možno zistiť, že sa len malý počet stanovených faktorov dá hodnotiť takýmto spôsobom. Väčšinu z nich hodnotíme pri inžinierskogeologic-

kom posudzovaní iba kvalitatívne (teda viacmenej subjektívne). Pri použití bodovacej stupnice s relatívne širokým rozsahom (1—10, 1—9, 1—100) sa stupeň subjektívnosti ešte zvyšuje.

Pri priradovaní bezrozmernej číselnej hodnoty je zrejme najúčelnejšie vychádzať z vopred stanovenej trojmiestnej (najviac päťmiestnej) semikvantitatívnej klasifikácie všetkých rozhodujúcich faktorov. Najvhodnejšia by bola klasifikácia vytvorená kombináciou existujúcich normových predpisov s konvenčnými klasifikáciami (pozri V. Letko 1977), pričom by každému kvalitatívnemu stupňu zodpovedala konštantná bezrozmerná hodnota. Napr. vhodný 9, podmienenčne vhodný 5, nevhodný 1.

Hodnotenie v takomto rozsahu sa s istými modifikáciami môže priamo opierať aj o naše normové predpisy (ČSN 72 1002, ČSN 73 1001), čo je podstatné, jednotným číselným hodnotením sa vplyv subjektívneho činiteľa znižuje na minimum.

3. Stanovenie poradia dôležitosti (binárnou rozhodovacou analýzou) je štandardná a v praxi mnohých odborov zaužívaná metóda.

Pri jej aplikácii je opäť problematické stanovovanie poradia dôležitosti negeologických faktorov prostredia v porovnaní s geologickými faktormi. Pri binárnom hodnotení väčšieho počtu negeologických faktorov môže nastať paradoxná si-

tuácia, keď sa navzájom porovnávajú dvojice faktorov nepatriacich do rámca štúdia inžinierskej geológie. Prijatím navrhovaných úprav (uvedených ad 1), t. j. súborným hodnotením negeologických faktorov ako jedného faktora, sa takáto možnosť vylučuje.

Istú výnimku v spomenutom návrhu stanovenia poradia dôležitosti faktorov tvoria špeciálne účelové varianty hodnotenia, v ktorých majú rozhodujúcu úlohu práve negeologické faktory s vysokou celospoločenskou dôležitosťou (napr. ložiská významných surovín a i.). V takom prípade možno postupovať podľa návrhu A. K. Turnera (1976) a týmto faktorom prisúdiť vysokú hodnotu, napr. 50, 100 atď. Aj keď táto hodnota vysoko prekračuje ostatné hodnoty získané binárnym rozhodovacím spôsobom, zaručuje uprednostnenie územných celkov s prítomnosťou takýchto faktorov. Zároveň dáva aj možnosť dať do správneho vzťahu varianty s vyčleneným menším počtom rozhodujúcich faktorov v pomere k ostatným variantom riešenia.

Záver

Metóda exaktného kvantitatívneho hodnotenia regionálnych inžinierskogeologických systémov poskytuje objektívnejšie údaje o hodnotenom prostredí kvalitatívne na vyššej úrovni ako údaje získané

doteraz tradičnou formou výskumu.

Je prirodzené, že pri aplikácii metódy kvantitatívneho hodnotenia v odbore inžinierskej geológie sú isté problémy, ktoré v blízkej budúcnosti budú musieť vyriešiť odborníci, geológovia a špecialisti z iných príbuzných odborov (napr. hodnotenie negeologických faktorov prostredia a i.).

Účinnosť metódy sa mnohokrát zvýši využitím výpočtovej techniky. Vhodne programovo zabezpečiť a odstrániť čiastkové metodické problémy je prvoradá úloha do budúcnosti.

Po zvážení navrhovaných metodických úprav možno celý postup exaktného kvantitatívneho hodnotenia zhrnúť do nasledujúcich bo-

dov:

1. stanovenie účelových variantov riešenia,
2. a) — výber rovnakého, resp. približne rovnakého počtu rozhodujúcich faktorov pre každý variant využitia,
b) — hodnotenie faktorov podľa vopred stanovenej trojmiestnej klasifikácie s priraďovaním konštantných bezrozmerných hodnôt,
3. stanovenie poradia dôležitosti rozhodujúcich faktorov,
4. stanovenie výslednej vhodnosti a návrh optimálneho variantu využitia,
5. vykreslenie účelovej mapy.

Recenzoval J. Šajgalík

LITERATÚRA

- Fabos, J. Gy. — Caswell, S. J. 1976: Composite Landscape Assessment. *University of Massachusetts at Amherst*. 323 p.
- Hasan, S. E. — West, T. R. 1978: Environmental Geology Data Base in Land Use Planning. *Proc. 3rd IAEG, Section I. Regional Planning (1), Madrid*, pp. 209—218.
- Hrašna, M. — Vlčko, J. 1977: Inžinierskogeologická mapa ako model inžinierskogeologických faktorov životného prostredia. In: *Prírodné vedy a životné prostredie. Zv. 2. Bratislava, PFUK*.
- Letko, V. 1977: Inžinierskogeologické hodnotenie prostredia pre urbanizáciu (na príklade regiónu Bratislavy). [Kandidátska dizertačná práca.] 158 s.
- Matula, M. 1979: Inžinierska geológia a regionálne využívanie prostredia. *Acta polytechn. (Praha)*, s. 37—51.
- Říha, J. 1977: Vybrané problémy ekosystému človeka. *Učebný text pre účastníkov seminára o životnom prostredí. Praha, Dom techniky ČSVTS*. 235 s.
- Turner, A. K. 1976: Computer aided environmental impact analysis. Part 2: Applications. *Mineral Ind. Bull. (Colo. Sch. Mines)*, 19, 3, 16 p.

Use of quantitative methods in the engineering geological evaluation of the environment

JÁN VLČKO

The recent endeavour towards exactness in all sciences and higher demands of users towards final and regional evaluation of the geological environment faces engineering geology with new and pressing tasks. Their fulfilment can be achieved only by the application of new progressive methodological tools. These include above all the use of quantitative evaluation methods applied more frequently for a complex estimation of regional engineering geological systems regarding specially the rational and optimum land-use.

The paper presents one of the possible methodological processes for quantitative evaluation of the geological environment. The process consists of five partial operations:

- 1) Determination of land-use alternatives (alternatives) for the utilization of environment.

- 2) Selection (kind and number) and evaluation of decisive factors in the geological environment. This is done with regard to the purposes of the selected alternative of the land-utilization. Non-dimensional normalized values are then assigned to selected factors according to a conventional rank score (Tab. 1).

- 3) Determination of ranks of individual factors made by the means of a binary decision technique. The process relies in mutual comparison of relative importances ascribed to each factor composing the factor set with all remaining factors (Fig. 1, Tab. 2).

- 4) Determination of the final suitability score and the optimal alternative of environment utilization according to normalized score rate derived from single factors (and from the corresponding partial scores) as plotted in Fig. 3. The product of single scores gives the final suitability score. The sum of suitability scores within each alternative solution determines the total suitability score of the given alternative. The alternative

with the highest suitability score represents the optimum solution.

- 5) Drawing of a special purpose map. The described methodological procedure must be made all over the studied area separately for each homogenous territorial unit. The obtained final suitability score span may be divided into three or five categories of suitability. Single purpose suitability scores serve for the delimitation of new territorial units evaluated in quantitative manner.

The described methodological procedure became verified in the practice when a model solution has been achieved. Results justified its utilization in the course of regional engineering geological investigations. The full application of the methodics, however, will be possible only under certain other methodological adjustments. They are indispensable due to the circumstance that in complex evaluation of geological environments also the non geological factors of the environment (fertile soil, nature reservation, etc.) must be considered.

Considering the suggested methodological improvements, the procedure of a quantitative evaluation may be summarized into the following operations:

- 1) Determination of purposeful land utilization alternatives,

- 2) a. — Selection of the same or nearly the same number of relevant factors for each variant of utilization,

- b. — Appreciation of factors within a formerly designed trinomial rank classification ascribing to each factor a constant and normalized rate score,

- 3) Determination of ranks of decisive factors,

- 4) Determination of the final suitability and of the optimum land-utilization alternative,

- 5) Drawing of a special purpose map.

Preložil I. Varga