

VI стручно советување  
со меѓународно учество

**ПОДЕКС-ПОВЕКС '12**



ЗРГИМ  
Здружение на рударски и металуршки  
инженери на Република Македонија



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
Факултет за природни и технички науки  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - ШТИП

**ЗБОРНИК  
НА ТРУДОВИ**

# ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ





ЗРГИМ

VI<sup>TO</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО  
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '12**

23 – 24. 11. 2012 година  
Штип

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА  
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

Зборник на трудови:

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

**Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија**

Главен и одговорен уредник:

**Проф. д-р Зоран Десподов**

За издавачот:

**Љупчо Трајковски, дипл.руд.инж.**

Техничка подготовка:

**Асс. м-р Стојанче Мијалковски**

**Доц. д-р Николинка Донева**

**Асс. м-р Благоица Донева**

Изработка на насловна страна:

**Дејан Николовски**

Печатница:

**Графо Продукт, Скопје**

Година:

**2012**

Тираж:

**120 примероци**

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување на тема "Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини" со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'12 (6 ; 2012 ; Штип)

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини : зборник на трудови / VI-то стручно советување на тема "Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини" со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'12 23-24.11.2012 година Штип ; [главен и одговорен уредник Зоран Десподов]. - [Скопје]:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2012. - 268 стр. : илустр. ; 30 см

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-9989-2921-8-7

а) Рударство - Подземна експлоатација - Минерални сировини -

Собири

COBISS.MK-ID 92669450

***Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга биде репродуциран, снимен или фотографиран без дозвола на авторите и издавачот.***



## ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ  
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

## ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

### **Претседател:**

Љупчо Трајковски, ЗРГИМ-Скопје

### **Потпретседатели:**

Проф. д-р Зоран Десподов, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Проф. д-р Ристо Дамбов, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип

### **Извршен секретар:**

Асс. м-р Стојанче Мијалковски, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

### **Членови:**

Доц. д-р Дејан Мираковски, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Проф. д-р Орце Спасовски, Институт за геологија, ФПТН, УГД-Штип;

Борче Гоцевски, Рудник САСА ДОО, Македонска Каменица;

Мише Кацарски, ИММ Рудници ЗЛЕТОВО, Пробиштип;

Благоја Георгиевски, РЕК Битола, Битола

Драган Насевски, ГИМ, Скопје;

Чедо Ристовски, Рудник САСА ДОО, Македонска Каменица;

Миле Пејчиновски, ИММ Рудник ТОРАНИЦА, Крива Паланка;

Зоран Костоски, МАРМО БЈАНКО, Прилеп.



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Р. Македонија

**VI<sup>TO</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '12**

Штип  
23 – 24. 11. 2012 год.

## **ПРАКТИЧЕН ПРИМЕР ЗА ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА СО ПРИМЕНА НА АНР-PROMETHEE ИНТЕГРИРАНАТА МЕТОДОЛОГИЈА**

### **PRACTICAL EXAMPLE FOR MINING METHOD SELECTION BY INTEGRATED ANP AND PROMETHEE METHOD**

**Стојанче Мијалковски<sup>1</sup>, Зоран Десподов<sup>1</sup>, Дејан Мираковски<sup>1</sup>,  
Марија Хаџи Николова<sup>1</sup>, Николинка Донева<sup>1</sup>, Борче Гоцевски<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки, Институт  
за рударство, Штип, Р. Македонија

<sup>2</sup>Рудник за олово и цинк "САСА" ДОО, М. Каменица, Р. Македонија

**Апстракт:** Во овој труд е даден практичен пример за избор на рударска откопна метода со примена на повеќекритериумската оптимизација, односно АНР - PROMETHEE интегрираната методологија. При примената на повеќекритериумското одлучување се земаат во предвид поголем број на критериуми, според кои што се врши избор на најоптимална алтернатива.

**Клучни зборови:** повеќекритериумска оптимизација, метода АНР, метода PROMETHEE, интегрирана АНР-PROMETHEE методологија.

## **1. ВОВЕД**

Изборот на рударска откопна метода воглавно се состои од два дела и тоа рационален и оптимален избор на рударска откопна метода. Кај рационалниот избор на рударска откопна метода се земаат во предвид рударско-геолошките фактори, како што се: големината и формата на рудното тело, условите на залегнувањето, цврстината на рудата и соседните карпи, испуканоста на карпестата маса и др. При оптималниот избор на рударска откопна метода се земаат во предвид техничко-економските фактори, како што се: вредноста на откопаната руда, безбедноста и здравите услови за извршување на работните операции, коефициентот на подготовка, искористувањето на рудата при откопувањето, коефициентот на осиромашување на рудната супстанца, цената на чинење на еден тон руда, откопниот учинок, деградацијата на теренот и останатите влијанија врз животната средина и др.

## 2. ДЕФИНИРАЊЕ НА АЛТЕРНАТИВИТЕ И КРИТЕРИУМИТЕ ЗА ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА

При рационалниот избор на рударска откопна метода, од сите можни откопни методи се издвојуваат четири како најпогодни според рударско-геолошките карактеристики. Значи во овој пример имаме четири алтернативи, коишто се дадени во табела 1.

Табела 1.

Реден број	Алтернатива	Ознака
1	Метода со засипување на откопаниот простор	A <sub>1</sub>
2	Подетажна метода со отворени откопи	A <sub>2</sub>
3	Магацинска метода на откопување	A <sub>3</sub>
4	Подетажна метода со зарушување	A <sub>4</sub>

За оптимален избор на рударска откопна метода ќе ја примениме АНР-PROMETHEE интегрираната методологија, притоа ќе земеме во предвид поголем број на техничко-економски карактеристики коишто имаат најголемо влијание за решавањето на проблемот. Критериумите се дадени во табела 2.

Табела 2.

Реден број	Критериуми	Ознака	Цел
1	Вредност на откопаната руда	K <sub>1</sub>	max
2	Безбедност и здрави услови за извршување на работните операции	K <sub>2</sub>	max
3	Коефициент на подготвителни работи	K <sub>3</sub>	min
4	Искористување на рудата при откопување	K <sub>4</sub>	max
5	Коефициент на осиромашување на рудната супстанца	K <sub>5</sub>	min
6	Цена на чинење на еден тон (1 t) руда	K <sub>6</sub>	min
7	Откопен учинок	K <sub>7</sub>	max
8	Деградација на теренот и останати влијанија врз животната средина	K <sub>8</sub>	min

Секој од овие критериуми има свое влијание (тежина) врз алтернативните решенија. Дефинирањето на тежините на критериумските се врши според АНР методата, а понатамошното решавање се врши според PROMETHEE методата, тоа всушност ја претставува АНР-PROMETHEE интегрираната методологија. Всушност оваа методологија ги користи предностите на двете методи и овозможува реален избор на најдобра алтернатива.

## 3. ПРЕСМЕТКИ СО АНР МЕТОДАТА

На почетокот се формира соодветна матрица на споредување, односно матрица за проценка составена од парови кои одговараат за секое ниво на хиерархијата.

Просечните вредности означуваат преференција на еден критериум во однос на друг (според скалата на Saaty со девет точки).

Во наредната фаза се врши оценување на релативните тежини. Овде се врши одредување на вредностите за елементите во матрицата на споредување, односно се врши нормализирање на матрицата на споредување и се добиваат единствени сопствени вектори за сите атрибути на секое ниво на хиерархијата. Во продолжение е дадена преработената табела (матрица) за споредување на тежините на паровите (Табела 3).

Табела 3.

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>
K <sub>1</sub>	<b>1,0000</b>	5,0000	6,0000	3,0000	8,0000	2,0000	7,0000	9,0000
K <sub>2</sub>	0,2000	<b>1,0000</b>	2,0000	0,3333	4,0000	0,2000	3,0000	5,0000
K <sub>3</sub>	0,1667	0,5000	<b>1,0000</b>	0,3333	4,0000	0,1700	3,0000	6,0000
K <sub>4</sub>	0,3333	3,0003	3,0003	<b>1,0000</b>	5,0000	0,1700	4,0000	7,0000
K <sub>5</sub>	0,1250	0,2500	0,2500	0,2000	<b>1,0000</b>	0,1300	0,5000	3,0000
K <sub>6</sub>	0,5000	5,0000	5,8824	5,8824	7,6923	<b>1,0000</b>	8,0000	9,0000
K <sub>7</sub>	0,1429	0,3333	0,3333	0,2500	2,0000	0,1250	<b>1,0000</b>	4,0000
K <sub>8</sub>	0,1111	0,2000	0,1667	0,1429	0,3333	0,1111	0,2500	<b>1,0000</b>
Вкупно	<b>2,5790</b>	<b>15,2836</b>	<b>18,6327</b>	<b>11,1418</b>	<b>32,0256</b>	<b>3,9061</b>	<b>26,7500</b>	<b>44,0000</b>

Потоа се врши пресметување на сопствениот вектор со соодветните сопствени вредности, од каде е пресметано учеството или важноста за секој критериум во моделот.

Потоа доносителот на одлуката ги проценува сите четири типови на рударски откопни методи и односот на секој критериум поединечно, односно го пресметува учеството за секоја алтернатива поединечно во делот на разгледуваниот критериум.

Во табела 4 се дадени тежините за поединечните критериуми.

Табела 4.

	Средна вредност	Ранг
K <sub>1</sub>	0,3168	<b>1</b>
K <sub>2</sub>	0,0853	<b>4</b>
K <sub>3</sub>	0,0747	<b>5</b>
K <sub>4</sub>	0,1356	<b>3</b>
K <sub>5</sub>	0,0309	<b>7</b>
K <sub>6</sub>	0,2956	<b>2</b>
K <sub>7</sub>	0,0425	<b>6</b>
K <sub>8</sub>	0,0186	<b>8</b>

### 3.1. Пресметка на конзистентноста на споредбата

Со оглед на тоа што споредбата е заснована на субјективна процена, потребно е да се дефинира мерка за конзистенција за да се осигура точноста. Saaty ја воведува таа мерка преку индексот на конзистенција (C.I.) како отстапување или степен на конзистентност и тој се пресметува според равенката:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

каде се:

$\lambda_{\max}$  – максимална или својствена вредност на матрицата,  
 $n$  – големина на матрицата (број на редови на матрицата),  $n = 6$ .

Потоа, Saaty предложил т.н. однос на конзистентност што претставува споредба меѓу индексот на конзистенција и случајниот индекс на конзистенција (R.I.-чија вредност се зема од табела 5, според бројот на критериуми) кој се пресметува според следнава равенка:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (2)$$

Табела 5. Вредности на случајните индекси RI (Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Во овој случај, за  $n = 8$ , добиваме дека  $R.I. = 1,40$ .

Ако вредноста на односот на конзистенција е помал или еднаков на 10%, конзистенцијата е прифатлива. Ако односот на конзистенција е поголем од 10%, треба да се ревидира субјективната оценка.

Со замена на добиените вредности во равенката за односот на конзистентност, добиваме:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0,0179}{1,40} = 0,0128 \cdot 100 = 1,2786\% < 10\% \quad (3)$$

Со тоа добиваме дека субјективната оценка за преференцата на критериумите е конзистентна ( $0,0128 < 0,1$ ).

#### 4. ПРЕСМЕТКИ СО PROMETHEE МЕТОДАТА

Влезниот модел за пресметка според PROMETHEE методата е прикажан во Табела 6.

Табела 6.

Алтернативи		Критериуми							
		K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>
Цел		max	max	min	max	min	min	max	min
A <sub>1</sub>		93,3	7	8,65	94	6	9	15	3
A <sub>2</sub>		81,6	5	23,9	80	18	7	22	5
A <sub>3</sub>		88,2	7	17,55	85	12	7	10	3
A <sub>4</sub>		77,3	9	2,56	75	22	3	30	9
Карактеристики на критериум	Тежини	0,31	0,08	0,074	0,13	0,03	0,29	0,04	0,01
		68	53	7	56	09	56	25	86
	Тип	III	IV	III	II	IV	IV	III	IV
	m	-	2	-	5	4	2	-	2
	n	4,3	4	6,09	-	6	4	5	6



Вредноста на функцијата на преференција на првата алтернатива во однос на останатите, за сите осум критериуми се одредува на следниот начин:

**K<sub>1</sub> - тип III (max, n = 4,3):**

<b>(A<sub>1</sub>, A<sub>s</sub>)</b>	<b>x = K<sub>1</sub> (A<sub>1</sub>) - K<sub>1</sub> (A<sub>s</sub>)</b>	<b>P<sub>1</sub> (A<sub>1</sub>, A<sub>s</sub>)</b>
s = 2	93,3 - 81,6 = 11,7	1
s = 3	93,3 - 88,2 = 5,1	1
s = 4	93,3 - 77,3 = 16	1
<b>(A<sub>2</sub>, A<sub>s</sub>)</b>	<b>x = K<sub>1</sub> (A<sub>2</sub>) - K<sub>1</sub> (A<sub>s</sub>)</b>	<b>P<sub>1</sub> (A<sub>2</sub>, A<sub>s</sub>)</b>
s = 1	81,6 - 93,3 = -11,7	0
s = 3	81,6 - 88,2 = -6,6	0
s = 4	81,6 - 77,3 = 4,3	1
<b>(A<sub>3</sub>, A<sub>s</sub>)</b>	<b>x = K<sub>1</sub> (A<sub>3</sub>) - K<sub>1</sub> (A<sub>s</sub>)</b>	<b>P<sub>1</sub> (A<sub>3</sub>, A<sub>s</sub>)</b>
s = 1	88,2 - 93,3 = -5,1	0
s = 2	88,2 - 81,6 = 6,6	1
s = 4	88,2 - 77,3 = 10,9	1
<b>(A<sub>4</sub>, A<sub>s</sub>)</b>	<b>x = K<sub>1</sub> (A<sub>4</sub>) - K<sub>1</sub> (A<sub>s</sub>)</b>	<b>P<sub>1</sub> (A<sub>4</sub>, A<sub>s</sub>)</b>
s = 1	77,3 - 93,3 = -16	0
s = 2	77,3 - 81,6 = -4,3	0
s = 3	77,3 - 88,2 = -10,9	0

На истиот начин се врши пресметување и за останатите критериуми.

Дефинирањето на индексот на преференција се врши за секој пар алтернативи (A<sub>i</sub>, A<sub>s</sub>), со дадена мера на преференција A<sub>i</sub> спрема A<sub>s</sub> во вкупниот износ и со вклучување на карактеристиките на поединечните критериуми (тип, параметри, тежински коефициенти), i = 1, 2, 3, 4; s = 1, 2, 3, 4; i ≠ s.

Индексот на преференција на првата алтернатива во однос на останатите алтернативи изнесува: IP (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) = 0; IP (A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>) = 0; IP (A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>) = 0.

На ист начин се одредени вредностите на индексите на преференција за останатите парови на алтернативи. Индексот на преференција, влезниот, излезниот и нето текот на моделот се прикажани во табела 7.

Табела 7. Индекси на преференции, влезен, излезен и нето тек

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	T <sup>+</sup>	T
A <sub>1</sub>	<b>0,0000</b>	0,5580	0,6005	0,5019	0,5535	0,4017
A <sub>2</sub>	0,0425	<b>0,0000</b>	0,0425	0,3261	0,1370	-0,3558
A <sub>3</sub>	0,0000	0,4224	<b>0,0000</b>	0,5019	0,3081	-0,0438
A <sub>4</sub>	0,4128	0,4981	0,4128	<b>0,0000</b>	0,4412	-0,0021
T	0,1518	0,4928	0,3519	0,4433		

Сега може да се изврши потполно рангирање на алтернативите врз основа на големината на чистите текови, како што е прикажано во следната табела 8.

Табела 8. Рангирање на алтернативите

	T	Ранг
A <sub>1</sub>	0,4017	<b>1</b>
A <sub>2</sub>	-0,3558	<b>4</b>
A <sub>3</sub>	-0,0438	<b>3</b>
A <sub>4</sub>	-0,0021	<b>2</b>

Од овде можеме да заклучиме дека оптимална т.е. најдобра рударска откопна метода е Методата со засипување на откопаниот простор, односно алтернативата  $A_1$ .

## 5. ЗАКЛУЧОК

Во овој труд беше применета АНП методата, PROMETHEE методата и АНП-PROMETHEE интегрираната методологија. Со цел да се надмине субјективноста во дефинирањето на тежините на критериумите кај PROMETHEE методата, се применува АНП методата за реално дефинирање на тежините на критериумите. Сето ова е овозможено со примената на АНП-PROMETHEE интегрираната методологија. Со примената на оваа методологија дојдовме до заклучок дека најдобра рударска откопна метода е Методата со засипување на откопаниот простор, односно алтернативата  $A_1$ .

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bogdanovic D., Nikolic Dj., Ilic I.: *Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method*, Technical Faculty in Bor, Belgrade University, Bor, Serbia, 2012;
- [2] Десподов З.: *Технологија на подземна експлоатација* (интерна скрипта), Рударско - геолошки факултет, Штип, 2000;
- [3] Мијалковски С.: *Избор на откопен метод за подземно откопување на рудно наоѓалиште*, Македонско рударство и геологија, број 9, СРГИМ, Скопје, 2008;
- [4] Мијалковски С., Десподов З., Мираковски Д., Зенделска А.: *Методологија за избор на рударска откопна метода*, Година V, Број 5 "Природни ресурси и технологии", Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки, Штип, 2011.
- [5] Мијалковски С.: *Придонес во утврдувањето на методологија за избор на метода за откопување во рудниците за подземна експлоатација на металични минерални сировини*, Магистерски труд (непубликуван), Факултет за природни и технички науки, Штип, 2009;
- [6] Мијалковски С., Донева Б., Каранакова Стефановска Р., Зенделска А., Митев Т.: *Примена на повеќекритериумската оптимизација за решавање на проблеми во рударството*, Трето стручно советување "Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини", СРГИМ, Македонска Каменица, 2009.
- [7] Мијалковски С.: *Современо проектирање на подземен рудник*, Семинарска работа (непубликувана), Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип, 2009;
- [8] Чупић Е. Милутин, Rao Tumala V. M., Сукновић Милија: *Одлучивање – формални пристап*, Четврто прераџено и допуњено издање, ФОН, Београд, 2001;
- [9] Čupić E. Milutin, Rao Tumala V. M., Suknović Milija: *Odlučivanje - formalni pristup*, Peto prerađeno i dopunjeno izdanje, FON, Beograd, 2003;
- [10] Čupić E. Milutin, Suknović M. Milija: *Višekriterijumsko odlučivanje: metode i primeri*, Univerzitet BK (Braća Kariћ), Beograd, 1994.