



ЗРГИМ

XV^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални суровини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

Струга
18 – 20. 10. 2024 год.

ИЗБОР НА МЕСТОПОЛОЖБА НА РУДАРСКИ МАГАЦИН СО ПРИМЕНА НА PROMETHEE МЕТОДАТА

Стојанче Мијалковски¹, Васко Стефанов, Дејан Мираковски¹
¹Факултет за природни и технички науки, Универзитет “Гоце Делчев”,
Штип, Северна Македонија

Апстракт: Изборот на местоположбата за изградба на нов или реновирање на веќе постоечки рударски магацин, е прилично сложена и одговорна работа за секој рударски инженер и проектант. Повеќекритериумското одлучување наоѓа голема примена во рударството за решавање на многу проблеми, како што е и изборот на местоположбата на рударски магацин. При примената на повеќекритериумското одлучување се земаат во предвид поголем број на критериуми, според кои се врши избор на најоптимална алтернатива. Во овој труд ќе биде применета PROMETHEE методата за избор на местоположбата за изградба на рударски магацин, за компанија која има свои површински копови на повеќе локации.

Клучни зборови: рударство, магацин, повеќекритериумско одлучување, метода PROMETHEE.

SELECTION OF THE LOCATION OF THE MINING WAREHOUSE USING THE PROMETHEE METHOD

Stojance Mijalkovski¹, Vasko Stefanov, Dejan Mirakovski¹
¹Faculty of Natural and Technical Sciences, University “Goce Delcev”, Stip, North
Macedonia

Abstract: Choosing a location for the construction of a new or renovation of an existing mining warehouse is a rather complex and responsible task for every mining engineer and designer. Multi-criteria decision-making is widely used in mining to solve many problems, such as choosing the location of a mining warehouse. When applying multi-criteria decision-making, a greater number of criteria are taken into account, according to which the most optimal alternative is chosen.

In this paper, the PROMETHEE method will be applied to select a location for the construction of a mining warehouse, for a company that has surfaced mines in several locations.

Keywords: mining, warehouse, multi-criteria decision making, PROMETHEE method.

1. ВОВЕД

Една од многу важните одлуки што ја донесува секоја голема рударска компанија, која има површински копови на повеќе различни локации е изборот на местоположбата, односно локацијата на главниот рударски магацин. Во главниот рударски магацин можат да бидат сместени резервни делови за

механизацијата, експлозивни, нафта, масла, мазива и друго. Оптималната локација на главниот рударски магацин е од многу голема важност за непречено функционирање на самата компанија. Кога се врши избор на локација на главниот рударски магацин, потребно е да се земат во предвид колку што е можно повеќе влијателни параметри. Обично во сите случаи едни параметри имаат поголемо влијание, а други параметри имаат помало влијание врз изборот на местоположбата. Во некои случаи, моменталната одлука за избор на локација е оптимална, меѓутоа за одреден временски период изразен во години, може да постане неоптимален. Оптималниот избор на местоположбата на главниот рударски магацин има директно влијание врз трошоците за транспорт, производство, потрошувачка и финансиите [1].

Параметрите, односно критериумите според кои се споредуваат потенцијалните местоположби за изградба на главниот рударски магацин, можат да бидат квантитативни и квалитативни. Во суштина одлучувањето претставува избор на една алтернатива од повеќе можни алтернативи за дадениот проблем. За да може да се примени одлучување, потребно е да постојат две или повеќе можни алтернативи за дадениот проблем. Примената на одлучувањето за решавање на даден проблем може да биде еднокритериумско или повеќекритериумско. Кај еднокритериумското одлучување се применува само еден критериум, додека пак кај повеќекритериумското одлучување се применуваат повеќе критериуми според кои се донесува конечната одлука. Еднокритериумската оптимизација користи само еден критериум при оптимизирањето, со што се намалува реалното решение за дадениот проблем. Повеќекритериумската оптимизација користи повеќе критериуми, со што добиеното решение е најоптимално за дадениот проблем [2].

Постојат повеќе автори кои се бавеле со изучување на оваа проблематика, односно избор на локација на магацин за било каква намена. Овој дел влегува во логистиката за опслужување на големите компании, без разлика дали станува збор за рударство, градежништво, машинство, електрика, воена индустрија итн. Посебно би можело да се издвојат истражувањата на Мијалковски и другите што се извршени во 2024 година, каде се примена на повеќе методи за повеќекритериумско одлучување е вршен избор на локација на магацин [3, 4, 5].

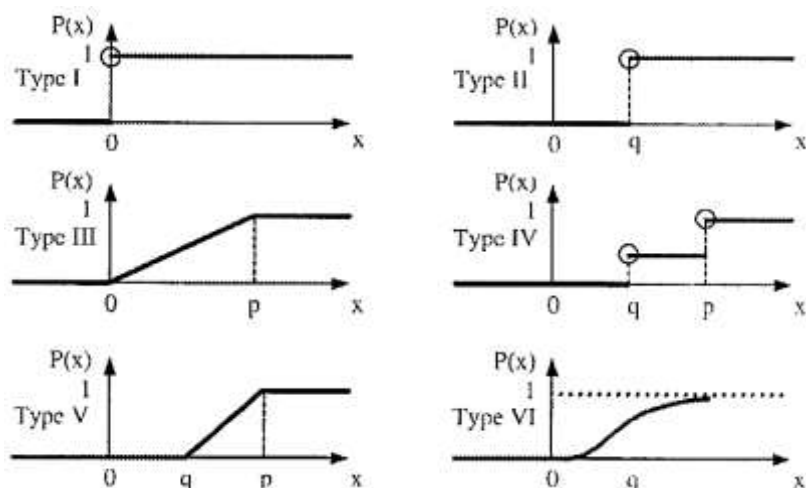
2. PROMETHEE МЕТОДА ЗА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКО ОДЛУЧУВАЊЕ

Методата PROMETHEE првично била предложена од страна на Бранс [6] и претставува уште една метода во групата на методи за повеќекритериумско одлучување, која служи за надминување на конечниот сет на алтернативи кои треба да бидат рангирани и избрани. Оригиналната метода беше дополнета и проширена од страна на Бранс и Винки [7]. Конечниот сет на предодредени алтернативи се оценуваат според повеќе критериуми. Секој независен критериум е пондериран и треба да се избере соодветна функција за претпочитање. Функцијата за претпочитање ја опишува разликата помеѓу евалуациите на алтернативата за друга во преферентен степен [7]. Од воведувањето на оваа метода до денес се развиени шест методи во рамките на семејството PROMETHEE и се применуваат за решавање на проблеми со примена на методи за повеќекритериумско одлучување, а тоа се следниве: PROMETHEE I, II, PROSA (продолжение на методот PROMETHEE II), III, IV, V и VI. Секоја метода од семејството на PROMETHEE методата има специфична улога во однос на видот на проблемот, кој се решава. Во овој труд ќе биде

применета методата PROMETHEE II за избор на местоположба за изградба на главен рударски магацин.

Методата PROMETHEE користи шест генерализирани критериуми за прикажување на преференциите на доносителот на одлучувањето за конкретните критериуми, каде типовите на овие критериуми се прикажани на слика 1 [7].

Методата PROMETHEE многу често е користена за решавање на различни проблеми во рударството, како што се избор на метода за откопување, избор на начин за отворање на подземен рудник итн. [8, 9 и 10].



Слика 1. Типови на генерализирани критериуми во PROMETHEE методата

3. СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ

Во овој труд ќе биде разгледана фиктивна рударска компанија која се занимава со експлоатација на неметалични минерални сировини во повеќе општини на ниво на цела држава. Целта за постоењето на оваа рударска компанија е: обезбедување на неметалични минерални сировини за свои потреби и за продажба на други рударски или градежни компании.

Во составот на оваа рударска компанија функционираат 4 површински копови во различни градови низ државата, односно постојат 4 дисперзирани центри.

Површинските копови на рударската компанија претставуваат алтернативи и ќе бидат применети за избор на оптимална местоположба за поставување на главен рударски магацин за резервни делови и потрошни материјали на ниво на цела рударска компанија. Алтернативи за дадениот пример ќе бидат:

- A₁ – Површински коп во Кавадарци;
- A₂ – Површински коп во Штип;
- A₃ – Површински коп во Куманово;
- A₄ – Површински коп во Скопје.

Споредувањето на алтернативите за оптимален избор на местоположба на главен рударски магацин, ќе се изврши според осум влијателни параметри, кои ќе претставуваат критериуми. Критериуми за конкретниот пример ќе бидат:

- K₁ – Просечна големина за покривање и опслужување на општини;
- K₂ – Просечни годишни приходи на површинскиот коп;
- K₃ – Просечна оддалеченост до сите потрошувачи;
- K₄ – Стратешко значење на површинскиот коп на државно ниво;

- K₅ – Просечни трошоци за опслужување на магацинот;
- K₆ – Потреба од нови вработувања;
- K₇ – Просечно испорачување на резервни делови и потрошни материјали;
- K₈ – Потреба од нови објекти.

Сите критериуми имаат различно влијание врз алтернативните решенија. Во ова истражување тежините на критериумите се донесени во консултација со 10 експерти од областа на рударството, се со цел да се минимизира субјективноста при оптимизацијата. Секој од експертите има дадено свое мислење за тежините на критериумите, а потоа е пресметана средна вредност и истата е користена за понатамошните пресметувања. Исто така, дефинирана е целта кон која се стремат критериумите: максимум (max) или минимум (min), како и категоријата за класификација на критериумите кои можат да бидат квантитативни или квалитативни.

Сите повеќекритериумски методи користат т.н. нормализирани тежини, каде збирот на сите тежини на критериумите треба да биде еднаков на 1 (еден). После извршеното нормализирање со пондерисување на тежините, се добиваат нормализирани критериуми и се прикажува природата на критериумите. Во табела 1 се прикажани нормализираните критериуми.

Табела 1. Нормализирани критериуми и природа на критериумите

Критериуми	Ознака	Нормализирани тежини	Цел	Категорија
Просечна големина за покривање и опслужување на општини [број на општини]	K ₁	0,10	max	Квантитативна
Просечни годишни приходи на површинскиот коп [милиони денари]	K ₂	0,15	max	Квантитативна
Просечна оддалеченост до сите потрошувачи [километри]	K ₃	0,13	min	Квантитативна
Стратешко значење на површинскиот коп на државно ниво	K ₄	0,14	max	Квалитативна
Просечни трошоци за опслужување на магацинот	K ₅	0,11	min	Квалитативна
Потреба од нови вработувања	K ₆	0,09	min	Квалитативна
Просечно испорачување на резервни делови и потрошни материјали	K ₇	0,16	max	Квалитативна
Потреба од нови објекти	K ₈	0,12	min	Квалитативна

По извршената анализа за оценка на поединечните критериуми за секое алтернативно решение, а врз основа на теоријата, равенките за методата PROMETHEE II и врз основа на наша проценка се усвоени типовите на генерализираните критериуми и е извршено дефинирање на

повеќекритериумскиот модел (Табела 2) и влезниот модел за PROMETHEE II методата (Табела 4).

Табела 2. Повеќекритериумски модел

Алтернативи		Критериуми							
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Цел		max	max	min	max	min	min	max	min
A ₁		4	84	105	Многу големо	Многу мало	Мало	Големо	Средно
A ₂		3	56	120	Средно	Многу мало	Многу мало	Средно	Многу мало
A ₃		6	82	115	Големо	Средно	Многу мало	Многу големо	Мало
A ₄		7	79	100	Многу големо	Мало	Средно	Многу големо	Мало
Карактеристики на критериумите	Тежини	0,12	0,16	0,14	0,13	0,11	0,09	0,15	0,10
	Тип	Линеарна	Ниво	Линеарна	Квази	Ниво	Ниво	Линеарна	Ниво
	q	-	2	-	5	4	2	-	2
	p	4,3	4	6,09	-	6	4	5	6

За да можат да се користат квалитативните критериуми во понатамошните пресметувања, потребно е да се преведат од описни во нумерички вредности (Табела 3). За оваа цел ја користевме интервалната скала за преведување на квалитативните вредности во квантитативни.

Табела 3. Интервална скала

Квалитативна вредност	Многу мало	Мало	Средно	Големо	Многу големо	Тип на критериум
Квантитативна вредност	1	3	5	7	9	max
	9	7	5	3	1	min

Табела 4. Влезен модел за PROMETHEE II методата

Алтернативи		Критериуми							
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Цел		max	max	min	max	min	min	max	min
A ₁		4	84	105	9	9	7	7	5
A ₂		3	56	120	5	9	9	5	9
A ₃		6	82	115	7	5	9	9	7
A ₄		7	79	100	9	7	5	9	7
Карактеристики на критериумите	Тежини	0,12	0,16	0,14	0,13	0,11	0,09	0,15	0,10
	Тип	Линеарна	Ниво	Линеарна	Квази	Ниво	Ниво	Линеарна	Ниво
	q	-	2	-	5	4	2	-	2
	p	4,3	4	6,09	-	6	4	5	6

Со решавање на дадениот проблем, е добиено потполно рангирање на алтернативите според методата PROMETHEE II (Табела 5).

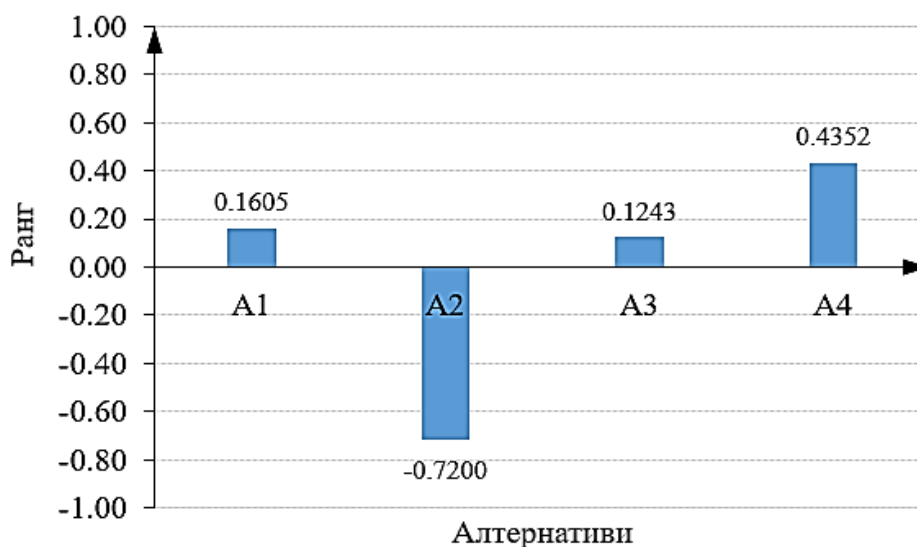
Табела 5. Потполно рангирање на алтернативите според методата PROMETHEE II

Алтернативи	Напуштање на текот	Влегување во текот	Нето тек	Ранг
A ₁	0,1271	-0,0333	0,1605	2
A ₂	-0,2083	0,5117	-0,7200	4
A ₃	0,1174	-0,0069	0,1243	3
A ₄	0,2719	-0,1633	0,4352	1

Табела 6. Рангирање на алтернативите

Алтернативи	Ранг
A ₁	2
A ₂	4
A ₃	3
A ₄	1

Од Табела 6 можеме да заклучиме дека најприфатлива алтернатива е “A₄”, односно површинскиот коп во Скопје (Слика 2). Алтернативата “A₁” се наоѓа на вториот ранг, потоа следува алтернативата “A₃” и последно рангирана алтернатива е A₂ (A₁ → A₄ → A₃ → A₂).



Слика 2. Рангирање на алтернативите

4. ЗАКЛУЧОК

Од избраната местоположба на главниот рударски магацин зависат многу важни показатели при експлоатација на сите површински копови во составот на рударската компанија, како што се: работниот учинок, трошоците за откопување на неметаличната минерална сировина (рудата), големината на загубите, искористувањето и осиромашувањето на минералната сировина и конечно финансиските ефекти коишто притоа се остваруваат.

При донесувањето на одлука за тоа каде ќе биде сместен, односно лоциран главниот рударски магацин, треба да се земат во предвид колку што е можно

повеќе фактори кои имаат влијание врз изборот на локацијата. Доколку се вклучени поголем број на релевантни фактори, дотолку и избраната локација за главниот рударски магацин ќе биде посоодветна за конкретните услови, местоположбата на површинските копови и потрошувачите.

Методите за повеќекритериумска оптимизација овозможуваат избор на најдобра алтернатива, со разгледување на голем број на влијателни критериуми. Во овој труд беше користена методата PROMETHEE за избор на локација на главен рударски магацин, при што беа разгледани повеќе влијателни фактори и се дојде до заклучок дека најприфатлива местоположба е површинскиот коп во Скопје. Надополнување на истражувањето во иднина за да се добие најоптимална местоположба, ќе биде примена на повеќе од три методи за повеќекритериумско одлучување и споредување на нивните рангирања.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Stefanov V., Mijalkovski S., Despodov Z., Boev I., Mirakovski, D. (2023). *Selection of factory location*. In: 14th International Conference in the field of Underground and Surface Exploitation of Mineral Resources, PODEKS - POVEKS 2023, Ohrid, 284–290.
- [2] Mijalkovski, S., Efe, F.O. & Zeqiri, K. (2023). Chapter 3: *Application of Multi-Criteria Decision-Making Methods for the Underground Mining Method Selection*. In: Handbook of Research on Sustainable Consumption and Production for Greener Economies, IGI GLOBAL. Pennsylvania, 42-57.
- [3] Mijalkovski, S., Stefanov, V. & Mirakovski, D. (2024a). *Application of the TOPSIS method for selecting the location of the main warehouse*. Transport & Logistics: the International Journal. 24 (56), 51-58.
- [4] Mijalkovski, S., Stefanov, V. & Mirakovski, D. (2024b). *Selection of the location of the main warehouse using the EDAS method*. Natural Resources and Technology. 1(18), 32-38.
- [5] Mijalkovski, S., Stefanov, V. & Mirakovski, D. (2024c). *Application of the VIKOR method for solving problems in logistics*. Logistics, Supply Chain, Sustainability and Global Challenges. 1(15), 1-9.
- [6] Brans, J., *L'ingéniérie de la décision; Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE*, Québec, Canada: Presses de l'Université Laval, pp. 183-214, 1982;
- [7] Brans, J.P., Vincke, P., *A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making)*, Management Science, Vol.31, No.6, pp. 647–656, 1985;
- [8] Mijalkovski, S., Despodov, Z., Mirakovski, D., Hadzi-Nikolova, M., Doneva, N., Gocevski, B., *Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method*, PODEKS-POVEKS 2012, pp. 121-127, 2012;
- [9] Mijalkovski, S., Despodov, Z., Mirakovski, D., Hadzi-Nikolova, M., Doneva, N., Gocevski, B., *Practical example for mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method*, PODEKS-POVEKS 2012, pp. 128-133, 2012;
- [10] Mijalkovski, S., Despodov, Z., Mirakovski, D., Adjiski, V., Doneva, N., Mijalkovska, D.: *Mining method selection for underground mining with the application of PROMETHEE method*, 3st International Multidisciplinary Geosciences Conference (IMGC 2021), University of Mitrovica "Isa Boletini", Mitrovica, 14-15.10.2021.