



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

VIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '15

Крушево
13÷15. 11. 2015 год.

ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКА АНАЛИЗА ЗА ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН ВИД НА ДАМПЕР ЗА УСЛОВИ ВО РУДНИКОТ “БУЧИМ”

Зоран Десподов¹, Тодор Чекеровски², Кирчо Минов³

¹Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки,
Институт за рударство, Штип, Р. Македонија

²Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за информатика, Штип, Р. Македонија

³Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш, Р. Македонија

Апстракт: Во трудот е презентираан изборот на оптимален вид на дампер за условите во Рудникот “Бучим” со примена на методата на едноставни адитивни тежини. Во изборот како критериуми за одлучување се усвоени: средната превезена маса во циклус, коефициентот на техничка исправност, коефициентот на временско искористување, часовниот транспортен капацитет, номиналната носивост и специфичната потрошувачка на гориво. Расположливите алтернативи всушност се расположливите дамperi на Рудникот “Бучим” кои се во моментална употреба. Изборот е извршен по вид на дампер од аспект на производител и технички перформансина истиот.

Клучни зборови: анализа, избор, критериуми, алтернативи, дампер.

MULTICRITERIA ANALYSIS FOR OPTIMAL SELECTION OF TRUCK TYPE AT THE CONDITION IN THE BUCIM MINE

Zoran Despodov¹, Todor Cekerovski², Kirco Minov³

¹University “Goce Delcev”, Faculty of Natural and Technical Sciences,
Institute of mining, Stip, R. Macedonia

²University “Goce Delcev”, Faculty of Computer Science, Stip, R. Macedonia

³Bucim mine for Copper, Radovis, R. Macedonia

Abstract: In this paper is presented the choice of the optimal truck type at the condition in The Bucim mine with application of the method of simple additive weights. As the criteria of decision making are given: average mass carried per cycle, coeff. of technical functionality, coeff. of time utilization, hourly haulage capacity, payload and specific consumption of fuel. Available alternative are actually available trucks in the Buchim mine, which are currently in use. The choice was performed by type of truck in terms of manufacturer and technical performance of the same.

Key words: analysis, choice, criteria, alternatives, truck.

ВОВЕД

Во трудот е анализиран ситем багер-дампер во рудникот за бакар Бучим, за транспорт на ископина (руда и јаловина) во времетраење од 270 работни смени или околу 2160 работни часа. Рудата е транспортирана од етажите 645, 480, 495, 480, 495, 480, 495, 510, 630, до примарната дробилка или на транспортини растојанија во интервал од 0,830 km до 1,829 km и јаловина од етажите 645, 480, 495, 480, 495, 480, 495, 510, 615, 630, 645 615, 630, до јаловиште 1 или 2 на транспортно растојание од 0,443 km до 2,381 km. Обработен е возен парк од 12 дамперски единици, произведени од три различни производители (CAT, Vabco, Terex) кои имаат различни технички перформанси.

1. ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКА АНАЛИЗА

Со цел да се избере оптимален дампер за конкретни работни услови во Рудникот “Бучим” земени се во предвид следниве технолошки параметри:

- средна превезена маса во циклус
- коефициент на техничка готовност;
- коефициент на временско искористување;
- капацитет;
- номинална носивост;
- специфична потрошувачка на гориво.

Некои од погоре наведените технолошки параметри се добиени од системот за управување со транспортот – SkyLinks, а други се усвоени од литературни извори.

За разлика од еднокритериумските оптимизациони модели односно моделите со една функција на цел дефинирана над множеството ограничувања, повеќекритериумските оптимизациони модели оперираат со две или повеќе функции на цел, за кои е потребно да се пронајдат оптимални вредности при дефинирано множество на ограничувања. Честопати поставувањето на повеќе критериуми доведува до такви неусогласувања, при што целосното достигнување на една цел може негативно да влијае на останатите цели. Доносителот на одлуката во ваквите ситуации не настојува да ги максимизира зададените цели, туку да ги достигне колку е можно до поголем степен.

Основна карактеристика на секој повеќе критериумски проблем е постоење на повеќе критериуми за одлучување и повеќе алтернативи за избор на најприфатлива акција.

Повеќекритериумското одлучување како една од методите на повеќекритериумското одлучување се карактеризира со потребата за избор на најприфатлива алтернатива A^* , од множеството алтернативи претставени на основа на дефинираните критериуми. Според тоа, можно е да се дефинира оптималниот математички модел на повеќекритериумското одлучување и тој гласи:

$$\max [f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)], n \geq 2 \quad (1)$$
$$x \in A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$$

Каде: n - број на критериуми;

m – број на алтернативи (акции за избор);

a_r - алтернатива

A - множество од познати алтернативи.

Како мерка за достигнувањето на секој критериум, по дефинираната алтернатива, се јавува атрибутот. Така што секој атрибут зависи од j -тиот критериум и од i -тата алтернатива односно тој има дводимензионален карактер и се означува со x_{ij} , при што:

$$x_{ij} = f_j(a_i); i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (2)$$

Вообичаен начин на прикажување на моделот на повеќекритериумното одлучување е преку матрица, која се нарекува матрица на одлучување и се обележува со (O) , односно:

$$O = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

За избор на оптимален дампер за транспорт на ископината во Рудникот Бучим е применета **методата на едноставни адитивни тежини** како математичка метода за повеќекритериумско оптимизација.

Метода на едноставни адитивни тежини (MEAT). Оваа метода припаѓа во групата на методи кај кои доносителот на одлуката може да влијае на изборот на конечното решение преку доделување на тежински коефициенти на поединечните критериуми, со кои тој го изразува предимството односно важноста на секој критериум. При решавање на конкретен проблем со оваа метода најпрво треба да се спроведат чекорите на модифицирање на почетната матрица на одлучување и тоа: квантификација, нормализација и линеаризација. Кај формирањето на матрицата на одлучување, чест е случајот да вредностите на атрибутот, за секоја алтернатива по одреден критериум се претставуваат како квалитативни вредности. Тогаш се јавува проблем како да се изврши споредувањето на квалитативни со квантитативни вредности на атрибутот. За надминување на споменатиот проблем се извршува така наречената квантификација на квалитативните атрибути односно претставување на квалитативните атрибути во квантитативните со помош на интервална скала. Пример за квантификација на квалитативни атрибути за соодветен критериум е даден во табела 1.

Табела 1. Квантификација на квалитативни оценки

Квалитативна оценка	лош	добар	просечен	мн. добар	одличен	Тип на критериум
Квантитативна оценка	1	3	5	7	9	max
	9	7	5	3	1	min

По завршената квантификација на квалитативните атрибути податоците се претставуваат во матрична форма и таа се нарекува квантификувана матрица на одлучување (MO). Елементите на ваквата матрица честопати се со големи распони на бројните вредности. За да може да се примени методата треба да се сведат во интервал $[0, 1]$ односно да се примени векторска нормализација на оценките. Притоа е потребно да се внимава на заокружувањето на елементите на MO (минимум на трета децимала), бидејќи големите распони помеѓу

елементите на МО кои беа во почетната матрица сега се во интервал [0,1], па постои можност од внесување на грешки во податоците што како последица може да биде погрешно решавање на проблемот.

Постапката за извршување на нормализација на квантифицивана матрица се спроведува на следниот начин:

- За секоја колона од МО се пресметува нормата:

$$norma = \sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}; \quad j = \overline{1, n} \quad (4)$$

каде е: x_{ij} -вредност на атрибутот по i -тата алтернатива и j -тиот критериум.

-Нормализираниот елемент од МО се пресметува на следниот начин:

кај критериуми од типот max:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{norma}; \quad (5)$$

кај критериуми од типот min:

$$n_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{norma}; \quad (6)$$

каде е: n_{ij} - нормализиран елемент од МО.

Бидејќи вредностите на атрибутите имаат различни мерни единици (цена во денари, време во часови, брзина во km/h и други) со помош на линеаризација се врши нивно сведување на бездимензионален број.

Во зависност од типот на критериумот (max/min) понатамошната пресметката не линеаризираните елементи (l_{ij}) од МО се врши на следниот начин:

-кај критериуми од типот max:

$$l_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*}; \quad (7)$$

каде е: $x_j^* = \{x_j | \max x_{ij}\}; i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n};$

- кај критериумот од типот min:

$$l_{ij} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}}; \quad (8)$$

каде е: $x_j^{\min} = \{x_j | \min x_{ij}\}; i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n};$

Векторот на тежинските коефициенти кои се доделуваат на поедини критериуми е:

$$T = [t_1, t_2, \dots, t_n]$$

и при тоа треба да биде исполнет условот:

$$\sum_{j=1}^n t_j = 1; \quad (9)$$

Кај оваа метода е потребно да се формира матричен производ од матриците:

$$T = \|t_j\| \quad \text{и} \quad O = \|l_{ij}\|, \quad \text{така да е: } T \times O = R \quad \text{или:}$$

$$[t_1, t_2, t_3, \dots, t_n] \times \begin{bmatrix} l_{11}l_{12} \dots l_{1n} \\ l_{21}l_{22} \dots l_{2n} \\ l_{31}l_{32} \dots l_{3n} \\ \dots \\ l_{m1}l_{m2} \dots l_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ \dots \\ r_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

Избор на најдобрата алтернатива кај оваа метода се врши на основа на следната релација:

$$a^* = \left\{ a_i \mid \frac{\sum_j^n t_j l_{ij}}{\sum_j^n t_j} \right\}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad (11)$$

каде се: a_i - расположиви алтернативи во моделот,
 t_j -вектор на тежински коефициенти на критериумите,
 l_{ij} -елементи на линеаризираната МО.

Оптималното решение всушност претставува оној елемент од векторот R кој има најголема бројна вредност.

2. ПРИМЕНА НА МЕАТ ЗА ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН ДАМПЕР ЗА ТРАНСПОРТ НА ИСКОПИНАТА ВО РУДНИКОТ “БУЧИМ”

Составена е матрицата на одлучување со усвојување на 6 критериуми и 12 алтернативи (расположливи дамperi за транспорт на ископината).

Критериуми за избор:

- K1- средна превезена маса во циклус (t/циклус) → max
- K2- коефициент на техничка готовност(%) → max
- K3- коефициент на временско искористување(%) → max
- K4 – капацитет (tkm) → max
- K5 - номинална носивост (t) → max
- K6 -специфична потрошувачка на гориво(l/km) → min

Алтернативи за избор:

- A1: Транспорт со дампер бр.9
- A2: Транспорт со дампер бр.12
- A3: Транспорт со дампер бр.14
- A4: Транспорт со дампер бр.15
- A5: Транспорт со дампер бр.16
- A6: Транспорт со дампер бр.17
- A7: Транспорт со дампер бр.19
- A8: Транспорт со дампер бр.20
- A9: Транспорт со дампер бр.21
- A10: Транспорт со дампер бр.22
- A11: Транспорт со дампер бр.23
- A12: Транспорт со дампер бр.24

Векторот на тежински коефициенти е усвоен да биде: $T = [0,1; 0,2; 0,15; 0,25; 0,15; 0,15]$.

За транспорт на јаловина:

Табела 2. Почетна матрица на одлучување

Алтернатива	К1 – средна превезена маса во циклус (t/циклус)	К2- коефициент на техничка готовност (%)	К3 – коефициент на временско искористување (%)	К4- капацитет (tkm)	К5 – номинална носивост (t)	К6 - специфична потрошувачка на гориво (l/km)
A1: Транспорт со дампер бр.9	89.0	81	62	133624	95	17.93
A2: Транспорт со дампер бр.12	95.0	72	62	91650	95	18.05
A3: Транспорт со дампер бр.14	97.4	87	35	85543	100	18.52
A4: Транспорт со дампер бр.15	97.7	88	71	165981	100	11.73
A5: Транспорт со дампер бр.16	99.5	68	73	122485	136	14.93
A6: Транспорт со дампер бр.17	94.5	90	74	164774	136	17.96
A7: Транспорт со дампер бр.19	101.1	51	70	87555	136	19.21
A8: Транспорт со дампер бр.20	95.2	77	68	184590	136	18.10
A9: Транспорт со дампер бр.21	82.2	86	77	244406	85	15.60
A10: Транспорт со дампер бр.22	86.3	65	77	234797	85	16.39
A11: Транспорт со дампер бр.23	84.4	94	78	320419	85	16.03
A12: Транспорт со дампер бр.24	78.1	65	77	207102	85	14.84
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Табела 3. Линеарна матрица и нормализиран вектор

Алтернатива	К1 - средна превезена маса во циклус (t/циклус)	К2 - коефициент на техничка готовност (%)	К3 - коефициент на временско искористување (%)	К4 - капацитет (tkm)	К5 - номинална носивост (t)	К6 - специфична потрошувачка на гориво (l/km)
A1:Транспорт со дампер бр.9	0.880317	0.861702	0.794872	0.417029	0.698529	0.654211
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.939664	0.765957	0.794872	0.286032	0.698529	0.649861
A3: Транспорт со дампер бр.14	0.963403	0.925532	0.448718	0.266972	0.735294	0.633369
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.966370	0.936170	0.910256	0.518012	0.735294	1.000000
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.984174	0.723404	0.935897	0.382265	1.000000	0.785666
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.934718	0.957447	0.948718	0.514245	1.000000	0.653118
A7: Транспорт со	1.000000	0.542553	0.897436	0.273252	1.000000	0.610619

дампер бр.19						
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.941642	0.819149	0.871795	0.576089	1.000000	0.648066
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.813056	0.914894	0.987179	0.762770	0.625000	0.751923
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.853610	0.691489	0.987179	0.732781	0.625000	0.715680
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.834817	1.000000	1.000000	1.000000	0.625000	0.731753
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.772502	0.691489	0.987179	0.646347	0.625000	0.790431
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Табела 4. Вектор на резултати (R)

A1: Транспорт со дампер бр.9	0.686771
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.640154
A3: Транспорт со дампер бр.14	0.620796
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.810206
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.746899
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.803798
A7: Транспорт со дампер бр.19	0.653032
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.779995
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.809592
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.756033
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.886995
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.737527

Табела 5. Оптимално решение

Алтернатива	Вредност
A11	0.886995

За транспорт на руда:

Табела 6. Почетна матрица на одлучување

Алтернатива	K1 - средна превезена маса во циклус (t/циклус)	K2 - коефициент на техничка готовност (%)	K3 - коефициент на временско искористување (%)	K4 - капацитет (tkm)	K5 - номинална носивост (t)	K6 - специфична потрошувачка на гориво (l/km)
A1: Транспорт со дампер бр.9	92.0	81	62	171401	95	17.62
A2: Транспорт со дампер бр.12	95.0	72	62	226098	95	18.05
A3: Транспорт со дампер бр.14	104.1	87	35	114712	100	19.78
A4: Транспорт со дампер бр.15	102.4	68	71	165981	100	12.29
A5: Транспорт со дампер бр.16	95.7	90	73	122485	136	15.111
A6: Транспорт со дампер бр.17	103.1	90	74	395229	136	18.19
A7: Транспорт со дампер бр.19	103.1	51	70	210993	136	19.59
A8: Транспорт	100.4	77	68	200701	136	19.08

со дампер бр.20						
A9: Транспорт со дампер бр.21	84.3	86	77	142164	85	16.03
A10: Транспорт со дампер бр.22	87.5	65	77	76851	85	16.62
A11: Транспорт со дампер бр.23	86.9	94	78	123621	85	16.51
A12: Транспорт со дампер бр.24	84.3	65	77	86854	85	16.02
Екстрем	max	max	max	max	max	min

Останатата постапка на методата на едноставни адитивни тежини е извршена на потполно идентичен начин како за случајот на транспорт на јаловина и е добиен векторот на резултати, табела 7.

Табела 7. Вектор на резултати (R)

A1: Транспорт со дампер бр.9	0.698539
A2: Транспорт со дампер бр.12	0.713609
A3: Транспорт со дампер бр.14	0.628469
A4: Транспорт со дампер бр.15	0.862248
A5: Транспорт со дампер бр.16	0.776853
A6: Транспорт со дампер бр.17	0.927075
A7: Транспорт со дампер бр.19	0.719732
A8: Транспорт со дампер бр.20	0.764616
A9: Транспорт со дампер бр.21	0.710714
A10: Транспорт со дампер бр.22	0.623712
A11: Транспорт со дампер бр.23	0.717083
A12: Транспорт со дампер бр.24	0.631119

Табела 8. Оптимално решение

Алтернатива	Вредност
A6	0.927075

3. ЗАКЛУЧОК

Имајќи ги во предвид рударско-геолошките услови и организационо техничките фактори кои влијаат на работата на системот багер-дампер во Рудникот “Бучим” со методата на едноставни адитивни тежини е избран оптимален дампер за транспорт на руда – дампер со интерен број 17 (CAT 785) и оптимален дампер за транспорт на јаловина – дампер со интерен број 23 (Terexs).

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Borovic, R. [1995]: Kamionski transport na površinskim kopovima (monografija), RGF Beograd.
- [2] Kartikeya Verma, Amit Kr. Montu, V.K. Anand [2001]: GPS based truck dispatch system at West Bokaro collieries – Asian GPS Conference.
- [3] Чекеровски, Т. [2015]: Оптимизација на диспечерски систем за управување на мобилна рударска опрема со GPS технологија (докторска дисертација - непублицирана), ФПТН- УГД Штип.