



## NÁVRH METODIKY PRE OBJEKTIVIZÁCIU VÝBERU OCEĽOVÝCH LÁN POMOCOU POMEROVO - INDEXOVEJ METÓDY

### THE PROPOSAL OF THE METHODOLOGY FOR OBJECTIVE STEEL WIRE ROPE SELECTION USING THE RATIO AND INDEX – BASED METHOD

**Lenka Chabadová<sup>1</sup>, Dusan Malindžák<sup>1</sup>, Ján Boroška<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of BERG, TU Košice, ÚLPaD, Park Komenského 14, 042 00 Košice, Slovensko,  
Tel.: +421 55 602 3144, [lenka.chabadova@tuke.sk](mailto:lenka.chabadova@tuke.sk), [dusan.malindzak@tuke.sk](mailto:dusan.malindzak@tuke.sk),  
[jan.boroska@tuke.sk](mailto:jan.boroska@tuke.sk)

**Abstrakt:** Príspevok predstavuje ukážku popisujúcu metodiku objektívneho výberu ocelového lana pre určitý typ zariadenia, so zohľadnením veľkého množstva faktorov a kritérií, ktoré ovplyvňujú rozhodnutie používateľa. Metodika je aplikovaná na výber vhodného typu žeriavového ocelového lana podľa vopred definovaných požiadaviek. Článok si nezakladá na tom, aby určil reálny výpočet výberu optimálnej varianty lana, ale jeho cieľom je skôr poukázať na jednu z možných aplikácií metód multikriteriálneho rozhodovania, ktorá by sa dala použiť v reálnych situáciách. Časť údajov použitých pre výpočet sú reálne údaje, časť sú empirické, odhadnuté expertmi a časť sú neoverené údaje odhadnuté len kvôli ukážke celého postupu výpočtu.

**Kľúčové slová:** výber ocelového lana, stabilný lanový žeriav, multikriteriálne hodnotenie, Pomerovo-indexová metóda, kritéria hodnotenia.

**Abstract:** The article is an example describing the methodology of objective steel wire rope selection for a certain type of equipment, considering the large number of factors and criteria influencing the user's decision. The methodology is used for the selection of a suitable crane steel wire rope based on predefined requirements. It is not the goal of the article to come up with the actual calculation of the optimum rope selection. The real goal is to demonstrate the potential application of multi-criteria decision-making methods that could be applied in real situations. The data used for this calculation are partially actual and partially empirical, i.e. estimated by experts, and partially unverified and estimated only for the purposes of the demonstration of the whole calculation procedure.

**Key words:** steel wire rope selection, stationary cable crane, multi-criteria evaluation, ratio and index-based method, evaluation criteria.

## 1 ÚVOD

Oceľové laná nachádzajú svoje uplatnenie v rôznych priemyselných odvetviach, akým je napr. baníctvo, stavebníctvo alebo doprava. Využívajú sa ako nosné, kotviace prvky, ale aj ako nevyhnutná súčasť pri doprave ľudí a materiálu. Laná patria do skupiny výrobkov, ktorých sortiment je veľmi široký. Poznáme niekoľko druhov lán, z ktorých každý má svoje špeciálne vlastnosti, nielen čo sa týka kvality drôtu, povrchovej úpravy, konštrukcie, účelu a miestu použitia, ale aj požiadaviek, ktoré sú kladené v rámci špeciálnej prevádzky.[1]

Výber vhodného druhu lana a jeho následné použitie závisí od viacerých faktorov. Používateľa zaujímajú najmä hodnoty mechanických a fyzikálnych veličín, ako je nosnosť oceľového lana, z nej vyplývajúca bezpečnosť, taktiež konštrukcia lana a jeho pracovné podmienky. Ďalším veľmi dôležitým kritériom je životnosť oceľového lana ovplyvňujúca nielen ekonomickú efektívnosť prevádzky strojov a zariadení, na ktorých oceľové lano pracuje, ale taktiež viacero činiteľov, akými sú polomer ohybu lana ( $D/d$ ), tlak lana na lanovnicu, merné zaťaženie lana a pod. Pre samotného používateľa majú ale najväčší význam predovšetkým ekonomické kritéria, ktoré sú v mnohých prípadoch limitujúcim činiteľom pri výbere oceľového lana. V súčasnosti má asi najväčšiu váhu pri výbere samotná cena, záručná doba výrobku a v neposlednom rade zohráva veľkú rolu aj obchodné meno spoločnosti. Z uvedených skutočností je zrejmé, že vybrať si skutočne dobré a kvalitné lano podľa vopred definovaných požiadaviek užívateľa nemusí byť vždy jednoduchou záležitosťou. Preto je nutné všimnúť si veľké množstvo faktorov, ktoré ho ovplyvňujú. V žiadnom prípade nemožno pri výbere aplikovať monokritériálne hodnotenie, t.j. na základe iba jedného z možných kritérií. Je preto

## 1 INTRODUCTION

Steel wire ropes can be used in various industrial branches such as mining, building or transportation. They are used as carrying and anchoring elements. Moreover, they are also applied as an inevitable part of passenger and material transportation. Ropes are included in the group of products, the range of which is very wide. We know several types of ropes, each of which has its special properties in terms of wire quality, surface treatment, structure, the purpose and place of application. It is also important to consider the rope requirements related to special operation. [1]

The selection of an appropriate rope type and its subsequent application depend on several factors. The users are mainly interested in the values of mechanical and physical quantities such as the bearing capacity of steel wire rope and from it resulting safety. The user is further interested in rope structure and its working conditions. Another very important criterion is the life of steel wire rope influencing not only the economic efficiency of machinery and equipment operation, for which the steel wire rope is applied, but also several factors such as rope bend radius ( $D/d$ ), rope load on a sheave, the specific load of rope etc. The most important for the user, however, are economic criteria, which are, in many cases, the limiting factors related to steel wire rope selection. Currently, the biggest weight is given to the price and product warranty period when selecting a rope. The business name of the company is also of great importance. From the above stated facts it is apparent that the selection of really good and high-quality wire rope, in accordance with the predefined requirements of the user, is not always an easy thing to do. It is therefore necessary to take into consideration a large number of factors influencing such wire rope. Under no circumstances can the single-criterion evaluation, i.e. the evaluation based on one

nevyhnutné dávať veľký dôraz práve na ich výber. Ako pomôcku pri rozhodovaní je možné použiť niektorú z ponúkaných metód hodnotenia, ktoré sú veľmi často a s obľubou využívané v oblastiach, akými sú napr. logistika. V logistike sa v podobných prípadoch, keď subjekt závisí od viacerých kritérií, najčastejšie využívajú metódy multikriteriálneho hodnotenia. Z teoretického hľadiska je teda možné aj v prípade výberu vhodného typu oceľového lana použiť pre kvalitné rozhodnutie práve niektorú z týchto metód. Pri riešení praktických problémov sa najčastejšie využívajú tieto metódy multikriteriálneho rozhodovania: metóda Pomerovo – indexová, metóda AHP – Analýza Hierarchických Procesov, metóda váženej sumy, metóda znásobenia ocenení, metóda kvadratického grafu a pod. [1], [5]

Multikriteriálne rozhodovanie má prvky kvantitatívnych, ale aj kvalitatívnych metód. Smeruje k celkovému ohodnoteniu stavu a porovnaniu viacerých variantov. Metódy sa využívajú v situáciách, kedy analyzovaný problém závisí od rôznych faktorov. Pri multikriteriálnom hodnotení dochádza k vytipovaniu kritérií (faktorov)  $F_1, F_2, \dots, F_n$ , ktoré ovplyvňujú riešenie daného problému, tie sa modifikujú – zhodnotia a priradia sa im váhy podľa dôležitosti a vplyvu na riešenie. Kritéria môžu byť na rovnakej úrovni dôležitosti alebo môžu byť hierarchicky členené. Pri jednoúrovňovej štruktúre kritérií sa využíva Pomerovo-Indexová metóda, pri hierarchickom členení metóda AHP. Obidve metódy využívajú expertný prístup, t.j. skupinu odborníkov, vybraných pracovníkov - expertov, čím sa výsledky metódy objektivizujú. [4]

criterion out of all possible criteria, be applied. It is therefore inevitable to put the accent on criteria selection. In the process of decision making it can be helpful to use some of the offered evaluation methods, which are very often used and preferred in the fields such as logistics. In the cases when the subject depends on several criteria, the methods of multi-criteria evaluation are most frequently applied in logistics. From the theoretical point of view it is also possible to use some of the above methods when making the right decisions about an appropriate type of steel wire rope. As regards practical issues to solve, the most commonly used are the following methods of multi-criteria decision making: ratio and index-based method, the method of hierarchical process analysis, weighted sum method, the method of score multiplication, the method of quadratic graphs etc. [1], [5]

Multi-criteria decision-making contains the elements of quantitative and qualitative methods. It heads for the total evaluation of the state and for the comparison of several alternatives. These methods are used in situations, in which the analysed issue depends on various factors. In the process of multi-criteria evaluation, criteria (factors)  $F_1, F_2, \dots, F_n$  influencing the solution of the given issue are modified, i.e. they are evaluated and have weights assigned based on their significance and based on their influence on the solution. The criteria can be at the same level of significance or can be arranged in a hierarchic order. As regards the single-level structure of criteria the ratio and index-based method is applied and in the case of hierarchical arrangement the method of hierarchical process analysis is applied. Both methods use expert approach, i.e. a group of experts, selected workers - experts in order to objectify the results of the method given. [4]

## 2 VOĽBA METÓDY HODNOTENIA

Voľba metódy multikriteriálneho hodnotenia je veľmi dôležitým krokom pri riešení rozhodovacieho problému. Jednou z najvhodnejších metód pre výber vhodného typu oceľového lana je Pomerovo-Indexová metóda, ktorá sa využíva predovšetkým v prípadoch, keď je potrebné všetky faktory, kritéria koncentrovať do jedného rozhodnutia. Základnými charakteristickými znakmi, ktoré prispeli k výberu tejto metódy boli predovšetkým - rôzny charakter kritérií z hľadiska kvantifikácie, náhodnosti, skutočnosť, že kritéria môžu pochádzať z rôznych oblastí, majú rôznu dôležitosť k cieľu analýzy a môžu medzi nimi existovať interakcie.

Algoritmus metódy je nasledovný: [3]

- a) Definovanie kritérií (faktorov) pre hodnotenie  $F_1 \dots F_n$ .
- b) Hodnotenie dôležitosti kritérií – priradenie váh  $w_i$ . Výber kritérií, ako aj definovanie váh sa prevádza expertným spôsobom. Váhy  $w_i$  vyjadrujú dôležitosť kritéria, ako aj pomer dôležitosti medzi kritériami. Z praktického hľadiska je doporučené, aby suma váh bola rovná 1.

V prípade ak to neplatí, normalizujeme kritéria podľa vzorca:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (1)$$

## 2 EVALUATION METHOD SELECTION

The selection of a multi-criteria evaluation method is a crucial step in the process of the decision problem solving. One of the most suitable methods for the selection of the appropriate rope type is the ratio and index-based method used especially in the cases when it is necessary to consider all factors/criteria for one decision. The basic characteristic features contributing to the selection of this method were mainly the following; the diverse character of criteria in terms of their quantification, and accidental nature; the fact that the criteria can be from various fields, can be of different significance for the analysis goal and can show potential interactions between them.

The algorithm of the method is as follows: [3]

- a) The definition of criteria (factors) for evaluation purposes  $F_1 \dots F_n$ .
- b) The evaluation of criteria significance – the assignment of weights  $w_i$ . The selection of criteria and the definition of weights are carried out through the expert approach. The weights  $w_i$  express the significance of a criterion and the ratio of significance between criteria. From the practical point of view it is recommended that the sum of weights equals 1.

If this is not the case the criteria are standardized in accordance with the following formula:

$$w_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

c) Určenie variant riešenia  $V_j$ . Jednotlivé varianty hodnotíme pomocou vybraných kritérií ( $HV_j$  – hodnotenie variantu  $V_j$ ), pre každý variant ohodnotíme jednotlivé kritéria (faktory)  $F_i$  – ( $HF_{ij}$  – hodnotenie faktora  $F_{ij}$ ).

The determination of  $V_j$  alternatives of solution. Individual alternatives are evaluated by the selected criteria ( $HV_j$  – the evaluation of  $V_j$  alternative), for each alternative individual criteria (factors)  $F_i$  – ( $HF_{ij}$  – the evaluation of  $F_{ij}$  factor) are evaluated.

Hodnotenie variantu:

The evaluation of an alternative:



$$HV_j = \sum_{i=1}^n HF_{ij} * w_i \quad (3)$$

Rozhodovací problém je definovaný maximalizačne, t.j. čím väčšie ohodnotenie kritéria, tým lepšie a to isté platí aj o váhach. Riešením je:

The analysis is defined through maximum values, i.e. the bigger the value of a criterion the better. The same applies to weights. Analysis solution:

$$V_j(\text{optim}) = \max(HV_j) \quad (4)$$

### **3 APLIKÁCIA POMEROVO - INDEXOVEJ METÓDY**

### **3 THE APPLICATION OF THE RATIO AND INDEX - BASED METHOD**

V prípade aplikácie metód multikritériálneho rozhodovania pre výber vhodného typu oceľového lana je v prvom kroku nutné špecifikovať konkrétne požiadavky používateľa. Požiadavka definovaná používateľom je nasledovná: výber oceľového lana pre stabilný lanový žeriav s nosnosťou bremena 5 ton.

When it comes to the application of the methods of multi-criteria decision-making related to appropriate steel wire rope selection, it is, first of all, necessary to specify user's requirements. The requirement defined by the user is as follows: the selection of steel wire rope for a stationary cable crane with the load-bearing capacity of 5 tons.

#### **3.1 Kritéria hodnotenia**

Pre takto definované požiadavky boli expertným spôsobom na základe štúdií a konzultácií vytipované nasledovné kritéria hodnotenia:

- menovitý priemer lana,
- menovitá nosnosť lana,
- bezpečnosť lana,
- pomer medzi priemerom lanovnice a priemerom lana,
- merné (špecifické) zaťaženie lana,
- menovitá pevnosť drôtov,
- podmienky práce lana v prostredí,
- opotrebenie drážok na kladkách kladkostroja,
- konštrukcia lana,

#### **3.1 Evaluation criteria**

Based on studies and consultations, the following evaluation criteria were picked through expert approach:

- the rated diameter of wire rope;
- the rated load-bearing capacity of wire rope,
- the safety of wire rope,
- sheave diameter/wire rope diameter ratio,
- the specific load of wire rope,
- the rated strength of wires,
- the working conditions of rope in its environment,
- the wear of sheave grooves,

- cena lana za 1 kg,
- záručná doba,
- obchodné meno spoločnosti.

Uvedené kritéria možno rozdeliť do troch skupín:

- a) základné technické parametre lana,
- b) technicko-prevádzkové podmienky práce lana,
- c) ekonomické kritéria.

Hodnoty základných technických parametrov lán sú získané z príslušnej normy ocelového lana [2]. Takmer všetky technicko-prevádzkové podmienky práce lana sú odvodené z teoretických výpočtov daných parametrov. Ekonomické kritéria spolu s podmienkami práce lana, opotrebením drážok a konštrukciou lana sú údaje empirické, odhadnuté expertmi na základe dlhoročných skúseností. Hodnoty jednotlivých kritérií sú uvedené v Tab. 1.

### **3.2 Hodnotenie dôležitosti kritérií**

Definovanie váh jednotlivých kritérií bolo realizované expertným spôsobom. Oslovení odborníci pochádzali z troch rôznych oblastí. Jeden z expertov bol teoretik, druhý prevádzkovateľ, čiže praktik a posledný, ktorý sa podieľal na odhade váh a definovaní kritérií pochádzal z ekonomickej oblasti. Každý z nich určil váhy jednotlivých kritérií, ktoré sú uvedené v Tab. 1. Vzhľadom na to, že suma váh kritérií nebola rovná jednej, bolo realizované normovanie váh podľa vzťahu (2). Následne vznikli prepočítané, normované váhy, ktorých priemerné hodnoty predstavujú výsledné váhy násobené hodnoteniami jednotlivých kritérií pre príslušnú variantu podľa

- wire rope structure,
- price per 1 kg of wire rope,
- warranty period,
- company business name.

The stated criteria can be divided into three groups:

- a) the basic technical parameters of wire rope;
- b) the technical and operational conditions of wire rope;
- c) economic criteria.

The values of the basic technical parameters of wire ropes are gained from the relevant steel wire rope standard [2]. Almost all technical and operational conditions of rope are derived from theoretical calculations of the given parameters. Economic criteria, wire rope working conditions, groove wear and wire rope structure are classified as empirical data estimated by experts on the basis of long-term experience. The values of individual criteria are stated in table No. 1.

### **3.2 The evaluation of criteria significance**

The weights of individual criteria are defined through the expert approach. Experts asked to cooperate came from three different areas. One of the experts was a theoretician, the second was an operator, i.e. a practitioner and the third person participating in the weight estimation and criteria definition process came from the economic field. Each of them defined the weights of individual criteria stated in table No. 1. Since the sum of criteria weights did not equal one, standardization took place in accordance with formula No. (2). This resulted in the calculation of standardized weights, the average values of which are the final weights multiplied by the scores of individual criteria for the relevant alternative in accordance with the

vzťahu:  $HF_{ij} \cdot w_i$ , kde  $i=1,2,\dots,n$ ,  $j=1..m$ , kde  $n$  je počet kritérií a  $m$  je počet variant.

following relation:  $HF_{ij} \cdot w_i$ , where  $i=1,2,\dots,n$ ,  $j=1..m$ ,  $n$  is the number of criteria and  $m$  is the number of alternatives.

Tab. 1 Váhy kritérií

	Názov kritéria	Váhy kritérií definované expertmi			Hodnoty normovaných váh			Výsledná hodnota váh
		Expert_1	Expert_2	Expert_3	Expert_1	Expert_2	Expert_3	
F1	Menovitý priemer lana [mm]	0,1	0,05	0,15	0,059	0,031	0,086	0,059
F2	Menovitá nosnosť lana [kN]	0,1	0,1	0,05	0,059	0,063	0,029	0,050
F3	Bezpečnosť	0,15	0,2	0,25	0,088	0,125	0,143	0,119
F4	Merné zaťaženie ocelového lana [MPa]	0,2	0,2	0,1	0,118	0,125	0,057	0,100
F5	Pomer priemeru lanovnice k priemeru lana	0,25	0,2	0,05	0,147	0,125	0,029	0,100
F6	Menovitá pevnosť drôtov [MPa]	0,1	0,15	0,2	0,059	0,094	0,114	0,089
F7	Cena za 1.kg [€]	0,15	0,1	0,2	0,088	0,063	0,114	0,088
F8	Záručná doba [mesiac]	0,15	0,1	0,2	0,088	0,063	0,114	0,088
F9	Podmienky práce lana v prostredí	0,1	0,1	0,15	0,059	0,063	0,086	0,069
F10	Opotrebenie drážok na kladkách kladkostroja	0,2	0,1	0,1	0,118	0,063	0,057	0,079
F11	Konštrukcia lana	0,1	0,2	0,15	0,059	0,125	0,086	0,090
F12	Obchodné meno spoločnosti	0,1	0,1	0,15	0,059	0,063	0,086	0,069
	<b>Suma váh</b>				1,000	1,000	1,000	1,000

Tab. 1 Criteria weights

	Criterion name	Criteria weights defined by experts			The values of standardized weights			The final weight value
		Expert_1	Expert_2	Expert_3	Expert_1	Expert_2	Expert_3	
F1	The rated diameter of wire rope [mm]	0,1	0,05	0,15	0,059	0,031	0,086	0,059
F2	The rated load-bearing capacity of wire rope [kN]	0,1	0,1	0,05	0,059	0,063	0,029	0,050
F3	Safety	0,15	0,2	0,25	0,088	0,125	0,143	0,119
F4	The specific load of steel wire rope [MPa]	0,2	0,2	0,1	0,118	0,125	0,057	0,100
F5	Sheave diameter/wire rope diameter ratio	0,25	0,2	0,05	0,147	0,125	0,029	0,100
F6	The rated strength of wires [MPa]	0,1	0,15	0,2	0,059	0,094	0,114	0,089
F7	Price per 1.kg [€]	0,15	0,1	0,2	0,088	0,063	0,114	0,088
F8	Warranty period [month]	0,15	0,1	0,2	0,088	0,063	0,114	0,088
F9	The working conditions of wire rope in its environment	0,1	0,1	0,15	0,059	0,063	0,086	0,069
F10	The wear of sheave grooves	0,2	0,1	0,1	0,118	0,063	0,057	0,079
F11	Wire rope structure	0,1	0,2	0,15	0,059	0,125	0,086	0,090
F12	Company business name	0,1	0,1	0,15	0,059	0,063	0,086	0,069
	<b>The sum of weights</b>				1,000	1,000	1,000	1,000

### 3.3 Určenie variant riešenia

Pri výbere vhodných variant riešenia bolo potrebné zohľadniť o aký typ lana ide z hľadiska spôsobu použitia. V danom prípade sa jednalo o nepohyblivé žeriavové lano, u ktorého sa najčastejšie používajú klasické konštrukcie. Vôbec sa nepoužívajú súbežné konštrukcie typu Warrington. Z ponúkaných možností boli vybrané tri varianty, ktorých popis je zobrazený na Obr. 1.

### 3.3 The specification of solution alternatives

When selecting appropriate solution alternatives it was necessary to take into consideration the wire rope type in terms of the method of its application. In this case, the wire rope in question was stationary crane wire rope mostly used with the traditional structures. Parallel structures of Warrington type are never applied. From the offered possibilities three alternatives were selected, the description of which forms a part of Fig. 1.

<p><b>1. Variant: Oceľové lano šesťpramenné – ŠTANDARD</b>          Podľa STN 02 4324          Počet drôtov: <math>6 \times 37 = 222</math> drôtov          Konštrukcia: <math>6 \times (1+6+12+18) + v</math></p>	<p><b>2. Variant: Oceľové lano šesťpramenné – SEAL</b>          Podľa STN 02 4340          Počet drôtov: <math>6 \times 19 = 114</math> drôtov          Konštrukcia: <math>6 \times (1+9+9) + v</math></p>
<p><b>3. Variant: Oceľové lano osempramenné – SEAL</b>          Podľa DIN 3062          Počet drôtov: <math>8 \times 19 = 158</math> drôtov          Konštrukcia: <math>8 \times (1+9+9) + v</math></p>	

Obr. 1 Popis variantov riešení

Fig. 1 The description of solution alternatives

### 3.4 Určenie variantov riešenia

Hodnotenie jednotlivých variantov riešení popisuje Tab. 2. Celkové ohodnotenie variantov predstavuje sumu všetkých súčinov každého variantu. Riešená úloha bola definovaná maximalizačne, teda najvhodnejším riešením voľby oceľového lana je variant číslo 2, kde súčet všetkých celkových ohodnotení je maximálny. Keďže niektoré údaje v tabuľkách pre hodnotenie kritérií mali len informatívny charakter, tak aj výsledok riešenia voľby oceľového lana je len teoretický, s cieľom priblížiť a popísať celý postup metodiky multikriteriálneho rozhodovania.

### 3.4 Evaluation and its results

The evaluation of individual solution alternatives is described in Table 2. The total alternative evaluation is the sum of all alternative products. The task to solve was defined through maximum values, i.e. the most suitable solution of steel wire rope selection was alternative No. 2 with the biggest sum of all the total scores. Since some of the data contained in tables for criteria evaluation purposes are of informative character only, the result of steel wire rope selection is just theoretical and its goal is to demonstrate and describe the whole methodological procedure of multi-criteria decision-making.

Tab. 2 Tabuľka hodnotenia

Názov kritéria	Váha kritéria	Variant 1		Variant 2		Variant 3	
		$HF_{11}$	$Hf_{11} \cdot w_i$	$HF_{12}$	$Hf_{12} \cdot w_i$	$HF_{13}$	$Hf_{13} \cdot w_i$
F1 Menovitý priemer lana [mm]	0,059	18	1,055	16	0,938	18	1,055
F2 Menovitá nosnosť lana [kN]	0,050	175,2	8,754	176,5	8,819	174	8,694
F3 Bezpečnosť	0,119	3,5	0,415	3,5	0,415	3,5	0,415
F4 Memé zaťaženie oceľového lana [MPa]	0,100	439,56	43,925	492,03	49,169	442,57	44,226
F5 Pomer priemeru lanovnice k priemeru lana	0,100	22,22	2,227	22,22	2,227	22,22	2,227
F6 Menovitá pevnosť drôtov [MPa]	0,089	1570	139,656	1770	157,447	1570	139,656
F7 Cena za 1.kg [€]	0,088	5,15	0,455	4,6	0,406	5,65	0,499
F8 Záručná doba [mesiac]	0,088	6	0,530	9	0,795	12	1,060
F9 Podmienky práce lana v prostredí	0,069	3,6	0,248	2,6	0,179	4,1	0,283
F10 Opatrebnie drážok na kladkách kladkostroja	0,079	7,3	0,577	6,1	0,482	6,7	0,530
F11 Konštrukcia lana	0,090	4	0,359	6	0,539	8	0,719
F12 Obchodné meno spoločnosti	0,069	6	0,414	4	0,276	3	0,207
<b>Celkové hodnotenie variantov</b>			198,617		221,692		199,571



Tab. 2 Evaluation table

Criterion name	Criterion weight	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		$HF_{11}$	$HF_{11} \cdot w_i$	$HF_{12}$	$HF_{12} \cdot w_i$	$HF_{13}$	$HF_{13} \cdot w_i$
F1 The rated diameter of wire rope [mm]	0,059	18	1,055	16	0,938	18	1,055
F2 The rated load-bearing capacity of wire rope [kN]	0,050	175,2	8,754	176,5	8,819	174	8,694
F3 Safety	0,119	3,5	0,415	3,5	0,415	3,5	0,415
F4 The specific load of steel wire rope [MPa]	0,100	439,56	43,925	492,03	49,169	442,57	44,222
F5 Sheave diameter/wire rope diameter ratio	0,100	22,22	2,227	22,22	2,22	22,22	2,227
F6 The rated strength of wires [MPa]	0,089	1570	139,656	1770	157,447	1570	139,656
F7 Price per 1.kg [€]	0,088	5,15	0,455	4,6	0,406	5,65	0,499
F8 Warranty period [month]	0,088	6	0,530	9	0,795	12	1,060
F9 The working conditions of wire rope in its environment	0,069	3,6	0,248	2,6	0,179	4,1	0,283
F10 The ware of sheave grooves	0,079	7,3	0,577	6,1	0,482	6,7	0,530
F11 Wire rope structure	0,090	4	0,359	6	0,539	8	0,719
F12 Company business name	0,069	6	0,414	4	0,276	3	0,207
<b>Total alternative value</b>			198,617		221,692		199,571

#### 4 ZÁVER

Príspevok poukazuje na možnosti objektivizácie rozhodovacích procesov. V uvedenom prípade sa jedná o výber vhodného typu oceľového lana pre dané zariadenie a zadané podmienky používateľa. Metóda multikriteriálneho rozhodovania aplikovaná v tomto článku je kvalitatívno-kvantitatívnu metódou, ktorej silná stránka je multikriteriálny pohľad na rozhodovací problém a zvýšenie objektivnosti rozhodnutia. Jej slabou stránkou je však, podobne ako u všetkých kvalitatívnych metód, subjektívne hodnotenie expertov. V každom prípade je ale tento postup objektívnejší, ako samotné subjektívne rozhodnutie jednotlivca. Ďalšie možnosti posúdenia riešení multikriteriálneho hodnotenia s vynechaním expertného prístupu sú prostredníctvom analytických výpočtov napr. hodnotenie výberu na základe výpočtu plochy/objemu N - rozmerného priestoru alebo aplikáciou pavúčich diagramov.

*Príspevok vznikol ako súčasť riešenia grantových projektov VEGA č. 1/0864/10 Návrh modelu integrovaného dopravného systému nerastných surovín riadeného informačným systémom s implementáciou zelenej logistiky, VEGA č. 1/0095/10 - Výskum podmienok ovplyvňujúcich degradáciu a znižovanie životnosti konštrukčných častí hadicových dopravníkov s využitím progresívnych matematických a simulačných metód pre zvýšenie ich spoľahlivosti a APVV projektu č. SK-SRB-0034-09 Návrh logistického modelu ťažobného podniku s aplikáciou princípov dopravnej a reverznej logistiky.*

#### 4 CONCLUSION

This paper shows the possibilities of the objectification of decision-making processes. In the stated example the goal is to select an appropriate type of steel wire rope for the given equipment and for the conditions predefined by the user. The method of multi-criteria decision-making applied herein is a quantitative and qualitative method, the strength of which lies in its multi-criteria view of the decision problem and in the increased objectivity of the decision. Just like for all the qualitative methods, its weakness lies in subjective expert evaluation. On all accounts, this procedure is more objective than the subjective decision of an individual. Other possibilities of solution multi-criteria evaluation not including the expert approach are analytical calculations e.g. the evaluation of selection through the calculation of surface/volume of an N-dimensional area or through the application of cot-web diagrams.

#### **Literatúra / References**

- [1] Boroška, J., Hulín, J., Lesňák, O.: Oceľové laná, - Bratislava : Alfa, 1982., 479 s., ISBN (viaz.) :.
- [2] Oceľové laná, firemné materiály, Drôtovňa, a.s., 1999.
- [3] Malindžák, D. – Takala, J.: Projektovanie Logistických Systémov: (teória a prax). Košice: EXPRES PUBLICIT s r.o., 2005. 221 s. ISBN 88-8073-282-5
- [4] Malindžák, D.: Výrobná logistika 1, 2. opr. a rozš. vyd. - Košice : Štroffek, 1997. - 167 s., ISBN 80-967636-6-0
- [5] Tittel, V. : Možnosti hodnotenia tváriteľnosti drôtov. On evaluation of wire formability. In: METAL 2004 : Sborník přednášek. Proceedings / konf.(heslo) Mezinárodní konference metalurgie a materiálů. 13. Hradec nad Moravicí, Česká republika, 18.-20.5.2004. - Ostrava : Tanger, 2004. - ISBN 80-85988-95-X
- [6] Tittel, Viktor - Vajo, P.: Hodnotenie tváriteľnosti oceľových drôtov. In: Technológia 93 : Zborník prednášok : Konf. Bratislava. 21.9.1993. - Bratislava : STU v Bratislave, 1993. - ISBN 80-227-0580-2. - S. 257-260

**Recenzia/Review:** *prof. Ing. Daniela Marasová, CSc.*