



## POMEROVO – INDEXOVÁ METÓDA S NORMOVANÍM FAKTOROV HODNOTENIA DYNAMICKÝMI VÁHAMÍ

### RATIO AND INDEX-BASED METHOD STANDARDIZING FACTORS OF DYNAMIC WEIGHT EVALUATION

**Pavel Prokopovič, Dušan Malindžák, Martina Nováková<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Technická univerzita v Košiciach, Ústav logistiky priemyslu a dopravy,  
Park Komenského 14, 042 00 Košice, Slovak Republic, e-mail: [dusan.malindzak@tuke.sk](mailto:dusan.malindzak@tuke.sk)

**Abstrakt:** Daný článok obsahuje popis adaptácie úpravy metódy multikriteriálneho rozhodovania pre podmienky aplikácie na systémy alebo modely financovania výstavby logistických sietí. Metódy multikriteriálneho rozhodovania v ich primárnej podobe nebolo možné aplikovať, preto bolo potrebné metódy upraviť o oblasti definovania váh hodnotenia faktorov, resp. porovnateľnosti faktorov hodnotenia.

**Kľúčové slová:** metódy multikriteriálneho rozhodovania, hierarchické váhy, kardinálna miera, normovanie hodnotení

**Abstract:** The article in question contains description of an adopted modification of a multi-criteria evaluation method to be applied to systems or models of logistic network establishment funding. The methods of multi-criteria-based decision-making process could not be applied in their primary form. That is why it was necessary to incorporate definitions of factor evaluation weights or to compare evaluation factors of the methods required.

**Key words:** multi-criteria decision making methods, hierarchical weights, cardinal measure, evaluation standardizing

## 1 ÚVOD

Metódy multikriteriálneho hodnotenia a aj pomerovo – indexová metóda sú založené na expertnom prístupe. T.j. hlavné premenné pre ich výpočet sú váhy kritérií  $W_i$  a hodnotenia  $H_{Ki}$  pre jednotlivé kritériá a varianty, v našom prípade máme modely financovania.

## 1 INTRODUCTION

Both the methods of multi-criteria evaluation and the ratio and index-based method are based on an expert approach. This means that the main variables for their calculation are  $W_i$  criteria weights and  $H_{Ki}$  evaluation for individual criteria and alternatives.

Tieto sa aplikujú na jednotlivé úseky logistických stavieb.

Zvyčajne aj váhy  $W_i$ , aj hodnotenia kritérií  $H_{Ki}$  sa určujú expertným spôsobom. Pri hodnotení logistických sieti a ich úsekov však hodnoty kritérií majú reálne hodnoty a pre jednotlivé úseky sú rôzne, napr. Intenzita dopravy môže byť  $X_1$  na úseku 1 a  $X_k$  na úseku k.

Druhým problémom je to, že reálne hodnoty jednotlivých kritérií sú v rôznych rozpätiach, napr.  $K_1 \in <HDK_1, HHK_1>$ , a kritérium  $K_3 \in <HDK_3, HHK_3>$ . Ak by sa tieto hodnoty kritérií násobili váhami, nastala by situácia neporovnatelnosti kritériá, napr.  $K_1 \in <0,8>$  a  $K_3 \in <1296, 65650>$ , tým pádom by kritérium  $K_3$  malo do celkového výpočtu niekoľkonásobne väčší vplyv. Preto je potrebné reálne hodnoty kritérií  $RHK_i$  pretransformovať do rovnakého intervalu, čo v pomerovo indexovej metóde je rozpätie kardinálnej miery, napr.  $<1, 10>$ . To znamená, že použitie pomerovo indexovej metódy pre hodnotenie úsekov logistických sieti, napr. diaľnic je rozdielne oproti všeobecným podmienkam aplikácie tejto metódy v tom, že:

- reálne hodnoty kritérií  $RHK_i$  pre jednotlivé varianty sa neodhadujú expertným spôsobom, ale odvodia sa od reálnych hodnôt kritérií
- reálne hodnoty kritérií je potrebné pretransformovať – normovať do rovnakého rozpätia – škály hodnotenia, tzv. kardinálnej miery  $<DHKM, HHKM>$ , kde: DHKM – dolná hranica kardinálnej miery, HHKM – horná hranica kardinálnej miery
- určiť pre každú reálnu hodnotu kritéria i jeho hodnotenie  $HK_i$  v rozpäti kardinálnej miery, napr.  $<1;10>$

These are applied on individual sections of logistic structures.

Both  $W_i$  weights and  $H_{Ki}$  evaluations are usually based on an expert approach. When evaluating logistics networks and their sections the criteria have actual values and these vary from one section to another, e.g. transport rate can be  $X_1$  for section No. 1 and  $X_k$  for section No. k.

Another issue is represented by the fact that the actual values of individual criteria are in different ranges, e.g.  $K_1 \in <HDK_1, HHK_1>$ , and  $K_3$  criterion  $\in <HDK_3, HHK_3>$ . If such values were multiplied by weights, the criteria would no longer be comparable, e.g.  $K_1 \in <0,8>$  and  $K_3 \in <1296, 65650>$ . Thus  $K_3$  criterion would have several times bigger influence on the total calculation. Therefore it is necessary to transform the actual values of  $RHK_i$  criteria so that they would have the same interval. As regards the ratio and index-based method this range of cardinal measure is for example  $<1, 10>$ . The above mentioned tells us that the application of the ratio and index-based method for evaluation of logistic network section e.g. highways varies from general conditions of this method application as follows:

- The actual values of  $RHK_i$  criteria for individual alternatives are not estimated using an expert approach. Instead, these are derived from criteria actual values;
- Criteria actual values are to be transformed - standardized by applying a common range - scale of evaluation, i.e. by applying a cardinal measure  $<DHKM, HHKM>$ , where: DHKM – Cardinal Measure Lower Limit; HHKM – Cardinal Measure Upper Limit;
- For each actual value of a criterion its  $HK_i$  evaluation/score shall be defined in a cardinal measure range, e.g.  $<1;10>$ ;

d) určiť váhy kritérií  $W_{Di}$  a  $W_{Ki}$ , kde:  $W_D$  – váha kritéria pre výstavbu,  $W_K$  – váha kritéria pre model financovania

Pre jednotlivé modely financovania majú kritériá rôznu dôležitosť a význam. Napr. pre štátne rozpočet sú vhodné úseky s nízkou intenzitou dopravy, pretože ani súkromný kapitál, ani európske fondy nemajú záujem o vstup tam, kde je nízky dopyt. Naopak pre úseky s vysokou intenzitou dopravy s možnosťou rýchlej výstavby majú záujem investori v rámci PPP projektov. Tento vzťah vyjadrimo váhou variantu, váhou kritéria pre príslušný model – variantu financovania –  $W_{i,k}$ . Preto výsledná váha v tabuľke multikriteriálneho rozhodovania vznikne ako súčin  $W_{Di} * W_{i,k}$ .

Z tohto dôvodu je výhodné mať obidve váhy v intervale  $<0, 1>$ . Aj váhu  $W_{Di}$  a  $W_i$  je však potrebné normovať.

d)  $W_{Di}$  and  $W_{Ki}$ , criteria weights shall be defined, where:  $W_D$  – Weight of Construction Criterion,  $W_K$  – Weight of Funding Model Criterion

Criteria can be of different importance and relevance for individual funding models. For instance for the state budget the sections with low transport rate are suitable since neither private sector nor European fund holders are interested in investing in the points of low demand. As regards the sections with high transport rate offering opportunities for fast construction these are interesting for PPP project investors. This relationship can be expressed by a weight of an alternative, by weight of a criterion for the relevant model - funding alternative -  $W_{i,k}$ . That is the reason why the final weight of the multi-criteria decision making table is the result of  $W_{Di} * W_{i,k}$  multiplication.

Based on the above mentioned it is appropriate to keep both weights in the  $<0, 1>$  interval. Both weights, i.e.  $W_{Di}$  a  $W_i$ , however, shall be standardized.

## 2 NÁVRH A POPIS METÓDY DVOJROZMERNÉHO MULTIKRITERIÁLNEHO ROZHODOVANIA

Hodnotené kritériá sa vyznačujú svojou rôznorodosťou, no sú najdôležitejšími prvkami pri rozhodovaní o výbere spôsobu financovania logistických sietí.

Prvým krokom pri ich hodnotení je expertné určenie váh kritérií, ktoré ururčuje dôležitosť z hľadiska výstavby pre štát. Podstatou tohto určenia je vytvorenie tímu ľudí – expertov v danej oblasti, ktorí nezávisle subjektívne ohodnotia percentuálne jednotlivé kritériá. Následne sa aritmetickým priemerom z ich hodnotení určí konečná hodnota kritéria – tzv. váha  $W_{Di}$ .

## 2 PROPOSAL AND DESCRIPTION OF A TWO-DIMENSIONAL MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHOD

Even though the evaluated criteria are heterogeneous they represent the most important elements in decision making process focusing on selection of a logistic network funding method.

The first step to be taken when evaluating is an expert specification of weights of criteria, by which the national significance of a construction project is determined. This specification is to create a team of people - experts in the field given, who give percentage, subjectively and independently, to each individual criterion. Subsequently, an arithmetical average is calculated from their evaluations representing a final value of a criterion given - i.e.  $W_{Di}$  weight.

Príklad:

$$\text{Intenzita dopravy: } 0,2 + 0,15 + 0,07 + 0,1 + 0,18 + 0,2 + 0,09 + 0,25 = 1,24 / 8 = 0,155$$

Výsledok: váha  $W_{Di} = 0,155$

„Je výhodné, ak súčet váh  $W_{Di}$  vybraných faktorov bude rovný 1, pretože faktory nemajú len individuálne váhy  $W_{Di}$ , ale aj pomer váh  $W_{Di} / W_{Dm}$  a ten udáva pomer dôležitosti, ktorý dávame jednotlivým faktorom“ [1]

Ak sa suma váh  $\Sigma W_{Di}$  nerovná 1, potom váhy normalizujeme.

Logistická siet' je rozdelená na prirodzené úseky výstavby, ktoré v tomto prípade predstavujú jednotlivé časti diaľníc D1, D2, D3, D4. Každý má rôzne kritériá, preto je potrebná osobitná tabuľka pre každý z týchto úsekov pre multikriteriálne rozhodovanie.

Druhým krokom je hodnotenie kritérií pre každý variant modelu financovania, pričom v tomto prípade uvažujeme o týchto možnostiach:

**VAR 1** - štátnej rozpočet

**VAR 2** - PPP – spolupráca súkromného a verejného sektora

**VAR 3** - Európske fondy

**VAR 4** - Cudzie zdroje (zväčša pôžičky EIB)

**VAR 5** - Príjmy z používania existujúcej infraštruktúry

Rozpäťie hodnotenia o ktorom uvažujeme nazývame kardinálnou mierou  $H_{Ki}$ , kde je potrebné určiť:

**DH** – minimálnu hodnotu ohodnotenia,

**HH** – maximálnu hodnotu ohodnotenia.

Najlepšie by bolo uvažovať o rozpätí <1 do 10>, alebo <1 do 100>. Prirodzené rozpäťie hodnotenia jednotlivých kritérií je v každom prípade iné.

Example:

$$\text{Transport rate: } 0.2 + 0.15 + 0.07 + 0.1 + 0.18 + 0.2 + 0.09 + 0.25 = 1.24 / 8 = 0.155$$

Result:  $W_{Di}$  weight = 0.155

“It would be appropriate, if the sum of  $W_{Di}$  weights of selected factors equalled 1, since the factors do not have only individual  $W_{Di}$  weights but also  $W_{Di} / W_{Dm}$  weight ratios. These ratios define degrees of significance, which are assigned to individual factors” [1]

If the  $\Sigma W_{Di}$  sum of weights does not equal 1, then the weights are to be standardized.

The logistic network is divided into natural sections of construction, which are, in this case, represented by individual sections of highways, namely D1, D2, D3, D4. Each of them has different criteria and that is why separate tables for each of these sections are to be prepared for multi-criteria decision making purposes.

The second step to be taken is to evaluate criteria for each alternative of a funding model, in case of which the following alternatives are considered:

**VAR 1** - state budget

**VAR 2** - PPP – cooperation of the private and the public sector

**VAR 3** - European funds

**VAR 4** - External sources (mainly loans granted by the EIB)

**VAR 5** - Revenues from the use of existing infrastructure

The evaluation range that is considered is called  $H_{Ki}$  cardinal measure, in the case of which following is to be specified:

**DH** – Minimum evaluation value/score

**HH** – Maximum evaluation value/score

It would be the best to consider the <1 do 10> or <1 to 100> range. The natural range of evaluation of individual criteria varies from case to case.

Kardinálna miera, t.j. rozpäťie hodnotenia určuje stupeň citlivosti hodnotenia. Práve preto je potrebné reálne hodnoty kritérií pretransformovať do kardinálnej miery, najmä kvôli porovnateľnosti a vypočítateľnosti do výsledného hodnotenia.

Ohodnenie  $H_{Ki}$  pre jednotlivé úseky je tiež vhodné vykonať expertným spôsobom. Z týchto hodnôt je potrebné vypočítať pomocou tabuľky násobením váh a hodnotení v rozmedzí kardinálnej miery index ktorý si označíme  $H_{V_k}$  (hodnota modelu financovania, kde K predstavuje model financovania).

The cardinal measure, i.e. the evaluation range defines a degree of evaluation response. That is why it is required to transform the actual values of criteria into cardinal measures, mainly in order to compare and calculate the final evaluation. The  $H_{Ki}$  evaluation for individual sections can also be carried out using an expert approach.

From the above values an index designated as  $H_{V_k}$  (a value of a funding model, where K stands for the funding model itself) shall be calculated using a table, i.e. by multiplying weights and evaluations in the range of the cardinal measure.

$$H_{V_k} = \sum_{i=1}^m W_i \cdot H_{Ki} ;$$

$$K = 1, 2, 3, 4, 5 , m = 8$$

Problém riešime ako maximalizačný, t. j. čím je väčšia váha  $W_i$  a hodnotenie  $H_{Ki}$ , tým má faktor väčšiu dôležitosť pri hodnotení.

$$\text{Optimálny variant} = \max_k \{ H_{V_k} \}$$

V konkrétnom prípadoch, ktoré riešime, musíme použiť metódu multikriteriálneho rozhodovania ako dvojstupňovú metódu. Vzhľadom na rôzne reálne hodnoty kritérií, ktoré vyplývajú zo štatistik a rozpäťia ich hodnôt musíme ich kvôli porovnateľnosti ich vplyvu na celkový výsledok, t.j. výber metódy financovania, pretransformovať do rovnakého rozpäťia – kardinálnej miery. A až v druhom kroku urobiť ohodnenie  $H_{Ki}$ . Týmto postupom by sa mala potvrdiť správnosť výberu modelu financovania na konkrétnych úsekok a rovnako by mohla byť aplikovateľná na úseky v príprave, kde je rozporuplné použitie toho ktorého spôsobu financovania.

Reálna hodnota kritéria:

$$RH_{Ki} < HD_{Ki} ; HR_{Ki} >$$

The issue is solved as a maximizing one i.e. the bigger  $W_i$  weight and  $H_{Ki}$  evaluation(score, the greater importance of the factor in terms of evaluation.

$$\text{Optimum alternative} = \max_k \{ H_{V_k} \}$$

In individual cases that are being dealt with, a method of multi-criteria decision making shall have a form of a two-stage method. Considering different actual values of criteria found out from statistics and a range of their values the criteria had to be transformed into a common range - i.e. cardinal measure, in order to make them comparable in terms of their influence on the final result i.e. selection of a funding method. Only at the second stage the  $H_{Ki}$  evaluation will be performed. By this procedure correctness of the selected funding model at individual sections should be confirmed and at the same it could be applicable to individual sections under preparation, where it is questionable, which funding method to use.

Actual criterion value:

$$RH_{Ki} < HD_{Ki} ; HR_{Ki} >$$

### 3 TRANSFORMÁCIA REÁLYCH HODNÔT FAKTOROV DO ROZPÄTIA KARDINÁLNEJ MIERY

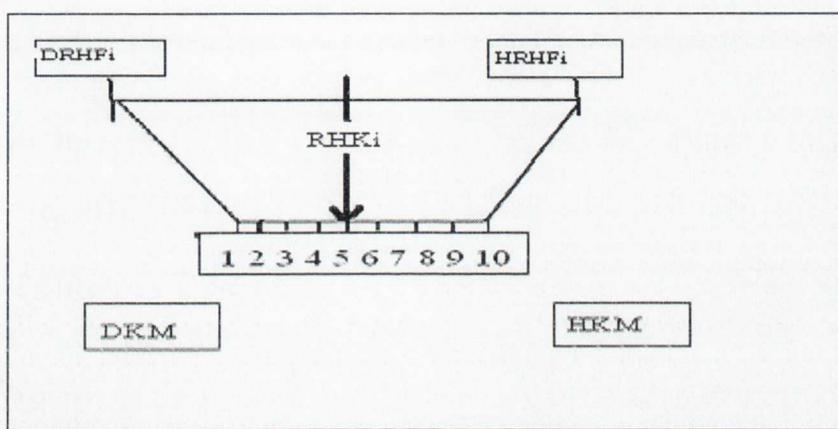
**Reálna hodnota kritéria**  $RHK_i$  e  $\langle DRHK_i, HRHK_i \rangle$  kde:  $DRHK_i$  – dolná minimálna hodnota kritéria „i“,  $HRHK_i$  – horná maximálna hodnota kritéria „i“.

**Kardinálna miera je v rozpäti KM e  $\langle DKM, HKM \rangle$  napr. v intervale  $\langle 1, 10 \rangle$**

### 3 TRANSFORMATION OF ACTUAL VALUES OF FACTORS INTO A CARDINAL MEASURE RANGE

An actual value of the  $RHK_i$  e  $\langle DRHK_i, HRHK_i \rangle$  criterion, where:  $DRHK_i$  – Lower, minimum value of the “i” criterion;  $HRHK_i$  – Upper, maximum value of the “i” criterion;

The cardinal measure is in the KM e  $\langle DKM, HKM \rangle$  range, e.g. in the  $\langle 1, 10 \rangle$  interval.



Obr.1 Transformácia reálnych hodnôt faktorov  $RHK_i$  do rozpäťia kardinálnej miery  
Fig 1 Transformation of actual values of  $RHK_i$  factors into a cardinal measure range

Výpočet realizujeme na základe vzťahu :

$$VYPJED_i = \frac{HRHK_i - DRHK_i}{HKM_i} \quad (1)$$

kde:

$VYPJED_i$  = vypočítaná hodnota jednotky kritéria  $K_i$

Na základe tohto vzťahu vypočítame stupnicu – tabuľku pre transformáciu – normovanie kritéria i.

Medza  $MRHK_i$  je hodnota, do ktorej ešte priradíme k reálnej hodnote  $RHK_i$  príslušnú hodnotu kardinálnej miery. Hodnotu  $RHK_i$  vypočítame:

$$RHK_i = KM \times VYPJED_i$$

$$KM \in \langle 1, 10 \rangle$$

The calculation is carried out based on the following relationship:

$$VYPJED_i = \frac{HRHK_i - DRHK_i}{HKM_i} \quad (1)$$

where:

$VYPJED_i$  = Calculated value of a unit of the  $K_i$  criterion

On the basis of this relationship a scale, i.e. a table for transformation or standardization of the “i” criterion is calculated.

The  $MRHK_i$  margin is a value represented by a sum of the actual  $RHK_i$  value and the relevant cardinal measure. The  $RHK_i$  value is calculated as follows:

$$RHK_i = KM \times VYPJED_i$$

$$KM \in \langle 1, 10 \rangle$$

**Tab. 1** Tabuľka pre transformáciu, resp. normovanie kritéria i

<b>HODNOTA KARDINÁLNEJ MIERY</b>	<b>MEDZA MRHK<sub>I</sub> KRITÉRIA</b>
1	$1 \times VYPJED_i$
2	$2 \times VYPJED_i$
.....	.....
<b>HKM</b>	<b>HKM*VYPJED<sub>i</sub></b>

**Tab. 1** Table for “I” criterion transformation or standardization

<b>CARDINAL MEASURE VALUE</b>	<b>MRHK<sub>I</sub> CRITERION MARGIN</b>
1	$1 \times VYPJED_i$
2	$2 \times VYPJED_i$
.....	.....
<b>HKM</b>	<b>HKM*VYPJED<sub>i</sub></b>

**Výpočet HK<sub>i</sub>**

Ak hodnota reálneho kritéria RHK<sub>i</sub> je v rozpätí  
 $(HKM*VYPJED_i; (HKM+1*VYPJED_i) > \Rightarrow HK_i = HKM+1 (2)$   
 potom hodnotenie kritéria HK<sub>i</sub> pre daný variant / úsek / bude HK<sub>i</sub> = HKM + 1.

Na základe reálnej RHK<sub>i</sub> pre variant j (pre jednotlivé úseky) predchádzajúcej tabuľky a vzťahu (2) určíme hodnoty HK<sub>ij</sub> pre jednotlivé úseky j.

**HK<sub>i</sub> calculation**

If the value of the actual RHK<sub>i</sub> falls in the range of  
 $(HKM*VYPJED_i; (HKM+1*VYPJED_i) > \Rightarrow HK_i = HKM+1 (2)$   
 then HK<sub>i</sub> criteria evaluation/score for an alternative/section given will be HK<sub>i</sub> = HKM + 1.  
 On the basis of an actual RHK<sub>i</sub> for a “j” alternative (for individual sections) of the previous table and on the basis of the (2) relationship, HK<sub>ij</sub> values for individual “j” sections will be defined.

**Tab. 2** Určenie hodnôt faktorov pre jednotlivé úseky

<b>ÚSEK J</b>	<b>RHK<sub>I,J</sub></b>	<b>HK<sub>I,J</sub></b>
<b>Názov úseku 1</b>	<b>RHK<sub>I,1</sub></b>	<b>HK<sub>I,1</sub></b>
<b>Názov úseku 2</b>	<b>RHK<sub>I,2</sub></b>	<b>HK<sub>I,2</sub></b>
.....		
<b>Názov úseku n</b>	<b>RHK<sub>I,n</sub></b>	<b>HK<sub>I,n</sub></b>

Indexy : i – kritérií, j – úsekov, k – variant financovania

**Tab. 2** Specification of factor values for individual sections

<b>“J” SECTION</b>	<b>RHK<sub>I,J</sub></b>	<b>HK<sub>I,J</sub></b>
<b>Name of section No. 1</b>	<b>RHK<sub>I,1</sub></b>	<b>HK<sub>I,1</sub></b>
<b>Name of section No. 2</b>	<b>RHK<sub>I,2</sub></b>	<b>HK<sub>I,2</sub></b>
.....		
<b>Name of section No. n</b>	<b>RHK<sub>I,n</sub></b>	<b>HK<sub>I,n</sub></b>

Indexes: i – criteria, j – sections, k – funding alternative

**Tab. 3 Hodnotenie modelov financovania**

Kritériá K <sub>i</sub>	W <sub>Di</sub>	Štátnej rozpočet		PPP		európske fondy		cudzie zdroje		Príjmy z používania	
		W <sub>i,1</sub>	HK <sub>i,1</sub>	W <sub>i,2</sub>	HK <sub>i,2</sub>	W <sub>i,3</sub>	HK <sub>i,3</sub>	W <sub>i,4</sub>	HK <sub>i,4</sub>	W <sub>i,5</sub>	HK <sub>i,5</sub>
K1	W <sub>D1</sub>	W <sub>1,1</sub>	HK <sub>1,1</sub>	W <sub>1,2</sub>	HK <sub>1,2</sub>	W <sub>1,3</sub>	HK <sub>1,3</sub>	W <sub>1,4</sub>	HK <sub>1,4</sub>	W <sub>1,5</sub>	HK <sub>1,5</sub>
K2	W <sub>D2</sub>	W <sub>2,1</sub>	HK <sub>2,1</sub>	W <sub>2,2</sub>	HK <sub>2,2</sub>	W <sub>2,3</sub>	HK <sub>2,3</sub>	W <sub>2,4</sub>	HK <sub>2,4</sub>	W <sub>2,5</sub>	HK <sub>2,5</sub>
K3	W <sub>D3</sub>	W <sub>3,1</sub>	HK <sub>3,1</sub>	W <sub>3,2</sub>	HK <sub>3,2</sub>	W <sub>3,3</sub>	HK <sub>3,3</sub>	W <sub>3,4</sub>	HK <sub>3,4</sub>	W <sub>3,5</sub>	HK <sub>3,5</sub>
K4	W <sub>D4</sub>	W <sub>4,1</sub>	HK <sub>4,1</sub>	W <sub>4,2</sub>	HK <sub>4,2</sub>	W <sub>4,3</sub>	HK <sub>4,3</sub>	W <sub>4,4</sub>	HK <sub>4,4</sub>	W <sub>4,5</sub>	HK <sub>4,5</sub>
K5	W <sub>D5</sub>	W <sub>5,1</sub>	HK <sub>5,1</sub>	W <sub>5,2</sub>	HK <sub>5,2</sub>	W <sub>5,3</sub>	HK <sub>5,3</sub>	W <sub>5,4</sub>	HK <sub>5,4</sub>	W <sub>5,5</sub>	HK <sub>5,5</sub>
K6	W <sub>D6</sub>	W <sub>6,1</sub>	HK <sub>6,1</sub>	W <sub>6,2</sub>	HK <sub>6,2</sub>	W <sub>6,3</sub>	HK <sub>6,3</sub>	W <sub>6,4</sub>	HK <sub>6,4</sub>	W <sub>6,5</sub>	HK <sub>6,5</sub>
K7	W <sub>D7</sub>	W <sub>7,1</sub>	HK <sub>7,1</sub>	W <sub>7,2</sub>	HK <sub>7,2</sub>	W <sub>7,3</sub>	HK <sub>7,3</sub>	W <sub>7,4</sub>	HK <sub>7,4</sub>	W <sub>7,5</sub>	HK <sub>7,5</sub>
K8	W <sub>D8</sub>	W <sub>8,1</sub>	HK <sub>8,1</sub>	W <sub>8,2</sub>	HK <sub>8,2</sub>	W <sub>8,3</sub>	HK <sub>8,3</sub>	W <sub>8,4</sub>	HK <sub>8,4</sub>	W <sub>8,5</sub>	HK <sub>8,5</sub>

**Tab. 3 Funding model evaluation**

Criteria K <sub>i</sub>	W <sub>Di</sub>	State budget		PPP		European funds		External sources		Use revenues	
		W <sub>i,1</sub>	HK <sub>i,1</sub>	W <sub>i,2</sub>	HK <sub>i,2</sub>	W <sub>i,3</sub>	HK <sub>i,3</sub>	W <sub>i,4</sub>	HK <sub>i,4</sub>	W <sub>i,5</sub>	HK <sub>i,5</sub>
K1	W <sub>D1</sub>	W <sub>1,1</sub>	HK <sub>1,1</sub>	W <sub>1,2</sub>	HK <sub>1,2</sub>	W <sub>1,3</sub>	HK <sub>1,3</sub>	W <sub>1,4</sub>	HK <sub>1,4</sub>	W <sub>1,5</sub>	HK <sub>1,5</sub>
K2	W <sub>D2</sub>	W <sub>2,1</sub>	HK <sub>2,1</sub>	W <sub>2,2</sub>	HK <sub>2,2</sub>	W <sub>2,3</sub>	HK <sub>2,3</sub>	W <sub>2,4</sub>	HK <sub>2,4</sub>	W <sub>2,5</sub>	HK <sub>2,5</sub>
K3	W <sub>D3</sub>	W <sub>3,1</sub>	HK <sub>3,1</sub>	W <sub>3,2</sub>	HK <sub>3,2</sub>	W <sub>3,3</sub>	HK <sub>3,3</sub>	W <sub>3,4</sub>	HK <sub>3,4</sub>	W <sub>3,5</sub>	HK <sub>3,5</sub>
K4	W <sub>D4</sub>	W <sub>4,1</sub>	HK <sub>4,1</sub>	W <sub>4,2</sub>	HK <sub>4,2</sub>	W <sub>4,3</sub>	HK <sub>4,3</sub>	W <sub>4,4</sub>	HK <sub>4,4</sub>	W <sub>4,5</sub>	HK <sub>4,5</sub>
K5	W <sub>D5</sub>	W <sub>5,1</sub>	HK <sub>5,1</sub>	W <sub>5,2</sub>	HK <sub>5,2</sub>	W <sub>5,3</sub>	HK <sub>5,3</sub>	W <sub>5,4</sub>	HK <sub>5,4</sub>	W <sub>5,5</sub>	HK <sub>5,5</sub>
K6	W <sub>D6</sub>	W <sub>6,1</sub>	HK <sub>6,1</sub>	W <sub>6,2</sub>	HK <sub>6,2</sub>	W <sub>6,3</sub>	HK <sub>6,3</sub>	W <sub>6,4</sub>	HK <sub>6,4</sub>	W <sub>6,5</sub>	HK <sub>6,5</sub>
K7	W <sub>D7</sub>	W <sub>7,1</sub>	HK <sub>7,1</sub>	W <sub>7,2</sub>	HK <sub>7,2</sub>	W <sub>7,3</sub>	HK <sub>7,3</sub>	W <sub>7,4</sub>	HK <sub>7,4</sub>	W <sub>7,5</sub>	HK <sub>7,5</sub>
K8	W <sub>D8</sub>	W <sub>8,1</sub>	HK <sub>8,1</sub>	W <sub>8,2</sub>	HK <sub>8,2</sub>	W <sub>8,3</sub>	HK <sub>8,3</sub>	W <sub>8,4</sub>	HK <sub>8,4</sub>	W <sub>8,5</sub>	HK <sub>8,5</sub>

$HV_1 = \sum_i HK_i \cdot WD_i \cdot WV_1$   
 $HVK = \sum_i HK_i \cdot WD_i \cdot WV_K$   
 Optimálny variant pre úsek j je max  
 $\{HVK\}, \quad k=1,2,3,4,5$

$HV_1 = \sum_i HK_i \cdot WD_i \cdot WV_1$   
 $HVK = \sum_i HK_i \cdot WD_i \cdot WV_K$   
 Optimum alternative for the "j" section is  
 maximum of  $\{HVK\}, \quad k=1,2,3,4,5$

## 4 ZÁVER

Predchádzajúci model metódy multikriteriálneho rozhodovania bol spracovaný pre výber metódy financovania logistických sietí, najmä pre výstavbu úsekov diaľníc v Slovenskej republike. Tento model je však univerzálny a je ho možné aplikovať pre výber varianty riešenia – rozhodnutia pre oblasti, kde hodnoty jednotlivých faktorov nie je potrebné odhadnúť expertným spôsobom ale vyplývajú z analýzy hodnoteného systému a tam, kde je potrebné brať do úvahy niekoľko váh hodnotenia.

## 4 CONCLUSION

The previous model of a multi-criteria decision-making method was designed for selection of logistic network funding method, mainly for construction of sections of Slovak highways. This model is, however, generic and it cannot be applied when selecting an alternative of a solution - decision for the areas, in which values of individual factors are not estimated by an expert approach but are the result of an evaluated system analysis. It also cannot be used in the areas, in which several evaluation weights are to be taken into consideration.

### Literatúra / References

- [1] Malindžák, D., Takala, J.: Projektovanie logistických systémov (Teória a prax), Express Publition, Košice 2005, ISBN 88-8073-282-5
- [2] Nováková, M., Návrh modelov financovania diaľničných úsekov v Slovenskej republike, Bakalárská práca, TU Košice, Košice 2008
- [3] Prokopovič, P., Modely financovania a koncepcie výstavby logistických sietí Slovenskej republiky, Doktorandská dizertačná práca, TU Košice, Košice 2010
- [4] Saaty, T.L.: The Analytic Network Process: Draisin Making With Dependence and Feedback, RWS Publication, USA, 1996
- [5] Operačný program Doprava 2007-2010, -návrh-, Ministerstvo dopravy, pošt a telekomunikácií Slovenskej republiky, 30. novembra 2006, Bratislava.
- [6] Prokopovič, P.: Koncepcia logistickej siete - financovanie, Príloha č.2 – Ekonomický a hospodársky potenciál regiónov, Výskumný ústav dopravný.

*Recenzia/Review: doc. Ing. Martin Straka, PhD.*