

APLIKÁCIA AHP METÓDY PRI HODNOTENÍ DOPRAVNÉHO PROCESU

Ing. Martin Chudada, Ing. Zuzana Tarabová Ph.D.

Anotácia:

Doprava je jedným z najdôležitejších prvkov logistického systému a má zásadný vplyv na rast a pokles logistických nákladov.

Pre kvalitné rozhodnutie potrebujeme dostatočné množstvo pravdivých informácií o objektoch, ktoré do procesu rozhodovania vstupujú. Správna informácia o dôležitosti hodnotiacich kritérií má v mnohých metódach multikriteriálneho hodnotenia podstatný význam.

KLúčové slová: logistika, doprava, multikriteriálne hodnotenie, metóda AHP

Key words: logistics, transport, multicriterial evaluation, AHP method

Úvod:

Charakteristickou črtou súčasnej doby je množstvo kvalitných a včasných informácií, ktoré jednotlivci a aj kolektívy potrebujú poznať, aby mohli reagovať na každodenné situácie, s ktorými sa stretávajú v súkromnom i pracovnom živote.

Doprava je jedným z najdôležitejších prvkov logistického systému a má zásadný vplyv na rast a pokles logistických nákladov.

Metóda AHP ako flexibilný model pre rozhodovanie, objasňuje problémy, ktoré majú niekoľko možných riešení. AHP metóda je uskutočňovaná expertnou a následne matematickou metódou, ktorá rozdeľuje hlavný problém do menších a detailnejších prvkov.

Vo všeobecnosti je známe, že zákazníci vzhľadom na znižovanie zásob, a tým znižovania viazanosti finančných prostriedkov spojených s udržiavaním zásob požadujú od dopravcov vyrovnanosť času trvania preprav.

1. Doprava v logistickom systéme

Doprava je jedným z najdôležitejších prvkov logistického systému. Doprava má zásadný vplyv na rast a pokles logistických nákladov. *Cieľom dopravy* je prekonávať vzdialenosti, čo presnejšie chápeme ako prekonanie priestoru alebo zmenu miesta prepravovaného tovaru pomocou dopravných prostriedkov.

Dopravná logistika sa vo svojom celku zaoberá riešením logistických úloh a opatrení, ktoré treba realizovať pri príprave a uskutočňovaní dopravy. Ide predovšetkým o činnosti, ktoré súvisia s materiálovým tokom, so skladovaním hotových výrobkov až po odbyt, vrátane informácií súvisiacich s týmito činnosťami. *Logistický reťazec* od dodávateľa materiálu, cez výrobcu až po zákazníka pozostáva z veľkej časti článkov dopravy, ktoré vytvárajú *prepravný reťazec*. [1]

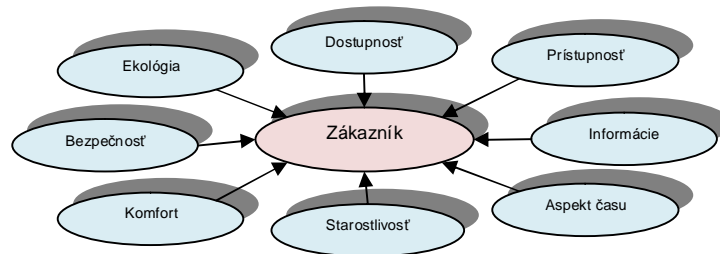
Rozhodovanie o voľbe spôsobu prepravy a dopravcov

Ekonomické obmedzenia, obmedzené zdroje, konkurenčné tlaky a požiadavky zákazníkov nútia podniky k tomu, aby prijímali čo najefektívnejšie a najproduktívnejšie rozhodnutia vo veci voľby spôsobu prepravy a výberu dopravcov.

Pri rozhodovaní o výbere druhu dopravy, prípadne výberu dopravcu možno rozlíšiť štyri samostatné fázy:

- *rozpoznanie problému,*
- *proces skúmania možnosti,*
- *proces voľby,*
- *následné vyhodnotenie.* [2]

Kvalitu logistického procesu v doprave ovplyvňuje celý rad kritérií. Z pohľadu zákazníka poskytovaného logistického procesu v doprave môžeme rozdeliť kritériá kvality do nasledujúcich kategórií (obr. 1)[3]:



Obr. č. 1: Kritériá kvality v doprave z pohľadu zákazníka (zdroj: autor)

2. Mutlikriteriálne hodnotenie

Charakteristickou črtou súčasnej doby je množstvo kvalitných a včasných informácií, ktoré jedinec a aj kolektív potrebuje poznať, aby mohol reagovať na každodenné situácie, s ktorými sa stretáva v súkromnom i pracovnom živote.

Multikriteriálne rozhodovanie (hodnotenie) závisí od výberu vhodnej metódy, ktoré ovplyvňujú informácie, ktoré máme momentálne k dispozícii a taktiež ich vplyv na vybranú metódu.

Jedným z vhodných prostriedkov multikriteriálneho rozhodovania, resp. hodnotenia je metóda *Analytic Hierarchy Process - AHP (Analytický hierarchický proces)*. [4]

Štruktúra metódy AHP

Metóda AHP ako flexibilný model pre rozhodovanie, objasňuje problémy, ktoré majú niekoľko možných riešení. AHP je uskutočňovaná expertnou a následne matematickou metódou, ktorá rozdeľuje hlavný problém do menších a detailnejších prvkov.

Rozhodovanie podľa metódy AHP môže byť rozdelené do troch rozdielnych stupňov:

- *hierarchičnosť,*
- *priority,*
- *konzistentnosť. [4]*

Výhody a nevýhody metódy AHP

Výhody metódy AHP:

- použitie párového verbálneho ohodnotenia umožňuje jednoduchší úsudok,
- AHP požaduje, aby bolo urobených viacej porovnaní, ako je potrebné na stanovenie váh. Táto špecifikácia dovoľuje, aby bola konzistentnosť overená úsudkom rozhodujúceho sa subjektu,
- prehľadnosť je zabezpečená formálnym štruktúrovaním problému,
- exaktné určenie váh kritérií a možnosť kvalitatívneho hodnotenia kvality rozhodovania.

Nevýhody metódy AHP:

- ak je používané verbálne ohodnotenie, potom je škála hodnotenia vytvorená hodnotiacim subjektom, napr. keď si myslíte, že jedno kritérium je menej dôležité ako druhé a AHP metóda dokáže opak,
- metóda vytvárania vlastnej škály hodnotenia váh jedným subjektom nemusí byť prijateľná pre iné hodnotiace subjekty,
- vytváranie stromovej štruktúry je zaťažené istou mierou subjektivity,
- snaha o dodatočnú úpravu matice R, znamená narušenie objektivity hodnotenia. Pridanie novej alternatívy do rozhodovacieho problému môže viesť k zmene pozície pôvodných alternatív. Avšak zástancovia tejto metódy argumentujú, že toto je výhodou metódy,
- počet porovnaní, ktoré musia byť zrealizované, môžu robiť metódu časovo náročnou, ak je veľký počet kritérií alebo alternatív na porovnanie,
- obmedzenie platnosti metódy len pre prípady konzistentného hodnotenia, pričom praktické hodnotenie často býva nekonzistentné.[4]

3. Viackriteriálne (multikriteriálne) rozhodovanie (rozhodovacia analýza) pri modelovom posúdení preprav

Pri *metódach rozhodovacej analýzy* existuje viacero rozličných metód, ktoré sú ale v zásade založené na rovnakom princípe, a to je posúdenie niekoľkých variantov riešenia problému podľa zvolených kritérií a stanovenia poradia variantov. Tieto metódy sa líšia podľa toho, ako sa pri nich

určuje tzv. *váha jednotlivých kritérií* a ako sa číselne hodnotí stupeň, ktorým jednotlivé varianty riešenia napĺňajú zvolené kritériá.

Pri návrhu modelu riešenia sme vychádzali z reálnej situácie požiadavky dopravy vo vybranej spoločnosti.

Nakládka tovaru je v SK:97101 Prievidza a vykládka v F: 18000 Bourges, nakládka je v pondelok a nutná vykládka do stredy toho istého týždňa, nakoľko sa spoločnosť zameriava na tzv. "špeciálne dodanie", to znamená, že spoločnosť garantuje doručiť tovar zákazníkovi v najkratšom možnom časovom úseku.

Modelová situácia:

Doprava tovaru uloženého na 2 euro paletách, hmotnosť 200 kg, z SK: 97101 Prievidze do F: 18000 Bourges. Nakládka pondelok a vykládka streda.

Vybraná modelová situácia dopravy bola riešená prostredníctvom viackritériálneho rozhodovania, nasledovnými metódami:

DMM - Decision Matrix Method - Metóda rozhodovacej matice

FDMM - Forced Decision Matrix Method - Modifikovaná metóda rozhodovacej matice

AHP - Analytic Hierarchy Process - Analytická viacúrovňová metóda

Ako východzie informácie pre metódy rozhodovacej analýzy je potrebné zvoliť kritériá pre výber najvýhodnejších variantov.

4. Riešenie modelových situácií prostredníctvom viackritériálneho rozhodovania

Metóda rozhodovacej matice - DMM

Metóda rozhodovacej matice sa považuje za základnú metódu, ktorá môže mať aj viac variantov riešenia. Jeden z variantov spočíva v hodnotení váhy - dôležitosti jednotlivých kritérií ohodnotených bodovou stupnicou od 1 po 10 (kde stupeň 1 je priradený najmenej váhe a stupeň 10 najvyššej váhe). Takou istou stupnicou sa hodnotí aj skutočnosť, ako jednotlivé varianty riešenia vyhovujú zvoleným kritériám, tzn. bodovou stupnicou od 1 po 10 (kde stupeň 1 znamená nevyhovuje až po stupeň 10 - vyhovuje ideálne).

Za výsledné kritérium pre rozhodnutie sa potom volí najväčší vážený súčet.

Riešenie metódy rozhodovacej matice pre modelovú situáciu

Kritérium	Váha	Hodnotenie nákladných automobilov - (varianty)				
		Pickup s prívesom	Skriňová dodávka	Plachtová dodávka	Plachtový valník	Standardný náves
Kapacita - počet paliet	10	10	6	6	3	2
Nosnosť	10	9	5	5	2	1
Spotreba PHM	8	10	7	6	3	2

Mýto	4	10	8	7	3	2
Pracovný čas	5	10	10	10	6	6
Plánovanie času dopravy	9	10	10	10	10	10
Vážený súčet		450	338	326	206	174
Poradie		1	2	3	4	5

Riešením metódy rozhodovacej matice je automobil - Pick up s prívesom, ktorý najlepšie vyhovoval daným kritériám a získal najvyšší vážený súčet.

Modifikovaná metóda rozhodovacej matice - FDMM

Čiastočne odstraňuje nevýhody metódy rozhodovacej matice - DMM. Váhy jednotlivých kritérií, ako aj hodnotenie variantov ako splňajú jednotlivé kritériá, sa určujú tzv. párovým porovnávaním, čo znamená že pri porovnávaní dvoch kritérií, je významnejšie (pre rozhodovanie dôležitejšie) kritérium hodnotené "1", menej významné kritérium "0". Podobne pri hodnotení toho, ako dva varianty vyhovujú zvoleným kritériám hodnotenia, je variant vyhovujúci lepšie, hodnotený "1" a variant hodnotený horšie "0".

Výsledné hodnotenie variantov alebo váhu kritérií dostaneme tak, že hodnotenie "normujeme", t.j. požadujeme, aby súčet všetkých hodnotení resp. váh bol rovný 1.[5]

V modelovej situácii si následne označíme *kritéria* a aj *varianty*.

Riešenie modifikovanej metódy rozhodovacej matice pre modelovú situáciu

Rozhodovacia tabuľka FDMM

Kritérium	Váha	Hodnotenie nákladných automobilov				
		Pickup s prívesom	Skriňová dodávka	Plachtová dodávka	Plachtový valník	Štandardný náves
Kapacita - počet paliet	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Nosnosť	0,267	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Spotreba PHM	0,133	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Mýto	0,067	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Pracovný čas	0,333	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Plánovanie času dopravy	0	0,3	0,3	0,3	0,05	0,05
Vážený súčet		0,3466	0,2733	0,2	0,1267	0,0534
Poradie		1	2	3	4	5

V rozhodovacej tabuľke modifikovanej metódy rozhodovacej matice bolo vyhodnotených zhodné poradie ako pri metóde rozhodovacej matice. A to, že pre modelovú situáciu je optimálnym nákladným automobилом - pickup s prívesom.

Analytická viacúrovňová metóda - AHP

Do istej miery eliminuje nedostatky predchádzajúcich dvoch metód DMM a FDMM, čo môžeme označiť ako jej výhodu. AHP metóda je tiež založená na párovom porovnávaní stupňa významnosti

jednotlivých kritérií a miery toho, ako hodnotené varianty riešenia tieto kritéria spĺňajú. Hodnotenie je v oboch prípadoch (porovnanie kritérií i variantov) založené na tzv. "expertnom odhade", pri ktorom odborníci v danom odbore porovnávajú vzájomné vplyvy dvoch faktorov. Tieto následne hodnotia na základe stupnice: [rovnaký - slabý - stredný - silný - veľmi silný], kde tomuto slovnému hodnoteniu prislúchajú hodnoty [1 - 3 - 5 - 7 - 9].

Ak sú vo formulári pre hodnotenie vyznačené 2 možnosti (napr. silná a veľmi silná prevaha faktora B nad faktorom A), ako výsledné hodnotenie sa v riadku faktora B a stĺpci faktora A objaví hodnota "8" a v riadku faktora A a v stĺpci faktora B sa uvedie prevrátená hodnota t.j. hodnota "1/8".

Do rozhodovacej matice sa zaraďuje i vzájomné porovnanie rovnakých premenných s hodnotením vplyvu "1" (rovnaký vplyv). Ďalší postup určenia váh kritérií a porovnania variantov riešení je oproti predchádzajúcim metódam komplikovanejší, pretože je potrebné

1. pre každú maticu párového porovnania určiť *normovaný vlastný vektor* odpovedajúci najväčšej reálnej *vlastnej hodnote (číslu)* matice, uvažovanej v absolútnej hodnote,
2. jeho zložky podobne určujú váhy kritérií a hodnotenie variantov riešenia podľa jednotlivých kritérií a výsledné ohodnotenie variantov dostaneme rovnako ako *vážený súčet* určených hodnotení násobených váhami kritérií. [13]

Riešenie AHP metódy pre modelovú situáciu

Výsledná rozhodovacia tabuľka AHP

Kritériá	Váha	V1	V2	V3	V4	V5
K1	0,2361	0,4888	0,2448	0,1655	0,0735	0,0274
K2	0,2914	0,4407	0,234	0,178	0,095	0,0523
K3	0,121	0,4888	0,2448	0,1655	0,0735	0,0274
K4	0,0406	0,3054	0,3054	0,3054	0,0575	0,0264
K5	0,2838	0,3103	0,3103	0,3103	0,0345	0,0345
K6	0,0271	0,3054	0,3054	0,3054	0,0575	0,0264
Vážený súčet		0,411709	0,264344	0,219708	0,067614	0,036603
Poradie		1	2	3	4	5

Tak, ako aj v metóde rozhodovacej matice, modifikovanej metóde rozhodovacej matice a aj metóde AHP boli vypočítané vážené súčty, ktorým boli priradené zhodné poradie, čo znamená, že pre modelovú situáciu je výhodným variantom V1 - pickup s prívosom.

Výslednú tabuľku AHP metódy dostaneme buď ako výstup z počítačového programu MATLAB, alebo si priebežné hodnoty môžeme vypočítať nasledovne:

V prvom kroku budeme vychádzať z porovnania kritérií, vid' tabuľka:

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	1/2	5	7	1/2	8
K2	2	1	5	7	1/2	8
K3	1/5	1/5	1	8	1/3	7

K4	1/7	1/7	1/8	1	1/3	2
K5	2	2	3	3	1	5
K6	1/8	1/8	1/7	1/2	1/5	1

Uvedieme príklad hľadania vlastného čísla, k nemu prislúchajúceho vlastného vektora a jeho normovaného tvaru pre maticu párového porovnania kritérií.

Matica párového porovnania kritérií je na základe tabuľky porovnania kritérií v tvare:

$$K = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 5 & 7 & 1/2 & 8 \\ 2 & 1 & 5 & 7 & 1/2 & 8 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 8 & 1/3 & 7 \\ 1/7 & 1/7 & 1/8 & 1 & 1/3 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 3 & 1 & 5 \\ 1/8 & 1/8 & 1/7 & 1/2 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}$$

Vlastné čísla a k nim prislúchajúce vlastné vektory nájdeme pomocou softvéru MATLAB.

```
vstup
K=[1 1/2 5 7 1/2 8; 2 1 5 7 1/2 8; 1/5 1/5 1 8 1/3 7; 1/7 1/7 1/8 1 1/3 2; 2 2 3 3 1 5; 1/8 1/8 1/7 1/2 1/5 1];
[V,D]=eig(K)
výstup
V =

Columns 1 through 3

-0.4837    -0.0641 + 0.4852i    -0.0641 - 0.4852i
-0.5970    0.2310 + 0.4709i    0.2310 - 0.4709i
-0.2480    -0.3182 + 0.0191i    -0.3182 - 0.0191i
-0.0831    -0.0117 - 0.0852i    -0.0117 + 0.0852i
-0.5815    0.6117    0.6117
-0.0556    0.0157 - 0.0436i    0.0157 + 0.0436i

Columns 4 through 6

0.7638    0.7638    -0.2886
-0.3222 - 0.3155i    -0.3222 + 0.3155i    0.4702
-0.2251 + 0.0892i    -0.2251 - 0.0892i    -0.0237
0.0242 - 0.0225i    0.0242 + 0.0225i    -0.1400
-0.2991 + 0.2526i    -0.2991 - 0.2526i    -0.7980
0.0177 - 0.0051i    0.0177 + 0.0051i    0.1965

D =

Columns 1 through 3

6.9035    0    0
0    0.0564 + 2.4451i    0
0    0    0.0564 - 2.4451i
0    0    0
0    0    0
0    0    0

Columns 4 through 6

0    0    0
0    0    0
0    0    0
-0.4729 + 0.2826i    0    0
0    -0.4729 - 0.2826i    0
0    0    -0.0705
```

Najväčším vlastným číslom je číslo $I_{MAX} = 6.9035$ uvedené v prvom stĺpci matice D. Tomuto vlastnému číslu zodpovedá vlastný vektor

$$k = (-0.4837, -0.5970, -0.2480, -0.0831, -0.5815, -0.0556) \text{ z prvého stĺpca matice V.}$$

Z tohto vektora vytvárame normovaný vektor

$$a_k = (0.2361, 0.2914, 0.1210, 0.0406, 0.2838, 0.0271).$$

Teda pre párové porovnanie kritérií môžeme písať záver:

Porovnanie kritérií

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	1/2	5	7	1/2	8
K2	2	1	5	7	1/2	8
K3	1/5	1/5	1	8	1/3	7
K4	1/7	1/7	1/8	1	1/3	2
K5	2	2	3	3	1	5
K6	1/8	1/8	1/7	1/2	1/5	1

Vlastné číslo je $\lambda_{MAX} = 6.9035$ a k nemu prislúchajúci normovaný vlastný vektor je $a_k = (0.2361, 0.2914, 0.1210, 0.0406, 0.2838, 0.0271)$.

Analogicky uvedieme vstup a výstup pre MATLAB pre všetky matice párového porovnania a na záver k príslušnej tabuľke vlastné číslo a k nemu prislúchajúci normovaný vlastný vektor.

```
vstup
K1=[1 3 4 7 9;1/3 1 2 5 8;1/4 1/2 1 4 7;1/7 1/5 1/4 1 6;1/9 1/8 1/7 1/6 1];
[V,D]=eig(K1)
```

```
výstup
V =
```

Columns 1 through 3

```
0.8478    0.8778    0.8778
0.4246    0.1686 + 0.3084i  0.1686 - 0.3084i
0.2870    -0.0588 + 0.2613i  -0.0588 - 0.2613i
0.1275    -0.1733 - 0.0180i  -0.1733 + 0.0180i
0.0475    0.0088 - 0.0609i  0.0088 + 0.0609i
```

Columns 4 through 5

```
-0.6289    -0.6289
-0.0233 - 0.4602i  -0.0233 + 0.4602i
0.4054 + 0.4435i  0.4054 - 0.4435i
-0.1528 - 0.0814i  -0.1528 + 0.0814i
0.0319 + 0.0099i  0.0319 - 0.0099i
```

D =

Columns 1 through 3

```
5.4132    0    0
0    0.0161 + 1.4772i  0
0    0    0.0161 - 1.4772i
0    0    0
0    0    0
```

Columns 4 through 5

```
0    0
0    0
0    0
-0.2227 + 0.1383i  0
0    -0.2227 - 0.1383i
```

Záver pre:

Porovnanie variantov (dopravných prostriedkov) podľa kritéria **K1**

K1 - pal. miesta	V1	V2	V3	V4	V5
V1	1	3	4	7	9
V2	1/3	1	2	5	8
V3	1/4	1/2	1	4	7
V4	1/7	1/5	1/4	1	6
V5	1/9	1/8	1/7	1/6	1

Vlastné číslo je $I_{MAX} = 5.4132$ a k nemu prislúchajúci normovaný vlastný vektor je

$$a_k = (0.4888, 0.2448, 0.1655, 0.0735, 0.0274).$$

Takéto porovnanie sa vypočítajú pre všetky kritériá K1 až K6 a výsledné ohodnotenie variantov dostaneme ako vážený súčet určených hodnotení násobený váhami kritérií.

Záver

Použitím všetkých troch multikritériálnych rozhodovacích metód sa dospelo k jednoznačnému a rovnakému záveru pri rozhodovaní sa o použití vhodného dopravného prostriedku vzhľadom na celkové volumetrické parametre prepravovaného tovaru. Ako limitujúcim a základným kritériom sa ukázala vzájomná závislosť medzi hmotnosťou prepravovaného tovaru, jeho volumetrickým objemom a dostupnou kapacitou daného dopravného prostriedku (užitočná hmotnosť a rozmery ložnej plochy). Výhody *metódy rozhodovacej matice* spočívajú v jednoduchosti postupu a relatívne nízkej časovej náročnosti. Vzhľadom na túto jednoduchosť sa ako rizikový javí faktor subjektivity pri ohodnotení váh jednotlivých kritérií a následnom hodnotení toho, ako jednotlivé varianty vyhovujú zvoleným kritériám.

Modifikovaná metóda rozhodovacej matice odstraňuje spomínanú subjektivitu pri určovaní jej váh. Váhy jednotlivých kritérií, ako aj hodnotenie variantov spĺňajú jednotlivé kritériá, ktoré sa určujú párovým porovnaním. Nevýhodou tejto metódy sú relatívne veľké rozdiely v hodnotení jednotlivých variantov a kritérií.

Analytická viacúrovňová metóda je založená na párovom porovnávaní stupňa významnosti jednotlivých kritérií a miery toho, ako hodnotené varianty riešenia tieto kritériá spĺňajú. Z použitých metód je metóda AHP komplexnejšia a objektívnejšia a významnou mierou eliminuje nedostatky DMM a FDMM metód.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Dupal' A.: Logistická podpora výrobného procesu, ISBN 80-225-1610-4, Bratislava 2002, str.130-136
- [2] Šulgan M., Gnap J., Majerčák J.: Postavenie dopravy v logistike, ISBN 978-80-8070-784-2, Žilina 2008, str.11, 29-36, 38-42, 45, 57-60, 65-66, 73-74, 89-91, 173-174, 177-178
- [3] Tarabová Z.: Aplikácia metódy rozhodovacej analýzy pri hodnotení dopravného procesu dopravy cementu, Doktorandská dizertačná práca, Košice 2010
- [4] Roháčová I., Marková Z.: Analýza metódy AHP a jej potenciálne využitie v logistike, <http://actamont.tuke.sk/pdf/2009/n1/15rohacova.pdf>
- [5] Elektronická podoba učebných textov: Viackritériálne (multikritériálne) rozhodovanie (rozhodovacia analýza)