

## Analyza metódy AHP a jej potenciálne využitie v logistike

Ivana Roháčová<sup>1</sup> a Zuzana Marková<sup>2</sup>

### *The Analysis of AHP method and its potential use in logistics*

*Analytic Hierarchy process is a method for multicriteria decision making or evaluating. It was created by Thomas Saaty in the '70s and from that time the method was greatly studied and developed. AHP was and is applied in many different areas but mostly in the economic field. Despite that it is simple to use this method it has few limitations that make it more or less subjective. It is necessary to eliminate these limitations to make AHP method more objective. This paper is trying to point out to advantages and disadvantages of using AHP method. Paper also describes the usage of this method in the field of logistics.*

**Key words:** AHP method, criterion, multicriteria decision making, evaluation, logistics

### Úvod

Charakteristickou črtou súčasnej doby je množstvo kvalitných a včasných informácií, ktoré jedinec aj kolektív potrebuje poznať, aby mohol reagovať na každodenné situácie, s ktorými sa stretáva v súkromnom i pracovnom živote. Optimálna reakcia je priamoúmerná rozhodnutiu, ktoré prijmeme a od ktorého je závislý ďalší priebeh udalostí.

Pre kvalitné rozhodnutie (hodnotenie) potrebujeme dostatočné množstvo pravdivých informácií o objektoch, ktoré do procesu rozhodovania vstupujú. Z uvedeného dôvodu je našou snahou získať o objekte informácie o jeho podstatných vlastnostiach, ktoré sú dôležité z hľadiska rozhodovania, resp. hodnotenia, to znamená, že ich posudzujeme podľa určitých vybraných hodnotiacich kritérií. Správna informácia o dôležitosti hodnotiacich kritérií má v mnohých metódach multikritériálneho hodnotenia podstatný význam.

Multikritériálne rozhodovanie (hodnotenie) závisí od výberu vhodnej metódy, ktorý ovplyvňujú informácie, ktoré máme momentálne k dispozícii a taktiež ich vplyv na vybranú metódu. Prioritou je metóda, ktorej výstupom je prijímanie rozhodnutia na základe vyčíslenej užitočnosti objektov vstupujúcich do rozhodovacieho procesu. Výsledné rozhodnutie ovplyvňuje dôležitosť hodnotiacich kritérií, a preto je potrebné venovať sa aj postupom, ktoré umožňujú určiť váhy hodnotiacich kritérií zodpovedne a presne. Pri rozhodovaní je dôležitá skúsenosť, ktorá pomáha vyselektovať hodnotiace kritériá na sledovanie tzv. informatívnych príznakov, ktoré poskytujú pre rozhodovanie najväčší objem skutočných informácií. Rozhodnutia vykonané na základe aj najlepších rozpracovaných rozhodovacích metód nemusia byť správne, ak etapa prípravy vstupných údajov nebola zvládnutá a o objekte nie je k dispozícii dostatočné množstvo kvalitných informácií.

Jedným z vhodných prostriedkov multikritériálneho rozhodovania, resp. hodnotenia, je metóda Analytic Hierarchy Process - AHP (Analytický hierarchický proces).

Cieľom príspevku je poukázať na popularitu multikritériálneho rozhodovania, výhody a nevýhody metódy AHP a z toho vyplývajúcu vhodnosť jej použitia v logistike. Na jej podporu sú uvedené niektoré doterajšie príklady využitia danej metódy.

### Prístupy k multikritériálnemu hodnoteniu

Na základe charakteru a spôsobu využitia informácie od hodnotiaceho subjektu je možné rozdeliť metódy multikritériálneho hodnotenia do nasledujúcich skupín: axiomatické metódy, priame metódy, metódy kompromisu, metódy prahov porovnateľnosti (citlivosti), dialógové metódy typu človek – počítač (Oceliková, 2004).

<sup>1</sup> Ing. Ivana Roháčová, Katedra manažmentu a ekonomiky Strojníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 14, 043 84 Košice, tel.: 055 602 3158, [ivana.rohacova@tuke.sk](mailto:ivana.rohacova@tuke.sk)

<sup>2</sup> Ing. Zuzana Marková, Ústav logistiky priemyslu a dopravy Fakulty BERG Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 14, 043 84 Košice, tel.: 055 602 3158, [zuzana.markova@tuke.sk](mailto:zuzana.markova@tuke.sk)  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 2. 7. 2009)

Dôkazom toho, že multikritériálne metódy sa stávajú veľmi populárnym nástrojom pri rozhodovaní alebo hodnotení je aj to, že sa týmto metódam venuje mnoho odborníkov z rôznych oblastí. Keďže každý odborník pochádza z iného prostredia a zaoberá sa inou odbornou činnosťou, aj ich jednotlivé prístupy k problematike multikritériálnych metód sa líšia.

Z najpoužívanejších prístupov k multikritériálnemu hodnoteniu možno uviesť:

- Najjednoduchšou a doteraz najviac používanou metódou multikritériálneho hodnotenia je hodnotenie pomocou dotazníkov, ktoré používa aj samotný tvorca AHP metódy Thomas L. Saaty (Saaty, Kearns, 1985). Pri takomto type dotazníka sa vykonáva párové porovnávanie. Dotazník je vyplňaný manažmentom, resp. odborníkmi z danej hodnotenej firmy. Títo potom na základe svojich posúdení určia najdôležitejšie kritérium.
- Ďalší prístup je založený na analytickom výpočte priestoru, a to od dvoj až po  $n$  – rozmerný (plocha, objem), kde počet kritérií vyjadruje počet rozmerov priestoru. Tento spôsob definovania najdôležitejšieho kritéria uvádza Malindžák (z Ústavu logistiky priemyslu a dopravy, F BERG, TU) (Malindžák, 2007).
- Prístup založený na matematicko-štatistických metódach podľa má kvantitatívny charakter, bez subjektívnych vplyvov pri hodnotení pravdepodobnostne určených parametrov posudzovaných subjektov. Základom výpočtu je matica, ktorá obsahuje základné informácie o úrovni vplyvu parametrov na jednotlivé sledované objekty. Jednotlivé riadky matice predstavujú vektory (Verebová, Šebo, 2006).

### Metóda AHP

Autor metódy AHP Thomas L. Saaty (\*1926, Irak) je americký matematik pôsobiaci ako univerzitný profesor na Univerzite v Pittsburghu. Je autorom, architektom a zakladateľom teórie analytického hierarchického procesu (AHP), rozsiahlej oblasti rozhodovania, multikritériálnej rozhodovacej analýzy, analytického sieťového procesu a jeho zovšeobecnenia na rozhodnutia so závislosťou a spätnou väzbou. Publikoval veľké množstvo článkov a vydal viac ako 12 kníh na túto tému (Pittbusiness, 2008).

Analytický hierarchický proces je štruktúrovaná technika určená na riešenie komplexných rozhodnutí. Je založená na matematickom postupe a ľudskej psychológii. Odkedy ju v 70-tych rokoch dvadsiateho storočia Thomas L. Saaty vytvoril prešla viacerými zdokonaleniami. AHP poskytuje komplexnú a logickú koncepciu pre štruktúrovanie problému, pre kvantifikovanie jeho elementov, ktoré súvisia s celkovými cieľmi a pre hodnotenie alternatívnych riešení.

AHP môže byť využitá vo viacerých rôznych oblastiach. Je používaná na celom svete v rozmanitých rozhodovacích situáciách, v oboroch ako štátna správa, obchod, priemysel, zdravotníctvo, vzdelávanie. Je vhodnou metódou pre hodnotenie firiem, kde viacero kritérií vedie k objektivizácii ich hodnotenia.

V roku 1982 bola metóda AHP predstavená v Číne a od vtedy sa jej použitie v tejto krajine viditeľne rozšírilo. Jej prístupy sú vysoko kompatibilné s tradičnými čínskymi rozhodovacími postupmi. Bola použitá v mnohých rozhodnutiach v oblasti ekonomiky, energetiky, manažmentu, environmentalistiky, dopravy, poľnohospodárstva, priemyslu a armády. Aj keď AHP nevyžaduje žiadny špeciálny akademický tréning, predmet je súčasťou výučby na univerzitetnej úrovni. Metóda AHP je tiež dobre využiteľná v oblasti riadenia kvality.

Takmer sto čínskych škôl ponúka kurzy o AHP. V tejto krajine bolo publikovaných viac než 900 článkov na túto tému, a vydáva sa tu najmenej jeden čínsky školský časopis, ktorý sa venuje exkluzívne metóde AHP (Wikipedia, 2007), (Wikipedia, 2008).

Z faktorov, ktoré robia metódu AHP azda najpopulárnejšiu rozhodovacou metódou na svete je možno zdôrazniť, že sa prispôsobuje pevným údajom, ako napr. cena, rýchlosť dodávky, ako aj osobné skúsenosti a v neposlednej rade aj intuícii. Dovoľuje teda matematicky odvodiť váhu jednotlivých kritérií, namiesto subjektívnej voľby váhy kritérií, ako to používajú iné rozhodovacie metódy.

V prvej fáze, pred samotnou aplikáciou metódy, musí hodnotiaci subjekt (firma, podnik, organizácia...) definovať všetky kritériá a podkritériá, na základe ktorých bude dané hodnotenie prebiehať. Výber jednotlivých kritérií a podkritérií sa uskutočňuje na základe doterajších poznatkov a skúseností každého hodnotiaceho subjektu. Ak sa jedná o vôbec prvé hodnotenie istého subjektu, ten si musí kritériá vytriediť viac menej podľa vlastnej intuície, resp. podľa vzoru nejakého iného hodnotiaceho subjektu.

## 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 (Saaty, 1985):

- hierarchičnosť,
- priority,
- konzistentnosť.

### Hierarchičnosť

#### Definovanie hierarchie

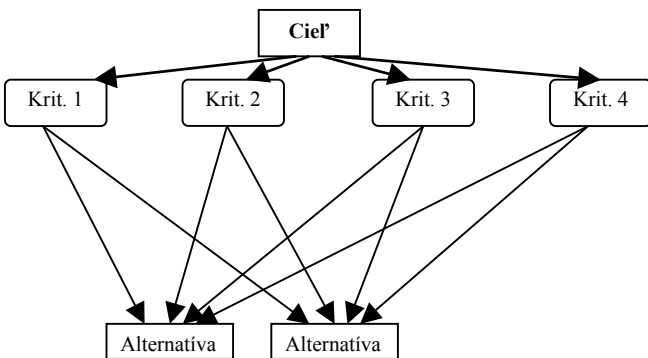
Hierarchia je systém klasifikovania a organizovania ľudí, vecí, myšlienok, kde každý prvok systému, okrem vrcholového, je podriadený jednému, alebo viacerým prvkom. Hierarchické diagramy majú zväčša tvar pyramíd, ale nie je to vždy nevyhnutné. Existuje viacero typov hierarchií. Najjednoduchšie sú tzv. "hierarchie dominantnosti", kde podobne ako obrátený strom sú hlavné nadradené atribúty na vrchole. Tie sú ďalej nasledované za sebou idúcimi stupňami s postupne nižšou a nižšou dominantiou. "Holarchie" sú v podstate hierarchie dominantnosti so spätnou väzbou. "Čínske škatule" (alebo štandardné hierarchie) narastajú postupne od najjednoduchších prvkov alebo zložiek (vnútorné škatule) do väčších a väčších agregátov (vonkajšie škatule) (Saaty, 1985).

Ľudské organizácie sú vo väčšine štruktúrované ako hierarchie, kde hierarchický systém je použitý pre pridelenie zodpovednosti, praktizovanie vodcovstva a uľahčovanie komunikácie. Bežnou hierarchiou „vecí“ je napr. stolný počítač na „vrchole“ s jeho podriadeným monitorom, klávesnicou a myšou.

Hierarchická štruktúra je základom spôsobu uvažovania človeka, rozčleniť realitu na skupiny a podskupiny. Vo svete nápadov a myšlienok používame hierarchie ako pomoc pri získaní vedomostí o komplexnej realite: štrukturalizujeme realitu do menších zložiek, a tie do ďalších menších častí, postupujeme nadol hierarchiou do toľkých úrovní, koľko je potrebných. V každom kroku sa zameriavame na porozumenie jednej zložky z celku, dočasne, bez ohľadu na ostatné zložky na tejto aj na ostatných úrovniach. Takýmto spôsobom zvyšujeme naše celkové porozumenie akémukoľvek študovanému problému. Pomocou hierarchie máme možnosť zoradiť veľké množstvo informácií pre pochopenie konkrétneho rozhodovacieho problému. Vytváraním takejto informačnej štruktúry formujeme lepší a lepší obraz o probléme ako celku.

#### Vysvetlenie AHP hierarchie

Pri vytváraní štruktúrovanej hierarchie pri metóde AHP sa zostaví systém optimalizácie pozostávajúci z hlavného cieľa, zvolenej skupiny faktorov alebo kritérií a alternatív, usporiadaný podobne ako rodokmeň. Vo nutných prípadoch sú ďalej kritériá rozčlenené na podkritériá a tie následne na ďalšie podkritériá, atď., až do takého počtu úrovní, ako si problém vyžaduje.



Obr. 1. Štruktúra metódy AHP (Wikipedia, 2008).

Fig. 1. Structure of AHP method (Wikipedia, 2008).

Najpoužívanejším spôsobom zobrazenia hierarchie pri tejto metóde je diagram, s cieľom vo vrchole, alternatívami v dolnej časti a kritériami vyplňujúcimi priestor v strede (Obr. 1). V takýchto diagramoch sa jednotlivé bunky nazývajú uzly. Bunky vychádzajúce z akéhokoľvek uzla sa nazývajú deti – dcérske uzly a uzly, z ktorých vychádzajú dcérske uzly, sú nazvané rodičovské. Aplikovanie tejto definície pojmov do diagramu na obr. 1

znamená: Kritériá 1, 2, 3, 4 sú deťmi Cieľa. Cieľ je rodičom každého z Kritérií 1, 2, 3, 4. Alternatíva 1, 2 je dieťaťom každého Kritéria. Každé Kritérium je rodičom oboch Alternatív (Wikipedia, 2008).

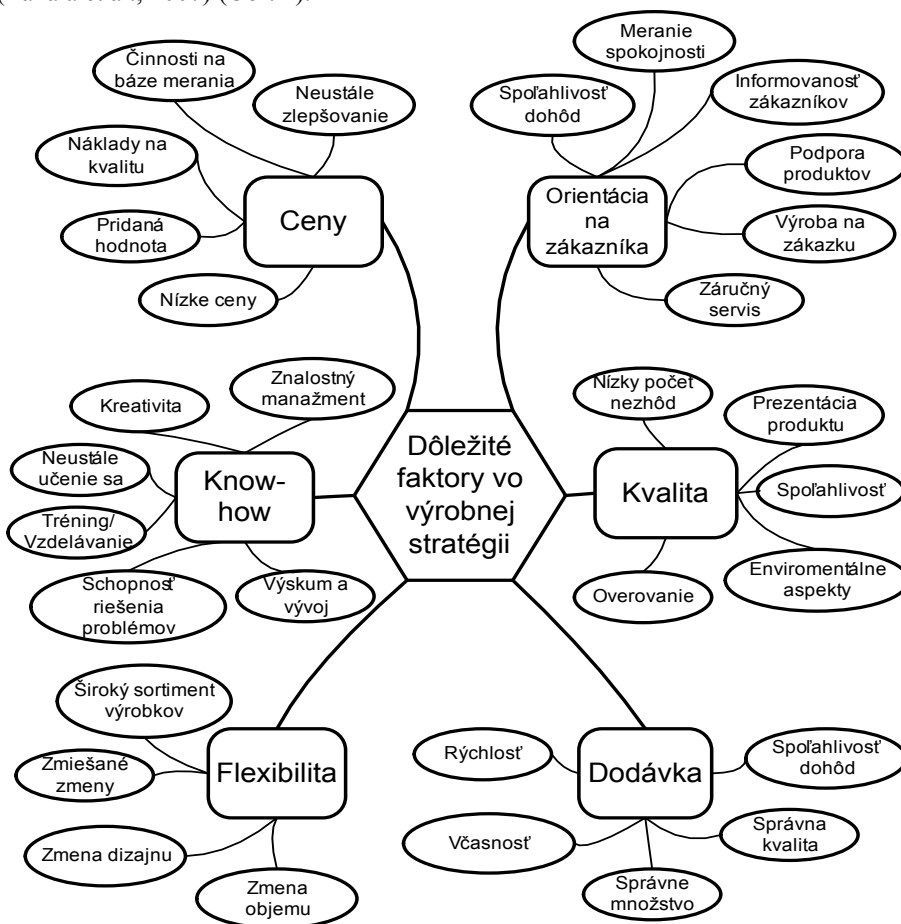
Proces zostavovania hierarchie systému sa nerobí len preto, aby pomohol presnejšie identifikovať všetky rozhodujúce prvky, ale tiež kvôli rozpoznaní väzieb medzi nimi.

Hlavnou myšlienkou v modeli AHP je teda rozčleniť hlavný problém na oddelené prvky (podkritériá) a tieto navzájom medzi sebou porovnať. Rozloženie vlastností na menšie podvlastnosti (princíp elementárnych informačných procesov (Alexandrov, 1975)), ktoré ich vytvárajú, je veľmi dôležité z viacerých dôvodov:

- hodnotenie výsledkov podľa jednotlivých podkritérií je podstatne jednoduchšie,
- ak tieto hodnotenia vyvolávajú nejakú pochybnosť je ľahšie si ich overiť,
- jednotlivé čiastkové hodnotiace kritériá majú presnejší zmyslový obsah,
- pri hodnotení podľa jednotlivých kritérií je zhoda stanovísk expertov oveľa väčšia ako pri hodnotení výsledku vcelku (Ocelíková, 2004).

Nakoľko je každý proces vytvárania hierarchie jedinečný, nie je špecifikovaný žiadny postup ako toto usporiadanie vytvoriť. Účastníci skúmajú aspekty problému od základnej po najdetailnejšiu úroveň, čo následne vyjadria viacúrovňovým spôsobom, ktorý AHP vyžaduje. Podľa doterajších prístupov je vhodnou metódou pre vytvorenie hierarchie napr. brainstorming.

Na nasledujúcom obrázku je jednoduchý príklad hierarchickej štruktúry kritérií, použitý pre hodnotenie výrobných stratégií podľa Outokumpu Jyväskylä's Plate Service Center na Univerzite Vaasa vo Fínsku (Takala et al., 2007) (Obr. 2).



Obr. 2. Príklad hierarchie kritérií vo výrobných stratégiách podľa Outokumpu Jyväskylä's Plate Service Center na Univerzite Vaasa vo Fínsku (Takala et al., 2007).

Fig. 2. The example of criteria hierarchy in production strategy according to Outokumpu Jyväskylä's Plate Service Center at Univerzite Vaasa in Finland (Takala et al., 2007).

Vytvorenie hocijakej AHP štruktúry bude závislé nie len na podstate problému, ale tiež na vedomostiach, úsudkoch, hodnotách, názoroch a potrebách účastníkov rozhodovacieho procesu.

### Priority

Po vytriedení vlastného súboru kritérií a zostavení hierarchickej štruktúry sa na všetkých úrovniach hodnotenia vzájomne porovnávajú rôzne alternatívy alebo kritériá, ktoré majú vplyv na hodnotenie prostredníctvom slovného vysvetlenia a číselných hodnôt (Tab. 1.). Výsledok je daný váhou v pomernej stupnici pre alternatívy a kritériá.

Tab. 1. Základná škála párového porovnania pri metóde AHP (Saaty, Joyce, 1981).

Tab. 1. The basic scale of pair comparison for AHP method (Saaty, Joyce, 1981).

Intenzita dôležitosti	Definícia	Vysvetlenie
1	Rovnaká dôležitosť.	Dva prvky sa rovnako podieľajú na intervencii cieľa.
3	Menšia dôležitosť jedného prvku vzhľadom k druhému.	Skúsenosti a názory jemne preferujú jeden atribút pred druhým.
5	Podstatná alebo silná dôležitosť.	Skúsenosti a názory silne preferujú jeden atribút pred druhým.
7	Demonštrateľná dôležitosť.	Jeden atribút je veľmi preferovaný a jeho dominancia je demonštrovaná v praxi.
9	Absolútna dôležitosť.	Evidentné favorizovanie jedného atribútu pred druhým je na najvyššom možnom stupni vyjadrenia.
2, 4, 6, 8	Stredné hodnoty medzi dvoma susednými posúdeniami.	Ak je potrebný kompromis vzhľadom k nejednoznačnosti priradenia k uvedeným definíciám dôležitosti.

Ako prostriedok hodnotenia sú zväčša použité dotazníky. Zvyčajne je dotazník číselný, taktiež môže byť verbálny – avšak pre výpočty musia byť verbálne výsledky pretransformované na numerické. Všetky alternatívy na úrovni kritérií sú porovnané na základe párového pridelovania váh. Použitie numerického dotazníka je vhodným riešením, ak máme veľký počet respondentov.

Pri párovom porovnávaní sa dve kritériá umiestnia do protihľých koncov riadku proti sebe a sú porovnávané, ktoré je dôležitejšie. V strede riadku je číslo 1, čo znamená že porovnávané kritériá sú rovnako dôležité. Pozdĺž riadku sú čísla od 1 po 9, kde číslo 9 znamená, že kritérium na tomto príslušnom konci bolo dôležitejšie ako kritérium na opačnom konci. Ak je  $n$  celkový počet prvkov, ktoré sú porovnávané, potom platí, že počet porovnávaní je (Saaty, 1985):

$$n \cdot (n - 1) / 2 . \quad (1)$$

Údaje o významnosti kritérií, získané na základe ich párových porovnávaní sú hodnoty  $r_{ij}$ , udávajúce pomer významnosti hodnotiaceho kritéria  $k_1$  ku kritériu  $k_2$ , kde  $i, j = 1, 2, \dots, m$ . Požaduje sa, aby veličiny  $r_{ij}$  spĺňali pre všetky  $i, j = 1, 2, \dots, m$ , kde  $m$  je počet hodnotiacich kritérií, nasledovné podmienky (Ocelíková, 2004):

$$r_{ij} > 0 , r_{ij} = r_{ji}^{-1} , r_{ii} = 1. \quad (2)$$

Veličiny  $r_{ij}$ , relatívne významnosti kritérií, sa usporiadajú do štvorcovej matice relatívnych významností  $\mathbf{R}$ .

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mm} \end{pmatrix} . \quad (3)$$

Základom Saatyho metódy je výpočet maximálneho charakteristického čísla  $\lambda$  matice relatívnych významností  $\mathbf{R}$  (charakteristické čísla sú riešením rovnice  $\det(\lambda E - \mathbf{R}) = 0$ ), pričom sa predpokladá, že rozhodovanie o významnosti hodnotených kritérií je konzistentné alebo blízke konzistentnému.

V prípade väčšej nekonzistencie Saaty odporúča, aby expert svoje ocenenie kritérií prehodnotil a maticu relatívnych významností **R** upravil tak, aby zvýšil jej konzistenciu (Saaty, 1985).

### Prideľovanie váh:

Správne a zodpovedné určenie váh jednotlivých čiastkových hodnotiacich kritérií je jedna zo základných úloh pri riešení multikritériálnych úloh. Preto je potrebné dobre poznať riešenú problematiku a poznať význam a dopad kritérií, ktorými hodnotíme dosiahnutý výsledok. Existuje rad metód, ktoré pomáhajú spresniť váhy kritérií určené na začiatku expertom, resp. skupinou expertov z danej oblasti riešenej problematiky. Metódy, umožňujúce realizovať kvantitatívne (ale aj kvalitatívne) usporiadanie na množine hodnotiacich kritérií, sa nazývajú expertnými metódami. Expertné metódy sa používajú nielen pri určení váh kritérií, ale aj pri určovaní váh cieľov, pri usporiadaní cieľov, pri určovaní váh rozhodovacích kritérií, atď. Tieto expertné metódy sa rozlišujú podľa toho, či sú ocenenia prideľované na základe výrokov jedného experta alebo skupiny expertov. V praxi prevládajú skupinové ocenenia, ktoré sú však sprevádzané dodatočnými problémami, ako je určenie veľkosti skupiny expertov, jej zloženie, vytvorenie podmienok zabezpečujúcich objektivizované hodnotenie expertov, určenie postupu prác, atď. Sú to metódy ako brainwriting, brainstorming, delfská metóda.

Je zrejme, že tak ako je zaťažené subjektívnym činiteľom samotné určenie váh kritérií, tak je ním zaťažený i výber expertov. Niekedy sa za hlavné kritérium kompetentnosti expertov považuje ich profesionálna znalosť, inokedy sa zase uprednostňuje originalita a intuícia. Koeficient kompetencie zohľadňuje prirodzene aj dosiahnutý stupeň vzdelania, získanú prax a zdroje, na základe ktorých expert uskutočňuje hodnotenie. Za základnú vlastnosť expertov je možno označiť ich objektivnosť. Tú možno dosiahnuť sústredením viacerých špecialistov z oblastí, ktoré majú profesionálny vzťah k riešenému problému. Je prirodzené, že väčšie nároky sú kladené na výber experta pri individuálnych expertízach.

### Konzistentnosť

Alternatívy rozhodovania sú zotriedené v poradí podľa hodnotenia. Pri používaní metódy AHP pre rozhodovanie musia byť splnené štyri axiómy:

- *Inverzná axióma*: ak alternatíva A je n- krát preferovaná voči B, potom alternatíva B je 1/n- krát preferovaná voči A. Ide o pravidlo reciprocity, vyjadrené vzťahom:  $r_{ij} = \frac{1}{r_{ji}}$ .
- *Homogénna axióma*: porovnávanie párovaním je významné, iba ak prvky sú porovnateľné.
- *Závislá axióma*: porovnávanie na nižšej úrovni (podkritérium) závisí na prvku na vyššej úrovni (na vyššie kritérium). Platí teda pravidlo tranzitivity, ktoré sa dá popísať vzťahom:  $r_{ij} = r_{ik} \cdot r_{kj}$ , kde i, j a k sú nejaké alternatívy z matice **R**.
- *Dôsledková axióma*: ak nejaké kritérium v hierarchii bude zmenené, treba očakávať nové ohodnotenie pre novú hierarchiu (Saaty, Joyce, 1981).

Splnením všetkých podmienok získame kompletnú maticu párového porovnania.

### Príklad použitia metódy AHP pri výbere najdôležitejšieho z troch atribútov A, B, C:

Prvým krokom je vytvorenie matice. Ak porovnávame tri atribúty, v našom prípade A, B a C, získavame maticu rozmerov 3x3. Do tejto porovnávacej matice zadávame deväť vstupov. Ako bolo skôr spomínané, všeobecne platí pravidlo, že počet hodnotení potrebných pre zadanie vstupov do matice je  $n(n-1)/2$ . V našom prípade sú to tri vlastné hodnotenia.

Hodnoty na hlavnej diagonále sa musia rovnať 1, nakoľko sa tu porovnávajú jednotlivé atribúty samé so sebou. Ďalšie tri hodnoty nad hlavnou diagonálou určuje rozhodujúci sa subjekt, teda v tomto prípade my. Prideľovanie hodnotení sa spravidla realizuje tak, že element nachádzajúci sa v ľavom stĺpci je vždy porovnaný s elementom ležiacim v hornom riadku a hodnota je daná porovnaním elementu v stĺpci s elementom v riadku.

Zvolili sme, že atribút A je 2-krát dôležitejší ako atribút B ( $r_{12}=2$ ) a že B je 2-krát dôležitejší ako C ( $r_{23}=2$ ). Potom podľa pravidla tranzitivity musí platiť, že atribút A je 4-krát dôležitejší ako C ( $r_{13}=4$ ). Táto podmienka je v našom prípade rešpektovaná. Posledné tri hodnoty sú vytvárané automaticky podľa pravidla reciprocity, ktoré taktiež musí pri zostrojovaní matice striktné platiť. Recipročná hodnota je daná porovnaním druhého elementu v stĺpci s prvým elementom v riadku. Ak je teda atribút A 2-krát dôležitejší ako B ( $r_{12}=2$ ), musí platiť, že atribút B je 2-krát menej dôležitý ako A ( $r_{21}=1/2$ ).

Porovnávací matica je recipročná vtedy, ak prvky v časti pod hlavnou diagonálou sú recipročné vzhľadom k prvkom v časti nad ňou a všetky prvky na hlavnej diagonále sú rovné 1. Z tohto dôvodu je testovanie tranzitivity postačujúce na jednej z dvoch častí matice:

$$r_{ij} = r_{ik} \cdot r_{kj}, \text{ kde } j > k > i. \quad (4)$$

V tomto momente sú vykonané tri hodnotenia potrebné pre kompletizáciu matice párového porovnávania.

	A	B	C	V ďalšom kroku vykonáme syntézu našich hodnotení. Najprv je potrebné sčítať hodnoty v každom stĺpci, potom vydeliť každú hodnotu v každom stĺpci sumou daného stĺpca, čím získame normalizovanú maticu, ktorá umožňuje zmysluplné porovnávanie medzi prvkami.	A	B	C
A	1	2	4		4/7	4/7	4/7
B	1/2	1	2		2/7	2/7	2/7
C	1/4	1/2	1		1/7	1/7	1/7

Nakoniec vypočítame priemerné hodnoty v riadkoch tak, že sčítame hodnoty v každom riadku normalizovanej matice a vydelíme ich počtom hodnôt v týchto riadkoch. Taktáto pomocou syntézy získame percentuálne ohodnotenie celkových relatívnych priorít, alebo preferencií (A- 14 %, B- 29 % a C-57 %).

Odpoveď v tomto prípade bola veľmi jednoduchá, pretože sme porovnávali iba tri atribúty. Avšak pri väčšom počte alternatív, medzi ktorými sa subjekt rozhoduje a pri väčšom počte kritérií, podľa ktorých sa rozhoduje, sa tieto výpočty značne komplikujú a hlavne sú veľmi časovo náročné.

### 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. Napríklad, na porovnanie dôležitosti  $n$  atribútov je potrebných iba  $n-1$  porovnaní (na porovnanie atribútov A, B a C sú potrebné iba dve porovnania, A s B a A s C), zatiaľ čo AHP metóda vyžaduje  $n(n-1)/2$  porovnaní (pre A, B a C požaduje tri porovnania: A s B, A s C a B s C).
- Prehľadnosť je zabezpečená formálnym štruktúrovaním problému - zrejme sa to stane vlastnosťou všetkých analytických metód (Malindžák, Takala, 2005).
- Exaktné určenie váh kritérií a možnosť kvantitatívneho hodnotenia kvality rozhodovania.

### Nevýhody metódy AHP

- Ak je používané verbálne ohodnotenie, potom je škála hodnotenia vytvorená hodnotiacim subjektom. Napríklad, môžete si myslieť, že jedno kritérium je menej dôležité ako druhé, AHP metóda však dokáže opak.
- Metóda vytvárania vlastnej škály hodnotenia pre priradenie 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 porovnávanie. (Malindžák, Takala, 2005)
- Obmedzenie platnosti metódy len pre prípady konzistentného hodnotenia, pričom praktické hodnotenie často býva nekonzistentné.

Napriek svojim slabým stránkam sa metóda analytický hierarchický proces používa, pretože je to pomerne jednoduchá pomôcka. Vytvorenie hierarchickej štruktúry nie je až také jednoduché, ale používanie tohto nástroja si nevyžaduje žiadne špeciálne znalosti zo strany spoločnosti (respondentov).

### Úvahy vyplývajúce z analýzy metódy AHP

Aj napriek tomu, že je metóda AHP jednou z najobjektívnejších a najexaktnejších metód multikritériálneho rozhodovania, má niekoľko nedostatkov. Ako už bolo spomínané, jedným z najzávažnejších nedostatkov metódy je zaťaženie niektorých krokov jej aplikácie istou mierou subjektivity. Je potrebné objektivizovať konštrukciu stromovej štruktúry a pridelovanie váh jednotlivým kritériám, čo by v konečnom dôsledku viedlo k celkovej objektivizácii tejto metódy. Je teda nutné vytvoriť stromovú štruktúru v čo najväčšej možnej miere exaktným spôsobom, aby sa minimalizovali subjektívne vplyvy hodnotiaceho subjektu. Jedným z možných riešení, ktoré čiastočne odstraňuje tento problém, je vykonávať hodnotenie za účasti skupinového hodnotiaceho subjektu, teda viacerými expertmi v danej oblasti hodnotenia. Okrem pridelovania váh kritériám, zvyšuje objektivitu priradenie váh jednotlivým hodnotiacim subjektom, čo vyjadruje mieru vplyvu, resp. dôležitosť hodnotenia jednotlivých expertov. Pri tomto pridelovaní váh sa zohľadňuje jeho pozícia v organizačnej štruktúre spoločnosti, funkcia, vzdelanosť, resp. odborná úroveň, všetko v závislosti na úrovni riadenia, v ktorej dané hodnotenie prebieha.

Zo skúmania metódy AHP a z jej podrobnej analýzy sme dospeli k nasledujúcim záverom: existuje zámer využiť túto metódu na spracovanie a vyhodnocovanie údajov získaných logistickým auditom. Vývojom systému logistického auditu sa vo svojej dizertačnej práci zaoberá jedna zo spoluautoriek (Marková, 2008). Cieľom dizertačnej práce je určenie teoretických a vedeckých stránok logistického auditu. Prvým krokom je definovanie etalónu – logistického modelu. Východiskom je logistický systém firmy, kde je potrebné definovať oblasti, procesy a činnosti, ktoré sa budú hodnotiť - určiť rozsah logistického auditu. Nasleduje spracovanie databázy otázok pre realizáciu logistického auditu. Ďalej je potrebné zvoliť možnosti ich hodnotenia (metódy multikritériálneho hodnotenia). Hodnotenie predstavuje náročný krok v procese tvorby systému logistického auditu. Voľba vhodného spôsobu hodnotenia je závislá od viacerých faktorov.

Logistický audit rozdeľuje celé hodnotenie firmy do desiatich oblastí, z ktorých každá obsahuje desať podoblastí a každá podoblasť pozostáva z desiatich otázok. Pre čo najvyššiu objektivitu sa logistický audit realizuje viacerými hodnotiacimi subjektmi. Výstupom logistického auditu je ohodnotenie jednotlivých oblastí. Tento výstup je potom východiskom pre dosiahnutie ostatných nadväzujúcich preddefinovaných cieľov (napr. súhrn nájdených „úzkych“ problematických miest logistického systému a návrhy na ich odstránenie). Celkové hodnotenie aj hodnotenie jednotlivých oblastí je v stanovenej škále (napr. stupnica od 1 do 100 %), ktorá reprezentuje úroveň rozvoja hodnotenej jednotky.

Spomínané znaky, hlavne stromová štruktúra a zámer dosiahnuť hodnotenie oblastí, dokazujú, že použitie metódy pre multikritériálne hodnotenie je vhodným prostriedkom. Avšak dôležitým faktorom je, že metóda AHP uskutočňuje celé hodnotenie na základe porovnávania minimálne dvoch alternatív, kde výsledné ohodnotenia jednotlivých alternatív sú normalizované (suma ohodnotení je vždy rovná 1, resp. 100 %). Výsledné ohodnotenie oblastí, resp. podoblastí v spomínanom logistickom audite je založené na odlišnom princípe. Ohodnotenie jednej oblasti nemá priamy vplyv na druhú oblasť (tak ako je to striktné v metóde AHP podľa pravidla reciprocity a tranzitivity) a suma jednotlivých ohodnotení je bezvýznamná. Na základe tejto úvahy, resp. dôkazu, nie je možné použiť klasický spôsob aplikácie metódy AHP na vyhodnocovanie spomínaného logistického auditu. Je potrebné vytvoriť istú modifikáciu danej metódy so zachovaním jej základných myšlienok, aby sa dala využívať na ohodnotenie istých aspektov tak, ako bolo vyššie spomínané. Teda, že výsledok nebude daný pomerom, ktorého sumou je 100 %, ale výsledkom bude umiestnenie ohodnotenia na stupnici v rozmedzí od 1 do 100 a jednotlivé ohodnotenia aspektov nebudú medzi sebou závislé.



Tradičný spôsob použitia metódy, teda na hodnotenie minimálne dvoch alternatív, je vhodné aplikovať v oblasti logistiky napríklad na výber dodávateľov. Jednotliví dodávatelia predstavujú alternatívy a podľa pre hodnotiaci subjekt dôležitých kritérií sa metódou AHP priradí jednotlivým dodávateľom percentuálne ohodnotenie. Ako už bolo spomínané, súčet týchto percentuálnych ohodnotení je 100 %.

Analytický hierarchický proces je možné aplikovať na rozhodovacie, či ohodnocovacie úlohy v rôznych oblastiach, avšak s dodržaním podmienky, že hodnotenie, resp. rozhodovanie musí byť ustanovené medzi minimálne dvoma alternatívami. Či už obe alternatívy budú reálne, alebo jedna bude reprezentovať tzv. ideálny stav, je zatiaľ predmetom výskumu.

### Záver

Článok sa zaoberá podrobnou analýzou metódy AHP - analytický hierarchický proces. Popísaný je jej vznik, popularita, doterajšie použitie, taktiež výhody a nevýhody, ktoré použitie tejto metódy so sebou prináša. Uvedený je aj postup použitia metódy AHP na jednoduchom rozhodovacom príklade. Pri snahe aplikovať túto metódu v oblasti logistiky, konkrétne na vyhodnocovanie logistického auditu, sa objavili skutočnosti, ktoré si vyžadujú istú modifikáciu metódy. Nakoľko metóda je založená na princípe porovnávania minimálne dvoch alternatív, je nutné pri hodnotení podniku (1. alternatíva) logistickým auditom zaintegrovať tzv. ideálny podnik (2. alternatíva).

### Literatúra – References

- Alexandrov, E. A.: Osnovy teorii eurističeskich rešenij. Moskva, 1975.
- Eränen, H., Haapanen, A., Hiippala, P., Kahilakoski, T., Lintala, J., Nikkanen, A., Rantakari, A.: Case study Oy Petsmo Product Ab. Vaasa, Fínsko: Strategic Corporate planning TUO, 308, 2004.
- Kritické myšlení.cz. [online]. Praha: 2001. Aktualizované 5-4-2006 [cit 2006-04-10]. Dostupné na internete: [http://www.kritickemysleni.cz/klisty.php?co=klisty4\\_brainstorming](http://www.kritickemysleni.cz/klisty.php?co=klisty4_brainstorming) .
- Malindžák, D., Takala J.: Projektovanie logistických systémov: teória a prax. Košice: EXPRES PUBLICIT s r.o., 2005. 221 s. ISBN 88-8073-282-5.
- Malindžák, D.: The RAL – model quantification as the multi – focused . In: Managing Global Transition: Globalisation, Localisation, Regionalistaion. 2007, Slovenia, ISBN: 978-961-6573-88-7, s.:1854-4312.
- Marková, Z.: Logistický audit firmy : Písomná časť k dizertačnej skúške. F BERG TU Košice, 2008. 35 s.
- Master of Business Administration-Stage 2: The Analytic Hierarchy Process (AHP). Bristol: University of England, 2005.
- Ocelíková, E.: Multikriteriálne rozhodovanie. Druhé vydanie. Košice: elfa s r.o., 2004. 87 s. ISBN 80-89066-28-3.
- PITTBUSINESS. [online]. University of Pittsburgh, UMC WebTeam: Copyright 2007. Aktualizované 12-3-2008 [cit 2008-13-3]. Dostupné na internete: <http://www.business.pitt.edu/faculty/saaty.html> .
- Saaty, T. L. - Joyce, A. M.: Thinking with models. First edition. Great Britain: Pergamon Press, 1981, 181 p. ISBN 0-08-026475-1.
- Saaty, T. L.– Kearns, K. P.: Analytical Planning. First edition. Great Britain: Pergamon Press, 1985. 208 p. ISBN 0-08-032599-8.
- Takala, J. et al.: Analyzing competitiveness of manufacturing and service operations – global benchmarking of cases from Slovenia and Slovakia. MIC'07 – Management International Conference 2007, 8th International Conference of the Faculty of Management Koper, University of Primorska, 20-24 November 2007, Portorož, Slovenia. p. 1397-1407. ISBN: 978-961-6573-88-7.
- Verebová, H., Šebo, J.: Evaluation of aggregate influences of the working environment factors. In: Zbornik radova : Proceedings : 31. savetovanje proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore sa međunarodnim učesćem : 31. conference on production engineering of Serbia and Montenegro with foreign participants : Kragujevac, 19. - 21. september 2006. Kragujevac : Univerzitet u Kragujevacu, 2006. p. 678-681. ISBN 86-80581-92-5.
- Wikipedia. [online]. 2001. Aktualizované 11-3-2008 [cit 2008-12-3]. Dostupné na internete: [http://en.wikipedia.org/wiki/Analytic\\_Hierarchy\\_Process](http://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_Hierarchy_Process) .
- Wikipedia. [online]. 2001. Aktualizované 20-12-2007 [cit 2008-25-2]. Dostupné na internete: [http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_L.\\_Saaty](http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_L._Saaty) .

- Wikipedia. [online]. 2001. Aktualizované 2-3-2008 [cit 2008-10-3]. Dostupné na internete: <http://en.wikipedia.org/wiki/Criterion> .
- Wikipedia. [online]. 2001. Aktualizované 15-6-2009 [cit 2009-1-7]. Dostupné na internete: <http://sk.wikipedia.org/wiki/Brainstorming> .