

Komparace metod multikriteriálního hodnocení

Marek Vyoral

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek Vyoral**
Osobní číslo: **A14277**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie v administrativě**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Komparace metod multikriteriálního hodnocení**
Téma anglicky: **A Comparison of Multi-criterial Evaluation Methods**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou multikriteriálních hodnocení.
2. Vysvětlete základní pojmy daného tématu.
3. Popište jednotlivé metody pro stanovení vah kritérií a výběr variant.
4. Porovnejte jednotlivé metody stanovení vah kritérií a výběru variant.
5. Formulujte doporučení pro správné nasazení daných metod.

Rozsah bakalářské práce: -

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KŘUPKA, Jiří, Miloslava KAŠPAROVÁ a Renáta MÁCHOVÁ. Rozhodovací procesy [online]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-478-9.
2. TLAČBABOVÁ, Jana. Multikriteriální hodnocení vybraných vysokých škol. Jihlava, 2013. VYSOKÁ ŠKOLA POLYTECHNICKÁ JIHLAVA.
3. HOVORKA, Milan. Využití metod multikriteriálního hodnocení v bezpečnostní praxi. Zlín, 2013. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
4. Vícekriteriální rozhodování za jistoty [online]. In: . [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <http://www2.ef.jcu.cz/jfrieb/tspp/data/teorie/Vicekritko.pdf>
5. SOUKOPOVÁ, Jana. Vícekriteriální metody hodnocení [online]. In: . [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MPV_VZVP/um/33148301/Studijni_text_metody_vicekriterialniho_rozhodovani.pdf
6. BOROVCOVÁ, Martina. Metody vícekriteriálního hodnocení variant a jejich využití při výběru produktu finanční instituce [online]. In: . [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: https://www.ekf.vsb.cz/export/sites/ekf/rmfr/content/galerie-dokumentu/2014/plne-zneni-prispevku/Borovcova.Martina_1.pdf

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Králík

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání bakalářské práce:

1. prosince 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2018

Ve Zlíně dne 14. prosince 2017

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



doc. Ing. Martin Sysel, Ph.D.
garant oboru

Jméno, příjmení: Marek Vyoral

Název bakalářské práce: Komparace metod multikriteriálního hodnocení

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

17.5.2018


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této práce je nejprve uvést čtenáře do základů rozhodování a rozhodovacích problémů. V první řadě jsou definovány základní pojmy této problematiky. Dále práce popisuje vyjádření hodnot pomocí stupnic a škál. Posléze práce pojednává o několika typech metod stanovení vah kritérií a metod pro multikriteriální hodnocení variant, se kterými se můžeme nejčastěji setkat v praxi. V praktické části je několik metod pro stanovení vah kritérií a vícekriteriální hodnocení demonstrováno na konkrétních praktických příkladech. V závěru je provedena komparace těchto metod mezi sebou a jsou popsány jejich slabé a silné stránky s případným doporučením, pro jaké případy je vhodné daný typ metody použít.

Klíčová slova: Stupnice, škály, stanovení vah kritérií, multikriteriální hodnocení, silné stránky, slabé stránky

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to introduce reader into the basics of decisions and decision problems. At first, there are defined the concepts of this decision. Further, the thesis describes the expression of values using scales and ranges. Finally, the thesis discusses several types of methods of weighting criterias and methods for multi-criterial evaluation of the variants that we can most often encounter in practice. In the practical part there are several methods for weighting criteria and multi-criterial evaluation demonstrated on concrete practical examples. In the end, a comparison of these methods is carried out and their weaknesses and strengths are described, with possible recommendations for which cases it is appropriate to use the given type of method.

Keywords: Scales, ranges, weighting of criteria, multi-criterial evaluation, strenghts, weaknesses

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Lukáši Králíkovi za jeho hodnotné rady, cenné připomínky, vstřícnost během konzultací a odborné vedení během vypracovávání této bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	11
1.1 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	12
1.1.1 Rozhodnutí	12
1.1.2 Rozhodovatel.....	12
1.1.3 Analytik.....	12
1.1.4 Varianta	12
1.1.4.1 Dominovaná varianta	12
1.1.4.2 Ideální varianta	13
1.1.4.3 Bazální varianta	13
1.1.4.4 Kompromisní varianta	13
1.1.4.5 Paretovská varianta	13
1.1.5 Kritéria	13
1.1.6 Kriteriaální matice	13
2 VYJÁDRĚNÍ HODNOT KRITÉRIÍ.....	14
2.1 VYUŽITÍ STUPNIC A ŠKÁL	14
2.1.1 Nominální stupnice	14
2.1.2 Ordinální stupnice	15
2.1.3 Kardinální číselná stupnice	15
2.1.4 Likertova stupnice	15
2.2 VYHODNOCENÍ METOD POUŽÍVAJÍCÍCH STUPNICE A ŠKÁLY	16
3 METODY STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ	17
3.1 METODY PŘÍMÉHO STANOVENÍ VAH	18
3.1.1 Bodová stupnice	18
3.1.2 Porovnání pomocí preferenčního pořadí	19
3.2 METODY PÁROVÉHO SROVNÁVÁNÍ.....	20
3.2.1 Fullerova metoda párového srovnávání	20
3.2.2 Saatyho metoda	21
3.3 METODA POSTUPNÉHO ROZVRHU VAH	23
3.4 KOMPENZAČNÍ METODA	23
4 METODY VÍCEKRITÉRIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT.....	25
4.1 BODOVACÍ METODA	25
4.2 METODA POŘADÍ.....	27
4.3 METODA PRIAM	27
4.4 METODA FUNKCÍ UŽITKU	28
4.5 METODA ORESTE.....	28
4.6 METODA BAZICKÉ VARIANTY	29
4.7 METODA TOPSIS	29
4.8 METODA PROMETHEE.....	30
4.9 METODA POSTUPNÉ SUBSTITUCE.....	31
4.10 METODA ELECTRE	31

4.11	METODA AHP	32
II	PRAKTICKÁ ČÁST	33
5	MULTIKRITERIÁLNÍ HODNOCENÍ V PRAXI	34
5.1	METODY STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ V PRAXI	34
5.1.1	Bodová stupnice	34
5.1.2	Porovnání pomocí preferenčního pořadí	35
5.1.3	Saatyho metoda	36
5.1.4	Metoda postupného rozvrhu vah	37
5.1.5	Kompenzační metoda	39
5.2	METODY VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT V PRAXI	40
5.2.1	Metoda TOPSIS	40
5.2.2	Bazická varianta	42
5.2.3	Metoda AHP	42
5.2.4	Metoda ELECTRE	45
6	KOMPARACE JEDNOTLIVÝCH METOD	46
6.1	KOMPARACE METOD PRO STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ	47
6.1.1	Vyhodnocení bodové metody a metody alokace 100 bodů	47
6.1.2	Vyhodnocení metody párového srovnávání	47
6.1.3	Vyhodnocení Saatyho metody	48
6.1.4	Vyhodnocení metody postupného rozvrhu vah	48
6.1.5	Vyhodnocení kompenzační metody	48
6.2	KOMPARACE METOD MULTIKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT	49
6.2.1	Vyhodnocení bodovacích metody	49
6.2.2	Vyhodnocení metody vícekriteriální funkce užitku za jistoty	49
6.2.3	Vyhodnocení bazické varianty	50
6.2.4	Vyhodnocení kompenzační metody	50
6.2.5	Vyhodnocení metody TOPSIS	50
6.2.6	Vyhodnocení metody ELECTRE	51
6.2.7	Vyhodnocení metody AHP	51
6.3	SHRNUTÍ KOMPARACE JEDNOTLIVÝCH METOD	52
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
	SEZNAM TABULEK	59

ÚVOD

Každý člověk v běžném životě se stejně jako manažer či specialista ve firmě musí potýkat s řadou rozhodovacích problémů pro vyřešení určitých problémů nebo méně či více složitých úkolů. Většinou se tito lidé musí rozhodovat sami za sebe, a to na základě vlastních znalostí, zkušeností a dovedností. Taková rozhodnutí jsou však často ovlivněna jejich osobním názorem, emocemi, egem nebo například intuicí. V podnikové praxi je dobré pro tyto případy využít nástroje, které jsou v těchto situacích nápomocné pro zvolení správného rozhodnutí. Učinění chybného rozhodnutí může mít za následek rozsáhlou finanční ztrátu, zbytečné škody na majetku, ale i újmu na zdraví osob. Existuje mnoho matematických metod, díky kterým lze snáze učinit správná rozhodnutí a zamezit tak zbytečným problémům. Mezi ně patří metody pro multikriteriální rozhodování.

V praxi představuje rozhodování jednu ze základních manažerských aktivit. Kvalita této činnosti do velké míry ovlivňuje efektivnost a konečné výsledky co se týče funkce organizačních jednotek a to jak v hospodářské oblasti, tak i ve veřejné správě. Jednotliví manažeři a osoby na vedoucích pozicích by si tudíž měli rozvinout poznatky a dovednosti, jež jsou nepostradatelné pro správné zabezpečení žádoucí kvality řešení rozhodovacích problémů. Samotné rozhodování patří mezi nejdůležitější činnosti, jaké musí jednotliví manažeři v rámci managementu a řízení vykonávat. Rozhodování bývá uplatňováno během jakýchkoliv manažerských činností, a to především u plánování, které je nejvýrazněji tvořeno právě rozhodovacími procesy. Důležitost takového rozhodování se projevuje především v tom, že míra kvality a výsledky rozhodovacích procesů ovlivňují do velké míry efektivnost fungování a taktéž budoucí prosperitu organizací. Špatné nebo nekvalitní rozhodování bývá v mnoha případech taktéž příčinou podnikatelského neúspěchu. Jak již bylo naznačeno, na rozhodování jsou taktéž vázány i jisté zdroje, především finanční prostředky, od kterých se odvíjí význam rozhodování. Z celkového pohledu tudíž není radno rozhodovací činnost jakkoliv podceňovat a tím se vyhnout zmíněným potížím.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Vícekriteriální rozhodování je disciplína operačního výzkumu. Zabývá se analýzou různých rozhodovacích situací, ve kterých se posuzují rozhodovací varianty, a to podle vícera kritérií, která mohou být navzájem konfliktní. [1]

Tato kritéria mohou mít například kvantitativní a kvalitativní charakter. Pokud si celý problém představíme například na koupi automobilu, zajímá nás jak celková cena automobilu, tak i jeho vzhled. Stejně tak mohou být tato kritéria maximalizační i minimalizační, což znamená, že u zmíněného automobilu můžeme požadovat, aby dosahoval co nejvyšší rychlosti a zároveň byl k dispozici za co nejnižší cenu. Vzájemnou konfliktností kritérií máme na mysli, že nízká cena automobilu bývá zpravidla spojována se špatnou kvalitou vozu. [2] [3]

Úlohy vícekriteriálního hodnocení je možné klasifikovat podle způsobu zadání množiny variant, které bereme v potaz pro optimální rozhodnutí. Jedná se o takzvané přípustné varianty. Pokud je množina těchto přípustných variant zadána podmínkami, které musí být splněny při výběru optimální varianty, jedná se o úlohy vícekriteriálního programování. Pokud je tato množina určena konečným seznamem variant, hovoříme o vícekriteriálním hodnocení variant. [4] [5]

Jinými slovy za přednost metod vícekriteriálního hodnocení variant rozumíme usnadnění práce rozhodovatele během řešení úloh uspořádání variant za použití širšího souboru kritérií a možnost vymezení jednotlivých kroků řešení této úlohy při zachování racionálního postupu. Dále nutnost explicitního vyjádření chápání důležitosti jednotlivých kritérií hodnocení rozhodovatelem a zviditelnění celého postupu hodnocení. Jelikož důležitost kritérií hodnocení není dána objektivně, nýbrž závisí na hodnotové soustavě rozhodovatele, nespočívá význam metod multikriteriálního hodnocení variant v úplné objektivnosti jejich výsledků. [6] [2]

Hlavním cílem úloh multikriteriálního hodnocení variant je v první řadě nalezení optimální varianty a taktéž uspořádání těchto variant od nejlepší po nejhorší. Nejlepší varianta, nazývána kompromisní, bývá nejméně vzdálena od ideální varianty nebo nejdále od bazální varianty. Ideální variantou rozumíme takovou, která má ve všech kritériích nejlepší možné hodnoty. Bazální variantou je naopak ta, která má nejhorší hodnoty kritérií. Situace ideální varianty však nikdy nenastává, proto je každé řešení kompromisní. Mezi variantami rozhodování tudíž neexistuje varianta, která jednoznačně dominuje. [7] [2]

1.1 Vymezení základních pojmů

Před stanovením jednotlivých vah kritérií a stanovením konkrétní metody vícekritériálního hodnocení variant je nutno si nejprve definovat nejzákladnější pojmy používané v této problematice.

1.1.1 Rozhodnutí

Jedná se o výběr jedné nebo více variant z množiny všech přípustných variant. V praxi se může například jednat o výběr firmy, u které se uchazeč o práci nechá zaměstnat. [5] [8] [17]

1.1.2 Rozhodovatel

Zde máme na mysli subjekt, který má za úkol učinit rozhodnutí na základě výsledků stanovené metody. Může to být například člověk, který si vybírá zaměstnání. [5] [8] [13]

1.1.3 Analytik

V některých případech můžeme rozdělit zadavatele úlohy od takzvaného řešitele úlohy, tzn. Analytika. Jeho výhodou je, že není zaujatý na výsledku rozhodnutí, a proto při své úloze postupuje maximálně objektivně. Nevýhodou je však to, že nezná všechny detaily úlohy. Ve výsledku pak může nastat situace, že varianta, která se umístila na nižší pozici, může být mnohem lepší než ta doporučená. [5] [8]

1.1.4 Varianta

Variantou máme na mysli konkrétní možnosti, pro které se rozhodujeme. Jejich důležitým znakem je jejich realizovatelnost. Představme si například, že se jedná o návrh poplachového zabezpečovacího systému od vícera dodavatelů. Tyto varianty je následně nutno ohodnotit.

Varianty značíme: A_i (pro $i = 1, 2, 3, \dots, m$)

Můžeme mít několik variant se speciálními vlastnostmi. [5] [8] [17] [11]

1.1.4.1 *Dominovaná varianta*

Situace, kdy je jiná varianta ve všech kritériích lepší nebo alespoň stejná jako tato varianta. Varianta, která je ve všech kritériích lepší, je nazývána dominantní. V hodnocení jí můžeme opomenout. [5] [8]

1.1.4.2 Ideální varianta

U této varianty dosahují všechna kritéria nejvýhodnějších hodnot. Takovou variantu tedy nazýváme dominující. V případě, že bychom našli ideální variantu, vícekritériální hodnocení bychom už nemuseli provádět. [5] [3]

1.1.4.3 Bazální varianta

Tato varianta je přesným opakem ideální varianty. To znamená, že u všech kritérií je tato varianta horší než ostatní. Bazální varianta se tudíž ihned vylučuje z hodnocení. [5] [3]

1.1.4.4 Kompromisní varianta

Jediná nedominovaná varianta, která je doporučena k řešení a vybrána na základě různých pravidel. Měla by splňovat různé vlastnosti jako například nedominovanost, determinovanost a invariaci k pořadí kritérií. [5] [3]

1.1.4.5 Paretovská varianta

Jedná se o variantu, která není dominována žádnou jinou variantou. Často bývá nazývána jako efektivní varianta. Ve své podstatě má mnoho společného s kompromisní variantou. [5] [3]

1.1.5 Kritéria

Kritériem máme na mysli hledisko, na jehož základě jsou hodnoceny jednotlivé varianty. Nejčastěji bývá popisováno fyzikální veličinou nebo je jinak kvantifikované. Prakticky si pod kritériem můžeme představit například výši měsíčního platu, dobu cesty do zaměstnání, začátek pracovní směny apod.

Kritéria jsou značena K_j (pro $j = 1, 2, 3, \dots, n$). [5] [8] [2] [11]

1.1.6 Kriteriaální matice

V případě, že je hodnocení variant nějakým způsobem podle daných kritérií kvantifikováno, údaje jsou posléze uspořádávány do kriteriaální matice (tab. 1.) značené jako $Y = (y_{ij})$. Prvky této matice nám vyjadřují hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria. V této matici řádky odpovídají variantám a sloupce kritériím. [5] [8] [13] (Tab. 1)

Tabulka 1: Příklad kriteriální matice [8]

Kritéria/Varianty	F1	F2	F3
A	Špatný	Výborný	Výborný
B	Průměrný	Průměrný	Výborný
C	Výborný	Špatný	Výborný
D	Výborný	Průměrný	Špatný

2 VYJÁDŘENÍ HODNOT KRITÉRIÍ

Hodnocení variant na základě jednotlivých kritérií může být uveden v různých měřítkách a jednotkách. Podstatná je přeměna vstupních informací na srovnatelné jednotky umožňující seskupování podle všech kritérií. Tuto funkci umožňují stupnice a škály, které patří mezi nejjednodušší metody multikriteriálního hodnocení. [4] [3]

2.1 Využití stupnic a škál

Stupnice a škály lze za účelem hodnocení použít samostatně. V jiných případech mohou být součástí obsáhlejších a pokročilejších multikriteriálních metod, kde jsou například používány pro rozdělení důležitosti kritérií atd. Mezi nejznámější stupnice patří:

- Nominální stupnice
- Ordinální stupnice
- Kardinální číselná stupnice

Pro pokročilé hodnocení lze použít následující speciální stupnice:

- Likertova stupnice
- Sémantická diferenční stupnice
- Numerická hodnotící stupnice
- Pořadová stupnice [4] [3]

2.1.1 Nominální stupnice

Nominální stupnice, nazývána též binární se odvíjí od metody shody nebo neshody. Je vyjádřena binárními hodnotami 0 a 1, přičemž logická hodnota 1 vyjadřuje shodu a logická hodnota 0 neshodu. Hodnocené varianty jsou nezaujaté vůči hodnocenému kritériu.

Nevýhodou nominální stupnice je, že tento typ hodnocení nebere v potaz preference jednotlivých kritérií a taktéž nejsou uvažovány váhy jednotlivých kritérií. Zároveň nelze předpokládat, že by tyto váhy mohly být stejné. [4] [10] [3]

2.1.2 Ordinální stupnice

Nedostatky nominální stupnice mohou být z části vyřešeny pomocí ordinální, též nazývanou uspořádávající stupnicí. Důležitost jednotlivých kritérií se hodnotí pomocí dvou následujících forem ordinální stupnice:

- **Klasifikační stupnice** - jednotlivá kritéria jsou hodnocena pomocí známkování. Hodnoty jsou tedy v rozmezí 1-5, hodnota 1 je brána jako nejlepší hodnota a hodnota 5 jako nejhorší.
- **Bodovací stupnice** - jednotlivá kritéria jsou hodnocena v rámci stanovené škály. Například si stanovíme rozmezí hodnot 1-10, kde hodnota 1 představuje nejhorší hodnotu a hodnota 10 představuje nejlepší hodnotu.

Jednotlivé hodnoty kritérií ovšem nevypovídají o četnosti preferencí, ale pouze o pořadí kritérií. [4] [10] [3]

2.1.3 Kardinální číselná stupnice

Tato stupnice má několik forem, přičemž se nejvíce používají následující dvě. Využití můžeme najít například u hodnocení veřejných zakázek a projektů. [4] [3]

- **Intervalová stupnice** – pro posuzování projektů jsou zvolena kvantitativní kritéria. U této metody se používají dvě základní operace, kterými jsou shoda, značená jako (=) a různost, značená jako (\neq). Na intervalové stupnici poté určujeme měřicí jednotky a počátek.
- **Poměrová stupnice** – zde je počátek měřené vlastnosti definován přirozeným počátkem měřené veličiny. [4] [10] [3]

2.1.4 Likertova stupnice

Tato stupnice reprezentuje tzv. Fuzzyho matematickou metodu. Používá se v případech, kdy kritéria není možné kvantifikovat. Nejčastěji se užívají následující dvě formy této stupnice: [4] [10] [3] (Tab. 2, 3)

Tabulka 2: Likertova stupnice [4]

Hodnota	Hodnocení
1	Vůbec nesouhlasím
2	Nesouhlasím
3	Ani souhlas, ani nesouhlas
4	Souhlasím
5	Zcela souhlasím

Nebo

Tabulka 3: Likertova stupnice 2[4]

Hodnota	Hodnocení
1	Vůbec nesouhlasím
2	Nesouhlasím
3	Částečně nesouhlasím
4	Nevím
5	Částečně souhlasím
6	Souhlasím
7	Zcela souhlasím

2.2 Vyhodnocení metod používajících stupnice a škály

Tyto metody, jež využívají stupnice a škály, lze použít pro expertní posuzování, co se týče oblasti hodnocení veřejných projektů. K výhodám můžeme zmínit jednoduchost během hodnocení alternativ. Co se týče nevýhod, tyto metody nerozlišují důležitost jednotlivých kritérií. Pouze u použití intervalové stupnice lze z rozdílu hodnot mezi dvěma možnostmi brát zřetel na velikost preference. [4] [3]

3 METODY STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ

Pro stanovení celkového hodnocení jsou na prvním místě důležitá kritéria. Při určování a výběru kritérií hodnocení jsou hlavním parametrem především cíle, jež si hodnotitel vymezil a chce jich dosáhnout. Jinými slovy, každému cíli, které si hodnotitel předem vymezil, by mělo odpovídat minimálně jedno kritérium hodnocení. V případě použití vícera kritérií pro dílčí cíl je nutné zabezpečit, aby kritéria vybraná hodnotitelem nebyla navzájem redundantní. Na celkový výběr kritérií taktéž působí různé subjekty, jež se podílejí na celkovém hodnocení nebo nějakým způsobem toto hodnocení ovlivňují. V případě, že nebudeme brát v úvahu zájmy těchto subjektů, může posléze dojít k neúspěchu dané varianty v hodnocení. [14] [8] [5]

Kritéria nyní rozdělíme do jednotlivých skupin podle předem stanovených cílů. Díky tomu vznikne vícero skupin, jež obsahují kritéria, která se k danému cíli vždy vztahují. U každé skupiny kritérií je posuzováno, zda nějaké z kritérií není nerelevantní a taktéž, zda jej můžeme vyloučit ze souboru hodnocení. Následně bude soubor hodnocení obsahovat pouze důležitá kritéria. Obsah tohoto souboru se rázem zmenší a taktéž i zjednoduší. V rámci výběru kritérií je zde taktéž možnost použití tabulky, díky které hodnotitel může posoudit důležitost jednotlivých kritérií tím, že je navzájem porovná v rámci souboru. Tomu důležitějšímu následně přiřadí jedničku a méně důležitému nulu. Nakonec dojde k součtu bodů v rámci jednotlivých kritérií a sestupnému seřazení. Kritéria, jež mají nejvyšší počet bodů, můžeme následně vyřadit a tím zjednodušit soubor hodnocení. [14] [8] [5]

Požadavky pro splnění kritérií

Tyto požadavky by měl splňovat soubor hodnocení pro splnění kritérií.

- **Úplnost** - je nutné, aby soubor kritérií umožňoval posouzení a zhodnocení všech přímých i nepřímých důsledků jednotlivých variant, a sice pozitivního i negativního charakteru.
- **Srozumitelnost** - všechna kritéria musí mít jasně daný smysl. Pro hodnotitele musí být každé kritérium srozumitelné. Hodnotitel s ním tak může následně správně pracovat a nedopustit se nesprávného výkladu.
- **Měřitelnost** - každé kritérium musí umožnit zjištění důsledků variant. Postupovat lze kvantitativně nebo kvalitativně v rámci dané stupnice. Srozumitelnost kritéria umožňuje lepší měřitelnost.

- **Nepřekrývatelnost** - je potřeba, aby soubor hodnocení byl sestaven tak, aby se v celkovém hodnocení variant objevil každý aspekt daného problému pouze jednou. Následně nastane redundantnost, pokud se kritéria budou úplně nebo částečně překrývat.
- **Minimální rozsah** – rozsah souboru musí být co nejmenší. Dochází tak k velkému zjednodušení celkového hodnocení variant. To lze docílit tím, že vyloučíme kritéria, u kterých se částečně liší důsledky variant. [5] [8]

Po vytvoření souboru s kritérii následuje další důležitá část, a sice stanovení vah. Váhy kritérií poukazují na to, jak je pro nás dané kritérium podstatné. Tyto váhy kritérií se taktéž nazývají jako koeficienty významnosti. Ty nám narůstají spolu s mírou důležitosti jednotlivých kritérií. Čím je kritérium pro rozhodovatele důležitější, tím je mu přiřazena větší váha a naopak. V rámci přehlednosti se v souboru hodnocení provádí normování vah kritérií, jejichž součet je roven jedné. [8] [14]

V oblasti vícekritériálního hodnocení používáme vícero metod pro stanovení vah kritérií. Takové metody se od sebe liší zvláště díky své komplikovanosti závislé na volbě aplikovaného algoritmu a taktéž z pohledu jejich použití na větší množství kritérií. Všechny metody však nejsou pro tento účel vhodné, jelikož jsou pak taková hodnocení posléze zdlouhavá a méně přehledná. Je nutné, aby proces hodnocení byl pro nás jasný a přehledný a tím pádem nám tak usnadňoval rozhodování. [8] [14]

3.1 Metody přímého stanovení vah

Patří mezi nejjednodušší metody. Hodnocení se provádí na základě přímého stanovení koeficientů. V tomto případě hodnotitel přiřazuje váhy jednotlivým kritériím na základě vlastních zkušeností a dostupných informací. [14] [8] [7]

3.1.1 Bodová stupnice

Tato metoda patří mezi přímé metody, kde se stanovují váhy kritérií přiřazením různého určitého počtu bodů ze stupnice, jejíž rozsah je předem určen. Počet těchto bodů se odvíjí od důležitosti daného kritéria. Podstatnou věcí je brát v úvahu kritéria s nejmenší a největší důležitostí a na tomto základu posléze stanovit celkové rozpětí stupnice. Stupnice může mít menší nebo větší rozlišovací schopnost podle počtu stanovených bodů. Hodnocení u stupnice s větší rozlišovací schopností bude výrazně přesnější díky většímu počtu bodů. [14] [10] [7]

Výše přidělené hodnoty ze stupnice se odvíjí od důležitosti kritéria. Následně je nutné nanormovat váhy kritérií. Toho docílíme tak, že normovanou váhu všech kritérií stanovíme jako podíl jeho bodů a součtu bodů všech kritérií. [14] [10]

3.1.2 Porovnání pomocí preferenčního pořadí

Tato metoda se odvíjí od vzájemného porovnávání důležitosti kritérií, kdy se využívá pořadí jednotlivých kritérií. Nejprve je nutné provést tři základní kroky. Jedná se o stanovení preferenčního uspořádání, stanovení vah kritérií a následné normování. [8]



Obrázek 1: Schéma metody preferenčního pořadí stanovení vah [5]

Nejprve je zapotřebí uspořádat kritéria podle významnosti. Toto pořadí lze určit přímo anebo etapově. U přímého uspořádání rozhodovatel samostatně určuje uspořádání kritérií na základě významnosti. Tato metoda patří k méně složitým, problém může nastat pouze u souboru, kde je velký počet kritérií. V takovém případě totiž musíme brát v potaz všechna kritéria současně. Posuzování hodnot všech kritérií může být pro hodnotitele náročné. [8]

Na větší soubory hodnocení je výhodnější použití etapového uspořádání, které je pro tento účel srozumitelnější a snižuje celkovou náročnost. Kritéria se zde řadí v několika etapách, jejichž počet se odvíjí od celkového počtu kritérií. Pro každou etapu určíme nejvýznamnější a nejméně významné kritérium, která před každou další etapou vyřadíme z úvahy. Takhle pracujeme do chvíle, dokud nemáme všechna kritéria seřazena podle významnosti. Kritéria s nejvyšším významem označíme jako M_i a s nejnižší jako N_i , čímž vznikne posloupnost pořadí celého souboru $m_1, m_2, m_3...n_3, n_2, n_1$. [8] [10]

Dále stanovíme váhy jednotlivým kritériím, a sice porovnáním významu každého kritéria s kritériem s nejnižším významem. Kritérium s nejnižším významem bude mít váhu 1. Rozhodovatel následně určuje, kolikrát je předposlední kritérium v preferenčním pořadí významnější, než ono poslední kritérium. Takto porovnáme jednotlivá kritéria od méně významného až po nejvýznamnější, čímž získáme nenormované váhy kritérií. V poslední fázi provedeme normování, jež probíhá stejně, jako u metody s bodovou stupnicí. Každou

normovanou váhu tedy pro každé kritérium vyjádříme jako podíl jeho bodů a součtu bodů všech kritérií. [8] [10]

3.2 Metody párového srovnávání

Podstatou této techniky je zjišťování vztahů mezi dvojicemi kritérií. Toto zjišťování provádíme v rámci celého souboru kritérií. V podstatě se jedná o to, že v rámci různých dvojic z celého souboru hodnocení posuzujeme vztahy mezi nimi na základě stanovených pravidel. V rámci této metody se nejčastěji můžeme setkat s Fullerovou metodou párového srovnávání a taktéž s tzv. Saatyho metodou stanovení vah kritérií. [8] [10] [7]

3.2.1 Fullerova metoda párového srovnávání

V rámci párového srovnávání se jedná o nejjednodušší metodu. Pro vyjádření preferencí se využívá takzvaný Fullerův trojúhelník. (Tab. 4) U této metody porovnáváme každé kritérium s každým. Určení preferencí lze demonstrovat na základě níže uvedené tabulky. Veškerá kritéria ze souboru hodnocení zapíšeme do řádků i sloupců. Dále je nutno určit preference kritérií na základě dvojic. Postupujeme tak, že si vezmeme kritérium z prvního řádku a následně jej porovnáváme s hodnotami ve sloupcích. Tento postup provedeme s kritérii ve všech řádcích a sloupcích. Pokud má kritérium v příslušném řádku pro hodnotitele větší význam, zapíšeme do daného pole hodnotu 1. Pokud je tomu naopak, zapíšeme hodnotu nula. [8] [10] [7]

Tabulka 4: Fullerův trojúhelník [4]

Kritérium	K1	K2	K3	...	Kn	Preference
K1		1	0	...	1	
K2			0		0	
K3					0	
...					...	
K_{n-1}					1	
K_n						

Dále stanovíme počet preferencí. Toho docílíme tak, že v rámci daného řádku sečteme počet jedniček a počet nul ve sloupci daného kritéria. Tyto váhy je však posléze nutné převést na normovaný tvar. [8] [10]

$$v_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (1)$$

Počet srovnání jednotlivých kritérií je následně dán vztahem:

$$\sum_{i=1}^n f_i = \frac{n * (n - 1)}{2} \quad (2)$$

v_i - normovaná váha i - tého kritéria,

f_i - počet preferencí i - tého kritéria,

n - počet kritérií

Stanovení vah podle prvního vzorce může být nevýhodné v případě, když některé z posuzovaných kritérií má nulový počet preferencí. V takovém případě je i váha tohoto kritéria nulová a to i za situace, že má toto kritérium pro nás větší váhu. V momentě kdy má kritérium váhu rovnou nule, je následně vyřazeno z celkového hodnocení, což zkresluje celkový výsledek vícekritériálního hodnocení. V takové situaci se počet preferencí zvyšuje o jedničku a matematický vztah tak vypadá následovně: [8] [10] [7]

$$v_i = \frac{f_i + 1}{n + \sum_{i=1}^n f_i} \quad (3)$$

3.2.2 Saatyho metoda

Jedná se o metodu založenou na kvantitativním párovém srovnávání, kde figuruje pouze jeden hodnotitel. Nejprve je nutno určit preference dvojic kritérií. Pro větší přehlednost jsou kritéria podobně jako u předchozí metody zapsána a seřazena do tabulky. (Tab. 5) U této metody se však oproti předchozí určují preference dvojic kritérií. Dvojici kritérií, kterou porovnáváme, přiřadíme určitý počet bodů z předem dané stupnice. U této metody se stanovuje příslušná bodová stupnice i deskriptory. Pro tento způsob se využívá devítibodová stupnice, kde je možnost využívat i mezistupně (2,4,6,8). [2] [8] [16]

Tabulka 5: Stupnice Saatyho metody [5]

Počet bodů	Deskriptor
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je dosti významnější než druhé
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

U některých případů není tento způsob Saatyho bodové stupnice vhodný, jelikož významy jednotlivých deskriptorů mohou být zavádějící. Z tohoto důvodu provedeme následující postup. Veškerá kritéria uspořádáme podle jejich důležitosti a stanovíme rozsah stupnice. V této stupnici nemusíme pracovat pouze s celými čísly, ale taktéž lze využít desetinná čísla. Tímto způsobem nám vznikne takzvaná Saatyho matice. V první řadě je nutné vyjádřit hodnoty v pravé části dané matice. V případě, že je pro hodnotitele významnější kritérium vyjádřené v řádku než kritérium ze sloupce, zapíšeme určitý počet bodů odvíjejícího se od významnosti kritéria z řádku vzhledem ke kritériu ze sloupce. V opačném případě se provede opačná hodnota daného počtu bodů. Na diagonále v matici jsou vyplněny samé hodnoty jedna, jelikož porovnání daného kritéria samo se sebou nebereme v úvahu. U levé části matice postupujeme tak, že z řádku daných kritérií provedeme převrácení hodnot, které následně zapíšeme do sloupců daných kritérií. Tímto postupem jsme získali kompletní Saatyho matici. [2] [8] [16]

$$S = \begin{pmatrix} 1 & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ \frac{1}{S_{12}} & 1 & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \frac{1}{S_{1n}} & \frac{1}{S_{2n}} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

V další fázi se provádí již stanovení vah kritérií. Váhy lze vypočítat mnoha způsoby. Některé jsou natolik složité, že je nutné využít k tomuto účelu vytvořený software. Co se

týče jednodušších způsobů pro stanovení vah, lze využít metodu součtu prvků a metodu geometrických průměrů. [8] [2] [16]

U metody součtu prvků je nutno sečíst veškeré prvky z každého řádku a vydělit je součtem prvků celé matice. Pro všechny řádky tak vznikly podíly, které nám určují odhady vah pro všechna kritéria. [8] [2] [15]

Druhá metoda se odvíjí od geometrických průměrů řádků dané matice. V prvním kroku vzájemně vynásobíme hodnoty z příslušného řádku. Dále určíme n -tou odmocninu z tohoto součinu. Nám zde udává počet prvků z příslušného řádku. Takto postup opakujeme pro každý řádek. V závěru příslušnou hodnotu geometrického průměru řádku podělíme součtem veškerých geometrických průměrů, čímž se nám hodnoty znormují. [8] [2] [15]

3.3 Metoda postupného rozvrhu vah

V manažerské praxi se ve větší míře můžeme setkat se soubory hodnocení, které jsou značně rozsáhlé. To znamená, že obsahují 10 a více kritérií. Předchozí metody proto nejsou příliš vhodné pro takové případy, jelikož jejich hodnocení je pak velmi náročné a zdouhavé. Proto je lepší pro takové případy použít metodu postupného rozvrhu vah, která bývá též označována jako strom kritérií. [8] [7] [15]

Metoda je postavena na věcné podobnosti mezi kritérii. V první řadě jsou kritéria rozdělena do několika skupin, odvíjejících se od jejich příbuznosti. Pro tyto jednotlivé skupiny udáme příslušné váhy podle některé ze zmíněných metod. Potřebujeme, aby byly váhy nanormovány, což znamená, že jejich součet se musí rovnat výsledku jedna. V další fázi určíme váhy kritérií v každé skupině. Poté opět provedeme nanormování vah se součtem vah rovného jedné. V posledním kroku stanovíme výsledné váhy daných kritérií. Toho docílíme tím způsobem, že vzájemně vynásobíme váhu kritéria s váhou dané skupiny, do které patří. Normování již bylo provedeno, a tudíž je tento krok již splněn. [8] [7] [15]

3.4 Kompenzační metoda

Tato metoda oproti předešlým bere v úvahu důsledky variant odvíjející se od zvolených kritérií. Tím zabraňuje možnému zkreslení výsledků celého souboru hodnocení. Pokud máme malý rozsah mezi nejlépe a nejhůře hodnocenou hodnotou, nemá toto hledisko důležitý vliv na hodnocení, a to i v případě, kdy hodnotitel považuje ono kritérium za dosti důležité. Díky kompenzační metodě se lze vyhnout těmto potížím. [8] [7] [15]

V rámci této metody je nutné provést několik kroků. V prvním kroku vezme hodnotitel v úvahu dvě možné varianty. V první variantě budou obsaženy nejhorší dopady na veškerá kritéria, která mohou nastat. Druhá varianta bude oproti tomu obsahovat ty nejlepší možné dopady na kritéria. V další fázi je nutné určit první kritérium v pořadí. Jedná se o kritérium, kde je nejrazantnější změna mezi nejlepší a nejhorší variantou. Takové kritérium získá nejvyšší váhu z dané stupnice. Na základě tohoto postupu seřadíme všechna kritéria podle významnosti změn. V tomto momentě máme nenormované váhy, tudíž je nutné je porovnat s kritériem prvním v pořadí. Jinými slovy porovnááme v procentech, z kolika je změna té nejlepší hodnoty na nejhůře hodnocené pro nás významnější, než u prvně uvedeného kritéria. [8] [7] [15]

4 METODY VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT

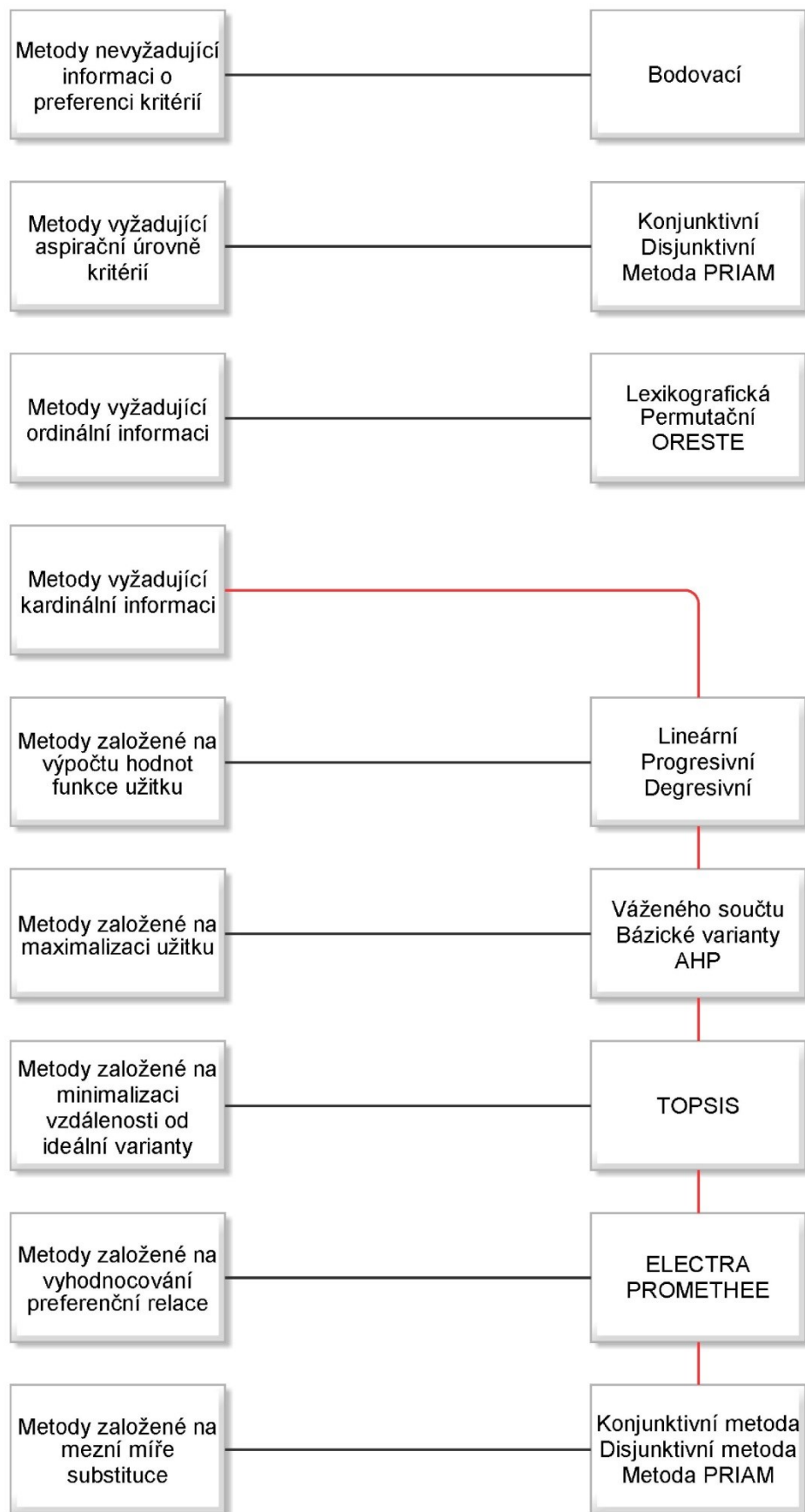
Vícekritériální hodnocení variant je jednou z významných oblastí z teorie pro manažerské rozhodování. Tyto metody stanovují postup, na základě kterého lze stanovit tu nejlepší možnou variantu. Je možné je využít takřka na jakýkoliv problém. Počet těchto metod výrazně narostl od sedmdesátých let dvacátého století. V této době se začaly značně rozvíjet způsoby a metody pro multikritériální hodnocení. Stejně jako metody pro stanovení vah kritérií lze tyto metody rozdělit na základě informací o významnosti mezi kritérii, které má daný rozhodovatel na výběr. Větší počet těchto metod vznikl proto, jelikož je nutné řešit různé druhy problémů a vyhovět tak různým preferencím a potřeb rozhodovatelů. [12] [8]

4.1 Bodovací metoda

Patří mezi nejjednodušší metody. Není zde nutné znát váhy kritérií. Varianty se zde hodnotí podle kritérií na základě předem stanovené stupnice. Ta musí být stejná pro všechna kritéria. V případě, kdy je ke každé i -té variantě, která je hodnocena podle j -tého kritéria přidělen určitý počet bodů b_{ij} , je posléze výsledné hodnocení dané varianty rovné součtu všech hodnot. [17] [8]

$$b_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (5)$$

Varianta, která má posléze nejvyšší počet bodů b_i , je následně zvolena jako kompromisní. V případě, že rozhodovatel zná i váhy jednotlivých kritérií, je možné je doplnit k této metodě. Hodnoty b_i se následně dopočítají jako vážené součty. [17] [8]



Obrázek 2: Rozdělení metod vícekritériálního hodnocení variant [17]

4.2 Metoda pořadí

Je založena na podobné bázi jako Bodovací metoda. Jednotlivé varianty jsou ohodnoceny jako $1, 2, 3 \dots m$, kde m nám vyjadřuje počet variant. Na základě níže uvedené rovnice si stanovíme vyjádření j -té varianty ku i -tému kritériu.

$$h_i^j = m + 1 - p_i^j \quad (6)$$

Zde tedy platí že:

m - počet variant

p_i^j - pořadí j -té varianty ku i -tému kritériu

Tato metoda je vhodná spíše k obecnějšímu odhadu. U tohoto hodnocení se nijak neprojevují rozdíly mezi hodnotami jednotlivých kritérií. Proto je metoda pořadí vhodná spíše pro práci se soubory hodnocení obsahující kritéria kvalitativního charakteru.

4.3 Metoda PRIAM

Metoda PRIAM je založena na postupu, kdy se prohledává množina variant určitým způsobem za účelem získání jednoho nedominovaného řešení. Jinými slovy jde o to, že dochází k důrazu u aspiračních úrovní, čímž se postupně vylučují jednotlivé varianty. Následkem toho zůstane pouze jedna varianta, která je posléze zvolena jako kompromisní. [17] [6]

Zde platí, že každá varianty označená jako V_i je vyjádřena pomocí vektoru kritériálních hodnot y_i , jenž je součástí kritériální matice. Aspirační úroveň j -tého kritéria v s -tém kroku je označena jako z_j^s . Vektor aspirační úrovně je tedy zapsán jako $z^s = (z_1^s, z_2^s \dots z_n^s)$. U mnoha případů je vektor výsledných aspiračních úrovní rovný bazické variantě, čímž mohou nastat tři následující případy podle množství variant označených jako d :

- $d > 1$ – v tomto případě je nutné, aby rozhodovatel zpřísnil aspirační úrovně, a tím snížil počet potřebných variant.
- $d = 1$ – zde došlo k nalezení kompromisní varianty
- $d = 0$ – zde není žádná vhodná varianta, a tudíž je zapotřebí najít nejbližší variantu k zadaným aspiračním úrovním, a sice minimalizací rozdílů podle rovnice: [17] [6]

$$\sum_{j=1}^n \frac{|z_j^s - y_{ij}|}{y_j^*} \quad (7)$$

y_{ij} – ideální kritériální hodnoty

4.4 Metoda funkcí užítku

Tato metoda se využívá rozdílně v závislosti na kvantitativním nebo kvalitativním charakteru jednotlivých kritérií. Každé variantě je přiřazen užitek v podobě reálného čísla z předem dané stupnice. Ta má rozsah desíti nebo sta bodů. Celkový užitek každé varianty určujeme na základě vah jednotlivých kritérií a jejich funkcí. Tyto funkce nám znázorňují změnu přínosnosti pro rozhodovatele odvíjející se od změn hodnoty určitého kritéria. Prvotní kritériální hodnoty jsou posléze nahrazeny hodnotami funkcí užítku. Funkce určujeme tak, že nejhůře hodnocené hodnotě kritéria přiřadíme hodnotu 0 a nejlepší hodnotě 1. Platí fakt, že funkce užítku musí mít lineární průběh. Spojnice bodů 0 a 1 nám vyjadřují lineární funkce užítku. Ohodnocení jednotlivých variant je možné na základě hodnot grafu nebo následující rovnice: [17] [7]

$$h_i^j = \frac{x_i^j - x_i^0}{x_i^* - x_i^0} \quad (8)$$

x_i^j – představuje hodnotu j-té varianty k i-tému kritériu

x_i^0 – představuje nejhorší hodnotu pro dané kritérium

x_i^* – představuje nejlepší hodnotu pro dané kritérium

S rostoucí hodnotou kritéria rozlišujeme lineární, progresivní a degresivní funkci užítku. Tento fakt platí pro kritéria výnosového typu. U nákladových kritérií totiž užitek upadá spolu s tím, jak roste hodnota kritéria. [17] [7]

4.5 Metoda ORESTE

U metody ORESTE je nutné znát ordinální informaci, týkající se variant a kritérií. Tyto informace musíme hned na začátku seřadit na základě důležitosti. V další fázi je vytvořena matice vzdáleností od tzv. fiktivního počátku. Následně jsou hodnoty matice seřazeny a ohodnoceny na základě pořadí vypočítají se hodnoty preferenčních intenzit. Na základě

určitých podmínek posléze provedeme test indiference. V posledním kroku otestujeme srovnatelnost variant. [17] [12] [6]

4.6 Metoda bazické varianty

Tato metoda je postavena na maximalizaci užitku, podobně jako tomu bylo u metody váženého součtu. Zde porovnáváme hodnoty důsledků jednotlivých variant s hodnotami bazické varianty. O bazické variantě zde uvažujeme jako o metodě, která má nejlepší hodnoty u všech kritérií. Pro tuto techniku platí následující vztahy. Prvně uvedený vzorec se týká kritérií výnosového typu a druhý nákladového typu. [17] [10]

$$u_{ij} = \frac{y_{ij}}{y_j^b} \quad (9)$$

y_j^b – hodnota j-tého kritéria

$$u_{ij} = \frac{y_j^b}{y_{ij}} \quad (10)$$

Výsledný užitek vypočítáme jako vážený součet jednotlivých užiteků. Tuto techniku použijeme u souboru s kvantitativními kritérii. [17] [10]

4.7 Metoda TOPSIS

Metoda TOPSIS je postavena na technice výběru varianty, jež má nejbližší k ideální variantě a zároveň je nejdále od bazální varianty. Uvažujeme, že všechna kritéria mají maximalizační charakter. Pokud ne, je nutné je na takový tvar převést na základě vztahu $y_{ij} = -y_{ij}$. [17] [6]

Nejprve je nutné vytvořit normalizovanou matici $R = (r_{ij})$ a váženou normalizovanou matici $Z = (z_{ij})$ a sice na základě následujících rovnic:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2}} \quad (11)$$

$i = 1, 2 \dots m, j = 1, 2 \dots m$

$$z_{ij} = v_j * r_{ij} \quad (12)$$

v_j – váha j -tého kritéria

Z rovnice pro normalizovanou matici získáme bazální variantu D (d_1, \dots, d_n) a taktéž ideální variantu označenou jako H (h_1, \dots, h_n). V další fázi je nutné vypočítat vzdálenost dílčích variant od ideální (d_i^+) a bazální (d_i^-) varianty podle následujících vztahů: [17] [6]

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - h_j)^2} \quad (13)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - d_j)^2} \quad (14)$$

V poslední fázi získáme nejlepší variantu a to tak, že maximalizujeme relativního ukazatele vzdálenosti variant od bazální varianty podle níže uvedeného vztahu. V konečném výsledku získáme taktéž kompletní uspořádání variant na základě hodnoty relativního ukazatele c_i . [17] [6]

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (15)$$

4.8 Metoda PROMETHEE

Tato metoda se odvíjí od toho, že pro výpočet využívá preferenční funkce. Díky tomu se odvíjí od stejné skupiny metod jako metoda ELECTRE. Známe pět základních typů preferenčních funkcí a sice: obyčejné kritérium, kvazikritérium, kritérium s lineární preferencí, úroňové kritérium a Gaussovo kritérium. [18] [17]

Každé dílčí kritérium má alespoň dva parametry, které musí rozhodovatel určit před zahájením výpočtu. Nejtěžší věcí pro rozhodovatele je u této metody správnost určení důležitosti vah kritérií a stanovení preferenčních funkcí. Mimo předem stanovená preferenční kritéria je možnost, že si rozhodovatel stanoví vlastní, která mu pomohou vystihnout cíl řešeného problému. [18] [17]

4.9 Metoda postupné substituce

Metoda postupné substituce je postavena na faktu, že informace o preferencích mezi jednotlivými kritérii se definují takzvanou mezní mírou substituce mezi dílčími kritériálními hodnotami variant. Jinými slovy jde o to, že se pokles hodnoty určitého kritéria vykompenzuje nárůstem hodnoty jiného kritéria. Ve výsledku musí výsledná preference dané varianty zůstat stejná. Mezní míra substituce mezi jednotlivými kritérii bývá vyjadřována graficky na základě map indifferenčních křivek, ze kterých se pak tato metoda odvíjí. Na základě několika fází dochází k tomu, že se postupně vyřazují dílčí kritéria do doby, dokud nezůstane pouze jediné kritérium. Podle tohoto kritéria se následně určí výsledné uspořádání variant. [17] [18]

4.10 Metoda ELECTRE

Tato metoda rozděluje množinu variant na dvě skupiny, a sice na efektivní a neefektivní. Pro aplikaci této metody je nutné znát kritériální matici, vektor normalizovaných vah, a prahy preference a dispreference. Pokud hodnotíme variantu A_i podle kritéria j , označení je jako y_{ij} ; $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$. Následně stanovíme množinu pro jednotlivé dvojice variant (A_i, A_h) ; $i, h = 1, 2, \dots, m$, podle následující rovnice: [4] [11]

$$C_{ih} = (j | y_{ij} \geq y_{hj}; j = 1, 2, \dots, n); i, h = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

$$C_{ih} = (j | y_{ij} \geq y_{hj}; j = 1, 2, \dots, n); i, h = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

Tato rovnice obsahuje indexy kritérií, na základě kterých je varianta A_i hodnocena stejně dobře, jako A_h .

$$D_{ih} = (j | y_{ij} < y_{hj}; j = 1, 2, \dots, n); i, h = 1, 2, \dots, m \quad (18)$$

Tato množina zachycuje indexy zbylých kritérií, kde je A_i horší, než A_h . Následně podle množiny C_{ih} a normalizovaného vektoru jednotlivých vah pro dvojice variant A_i a A_h stanovíme hodnotu c_{ih} , která nám představuje součet vah kritérií, z jejichž pohledu je varianta A_i na stejné nebo lepší úrovni než varianta A_h . Pokud C_{ih} není prázdná množina, platí následující vztah: [4] [11]

$$c_{ih} = \sum_{j \in C_{ih}} \omega_j; i, h = 1, 2, \dots, m \quad (19)$$

V případě, že je množina C_{ih} prázdná, tak $c_{ih} = 0$. Míru preference varianty A_i před variantou A_h nám vyjadřuje hodnota c_{ih} . Jelikož c_{ih} vyjadřuje součet jednotlivých vah, platí tedy: $c_{ih} \in \langle 0; 1 \rangle$. V další fázi je nutné dopočítat stupeň dispreference d_{ij} pro každou dvojici (A_i, A_h) . V případě že je D_{ih} prázdná množina, platí že $d_{ih} = 0$. Jinak platí následující vztah:

$$d_{ih} = \frac{\max_{j \in D_{ih}} (y_{ij} - y_{hj})}{\max (y_{ij} - y_{hj})}; i, h = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

I zde platí, že $d_{ih} \in \langle 0; 1 \rangle$. Aby bylo možné určit celkovou preferenci P mezi dvojicí variant, je třeba aby rozhodovatel zadal práh preference c^* a dispreference d^* . Pokud je varianta A_i preferována před variantou A_h , platí následující: [4] [11]

$$C_{ih} \geq c^* \wedge d_{ih} \leq d^* \quad (21)$$

Pro zápis párových preferencí nám posléze poslouží matice $P = (p_{ih})$, u které platí, že $p_{ih} = 1$, pokud je A_i upřednostněna před A_h . Je-li tomu jinak, pak $p_{ih} = 0$. Varianty máme rozděleny na efektivní a neefektivní. Efektivními variantami rozumíme takové, které jsou preferovány nejméně před jednou variantou a zároveň k nim není žádná preferující varianta. Konečný výstup se odvíjí od určených prahů preference a dispreference. U matic preference a dispreference je lepší vycházet z průměrných hodnot, které se následně postupně zpřísňují nebo zmírňují. [4] [11]

4.11 Metoda AHP

V roce 1980 byla tato metoda navržena profesorem Saatyem. U této metody musíme brát v úvahu všechny prvky, které mají vliv na výsledek analýzy. Celý rozhodovací problém bývá znázorněn jako hierarchická struktura, která obsahuje několik úrovní a každá z úrovní zahrnuje několik prvků. Vztahy mezi jednotlivými komponentami lze určit podobně jako u Saatyho metody stanovení vah. Na základě výpočtů Saatyho matic jsou v rámci těchto matic rozděleny hodnoty vah jednotlivých kritérií. Takové získané hodnoty bývají označovány jako preferenční indexy, z pohledu všech kritérií. V případě kdy sečteme jednotlivé preferenční indexy z pohledu všech kritérií, docílíme zisku hodnocení z pohledu všech rozhodovatelů a z pohledu všech kritérií. [17] [11] [4]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 MULTIKRITERIÁLNÍ HODNOCENÍ V PRAXI

V praktické části je vybráno několik metod stanovení vah kritérií a taktéž metod vícekritériálního hodnocení variant, které jsou demonstrovány na konkrétních praktických příkladech. U jednotlivých metod jsou v poslední kapitole shrnuty jejich výhody a nevýhody případně doporučení pro jaký typ použití je daná metoda vhodná.

5.1 Metody stanovení vah kritérií v praxi

Z těchto metod jsou popsány bodová stupnice s alokací 100 bodů, Saatyho metoda, Metoda postupného rozvrhu vah a Kompenzační metoda. Všechny tyto metody stanovení vah jsou popsány v teoretické části.

5.1.1 Bodová stupnice

Představme si soubor kritérií, který má hodnotit uchazeče pro vytvoření společného podniku se strojírenskou firmou. Berme v úvahu následující kritéria:

- Možnost rozšíření dodavatelského programu pro vývoz a do tuzemska (K1),
- Samostatné vystupování na mezinárodních trzích (K2),
- Propagace dalších výrobků firmy na trzích partnera (K3),
- Uplatnění dodávek firmy na trzích partnera (K4),
- Společné dlouhodobé vystupování na trzích (K5),
- Výroba technologicky příbuzných komponent pro obchodního partnera (K6),
- Vytížení kapacit partnera na nejbližší období (K7).

Za účelem stanovení vah použijeme bodovou stupnici s hodnotami od 1 do 5. Následující tabulka vychází z předem určených preferencí. (Tab. 6)

Tabulka 6: Stanovení vah kritérií na základě bodové stupnice

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Součet
Body	5	5	3	1	3	2	4	23
Normovaná váha	0,22	0,22	0,13	0,04	0,13	0,09	0,17	1

5.1.2 Porovnání pomocí preferenčního pořadí

U této metody budeme vycházet z předcházející tabulky. V první řadě je nutné určit preferenční uspořádání podle významnosti kritérií. Z tabulky vyplývá, že nejméně významné je kritérium K4 a nejvíce K2.

K2	K1,K3,K5,K6 a K7	K4
----	------------------	----

V další části ze souboru K1,K3,K5,K6 a K7 je pro nás nejdůležitější kritérium K1 a nejméně K6, čímž se nám opět mění pořadí kritérií.

K2	K1	K3,K5 a K7	K6	K4
----	----	------------	----	----

Z posledních třech kritérií je nejvýznamnější K7 a nejméně K3. Poslední kritérium K5 již není s čím porovnávat, tudíž skončí uprostřed pořadí. Nyní již tedy máme výsledné pořadí.

K2	K1	K7	K5	K3	K6	K4
----	----	----	----	----	----	----

V další tabulce je nutné stanovit nenormované váhy.

- Nejméně významnému kritériu K4 bude přisouzena váha 1
- Určíme si, kolikrát je poslední kritérium K6 významnější než kritérium K4
- Dále bude důležitost kritéria K4 porovnávána s K3 apod.
- V závěru bude provedeno normování vah (Tab. 7)

Tabulka 7: Porovnání významu kritérií pomocí preferenčního pořadí

Kritérium	K4	K6	K3	K5	K7	K1	K2	Součet
Body	1	2	3	4	5	6	7	26
Normované váhy	0,04	0,08	0,115	0,115	0,15	0,23	0,27	1

5.1.3 Saatyho metoda

I zde budeme vycházet ze stejného příkladu jako u předchozích metod. U Saatyho metody se stanovuje velikost preferencí jednotlivých dvojic kritérií z tabulky. (Tab. 8, 9) Zde řádky a sloupce obsahují kritéria hodnocení. Pro velikost preference se využívá tabulka s deskriptory, která je popsána v teoretické části. Budeme vycházet z maximálního rozpětí sedmi bodů, tudíž kritérium K2 je maximálně sedmkrát významnější než kritérium K4.

Tabulka 8: Preference dvojic u Saatyho metody

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1		1/2	2	6	2	3	2
K2			2	7	2	4	2
K3				3	1	2	1/2
K4					1/3	1/2	2/4
K5						2	1/2
K6							1/2
K7							

Tabulka 9: Saatyho matice s dopočítanými váhami kritérií

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Geometrický průměr	Výsledné váhy
K1	1	1/2	2	6	2	3	2	1,84	0,22
K2	2	1	2	7	2	4	2	2,39	0,29
K3	1/2	1/2	1	1/3	1	2	1/2	0,96	0,11
K4	1/6	1/7	1/3	1	1/3	1/2	1/4	0,32	0,04
K5	1/2	1/2	1	3	1	2	1/2	0,96	0,11
K6	1/3	1/4	1/2	2	1/2	1	1/2	0,58	0,07
K7	1/2	1/2	2	4	2	2	1	1,35	0,16

V případě, kdy je kritérium v řádku významnější než kritérium ve sloupci, zapíšeme do příslušného pole hodnotu, kterou hodnotitel vyjadřuje velikost preference kritéria uvedeném v řádku oproti kritériu ze sloupce. V opačném případě se zapíše obrácená hodnota daného počtu bodů. Například si představme následující situace:

- V případě že je kritérium K2 sedmkrát významnější než K4, zapíšeme do příslušného pole hodnotu 7,
- Pokud jsou dvě kritéria stejně významná, v uvedeném poli je hodnota 1,
- V situaci kdy je určité kritérium třikrát méně významné než druhé, zapíšeme hodnotu 1/3.

Pomocí geometrických průměrů se stanovují takzvané aproximativní hodnoty vah jednotlivých kritérií. V našem příkladu pro ukázkou například platí:

$$K1 = \sqrt[7]{1 * 0,5 * 2 * 6 * 2 * 3 * 2} = 1,84 \quad (22)$$

Po znormování geometrických průměrů dostáváme normované váhy celého souboru kritérií. Při uplatnění Saatyho metody však dochází oproti jiným metodám k výraznějším rozdílům u vah kritérií. Rozhodovatelé si v praxi totiž často špatně vykládají Saatyho bodovou stupnici pro posuzování významu dvojic kritérií podle správného postupu. Je nutné brát proto na zřetel, že jednotlivé hodnoty nám vyjadřují násobky či podíly vah porovnávaných kritérií.

5.1.4 Metoda postupného rozvrhu vah

Představme si následující situaci. Máme zadán soubor kritérií, který je uveden níže, abychom správně vyhodnotili podnikatelskou strategii firmy.

- Objem exportu (K1)
- Dosahovaná zahraniční cesta (K2)
- Počet zaměstnanců (K3)
- Energetická náročnost (K4)
- Opravy a údržba (K5)
- Hlučnost provozu (K6)
- Unikající látky v provozu (K7)
- Fyzická náročnost práce (K8)

Podle příbuznosti si můžeme soubor kritérií rozdělit podle příbuznosti do tří skupin, které obsahují:

- Efekty vycházející z exportu produkce (označíme jako skupinu S1 s kritérii K1 a K2),
- Úspora provozních nákladů (skupina S2 s kritérii K3, K4 a K5),
- Pracovní podmínky v provozu (skupina S3 s kritérii K6, K7 a K8). (Tab. 10)

Tabulka 10: Váhy kritérií a skupin u metody postupného rozvrhu vah

Skupina kritérií	Váhy skupin kritérií	Kritéria	Váhy kritérií v rámci skupin	Výsledné váhy
S1	0,5	K1	0,7	0,35
		K2	0,3	0,15
S2	0,3	K3	0,4	0,12
		K4	0,4	0,12
		K5	0,2	0,06
S3	0,2	K6	0,3	0,06
		K7	0,45	0,09
		K8	0,25	0,05

Dále máme stanovené váhy příslušných skupin a taktéž jednotlivých kritérií. Výslednou váhu získáme znásobením váhy z dané skupiny a váhy kritéria z rámce této skupiny. Pro ukázkou například berme v potaz váhu kritéria K1, kde platí, že $0,5 \cdot 0,7 = 0,35$. Pro kritérium K2 platí, že $0,5 \cdot 0,3 = 0,15$ apod. Výsledné váhy jsou již normovány. U vah skupin platí, že $0,5 + 0,3 + 0,2 = 1$.

Váhy jednotlivých kritérií ze skupin:

S1: $0,7 + 0,3 = 1$; S2: $0,4 + 0,4 + 0,2 = 1$; S3: $0,3 + 0,45 + 0,25 = 1$.

Výsledné váhy kritérií:

$0,35 + 0,15 + 0,12 + 0,12 + 0,06 + 0,06 + 0,09 + 0,05 = 1$

5.1.5 Kompenzační metoda

Nacházíme se v následující situaci. Jako vedoucí prodejny musíme rozhodnout, který z následujících podniků zvolíme jako hlavního dodavatele. Kritéria jsou stanovena následovně:

- Celkové náklady v Kč na nákup zboží v rámci týdenní spotřeby (K1),
- Čas ranní dovážky s nutností převzetí (K2),
- Reference týkající se poskytovaných služeb na základě známek 1-5 (K3),
- Způsob platby a doba splatnosti faktur (K4). (Tab. 11, 12)

Tabulka 11: Hodnocení výběru dodavatele

Kritérium	Váha	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
K1	0,4	10 875	10 860	10 840
K2	0,3	6:30	6:20	6:00
K3	0,2	1	4	3
K4	0,1	V hotovosti na místě	10 dní	7 dní

Tabulka 12: Stanovení vah kompenzační metodou

Kritérium	Jednotka	X^0	X^*	Změna	Pořadí	Nenormovaná váha	Normovaná váha
K1	Kč	10 875	10 840	35	4	20	0,08
K2	Hodina	6:00	6:30	0:30	1	100	0,38
K3	Známka	4	1	3	3	60	0,23
K4	Počet dní	0	10	10	2	80	0,31

Vzhledem k tomu, že důsledky některých variant jsou podobné, bylo potřeba váhy stanovit znovu na základě kompenzační metody. Sloupce X^0 a X^* označují nejhorší a nejlepší

variantu z pohledu veškerých kritérií. Dále bylo nutné určit nejméně a nejvýše preferované hodnoty ke každému kritériu, jenž jsou obsaženy ve sloupci změna. Ve sloupci pořadí je zaznamenáno pořadí důležitosti kritérií. Nenormované váhy poukazují na významnost jednotlivých změn. V poslední fázi jsou váhy normovány tak, aby jejich součet byl roven jedné.

5.2 Metody vícekritériálního hodnocení variant v praxi

V této kapitole bude popsáno několik vybraných metod pro vícekritériální hodnocení variant, jež jsou popsány v teoretické části. Metody budou aplikovány na praktických příkladech, přičemž v závěrečné kapitole budou vzájemně porovnány na základě silných a slabých stránek spolu s metodami pro stanovení vah.

Berme v úvahu následující situaci z běžného života. Člověk, který hledá práci, má na výběr ze tří firem, které si pracovně označíme jako podniky 1, 2 a 3. Zadaná kritéria jsou následující:

- Výše měsíčního platu v tisících Kč (K1),
- Doba dojezdu do zaměstnání v rámci minut (K2),
- Možnost karierního růstu – podle míry možnosti hodnoceno škálou 1, 2 a 3 (K3),
- Začátek pracovní doby (K4). (Tab. 13)

Tabulka 13: Stanovení kritérií

Kritéria/Podniky	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
K1	30	22	26
K2	60	30	45
K3	2	1	3
K4	9:00	7:30	8:00

5.2.1 Metoda TOPSIS

Jak bylo popsáno v teoretické části, tato metoda je založená na výběru varianty, jenž je nejdále od bazální varianty a nejbližší k ideální variantě. Charakter všech kritérií musí být maximalizační. Výše uvedené zadání aplikujeme na metodu TOPSIS s pomocí rovnic z teoretické části. Zadaná kritéria nejprve převedeme na maximalizační typ. (Tab. 14)

Tabulka 14: Převod na maximalizační typ

Kritéria/Podniky	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
K1	30	22	26
K2	0	30	15
K3	2	1	3
K4	9	7,5	8

Na základě vztahu (11) vytvoříme normalizovanou kritériální matici. (Tab. 15)

Tabulka 15: Normalizovaná kritériální matice

Kritéria/Podniky	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
K1	0,660978974	0,484717914	0,572848444
K2	0	0,894427191	0,447213595
K3	0,534522484	0,267261242	0,801783726
K4	0,634416639	0,528680533	0,563925901

Na základě vah získaných bodovací metodou matici znormujeme a posléze podle vztahu (12) vybereme pro každé kritérium bazální a ideální hodnotu. (Tab. 16)

Tabulka 16: Znормovaná matice

Kritéria/Podniky	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3	h_j	d_j
K1	0,330489487	0,242358957	0,286424222	0,330489487	0,24235895
K2	0	0,178885438	0,089442719	0,178885438	0
K3	0,133630621	0,06681531	0,200445931	0,200445931	0,06681531
K4	0,031720832	0,026434027	0,028196295	0,031720832	0,02643402 7

Podle vztahů (13) a (14) vypočítáme vzdálenost od ideální a bazální varianty a na základě rovnice (15) relativní vzdálenost od bazální varianty. Varianty seřadíme od nejvyšší po nejnižší na základě relativní vzdálenosti od bazální varianty. (Tab. 17)

Tabulka 17: Seřazení variant

Vzdálenosti/Podniky	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
d_i^+	0,19095624	0,160162678	0,099770587
d_i^-	0,110721391	0,178885438	0,166739306
c_i	0,367018894	0,527610771	0,625640213
Pořadí	3	2	1

5.2.2 Bazická varianta

Na základě vztahů z teoretické části (9, 10) přepočteme kritériální matici. Následně dopočítáme hodnoty agregovaného užítku a na základě těchto výsledků seřadíme varianty od nejvyšší po nejnižší. (Tab. 18)

Tabulka 18: Seřazení variant 2

Kritéria/Podniky	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3	Váhy
K1	1	0,733	0,867	0,5
K2	0,5	1	0,667	0,2
K3	0,0667	0,333	1	0,25
K4	1	0,833	0,889	0,05
$u(A_i)$	0,817	0,692	0,861	
Pořadí	2	3	1	

5.2.3 Metoda AHP

U této metody předpokládáme, že jeden hodnotitel porovnává kritéria mezi sebou a poté jednotlivé varianty na základě kritérií. Porovnání pro všechna kritéria jsou vyjádřena v následujících tabulkách. (Tab. 19, 20, 21, 22, 23, 24)

Tabulka 19: Porovnání kritérií

Kritéria	K1	K2	K3	K4
K1	1	1/5	1/3	1/7
K2	5	1	2	1/4
K3	3	1/2	1	1/5
K4	7	4	5	1
Geom. Průměr	3,20109	0,79527	1,35120	0,29072
Vážený průměr	0,56774	0,14105	0,23965	0,05156

Tabulka 20: Porovnání kritérií 2

Plat	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
Podnik 1	1	1/7	1/5
Podnik 2	7	1	2
Podnik 3	5	1/2	1
Geom. průměr	3,27107	0,41491	0,73681
Vážený průměr	0,73959	0,73681	0,16659

Tabulka 21: Porovnání kritérií 3

Doba cesty	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
Podnik 1	1	7	3
Podnik 2	1/7	1	1/3
Podnik 3	1/3	3	1
Geom. průměr	0,36246	2,75892	1
Vážený průměr	0,08795	0,66942	0,24264

Tabulka 22: Porovnání kritérií 4

Karierní růst	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
Podnik 1	1	7	3
Podnik 2	1/7	1	1/3
Podnik 3	1/3	3	1
Geom. průměr	1	0,38157	2,62074
Vážený průměr	0,24986	0,09534	0,65481

Tabulka 23: Porovnání kritérií 5

Pracovní doba	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3
Podnik 1	1	7	3
Podnik 2	1/7	1	1/3
Podnik 3	1/3	3	1
Geom. průměr	2,62074	0,38157	1
Vážený průměr	0,65481	0,09534	0,24986

Tabulka 24: Výsledné váhy

Kritéria/Podniky	Podnik 1	Podnik 2	Podnik 3	Váhy kritérií
K1	0,73959	0,09381	0,16659	0,56774
K2	0,08795	0,66942	0,24264	0,14105
K3	0,24986	0,09534	0,65481	0,23965
K4	0,6548	0,09534	0,24986	0,05156
Součet hodnocení	0,525943481	0,175444971	0,298611548	
Pořadí	1	3	2	

Všechna čtyři kritéria mají svoji váhu. Ta musí být rozdělena mezi všechny varianty.

V poslední tabulce jsou doplněné výsledné váhy jednotlivých variant na základě každého kritéria.

5.2.4 Metoda ELECTRE

V případě metody ELECTRE je nutné v prvním kroku určit množiny C a D . Pro ukázkou, máme-li dvojici A a B , pak množina $C_{A,B}$ je $\{1;3;4\}$ a množina D je $\{2\}$. Z toho plyne, že množina A je pro nás lepší z pohledu kritérií 1, 3 a 4, ale horší na základě kritéria 2. V opačném případě pokud budeme porovnávat B a A , pak $C_{B,A}=\{2\}$ a množina $D_{B,A}=\{1;3;4\}$. Varianta B je v tomto případě z pohledu kritéria 2 lepší než A a horší na základě kritérií 1, 3, 4. Z rovnic (18) a (20) vytvoříme matici preferencí označenou jako C a dispreferencí D .

$$C = \begin{pmatrix} - & 0,8 & 0,55 \\ 0,2 & - & 0,2 \\ 0,45 & 0,8 & - \end{pmatrix}$$

Jelikož porovnáváme mezi sebou pouze 3 varianty, má naše matice rozměr 3×3 . První z dvojice srovnávaných variant je zapsána v řádku a druhá ve sloupci. Výpočet probíhá za předpokladu pořadí A , B a C . Pro dvojici A a B platí, že $d_{A,B} = \frac{30}{30} = 1$. Z toho vyplývá, že v čitateli je nejvyšší rozdíl v kritériálních hodnotách A a B z pohledu všech kritérií. Pro dvojici B , A platí, že $d_{B,A} = \frac{8}{30} = 0,267$. Dále si stanovíme práh preference a dispreference. Poté je nutné sestavit matici na základě rovnice uspořádat matici preferencí (21).

$$P = \begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ 0 & - & 0 \\ 1 & 0 & - \end{pmatrix}$$

Jak je patrné z předchozího výpočtu, pouze varianta C je jedinou efektivní volbou. Je totiž preferována před jednou variantou a žádná preferující varianta k ní neexistuje. U výše uvedené matice P jsou ve sloupci samé nuly a pouze u variant C je v řádku jednička.

6 KOMPARACE JEDNOTLIVÝCH METOD

Preferenční seřazení variant, které je stanovené jednou z metod multikriteriálního hodnocení, slouží rozhodovateli pro výběr varianty určené k realizaci. Z toho důvodu by mělo dávat nejvíce spolehlivé informace týkající se vzájemné výhodnosti variant. Zvolené preferenční uspořádání se ovšem odvíjí od několika faktorů, mezi které patří:

- Váhy kritérií – znázorňují nám relativní důležitost kritérií
- Zvolená metoda pro multikriteriální hodnocení variant

Jelikož bývá časté, že rozhodovatelé nebývají schopní přesně určit své preference v rámci vah kritérií, je z takové věci jasné, že model multikriteriálního hodnocení je nutné brát jako nástroj pro experimentování. Preferenční uspořádání variant je tím pádem nutné definovat při změnách vah kritérií. Pouze v tomto případě, pokud není toto preferenční uspořádání změněno, není nijak citlivé na nedostatky stanovených vah kritérií a je schopno tak být základem pro výběr varianty pro realizaci řešení. Pokud je preferenční uspořádání výrazně citlivé na změny vah jednotlivých kritérií, je nutné se opět vrátit zpět ke kroku pro stanovení vah kritérií za účelem zvýšení spolehlivosti daných vah.

Na výsledné preferenční uspořádání variant má taktéž velký vliv zvolená metoda multikriteriálního hodnocení. Tyto metody mají ve své podstatě rozdílný algoritmičtý základ a některé tak využívají pouze některé informace, jež jsou v konečném důsledku variant vzhledem k dílčím kritériím rozhodování součástí.

Při multikriteriálním hodnocení variant tudíž není doporučeno opírat se pouze o výsledky vyplývající z užití pouze jediné metody, ale je vhodné jich použít více a tím tak ověřit takzvanou citlivost preferenčního uspořádání vzhledem k užitým metodám. Pouze v případě, kdy užitá metoda zůstává stále na prvním místě, je možné ji brát jako optimální. Pokud použijeme pouze jedinou metodu, nemusí být taková varianta první v pořadí preferenčního uspořádání v konečném souhrnu nejvýhodnější vzhledem ke zvolenému souboru kritérií hodnocení, nýbrž jen ke zvolené metodě multikriteriálního hodnocení. Realizace zvolené metody pro multikriteriální hodnocení nemusí splňovat naše očekávání v případě chtěného či nechtěného opominutí různých významných hledisek.

Specifika optimální varianty

- Soubor kritérií hodnocení obsahuje všechny podstatná hlediska a faktory, které musí rozhodovatel vzít na zřetel při výběru varianty pro danou realizaci,
- Výsledek rozhodovatelem zvolené varianty pro rozhodování dosáhne takových hodnot, ze kterých vycházel během multikriteriálním hodnocení.

6.1 Komparace metod pro stanovení vah kritérií

Mezi metodami pro stanovení vah patří typy metod, které jsou pro hodnotitele méně náročné, ale stejně tak i metody komplikovanější. Tato náročnost může mít několik podob jako například:

- Náročnost z pohledu informací – jedná se o informace, které je nutné získat od hodnotitele pro stanovení vah,
- Časová náročnost – týká se získávání informací od hodnotitele, nikoliv doba jejich zpracování.

6.1.1 Vyhodnocení bodové metody a metody alokace 100 bodů

Z pohledu náročnosti na typ informací, jenž je třeba získat od hodnotitele za účelem stanovení vah kritérií je tato metoda relativně jednoduchá. Z pohledu časové náročnosti je však tato metoda komplikovanější, jelikož rozhodovatel musí neustále dbát na to, aby se počet přidělených bodů příliš neoddaloval od přiděleného počtu sta bodů. Pokud se tomu tak stane, je nutné, aby rozhodovatel ihned podnikl korekci rozdělených bodů. Tato technika taktéž neposkytuje rozhodovateli příliš způsobů k potlačení svých osobních preferencí. Tato věc má za následek, že některá kritéria jsou nadhodnocována, aby bylo dosaženo výsledku, který si rozhodovatel přeje. Na schopnosti a dovednosti rozhodovatele jsou tak kladeny vysoké nároky. Metoda je vhodná spíše na jednoduché a méně závažné rozhodovací problémy, případně v situacích kdy je rozhodovatel pod velkým časovým tlakem a nemá tak možnost zvolit jinou metodu.

6.1.2 Vyhodnocení metody párového srovnávání

Metoda párového porovnávání patří díky své jednoduchosti k oblíbenějším. Velkou výhodou je to, že velmi dobře hodnotí jak kvalitativní tak kvantitativní kritéria. Díky této technice se nezvyšuje obtížnost spolu s rostoucím množstvím dat, jelikož složitější rozhodovací problémy rozděluje na jednoduché posuzování dvou hodnot. Tím že však

daný problém rozkládá na dílčí porovnávání hodnot, nese to s sebou taktéž i vysokou časovou náročnost ve srovnání s jinými metodami. Výsledkem je poté to, že vzniká velké množství výpočtů, které ačkoliv mohou být jednoduché, mohou přinést mnoho chyb, jestliže nevyužijeme výpočetní technologie k získání výsledků. Z celkového hlediska tato metoda poskytuje vynikající výsledky, což vyvažuje její časovou náročnost. Pro ušetření času je v tomto případě vhodné využít softwarové nástroje.

6.1.3 Vyhodnocení Saatyho metody

Oproti ostatním metodám dochází při praktické aplikaci Saatyho metody k výraznější diferenciaci vah kritérií. Znamená to, že váhy významnějších kritérií jsou vyšší a váhy u méně významných kritérií jsou podstatně nižší, než je to při aplikaci jiných metod. Problém je v tom, že hodnotitelé si často nesprávně vykládají bodovou stupnici navrženou Saatyem pro posuzování dvojic kritérií. V některých případech může být význam jednotlivých deskriptorů u Saatyho bodové stupnice zavádějící. Je proto dobré uplatňovat upravenou stupnici, která nemusí být celočíselná. Z pohledu náročnosti je Saatyho metoda nejtěžší, jelikož od hodnotitele požaduje informace o intenzitě preferencí mezi kritérii.

6.1.4 Vyhodnocení metody postupného rozvrhu vah

Tato metoda především snižuje náročnost na rozhodovatele. Ten určuje jenom váhy skupin jednotlivých kritérií a váhy kritérií, která jsou věcně blízká v rámci daných skupin. Jinými slovy tedy rozhodovatel nemusí posuzovat důležitost kritérií, která jsou obsahově zcela odlišná. Dále tato metoda zaručuje dodržení stanovených relací mezi jednotlivými skupinami kritérií. Tento fakt má pro nás význam především v případě, kdy máme nevyvážený soubor kritérií, co se počtu týče. V situaci, kdy soubor kritérií obsahuje například pět ekonomických kritérií, pět technologických kritérií a jen jedno ekologické kritérium, mohla by nastat situace, že by kritéria neekologického charakteru mohla dosáhnout neoprávněně vyšší váhy díky svému převažujícímu počtu. Při použití této metody však nezáleží na počtu kritérií ekologického charakteru. Jestliže bychom na začátku během stanovení vah skupin zadali, že důležitost ekologické oblasti je například 40%, pak by váha jediného takového kritéria byla taktéž 40%.

6.1.5 Vyhodnocení kompenzační metody

Kompenzační metoda je ve své podstatě dost podobná metodě přímého stanovení vah, jelikož se převážně jedná o rozšíření této metody, než o samostatnou metodu. Je velmi

rychlá především u využití ve výpočetní technice. Rozhodovateli tato metoda přináší možnost nového pohledu na rozhodovací problém, jelikož jako jediná používá pro rozhodování rozsah mezi nejlepší a nejhorší variantou. Co se nedostatků týče, pak je tato metoda složitější na časovou náročnost, jelikož musíme znát všechny varianty před ohodnocením. Oproti ostatním metodám využívá kompenzační metoda podstatně více výpočtů. V praxi je vhodnější spíše jako podpůrná metoda k ostatním.

6.2 Komparace metod multikriteriálního hodnocení variant

Tato podkapitola je věnována vyhodnocení metod multikriteriálního hodnocení variant spolu s nastíněním silných a slabých stránek, tak jako tomu bylo u předešlé podkapitoly zaměřené na metody stanovení vah.

6.2.1 Vyhodnocení bodovací metody

Bodovací metoda je jak pro kvantitativní kritéria, která jsou měřitelná v rámci metrické stupnice, tak kvalitativní, která jsou měřitelná v rámci ordinální stupnice. Díky této technice je možné kritéria, která jsou čistě kvalitativního charakteru převést na kvantitativní a stanovit tak jejich relativní hodnotu. Je taktéž možné, kvantitativní kritéria, která jsou měřena v rozdílných jednotkách převést na bodovací jednotky. Kritéria obojího charakteru jsou tak posléze vyjádřena společně v počtech bodů. U kvantitativních kritérií však tímto způsobem může dojít ke ztrátě určité části informace. Tato metoda však v konečném důsledku splňuje všechny požadavky, jež jsou kladeny na metody multikriteriálního hodnocení. Na rozhodovatele však může být díky této metodě kladeny velké a poměrně zbytečné nároky. Je totiž nutné, aby některá kritéria obodoval vícekrát, což ovšem umožňuje práci s jeho užitkovou funkcí.

6.2.2 Vyhodnocení metody vícekritériální funkce užítka za jistoty

Tato metoda je vhodná spíše pro hodnocení kritérií kvantitativního charakteru. V obecném případě je konstrukce vícekritériální funkce užítka za jistoty vcelku dost obtížnou záležitostí. V praktických aplikacích se proto pracuje s aditivním tvarem této funkce, který je do značné míry jednodušší. V takovém případě je však nutné splnění takzvané preferenční nezávislosti souboru kritérií. Tento fakt je nejprve nutné ověřit. V praxi je celkem častým tvarem lineární dílčí funkce užítka, jelikož pro řadu kritérií znamenají pro rozhodovatele stejné přírůstky, respektive stejné poklesy hodnot daného kritéria vždy stejný přínos. Při uplatnění vícekritériální funkce užítka za účelem stanovení uspořádání

preferencí variant je nutné znát váhy jednotlivých kritérií. Při konstrukci multikritériální funkce užítku může dojít ke zkreslení výsledků, pokud rozhodovatel použije předem stanovené váhy. Problém je v tom, že nebudou respektována rozpětí důsledků variant pořadí vzhledem ke konkrétním kritériím. Aby k takovému problému nedošlo, je lepší využít váhy stanovené na základě kompenzační metody. Takové váhy totiž respektují důsledky variant vzhledem k jednotlivým kritériím.

6.2.3 Vyhodnocení bazické varianty

Bazická varianta je chápána jako varianta, která dosahuje nejlepších hodnot kritérií z celého souboru variant. Pro jednotlivá kritéria nabývá cílových hodnot. Z této metody vyplývá nedostatek, který si často rozhodovatelé neuvědomují. U všech kritérií výnosového typu se totiž předpokládá konstantní růst přínosu pro hodnotitele, při stále stejných přírůstcích hodnot kritérií, ovšem u kritérií nákladového typu degresivní pokles přínosu při stejných přírůstcích těchto kritérií. Tato metoda má využití především u hodnocení variant s kvantitativními kritérii. Předností metody bazické varianty je snadná pochopitelnost, srozumitelnost pro rozhodovatele a taktéž menší náročnost na informace, které je třeba získat. K hlavním nedostatkům patří již zmíněné zjednodušující předpoklady.

6.2.4 Vyhodnocení kompenzační metody

Tato metoda se odlišuje především tím, že nevyžaduje stanovení vah kritérií. Odvíjí se od základu procesu, který využívá praktickou dominanci k postupné eliminaci variant, ekvivalentních výměn k postupné eliminaci kritérií hodnocení. Následkem vznikne jediná optimální varianta nebo soubor malého počtu variant s jedinou dominující. Tato metoda je relativně snadná, ovšem je zapotřebí, aby rozhodovatel měl již dostatečnou praxi. Předností však je to, že nutí rozhodovatele, aby přemýšlel o každé výměně měřitelným a racionálním způsobem. Je zde i vedlejší přínos, který spočívá v získání mnohem přesnější představy a pochopení toho, co je pro firmy důležité.

6.2.5 Vyhodnocení metody TOPSIS

Jak již bylo zmíněno v teoretické části, metoda TOPSIS je založena na výpočtu vzdálenosti od ideální a bazální varianty. Při výpočtu založeném na konstrukci normalizované matice nastává problém, kdy výsledné pořadí variant bývá změněno poté, co jsou do modelu přidány nové varianty, či bývá odebrána některá z původních. Tato nevýhoda se dá redukovat pomocí výpočtu, založeném na maximálním ohodnocení ze všech variant.

Taková metoda je mimo to také velmi jednoduchá na výpočet, jelikož se jedná o lineární transformaci. Na druhé straně ovšem tolik nezachovává konzistenci pořadí a je více citlivá na změnu vah.

6.2.6 Vyhodnocení metody ELECTRE

Metoda ELECTRE patří mezi metody, které jsou založeny na prazích citlivosti. Postup u této metody je algoritmicky velice náročný a neobejde se bez použití specializovaného softwaru. Od ostatních metod pro vícekritériální rozhodování je rozdílná v tom, že jejím výpočtem nezískáme číselně vyjádřené celkové ohodnocení jednotlivých variant pro rozhodování. Výsledkem je pouze rozklad souboru hodnocených variant na několik indifferenčních tříd a taktéž preferenční uspořádání těchto tříd. Varianty, které jsou obsažené v každé indifferenční třídě lze považovat za varianty rovnocenné z pohledu kompletního souboru kritérií. Nevýhodou této metody je, že nepoužívá normovanou matici.

6.2.7 Vyhodnocení metody AHP

Jednou z výhod této metody je, že neklade velké nároky na rozhodovatele. Pro tuto metodu existuje software přímo určený na výpočet hodnocení. I bez použití softwaru se dá dosáhnout skvělých výsledků na základě výpočtu geometrických průměrů. Další věcí je dosažení přehlednosti díky tomu, že se rozhodovací problém člení do hierarchie. Metoda je vhodná jak pro kvantitativní tak kvalitativní kritéria. K dispozici bývá taktéž dokumentace, která nám zobrazuje, jakým způsobem se získaly váhy všech kritérií, což usnadňuje rozhodovateli kontrolu. Co se týká dílčích vah jednotlivých kritérií, je možné zde měřit takzvanou míru konzistence a nekonzistence. V celkovém součtu má tato metoda široké uplatnění. Mezi nevýhody můžeme řadit velké množství párových porovnání, což je samozřejmě náročné jak časově tak výpočetně. Dále taktéž využití Saatyho matice u této metody se musíme potýkat s hodnocením na 1-9 bodové stupnici, které může být u některých rozhodovacích problémů až příliš hrubé. Další z věcí, která patří mezi nevýhody této metody je, že vstupní hodnocení variant preferencí mezi jednotlivými kritérii bývá zadáváno slovně, kdežto výstupy jsou vyjádřeny číselně. Jako řešení se používá postup, kdy výsledná hodnocení každých dvou variant se navzájem podělí a následná interpretace je poté provedena na slovní stupnici, podobně jako tomu je u jednotlivých hodnocení.

6.3 Shrnutí komparace jednotlivých metod

Pro lepší přehlednost v rámci porovnání jednotlivých metod stanovení vah i vícekritériálního hodnocení poslouží následující dvě tabulky. Ty obsahují stručné shrnutí jednotlivých metod obsažených v předešlé podkapitole. Jsou zde nastíněny hlavní výhody a nevýhody jednotlivých metod, případně doporučení pro způsob použití dané metody. (Tab. 25, 26)

Tabulka 25: Shrnutí metod stanovení vah kritérií

Metody stanovení vah kritérií		
Název metody	Silné stránky	Slabé stránky
Bodová stupnice a metoda alokace 100 bodů	Jednoduchost, nenáročnost na typ informací od rozhodovatele.	Riziko nadhodnocení kritérií, pouze pro triviální rozhodovací problémy.
Metoda párového porovnávání	Jednoduchost, pro kvalitativní i kvantitativní kritéria. Skvělé výsledky.	Časová náročnost díky velkému množství výpočtů.
Saatyho metoda	Určuje, kolikrát je jedno kritérium významnější, než druhé. Více rozlišuje jednotlivá kritéria.	Náročnější na informace od hodnotitele, výraznější diference mezi váhami.
Metoda postupného rozvrhu vah	Nenáročná, dodržení relací mezi skupinami kritérií, vhodná pro velké soubory kritérií.	Riziko zkreslení výsledků díky malému rozsahu mezi nejlepší a nejhorší variantou.
Kompenzační metoda	Rychlost, použití rozsahu mezi nejlepší a nejhorší variantou.	Nutná znalost všech variant před ohodnocením.

Tabulka 26: Shrnutí metod multikriteriálního hodnocení variant

Metody multikriteriálního hodnocení variant		
Název metody	Silné stránky	Slabé stránky
Bodovací metoda	Pro kvalitativní i kvantitativní kritéria.	Velké nároky na rozhodovatele.
Metoda vícekriteriální funkce užítka za jistoty	Vynikající u kvantitativních kritérií.	Riziko zkreslení výsledků.
Bazická varianta	Snadná pochopitelnost a srozumitelnost pro rozhodovatele.	Předpokládá linearitu pro výnosová kritéria a nelineární průběh pro nákladová kritéria.
Kompenzační metoda	Jednoduchost, nevyžaduje stanovení vah kritérií.	Nároky na zkušenost rozhodovatele.
TOPSIS	Jednoduchost na výpočet, oblíbenost u rozhodovatelů.	Citlivost na změnu vah, nezachovává konzistenci pořadí.
ELECTRE	Vhodná pro velké soubory kritérií.	Algoritmická náročnost, nutnost specializovaného softwaru, nepoužívá normovanou matici.
AHP	Nízké nároky na rozhodovatele, přehlednost, pro kvantitativní i kvalitativní kritéria, široké uplatnění.	Výpočetně náročná, hrubé rozpětí rozhodovací stupnice.

ZÁVĚR

V první části této bakalářské práce byly nejprve definovány základní pojmy, které je nutné znát při práci s technikami pro vícekritériální rozhodování. Dále byly popsány metody, které využívají stupnice a škály, s jejich následným vyhodnocením. V další fázi již byly zmíněny metody pro stanovení vah kritérií a metody multikritériálního hodnocení variant. Praktická část se již věnovala vysvětlení metod stanovení vah a metod vícekritériálního hodnocení variant na praktických příkladech s následnou komparací jednotlivých metod, stanovením silných a slabých stránek a taktéž doporučením pro jakou situaci je vhodné jednotlivé metody využít.

V praxi se velmi ztěžka setkáme se situací, že v souboru hodnocených variant je pouze jediná varianta, která je z pohledu všech kritérií nejlepší. Některé varianty jsou z určitých stránek lepší a naopak na základě jiných kritérií jsou horší než ostatní. Je tedy nutné brát v potaz takzvaný vícekritériální charakter rozhodovacích problémů. To znamená, že jejich řešení je nutné posoudit z pohledu vyššího počtu kritérií, v rámci kterých bývá typická jejich nesourodnost. Při hodnocení variant je lepší celý proces rozdělit na dílčí části s účelem redukování souboru variant o nepřípustné a méně výhodné varianty.

Rozhodovatelé často při výběru variant používají jednoduché metody, které na jednu stranu rychle vedou k výběru jedné varianty, ovšem následkem bývá až příliš velké zjednodušení. Jak již bylo zmíněno v poslední kapitole, často se stává, že rozhodovatelé nejsou schopni u stanovení vah kritérií přesně definovat jednotlivé preference, což vede k určitým chybám, kterými jsou zatíženy jednotlivé váhy. Z toho vyplývá, že model multikritériálního hodnocení je lepší brát jako nástroj pro experimentování. Uspořádání variant na základě preferencí, je nutné určovat při změnách vah kritérií. Pouze v takové situaci není toto uspořádání citlivé na nepřesnosti stanovených vah. V opačném případě je nutné vrátit se k prvnímu kroku stanovení vah a zvýšit tak míru spolehlivosti těchto vah. Při aplikaci metod pro multikritériální hodnocení není příliš dobré se spoléhat pouze na výsledky získané na základě použití jediné rozhodovací metody, ale je spolehlivější uplatnit více takových metod na jeden problém. Pouze v situaci, kdy zvolená varianta zůstává stále na prvním místě při aplikaci více metod, je možné ji brát jako optimální.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KŘUPKA, Jiří, Miloslava KAŠPAROVÁ a Renáta MÁCHOVÁ. Rozhodovací procesy [online]. In: . UNIVERZITA PARDUBICE, 2012, s. 1-70 [cit. 2018-03-07]. ISBN 978-80-7395-478-9. Dostupné z: <http://docplayer.cz/1157600-Jiri-krupka-miloslava-kasparova-renata-machova.html>
- [2] BOROVCOVÁ, Martina. Metody vícekriteriálního hodnocení variant a jejich využití při výběru produktu finanční instituce [online]. In: . [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: https://www.ekf.vsb.cz/export/sites/ekf/rmfr/.content/galerie-dokumentu/2014/plne-zneni-prispevku/Borovcova.Martina_1.pdf
- [3] SOUKOPOVÁ, Jana. Vícekriteriální metody hodnocení [online]. In: . [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MPV_VZVP/um/33148301/Studijni_text_metody_vice_kriterialniho_rozhodovani.pdf
- [4] Vícekriteriální rozhodování za jistoty [online]. In: . [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/tspp/data/teorie/Vicekritko.pdf>
- [5] HOVORKA, Milan. Využití metod multikriteriálního hodnocení v bezpečnostní praxi. Zlín, 2013. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky.
- [6] TLAČBABOVÁ, Jana. Multikriteriální hodnocení vybraných vysokých škol. Jihlava, 2013. VYSOKÁ ŠKOLA POLYTECHNICKÁ JIHLAVA.
- [7] FURIŠOVÁ, Nikola. Uplatnění vícekriteriálního rozhodování ve společnosti FOINIA, spol. s r.o. Praha, 2015. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.
- [8] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. Manažerské rozhodování - Postupy, metody a nástroje (3.vydání). Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.
- [9] OLIVKOVÁ, Ivana. APLIKACE METOD VÍCEKITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ PŘI HODNOCENÍ KVALITY VEŘEJNÉ DOPRAVY [online]. Ostrava, 2011, 6(4), 1-11 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/23_2011/Olivkova.pdf
- [10] BLAŽEK, Tomáš. Aplikace vícekriteriálního rozhodování ve společnosti T O D O p roduction , s. r. o. Praha, 2015. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta strojní.

- [11] VRBOVÁ, Lucie. Aplikace principů vícekriteriálního rozhodování při hodnocení nabídek ve veřejných zakázkách. Praha, 2015. Disertační práce. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta podnikohospodářská. Vedoucí práce Prof. Ing. Jiří Fotr, CSc.
- [12] Multikriteriální analýza (MCA) [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=66401
- [13] BROŽOVÁ, Helena. Vícekriteriální model teorie rozhodování [online]. 2000 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/101667/vicekriterialni-model-teorie-rozhodovani>
- [14] KOLAJOVÁ, Lenka. Týmová spolupráce: jak efektivně vést tým pro dosažení nejlepších výsledků. Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 80-247-1764-6.
- [15] TIHLAŘÍKOVÁ, Jana. Využití vícekriteriálních hodnocení nabídek při zadávání zakázek. Uherské Hradiště, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení.
- [16] JABLONSKÝ, Josef. Metody vícekriteriálního rozhodování a HTA [online]. In: . Praha, s. 1-15 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://czechhta.cz/wp-content/uploads/2013/02/Metody-v%C3%ADcekriteri%C3%A1ln%C3%ADhoro rozhodov%C3%A1n%C3%AD-a-HTA.pdf>
- [17] DOUBRAVOVÁ, Hana. Vícekriteriální analýza variant a její aplikace v praxi. České Budějovice, 2009. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Jana Friebelová, Ph.D.
- [18] PROCHÁZKOVÁ, Lucie. *Uplatnění metod třídy PROMETHEE v praktických analýzách*. Praha, 2014. Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta informatiky a statistiky. Vedoucí práce Mgr. Jana Sekničková, Ph.D.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AHP	Analytic Hierarchy Process
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Realité
ORESTE	Organization, Rangement Et Synthese De Donnees Relationnelles
PRIAM	Programme utilisant l'intelligence artificielle en multicritère
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma metody preferenčního pořadí stanovení vah.....	19
Obrázek 2: Rozdělení metod vícekriteriálního hodnocení variant	26

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Příklad kritériální matice	14
Tabulka 2: Likertova stupnice	16
Tabulka 3: Likertova stupnice 2	16
Tabulka 4: Fullerův trojúhelník	20
Tabulka 5: Stupnice Saatyho metody	22
Tabulka 6: Stanovení vah kritérií na základě bodové stupnice	34
Tabulka 7: Porovnání významu kritérií pomocí preferenčního pořadí.....	35
Tabulka 8: Preference dvojic u Saatyho metody	36
Tabulka 9: Saatyho matice s dopočítanými váhami kritérií	36
Tabulka 10: Váhy kritérií a skupin u metody postupného rozvrhu vah.....	38
Tabulka 11: Hodnocení výběru dodavatele	39
Tabulka 12: Stanovení vah kompenzační metodou	39
Tabulka 13: Stanovení kritérií	40
Tabulka 14: Převod na maximalizační typ	41
Tabulka 15: Normalizovaná kritériální matice	41
Tabulka 16: Znормovaná matice	41
Tabulka 17: Seřazení variant	42
Tabulka 18: Seřazení variant 2	42
Tabulka 19: Porovnání kritérií.....	43
Tabulka 20: Porovnání kritérií 2	43
Tabulka 21: Porovnání kritérií 3	43
Tabulka 22: Porovnání kritérií 4	44
Tabulka 23: Porovnání kritérií 5	44
Tabulka 24: Výsledné váhy	44
Tabulka 25: Shrnutí metod stanovení vah kritérií	52
Tabulka 26: Shrnutí metod multikritériálního hodnocení variant	53