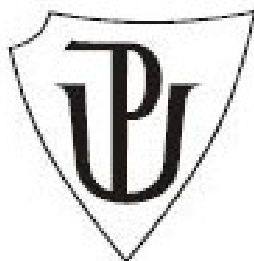


**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA MATEMATICKÉ ANALÝZY A APLIKACÍ MATEMATIKY

# **Bakalářská práce**

Metody stanovení vah kritérií v modelech  
vícekriteriálního rozhodování



Vedoucí bakalářské práce:

**RNDr. Ondřej Pavlačka, Ph.D.**

Rok odevzdání: 2011

Vypracoval:

**Lukáš Héža**

M-E, III. ročník

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením RNDr. Ondřeje Pavlačky, Ph.D. a že jsem v seznamu použité literatury uvedl všechny použité zdroje.

Ve Vyškově dne 16. dubna 2011

Chtěl bych zde poděkovat RNDr. Ondřeji Pavlačkovi Ph.D. za pomoc, kterou jsem od něj při psaní této bakalářské práce obdržel prostřednictvím rad, konzultací, komentářů, nápadů, ale také za čas, který mi věnoval a za spolupráci. Rád by také poděkoval mým rodičům za finanční podporu a mojí partnerce za podporu psychickou, kterou mi poskytují po celou dobu mého studia.

# Obsah

<b>Úvod</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Teoretická část</b> .....	<b>5</b>
1.1 Úvod k vícekriteriálnímu rozhodování.....	5
1.2 Metody stanovení vah kritérií .....	8
1.2.1 Metfesselova alokace .....	8
1.2.2 Kompenzační metoda.....	9
1.2.3 Saatyho metoda .....	11
1.3 Metoda váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů.....	12
<b>2. Praktická část</b> .....	<b>16</b>
2.1 Kritéria .....	16
2.1.1 Popis kritérií .....	17
2.1.2 Hodnocení podle kritérií.....	20
2.2 Varianty.....	21
2.3 Stanovení vah kritérií pomocí Metfesselovi alokace .....	23
2.3.1 První způsob.....	23
2.3.2 Druhý způsob .....	25
2.4 Stanovení vah kritérií pomocí Kompenzační metody .....	26
2.4.1 Otestování preferenční nezávislosti kritérií.....	27
2.4.2 První způsob.....	30
2.4.3 Druhý způsob .....	34
2.5 Stanovení vah kritérií pomocí Saatyho metody .....	36
2.5.1 První způsob.....	36
2.4.3 Druhý způsob .....	39
2.6 Závěrečné shrnutí .....	41
<b>Závěr</b> .....	<b>45</b>
<b>Literatura</b> .....	<b>46</b>
<b>Seznam příloh</b> .....	<b>47</b>
<b>Příloha</b> .....	<b>48</b>

# Úvod

V životě často nastává situace, kdy se člověk musí rozhodnout a vybrat tak pouze jediné řešení z několika možných, a to takové, které se jeví jak nejlepší. Může se jednat o situace z denního života, jako je výběr nejlepšího produktu z dané nabídky (auta, ledničky, televize,...), ale také o situace z ekonomické oblasti jako např. výběr firmy, které poskytneme zakázku na výrobu stroje, či výběr z více variant realizací daného projektu, jiný příklad může být výběr nového zaměstnance podniku, volba vysoké školy, rozhodování, kam vložit volné peněžní prostředky, do jakých cenných papírů investovat atd. S rozhodováním se lze setkat téměř všech oblastech lidského života.

Z těchto příkladů je patrné, že rozhodování má velký význam, protože mezi variantami ze kterých volíme, mohou být velké rozdíly a ne úplně optimální volba pro nás může znamenat negativní důsledky či ztrátu ve srovnání se situací, kdy bychom zvolili optimální čili „nejlepší“ možnost.

Rozhodování na základě více kritérií je složitý proces, který je velmi ovlivněn pocity a neobjektivností rozhodovatele. Metody vícekriteriálního rozhodování umožňují na základě matematických postupů minimalizovat tyto nedostatky a nalézt „správné“ řešení dané situace.

Složitější a také více vypovídající postupy pracují s vahami kritérií. Tyto váhy hrají při řešení rozhodovacího problému významnou roli, neboť vyjadřují důležitost kritérií. Existují různé metody, které slouží pro jejich stanovení a které se objevují v celé řadě literatury. Cílem této práce bude porovnat vybrané metody stanovení vah kritérií v modelech vícekriteriálního rozhodování a pokusit se ohodnotit jejich vypovídající schopnost při výběru optimálního řešení daného problému.

Bakalářská práce se skládá ze dvou základních částí: teoretická a praktická. V teoretické části se pokusím vysvětlit základní pojmy využívané ve vícekriteriálním rozhodování a popsat jednotlivé metody stanovení vah. V praktické části potom předvedu aplikaci těchto metod na konkrétním příkladu a zhodnotím a porovnáím získané výsledky. Na konci práce se nachází příloha s materiály, které se váží k praktické části.

# 1. Teoretická část

## 1.1 Úvod k vícekriteriálnímu rozhodování

V této úvodní podkapitole se zaměřím na popis základních pojmů, které souvisejí s vícekriteriálním rozhodováním a se kterými budu dále pracovat. Při psaní této podkapitoly jsem vycházel z literatury [1], [2] a [3].

*Rozhodovací proces* nejčastěji znamená proces řešení problému, který má více než jednu možnost řešení. Řešení vícekriteriální rozhodovací úlohy představuje postup, jehož cílem je nalezení „optimálního“ stavu systému vzhledem k více než jednomu uvažovanému kritériu. Tento postup se nazývá vícekriteriální optimalizace.

Rozhodovací proces se skládá z těchto dílčích činností (fází):

- Formulování a stanovení cílů rozhodovacího problému
- Volba kritérií rozhodování
- Vytvoření souboru variant, které slouží k řešení daného problému
- Ohodnocení variant podle rozhodovacích kritérií
- Výběr optimální varianty, která řeší daný problém

V případě, že rozhodovací proces obsahuje všechny výše zmíněné fáze, potom se jedná o rozhodovací proces v širším slova smyslu. O rozhodovacím procesu v užším slova smyslu mluvíme tehdy, pokud cíle, kritéria i rozhodovací varianty jsou již stanoveny.

*Cíl rozhodování* je určitý budoucí stav systému (okolí rozhodovatele), který plyne z nutnosti uspokojit určité potřeby nebo plnit jisté funkce. K dosažení cíle má sloužit některá z variant rozhodování.

*Variantami* rozumíme různé prvky, které má smysl vzájemně porovnávat nebo je lze uvažovat pro výběr v určitém konkrétním rozhodování. Soubor neboli množina  $n$  variant se označuje jako  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , kde  $x_1, x_2, \dots, x_n$  představují jednotlivé konkrétní varianty. Platí, že čím je soubor variant rozsáhlejší, tím více se dá očekávat, že nalezená optimální

varianta skutečně (co nejvíce) odpovídá stanovenému cíli rozhodování. *Optimální variantou* rozumíme takovou, která se v dané situaci jeví jako nejvýhodnější.

Cíl rozhodování lze rozložit do dílčích cílů, které se převádějí do formy *rozhodovacích kritérií*. Jinak řečeno, kritéria představují transformované dílčí cíle řešení problému, to znamená jakási hlediska, podle nichž jednotlivé varianty posuzujeme a vybíráme optimální variantu. Množinu  $m$  kritérií označujeme jako  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ , kde  $K_1, K_2, \dots, K_m$  vyjadřují jednotlivá kritéria.

Při volbě souboru kritérií je nutné dodržovat tyto zásady:

- *Úplnost* – kritéria by měla beze zbytku vyjadřovat celkový cíl
- *Neredundance* – nenadbytečnost kritérií v souboru, neuvažují se kritéria, jejichž hodnoty lze odvodit z hodnot jiných kritérií
- *Minimální počet kritérií* – příliš velký počet kritérií způsobuje neprůhlednost modelu hodnocení
- *Měřitelnost* – musíme být schopni ohodnotit variantu podle každého kritéria v souboru
- *Jasně definovaný obsah* – je třeba přesně znát, co jednotlivé kritérium vyjadřuje

Kritéria dělíme podle charakteru na kvantitativní a kvalitativní. *Kvantitativní kritéria* vyjadřují množství určité vlastnosti a jsou zadány číslem. Kvantitativní kritéria dále členíme podle toho, zda mají rostoucí či klesající preferenci. V prvním případě jsou nejlépe hodnoceny varianty, které nabývají nejvyšších hodnot podle tohoto kritéria. V případě druhém - u kvantitativního kritéria s klesající preferencí - upřednostňujeme nízké hodnoty variant, to znamená, čím nižší hodnota, tím lépe je varianta hodnocena podle tohoto kritéria. *Kvalitativní kritéria* nejsou původně zadány číslem a udávají kvalitu vlastnosti, ohodnocujeme je slovně.

Podle použité stupnice se hodnocení variant vzhledem ke kritériím dělí na nominální, ordinální a kardinální. *Nominální hodnocení* umožňuje pouze rozlišit, zda je dvojice variant stejná nebo různá. *Ordinální hodnocení* znamená, že jsme již schopni varianty seřadit podle důležitosti podle daného kritéria. Některé varianty mohou být hodnoceny stejně. *Kardinální hodnocení* se rozděluje na relativní a absolutní. *Kardinální hodnocení s relativní povahou* poskytuje informaci nejen o uspořádání variant, ale také o relativních rozdílech mezi variantami na daném souboru. Pokud posuzujeme varianty jednotlivě a rozhodujeme, zda

danou variantu přijmeme či zamítneme, pak se jedná o *kardinální hodnocení absolutního typu*.

*Subjektem rozhodování* rozumíme jednotlivce nebo skupinu jednotlivců, kteří rozhodují. *Objekt rozhodování* představuje systém, ve kterém se stanovuje rozhodovací problém, cíl, kritéria i varianty rozhodování.

*Váhy kritérií* jsou nezáporná reálná čísla, která vyjadřují rozdílnou významnost kritérií. Čím je kritérium významnější, tím vyšší váha se mu přiřazuje. Váhy kritérií  $K_1, K_2, \dots, K_m$  označujeme jako  $W_1, W_2, \dots, W_m$ . V tomto případě mluvíme o tzv. *nenormovaných vahách*.

Abychom byli schopni váhy stanovené různými metodami porovnávat, je zapotřebí je *znormovat*. Normování nenormovaných vah  $W_j \geq 0, j = 1, \dots, m$  se provádí podle vzorce:

$$V_j = \frac{W_j}{\sum_{k=1}^m W_k}, \quad (1)$$

kde  $V_j \geq 0, j = 1, \dots, m$  představují *normované váhy*, které se vyznačují tím, že nabývají hodnot z intervalu  $\langle 0, 1 \rangle$  a jejich součet se musí rovnat jedné:

$$\sum_{j=1}^m V_j = 1, \quad (2)$$

Váhy kritérií lze interpretovat čtyřmi možnými způsoby:

- Jestliže váha  $i$ -tého kritéria je větší nebo rovna váze  $j$ -tého kritéria pro každé  $i, j = 1, \dots, m$ , pak  $i$ -té kritérium je významnější nebo stejně významné jako  $j$ -té kritérium. V tomto případě hovoříme o ordinální informaci o významnosti kritérií.
- Váhy vyjadřují míru substituce  $i$ -tého kritéria  $j$ -tým. Jedná se o kardinální informaci relativního typu.
- Váhy vypovídají o tom, kolikrát je  $i$ -té kritérium významnější než  $j$ -té. Opět zde mluvíme o kardinální informaci relativního typu.
- Váhy vyjadřují procentuální podíl kritéria (jakožto transformovaného dílčího cíle) na celkovém cíli. Zde se jedná o kardinální informaci absolutního typu.



## 1.2 Metody stanovení vah kritérií

Teoreticky zde popíší tři vybrané metody, a to Metfesselovu alokaci, Kompenzační metodu a Saatyho metodu, které budou sloužit ke stanovení vah v Praktické části, také tam budou mezi sebou porovnávány a hodnoceny z hlediska vhodnosti použití.

### 1.2.1 Metfesselova alokace

Při psaní této podkapitoly jsem vycházel z literatury [1] a [2].

Metfesselova alokace je založena na tom, že rozhodovatel přímo zadává normované váhy kritérií. Váhy zde interpretujeme jako procentuální podíl dílčího cíle, vyjádřeného ve formě příslušného kritéria, na cíli vyšší úrovně.

Metfesselova alokace, která se nejčastěji aplikuje na *Metodu váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů*<sup>1</sup>, využívá tzv. stromu dílčích cílů (popřípadě stromu kritérií), v němž se hlavní cíl rozděluje na cíle dílčí - *dílčí cíle první úrovně*. Tyto dílčí cíle (první úrovně) se větví tak dlouho, dokud nedostaneme *základní cíle*. Platí, že v rámci každého větvení stromu dílčích cílů by měl být cíl vyšší úrovně beze zbytku rozložen do cílů úrovně nižší. Každý základní cíl je vyjádřen formou určité konkrétní slovní či číselné charakteristiky, pomocí níž jsme schopni varianty porovnávat. Základní cíle lze transformovat do podoby *základních kritérií*, která jsou výhodnější pro potřeby hodnocení variant a jejichž váhy chceme určit. Je zřejmé, že dílčí cíle stejně jako jim odpovídající kritéria mohou mít různé úrovně.

Součet vah kritérií v každém větvení stromu dílčích cílů (stromu kritérií) musí být roven jedné. Váhy základních kritérií pak určíme tak, že vynásobíme váhy kritérií ležících na spojnici mezi hlavním a základním cílem. Základní váhy jsou opět normované.

Pro lepší pochopení předvedu výše popsanou teorii na stromu kritérií, který je zobrazen na Obr. 1.1.

Pokud se podíváme na Obrázek 1.1, tak víme, že musí platit:

$$V_1 + V_2 + V_3 = 1, \text{ kde } V_1, V_2, V_3 \text{ jsou váhy kritérií první úrovně,}$$

$$V_{1.1} + V_{1.2} = V_1, \text{ kde } V_{1.1}, V_{1.2} \text{ jsou váhy kritérií druhé úrovně,}$$

---

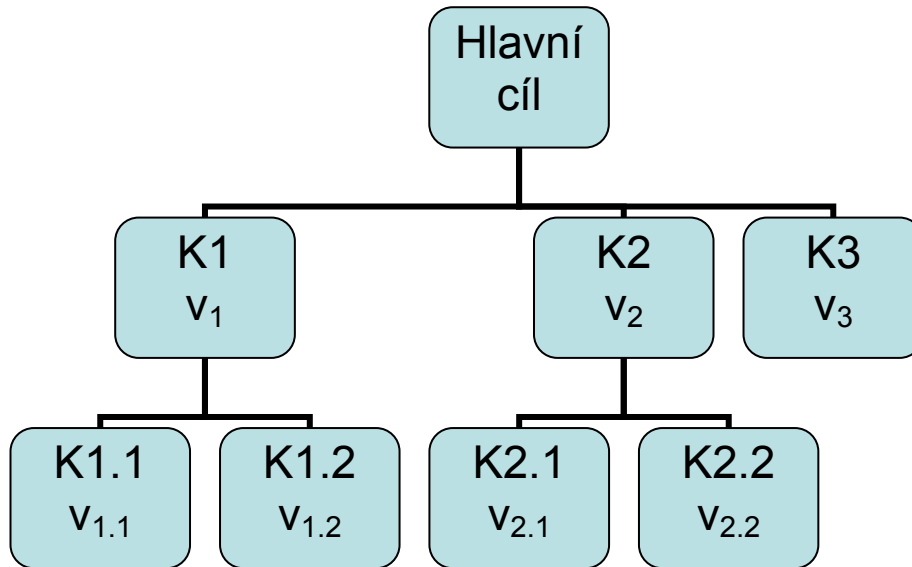
<sup>1</sup> Tato metoda bude blíže popsána v kapitole 1.3

$v_{21} + v_{22} = 1$ , kde  $v_{21}, v_{22}$  jsou váhy kritérií druhé úrovně.

Váhy základních kritérií jsou tyto :  $v_1, v_2, v_3$ . Například váhu  $v_1$  určíme takto:

$$v_1 = v_{21}$$

Obdobně bychom postupovaly u dalších základních vah.



Obrázek 1.1 Příklad stromu kritérií

### 1.2.2 Kompenzační metoda

Při psaní této metody jsem vycházel z literatury [1]. Kompenzační metoda se využívá v metodě *vícekriteriální funkce utility*<sup>2</sup>.

Nechť je dána konečná množina variant  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  a konečná množina kritérií  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ . Dále uvažujme, že na daném souboru variant existují dvě fiktivní varianty  $A, B$  a označme symbolem  $K_i$  kritérium, které rozhodovatel považuje na daném souboru kritérií za nejvýznamnější. Hodnotící funkci zvolme jako:

$$u(x) = \sum_{i=1}^m w_i(x) \quad (3)$$

<sup>2</sup> Tato metoda je blíže představena v literatuře[1].

kde  $v_j$  je váha kritéria  $K_j$ ,  $j=1, \dots, m$ , a  $u_j(x)$ ,  $j=1, \dots, m$ , představuje normované hodnocení varianty  $x$  podle  $j$ -tého kritéria, tj.  $u_j(x) \in [0, 1]$ , přičemž pokud  $u_j(x)=0$ , pak  $x$  je nejhůře hodnocená varianta dle  $j$ -tého kritéria z daného souboru variant, a naopak, pokud  $u_j(x)=1$ , pak  $x$  je nejlépe varianta dle  $j$ -tého kritéria z daného souboru variant.

Předpokládejme, že fiktivní varianta  $A$  nabývá nejlepší hodnoty podle  $K_i$  a nejhorší hodnoty podle ostatních kritérií, a že fiktivní varianta  $B$  dosahuje nejlepší hodnoty podle  $K_j$ ,  $j=1, \dots, m$ , a nejhorších hodnot podle ostatních kritérií. Z této úvahy vyplývá, že pro libovolné  $J \neq i, j$  platí:

$$u(A) > u(B). \quad (4)$$

Označme jako  $I$  fiktivní variantu, která má nejhorší hodnoty podle všech kritérií kromě  $i$ -tého a jejíž hodnota je podle nejdůležitějšího kritéria  $K_i$  zvolena tak, aby platilo:

$$u(I) = u(B). \quad (5)$$

Varianty  $I$  a  $B$  jsou tedy indiferentní, a protože dílčí kardinální funkce utility jsou normovány, tzn. nabývají hodnot z intervalu  $[0, 1]$ , můžeme celkové hodnocení variant  $I$  a  $B$  rozepsat pomocí vztahu (3) a dostaneme:

$$u(I) = \sum_{k=1}^m u_k(I) = u(B), \quad (6)$$

protože  $u_k(I)=0$  pro každé  $k \neq i$ ,

$$u(B) = \sum_{j=1}^m u_j(B) = 1, \quad (7)$$

protože  $u_k(B)=0$  pro každé  $k \neq j$ .

Dosazením do rovnosti (5) získáme:

$$v_i u_i(I) = 1. \quad (8)$$

Z tohoto vztahu obdržíme vzorec pro výpočet vah:

$$w_j = \frac{v_j}{v_i} = \frac{u_j(I)}{u_j(B)} \quad \text{pro } j=1, \dots, m, \quad j \neq i \quad (9)$$

Výsledné normované váhy kritérií získáme znormováním vah  $w_j$ ,  $j=1, \dots, m$ , podle vztahu (1). Poměr vah ve vztahu (9) udává, jak velký nárůst hodnoty varianty podle  $i$ -tého

kritéria kompenzuje pokles hodnoty druhého varianty podle  $j$ -tého kritéria o jednotku. Váhy představují míru substituce mezi  $i$ -tým a  $j$ -tým kritériem.

### 1.2.3 Saatyho metoda

Saatyho metodu jsem zpracoval na základě literatury: [1], [2] .

Saatyho metoda sloužící ke stanovení vah kritérií se provádí ve dvou krocích. Nejprve si určíme matici intenzit preferencí  $S$ . Prvky matice  $S$ , které označujeme jako  $S_{ij}$  ( $i$ -tý řádek,  $j$ -tý sloupec), získáme tak, že budeme zjišťovat kolikrát je kritérium  $K_i$  významnější než kritérium  $K_j$ , pokud platí, že  $K_i$  je významnější nebo stejně významné jako  $K_j$ . Tento poměr významností dvou kritérií, který je vyjádřen prvky  $S_{ij}$ , lze také interpretovat jako poměr jejich vah:

$$S_{ij} = \frac{v_i}{v_j}, \quad i, j=1,2,\dots,m. \quad (10)$$

Na základě toho, kolikrát je kritérium  $K_i$  významnější než  $K_j$ , přiřazujeme prvkům  $S_{ij}$  matice intenzit preferencí  $S$  čísla od 1 do 9, jejichž význam je uveden v Tabulce 1.1. Pro jemnější rozlišení preferencí dvojic kritérií se používají hodnoty 2, 4, 6, 8.

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

Tabulka 1.1 Jazykové deskriptory

Pokud platí, že  $K_j$  je významnější než  $K_i$ , určíme prvky  $S_{ij}$  takto:

$$S_{ij} = \frac{1}{S_{ji}}. \quad (11)$$

Tento vztah můžeme popsat takto: Jestliže kritérium  $K_i$  je  $S_{ji}$ -krát významnější než než kritérium  $K_j$ , potom významnost kritéria  $K_i$  tvoří  $\frac{1}{S_{ji}}$  - tou část významnosti kritéria

$K_j$ . Jestliže pro všechny prvky matice  $S$  platí vztah (11), pak říkáme, že matice  $S$  je *reciproká*.

Druhým krokem je stanovení samotných vah vycházejících ze znalosti matice  $S$ , k čemuž lze využít více postupů, například určení vlastního vektoru příslušného k maximálnímu vlastnímu číslu matice intenzit preferencí  $S$  nebo metodu nejmenších čtverců, která minimalizuje výraz:

$$D = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (s_{ij} - v_i)^2, \quad (12)$$

za podmínky

$$\sum_{i=1}^m v_i = 1.$$

Tyto dva postupy ovšem vyžadují použití počítačového softwaru (např. Matlabu). V této práci bude pro výpočet vah kritérií Saatyho metodou použit postup pracující s geometrickým průměrem, který bude aplikován na matici  $S$ :

$$v_i = \frac{\left( \prod_{j=1}^m s_{ij} \right)^{1/m}}{\sum_{i=1}^m \left( \prod_{j=1}^m s_{ij} \right)^{1/m}}, \quad i=1, \dots, m. \quad (13)$$

Výsledky získané tímto postupem jsou téměř totožné s vahami určené na základě výpočtu vlastního vektoru příslušného k maximálnímu vlastnímu číslu matice  $S$ .

### 1.3 Metoda váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů

Při popisu Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů jsem čerpal z literatury [2].

Předpokládáme, že varianty mají být posuzovány vzhledem k celkovému cíli, který je rozložen do  $m$  vzájemně se nepřekrývajících dílčích cílů. Dále uvažujeme, že dílčí cíle se nepřekrývají a neobsahují společnou informaci vztahující se k celkovému hodnocení, a že je

lze transformovat do podoby konečných kritérií  $K_j, j=1, \dots, m$ , která mohou být kvalitativní nebo kvantitativní. Každému kritériu se přiřazuje váha  $V_j, j=1, \dots, m$ , která udává podíl dílčího cíle, který je reprezentovaný daným kritériem, na cíli celkovém neboli významnost kritéria vzhledem k celkovému cíli. Hodnocení každé varianty podle j-tého kritéria nabývá hodnot z intervalu  $\langle Q_j \rangle$  a vyjadřuje míru naplnění konkrétního dílčího cíle danou variantou. Nula značí totální nenaplnění daného dílčího cíle posuzovanou variantou a naopak jednička představuje úplné dosažení tohoto dílčího cíle uvažovanou variantou.

Hodnocení varianty podle kvalitativního kritéria určí přímo rozhodovatel sám tak, že zadá hodnotu  $u_j(x) \in \langle Q_j \rangle$ , která vyjadřuje mírou naplnění j-tého dílčího cíle reprezentující dané kvalitativní kritérium variantou x. Pokud je varianta podle daného kvalitativního kritéria ohodnocena bodově či pomocí jiné škály, pak se provádí převod tohoto hodnocení na interval  $\langle Q_j \rangle$  pomocí vzorce:

$$u_j(x) = \frac{h_j(x) - h_j^0}{h_j^1 - h_j^0}, \quad (14)$$

kde  $h_j(x)$  představuje hodnotu varianty x podle daného kvalitativního kritéria,  $h_j^1$  znamená hodnotu, která by zaručovala úplné naplnění j-tého dílčího cíle (ve formě j-tého kvalitativního kritéria) a  $h_j^0$  udává hodnotu, která by znamenala naprosté nesplnění j-tého dílčího cíle. Pomocí tohoto vzorce lze převést škálu s rostoucí i klesající preferencí na interval  $\langle Q_j \rangle$  s rostoucí preferencí.

Pro určení hodnocení varianty x podle kvantitativních kritérií je zapotřebí sestavit hodnotící funkci, která má pro případ lineárního přechodu tento obecný tvar:

$$\forall x \in \langle Y_j, Z_j \rangle : u_j(x_j) = \begin{cases} 0 & \text{pro } x_j < x_j^1 \\ \frac{x_j - x_j^1}{x_j^2 - x_j^1} & \text{pro } x_j^1 \leq x_j < x_j^2 \\ 1 & \text{pro } x_j^2 \leq x_j \leq x_j^3 \\ \frac{x_j^4 - x_j}{x_j^4 - x_j^3} & \text{pro } x_j^3 < x_j \leq x_j^4 \\ 0 & \text{pro } x_j < x_j^4 \end{cases} \quad (15)$$

kde

$$Y_j < x_j^1 < x_j^2 < x_j^3 < x_j^4 < \bar{Z}_j.$$

Jedná se o hodnotící funkci j-tého kvalitativního kritéria. Hodnoty  $Y_j, x_j^1, x_j^2, x_j^3, x_j^4, Z_j$  si volí rozhodovatel sám na základě svých preferencí.  $Y_j$  vyjadřuje minimální možnou hodnotu varianty podle j-tého kritéria a  $Z_j$  maximální možnou hodnotu dané varianty podle j-tého kritéria.

Pokud budeme postupovat intervalem  $\langle Y_j, Z_j \rangle$  zleva doprava, pak  $x_j^1$  představuje konec intervalu zcela neuspokojivých hodnot kritéria  $\langle x_j^2, x_j^3 \rangle$  interval zcela vyhovujících hodnot kritéria a  $x_j^4$  opět začátek intervalu zcela nevyhovujících hodnot.

Z výše uvedeného popisu vyplývá, že hodnocení varianty  $x$  podle j-tého kvantitativního kritéria získáme tak, že dosadíme hodnotu dané varianty do předpisu hodnotící funkce a obdržíme hodnocení na intervalu  $\langle Q_j \rangle$ . Hodnotící funkce může být také modelována kvadratickým splajnem.

Dále jsou uvedeny speciální případy hodnotící funkce pro:

- kritérium s rostoucí preferencí

$$Y_j = x_j^1, \quad x_j^2 = x_j^3 = x_j^4 = \bar{Z}_j,$$

- kritérium s neklesající preferencí

$$x_j^3 = x_j^4 = \bar{Z}_j,$$

- kritérium s klesající preferencí

$$Y_j = x_j^1 = x_j^2 = \bar{Z}_j, \quad x_j^4 = \bar{Z}_j,$$

- kritérium s nerostoucí preferencí

$$Y_j = x_j^1 = x_j^2,$$

- kritérium s oboustranně vymezenou oblastí vyhovujících hodnot, kde

$$Y_j < x_j^2, \quad x_j^3 < \bar{Z}_j.$$

Celkové hodnocení varianty  $x$  se určí na základě následujícího vzorce:

$$u^x = \sum_{j=1}^m v_j x_j, \quad (16)$$

kde pro váhy  $v_j$  zkonstruovaných některou z metod stanovení vah musí platit vztah (1).  
 Celkové hodnocení varianty  $x$  představuje, jak v jaké míře tato varianta naplňuje celkový cíl.  
 Celkové hodnocení je kardinální, absolutního typu.



## 2. Praktická část

Cílem praktické části mé práce bude porovnat různé metody stanovení vah kritérií představených v teoretické části a zhodnocení výsledků a případných rozdílů mezi použitými metodami při řešení konkrétního rozhodovacího problému. Rozhodovacím problémem je volba optimálního notebooku z pěti možných variant: ASUS K50IP-SX119V, ASUS N61JV-JX094V, FUJITSU Lifebook NH570, ASUS G51JX-SZ167V, ASUS K50IJ-SX419V. Pro stanovení vah kritérií budou použity následující metody: Metfesselova alokace, Kompenzační metoda, Saatyho metoda.

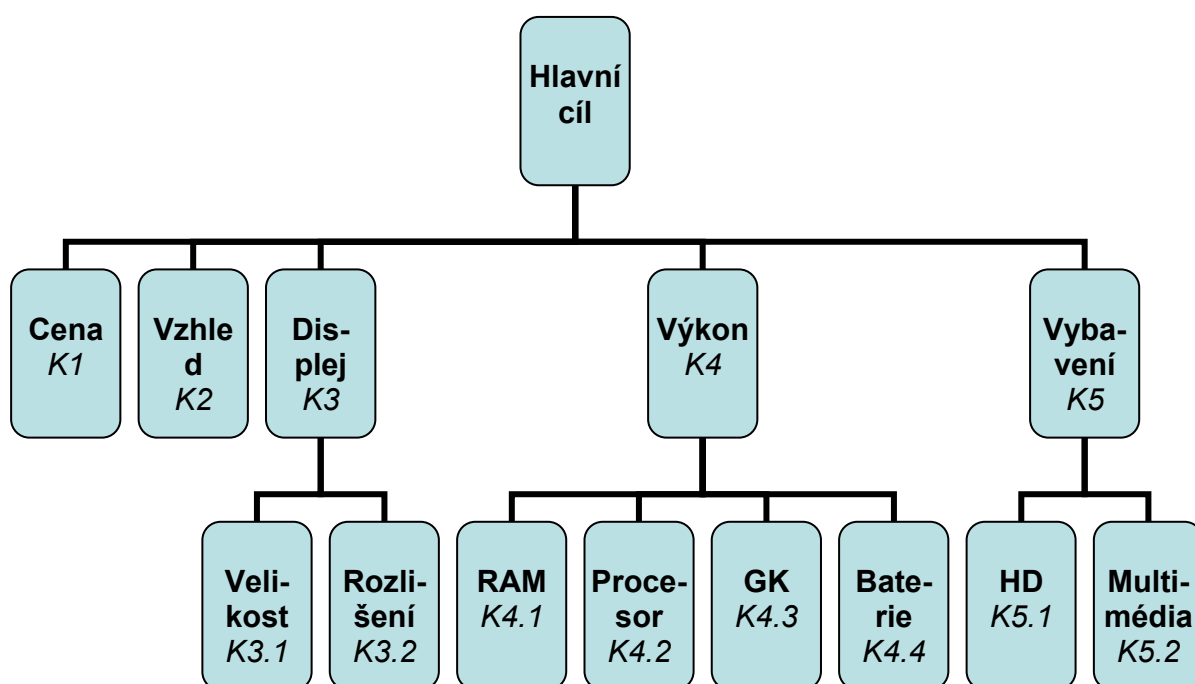
Metoda váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů bude sloužit k určení celkového hodnocení variant a tedy k nalezení optimálního notebooku. Na tomto místě bych chtěl upozornit, že Kompenzační metoda bude modifikována pro účely Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů. Podrobnosti budou uvedeny u popisu metody samotné.

Ještě předtím než bude řešen samotný příklad, představím kritéria sloužící k posouzení optimální volby z uvedených notebooků a samotné varianty.

### 2.1 Kritéria

Jako cíl jsem si zvolil nalezení notebooku, jehož cena není příliš vysoká, protože mám k dispozici omezené množství peněžních prostředků. Za důležité také považuji, aby tento notebook pěkně vypadal. Chtěl bych jej používat na práci, hraní starších her, komunikaci s lidmi, ale také bych jej chtěl uplatnit při poslouchání hudby a sledování filmů. Z tohoto plynou mé další požadavky na „ideální“ notebook: Měl by mít dostatečně velký displej s kvalitním rozlišením, představoval bych si u něj také kvalitní procesor s nadprůměrnou RAM a alespoň průměrnou grafickou kartu. Tomuto notebooku by neměla chybět baterie, která vydrží několik hodin bez nabití, a přítomnost multimédií (webová kamera, reproduktory, sluchátka, mikrofon, zvukové programy) by také byla příjemná. Kdyby navíc obsahoval ještě dostatečně velký hard disk, potom bych byl plně spokojen.

Základními kritérii pro výběr optimálního notebooku tedy jsou Cena, Vzhled, Displej, Výkon a také Vybavení. Některá kritéria pak můžeme dále rozložit na podkritéria: Displej lze rozložit na podkritéria Velikost a Rozlišení; Výkon na RAM, Procesor, Grafickou kartu (GK), Baterii a kritérium Vybavení se rozkládá na podkritéria Hard disk (HD) a Multimédia. Celkem tedy posuzují jednotlivé varianty na základě deseti kritérií. Pro lepší přehlednost je na Obrázku 2.1 zobrazen Strom kritérií včetně dále používaného označení jednotlivých kritérií:



Obrázek 2.1 Strom kritérií

### 2.1.1 Popis kritérií

Dále představím mnou zvolená kritéria a popíši své osobní preference. Také zde již naznačím, jakou pro mne mají kritéria významnost, případně také porovnám kritéria mezi sebou.

#### Cena

Cena se u notebooků pohybuje od několika tisíc až po desítky tisíce korun. Její výše závisí především na celkové kvalitě notebooku, výrobci, prodejci, zda se jedná o novinku či o již starší produkt.

Z mého pohledu je cena notebooku nejdůležitějším kritériem při rozhodování o nákupu nového produktu. Rozdíl mezi vynaložením deseti a třiceti tisíc na jeho pořízení se mi zdá jako značný. Notebooky, jejichž cena se blíží ke třiceti tisícům, mají u mě velmi malou šanci na koupení, i když se jedná o nejvýkonnější a nejlépe vypadající stroje. Cena je kvantitativní kritérium s klesající preferencí.

### Vzhled

Vzhled notebooku je pro mě dalším velmi důležitým kritériem. Při rozhodování mě zajímá jednak barva notebooku nebo spíše kombinace barev, ale i jeho tvar. Dávám přednost černo – stříbrné kombinaci a spíše většímu hranatějšímu zevnějšku, Obecně můžu říct, že se mi vzhledově líbí notebooky značky ASUS. Vzhled patří mezi kvalitativní kritéria.

### Displej: Velikost, Rozlišení

Velikost Displeje považuji za důležité kritérium, i když o něco méně než předchozí dvě. Čím větší displej, tím je pro oči pohodlnější (v kombinaci se správným rozlišením a správnou vzdáleností od displeje). Také mi umožňuje více si užít sledování filmů, videí či hraní počítačových her. Nevýhodou většího displeje je obtížnější přenos notebooku z důvodu větších rozměrů a hmotnosti. Já jej používám především doma, proto tuto nevýhodu nepovažuji za podstatnou. Velikost displeje je kvantitativní kritérium s rostoucí preferencí.

Rozlišení displeje je pro mě o něco méně důležité, než velikost. Dobré rozlišením přesto považuji za jedno z hlavních kritérií, podle nichž se při výběru notebooku rozhoduji, protože jej používám několik hodin denně a při nekvalitním rozlišení jsou více namáhány oči. Větší rozlišení také poskytuje realističtější vykreslení obrazu, což docením opět především při sledování filmů a hraní her. Rozlišní displeje jsem zvolil jako kvalitativní kritérium.

### Výkon – RAM, Procesor, GK (grafická karta), baterie

Kritérium Výkon se dále dělí na kritéria RAM, Procesor, Grafická karta (GK), Baterie.

Důležitost kritéria Výkonu z hlediska mých preferencí zaostává za Kritériem Displej. Výkon počítače má vliv především pro hraní nových a náročných počítačových her, pro práci s grafickými programy, a také v případě, že máte spuštěno více aplikací naráz. Čím vyšší výkon tím plynuleji a rychleji notebook „běží“, a to i při velké zátěži.

Pro mě má toto kritérium střední důležitost. Na počítači hraji převážně starší počítačové hry, ale občas zkusím i novější, jejichž náročnost je mnohem vyšší. Často mám také spuštěno více oken s aplikacemi a pomalý chod notebooku je nepohodlný. Na druhou stranu jsou dnešní notebooky velmi dobře vybaveny z pohledu výkonu, a tak vyšší hodnoty těchto kritérií považuji za příjemné, ne však nezbytné.

Pokud porovnám jednotlivá kritéria, pak procesor jakožto motor notebooku má pro mě z těchto čtyř kritérií nejdůležitější význam. Paměť RAM má o něco menší vliv na celkový výkon, ale stále je významná. Grafická karta pro mé potřeby je spíše méně významným podkritériem, protože nové počítačové hry nehraji, přesto kvalitní grafická karta pomáhá menšímu zatížení notebooku v případě hraní jakýchkoliv počítačových her či sledování filmů. Baterie udává dobu, po kterou notebook zůstane plně funkční bez elektrického napájení. Baterii nevyžívám často, proto toto kritérium má pro mě minimální důležitost, i když dochází k situacím, kdy se nemůžu připojit k elektrickému proudu (např. ve vlaku, autobuse, při výpadku elektřiny), pak mě určitě doba výdrže baterie bude zajímat.

Kritéria RAM, Procesor a Baterie patří do skupiny kvantitativních kritérií s rostoucí preferencí. Grafická karta je kvalitativním kritériem.

### Vybavení – HD, Multimédia

Vybavení dělíme na Hard disk (HD) a Multimédia. Hard diskem se rozumí pevná paměť to znamená, kolik si toho můžeme do notebooku uložit, ať už se jedná o programy, filmy, obrázky, hry, texty, atd. Toto kritérium považuji za nejméně důležité, protože problémy s místem na disku netrpím. Jedná se o kvantitativní kritérium s rostoucí preferencí.

Multimédia udávají doplňkové vybavení notebooku. V dnešní době notebooky nabízejí zvukovou kartu, mikrofon, reproduktory, webkameru, CD/DVD mechaniku a mnohé další. Multimédia považuji za nadstandard. Je pěkné, když je notebook má, ale nehraje to pro mě primární roli. Multimédia jsou zvolena jako kvalitativní kritérium.

Tabulka shrnující druhy kritérií se nachází v Tabulce 2.1 Druhy kritérií

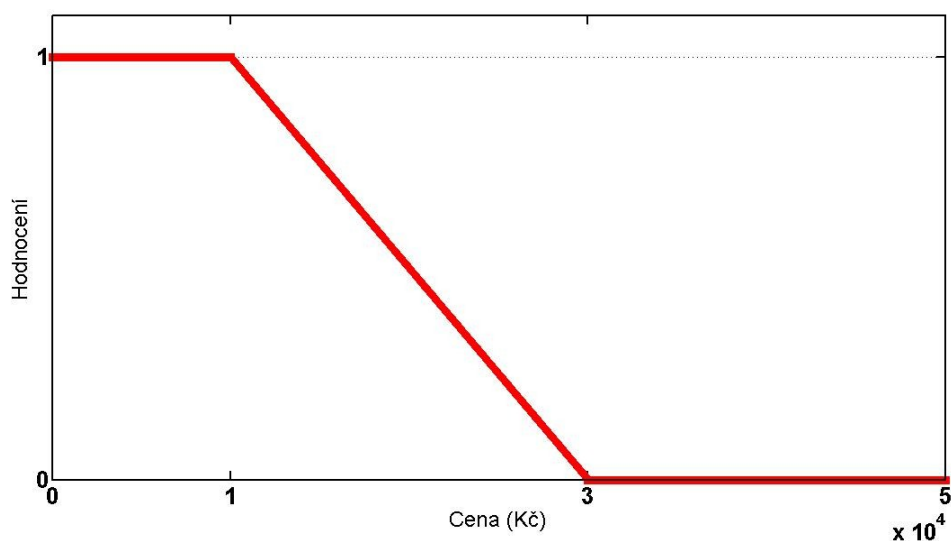
Kritérium	Druh
Cena	kvantitativní kritérium s klesající preferencí
Vzhled	kvalitativní kritérium
Displej - Velikost	kvantitativní kritérium s rostoucí preferencí
Displej - Rozlišení	kvalitativní kritérium
Výkon - RAM	kvantitativní kritérium s rostoucí preferencí
Výkon - Procesor	kvantitativní kritérium s rostoucí preferencí
Výkon – Grafická karta	kvalitativní kritérium
Výkon - Baterie	kvantitativní kritérium s rostoucí preferencí
Vybavení – Hard disk	kvantitativní kritérium s rostoucí preferencí
Vybavení – Multimédia	kvalitativní kritérium

Tabulka 2.1 Druhy kritérií

### 2.1.2 Hodnocení podle kritérií

Zde uvedu postup, jakým jsem hodnotil kritéria. Tento postup se liší pro kritéria kvantitativní a kvalitativní. Abychom mohli jednotlivé varianty podle kvantitativních kritérií ohodnotit, je zapotřebí sestavit hodnotící funkci, která má jiný předpis pro kritéria rostoucí a jiný pro kritéria klesající preferencí (obecný předpis hodnotící funkce (15)). Na Obrázku 2.2 Hodnotící funkce kvantitativních kritérií s klesající preferencí si můžete prohlédnout, jak tato funkce vypadá pro kritérium cena. Původní hodnoty variant podle kvantitativních kritérií dosadíme do předpisu funkce a získáme ohodnocení variant pohybující se v intervalu  $\langle Q \rangle$ . Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 2 v Příloze.

Kvalitativní kritérií jsou ohodnoceny bodově, viz níže.



Obrázek 2.2 Hodnotící funkce kritéria Cena

### Kvantitativní kritéria s rostoucí preferencí

Body  $x_j^1, x_j^2, x_j^3, x_j^4$  jsem pro kvantitativní kritéria s rostoucí preferencí zvolil takto:

a) Displej – Velikost (palce)

$$x_{31}^1 = 2$$
$$x_{31}^2 = x_1 = x_1 =$$

b) Výkon – RAM (GB)

$$x_{41}^1 =$$
$$x_{41}^2 = x_1 = x_1 =$$

c) Výkon – Procesor (GH)

$$x_{42}^1 =$$
$$x_{42}^2 = x_2 = x_2 =$$

d) Výkon – Baterie (hodiny)

$$x_{44}^1 = 5$$
$$x_{44}^2 = x_4 = x_4 =$$

e) Vybavení – HD (GB)

$$x_{51}^1 = 00$$
$$x_{51}^2 = x_1 = x_1 = 50$$

### Kvantitativní kritéria s klesající preferencí

Body  $x_j^1, x_j^2, x_j^3, x_j^4$  jsem pro jediné kvantitativní kritérium s klesající preferencí Cena zvolil takto:

$$x_1^1 = x_1 = x_1 = 100$$
$$x_1^4 = 6000$$

### Bodové hodnocení kvalitativních kritérií

Kvalitativním kritériím jsem přiřadil body odpovídající stupnici 1-10 s rostoucí preferencí, kde 1 vyjadřuje naprosto nevyhovující hodnotu kritéria a 10 naopak představuje z mého pohledu ideální hodnotu podle daného kritéria.

## 2.2 Varianty

V uvedeném příkladu uvažujeme pět variant notebooků. Jednotlivé hodnoty kritérií pro každou variantu jsou uvedeny v příloze – tabulka Notebooky 1.

Kvalitativní kritéria jsem určoval dle svého uvážení. Dále se pokusím přiblížit, jak jsem se při volbě hodnot kvalitativních kritérií rozhodoval.

### Vzhled

Notebook D vypadá podle mého názoru výborně, a proto jednoznačně dostává 10 bodů. Také varianta C je velmi pěkná – 9 bodů. Líbí se mi i ostatní produkty: varianta E dostala 8 bodů a varianta A 7 bodů. Notebook B vypadá docela dobře, ale zdá se mi trochu obyčejný – 6 bodů. Obrázky jednotlivých variant jsou uvedeny v Příloze.

### Displej - Rozlišení

Typickým rozlišením displeje pro notebooky je hodnota 1366 x 768 pixelů. Toto rozlišení se mi zdá postačující, a proto jsem jej ohodnotil 6 body. Jedná se o varianty A, B, E. Variantě C, jejíž rozlišení má hodnotu 1680 x 945 bodů, jsem přidělil 8 bodů, což je již velmi kvalitní. 10 bodů získala varianta D za hodnotu 1920 x 1080.

### Výkon – GK (Grafická karta)

Notebooky A, B, C, D obsahují grafickou kartu NVIDIA GeForce. Liší se pouze číslem udávajícím výkon a vlastní paměti. Platí jednoduché pravidlo, čím vyšší číslo, tím výkonnější grafická karta.

Varianta A je vybavena NVIDIA GeForce 205M s 512 MB vlastní paměti, za což jsem jí přidělil 5 bodů, a to především kvůli nižší hodnotě vlastní paměti, kterou bych si představoval na úrovni 1 GB, což splňují následující 3 varianty. Varianty B, C mají velmi výkonné grafické karty, které postačí i pro hraní nových počítačových her, konkrétně GeForce GT325M, GeForce GT330M – 7, 8 bodů. GeForce GT3360M (varianta D) je absolutní top, tedy 10 bodů. Naproti tomu Integrovaný grafický akcelerátor Intel GMA 4500M připadající variantě E za předchozími produkty výrazně zaostává a ve větší míře nespĺňuje mé představy o kvalitní grafické kartě, proto získal jen 3 body.

### Vybavení – Multimedia

Z pohledu tohoto kritéria se mi nejvíce líbila varianta B čítající: Reprodukory Altec Lansing, Integrovanou webovou kameru s rozlišením 2 Mpx (megapixely), Hybridní TV tuner . Zaujalo mě především rozlišení webkamery – 2Mpx, což je asi maximum, jakého

lze dosáhnout. Reprodukory a možnost připojení se k televizi jsou potěšující. K dokonalosti chybí už jen mikrofon - 9 bodů.

Velmi dobrá podle kritéria multimédia je varianta C, které jsem udělil 8 bodů za High Definition audio, Stereo reproduktory, Mikrofon, Webovou kameru 1,3 Mpx. Škoda jen, že rozlišení webkamery není vyšší.

Multimédia, která jsou součástí notebooku A zahrnují: HD Audio, Reprodukory, Webovou kameru. Tuto výbavu jsem ohodnotil 7 body.

Notebook E mající stereo reproduktory a webovou kameru 1,3 Mpx stále považuji za dobré vybavení a jsem s ním spokojen na 6 bodů.

Notebook D neobsahuje žádná multimédia, což znamená naprosto nevyhovující variantu podle tohoto kritéria – 1 bod.

Hodnoty kvalitativních kritérií budou standardizovány podle (14). V Příloze je uvedena tabulka se vstupními hodnotami variant a tabulka s ohodnocením variant pohybujícím se v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ .

## **2.3 Stanovení vah kritérií pomocí Metfesselovi alokace**

Praktický příklad jsem pomocí metody Metfesselovi alokace řešil dvěma způsoby. První způsob odpovídá postupu popsanému v podkapitole 1.2.1. Druhý způsob spočívá v přímém určení výsledných vah koncových kritérií.

### **2.3.1 První způsob**

V tabulkách 2.2 až 2.5 se nacházejí hodnoty vah pro jednotlivé úrovně a větve stromu kritérií. Tyto váhy představují mezivýsledky pro výpočet vah výsledných, které jsou uvedeny v tabulce 2.6. Pro součet vah v každé tabulce platí, že se rovná jedné.



<b>Kritérium</b>	<b>Označení váhy</b>	<b>Hodnota váhy</b>
Cena	$V_1$	0,35
Vzhled	$V_2$	0,25
Displej	$V_3$	0,20
Výkon	$V_4$	0,15
Vybavení	$V_5$	0,05

Tabulka 2.2 Váhy kritérií první úrovně

<b>Kritérium</b>	<b>Označení váhy</b>	<b>Hodnota váhy</b>
Displej - Velikost	$V_{31}$	0,55
Displej - Rozlišení	$V_{32}$	0,45

Tabulka 2.3 Váhy podkritérií kritérií Displeje

<b>Kritérium</b>	<b>Označení váhy</b>	<b>Hodnota váhy</b>
Výkon - RAM	$V_{41}$	0,30
Výkon - Procesor	$V_{42}$	0,50
Výkon - GK	$V_{43}$	0,15
Výkon - Baterie	$V_{44}$	0,05

Tabulka 2.4 Váhy podkritérií kritérií Výkonu

<b>Kritérium</b>	<b>Označení váhy</b>	<b>Hodnota váhy</b>
Vybavení - HD	$V_{51}$	0,20
Vybavení – Multim.	$V_{52}$	0,80

Tabulka 2.5 Váhy podkritérií kritéria Vybavení

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Cena	$V_1$	0,350
Vzhled	$V_2$	0,250
Displej - Velikost	$V_{31}$	0,110
Displej - Rozlišení	$V_{32}$	0,090
Výkon - RAM	$V_{41}$	0,045
Výkon - Procesor	$V_{42}$	0,075
Výkon - GK	$V_{43}$	0,023
Výkon - Baterie	$V_{44}$	0,007
Vybavení - HD	$V_{51}$	0,010
Vybavení – Multim.	$V_{52}$	0,040

Tabulka 2.6 Výsledné váhy

Výsledné váhy jsem dosadil do Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů a získal jsem celkové hodnocení variant uvedených v tabulce 2.7

Varianta	Celkové hodnocení varianty
$u(A)$	0,6692
$u(B)$	0,5438
$u(C)$	0,5904
$u(D)$	0,5646
$u(E)$	0,6979

Tabulka 2.7 Celkové hodnocení variant

### 2.3.2 Druhý způsob

V tabulce 2.8 jsou stanoveny váhy Metfesselovou alokací s nerozvětvenými kritérii.

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Cena	$V_1$	0,33
Vzhled	$V_2$	0,15
Displej - Velikost	$V_{31}$	0,12
Displej - Rozlišení	$V_{32}$	0,09
Výkon - RAM	$V_{41}$	0,07
Výkon - Procesor	$V_{42}$	0,08
Výkon - GK	$V_{43}$	0,06
Výkon - Baterie	$V_{44}$	0,03
Vybavení - HD	$V_{51}$	0,02
Vybavení – Multim.	$V_{52}$	0,05

Tabulka 2.8 Výsledné váhy

Váhy vypočtené Metfesselovou alokací s nerozvětvenými kritérii jsem opět dosadil do Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů a získal jsem celkové hodnocení variant uvedené v tabulce 2.9

Varianta	Celkové hodnocení varianty
$u(A)$	0,658
$u(B)$	0,550
$u(C)$	0,595
$u(D)$	0,541
$u(E)$	0,659

Tabulka 2.9 Celkové hodnocení variant

## 2.4 Stanovení vah kritérií pomocí Kompenzační metody

Abychom Kompenzační metodu mohli aplikovat na Metodou váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů, bude muset dojít k její modifikaci.

Při provádění Kompenzační metody se uvažuje, že nejhorší varianta na zvoleném souboru je ohodnocena nulou a nejlepší varianta na daném souboru naopak jedničkou, tak jak je to popsáno v teoretické části. Zde budeme pracovat s ohodnocením variant Kompenzační metody způsobem využívaným v Metodě váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů. Hodnoty, kdy nabývá varianta podle daného kritéria nuly a kdy jedničky jsou zvoleny podle preferencí hodnotitele. To znamená, že hodnocení varianty závisí na tom, do jaké míry splňuje námi zvolenou optimální hodnotu daného kritéria, která je ohodnocena jedničkou. Z toho vyplývá, že nejhorší varianta nemusí nutně být ohodnocena nulou a nejlepší nemusí nabývat jedničky.

Dále je potřeba si uvědomit, že u kvantitativních kritérií s klesající preferencí (Cena) nabývají varianty hodnoty jedna v případě, že dosahují mnou zvolené optimální hodnoty, zde se jedná o hodnotu 10000 Kč, ale i hodnoty nižší, např. u Ceny si můžeme představit variantu za 7000Kč, 5000 Kč, 2000 Kč atd ohodnoceny jedničkou. Zde budu uvažovat nejvyšší hodnotu varianty, která ještě znamená ohodnocení varianty jedničkou a tedy úplné naplnění dílčího cíle. Opačně v případě totálního nenaplnění dílčího cíle je varianta podle daného kvantitativního kritéria s klesající preferencí ohodnocena nulou, pokud nabývá hodnotitelem zvolené hodnoty a nebo hodnoty vyšší, např. u Ceny nezáleží na tom, jestli notebook stojí 30000 nebo 50000Kč oba budou ohodnoceny nulou, jak je popsáno v teorii u Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů. Pro další postup je důležité, že budeme uvažovat nejnižší hodnotu varianty, která ještě představuje ohodnocení nula.

Obráceně to bude u kvantitativních kritérií s rostoucí preferencí, kde budeme používat nejvyšší hodnotu, která již znamená ohodnocení varianty jedničkou podle daného kritéria (úplné naplnění dílčího cíle) a nejvyšší hodnotu varianty, která ještě představuje ohodnocení nula podle daného kritéria (totální nenaplnění dílčího cíle). Z tohoto poznatku budeme dále vycházet při testování preferenční nezávislosti kritérií.

Bude zajímavé sledovat výsledky Kompenzační metody s takto upravenými předpoklady.

#### **2.4.1 Otestování preferenční nezávislosti kritérií**

Před zahájením samotné Kompenzační metody je potřeba prokázat, že všechna kritéria jsou preferenčně nezávislá.

Začnu dvojicí kritérií Cena  $K_1$  a Vzhled  $K_2$ . Uvažujme dvě varianty  $A$  a  $B$ .  $A$  je nejlepší podle kritéria Cena (hodnota 10000 Kč) a nabývá nejhorší hodnoty podle kritéria Vzhled (hodnocení 1 bod). Varianta  $B$  je naopak nejlépe hodnocená podle kritéria Vzhled (hodnocení 10 bodů) a přitom se jedná o nejdražší variantu (hodnota 30000 Kč). Podle ostatních kritérií jsou tyto varianty nejhorší možné, tzn. hodnocení 0. Varianty  $A$  si cením více než  $B$ , tedy  $u(A) > u(B)$ . Z toho vyplývá, že  $K_1 \succ K_2$ . Hodnotu varianty  $A$  podle kritéria Cena zhoršíme (zvýšíme cenu, zdrazíme notebook) tak, aby platilo  $u(I) = u(B)$ , kde  $I$  je snížená varianta  $A$  podle kritéria Cena.

V případě notebooků si můžeme variantu  $I$  představit jako notebook, který je levný, ne však nejlevnější (16000 Kč) a všechny jeho ostatní parametry jsou nejhorší (nehůře vypadá, nejnižší výkon, nemá multimédia, atd.), variantu  $B$  jako úplně nejhezčí notebook, nejdražší, s nejnižším výkonem, bez multimédií, atd.

Nyní budeme uvažovat stejnou situaci s tím rozdílem, že varianty  $I$  a  $B$  mají podle ostatních kritérií nejlepší možné hodnoty, tzn. hodnocení 1. V tomto případě variantu  $I$  můžeme popsat, jako levný notebook, který nehůře vypadá, ale má nejlepší výkon, maximálním množstvím multimédií atd. Variantu  $B$  si můžeme představit, jako nejlépe vypadající produkt, který je ovšem nejdražší, má nejlepší výkon, displej, všechna možná multimédia. A znovu obě varianty porovnáme. Podle mého názoru, se rovnost nezměnila, což znamená, že dvojice kritérií Cena a Vzhled jsou preferenčně nezávislá na ostatních kritériích.

Stejný postup opakují pro každou dvojici kritérií. Na závěr tohoto procesu mohu říci, že každá dvojice mnou zvolených kritérií je preferenčně nezávislá na ostatních. To znamená, že kritéria můžu nazvat preferenčně nezávislá. Tato vlastnost kritérií nám dovoluje aplikovat pro výpočet jejich vah Kompenzační metodu.

Z teorie víme, že Kompenzační metoda je založena na relativním porovnávání významnosti jednoho kritéria k druhému prostřednictvím dvou fiktivních variant. Zjišťujeme, jak velký nárůst hodnoty jednoho kritéria kompenzuje pokles hodnoty druhého kritéria o jednotku. Při provádění Kompenzační metody s rozvětvenými kritérii, což označuji jako první způsob, nastává problém, co považovat za jednotku v případě, že kritérium se rozkládá na podkritéria (kritéria druhého řádu) vyjádřená v různých jednotkách. Tento nedostatek a jeho řešení názorně předvedu na příkladu.

Představme si situaci, kdy určujeme jaký nárůst hodnoty kritéria Cena kompenzuje pokles kritéria Výkon o jednotku. Cílem je tedy určit pouze váhy kritérií první úrovně. Víme, že kritérium Výkon nemá žádnou jednotku, protože je tvořen podkritérii s různými jednotkami: RAM (GB), Procesor (GHz), Grafická karta (ohodnocena bodově – kvalitativní kritérium), Baterie (hodiny).

Je zřejmé, že pokud bychom prováděli Kompenzační metodu standardním způsobem, potom by tento příklad nebylo možné vyřešit. My zde ovšem uvažujeme, že Kompenzační metodu modifikujeme na Metodu váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů. Pokles Výkonu o jednotku tedy lze interpretovat, jako pokles hodnocení varianty podle kritéria Výkon o určité procento, protože hodnocení fiktivní varianty podle Výkonu stejně jako podle každého jiného kritéria vyjadřuje v Metodě váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů míru naplnění dílčího cíle, což lze udávat v procentech. Z těchto úvah vyplývá, že namísto poklesu hodnoty varianty podle kritéria Výkon o jednotku, kterou zde nejsme schopni určit, můžeme uvažovat snížení naplnění dílčího cíle, např. naplnění dílčího cíle u této fiktivní varianty podle Výkonu poklesne ze 70% na 60%.

Obdobně bychom si poradili i s interpretací poklesu o jednotku v případě kvalitativních kritérií, která jsou hodnocena body a ne jednotkami. Závěrem lze konstatovat, že Kompenzační metodu je možné aplikovat jak na rozvětvená, tak na nerozvětvená kritéria.

Pro další výpočty budu používat následující značení:

$A_i$ ... fiktivní varianta, která je nejlépe hodnocena podle nejdůležitějšího kritéria  $K_i$  a nejhůře hodnocena podle ostatních kritérií

$B_j$ ... fiktivní varianta, která je nejlépe hodnocena podle  $j$ -tého kritéria, pro každé  $J \neq i$ , kde  $j=1, \dots, m$  a nejhůře hodnocena podle ostatních kritérií

$I_i$  ... fiktivní varianta  $A_i$ , jejíž hodnoty jsou podle nejdůležitějšího kritéria  $K_i$  sníženy, tak aby platilo  $u(I_i)=u(B_j)$

Např.

*Procesor a Baterie*

$$u_{42}(I_{42}) = \frac{w_{44}}{w_{42}} = 0,1$$

$A_{4.2}$  ...fiktivní varianta, která je nejlépe hodnocena podle kritéria Procesor ( $K_{4.2}$ ) a nejhůře hodnocena podle ostatních kritérií (Procesor je v této větvi nejdůležitějším kritériem)

$B_{4.4}$ ... fiktivní varianta, která je nejlépe hodnocena podle kritéria Baterie ( $K_{4.4}$ ) a nejhůře hodnocena podle ostatních kritérií

$I_{4.2}$ ... varianta, jejichž hodnoty jsou podle kritéria Procesor ( $K_{4.2}$ ) sníženy, tak aby platilo  $u(I_{4.2})=u(B_{4.4})$

$W_2$ ...nenormovaná váha kritéria Procesor ( $K_{4.2}$ )

$W_4$ ... nenormovaná váha kritéria Baterie ( $K_{4.4}$ )

Obecný vzorec, který jsem použil pro stanovení vah je popsán podkapitole 1.2.2, konkrétně se jedná o (9).

## 2.4.2 První způsob

Zde uvedu, jak jsem určoval váhy pro jednotlivé úrovně a větve stromu kritérií pomocí Kompenzační metody. Pro výpočet vah touto metodou budu zjišťovat, jak velký nárůst hodnoty jednoho kritéria kompenzuje pokles hodnoty druhého kritéria o jednotku. Dílčí vypočtené váhy se nacházejí v tabulkách 2.10 – 2.13. Výsledné váhy lze nalézt v tabulce 2.14.

### Váhy kritérií první úrovně

Za nejdůležitější kritérium v tomto větvení stromu kritérií považuji Cenu, proto  $W_1 = 1$ .

*Cena a Vzhled*

$$u_1(I_1) = \frac{W_2}{W_1} = 0,70$$

*Cena a Displej*

$$u_1(I_1) = \frac{W_3}{W_1} = 0,60$$

*Cena a Výkon*

$$u_1(I_1) = \frac{W_4}{W_1} = 0,45$$

*Cena a Vybavení*

$$u_1(I_1) = \frac{W_5}{W_1} = 0,25$$

Nenormované váhy kritérií první úrovně vycházejí takto:

$$W_1 = 1 \quad W_2 = 0,70 \quad W_3 = 0,60 \quad W_4 = 0,45 \quad W_5 = 0,25$$

Výsledné normované váhy vzniklé znormováním vah  $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5$  jsou uvedeny v Tabulce 2.10.

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Cena	$V_1$	0,333
Vzhled	$V_2$	0,234
Displej	$V_3$	0,200
Výkon	$V_4$	0,150
Vybavení	$V_5$	0,083

Tabulka 2.10 Váhy kritérií první úrovně

#### Váhy kritérií druhé úrovně

##### 1) Displej

Za nejdůležitější kritérium v tomto větvení stromu kritérií považují Velikost displeje, proto  $W_{31} =$  .

*Velikost displeje a Rozlišení displeje*

$$u_{31}(I_{31}) = \frac{W_{32}}{W_{31}} = 0,67$$

Nenormované váhy podkritérií kritéria Displeje vycházejí takto:

$$W_{31} = 1 \quad W_{32} = 0,67$$

Výsledné normované váhy vzniklé znormováním vah  $W_{31}, W_{32}$  jsou uvedeny v Tabulce 2.11.

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Displej - Velikost	$V_{31}$	0,598
Displej - Rozlišení	$V_{32}$	0,402

Tabulka 2.11 Váhy podkritérií kritéria Displeje



## 2) Výkon

Za nejdůležitější kritérium v tomto větvení stromu kritérií považují Procesor, proto

$$w_{42} = 1$$

*Procesor a RAM*

$$u_{42}(I_{42}) = \frac{w_{41}}{w_{42}} = 0,55$$

*Procesor a GK*

$$u_{42}(I_{42}) = \frac{w_{43}}{w_{42}} = 0,3$$

*Procesor a Baterie*

$$u_{42}(I_{42}) = \frac{w_{44}}{w_{42}} = 0,1$$

Nenormované váhy podkritérií kritéria Výkonu vycházejí takto:

$$w_{41} = 0,55 \quad w_{42} = 1 \quad w_{43} = 0,30 \quad w_{44} = 0,10$$

Výsledné normované váhy vzniklé znormováním vah  $w_{41}$ ,  $w_{42}$ ,  $w_{43}$ ,  $w_{44}$  jsou uvedeny v Tabulce 2.12.

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Výkon - RAM	$v_{41}$	0,282
Výkon - Procesor	$v_{42}$	0,513
Výkon - GK	$v_{43}$	0,154
Výkon - Baterie	$v_{44}$	0,051

Tabulka 2.12 Váhy podkritérií kritéria Výkonu

## 3) Vybavení

Za nejdůležitější kritérium v tomto větvení stromu kritérií považují Multimédia, proto

$$w_{52} = 1$$

*Multimédia a HD*

$$u_{52}(I_{52}) = \frac{w_{51}}{w_{52}} = 0,11$$

Nenormované váhy podkritérií kritéria Vybavení vycházejí takto:

$$W_{31} = 0,11 \quad W_{32} = 1$$

Výsledné normované váhy vzniklé znormováním vah  $W_{31}$ ,  $W_{32}$  jsou uvedeny v Tabulce 2.13.

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Vybavení - HD	$W_{31}$	0,099
Vybavení – Multim.	$W_{32}$	0,901

Tabulka 2.13 Váhy podkritérií kritéria Vybavení

#### Výsledné váhy

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Cena	$V_1$	0,333
Vzhled	$V_2$	0,234
Displej - Velikost	$V_{31}$	0,120
Displej - Rozlišení	$V_{32}$	0,080
Výkon - RAM	$V_{41}$	0,042
Výkon - Procesor	$V_{42}$	0,077
Výkon - GK	$V_{43}$	0,023
Výkon - Baterie	$V_{44}$	0,008
Vybavení - HD	$W_{31}$	0,008
Vybavení – Multim.	$W_{32}$	0,075

Tabulka 2.14 Výsledné váhy

Z výsledků vah stanovených pomocí Kompenzační metody s rozvětvenými kritérii vyplývá, že mezi touto metodou a Metfesselovou alokací s rozvětvenými kritérii (označovaný jako první způsob), která vyjadřuje, jak váhy kritérií vnímám tím, že je zadávám přímo, se nachází pouze nepatrný rozdíl. To tedy jen potvrzuje správnost tohoto postupu.

Výsledné váhy vypočtené Kompenzační metodou s rozvětvenými kritérii jsem opět dosadil do Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů a získal jsem celkové hodnocení variant uvedených v tabulce 2.15.

#### Výpočet optimální varianty

Varianta	Celkové hodnocení varianty
$u(A)$	0,6677
$u(B)$	0,5585
$u(C)$	0,6040
$u(D)$	0,5421
$u(E)$	0,6914

Tabulka 2.15 Celkové hodnocení variant

### 2.4.3 Druhý způsob

Při stanovení vah pomocí Kompenzační metody s nerozvětvenými kritérii budeme určovat váhy kritérií přímo. Budeme zjišťovat, jak velký nárůst hodnoty kritéria Cena vykompenzuje pokles hodnoty druhého kritéria o jednotku. V tabulce 2.16 jsou udány vypočtené váhy.

#### Stanovení vah kritérií:

Za nejdůležitější kritérium považuji Cenu, proto  $W_1 = 1$ .

*Cena a Vzhled*

$$u_1(I_1) = \frac{W_2}{W_1} = 0,700$$

*Cena a Rozlišení displeje*

$$u_1(I_1) = \frac{W_2}{W_1} = 0,550$$

*Cena a Procesor (Výkon)*

$$u_1(I_1) = \frac{W_2}{W_1} = 0,400$$

*Cena a Baterie (Výkon)*

*Cena a Velikost displeje*

$$u_1(I_1) = \frac{W_3}{W_1} = 0,600$$

*Cena a RAM (Výkon)*

$$u_1(I_1) = \frac{W_4}{W_1} = 0,300$$

*Cena a Grafická karta (Výkon)*

$$u_1(I_1) = \frac{W_3}{W_1} = 0,250$$

*Cena a Hard disk (Vybavení)*

$$u_4(I_1) = \frac{w_{44}}{w_4} = 0,075$$

$$u_4(I_1) = \frac{w_{51}}{w_4} = 0,050$$

*Cena a Multimédia (Vybavení)*

$$u_4(I_1) = \frac{w_{52}}{w_4} = 0,175$$

Nenormované váhy kritérií vycházejí takto:

$$w_1 = 1 \quad w_2 = 0,700 \quad w_{31} = 0,600 \quad w_{32} = 0,550 \quad w_{41} = 0,300 \quad w_{42} = 0,400 \quad w_{43} = 0,250$$

$$w_{44} = 0,075 \quad w_{51} = 0,050 \quad w_{52} = 0,175$$

Výsledné normované váhy vzniklé znormováním vah  $w_1, w_2, w_{31}, w_{32}, w_{41}, w_{42}, w_{43}, w_{44}, w_{51}, w_{52}$  jsou uvedeny v Tabulce 2.16.

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Cena	$v_1$	0,244
Vzhled	$v_2$	0,171
Displej - Velikost	$v_{31}$	0,146
Displej - Rozlišení	$v_{32}$	0,134
Výkon - RAM	$v_{41}$	0,073
Výkon - Procesor	$v_{42}$	0,098
Výkon - GK	$v_{43}$	0,061
Výkon - Baterie	$v_{44}$	0,018
Vybavení - HD	$v_{51}$	0,012
Vybavení – Multim.	$v_{52}$	0,043

Tabulka 2.16 Výsledné váhy

Výsledné váhy z tabulky 2.16 budou sloužit k určení celkového hodnocení variant pomocí Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů. Výsledky jsou zapsány v tabulce 2.17

Varianta	Celkové hodnocení varianty
$u(A)$	0,64335
$u(B)$	0,58117
$u(C)$	0,67122
$u(D)$	0,62969
$u(E)$	0,64164

Tabulka 2.17 Celkové hodnocení variant

## 2.5 Stanovení vah kritérií pomocí Saatyho metody

### 2.5.1 První způsob

V této podkapitole budeme postupovat stejným způsobem jako u prvních způsobů stanovení vah pomocí Metfesselovi alokace a Kompenzační metody, to znamená zvlášť určíme váhy pro kritéria první úrovně a zvlášť pro jednotlivé větve stromu, kde výsledné váhy vzniknou jak součin váhy kritéria první úrovně a váhy kritéria druhé úrovně v příslušné větvi stromu kritérií. Váhy určíme pomocí Matic intenzit preferencí  $S$  pro každou větev stromu zvlášť a zvlášť pro kritéria první úrovně. Tvorba této matice je popsána v podkapitole 1.2.3 věnované Saatyho metodě. Z těchto matic získáme výsledky pomocí geometrického průměru, což je opět popsáno v teorii. Průběžné výsledky vah si můžeme prohlédnout v tabulkách 2.18 až 2.21. Výsledné váhy najdeme v tabulce 2.22.

#### Váhy kritérií první úrovně

*Matice intenzit preferencí  $S_1$*

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$K_1$	1	3	4	6	9
$K_2$	1/3	1	4	5	7
$K_3$	1/4	1/4	1	4	6
$K_4$	1/6	1/5	1/4	1	5
$K_5$	1/9	1/7	1/6	1/5	1

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Cena	$V_1$	0,478
Vzhled	$V_2$	0,282
Displej	$V_3$	0,142
Výkon	$V_4$	0,069
Vybavení	$V_5$	0,029

Tabulka 2.18 Váhy kritérií první úrovně

### Váhy kritérií druhé úrovně

#### 1) Displej

*Matice intenzit preferencí  $S_2$*

$$\begin{matrix} & K_{3.1} & K_{3.2} \\ K_{3.1} & \left( \begin{array}{cc} 1 & 2 \\ 1/2 & 1 \end{array} \right) \\ K_{3.2} & & \end{matrix}$$

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Displej - Velikost	$V_{31}$	0,67
Displej - Rozlišení	$V_{32}$	0,33

Tabulka 2.19 Váhy podkritérií kritéria Displeje

#### 2) Výkon

*Matice intenzit preferencí  $S_3$*

$$\begin{matrix} & K_{4.1} & K_{4.2} & K_{4.3} & K_{4.4} \\ K_{4.1} & \left( \begin{array}{cccc} 1 & 1/2 & 4 & 6 \\ 2 & 1 & 5 & 7 \\ 1/4 & 1/5 & 1 & 5 \\ 1/6 & 1/7 & 1/5 & 1 \end{array} \right) \\ K_{4.2} & & & & \\ K_{4.3} & & & & \\ K_{4.4} & & & & \end{matrix}$$

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Výkon - RAM	$V_{41}$	0,325
Výkon - Procesor	$V_{42}$	0,505
Výkon - GK	$V_{43}$	0,124
Výkon - Baterie	$V_{44}$	0,046

Tabulka 2.20 Váhy podkritérií kritéria Výkon

### 3) Vybavení

*Matice intenzit preferencí  $S_4$*

$$\begin{matrix}
 & K_{5.1} & K_{5.2} \\
 K_{5.1} & \begin{pmatrix} 1 & 1/4 \\ 4 & 1 \end{pmatrix} \\
 K_{5.2} & & 
 \end{matrix}$$

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Vybavení - HD	$V_{51}$	0,2
Vybavení – Multim.	$V_{52}$	0,8

Tabulka 2.21 Váhy podkritérií kritéria Vybavení

### Výsledné váhy

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Cena	$V_1$	0,478
Vzhled	$V_2$	0,282
Displej - Velikost	$V_{31}$	0,095
Displej - Rozlišení	$V_{32}$	0,047
Výkon - RAM	$V_{41}$	0,022
Výkon - Procesor	$V_{42}$	0,035
Výkon - GK	$V_{43}$	0,009
Výkon - Baterie	$V_{44}$	0,003
Vybavení - HD	$V_{51}$	0,006
Vybavení – Multim.	$V_{52}$	0,023

Tabulka 2.22 Výsledné váhy

Výsledné váhy vypočtené prvním způsobem Saatyho metody dosadíme do Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů a získáme celkové hodnocení variant, které je uvedeno v tabulce 2.23.

#### Výpočet optimální varianty

Varianta	Celkové hodnocení varianty
$u(A)$	0,6917
$u(B)$	0,4964
$u(C)$	0,4894
$u(D)$	0,4788
$u(E)$	0,7444

Tabulka 2.23 Celkové hodnocení variant

#### 2.4.3 Druhý způsob

Druhým způsobem byly váhy opět určeny přímo na základě jedné matice intenzit preferencí, ze které získáme výsledné váhy pomocí geometrického průměru. Ty jsou zachyceny v tabulce 2.24.

#### Stanovení vah kritérií:

*Matice intenzit preferencí  $S$*

	$K1$	$K2$	$K3.1$	$K3.2$	$K4.1$	$K4.2$	$K4.3$	$K4.4$	$K5.1$	$K5.2$
$K1$	1	2	4	4	5	5	6	9	9	7
$K2$	1/2	1	3	3	4	4	5	8	8	5
$K3.1$	1/4	1/3	1	2	3	2	4	7	7	4
$K3.2$	1/4	1/3	1/2	1	3	2	4	6	7	4
$K4.1$	1/5	1/4	1/3	1/3	1	1/2	2	5	5	3
$K4.2$	1/5	1/4	1/2	1/2	2	1	3	5	6	4
$K4.3$	1/6	1/5	1/4	1/4	1/2	1/3	1	4	5	2
$K4.4$	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/5	1/4	1	2	1/4
$K5.1$	1/9	1/8	1/7	1/7	1/5	1/6	1/5	1/2	1	1/5
$K5.2$	1/7	1/5	1/4	1/4	1/3	1/4	1/2	4	5	1



### Výsledné váhy

Kritérium	Označení váhy	Hodnota váhy
Cena	$v_1$	0,293
Vzhled	$v_2$	0,213
Displej - Velikost	$v_{31}$	0,130
Displej - Rozlišení	$v_{32}$	0,111
Výkon - RAM	$v_{41}$	0,061
Výkon - Procesor	$v_{42}$	0,083
Výkon - GK	$v_{43}$	0,043
Výkon - Baterie	$v_{44}$	0,017
Vybavení - HD	$v_{51}$	0,014
Vybavení – Multim.	$v_{52}$	0,035

Tabulka 2.24 Výsledné váhy

Výsledné váhy získané Saatyho metodou s nerozvětvenými kritérii dosadíme do Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů a dostaneme celkové hodnocení variant, které je uvedeno v tabulce 2.25.

### Výpočet optimální varianty

Varianta	Celkové hodnocení varianty
$u(A)$	0,6560
$u(B)$	0,5608
$u(C)$	0,6334
$u(D)$	0,6016
$u(E)$	0,6692

Tabulka 2.25 Celkové hodnocení

## 2.6 Závěrečné shrnutí

Na úvod této kapitoly bych chtěl zmínit, že váhy jsem pomocí jednotlivých metod (tedy sloupců v tabulce) počítal a zadával vždy s odstupem jednoho až dvou týdnů a věnoval jsem se pouze dané metodě (resp. způsobu). Předchozí výsledky jsem z důvodu větší koncentrace na právě prováděné výpočty nesledoval. Lze tedy říci, že jednotlivé výsledky (sloupce v tabulce) jsou v rámci jejich určování jedním rozhodovatelem na sobě nezávislé.

<b>Kritérium</b>	<b>MA1</b>	<b>MA2</b>	<b>KM1</b>	<b>KM2</b>	<b>SM1</b>	<b>SM2</b>
Cena	0,350	0,33	0,333	0,244	0,478	0,293
Vzhled	0,250	0,15	0,234	0,171	0,282	0,213
Displej - Velikost	0,110	0,12	0,120	0,146	0,095	0,130
Displej - Rozlišení	0,090	0,09	0,080	0,134	0,047	0,111
Výkon - RAM	0,045	0,07	0,042	0,073	0,022	0,061
Výkon - Procesor	0,075	0,08	0,077	0,098	0,035	0,083
Výkon - GK	0,023	0,06	0,023	0,061	0,009	0,043
Výkon - Baterie	0,007	0,03	0,008	0,018	0,003	0,017
Vybavení - HD	0,010	0,02	0,008	0,012	0,006	0,014
Vybavení – Multim.	0,040	0,05	0,075	0,043	0,023	0,035

Tabulka 2.26 Srovnání vah

V tabulce 2.26 si můžeme prohlédnout výsledné váhy kritérií stanovených pomocí 3 metod, přičemž každá metoda se dělí na metodu s rozvětvenými a nerozvětvenými kritérii. Celkem tak dostáváme 6 výsledků.

Váhy stanovené pomocí Metfesselovi alokace s rozvětvenými kritérii (MA1) vlastně vyjadřují, jak váhy intuitivně vnímám, protože je zadávám. Vidíme, že rozhodující význam zde zauímají váhy prvních dvou kritérií, tedy váhy Ceny a Vzhledu, jejichž součet přesahuje 50% naplnění celkového cíle, čímž je výběr optimálního notebooku. Ostatní kritéria, co se vah týče, za těmito dvěma výrazněji zaostávají.

Velmi podobně vyšly váhy kritérií stanovené Kompenzační metodou s rozvětvenými kritérii, což byl v této práci jakýsi experiment, jehož výsledky se nakonec ukázaly v dobrém světle a pouze potvrzují správnost použití této metody.

Pokud se podíváme na Metfesselovu alokaci s nerozvětvenými kritérii (MA2), kde jsem váhy kritérií stejně jako v případě s rozvětvenými kritérii (MA1) zadával sám, ovšem

tentokrát přímo pro koncová kritéria, si můžeme oproti MA1 povšimnout určitých rozdílů. Týkají se především kritéria Vzhled, u jehož váhy zde dochází k většímu poklesu. Víme, že v obou případech jsem zadával váhy, tak jak je jako rozhodovatel cítím. Jak si tedy tyto rozdíly vysvětlit?

U MA1, kde jsem váhy zadával zvlášť pro kritéria první úrovně a zvlášť pro jednotlivá větvení stromu s kritérii druhé úrovně, se mi jednotlivé váhy určovaly mnohem snadněji a práce s touto metodou se mi zdála jednodušší. Čím méně kritérií jsem porovnával, tím objektivněji jsem byl schopen je ohodnotit. V případě MA2 jsem byl nucen zadávat váhy pro deset kritérií zároveň, což snižovalo objektivnost mého hodnocení. Problémem zde bylo dodržet podmínku, aby se součet všech deseti vah rovnal 1, a zároveň co nejpřesněji vystihnout vzájemné rozdíly mezi jednotlivými vahami.

Váhy stanovené Kompenzační metodou s nerozvětvenými kritérii nám dávají odlišný výsledek od předchozích. Váhy jsou více vyrovnané, oproti předchozím metodám se mezi nimi nacházejí menší rozdíly a první dvě kritéria zde nehrají rozhodující roly, přestože zůstaly nejvýznamnějšími.

Saatyho metoda s rozvětvenými kritérii se pro stanovení vah neosvědčila. Váhy vycházejí s velkým výkyvem od ostatních metod. Tento jev je způsoben tím, že pro malé matice s menším počtem kritérií nemá Saatyho metoda dostatečně jemné hodnocení, abychom rozlišili malé rozdíly mezi významností některých kritérií.

Naopak Saatyho metoda s nerozvětvenými kritérii nám dává „přijatelné“ výsledky, protože množství porovnávaných kritérií v jedné matici vzrůstá na deset. Pokud tento výsledek porovnáme s MA1 (kterou považuji za základ), tak vidíme, že jsou zde pouze menší rozdíly, a to především u prvních dvou kritérií, které poklesly a naopak mírně vzrostl význam ostatních kritérií.

Varianta	MA1	MA2	KM1	KM2	SM1	SM2
A	0,6692	0,658	0,6677	0,64335	0,6917	0,6560
B	0,5438	0,550	0,5585	0,58117	0,4964	0,5608
C	0,5904	0,595	0,6040	0,67122	0,4894	0,6334
D	0,5646	0,541	0,5421	0,62969	0,4788	0,6016
E	0,6979	0,659	0,6914	0,64164	0,7444	0,6692

Tabulka 2.27 Srovnání celkového hodnocení variant

Před tím, než se podíváme na porovnání celkových hodnocení variant podle dílčích postupů (tabulka 2.27), by bylo dobré prohlédnout si tabulku s hodnotami variant podle jednotlivých kritérií, která je uvedena v Příloze a následně se vrátit k tabulce 2.26 s vahami kritérií podle jednotlivých metod. Z těchto údajů lze vyčíst, jak vzniklo výsledné hodnocení, protože to je stanoveno na základě Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů vztahem (16).

Pokud si vzpomeneme na hodnocení vah, pak víme že váhy kritérií vycházely podobně u Metfesselovi alokace s rozvětvenými kritérii (MA1), Kompenzační metody s rozvětvenými kritérii (KM1) a Saatyho metody s nerozvětvenými kritérii (SM2), z čehož vyplývá také podobnost mezi celkovými hodnoceními variant. Zároveň tyto tři postupy (metody) považuji za nejvíce vypovídající a nejpřesnější. Jaké jsou tedy výsledky?

Nejlépe hodnocena je varianta E. Důvod nalezneme ve dvou výše zmíněných tabulkách, vzhledem k tomu, že víme jak se počítá celkové hodnocení u Metody váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů. Nejvyšší význam získala kritéria Cena a Vzhled. Notebook E má nízkou cenu a také se mi zdá velmi pěkný, což způsobilo, že i přes slabší hodnoty podle ostatních kritérií se tato varianta pro mě stává optimální.

Druhou nejlepší se stala varianta A, která ztrácí malý kousek na E, a to z důvodu mírně horšího vzhledu a vyšší ceně, což nedokázaly vyvážit ani o něco lepší hodnoty oproti E podle některých jiných kritérií (např. RAM, GK).

Následuje varianta C, jejíž rozhodující nevýhodou se stala příliš vysoká cena, což způsobilo její umístění na třetím místě, a to i přesto, že v ostatních kritériích exceluje.

U Metod stanovení vah MA1 a SM2 skončila jako nejhůře hodnocený notebook varianta B. Tato varianta ztrácí především u kritéria Vzhled, také cenově není optimální, přesto se mi hodnoty tohoto notebooku zdály velmi vyrovnané a očekával jsem od něj lepší hodnocení. U metody KM1 skončil nejhůře hodnoceným notebookem D, a to díky většímu důrazu na Multimedia v případě této metody, které notebook D úplně postrádá.

Podle vah získaných Metfesselovou alokací s nerozvětvenými kritérii (MA2) skončilo pořadí notebooků prakticky nezměněno, s tím rozdílem, že v důsledku nižšího významu kritéria Vzhled a naopak vzrůstu důležitosti Grafické karty a paměti RAM je rozdíl mezi variantou E a A nevýznamný. Nejhůře hodnotím variantu D, a to v důsledku výše zmiňovaného poklesu významnosti kritéria Vzhled.

Z celkového hodnocení variant u vah stanovených Kompenzační metodou s nerozvětvenými kritérii se jako optimální varianta jeví notebook A, který jen těsně „předstihl“ E. Důvod této změny hledejme v poklesu vah prvních dvou kritérií a nárůstu významnosti kritérií ostatních.

Nejméně vypovídající je hodnocení variant podle vah stanovených Saatyho metodou s rozvětvenými kritérii, kde vzhledem k dominantní Ceně vychází jako optimální varianta jednoznačně notebook E.

# Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval rozdíly mezi jednotlivými metodami stanovení vah a jejich vlivem na volbu optimální varianty. Z výsledků práce je zřejmé, že váhy stanovené různými metodami se od sebe lišily. Zároveň si můžeme povšimnout odlišností v rámci jedné metody v závislosti na tom, zda váhy byly určeny pro rozvětvená či nerozvětvená kritéria. V některých případech mírně rozdílné váhy neměly přílišný nebo dokonce žádný vliv na výslednou preferenci variant, ovšem mezi jinými metodami se objevily výraznější rozdíly ve výsledných vahách, které měly vliv na pořadí variant a tudíž i na volbu optimální možnosti.

Další důležitou skutečností je fakt, že ne každá metoda stanovení vah je vhodná pro každou situaci a závisí pouze na rozhodovateli a daném konkrétním problému, jaký způsob stanovení vah si zvolí. Není také na škodu použít více metod pro stanovení vah a teprve na základě většího množství výsledků učinit konečné rozhodnutí.

V této bakalářské práci jsem všechny váhy stanovené různými metodami použil v Metodě váženého průměru stupňů naplnění dílčích cílů, která sloužila k určení optimální varianty. Zajímavé by bylo porovnat tyto různé metody stanovení vah v různých metodách sloužících k určení celkového hodnocení variant a zabývat se zjištěnými rozdíly, především jejich vlivem na výběr optimální varianty. Stejně tak by bylo možno vyzkoušet řešení více rozhodovacích problémů z různých oblastí lidského života. Tyto úvahy ovšem překračují rozsah mé práce.

Závěrem mohu říci, že tvorba bakalářské práce mi přinesla nejen rozšíření vědomostí ohledně problematiky metod stanovení vah kritérií v modelech vícekritériálního rozhodování, ale také procvičení a rozvinutí mých znalostí v užívání matematického softwaru Matlab, a také MS Excel. Samozřejmě nemohu opomenout ani zisk zkušeností s psaním prací či projektů většího rozsahu a zkušenost se spoluprací.

# Literatura

- [1] Ramík, J.: *Analytický hierarchický proces (AHP) a jeho využití v malém s středním podnikání*, Slezská univerzita v Opavě, Karviná, 2000.
- [2] Talašová, J.: *Fuzzy metody vícekriteriálního hodnocení a rozhodování*, VUP, Olomouc, 2003.
- [3] Fotr, J., Dědina J., Hružová H.: *Manažerské rozhodování (3. upravené a rozšířené vydání)*, EKOPRESS, Praha, 2003.
- [4] Varianta A - ASUS K50IP-SX119V [online], dostupné z: <http://www.alza.cz/asus-k50ip-sx119v-d184105>, [citováno 26. 8. 2010].
- [5] Varianta B - ASUS N61JV-JX094V [online], dostupné z: <http://www.alza.cz/asus-n61jv-jx094v-d165604.htm>, [citováno 26. 8. 2010].
- [6] Varianta C - FUJITSU Lifebook NH570 [online], dostupné z: <http://www.alza.cz/fujitsu-lifebook-nh570-d164467.htm>, [citováno 26. 8. 2010].
- [7] Varianta D - ASUS G51JX-SZ167V [online], dostupné z: <http://www.alza.cz/asus-g51jx-sz167v-d165923.htm>, [citováno 26. 8. 2010].
- [8] Varianta E - ASUS K50IJ-SX419V [online], dostupné z: <http://www.alza.cz/asus-k50ij-sx419v-d170852.htm>, [citováno 26. 8. 2010].
- [9] Předvýběr notebooků/variant [online], dostupné z: [http://www.alza.cz/notebooky/18842920.htm?kampan=adw1\\_notebooky\\_notebooky&gclid=CKHS4aifw6MCFQ8FZgodIRN7cg](http://www.alza.cz/notebooky/18842920.htm?kampan=adw1_notebooky_notebooky&gclid=CKHS4aifw6MCFQ8FZgodIRN7cg), [citováno 26. 8. 2010].

# Seznam příloh

Obrázek 1 Notebooky (varianty)

Tabulka 1 Notebooky – vstupní hodnoty (srpen 2010)

Tabulka 2 Notebooky – nové hodnoty



# Příloha

Obrázek 1 Notebooky (varianty)



Varianta A



Varianta B



Varianta C



Varianta D



Varianta E

<b>Varianta</b>	<b>Cena (Kč)</b>	<b>Vzhled</b>	<b>Displej Velikost (palce)</b>	<b>Displej Rozlišení</b>	<b>Výkon RAM (GB)</b>	<b>Výkon Procesor (GHz)</b>	<b>Výkon GK</b>	<b>Výkon Baterie (hodiny)</b>	<b>Vybavení HD (GB)</b>	<b>Vybavení Multimédia</b>
<b>A</b>	14 999	7	15,6	6	4	2,1	5	3	500	7
<b>B</b>	22 788	6	16	6	4	2,53	7	2	640	9
<b>C</b>	28 990	9	18,4	8	4	3,33	8	3,5	500	8
<b>D</b>	28 788	10	15,6	10	4	2,93	10	2	500	1
<b>E</b>	13 590	8	15,6	6	3	2,1	3	3,5	320	6

Tabulka 1 Notebooky – vstupní hodnoty (srpen 2010)

**Názvy variant:**

- A** - ASUS K50IP-SX119V
- B** - ASUS N61JV-JX094V
- C** - FUJITSU Lifebook NH570
- D** - ASUS G51JX-SZ167V
- E** - ASUS K50IJ-SX419V

<b>Varianta</b>	<b>Cena (Kč)</b>	<b>Vzhled</b>	<b>Displej Velikost</b>	<b>Displej Rozlišení</b>	<b>Výkon RAM</b>	<b>Výkon Procesor</b>	<b>Výkon GK</b>	<b>Výkon Baterie</b>	<b>Vybavení HD</b>	<b>Vybavení Multimédia</b>
<b>A</b>	0,75	0,67	0,60	0,56	0,75	0,55	0,44	0,60	0,67	0,67
<b>B</b>	0,36	0,56	0,67	0,56	0,75	0,77	0,67	0,20	0,98	0,89
<b>C</b>	0,05	0,89	1	0,78	0,75	1	0,78	0,80	0,67	0,78
<b>D</b>	0,06	1	0,60	1	0,75	0,97	1	0,20	0,67	0
<b>E</b>	0,82	0,78	0,60	0,56	0,50	0,55	0,22	0,80	0,27	0,56

Tabulka 2 Notebooky – nové hodnoty

**Názvy variant:**

- A** - ASUS K50IP-SX119V
- B** - ASUS N61JV-JX094V
- C** - FUJITSU Lifebook NH570
- D** - ASUS G51JX-SZ167V
- E** - ASUS K50IJ-SX419V