

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Praktické využití modelů vícekritériální analýzy variant

František Karas

© 2015 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

František Karas

Provoz a ekonomika

Název práce

Praktické využití modelů vícekritériální analýzy variant

Název anglicky

Practical application of the multiple attribute models

Cíle práce

Cílem práce je výběr nejvhodnější počítačové sestavy pomocí vícekritériálního rozhodování. Podmínkou úspěšného splnění cíle, je seznámení se metodami vícekritériální analýzy variant a následně výběr správné metody. Pro výpočet budou definována rozhodovací kritéria, podle preferencí uživatelů i finančních možností. Na základě výsledku vícekritériálního rozhodování, bude stanoveno doporučení.

Metodika

Práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou, podle literárních pramenů, vysvětleny základní pojmy, metody pro stanovení vah a metody pro hodnocení jednotlivých variant ve vícekritériálním rozhodování. Bude proveden popis hlavních metod pro výběr kompromisní varianty. Budou vysvětleny hardwarové komponenty počítače, které jsou základem rozhodovacích kritérií. Praktická část bude čerpat informace a metody z teoretické části. Na základě charakteristiky požadavků uživatele budou definována kritéria, a určena jejich váhy. Budou shromážděny informace o jednotlivých variantách. Kompromisní varianta bude doporučena na základě výpočtu podle vybrané metody. V závěru bude zobrazení provedeného rozhodovacího procesu.

Doporučené zdroje informací

FIALA, P.; JABLONSKÝ, J.; MAŇAS, M. Vícekriteriální rozhodování. Praha: VŠE, 1997.

FIALA, P. Modelování a analýzy produkčních systémů. Praha: Professional Publishing, 2002.

FOTR, J.; DĚDINA, J.; HRŮZOVÁ, H. Manažerské rozhodování. Praha: Ekopress, 2003.

GROS, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada Publishing, 2003.

JABLONSKÝ, J. Operační výzkum. Praha: Professional Publishing, 2002.

RAMÍK, J. Analytický hierarchický proces (AHP) a jeho využití v malém a středním podnikání. Karviná: Slezská univerzita v Opavě, 2002.

ŠUBRT, J. a kol. Ekonomicko-matematické metody. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

doc. Ing. Ludmila Dömeová, CSc.

Elektronicky schváleno dne 20. 10. 2014

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 11. 2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 03. 03. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Praktické využití modelů vícekritériální analýzy variant" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16. 3. 2015

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Ludmile Dömeové, CSc., vedoucí mé bakalářské práce, za odborné vedení a cenné připomínky při tvorbě této práce.

Praktické využití vícekritériální analýzy variant

Practical Application of the Multiple Attribute Decision Making

Souhrn

Cílem této bakalářské práce, je za pomoci metod vícekritériální analýzy variant vybrat co nejlepší počítačovou sestavu pro Exekutorský úřad pro Prahu 3. Práce je rozdělená na dvě hlavní části – teoretickou a praktickou. Teoretická část je zaměřena na popsání kritérií a variant rozhodovacího problému. Následně jsou ke kritériím vymezeny metody stanovení vah kritérií a k variantám metody na výběr kompromisní varianty. Praktická část je zaměřena na požadavky exekutorského úřadu, vysvětlení významu kritérií a aplikace metod vícekritériální analýzy variant pro výběr kompromisní varianty. Výsledek analýzy bude doporučen Exekutorskému úřadu pro Prahu 3.

Summary

The aim of this thesis is using methods of multiple attribute decision making to choose the best computer system for Executor office for Prague 3. The thesis is divided into the two main parts – theoretical and practical. Theoretical parts is focused on describing the attributes and variants of decision making problem. Subsequently, for attributes are defined methods to determinate weights of the attributes and for variants are defined methods to choose compromise variant. Practical part is focused on the requirements of executor office, explaining the meaning of attributes and application of multiple attribute decision making methods for choosing compromise variant. The result of analysis will be recommended to Executor office for Prague 3.

Klíčová slova: vícekritériální rozhodování, varianta, kritérium, váhy kritérií, rozhodovací model, počítač

Keywords: multiple attribute decision making, variant, attribute, weights of the attributes, decision making model, computer

Obsah

Obsah	7
1 Úvod.....	8
2 Cíl práce a metodika.....	9
2.1 Cíl práce	9
2.2 Metodika	9
3 Vícekriteriální analýza variant	10
3.1 Kritéria rozhodovacího modelu	11
3.2 Metody stanovení vah kritérií	12
3.2.1 Metoda pořadí	13
3.2.2 Metoda Fullerova trojúhelníku	13
3.2.3 Bodovací Metoda	15
3.2.4 Saatyho metoda	15
3.3 Varianty rozhodovacího modelu	17
3.3.1 Varianty se speciálními vlastnostmi	17
3.4 Metody hodnocení variant	18
3.4.1 Bodovací metoda a metoda pořadí	19
3.4.2 Konjunktivní a disjunktivní metoda	19
3.4.3 Metoda bazické varianty	20
3.4.4 Funkce užitku	20
3.4.5 Metoda váženého součtu	22
3.4.6 Metoda AHP	22
3.4.7 Metoda TOPSIS	23
4 Praktická část	25
4.1 O exekutorském úřadu	25
4.1.1 Organizační struktura	26
4.2 Stanovení kritérií rozhodování	28
4.3 Stanovení variant	30
4.4 Stanovení váhy kritérií	31
4.5 Výběr kompromisní varianty	32
4.6 Vyhodnocení a doporučení	38
5 Závěr	40
6 Seznam použitých zdrojů	41
7 Seznam použitých objektů	43

1 Úvod

Rozhodování je běžnou součástí života každého člověka. U každodenních činností se člověk rozhoduje podle svých znalostí, zkušeností a intuice. Na druhé straně také existují situace, které jsou pro rozhodovatele nové a i při dostatku informací, nedokáže provést správné rozhodnutí. Pro tyto situace existují rozhodovací metody.

Metody rozhodování jsou modely, které napomáhají rozhodovateli při řešení složitých rozhodovacích problému pomocí matematického modelování. V této práci budou využity modely vícekritériální analýzy variant, přes které bude vyřešen rozhodovací problém výběru počítačové sestavy.

Výběr počítačové sestavy bude prováděn pro Exekutorský úřad pro Prahu 3. Pro tento úřad, respektive pro většinu společností, jsou počítače hlavní součástí pracovní činnosti. Jedná se o investici na několik let dopředu, proto je vhodné využít některé z rozhodovacích metod, které pomůžou s výběrem přesně podle požadavků zadavatele. Výsledná kompromisní varianta bude Exekutorskému úřadu pro Prahu 3 doporučena pro případný nákup.

Kromě praktického využití modelů vícekritériální analýzy variant, obsahuje bakalářská práce teoretická východiska pro metody, podle kterých se stanoví váhy kritérií a vybere kompromisní varianta.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je výběr nejvhodnější počítačové sestavy pomocí vícekriteriálního rozhodování. Podmínkou úspěšného splnění cíle, je seznámení se metodami vícekriteriální analýzy variant a následně výběr správné metody. Pro výpočet budou definována rozhodovací kritéria, podle preferencí uživatelů i finančních možností. Na základě výsledku vícekriteriálního rozhodování, bude stanoveno doporučení.

2.2 Metodika

Práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou, podle literárních pramenů, vysvětleny základní pojmy, metody pro stanovení vah a metody pro hodnocení jednotlivých variant ve vícekriteriálním rozhodování. Bude proveden popis hlavních metod pro výběr kompromisní varianty. Budou vysvětleny hardwarové komponenty počítače, které jsou základem rozhodovacích kritérií. Praktická část bude čerpat informace a metody z teoretické části. Na základě charakteristiky požadavků uživatele budou definována kritéria, a určena jejich váhy. Budou shromážděny informace o jednotlivých variantách. Kompromisní varianta bude doporučena na základě výpočtu podle vybrané metody. V závěru bude zobecnění provedeného rozhodovacího procesu.

3 Vícekriteriální analýza variant

Rozhodování je racionální proces volby mezi variantami řešení určitého problému. Lidstvo provází už od nepaměti a každý jedinec ho denně používá i na nejjednodušší úkony. Rozhodováním se snaží vybrat co nejvhodnější variantu, která přinese co nejvyšší užitek, ať už se jedná o výběr nového počítače nebo dobrého oběda.

Z matematického a ekonomického hlediska se rozhodováním zabývá **teorie rozhodování**. Základ modelu teorie rozhodování je odvozen z modelů her proti přírodě. Jsou to hry proti tzv. neinteligentnímu hráči, kterému nezáleží na výsledku rozhodnutí. Při řešení rozhodovacích modelů jsou dány různé podmínky, podle kterých se vybírá nejvhodnější alternativa. Právě podle znalosti podmínek můžeme rozlišovat tři typy rozhodování:

1. **Rozhodování za podmínek úplné nejistoty** – rozhodovatel nemá, žádné informace o tom jaká situace nastane.
2. **Rozhodování za podmínek rizika** – rozhodovatel může, částečně určit jaká situace nastane a výběr může být jednodušší.
3. **Rozhodování za podmínek jistoty** – rozhodovatel ví, jaká situace nastane a snaží se maximalizovat užitek.

Poslední uvedené – rozhodování za podmínek jistoty v sobě nese dva typy úloh. První z nich je **vícekriteriální optimalizace** (spojitý model), kde jsou varianty vymezeny podmínkami, pro které se hledá vhodná varianta. Druhý typ úlohy s množinou přípustných variant je právě **vícekriteriální analýza variant** (diskrétní model). Cílem je najít variantu takovou, která nejvíce odpovídá zadaným kritériím. Zjednodušeně lze popsat výpočet následovně: první dva kroky vícekriteriální analýzy variantu jsou stanovení variant a stanovení kritérií. Třetím krokem je stanovení vah kritérií a posledním je samotné hodnocení variant. Tímto postupem lze dojít k variantě optimální¹ nebo k variantě kompromisní².

¹ přesně splňuje všechna kritéria

² blíží se požadovaným kritériím

Aby byl model vícekritériální analýzy variant přehledný a dalo se s ním pracovat, všechny informace o variantách a kritériích se zapisují se do rozhodovací tabulky, která se skládá z následujících komponent:

- **Varianty** – přípustné varianty, mezi kterými si rozhodovatel vybírá tu, která přinese největší užitek; $a_i, i = 1, 2, \dots, m$
- **Kritéria** – hlediska pro hodnocení variant, může být kvalitativní nebo kvantitativní s povahou minimalizační nebo maximalizační; $f_j, j = 1, 2, \dots, n$
- **Kritériální matice** – matice, jejíž prvky tvoří hodnocení i -té varianty a j -té kritéria; $Y = (y_{ij})$
- **Váhy kritérií** – vyjadřují, které kritérium je pro rozhodovatele nejdůležitější $v_j, j = 1, 2, \dots, n$

$Y = (y_{ij})$	f_1	f_2	$\dots$	f_n
a_1	y_{11}	y_{12}	$\dots$	y_{1n}
a_2	y_{21}	y_{22}	$\dots$	y_{2n}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
a_m	y_{m1}	y_{m2}	$\dots$	y_{mn}

Tabulka 1 - Komponenty vícekritériální analýzy variant

(zdroj: vlastní zpracování)

3.1 Kritéria rozhodovacího modelu

Jak už bylo řečeno, kritéria jsou hlediska pro hodnocení variant. Jedná se o nezbytnou součást rozhodovací tabulky a model vícekritériální analýzy by bez kritérií byl neúplný. Každý rozhodovatel si může zvolit kritéria podle vlastních preferencí. Rozhodovatel do kritérií zahrnuje parametry, které jsou pro jeho rozhodnutí důležité, a požaduje, aby je výsledná varianta splňovala. Kritéria se v rozhodovací tabulce zapisují do sloupců.

Kritéria se rozdělují podle různých hledisek. První důležité rozdělení je **podle povahy**:

- **Minimalizační** – varianta, která má nejnižší hodnotu je pro rozhodovatele nejvýhodnější.

- **Maximalizační** – opak minimalizačního kritéria, nejvýhodnější variantou je ta, která má nejvyšší hodnotu.

Pokud se v rozhodovací tabulce nachází kritéria s rozdílnou povahou je užitečné si je převést na stejnou povahu.³ Na převod povahy se nejčastěji používají dva způsoby:

- Celý sloupec vynásobit hodnotou -1; transformace $y'_{ij} = -y_{ij}$.
- Vybrat ze sloupce nejvyšší hodnotu a postupně od ní odečítat všechny ostatní hodnoty; transformace $y'_{ij} = y_{ij} - \max(y_{ij})$.⁴

Oba tyto postupy lze použít při převodu minimalizace na maximalizaci nebo naopak. Každá metoda má výslednou interpretaci odlišnou a záleží na rozhodovateli, pro kterou se rozhodne.

Další rozdělení je **podle kvantifikovatelnosti**:

- **Kvantitativní** – číselné hodnoty, které jsou měřitelné a objektivní. Příkladem může být cena, maximální rychlost nebo životnost.
- **Kvalitativní** – slovní hodnoty, dají se hodnotit pouze subjektivně. Při výpočtu se používají bodovací metody, které převedou slovní hodnotu na číselnou. Jaké příklad může být barva, umístění bydliště nebo značka.

3.2 Metody stanovení vah kritérií

Po vymezení variant a kritérií následuje stanovení vah kritérií. To zaručí, že se bude brát ohled na preferenci jednotlivých kritérií a výsledek, po užití metody pro hodnocení varianty, bude objektivnější.

Pro stanovení vah kritérií jsou potřeba informace od rozhodovatele. Pokud je rozhodovatel ochotný přiřadit kritériím pořadová čísla podle jejich důležitosti nebo porovnáváním všech

³ Při větším počtu kritérií s maximalizační povahou převést zbylé s minimalizační a naopak nebo dle preferencí rozhodovatele.

⁴ Šubrt – Ekonomicko-matematické metody

dvojic určí, které kritérium z aktuální dvojice je důležitější než druhé, tak se jedná o tzv. **stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií**. V druhém případě se předpokládá, že rozhodovatel určí nejen pořadí důležitosti, ale i poměr důležitosti mezi všemi dvojicemi kritérií. Tento způsob se nazývá **stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií**.⁵

3.2.1 Metoda pořadí

První metodou pro stanovení vah kritérií je metoda pořadí. Už z názvu je patrné, že půjde o váhy z ordinální informace. Pro získání vah je potřeba seřadit kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité, s tím že nejdůležitější dostane nejvíc bodů n , méně důležité kritérium $n-1$ a nejméně důležité jenom 1 bod. Po přidělení bodů se všechny body sečtou a provede se normalizace podle následujícího vztahu:

$$v_i = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j} = \frac{b_j}{N}, \quad j = 1, \dots, n$$

Vzorec 1 - Výpočet pro normalizaci

Po provedení normalizace budou stanoveny váhy v klasické formě – hodnoty v intervalu $<0;1>$ a s celkovým součtem 1.

3.2.2 Metoda Fullerova trojúhelníku

Druhá uvedená metoda pro stanovení vah z ordinální informace je metoda Fullerova trojúhelníku, která se jinak také nazývá metoda párového porovnávání. Principem této metody je porovnání dvojice kritérií, ze kterých se vybere jedno lepší. Při porovnávání všech kombinací kritérií k , celkový počet porovnání je roven:

$$N = \binom{k}{2} = \frac{k(k-1)(k-2)!}{2!(k-2)!} = \frac{k(k-1)}{2}$$

Vzorec 2 - Počet porovnání kritérií ve Fullerově trojúhelníku

⁵ Šubrt – Ekonomicko-matematické metody

Aby bylo stanovení vah přehlednější, sestavuje se tzv. Fullerův trojúhelník. Trojúhelník má vždy $k - 1$ dvojřádků. První řádek obsahuje všechny kombinace pro porovnání s prvním kritériem, v druhém kombinace pro porovnání s druhým kritériem, kromě té, která je v předchozím řádku. V každém dalším řádku jsou kombinace pro porovnání s dalším kritériem, které nejsou v předchozích řádcích. Každý řádek má tedy o 1 člen méně, než řádek předchozí.⁶

1	1	1	1	...	1	1
2	3	4	5	...	$k - 1$	k
2	2	2	2	...	2	
3	4	5	6	...	k	
...						
...						
$k - 3$	$k - 3$	$k - 3$				
$k - 2$	$k - 1$	k				
$k - 2$	$k - 2$					
$k - 1$	k					
$k - 1$						
k						

Tabulka 2 - Fullerův trojúhelník

(zdroj: vlastní zpracování)

Po sestavení Fullerova trojúhelníku a porovnání všech dvojic kritérií se provede normalizace podle vzorce 1. Po normalizaci by kritéria měla mít hodnoty v intervalu $<0;1>$ a s celkovým součtem 1.

⁶ Sekničková - Vícekriteriální hodnocení variant – VHV [online]

3.2.3 Bodovací Metoda

Bodovací metoda patří mezi stanovení vah kritérií z kardinální informace. Proto musí rozhodovatel určit nejen důležitost mezi kritérii, ale také **poměr** důležitosti mezi všemi dvojicemi kritérií. Tato metoda je podobná metodě pořadí, jediným rozdílem je přidělení bodů. Každé kritérium bude ohodnoceno body v intervalu $\langle 0;10 \rangle$. Zachováno je také pravidlo, že čím důležitější kritérium, tím dostane větší počet bodů. Po ohodnocení kritérií se provede normalizace podle vzorce 1, kterým získáme váhy kritérií pro hodnocení variant.

3.2.4 Saatyho metoda

Saatyho metoda patří mezi nejčastější metody pro určení vah kritérií. Při hodnocení je vhodné využít postup metody AHP. Jedná se o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií a hodnocení se stanoví podle následující pětibodové stupnice:⁷

$$(s_{ij}) = \begin{cases} 1 - \text{rovnocenná kritéria } i \text{ a } j \\ 3 - \text{slabě preferované kritérium } i \text{ a } j \\ 5 - \text{silně preferované kritérium } i \text{ a } j \\ 7 - \text{velmi silně preferované kritérium } i \text{ a } j \\ 9 - \text{absolutně preferované kritérium } i \text{ a } j \end{cases}$$

Vzorec 3 - stupnice Saatyho metody

Rozhodovatel porovná každou dvojici kritérií a velikosti preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu. Porovnání se ukládá do tzv. Saatyho matice $S = (s_{ij})$.

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Vzorec 4 - Saatyho matice

⁷ Šubrt – Ekonomicko-matematické metody

Podmínky Saatyho matice:

- Hodnoty 2, 4, 6 a 8 jsou ponechány pro hodnocení mezistupňů.
- Hodnoty na diagonále Saatyho matice musí být rovny 1, protože kritéria jsou rovnocenná sama sebou.
- Je-li preferováno i -té kritérium před j -tým, podle síly preference se použije některá z hodnot ze - stupnice Saatyho metody. Při preferenci j -tého kritéria před i -tým se použije zlomková hodnota $1/s_{ij}$.
- Musí platit, že $s_{ji} = 1/s_{ij}$ pro všechna i .
- Matice má vždy rozměr $n \times n$.
- Hodnota s_{ij} představuje poměr vah kritéria i a j , v matematickém zápisu $s_{ij} \approx v_i / v_j$.⁸

U poměru vah v_i / v_j , který se odhaduje hodnotou s_{ij} , je potřeba, aby rozdíl mezi skutečným poměrem a odhadovanou hodnotou byl co nejmenší. Tento rozdíl neboli míra konzistence se dá vypočítat podle vztahu:

$$I_s = \frac{I_{max} - n}{n - 1},$$

Vzorec 5 - Míra konzistence Saatyho matice

kde I_{max} je největší číslo Saatyho matice a n počet kritérií. Jestliže je $I_s < 0,1$, tak je Saatyho matice považována za dostatečně konzistentní. Pro minimalizaci konzistence se dá použít vztah pro součet čtverců rozdílů, který je model nekonvexního kvadratického programování a způsobuje výpočetní potíže.

$$F = \sum_i \sum_j \left(s_{ij} - \frac{v_i}{v_j} \right)^2 \rightarrow \min$$

$$\text{za podmínky } \sum_{j=1}^n v_j = 1$$

Vzorec 6 - Součet čtverců rozdílů

⁸ Sekničková - Vícekriteriální hodnocení variant – VHV [online]

Pro zjednodušení Saaty navrhl několik způsobů jak odhadnout váhy a předejít počítání vzorce 6. Jedním takovým je geometrický průměr jednotlivých řádků Saatyho matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

Vzorec 7 - Geometrický průměr řádků Saatyho matice.

Po provedení geometrického průměru pro každý samostatný řádek Saatyho matice se provede normalizace podle vzorce 1. Saatyho metodou možné stanovit nejen váhy kritérií, ale také preference mezi variantami analýzou původní úlohy.⁹

3.3 Varianty rozhodovacího modelu

„Varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti, předmět vlastního rozhodování, jsou realizovatelné a nejsou logickým nesmyslem.“¹⁰ Tvorba variant je jednou z nejvýznamnějších fází řešení rozhodovacích problémů¹¹, protože jen se správně zvolenými variantami lze vytvořit požadované rozhodnutí. Důležitá je také kvantita variant. Pokud má rozhodovatel na výběr z velkého množství variant je větší pravděpodobnost, že najde tu optimální. Ovšem ani velké množství variant vždy nezaručí existenci optimálního řešení. Z pravidla se v rozhodovací tabulce zapisují do řádků.

3.3.1 Varianty se speciálními vlastnostmi

- **Ideální varianta** – její hodnoty ve všech zvolených kritériích jsou nejlepší. Může se jednat o variantu reálnou nebo hypotetickou.
- **Bazální varianta** - její hodnoty ve všech zvolených kritériích jsou nejhorší. Může se jednat o variantu reálnou nebo hypotetickou.
- **Kompromisní varianta** – blíží se požadovaným kritériím a při použití rozdílných metod na hodnocení variant může být pokaždé jiná.

⁹ Šubrt – Ekonomicko-matematické metody

¹⁰ Šubrt – Ekonomicko-matematické metody

¹¹ Fotr, Švecová – Manažerské rozhodování – postupy, metody a nástroje

- **Dominovaná varianta** – Varianta a_i dominuje a_j , pokud je ve všech kritériích stejná a alespoň v jednom výrazně lepší.
- **Paretovská varianta** – „Varianta (řešení), která není dominovaná žádnou jinou variantou, je nedominovaná varianta, často se též nazývá efektivní nebo paretovská. Množinu všech nedominovaných variant označíme A_n .“¹²

Pro ulehčení výpočtu je výhodné si na začátku varianty zkontrolovat, najít dominance a nedominující varianty vyškrtnout. Ne vždy je ale příklad vícekritériální analýzy variant obsahuje.

3.4 Metody hodnocení variant

Jak bylo uvedeno, metody hodnocení kritérií se dají rozdělit podle toho, jaké informace má rozhodovatel dostupné. Stejně je to i u metod hodnocení variant. Zde se však autoři publikací neshodují a rozdělení není vždy shodné. V následujícím schématu je uvedeno rozdělení podle autorů Šubrt, Bartoška, Brožová, Dömeová, Houška a Kučera, kteří ho použili v publikaci Ekonomicko-matematické metody.

Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií	- Bodovací metoda - Metoda pořadí
Metody vyžadující aspirační úroveň kritérií	- Konjunktivní metoda - Disjunktivní metoda - Metoda bazické varianty
Metody vyžadující ordinální informace	- Lexikografická metoda
Metody vyžadující kardinální informaci	(Funkce užitku) - Metoda váženého součtu - Metoda AHP - Metoda TOPSIS

Tabulka 3 - Rozdělení metod vícekritériálního hodnocení variant

(zdroj: vlastní zpracování)

¹² Šubrt – Ekonomicko-matematické metody

3.4.1 Bodovací metoda a metoda pořadí

Mezi nejjednodušší metody hodnocení variant patří metoda bodovací a metoda pořadí. Postup řešení je podobný jako u modelů stanovení vah kritérií. Hodnotí se jednotlivá kritéria variant číslem b_{ij} . U metody bodovací se používá bodovací stupnice, která musí být pro každé kritérium stejná, u metody pořadí jsou jednotlivé varianty ohodnoceny čísly 1 až m , kde m je počet variant. Celkové hodnocení varianty je pak rovno součtu dílčích hodnot:

$$b_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}$$

Vzorec 8 - Součet dílčích hodnot bodovací metody a metody pořadí

Na výsledku záleží podle zvolených hodnot. Pokud bude při použití bodovací metody zvolena stupnice 1 – 10 (1 – nejhorší; 10 – nejlepší) tak kompromisní variantou bude ta s nejvyšší hodnotou. U metody pořadí lze předpokládat stupnici hodnocení jako ve škole (1 – nejlepší; hodnota m – nejhorší), v tomto případě by byla vybrána kompromisní varianta s nejmenší hodnotou. I přes to, že tyto metody nevyžadují informaci o preferenci kritérií, lze je do výpočtu zařadit a potom by se hodnoty b_i počítaly jako vážené součty.

3.4.2 Konjunktivní a disjunktivní metoda

U obou těchto metod je potřeba stanovit si tzv. aspirační úrovně. Podle nich se následně určí akceptovatelné a neakceptovatelné varianty. Aspirační úrovně pro rozhodovatele znamenají nejhorší přípustné hodnoty. Při minimalizačním povaze kritéria bude aspirační úrovní hodnota maximální, při maximalizační povaze bude aspirační úrovní minimální hodnota.

Při použití konjunktivní metody se vyberou pouze takové varianty, které splňují všechny aspirační úrovně kritérií, tj. varianta je ve všech kritériích rovná aspiračním úrovním nebo lepší. Disjunktivní metoda je benevolentnější a vyžaduje alespoň jedno kritérium lepší nebo stejné jako aspirační úroveň.¹³

¹³ Klicnarová - Vícekriteriální hodnocení variant – metody [online]

Tyto metody se používají spíš pro redukci modelu vícekritériální analýzy varianta a po zjednodušení modelu lze ještě použít některou ze složitějších metod.

3.4.3 Metoda bazické varianty

Principem této metody je stanovení si jedné varianty navíc, ve které se kritéria budou rovnat požadavkům rozhodovatele. Tato varianta se nazývá bazická varianta. Následně se pomocí bazické varianty přepočte kritériální matice podle následujících vztahů:

- Pro maximalizační kritéria $u_{ij} = \frac{y_{ij}}{y_j^B}$
- Pro minimalizační kritéria $u_{ij} = \frac{y_j^B}{y_{ij}}$

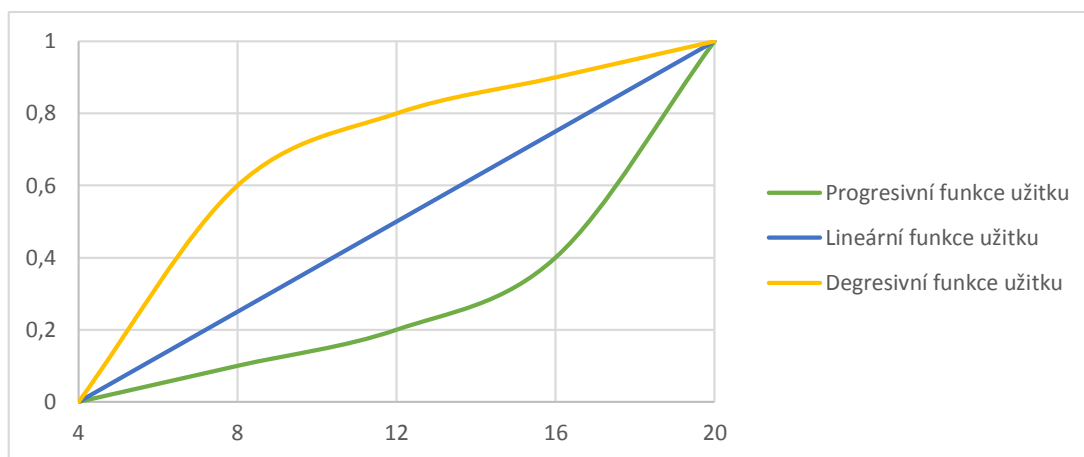
Tzn. že u maximalizačních kritérií se dělí hodnota varianty hodnotou bazickou a minimalizačního kritéria naopak. Správnost se ověří tím, že nové hodnoty dosahují hodnot v intervalu $\langle 0;1 \rangle$. V takto přepočtené matici se provede vážený skalární součin jednotlivých variant a váhy kritérií. Mezi výslednými hodnotami je nejlepší ta varianta, která má nejvyšší hodnotu.

3.4.4 Funkce užitku

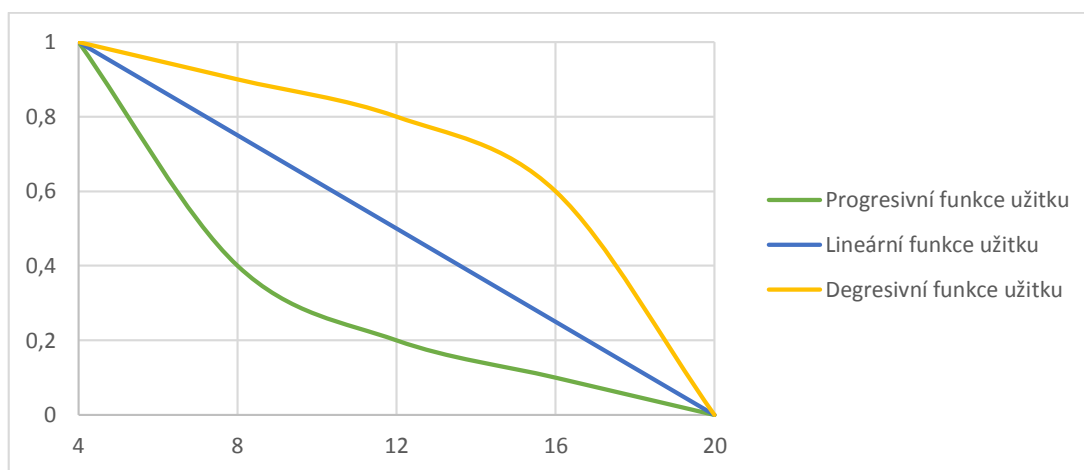
Každá varianta přináší rozhodovateli určitý užitek. Funkční hodnota užitku leží v intervalu $\langle 0;1 \rangle$, čím je varianta výhodnější tím vyšší je hodnota funkce užitku. Aby bylo možné stanovit celkový užitek varianty, je nutné stanovit pro každé kritérium dílčí funkci užitku. To znamená, že kardinální hodnocení variant bude nahrazeno hodnotami dílčí funkce užitku: $u_{ij} = u_j(y_{ij}), j = 1, 2, \dots, n$ platí $u_{ij} \in \langle 0;1 \rangle$, kde $u_j(y_{ij})$ je funkční závislost mezi hodnotami v původní kritériální matici a hodnotami dílčí funkce užitku.¹⁴

¹⁴ Šubrt – Ekonomicko-matematické metody

U výnosových (maximalizačních) typů kritérií je největší užitek roven 1 a nejmenší 0. U nákladových (minimalizačních) kritérií je situace opačná a užitek s rostoucí hodnotou klesá. Obě situace jsou popsány v následujících grafech.



Graf 1 - Funkce užitku pro výnosová kritéria



Graf 2 - Funkce užitku pro nákladová kritéria

(zdroj: vlastní zpracování)

Celkový užitek je pak součtem jednotlivých dílčích užiteků a nejlepší variantou je ta s nejvyšším užitekem.

3.4.5 Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu, jinak také WSA (Weighted Sum Approach) je speciálním případem metody funkce užitku. Prvním krokem výpočtu je stanovení ideální varianty ($h_1, \dots, h_n$) a bazální varianty ($d_1, \dots, d_n$). Následuje vytvoření standartizované kritériální matice pomocí vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}$$

Vzorec 9 - Standartizovaná kritériální matice u WSA

Standartizovaná matice by měla obsahovat pouze hodnoty v intervalu $<0;1>$ s tím, že na místech kde byla ideální varianta je 1 (maximální užitek) a bazální varianta je 0 (minimální užitek). Poslední krokem, stejně jako u metody bazické varianty, je použití váženého součtu variant a stanovených vah. Výsledná nejvyšší hodnota poskytne největší užitek.

3.4.6 Metoda AHP

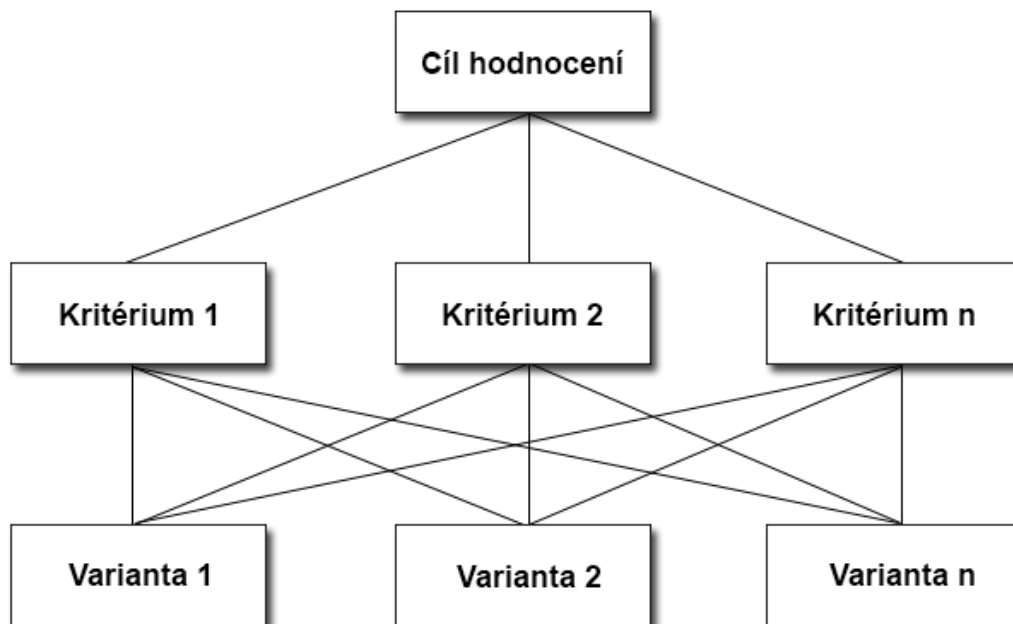
Metodu AHP, jinak také Analytický hierarchický proces, navrhnul Thomas Saaty v roce 1980 a jedná se o nejčastěji využívanou metodu pro řešení široké škály reálných rozhodovacích problémů po celém světě – např. alokace zdrojů do zdravotnictví, hodnocení efektivnosti léků, hodnocení ekonomických prognóz, analýza a řešení politických konfliktu (Izrael – Egypt).¹⁵

Pojmem hierarchická struktura se rozumí lineární struktura obsahující určitý počet úrovní, kde každá z nich obsahuje určitý počet prvků. Při vícekritériálním hodnocení variant může mít hierarchická struktura tři úrovně.¹⁶

- **1. úroveň** – cíl vyhodnocování
- **2. úroveň** – kritéria
- **3. úroveň** – varianty

¹⁵ Jablonský – Metod vícekritériálního rozhodování a HTA

¹⁶ Jablonský – Operační výzkum



Obrázek 1 - Hierarchie metody AHP

(zdroj: vlastní zpracování)

Postup výpočtu je stejný jako u metody stanovení kritérií Saatyho metodou. Párově se zde porovnávají důležitosti jednoho objektu před druhým a ohodnocují se na stupnici 1 až 9, kde hodnota 1 odpovídá rovnováze variant a 9 odpovídá absolutně preferované variantě. Zatímco při stanovení vah kritérií stačilo sestavit jednu kritériální matici a v ní porovnat všechna kritéria mezi sebou, při vybírání metody je nutné porovnávat varianty pro každé kritérium zvlášť. Výsledky z porovnávání variant pro jednotlivá kritéria se zapíší do nové kritériální matice, zprůměrují se a nejlepší variantou je ta, která má nejvyšší hodnotu.

3.4.7 Metoda TOPSIS

Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) posuzuje vzdálenosti od ideální a bazální varianty. Podmínkou je mít všechna kritéria maximalizační. Nejdříve je nutné zkonstruovat normalizovanou **kritériální matici R** podle vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p y_{ij}^2}}$$

Vzorec 10 - Normalizovaná kritériální matice

Vypočítá se **vyvážená kritériální matice W**:

$$w_{ij} = v_j r_{ij}$$

Vzorec 11 - Vyvážená kritériální matice

Vypočítají se vzdálenosti variant od **ideální varianty**:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2}$$

Vzorec 12 - Vzdálenost od ideální varianty

a od **bazální varianty**:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2}$$

Vzorec 13 - Vzdálenost od bazální varianty

Posledním krokem je vypočítání relativních ukazatelů vzdáleností od bazální varianty.

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

Vzorec 14 - Relativní ukazatelé vzdáleností

Hodnoty ukazatelů jsou v intervalu $<0;1>$ a podobně jako u většiny ostatních modelů, nejvyšší hodnota je nejlepší varianta a nejnižší hodnota je nejhorší varianta.

4 Praktická část

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na uplatnění metod pro stanovení vah kritérií a metod pro hodnocení variant, které jsou uvedeny v první části práce. Rozhodovací problém se týká Exekutorského úřadu pro Prahu 3, ve kterém je nutné zavést nové hardwarové vybavení, respektive nové počítače. Úvod této kapitoly se bude tedy věnovat exekutorskému úřadu, jeho představení, vysvětlení současné situace a požadavků.

Pro správné rozhodování je nutné definovat kritéria rozhodování, v tomto případě se jedná o počítačové komponenty a jejich parametry. Po stanovení kritérií, je nutné vybrat varianty. Jedná se o počítače, které jednotliví výrobci nabízejí a jsou vhodné do rozhodovacího procesu.

Další dvě části se věnují samotnému použití modelů pro stanovení váhy kritérií a výběru kompromisní varianty. Odhad váhy kritérií je zpracován na základě požadavků exekutorského úřadu a jeho správce informatiky. Na závěr, po výběru kompromisní varianty, bude stanoveno doporučení, jaký počítač je nejlepší vybrat.

4.1 O exekutorském úřadu

Exekutorský úřad pro Prahu 3 zahájil svoji činnost v září roku 2001 s účinností zákona č. 120/2001 Sb., exekuční řád na základě rozhodnutí ministra spravedlnosti o jmenování JUDr. Ingrid Švecové soudní exekutorkou.¹⁷ Od roku 2001 bylo sídlo úřadu na adrese Malá Štěpánská 7, Praha. Vzhledem k používání klasických papírových spisů, pro jednotlivé exekuce, a narůstajícímu počtu exekucí, bylo nutné najít větší prostory, které budou mít i rezervu do budoucna. Proto se úřad v červenci roku 2003 přestěhoval do nového sídla na adrese Seifertova 17, Praha 3. Na této adrese je úřad do dnes a do budoucna se s žádnou změnou nepočítá.

¹⁷ Historie úřadu. EÚ Praha 3 - Exekutorský úřad Praha 3 [online]



Obrázek 2 - Logo exekutorského úřadu

(zdroj: www.exekucerychle.cz)

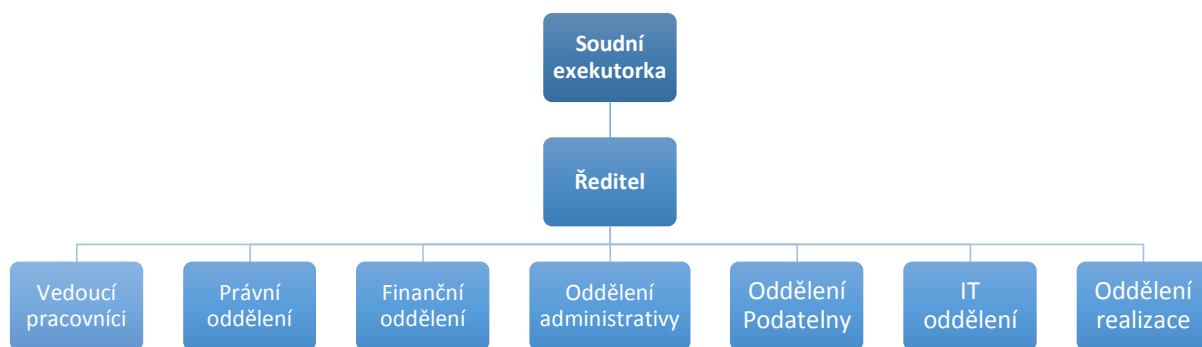
I přes to, že se úřadu ze začátku dařilo dobře, o čemž svědčí i změna sídla, tak velký zlom pro úřad přišel v roce 2009. V tu dobu exekutorská komora České republiky informovala, že na základě rozhodnutí ministryně spravedlnosti ze dne 24. 7. 2009 byl z funkce soudního exekutora odvolán Mgr. Otakar Kořínek. Spisy, v nichž exekuční řízení nebylo skončeno, byly zaslány na příslušné exekuční soudy, aby byla potvrzena změna exekutora.¹⁸ Většina těchto spisů skončila právě na úřadu JUDr. Švecové. Po tomto neočekávaném velkém množství spisů, které byly převedeny v roce 2009 a 2010 v papírové podobě, bylo nutné začít situaci řešit. Proto průběhu roku 2011 úřad přešel na vedení exekučních spisů pouze v elektronické podobě.

Nejnáročnější roky úřadu, dle počtu započatých exekucí, přišly v roce 2012. V tomto roce bylo započato přes 12 000 exekučních řízení. Tento trend pokračoval i v následujících letech a za rok 2013 bylo nových 13 000 exekucí. Doposud byl rokem s největším počtem exekucí rokem rok 2014, kdy počet exekucí přesáhl 18 000 a do budoucna je očekáván další nárůst. V současné době úřad eviduje přes 76 000 exekučních řízení včetně převedených spisů. Právě rostoucí počet exekucí v elektronické podobě a zavádění nových technologií je čím dál náročnější na hardwarové vybavení.

4.1.1 Organizační struktura

Na úřadě je celkem přes 50 zaměstnanců a podle toho je vytvořena organizační struktura. Na nejvyšší pozici je sama soudní exekutorka JUDr. Ingrid Švecová. Přímo soudní exekutorce je podřízen ředitel, který řídí jednotlivá oddělení.

¹⁸ Odvolání soudního exekutora Mgr. Otakara Kořínka. Exekutorská komora České republiky [online]



Obrázek 3 - Organizační struktura exekutorského úřadu

(zdroj: vlastní zpracování)

Popis jednotlivých funkcí je následující:

- **vedoucí exekutorského úřadu** – každý vedoucí pracovník se stará o určitý počet spisů a spolu s právním oddělením řeší případné spory mezi povinnými, exekutorským úřadem a oprávněnými
- **právní oddělení** – kromě uvedeného řešení sporů, se také stará o chod úřadu v souladu se zákonem
- **finanční oddělení** – hlavním úkonem je starost o příchozí peníze do úřadu od povinných, jejich zpracování a odeslání oprávněnému
- **oddělení administrativy** – administrativa zahrnuje např. vytvoření exekučního spisu, vydávání exekučních příkazů nebo nabytí právní moci
- **oddělení podatelny** – stará se o veškerou příchozí nebo odchozí korespondenci
- **IT oddělení** – stará se o funkčnost počítačů, serveru a informačního systému Evolio
- **oddělení realizace** – vykonavatelé a „prověřovatelé“, kteří se starají o hledání dlužníků

Od organizační struktury se také odvozují požadavky na výběr počítačů. Kromě IT oddělení, ředitele a soudní exekutorky, kde jsou počítače odlišné, je nutné pro zbylá oddělení vybrat počítače s cenou do 14 000 Kč.

4.2 Stanovení kritérií rozhodování

Mezi kritéria rozhodování byla vzata většina počítačových komponentů, které lze porovnávat objektivně (např. podle výkonových testů) a lze jimi ovlivnit rychlost a fungování počítače. Mezi subjektivní kritérium byla vzata pouze značka.

Cena (K1)

Cena hraje největší roli při nákupu kancelářského počítače. Při výběru počítačů se cena bude pohybovat do 14 000 Kč včetně DPH.

Značka (K2)

První kritérium pro výběr je značka. Značku nejde většinou vybírat podle nějakého objektivního hlediska, ale pouze podle subjektivních názorů. Mezi hodnocení jsou zařazeny všechny známé značky – Acer, Asus, Dell, Fujitsu, HP a Lenovo.

Záruka (K3)

Záruka je u spotřebního zboží velice důležitá. Elektronické zboží bývá často poruchové, proto je dobré počítat se závadou a její opravou už před investicí. Speciální typy záruk jsou vázány na značku. Jednou z nejznámějších typů prodloužené záruky poskytuje společnost Dell. Nejen, že je záruka prodloužena na 3 roky z normálních 2 let, ale také nabízí speciální službu Next Business Day, kdy při jakékoli závadě počítače, přijede technik zařízení opravit. Tento typ záruky je v ceně výrobku a tím se liší od placených prodloužených záruk, které poskytují např. internetové obchody s elektronikou.

CPU (K4)

Centrální procesorová jednotka, zkráceně procesor, je základní součástí každého počítače. Jedná o hlavní komponentu, ovlivňující počet operací, které počítač zvládne za určitý čas. V současné době existují dva hlavní výrobci počítačových procesorů – AMD a Intel. Vzhledem k poměru cena/výkon/spotřeba je výhodnější orientovat se na počítače s procesorem od společnosti Intel.

Disk (K5)

Hlavní využití vybíraného počítače bude kancelářská práce, kdy jsou data uložena na serveru. Proto není tak důležité se soustředit na kapacitu disku, ale spíše na typ disku. Existují dva typy – klasické pevné disky a tzv. SSD. Zatímco pevný disk poskytuje velký prostor na uložení dat za menší cenu, SSD za obdobnou cenu nabízí mnohem méně kapacity, ale nabízí velmi vysoké přenosové rychlosti, které počítač velmi zrychlí.

Operační paměť (K6)

Jedná se o dočasnou paměť, ve které pracují aktuálně zapnuté aplikace. I při použití nejnovějšího operačního systému a množství zapnutých programů, je nutné, aby počítač zvládal všechny akce bez zaváhání a proto je nutné mít dostatek operační paměti. Minimální hranicí je v tomto případě 4GB.

Grafická karta (K7)

Zde je situace obdobná jako u disku. Tím, že se jedná o kancelářský počítač a ne počítač herní, není potřeba výkonných grafických karet, které by v tomto případě pouze spotřebovávaly energii. Navíc většina moderních procesorů, a to jak značky Intel, tak i AMD, poskytují integrovanou grafickou kartu, která stačí na většinu potřebných úkonů.

Optická mechanika (K8)

Jedná se klasickou CD/DVD mechaniku s možností vypalovat disky. Většina počítačů tyto mechaniky obsahuje, ale postupem času se od nich odpouští. Důvodem je šetření nebo zastaralost tohoto média.

Myš a klávesnice (K9)

Dalším kritériem jsou myš a klávesnice. Nebylo by nutné kritérium zařazovat do výpočtu protože, k počítačům lze připojit jakékoli starší periferie, které jsou na úřadě používány nyní. I tak je dobré myš a klávesnici vzít při výběru v úvahu, protože nebude nutná případná budoucí investice.

Zdroj (K10)

Zdroj je rozhodující komponenta při spotřebě energie. Uváděné hodnoty u počítačových sestav jsou maximální hodnoty, kterých může zdroj nabývat. Při běžném používání počítače a spolu s úspornými komponenty takových hodnot nabývat nebude.

Operační systém (K11)

Je důležité, aby každý počítač měl svou vlastní licenci operačního systému Windows a to nejlépe ve verzi 8.1. Operační systém Windows, který zaručuje kompatibilitu se zavedenými standarty na úřadu a použití některých z konkurenčních systému např. Mac OS X nebo Linux, by nemělo pozitivní vliv na chod úřadu.

4.3 Stanovení variant

Stanovení variant probíhalo na základě analýzy českých internetových obchodů a také internetových stránek jednotlivých výrobců. Po prozkoumání dostupných počítačových sestav a jejich cen u různých obchodů, byly pro rozhodování brány k porovnání ceny z internetového obchodu Alza.cz.

Jak už bylo uvedeno, tak jedinou předem danou omezující podmínkou je cena, která je stanovena na 14 000 Kč včetně DPH. Do této částky se vybralo celkem 9 počítačů od výrobců Acer, Asus, Dell, Fujitsu, HP a Lenovo. Vybrané počítačové sestavy jsou uvedeny v tabulce 4.

	Počítač	Cena
1	Acer Veriton M2631	12 990 Kč
2	ASUS M31AD-CZ005S	13 990 Kč
3	ASUS M31AD-CZ006S	13 999 Kč
4	Dell OptiPlex Micro PC3020	13 990 Kč
5	Fujitsu Esprimo E420 E85+	12 490 Kč
6	HP Pro 280 G1 MicroTower	12 690 Kč
7	HP ProDesk 400 G2 MicroTower	13 490 Kč
8	Lenovo IdeaCentre H50-50	13 999 Kč
9	Lenovo ThinkCentre Edge 93 Tower 10AR0-03M	13 199 Kč

Tabulka 4 - Varianty rozhodovacího problému

(zdroj: vlastní zpracování)

4.4 Stanovení váhy kritérií

Prvním krokem při řešení modelu vícekritériální analýzy variant je stanovení vah kritérií. Pro stanovení těchto vah byly zvažovány dvě metody – metoda bodovací a metoda pořadí. Tyto dvě metody si jsou velmi podobné. Výhodou u metody bodovací je, že zachytí velikost rozdílů mezi jednotlivými kritérii a tím budou lépe rozlišená. To se pro tento typ rozhodování zdá jako výhoda a to i pro experty, kteří hodnotili jednotlivá kritéria. Jiné metody jako třeba Saatyho metoda nebo metoda Fullerova trojúhelníku byly vyloučeny z důvodu větší složitosti při takto velkém počtu kritérií a nemožnosti hodnotit více experty.

Vybraná bodovací metoda bodovací se skládá z hodnocení od tří expertů - specialistou přes HW vybavení, informačním manažerem a ředitelem úřadu. Každý z nich obodoval kritéria podle vlastních preferencí a to s bodovací stupnicí, která byla stanovena od 1 do 10 (1 – nejméně důležité, 10 – nejvíce důležité).

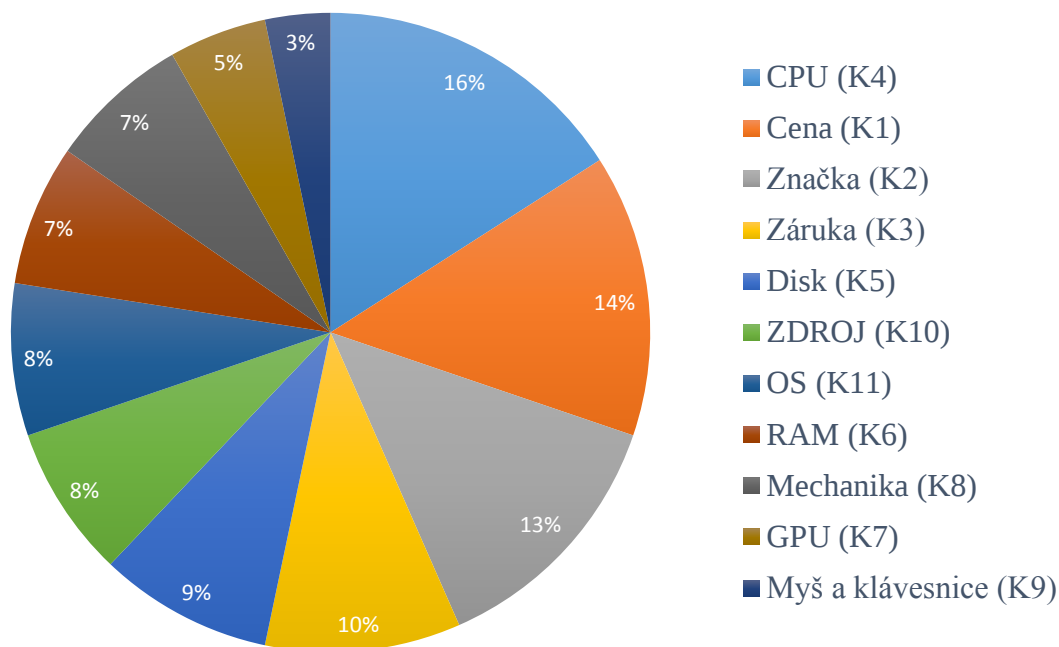
Po obodování experty byly body zprůměrovány a podle normalizační rovnice byly sestaveny váhy. Výsledek hodnocení včetně výpočtu vah je uveden v tabulce 5. Takto vypočítané váhy jsou připraveny na použití při výběru kompromisní varianty.

	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Průměr	Váhy
Cena (K1)	8	9	9	8,666667	0,142857143
Značka (K2)	8	7	9	8	0,131868132
Záruka (K3)	6	7	5	6	0,098901099
CPU (K4)	10	10	9	9,666667	0,159340659
Disk (K5)	5	6	5	5,333333	0,087912088
RAM (K6)	4	4	5	4,333333	0,071428571
GPU (K7)	2	4	3	3	0,049450549
Mechanika (K8)	4	5	4	4,333333	0,071428571
Myš a klávesnice (K9)	2	3	1	2	0,032967033
ZDROJ (K10)	5	3	6	4,666667	0,076923077
OS (K11)	4	5	5	4,666667	0,076923077
			Σ	60,66667	

Tabulka 5 - Stanovení vah kritérií

(zdroj: vlastní zpracování)

V grafu 3 jsou váhy seřazeny podle procentuálního zastoupení. Pro přehlednost jsou váhy seřazeny od největší preference po nejmenší.



Graf 3 - Procentuální vyjádření vah kritérií

(zdroj: vlastní zpracování)

4.5 Výběr kompromisní varianty

Aby bylo možné provést výběr kompromisní varianty, je nutné si nejdříve sestavit tabulku všech počítačů uvedených v Tabulka 4 spolu s jejich specifikacemi (kritérii, podle kterých budou počítače hodnoceny). Tento přehled je uveden v tabulce 6. Základní tabulka obsahuje 6 kvalitativních kritérií – značka, CPU, GPU, mechanika, myš a klávesnice a OS. Zbýlých 5 kritérií je kvantitativních – cena, záruka, disk, RAM a zdroj.

	Cena	Značka	Záruka	CPU	Disk	RAM	GPU	Mechanika	Myš a klávesnice	Zdroj	OS
1	12 990	Acer	24	i3 4130	HDD 500GB	4GB	Intel HD 4400	Ano	Ano	200W	Win 7 + 8.1
2	13 990	Asus	36	i3 4150	HDD 1000GB	6GB	nVidia GT 630	Ano	Ne	300W	Win 8.1
3	13 999	Asus	36	i5 4460	HDD 1000GB	4GB	Intel HD 4600	Ano	Ne	300W	Win 8.1
4	13 990	Dell	36 + NBD	i3 4150T	HDD 500GB	4GB	Intel HD 4400	Ne	Ano	65W	Win 7 + 8.1
5	12 790	Fujitsu	36 On-site	i3 4160	HDD 500GB	4GB	Intel HD 4400	Ano	Ano	280W	Win 7 + 8.1
6	12 690	HP	24	i3 4160	HDD 500GB	4GB	Intel HD 4400	Ano	Ano	180W	Win 7 + 8.1
7	13 490	HP	24	i3 4150	HDD 500GB	4GB	Intel HD 4400	Ano	Ano	180W	Win 7 + 8.1
8	13 999	Lenovo	24	i3 4160	HDD 1000GB	4GB	nVidia GTX 745	Ano	Ne	280W	Win 8.1
9	13 199	Lenovo	24	i3 4330	HDD 1000GB	4GB	Intel HD 4600	Ano	Ano	180W	Win 7 + 8.1

Tabulka 6 - Specifikace počítačů

(zdroj: vlastní zpracování)

Takto sestavenou tabulku je nyní nutné převést na model vícekritériální rozhodování. Na to je nutné kvalitativní kritéria převést na kritéria kvantitativní, určit o jaký typ kritéria se jedná a přiřadit k nim předem stanovené váhy. První kvalitativní kritérium je značka. Hodnoceno bylo subjektivně a podle expertů byly stanoveny body 1 – 6, které byly jednotlivým značkám přiděleny.

Přestože se kritérium záruka skládá z kvantitativních znaků, 4. a 5. počítače obsahují speciální typy záruk. Aby tato výhoda vynikla oproti ostatním, byla číselná hodnota navýšena o dalších 12 měsíců.

Kritéria CPU a GPU byla převedena do číselného vyjádření podle výsledků z výkonových testů. U CPU se jednalo o hodnoty naměřené programem *CPU Mark* a u GPU programem *Passmark G3D Mark*.

Další dvě kritéria mechanika, myš a klávesnice se skládají pouze z hodnot Ano či Ne. Zde stačí Ano nahradit jedničkami a Ne nahradit nulami. U posledního kritéria byla dostupnost dvou operačních systémů ohodnocena hodnotou 2 a dostupnost pouze jednoho operačního systému hodnotou 1.

Kritériální matice převedená do kvantitativního vyjádření a připravená pro výpočet je uvedena v tabulce 7.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
PC1	12 990	2	24	4799	500	4	538	1	1	200	2
PC2	13 990	3	36	4937	1000	6	744	1	0	300	1
PC3	13 999	3	36	6705	1000	4	726	1	0	300	1
PC4	13 990	5	48	4385	500	4	538	0	1	65	2
PC5	12 790	1	48	5016	500	4	538	1	1	280	2
PC6	12 690	6	24	5016	500	4	538	1	1	180	2
PC7	13 490	6	24	4937	500	4	538	1	1	180	2
PC8	13 999	4	24	5016	1000	4	1146	1	0	280	1
PC9	13 199	4	24	5072	1000	4	726	1	1	180	2
Váhy	0,1429	0,1319	0,0989	0,1593	0,0879	0,0714	0,0495	0,0714	0,033	0,0769	0,0769
Typ	Min	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Max

Tabulka 7 - Kriteriační matice

(zdroj: vlastní zpracování)

Pro výběr kompromisní varianty byly zvažovány všechny metody, které jsou uvedené v teoretické části práce. Bodovací metoda a metoda pořadí nebyly použity z důvodu nižší přesnosti, konjunktivní a disjunktivní metoda jsou metody na spíše zjednodušení příkladu a to by v tomto případě, kdy jsou počítače podobné, nebylo příliš výhodné.

U metody bazické varianty je nutné si vytvořit jednu variantu navíc, která odpovídá našim požadavkům. To je v tuto chvíli bezpředmětné, protože všechny počítače odpovídají našim požadavkům, pouze se hledá nejlepší. Další zvažovaná metoda je AHP, kdy pro každé kritérium zvlášť, je vytvářena hodnotící tabulka. To sice zaručovalo její přesnost, ale větší počet variant by mohl způsobovat problémy.

Z posledních dvou metod – metoda váženého součtu a metoda TOPSIS, byla vybrána metoda TOPSIS. Aby bylo možné tuto metodu aplikovat, musí být všechna kritéria maximalizační. Minimalizační kritéria se upraví podle vztahu $y_{ij} = -y_{ij}$. Kriteriační matice připravená na výpočet metodou TOPSIS je v tabulce 8.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
PC1	-12 990	2	24	4799	500	4	538	1	1	-200	2
PC2	-13 990	3	36	4937	1000	6	744	1	0	-300	1
PC3	-13 999	3	36	6705	1000	4	726	1	0	-300	1
PC4	-13 990	5	48	4385	500	4	538	0	1	-65	2
PC5	-12 790	1	48	5016	500	4	538	1	1	-280	2
PC6	-12 690	6	24	5016	500	4	538	1	1	-180	2
PC7	-13 490	6	24	4937	500	4	538	1	1	-180	2
PC8	-13 999	4	24	5016	1000	4	1146	1	0	-280	1
PC9	-13 199	4	24	5072	1000	4	726	1	1	-180	2
Váhy	0,1429	0,1319	0,0989	0,1593	0,0879	0,0714	0,0495	0,0714	0,033	0,0769	0,0769
Typ	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max

Tabulka 8 - Kriteriační matice - všechna kritéria maximalizační

(zdroj: vlastní zpracování)

Prvním krokem metody TOPSIS je převedení kriteriační matice na normalizovanou matici R . Převod se provede pomocí vztahu:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p y_{ij}^2}}$$

Tzn. že každá hodnota se vydělí odmocninou ze součtu všech hodnot kritéria na druhou. Normalizovaná matice R je v tabulce 9.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
PC1	-0,321	0,1622	0,239	0,3116	0,2182	0,3123	0,2574	0,3536	0,4082	-0,289	0,3849
PC2	-0,346	0,2433	0,3586	0,3206	0,4364	0,4685	0,356	0,3536	0	-0,434	0,1925
PC3	-0,346	0,2433	0,3586	0,4354	0,4364	0,3123	0,3474	0,3536	0	-0,434	0,1925
PC4	-0,346	0,4056	0,4781	0,2847	0,2182	0,3123	0,2574	0	0,4082	-0,094	0,3849
PC5	-0,317	0,0811	0,4781	0,3257	0,2182	0,3123	0,2574	0,3536	0,4082	-0,405	0,3849
PC6	-0,314	0,4867	0,239	0,3257	0,2182	0,3123	0,2574	0,3536	0,4082	-0,26	0,3849
PC7	-0,334	0,4867	0,239	0,3206	0,2182	0,3123	0,2574	0,3536	0,4082	-0,26	0,3849
PC8	-0,346	0,3244	0,239	0,3257	0,4364	0,3123	0,5483	0,3536	0	-0,405	0,1925
PC9	-0,327	0,3244	0,239	0,3293	0,4364	0,3123	0,3474	0,3536	0,4082	-0,26	0,3849
Váhy	0,1429	0,1319	0,0989	0,1593	0,0879	0,0714	0,0495	0,0714	0,033	0,0769	0,0769

Tabulka 9 - Normalizovaná matice R

(zdroj: vlastní zpracování)

Aby byly zohledněny váhy kritérií, upraví se normalizovaná matice R na váženou normalizovanou matici W . To se provede vynásobením jednotlivých hodnot kritéria a náležitých vah kritérií. Jedná se o vztah $w_{ij} = v_j r_{ij}$. Následně se z vážené normalizované matice W určí ideální a bazální varianty, podle kterých se vypočítají vzdálenosti.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
PC1	-0,046	0,0214	0,0236	0,0497	0,0192	0,0223	0,0127	0,0253	0,0135	-0,022	0,0296
PC2	-0,049	0,0321	0,0355	0,0511	0,0384	0,0335	0,0176	0,0253	0	-0,033	0,0148
PC3	-0,049	0,0321	0,0355	0,0694	0,0384	0,0223	0,0172	0,0253	0	-0,033	0,0148
PC4	-0,049	0,0535	0,0473	0,0454	0,0192	0,0223	0,0127	0	0,0135	-0,007	0,0296
PC5	-0,045	0,0107	0,0473	0,0519	0,0192	0,0223	0,0127	0,0253	0,0135	-0,031	0,0296
PC6	-0,045	0,0642	0,0236	0,0519	0,0192	0,0223	0,0127	0,0253	0,0135	-0,02	0,0296
PC7	-0,048	0,0642	0,0236	0,0511	0,0192	0,0223	0,0127	0,0253	0,0135	-0,02	0,0296
PC8	-0,049	0,0428	0,0236	0,0519	0,0384	0,0223	0,0271	0,0253	0	-0,031	0,0148
PC9	-0,047	0,0428	0,0236	0,0525	0,0384	0,0223	0,0172	0,0253	0,0135	-0,02	0,0296

Tabulka 10 – Vážená normalizovaná matice W

(zdroj: vlastní zpracování)

Ideální	-0,045	0,0642	0,0473	0,0694	0,0384	0,0335	0,0271	0,0253	0,0135	-0,007	0,0296
Bazální	-0,049	0,0107	0,0236	0,0454	0,0192	0,0223	0,0127	0	0	-0,033	0,0148

Tabulka 11 - Ideální a bazální varianty

(zdroj: vlastní zpracování)

Z – Vážená normalizovaná matice W a - Ideální a bazální varianty se pomocí následujících vzorců vypočítají vzdálenosti od

ideální varianty:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2}$$

bazální varianty:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2}$$

Podle ukazatele c_i , který spočívá v poměru hodnoty d_i^- a součtu hodnot d_i^- a d_i^+ , se vypočítají relativní vzdálenosti variant od bazální varianty. Tento ukazatel určí pořadí jednotlivých variant.

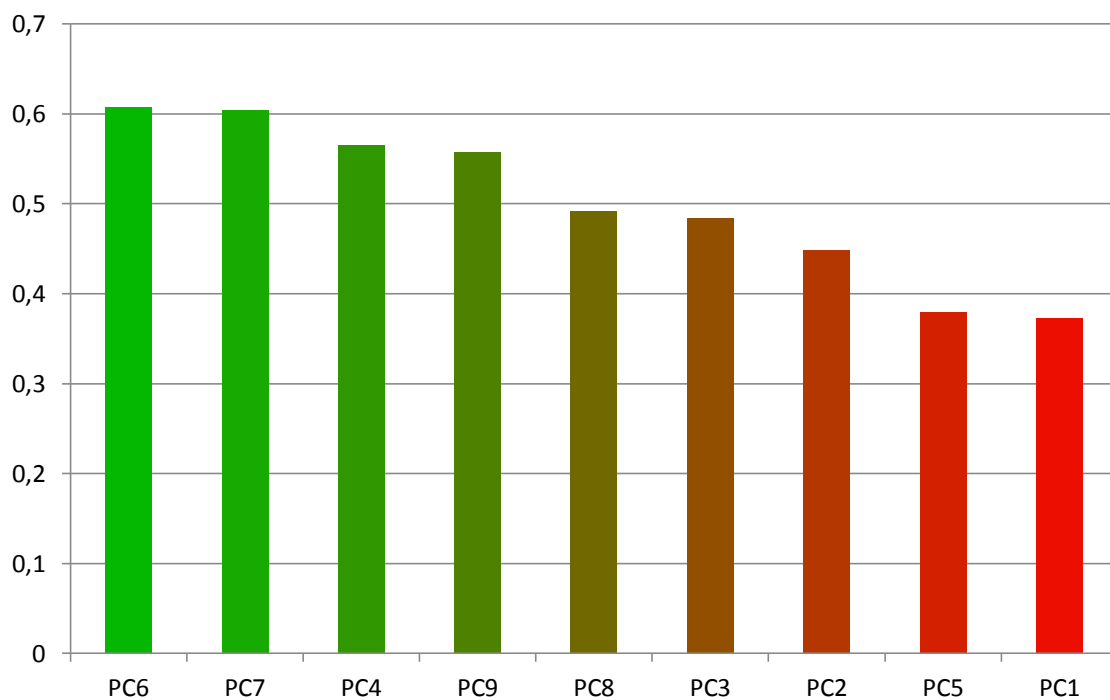
Podle metody TOPSIS vychází jako nejlepší počítač varianta 6. Jedná se o HP Pro 280 G1 MicroTower. Kompletní výsledek je uveden v tabulce 12.

	d_i^+	d_i^-	c_i	Pořadí
PC1	0,0609	0,0362	0,3727	9
PC2	0,052	0,0422	0,4484	7
PC3	0,05	0,0469	0,4841	6
PC4	0,0453	0,0589	0,5656	3
PC5	0,0666	0,0408	0,3797	8
PC6	0,0416	0,0643	0,6076	1
PC7	0,042	0,0641	0,6042	2
PC8	0,0494	0,0479	0,4921	5
PC9	0,0411	0,0519	0,5578	4

Tabulka 12 - Výsledná matice

(zdroj: vlastní zpracování)

Pro názornost jsou v grafu 4 seřazeny všechny varianty od nejvíce preferovaného po nejméně preferované.



Graf 4 - Grafické zobrazení výsledku metody TOPSIS

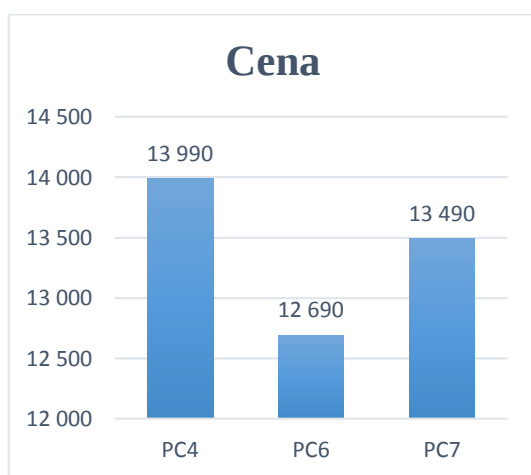
(zdroj: vlastní zpracování)

4.6 Vyhodnocení a doporučení

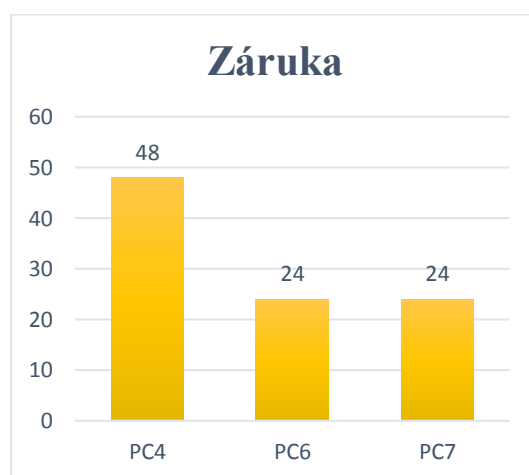
Do rozhodovacího problému bylo zařazeno 9 počítačových sestav. Všechny počítače si jsou podobné a první dva počítače dosáhly metodou TOPSIS téměř stejné hodnoty. Jako první se umístil počítač HP Pro 280 G1 MicroTower. Jedná se o nejlevnější počítač, který byl dostupný, ale i přes to disponuje druhým nejvýkonnějším procesor a má nejvíce preferovaného výrobce. Na druhém místě se umístil HP ProDesk 400 G2 MicroTower. Z pohledu použitých hardwarových komponentů se jedná o téměř identický počítač a rozdílný je pouze procesor a cena. Hlavním důvodem, proč na prvních dvou místech skončily právě tyto dva počítače je, že u stanovených vah kritérií je největší důraz na cenu, procesor a hlavně značku. Nejen, že oba počítače mají výkonnější procesory a nižší cenu, mají také nejvíce preferovanou značku.

Na třetím místě skončil počítač Dell OptiPlex Micro PC3020. Jedná o poměrně odlišný počítač od prvních dvou. Tím, že se jedná o značku Dell, je zde dostupná prodloužená záruka. Také obsahuje úsporný typ procesoru, který má téměř třetinovou spotřebu oproti počítačům od HP. Zároveň se jedná o počítač, který je s cenou na hranici 14 000 Kč.

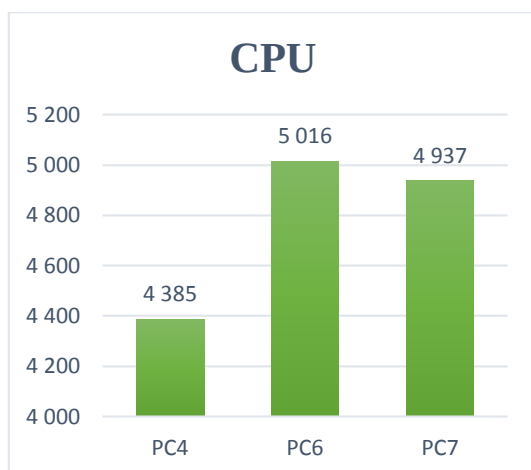
V grafech 5, 6, 7 a 8 jsou zobrazeny počítače umístěné na prvních třech místech. Porovnány jsou v kritériích, ve kterých jsou jednotlivé počítače nejlepší.



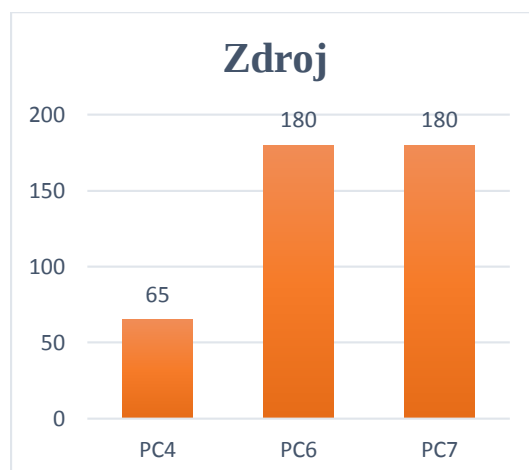
Graf 5 - Výsledné varianty - porovnání ceny



Graf 6 - Výsledné varianty - porovnání záruky



Graf 7 - Výsledné varianty - porovnání CPU



Graf 8 - Výsledné varianty - porovnání zdroje

Doporučit se tak dají dva počítače. HP Pro 280 G1 MicroTower, který se umístil na prvním místě a všechny ostatní překonává cenou nebo Dell OptiPlex Micro PC320, který se umístil na třetím místě a všechny překonává ve spotřebě energie a zároveň nabízí prodlouženou záruku.

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vyřešení rozhodovacího problému, ve kterém je vybírána počítačová sestava pro Exekutorský úřad pro Prahu 3. Jedná se o kancelářský počítač, kde horní hranice ceny byla nastavená na 14 000 Kč včetně DPH. K řešení rozhodovacího problému byly použity metody vícekritériální analýzy variant.

Pro rozhodovací problém bylo stanoveno jedenáct kritérií, podle kterých lze počítačové sestavy hodnotit. Podle internetových stránek výrobců počítačů a českého internetového obchodu bylo stanoveno devět počítačů – variant, které už před samotným výpočtem nepřesahovaly stanovenou cenu.

První použitou metodou byla metoda bodovací na stanovení vah kritérií. Experti z exekutorského úřadu provedli tři hodnocení jedenácti kritérií. Jejich bodové hodnocení bylo zprůměrováno a normalizováno. Z jednotlivých variant, kritérií a vah kritérií byla sestavena kritériální matice. Pro výběr kompromisní varianty byla použita metoda TOPSIS. Touto metodou byla sestrojena normalizovaná matice R a vážená normalizovaná matice W. Z matice W byly vypočítány relativní vzdálenosti od bazální varianty, které určili pořadí variant.

Na prvním a na druhém místě se umístily počítače od společnosti HP. Počítač na třetím místě byl od společnosti Dell. Doporučen byl první počítač, který vyniká cenou a výkonem a počítač třetí, který vyniká nízkou spotřebou a prodlouženou zárukou.

6 Seznam použitých zdrojů

FIALA, Petr. Modely a metody rozhodování. 2. přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2008, 292 s. ISBN 978-80-245-1345-4

FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010, 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0.

JABLONSKÝ, Josef. Metody vícekriteriálního rozhodování a HTA [online]. Praha, 2013[cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://czechhta.cz/wp-content/uploads/2013/02/Metody-v%C3%ADcekriteri%C3%A1ln%C3%ADho-rozhodov%C3%A1n%C3%AD-a-HTA.pdf>

JABLONSKÝ, Josef. Operační výzkum: kvantitativní metody pro ekonomické rozhodování. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 323 s. ISBN 978-80-86946-44-3.

KLICNAROVÁ, Jana. Vícekriteriální hodnocení variant – metody [online]. 2010[cit. 2015-03-07]. Dostupné z: http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/oa_zsf/VHV_II.pdf

KOLČAVOVÁ, Alena. Kvantitativní metody v rozhodování: studijní pomůcka pro distanční studium. 2. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 182 s. ISBN 80-7318-463-X (brož.).

SEKNIČKOVÁ, Jana. Kardinální informace o kritériích (část 1) [online]. [2006][cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Kardinalni1.pdf>

SEKNIČKOVÁ, Jana. Vícekriteriální hodnocení variant – VHV [online]. [2006][cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Vahy.pdf>

ŠUBRT, Tomáš, a další. Ekonomicko matematické metody II, aplikace a cvičení. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005, 152 s. ISBN 80-213-0721-8

ŠUBRT, Tomáš. Ekonomicko-matematické metody. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2.

ALZA.CZ. Alza.cz [online]. 2015 [cit. 2015-02-08]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/>

CPU List. PassMark Software - PC Benchmark and Test Software [online]. 2015 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: http://www.cpubenchmark.net/CPU_mega_page.html

Historie úřadu. EÚ Praha 3 - Exekutorský úřad Praha 3 [online]. 2014 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://www.exekucerychle.cz/home/historie-uradu>

Odvolání soudního exekutora Mgr. Otakara Kořínka. Exekutorská komora České republiky [online]. 2009 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://www.ekcr.cz/1/aktuality-pro-verejnost/112-odvolani-soudniho-exekutora-mgr-otakara-korinka>

Video Card List. PassMark Software - Video Card (GPU) Benchmark Charts [online]. 2015 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: http://www.videocardbenchmark.net/gpu_list.php

7 Seznam použitých objektů

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Komponenty vícekritériální analýzy variant	11
Tabulka 2 - Fullerův trojúhelník	14
Tabulka 3 - Rozdělení metod vícekritériálního hodnocení variant.....	18
Tabulka 4 - Varianty rozhodovacího problému	30
Tabulka 5 - Stanovení vah kritérií	31
Tabulka 6 - Specifikace počítačů.....	33
Tabulka 7 - Kritériální matice.....	34
Tabulka 8 - Kritériální matice - všechna kritéria maximalizační	35
Tabulka 9 - Normalizovaná matice R	35
Tabulka 10 – Vážená normalizovaná matice W	36
Tabulka 11 - Ideální a bazální varianty	36
Tabulka 12 - Výsledná matice	37

Seznam vzorců

Vzorec 1 - Výpočet pro normalizaci.....	13
Vzorec 2 - Počet porovnání kritérií ve Fullerově trojúhelníku	13
Vzorec 3 - stupnice Saatyho metody	15
Vzorec 4 - Saatyho matice	15
Vzorec 5 - Míra konzistence Saatyho matice	16
Vzorec 6 - Součet čtverců rozdílů.....	16
Vzorec 7 - Geometrický průměr řádků Saatyho matice.	17
Vzorec 8 - Součet dílčích hodnot bodovací metody a metody pořadí	19
Vzorec 9 - Standartizovaná kritériální matice u WSA.....	22
Vzorec 10 - Normalizovaná kritériální matice	23
Vzorec 11 - Vyvážená kritériální matice	24
Vzorec 12 - Vzdálenost od ideální varianty.....	24
Vzorec 13 - Vzdálenost od bazální varianty	24
Vzorec 14 - Relativní ukazatelé vzdáleností.....	24

Seznam grafů

Graf 1 - Funkce užitku pro výnosová kritéria	21
Graf 2 - Funkce užitku pro nákladová kritéria.....	21
Graf 3 - Procentuální vyjádření vah kritérií.....	32
Graf 4 - Grafické zobrazení výsledku metody TOPSIS	37
Graf 5 - Výsledné varianty - porovnání ceny	38
Graf 6 - Výsledné varianty - porovnání záruky	38
Graf 7 - Výsledné varianty - porovnání CPU	39
Graf 8 - Výsledné varianty - porovnání zdroje	39

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Hierarchie metody AHP	23
Obrázek 2 - Logo exekutorského úřadu.....	26
Obrázek 3 - Organizační struktura exekutorského úřadu	27