

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Praktická aplikace metod VAV

Eliška Matějková

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Eliška Matějková

Ekonomika a management

Název práce

Praktická aplikace metod VAV

Název anglicky

Practical application of multi-criteria analysis methods

Cíle práce

Cílem této práce je aplikace metod vícekritériální analýzy variant v praxi. Konkrétně se zabývá výběrem vhodného serveru pro společnost, která působí v pojišťovnictví. Výsledek analýzy bude zohledněn při rozhodování firmy.

Metodika

Hlavním zaměřením teoretické části práce je pečlivý popis metod využitých v části praktické. Dále se tato část zaměřuje na modely vícekritériální analýzy variant, soustředí se na vysvětlení metod pro stanovení vah kritérií a metod pro výběr kompromisní varianty.

Druhá část práce je praktická. Obsahuje představení firmy a problému, pro který řešení hledáme a současně se zaměřuje na požadovaná kritéria pro výběr. Následně zahrnuje praktickou aplikaci metod vícekritériální analýzy variant na řešený problém, tedy nalezení kompromisní varianty při rozhodování nákupu serveru.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

kompromisní řešení, varianta, vícekriteriální rozhodování, analýza, pojišťovna

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, Helena; HOUŠKA, Milan; ŠUBRT, Tomáš; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA, ; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA OPERAČNÍ A SYSTÉMOVÉ ANALÝZY. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Credit, 2009. ISBN 978-80-213-1019-3.

BROŽOVÁ, Helena; ŠUBRT, Tomáš; HOUŠKA, Milan. *Modely pro řízení znalostí a podporu rozhodování*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1633-1.

FOTR, Jiří; HNILICA, Jiří. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5104-7.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 ZS – PEF

Vedoucí práce

RNDr. Petr Kučera, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 22. 12. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2024

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Praktická aplikace metod VAV" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu RNDr. Petru Kučerovi, Ph.D. za jeho ochotu a pomoc při zpracování práce, věcné připomínky, jeho čas a cenné rady. Zároveň bych ráda poděkovala zaměstnancům Hasičské vzájemné pojišťovny, a.s. za jejich čas a poskytnutí materiálu ke zpracování této práce. Poděkování náleží i mým blízkým za trpělivost.

Praktické využití metod VAV

Abstrakt

Obsahem bakalářské práce je zvolení správné metody pro nalezení vhodného řešení nákupu serveru v pojišťovně. Pro správný a vhodný výběr budou v práci využity metody vícekritériální analýzy variant, které se soustředí na detailní porovnání všech uvažovaných variant v souladu s jejich kritérii.

Teoretická část práce se bude soustředit na popis metod vícekritériální analýzy variant a základní prvky, které tyto metody obsahují. Zároveň uvede řešení kvantifikovatelnosti kvalitativních kritérií nebo popíše varianty se speciálními vlastnostmi. Rozebrány budou metody pro stanovení vah kritérií a jejich jednotlivé kroky pro výpočet.

Praktická část práce následně definuje jednotlivá kritéria, poté aplikuje na řešený problém dvě z rozebíraných metod vícekritériální analýzy variant v části teoretické, konkrétně metodu TOPSIS a metodu váženého součtu. Pro stanovení vah kritérií variant se využije Saatyho metoda párového porovnání prvků.

Výsledné řešení obou metod bude nakonec porovnáno, zhodnoceno a doporučeno společnosti jako vhodné řešení zadané úlohy. Ta bude poté ve společnosti nadále aplikována a použita v praxi.

Klíčová slova: analýza, vícekritériální, varianty, kritéria, matice, kompromisní řešení, Saatyho metoda, metoda TOPSIS, metoda váženého součtu, server, pojišťovna

Practical application of multi-criteria analysis methods

Abstract

The scope of the bachelor thesis is to choose the right method for finding a suitable solution of purchasing a server in an insurance company. In order to make a correct and appropriate choice, the thesis will use methods of multi-criteria analysis of options, which focus on a detailed comparison of all considered options in accordance with their criteria.

The theoretical part of the thesis will focus on the description of the methods of multi-criteria analysis of variants and the basic elements that these methods contain. At the same time, it will provide solutions to the quantifiability of qualitative criteria or describe variants with special characteristics. The methods for determining the weights of criteria and their individual steps for calculation will be discussed.

The practical part of the thesis will define the individual criteria and then apply two of the methods of multi-criteria analysis of variants discussed in the theoretical part, namely the TOPSIS method and the Weighted sum method, to the problem at hand. To determine the weights of the variant criterias, Saaty's method of pairwise comparison of elements is used.

The resulting solution of the two methods will be finally compared, evaluated and recommended to the company as a suitable solution to the given problem. It will then be further applied and used in practice in the company.

Keywords: analysis, multi-criteria, variants, criteria, matrix, compromise solution, Saaty's method, TOPSIS method, weighted sum method, server, insurance company

Obsah

1. Úvod	11
2. Cíl a metodika.....	12
2.1. Cíl.....	12
2.2. Metodika	12
3. Teoretická část práce	13
3.1. Varianty	13
3.2. Kritéria	13
3.3. Kriteriaální matice	14
3.4. Preference kritérií	15
3.4.1. Aspirační úroveň.....	15
3.4.2. Pořadí kritérií	15
3.4.3. Váhy kritérií	15
3.4.4. Kompenzace.....	15
3.5. Varianty se speciálními vlastnostmi	15
3.6. Klasifikace úloh vícekritériální analýzy variant	16
3.6.1. Cíle řešení úlohy	16
3.6.2. Typ informace.....	17
3.7. Metody stanovení vah kritérií	18
3.7.1. Metoda pořadí	18
3.7.2. Bodovací metoda	19
3.7.3. Saatyho metoda.....	19
3.8. Metody výběru kompromisní varianty	21
3.8.1. Metody nevyžadující informaci	21
3.8.2. Metody vyžadující aspirační úrovně.....	21
3.8.3. Metody vyžadující ordinální informace.....	23
3.8.4. Metody vyžadující kardinální informaci.....	23
4. Praktická část práce	27
4.1. Charakteristika kritérií	28
4.1.1. Využitelný diskový prostor.....	28
4.1.2. Procesová skupina (tier).....	28
4.1.3. Disková ochrana	28
4.1.4. Velikost operační paměti	29
4.1.5. Oddělená prostředí	29

4.1.6.	Cena	29
4.2.	Kvantifikace kvalitativního kritéria	30
4.3.	Stanovení vah kritérií	30
4.4.	Výběr kompromisní varianty metodou TOPSIS	31
4.5.	Výběr kompromisní varianty metodou váženého součtu.....	34
5.	Zhodnocení výsledků.....	36
6.	Závěr	37
7.	Seznam použitých zdrojů.....	38
8.	Seznam použitých obrázků, tabulek a zkratk.....	39
8.1.	Seznam použitých obrázků	39
8.2.	Seznam použitých tabulek	39
8.3.	Seznam použitých zkratk	40

1. Úvod

Rozhodování je součástí každodenního života všech živých tvorů, avšak často se této činnosti nepřikládá žádná váha. Kočka, která loví myš, nepřemýšlí, zda půjde dnes na lov na pole nebo do sklepa. Tento akt rozhodnutí je pro ni rutinní záležitostí a naprosto přirozeným chováním.

Ne všechna rozhodnutí ale mohou být tak přirozená a snadno řešitelná. Pokud je na výběr z desítek možností, jejichž vlastnosti ovlivňují výsledek našeho rozhodnutí, existují metody, jak tento výběr zúžit, anebo i z takto velkého souboru možností vybrat tu nejvíce vyhovující. K takové situaci může dojít například při náboru nových zaměstnanců na pracovišti, investici do nového projektu či výběru dovolené v běžném životě jedince.

Přesně touto problematikou se zabývá vícekriteriální rozhodování, na což přímo navazuje vícekriteriální analýza variant. O konkrétních metodách a jejich postupech nalézání řešení, se dozvíte více v nadcházejících částech této bakalářské práce.

Jako konkrétní příklad aplikace metod vícekriteriální analýzy variant bylo zvoleno nalezení kompromisního řešení pro pořízení nového serveru v pojišťovně.

2. Cíl a metodika

2.1. Cíl

Cílem této práce je aplikace metod vícekritériální analýzy variant v praxi. Konkrétně se zabývá výběrem vhodného serveru pro společnost, která působí v pojišťovnictví. Výsledek analýzy bude zohledněn při rozhodování firmy.

2.2. Metodika

Hlavním zaměřením teoretické části práce je pečlivý popis metod využitých v části praktické. Dále se tato část zaměřuje na modely vícekritériální analýzy variant, soustředí se na vysvětlení metod pro stanovení vah kritérií a metod pro výběr kompromisní varianty.

Druhá část práce je praktická. Obsahuje představení firmy a problému, pro který řešení hledáme a současně se zaměřuje na požadovaná kritéria pro výběr. Následně zahrnuje praktickou aplikaci metod vícekritériální analýzy variant na řešený problém, tedy nalezení kompromisní varianty při rozhodování nákupu serveru.

3. Teoretická část práce

Vícekriteriální analýza variant je součástí modelů vícekriteriálního rozhodování. Jak Tomáš Šubrt a kolektiv (2011, str. 162) uvádí ve své knize, vícekriteriálnost charakterizuje téměř každou rozhodovací situaci. Tyto modely jsou díky své povaze schopny zhodnotit uvažované varianty a doporučit tu nejlepší možnou. V první řadě je třeba definovat nejdůležitější pojmy a prvky modelu.

3.1. Varianty

Šubrt (2011, str. 163) také píše, že „*varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti, předmět vlastního rozhodování, jsou realizovatelné a nejsou logickým nesmyslem.*” Při jejich výběru se klade důraz na pečlivost, dosažitelnost a způsobilost být ve výsledku vhodným řešením.

3.2. Kritéria

Kritérium hodnotí varianty a jejich volba je velmi zásadní. Musí být nezávislá, pokrývat všechna relevantní hlediska, a zároveň jich nesmí být příliš mnoho, aby se zachovala přehlednost. Lze je rozdělit podle různých hledisek, a to dle povahy a kvantifikovatelnosti.

Podle povahy rozlišujeme kritéria na maximalizační – u tohoto typu je našim cílem vybrat variantu s nejvyšší hodnotou; a minimalizační – zde naopak vybíráme hodnotu nejmenší.

V praxi se ale můžeme podle Brožové (2003, str. 5) setkat s maticí, jejíž kritéria nemají stejnou povahu, a tedy požadují jak maximalizaci, tak minimalizaci některých kritérií. V takovém případě si lze minimalizační kritéria převést na ta maximalizační k čemuž je možné využít dva způsoby:

- 1) transformace $y_{ij} = -y_{ij}$, provádí se vynásobením celého sloupce požadovaného kritéria hodnotou -1,
- 2) transformace $y_{ij} = y_{ij} - \max(y_{ij})$, spočtení hodnot, které vyjadřují rozdíl mezi nejlepší a nejhorší hodnotou kritéria.

Podle kvantifikovatelnosti lze kritéria rozlišit na kvantitativní, což jsou objektivně měřitelné údaje neboli údaje číselné, a kritéria kvalitativní, znamenající hodnoty subjektivně odhadnuté uživatelem.

Kvantifikujeme-li hodnocení variant podle kritérií, můžeme data uspořádat do kritériální matice Y , kde prvek y vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria.

3.3. Kritériální matice

Kritériální matici definuje Brožová (2003, str. 5) jako “*matici $Y = (y_{ij})$, jejíž prvky vytvářejí hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria.*”

Obrázek 1 Kritériální matice Y [13]

$$Y = \begin{matrix} & \mathbf{f}_1 & \mathbf{f}_2 & \dots & \mathbf{f}_k \\ \mathbf{a}_1 & \mathbf{y}_{11} & \mathbf{y}_{12} & \dots & \mathbf{y}_{1k} \\ \mathbf{a}_2 & \mathbf{y}_{21} & \mathbf{y}_{22} & \dots & \mathbf{y}_{2k} \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{a}_p & \mathbf{y}_{p1} & \mathbf{y}_{p2} & \dots & \mathbf{y}_{pk} \end{matrix}$$

Zdroj: www.tzb-info.cz

Šubrt (2011, str. 163) dále uvádí, že v matici $Y=(y_{ij})$ sloupce reprezentují kritéria a řádky hodnocené varianty. Pokud nejsou všechna kritéria kvantitativní, tedy číselně vyjádřená, používáme spíše označení kritériální tabulka, která zahrnuje jak kvantitativní, tak kvalitativní hodnocení variant. Pro další výpočty je třeba číselného vyjádření. Pro kvantifikaci kvalitativních hodnocení je možno využít konkrétní metody.

Jak je již zmíněno výše, matice nemusí obsahovat pouze číselná kritéria. Obecným odpovídajícím termínem pro kritériální matici by mohla být matice atributů hodnocených variant.

3.4. Preference kritérií

Šubrt (2011, str. 164) říká, že „*preference kritérií vyjadřují důležitost tohoto kritéria v porovnání s kritérii ostatními.*” Tato skutečnost je pro řešení daného problému velmi důležitá. Vhodně stanovená preference totiž povede k efektivnímu rozhodnutí. Pokud je známá, pro její vyjádření lze stanovit:

- 1) aspirační úroveň
- 2) pořadí kritérií
- 3) váhy jednotlivých kritérií
- 4) způsob kompenzace kriteriálních hodnot

3.4.1. Aspirační úroveň

Aspirační úroveň jasně neudává preferenci kritéria, pouze uvádí, čeho má být dosaženo. Jinými slovy – pro minimalizační kritérium určuje nejvyšší možnou přípustnou hodnotu, a naopak při maximalizaci připouští nejnižší možnou hodnotu.

Zároveň ale platí, že čím přísnější je požadavek aspirační úrovně, tím důležitější je příslušné kritérium.

3.4.2. Pořadí kritérií

Vyjadřuje jejich relevantní důležitost pomocí řazení kritérií dle posloupnosti.

3.4.3. Váhy kritérií

Brožová (2003, str. 6) uvádí, že narozdíl od pořadí kritérií váhy v sobě nesou i informaci, kolikrát je jedno kritérium důležitější než to druhé. Docílí toho stanovením hodnoty z intervalu $\langle 0;1 \rangle$. Součet všech vah je roven 1.

3.4.4. Kompenzace

Kompenzaci vyjadřuje míra substituce mezi kriteriálními hodnotami.

3.5. Varianty se speciálními vlastnostmi

Dominující variantu popisuje Šubrt (2011, str. 166) jako takovou, která splňuje požadavky lepší varianty u každého kritéria než varianta dominovaná.

V případě, že existuje alespoň jedno kritérium, ve kterém jedna varianta dominuje té druhé, a zároveň u jiného kritéria dochází k opaku, hovoříme o těchto variantách jako o vzájemně nedominovaných. *“Varianta, která není dominovaná žádnou jinou variantou, je varianta nedominovaná, často se též nazývá jako efektivní nebo paretoovská. Množinu všech nedominovaných variant označíme AN.”*

Pro lepší porozumění kvalitě jednotlivých variant je užitečné mít představu o potenciálně nejlepší a nejhorší variantě. Ta první, nazývaná varianta ideální, dosahuje nejlepší možné hodnoty, zatímco bazální varianta má ve všech kritériích hodnoty nejhorší.

Varianta doporučená jako výsledná, nebo řešení problému, se ve vícekritériální analýze variant nazývá varianta kompromisní. Pro její stanovení existuje několik způsobů.

3.6. Klasifikace úloh vícekritériální analýzy variant

Pro zvolení správného postupu nalezení řešení Šubrt (2011, str. 167) popisuje klasifikaci metod VAV [29]. To lze udělat podle dvou základních hledisek:

- 1) podle cíle řešení úlohy
- 2) podle typu informace (závisí na preferencích mezi kritérii a variantami)

3.6.1. Cíle řešení úlohy

Cílem řešení úlohy může být podle Šubrt (2011, str. 167) nalezení kompromisní varianty, tedy nejlepší možné varianty z množiny variant, která se svými kritérii nejvíce přibližuje variantě ideální. Zde už se mluví o konkrétních metodách jako je metoda TOPSIS, metoda váženého součtu nebo například ORESTE.

Kvaziuspořádání množiny variant neboli uspořádání úplné. Tak se nazývá další cíl, který lze od modelu VAV [29] požadovat. Jedná se o určení nejlepší varianty, které je přiřazeno pořadí, následně je vyřazena z dalšího rozhodování a celý postup se opakuje, dokud nejsou všechny varianty seřazeny od nejhorší k nejlepší. Dobrým příkladem je seřazení umístění sportovců v soutěži.

Cílem některých úkolů je klasifikovat soubor možností na ty, které jsou efektivní, a které nejsou. V těchto situacích není prioritou určení pořadí mezi variantami, ale spíše posouzení, jestli je daná varianta považována za „dobrou“ nebo „špatnou“.

Rozhodnutí může spočívat v tom, zda vychází z principu, že všechny hodnoty označené například jako „vhodné“ musí překonávat určené cílové úrovně, nebo zda je možné kompenzovat slabiny v jednom kritériu excelentními výsledky v jiných. Omezením je menší počet těchto metod, a potřeba stanovit prahové hodnoty, což nemusí být vždy snadné.

Alternativou je zahrnutí fiktivní varianty do množiny, kde hodnoty jejích kritérií odpovídají limitním úrovním. Tento přístup umožňuje kompletní seřazení variant, přičemž ty, které převyšují fiktivní limit, považujeme za „vhodné“, zatímco ostatní za „nevhodné“.

Tato metoda nabízí široký výběr hodnotících nástrojů a možností přidání více fiktivních variant, což umožňuje další segmentaci možností do dalších kategorií v závislosti na porovnání s jednou či více fiktivními variantami.

3.6.2. Typ informace

Jak je již zmíněno výše, druhým typem je dělení dle typu informace. Odvíjí se od preference mezi variantou a kritériem, která nám je známá.

Informace o preferenci nemusí být k dispozici vůbec. To však platí pouze pro kritéria, protože v případě absence preference u variant není řešení možné.

Dalším typem je **informace nominální**, která se vztahuje k aspirační úrovni. Vyjadřuje tedy nejhorší možné hodnoty, kterých se můžou kritéria varianty dopustit, aby byla stále přijatelná jako vhodné řešení.

„Ordinální informace vyjadřuje uspořádání (pořadí) kritérií podle důležitosti nebo uspořádání variant podle toho, jak jsou hodnoceny kritériem.“

Dále Šubrt (2011, str. 173) ve své publikaci uvádí, že kvantitativní a kvalitativní typ informace zachycuje **informace kardinální** a říká, jak moc je jedna hodnota lepší než jiná. To znamená, že v kontextu kritérií představuje toto hodnocení váhu a při posuzování různých možností podle kritéria poskytuje specifické, obvykle numerické, vyjádření míry hodnocení. Toto vyjádření je nezávislé na srovnávaném souboru možností.

Vzhledem k tomu, že mnoho přístupů k hodnocení různých možností založených na vícekritériální analýze potřebuje kardinální údaje, metody umožňující kvantifikaci hodnocení vyjádřeného slovně jsou velmi důležité.

Brožová (2003, str. 9) se zároveň zamýšlí nad smyslem pro stanovení důležitosti kritérií a variant. I přesto, že na sebe vzájemně navazují, řešeny jsou odděleně. „*Je potřeba pro každou individuální úlohu stanovit na míru šitý postup jejího řešení.*” Univerzálně aplikovatelná sestava metod pro určení obou druhů preferencí totiž neexistuje.

3.7. Metody stanovení vah kritérií

Počátečním krokem pro analýzu modelu VAV je stanovení vah. To zajišťuje jak určení preferenčních vztahů, tak případnou kvantifikaci údajů ve slovním vyjádření.

Přístupy založené na ordinálních datech o kritériích vycházejí z předpokladu, že je rozhodovatel ochoten a schopen určit relevantní významnost kritérií tak, že každému kritériu přiřadí určité pořadí, nebo ve srovnání každé dvojice rozhodne, které z nich je důležitější. V metodách je možné některá kritéria považovat za stejně důležitá. Jejich cílem je transformace ordinální informace do váhového vektoru.

Mezi dvě nejběžnější metody se řadí metoda pořadí a metoda párového porovnání v rámci Fullerova trojúhelníku.

3.7.1. Metoda pořadí

Při zvolení stanovení kritérií metodou pořadí jde o seřazení kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Konkrétní postup výpočtu představuje následující vzorec.

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, \dots, n \quad (1)$$

Tento postup se nazývá normalizace vah kritérií a jeho cílem je normalizovat informace o preferenci kritérií.

Přístupy k určení vah kritérií na základě kardinálních preferencí vyžadují, aby bylo uživatelem možno určit hierarchii důležitosti mezi každou dvojicí kritérií. Mezi nejčastěji používané metody v této kategorii se řadí metoda, která převádí skóre důležitosti kritérií na váhové koeficienty. V porovnání s ní představuje později rozebíraná Saatyho metoda kvantitativního porovnání dvojic vytváření váhového vektoru z rozhodovatelem určených odhadů poměru vah mezi kritérii.

3.7.2. Bodovací metoda

Předem určená bodovací stupnice zajistí vyjádření důležitosti pomocí určitého počtu bodů. Toto bodování je možné si vizualizovat i graficky, kdy na úsečce, reprezentující rozsah hodnocení, jsou umístěny body odpovídající hodnotám jednotlivých kritérií. Tyto body ukazují polohu kritérií mezi extrémními hodnotami, které reprezentují nejvyšší a nejnižší možnou preferenci.

Výpočet vah při použití bodového hodnocení postupuje podobně jako u metody pořadí a zobrazuje jej vzorec (1).

3.7.3. Saatyho metoda

Jde o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Zároveň se jedná o jednu z nejpoužívanějších metod, jejíž výhodou je porovnání více kritérií navzájem. Pro stanovení vah je využívána například u metody AHP [31].

Pro vyhodnocení jednotlivých kritérií se využívá devítibodové stupnice:

- 1 – rovnocenné kritérium
- 3 - slabá preference
- 5 - silná preference
- 7 - velmi silná preference
- 9 - absolutní preference

Tyto verbální charakteristiky byly určeny pomocí takzvaného sémantického diferenciálu, který Chráska (2016, str. 215) definuje jako techniku, která je využívána k hodnocení síly psychologických a sociologických názorů jedince vůči určité situaci na specifické bodové škále, jež vyjadřuje míru jeho postojů k danému kontextu.

Výsledky porovnání jsou zapsány do Saatyho matice $S = (s_{ij})$

Obrázek 2: Saatyho Matice S [14]

$$S = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_k \\ \begin{matrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_k \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1k} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{2k} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Zdroj: www.tzb-info.cz/

Horvátová, Čopíková a Mokrý (2019, str. 5) upozorňují na kritický bod, kterým se stává ověření, zda je zadaná matice párových porovnání konzistentní. Tento krok je důležitý ještě před spočtením jednotlivých vah kritérií. Důkazem konzistentnosti je absence rozporu jednotlivých párových porovnání a její míru lze posuzovat různými způsoby. Jedním z nich je např. index konzistence definovaný jako:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (2)$$

kde λ_{max} je největší číslo matice S a n počet kritérií.

Často využívaná metoda pro stanovení vah je pomocí váženého geometrického průměru řádků rozhodovací matice S , tedy zjištění hodnoty b_i .

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad (3)$$

Přibližné váhy kritérií v_i získáme normalizací těchto průměrů (jejich vydělením součtem těchto geometrických průměrů).

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (4)$$

3.8. Metody výběru kompromisní varianty

V této kapitole budou představeny konkrétní metody pro výběr kompromisní varianty, které jsou rozděleny dle informace o preferenci kritéria.

3.8.1. Metody nevyžadující informaci

Pokud v modelu nejsou potřebné preference, opět se bavíme pouze o preferenci kritérií. Do této skupiny podle Šubrt (2011, str. 178) zařazujeme **bodovací metodu** a **metodu pořadí**.

Prvním krokem je hodnocení jednotlivých variant podle příslušného kritéria.

V metodě hodnocení podle pořadí se každé variantě přidělí číselná hodnota, přičemž nejvyšší hodnota, například m (kde m udává celkový počet variant), označuje nejlepší variantu. Pokud mají některé varianty stejné hodnocení, doporučuje se přiřadit jim průměrné hodnoty z jejich pořadí.

Jestliže je využita bodovací metoda, je důležité zvolit přiměřenou číselnou stupnici, kdy je nejlepší kritérium ohodnoceno nejvyšším počtem bodů.

Výsledné hodnocení každé varianty potom vychází ze vzorce:

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

a po sestupném (případně vzestupném) seřazení výsledků b_i je vybrána kompromisní varianta.

Její výběr představuje vztah následujícího vzorce:

$$a_I: b_I = \max_{i=1, \dots, s} (b_i) \quad (6)$$

Pokud je zapotřebí zvolit více možností, vyberou se ty, které mají nejvyšší bodové ohodnocení v počtu, který je potřeba.

3.8.2. Metody vyžadující aspirační úrovně

Tyto metody jsou, dle Brožové (2003, str. 20) postavené na využití hodnot, odrážejí nominální preference mezi různými kritérii. Cílem těchto metod není transformovat preference uživatele na váhový vektor, ale spíše vytvořit soubor pravidel, který by odpovídal aspiračním úrovním různých kritérií.

Tyto úrovně jsou používány jako referenční rámec pro porovnání různých variant a jejich hodnocení podle jednotlivých kritérií. Při výběru se pak preferují varianty, které odpovídají nebo přesahují tyto aspirační úrovně. V případě, že některé varianty nesplňují stanovené aspirační hodnoty, hledá se kompromisní řešení, které by bylo nejvíce přijatelné.

Klicnerová (2010) uvádí, že „*metody spočívají v tom, že si nastavíme u všech kritérií (popř. u některých zvolených) tzv. aspirační úrovně, podle nichž následně rozdělíme varianty na akceptovatelné a neakceptovatelné.*” Pokud aplikujeme metody využívající kardinálních informací, jsou pro nás metody využívající aspiračních úrovní velmi cenné. Zmenšují totiž počet zvažovaných variant.

Metoda konjunktivní má podle Šubrt (2011, str. 181) za cíl připuštění pouze takových variant, které splňují všechny aspirační úrovně.

$$M = \{a_i | y_{ij} \geq z_j \text{ pro všechna } j = 1, \dots, n\} \quad (7)$$

Metoda disjunktivní připouští i varianty, které aspirační úrovně dosahují i pouze v jednom kritériu.

$$M = \{a_i | y_{ij} \geq z_j \text{ alespoň jedno } j = 1, \dots, n\} \quad (8)$$

Může však nastat situace, kdy žádná varianta neodpovídá nastaveným aspiračním úrovním pro všechna kritéria nebo má naopak velký rozsah. Pak je třeba tyto úrovně přizpůsobit.

Metoda bazické varianty je přístup, který posuzuje varianty na základě jejich výkonu podle stanovených kritérií. Za nejlepší variantu se považuje ta, která dosahuje nejlepších hodnot ve všech stanovených kritériích. Vytvoření funkce užitku pro bazické varianty zahrnuje porovnání hodnot jednotlivých variant s hodnotami bazické varianty.

Zjednodušeně řečeno se jedná o nejhorší možnou hodnotu každého kritéria.

Pokud je y_j^B značeno hodnotou j -tého kritéria, můžeme říct, že pro užitek minimalizačního kritéria platí, že

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

a pro minimalizační kritérium

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

3.8.3. Metody vyžadující ordinální informace

Jako zástupce těchto metod Šubrt (2011, str. 184) uvádí **Lexikografickou metodu**, jejíž výhodou je jednoduché a přímé rozhodování. Podstatou je přiřazení největší váhy kritériu s nejvyšší prioritou. Na základě tohoto kritéria je poté vybrána varianta s nejlepším hodnocením a proces je u konce.

V případě, že dvě varianty disponují stejným hodnocením, které zároveň považujeme za to nejlepší, pokračujeme v porovnání těchto dvou variant u dalšího kritéria a proces opakujeme.

3.8.4. Metody vyžadující kardinální informaci

Tyto metody lze rozdělit do tří základních skupin:

- 1) maximalizace užitku
- 2) minimalizace vzdálenosti od ideální varianty
- 3) párové porovnání

Jak Soukupová (2013, str. 8) ve svém textu uvádí, metoda **váženého součtu**, známá v angličtině jako Weight Sum Approach (WSA) nebo také metoda vážených dílčích pořadí, se opírá o cíl maximalizace celkového užitku. Brožová (2003, str. 30) však zároveň píše, že metoda vychází z předpokladu, že funkce užitku je lineární, čemuž odpovídá předpis

$$u_{ij} = \sum_{j=1}^k v_j r_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (11)$$

kde h_j představuje ideální hodnotu dle kritéria j a d_j hodnotu bazální.

Pro její aplikaci je vytvořena normalizovaná kritériální matice $R = (r_{ij})$, do níž se prvky převádějí z původní kritériální matice Y . Tyto prvky se transformují na základě následujícího vzorce.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \quad (12)$$

Ten porovnává dané hodnoty s ideálními (H) a bazálními (D) variantami.

Analytický hierarchický proces (AHP), vymyšlený v 80. letech profesorem Saatyem, je metoda, která se používá k usnadnění rozhodovacího procesu v komplexních případech.

Jak uvádí ve své práci Kara (2019, str. 2), metoda nabízí rámec, který pomáhá roztřídit a zrychlit přirozený proces rozhodování. AHP [31] rozkládá složité situace na jednodušší struktury a umožňuje vytvořit hierarchii souvisejících problémů. Tento systém využívá kvantitativního hodnocení a subjektivních srovnání pro výběr nejvhodnějších rozhodnutí.

Podle Šubrta (2011, str. 188) by uživatelé AHP [31] by měli vědět, jak zpracovávat informace o preferencích a vztazích mezi různými aspekty problému. Metoda klade důraz na systémové srovnání různých prvků a volbu nejlepšího řešení založeného na syntéze preferencí.

Hlavní kroky AHP [31] zahrnují:

- 1) vytvoření hierarchie problému, která zahrnuje rozdělení problému do několika úrovní a prvků
- 2) párové porovnání prvků na jednotlivých úrovních pro určení relevantní důležitosti
- 3) syntéza získaných preferencí a výběr nejlepší varianty

Při tvorbě hierarchie se rozumí, že komplexnější struktury budou zahrnovat více úrovní a prvků. Každý prvek je pak hodnocen ve vztahu k ostatním, což vyústí kvantifikovanou hodnotu intenzity jejich vzájemného vztahu. To vše s cílem najít nejlepší dostupnou možnost.

Běžný model třístupňové hierarchie metody AHP [31] nese 3 úrovně:

- 1) úroveň 1 - Cíl
- 2) úroveň 2 - Kritéria
- 3) úroveň 3 - Varianty

V případě komplexnějších a náročnějších úloh, jsou podle Šubrta (2011, str. 189) základní úrovně doplněny ještě o tzv. úroveň subkritérií. „Úroveň, na jejichž hodnocení se podílí více hodnotitelů, mají mezi cílem a kritérii ještě úroveň hodnotitelů (expertů), jejich hodnocení (váhy) mohou označovat míru fundovanosti či důležitosti jejich názoru.”

Další kapitolou jsou metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty. Hlavním představitelem je metoda **TOPSIS**. Ta je často využívána k řešení různých praktických problémů VAV [29] z následujících důvodů.

Podle Chakrabortyho a Yeha (2009, str. 1816) poskytuje komplexní matematický koncept, její použitelnost je snadná a jednoduchá, výpočet přináší vysokou účinnost, ale zároveň má schopnost měřit alternativní výkony v jednoduché matematické formě.

Jako první krok Šubrt (2011, str. 193) uvádí normalizaci kritérií do matice $R = (r_{ij})$, čehož lze docílit použitím vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p y_{ij}^2}}, \quad (13)$$

dále se vypočte vážená normalizovaná hodnota pro každé kritérium varianty, k čemuž se vztahuje vzorec

$$w_{ij} = v_j r_j, \quad (14)$$

kde $w_{ij} = (j = 1, 2, \dots, n)$ představuje váhu kritéria.

Pomocí n -rozměrné euklidovské vzdálenosti se počítá míra vzdálenosti od ideální (H) a bazální varianty (D).

Ideální varianta:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2} \quad (15)$$

Bazální varianta:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2} \quad (16)$$

Díky těmto dvěma hodnotám je rozhodovatel schopen určit index vzdálenosti od bazální varianty c_i , podle něhož se varianty skládají do sestupného pořadí. Výsledkem je varianta nejbližší hodnotě 1.

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (17)$$

4. Praktická část práce

První třetina praktické části se soustředí na analýzu jednotlivých kritérií. Následuje praktické využití metod pro výběr kompromisní varianty, která je vybrána dvěma metodami pro porovnání. Tou první je metoda TOPSIS, která je založená na vzdálenosti od ideální varianty. Druhou bude metoda váženého součtu, jejíž cílem je maximalizace užitku. Hned ze začátku je ale v rychlosti představen problém, který se bude řešit.

Provozní systém, na kterém se provozuje IT infrastruktura Hasičské vzájemné pojišťovny, a.s., je umístěn na serverech IBM. Aby bylo možné zvýšit jeho výpočetní kapacitu, došlo v roce 2020 k aktivaci dalšího procesorového jádra, což mělo za následek prodloužení doby použitelnosti tohoto hardwaru. Avšak tento server nyní přestává odpovídat současným standardům a kvůli potřebě zajištění bezpečného provozu a zachování technické podpory je nutné jej nahradit. Důvodem obnovy bývá tedy zpravidla především nedostatečná kapacita paměti, spolu se stárnutím hardwaru, který již není kompatibilní s nejnovějšími verzemi operačního systému IBM.

Aktuálně používaný server z řady iSeries Power 7 byl zakoupený v roce 2015. V roce 2019 prošel rozšířením diskové kapacity, což umožnilo vytvoření virtuálního testovacího serveru a k naplnění kapacity dochází až nyní.

Nicméně, podpora pro operační systém současné verze bude končit v září roku 2024. Používání zastaralé verze operačního systému nejenže představuje bezpečnostní riziko, ale také komplikuje výměnu dat s vývojáři aplikace. Právě ti jsou jako jediní schopní zajistit přenos dat mezi testovacím a provozním prostředím programu.

Předpokládá se také, že v roce 2025 může být ukončena podpora hardwaru, která zaručuje výměnu případných porouchaných komponentů. Z těchto důvodů by bylo vhodné pořídit nový server IBM iSeries řady Power 10, který by zajistil další spolehlivý provoz provozního systému pojišťování.

Pojišťovna při jednání s dodavatelem konzultovala několik následujících variant nakonfigurovaných podle jejich požadavků a potřeb. Zobrazeny jsou v Tabulce 1.

Tabulka 1: Kriteriaální tabulka [15]

Seznam použitých obrázků

	<i>disková ochrana</i>	<i>Využitelný diskový prostor</i>	<i>Velikost operační paměti</i>	<i>Oddělená prostředí</i>	<i>proc. skupina</i>	<i>ceniková cena za variantu</i>
varianta 1	RAID-5	11,5 TB	64 GB GB	ne	P05	2 455 000,00 Kč
varianta 2	RAID-10	6,4 TB	128 GB	ne	P10	4 125 000,00 Kč
varianta 3	RAID-10	4,8 TB	128 GB	ano	P10	5 770 000,00 Kč
varianta 4	RAID-5	9,6 TB	64 GB	ano	P05	5 012 674,00 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1. Charakteristika kritérií

4.1.1. Využitelný diskový prostor

Z tohoto kritéria je už na první pohled zřejmé, že z důvodu opakovaného problému s úložištěm se požaduje co nejvyšší hodnota.

Toto kritérium je kvantitativní.

4.1.2. Procesová skupina (tier)

Jedná se o takzvanou výkonnost hardwaru, podle níž se politikou IBM modifikuje cena za software. Dosavadní server je v nejlevnější a nejnižší skupině P05 a v případě jeho nahrazení serverem ve stejné skupině, nejsou náklady na převod tak vysoké.

Kritérium má kvalitativní charakter.

4.1.3. Disková ochrana

Podle Pattersona, Gibsona a Katze (1988, str. 110) lze tuto diskovou ochranu charakterizovat jako další disky obsahující nadbytečné informace k obnovení původních informací, pokud dojde k selhání disku původního. Úroveň této ochrany je značena zkratkou RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks).

V kritériální matici máme u tohoto kritéria pouze dvě hodnocení variant a to RAID 5 a RAID 10. Každé z nich má jiné přednosti. RAID 5 je pro korporace vhodnější variantou, představuje pro jejich data vysokou úroveň zabezpečení. Zatímco RAID 10 disponuje i vysokou rychlostí.

Jedná se o kritérium kvalitativní.

4.1.4. Velikost operační paměti

RAM (Random Access Memory) určuje, kolik toho na počítači může být spuštěno současně, aniž by se začal výrazně zpomalovat. Její hodnota se uvádí v gigabitech a jedná se o kritérium kvantitativní.

4.1.5. Oddělená prostředí

Jak už je výše zmíněno, současné testovací prostředí je provozováno jako “virtuální stroj”, který čerpá z prostředků provozního systému. Někteří zaměstnanci pojišťovny provádí testy na speciálním serveru s daty určenými k testování. Kvůli omezenému diskovému prostoru současného serveru, který neumožňuje uložit testovací data srovnatelná s reálnými provozními daty, je příprava testovacího procesu ze strany dodavatele náročná a pro pojišťovnu finančně nákladná, nemluvě o nebezpečí z důvodu přístupu třetí strany do systému, na což ve svých požadavcích upozorňuje i auditor.

Z důvodu nutnosti zamezení přístupu cizích pracovníků (dodavatele) do provozního systému se pro nás toto kritérium stává jedním z nejdůležitějších bez ohledu na cenu.

Toto kritérium je jediné kvalitativní a dojde k jeho kvantifikaci.

4.1.6. Cena

Jedná se o poměrně velkou investici v rámci IT, kde se pohybujeme v řádech milionů českých korun. Ale jelikož k obnově serveru dochází zpravidla v intervalech 5 až 7 let, a zároveň je kvalita a spolehlivý chod systému pro společnost tím důležitějším aspektem, z uvažovaných variant kvůli vysoké ceně nebude vyřazena žádná.

Kritérium je samozřejmě kvantitativní povahy.

Některá kritéria měla u všech variant stejná hodnocení. Pro zjednodušení a zúžení kritériální matice byla tato kritéria odebrána a dále s nimi nebude pracováno.

4.2. Kvantifikace kvalitativního kritéria

Kritérium oddělení prostředí je třeba kvantifikovat. Docílí se toho pomocí dosazení hodnot za hodnocení “ano”=2 a pro hodnocení “ne”=1.

Stejně tak kritérium „Disková ochrana“ a „Procesová skupina“, kde pro účely zpracování modelu bude využita pouze číselná část označení kritéria.

Tabulka 2: Kvantifikace kvalitativních metod [16]

	<i>Disková ochrana</i>	<i>Využitelný diskový prostor</i>	<i>Velikost operační paměti</i>	<i>Oddělená prostředí</i>	<i>Procesová skupina</i>	<i>Cena (tis.)</i>
<i>varianta 1</i>	5	11,5	64	1	5	2455
<i>varianta 2</i>	10	6,4	128	1	10	4125
<i>varianta 3</i>	10	4,8	128	2	10	5770
<i>varianta 4</i>	5	9,6	64	2	5	5013

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3. Stanovení vah kritérií

Pro stanovení vah kritérií byla využita Saatyho metoda. Prvním krokem je stanovení preferencí a vytvoření Saatyho matice. Preference se odvíjí od požadavků společnosti. Po sestavení matice byla pomocí vzorce (2) ověřena její konzistentnost.

Dalším krokem je spočtení geometrického průměru, tedy hodnoty b_i (3) a následně váhy kritéria v_i (3).

Tabulka 3: Saatyho matice, skalární součin a váhy kritéria [17]

	Disková ochrana	Využitelný diskový prostor	Velikost operační paměti	Oddělená prostředí	Procesová skupina	Cena (tis.)	b_i	v_i
Disková ochrana	1	0,2	0,2	0,1429	5	2	0,620653	0,068079
Využitelný diskový prostor	5	1	0,5	0,5	3	5	1,629922	0,178785
Velikost operační paměti	7	2	1	1	7	9	3,096788	0,339684
Oddělená prostředí	7	2	1	1	7	9	3,096788	0,339684
Procesová skupina	0,2	0,3333	0,1429	0,1429	1	3	0,399799	0,043854
Cena (tis.)	0,5	0,2	0,1111	0,1111	0,3333	1	0,272716	0,029914
							9,116666	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Kontrolním výpočtem zjistíme, zda se váhy rovnají 1.

4.4. Výběr kompromisní varianty metodou TOPSIS

Pro přehlednění výpočtů byla nejdříve zkonstruována matice čtverců.

Tabulka 4: Matice čtverců [18]

$(y_{ij})^2$						
varianta 1	25	132,25	4096	1	25	6027025
varianta 2	100	40,96	16384	1	100	17015625
varianta 3	100	23,04	16384	4	100	33292900
varianta 4	25	92,16	4096	4	25	25130169
SUMA	250	288,41	40960	10	250	81465719
ODMOCNICA	15,811388	16,982638	202,38577	3,162278	15,811388	9025,83619

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí hodnot získaných z matice došlo na základě vzorce (14) ke konstrukci normalizované kriteriální matice $R = (r_{ij})$.

Tabulka 5: Normalizovaná matice R [19]

r_{ij}						
varianta 1	0,316228	0,677162	0,316228	0,316228	0,316228	0,271997
varianta 2	0,632456	0,376855	0,632456	0,316228	0,632456	0,457021
varianta 3	0,632456	0,282642	0,632456	0,632455	0,632456	0,639276
varianta 4	0,316228	0,565283	0,316228	0,632455	0,316228	0,555406

Zdroj: Vlastní zpracování

Následně byla spočítána normalizovaná vážená kritériální matice $W = (v_{ij})$ podle vztahu (14)

Tabulka 6: Vážená kritériální matice [20]

v_{ij}						
varianta 1	0,021528	0,046101	0,021528	0,021528	0,021528	0,018517
varianta 2	0,113074	0,067376	0,113074	0,056537	0,113074	0,081708
varianta 3	0,214835	0,096009	0,214835	0,214835	0,214835	0,217152
varianta 4	0,107418	0,192018	0,107418	0,214835	0,107418	0,188663

Zdroj: Vlastní zpracování

S ohledem na matici W jsme určili ideální (H) a bazální (D) variantu na základě zhodnocení, zda má kritérium maximalizační nebo minimalizační povahu.

Tabulka 7: Tabulka ideální a bazální varianty [21]

	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN
H	0,021528	0,096009	0,214835	0,214835	0,021528	0,018517
D	0,214835	0,067376	0,107418	0,056537	0,214835	0,217152

Zdroj: Vlastní zpracování

Dále pomocí vzorce (15) byla zjištěna vzdálenost jednotlivých variant od varianty ideální.

Tabulka 8: Tabulka vzdáleností jednotlivých variant od ideální varianty [22]

d_i^+							SUMA	ODMOCNINA
varianta 1	0	0,00249081	0,0373676	0,0373676	0	0	0,077226	0,27789567
varianta 2	0,00838067	0,00081985	0,0103553	0,02505826	0,00838067	0,0039931	0,05698785	0,23872128
varianta 3	0,0373676	0	0	0	0,0373676	0,03945586	0,11419106	0,33792167
varianta 4	0,00737709	0,00921773	0,01153841	0	0,00737709	0,02894966	0,06445999	0,25388971

Zdroj: Vlastní zpracování

Podobně byla nalezena matice vzdálenosti od varianty bazální. Pro výpočet byl použit vzorec (16)

Tabulka 9: Tabulka vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty [23]

d_i^-							SUMA	ODMOCNINA
varianta 1	0,0373676	0,00045263	0,00737709	0,00122563	0,0373676	0,03945586	0,12324641	0,35106468
varianta 2	0,0103553	0	0,00003199	0	0,0103553	0,01834508	0,03908767	0,19770602
varianta 3	0	0,00081985	0,01153841	0,02505826	0	0	0,03741652	0,1934335
varianta 4	0,01153841	0,01553563	0	0,02505826	0,01153841	0,00081162	0,06448233	0,25393371

Zdroj: Vlastní zpracování

Podle vzorce (17) dostaneme pro každou variantu hodnotu c_i . Hodnota nejbližší číslu 1 je ta nejbližší ideální. Varianty jsme seřadili a výsledným řešením se pro nás metodou TOPSIS stává varianta 3.

Tabulka 10: Tabulka relativních ukazatelů vzdálenosti od ideální varianty [24]

	c_i	pořadí
varianta 1	0,332993	4
varianta 2	0,469699	3
varianta 3	0,667007	1
varianta 4	0,525696	2

Zdroj: Vlastní zpracování

4.5. Výběr kompromisní varianty metodou váženého součtu

Vycházíme z tabulky č. 2 a vah v_j stanovených v tabulce 3. Zároveň pracujeme s povahou kritéria, které bylo zadáno a nedochází tedy k jejich převedení z minimalizačních na maximalizační.

Tabulka 11: Kriteriační matice obsahující váhy a povahu kritéria pro výpočet kompromisní varianty metodou váženého součtu [25]

	Disková ochrana	Využitelný diskový prostor	Velikost operační paměti	Oddělená prostředí	Procesová skupina	Cena (tis.)
varianta 1	5	11,5	64	1	5	2455
varianta 2	10	6,4	128	1	10	4125
varianta 3	10	4,8	128	2	10	5770
varianta 4	5	9,6	64	2	5	5013
váhy	0,0681	0,1788	0,3397	0,3397	0,0439	0,0299
povaha	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN

Zdroj: Vlastní zpracování

Z kriteriační matice je vybrána ideální varianta h a bazální varianta d .

$$h = (5; 11,5; 128; 2; 5; 2455)$$

$$d = (10; 4,8; 64; 1; 10; 5770)$$

Pokračuje se sestavením standardizované kriteriační matice $R = (r_{ij})$ podle vzorce (12).

Tabulka 12: Standardizovaná matice R [26]

r_{ij}						
varianta 1	1	1	0	0	1	1
varianta 2	0	0,238806	1	0	0	0,496229
varianta 3	0	0	1	1	0	0
varianta 4	1	0,716418	0	1	1	0,228356

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí kriteriální matice R byla zkonstruována podle vzorce (11) agregovaná funkce užítku a varianty řešení byly seřazeny podle pořadí

Tabulka 13: Agregovaná funkce užítku [27]

	$u(a)_i$	<i>pořadí</i>
varianta 1	0,3207	4
varianta 2	0,397236	3
varianta 3	0,6794	1
varianta 4	0,586623	2

Zdroj: Vlastní zpracování

Ve výsledné tabulce můžeme vidět, že výsledným řešením se pro nás stává varianta 3.

5. Zhodnocení výsledků

Po výpočtu kompromisního řešení oběma variantami byla jako výsledné řešení v obou případech nalezena stejná varianta.

Tabulka 14: Tabulka porovnání výsledných řešení [28]

	<i>TOPSIS</i>	<i>pořadí</i>	<i>metoda váženého součtu</i>	<i>pořadí</i>
varianta 1	0,332993	4	0,3207	4
varianta 2	0,469699	3	0,397236	3
varianta 3	0,667007	1	0,6794	1
varianta 4	0,525696	2	0,586623	2

Zdroj: Vlastní zpracování

Výběr kompromisní varianty metodou TOPSIS doporučil jako výsledné řešení variantu 3, který je podle této metody metodou nejbližší ideální. Pokud jsou porovnány hodnoty ideální varianty a hodnocení varianty zvolené jako výsledné řešení, vidíme, že kritéria hodnocení této varianty ne vždy dosahují požadovaného.

$$h = (5; 11,5; 128; 2; 5; 2455)$$

$$\text{varianta 3} = (10; 4,8; 128; 2; 10; 5770)$$

Stejně řešení jako kompromisní doporučuje i metoda váženého součtu.

Při rozboru problému se zaměstnanci společnosti, bylo uvedeno, že nejdůležitějším kritériem je „Oddělená prostředí“ a „Velikost operační paměti“ a právě tento fakt se odráží na řešení. Váhy stanovené Saatyho maticí odpovídají požadavkům zadavatele, a výše zmíněným dvěma kritériím, byla oproti kritériím ostatním přiřazena nejvyšší preference.

Vedení společnosti kvůli okolnostem a důležitosti ostatních kritérií, usoudilo, že při zajištění bezpečného a bezproblémového fungování systému, není kritérium „Cena“ prioritním a byla mu tudíž stanovena nejnižší váha.

Z těchto důvodů byla varianta oběma metodami vyhodnocena jako kompromisní, a tedy maximalizující užitek a s ohledem na kritéria i nejbližší variantě ideální.

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vybrat nejlepší variantu konfigurace serveru dle návrhu dodavatele, pro provozní systém pojišťovny. K dosažení cíle byly k dispozici informace ekonomického úseku společnosti, pod který spadá i IT oddělení, které se řešeným problémem ve společnosti zabývá.

Teoretická část se soustředila na popis metod vícekriteriální analýzy variant, na její prvky a na metody pro stanovení vah kritérií. Dále byly popsány metoda TOPSIS a metoda váženého součtu, které byly použity pro praktickou část práce.

Praktická část se soustředí na definici kritérií stanovených pro výběr řešení, který byl zpracován po konzultaci se společností. K zajištění efektivnosti výsledku byla vytvořena kriteriální matice, obsahující kritéria ovlivňující výsledné řešení. Pro stanovení vah kritérií byla použita Saatyho metoda a k výběru kompromisní varianty, byly pro porovnání výsledků analýzy využité metody TOPSIS a metoda váženého součtu.

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] Alza.cz. (1994). *RAID disková pole - slovník pojmů - NAS datová úložiště*. Načteno z <https://www.alza.cz/raid-diskova-pole#co-to-je>
- [2] Brožová, H. (2003). *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. ČZU Praha, ISBN 978-80-213-1019-3
- [3] Cvrček, O. (13. Červen 2023). *Velký průvodce operační paměti RAM pro notebooky*. Načteno z www.hpmarket.cz:
<https://www.hpmarket.cz/document.asp?dc=kolik-ram-potrebujete>
- [4] Fiala, P., Jablonský, J., & Mañas, M. (1994). *Vícekriteriální rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická. ISBN: 80-7079-748-7
- [5] Horváthová, P., Čopíková, A., & Mokrý, K. (2019). Methodology proposal of the creation of competency models and competency model for the position of a sales manager in an industrial organisation using the AHP method and Saaty's method of determining weights. *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*. doi:10.1080/1331677X.2019.1653780
- [6] Chakraborty, S., & Yeh, C.-H. (2009). A simulation comparison of normalization procedures for TOPSIS. *International Conference on Computers & Industrial Engineering* (stránky 1815-1820). Troyes: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [7] Kara, Y. (2019). Measuring the Sustainability of Cities in Turkey with the Analytic Hierarchy Process. Muğla, Turecko. ISSN Online: 2327-5960
doi:<https://doi.org/10.4236/jss.2019.74025>
- [8] Klicnerová, J. (2010). *Vícekriteriální hodnocení variant – metody*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Načteno z https://docs.google.com/document/d/1LWqDmrlHF3BWOIZDgw_kQo3j6xEm2R_A/edit
- [9] Patterson, D. A., Gibson, G., & Katz, R. H. (1988). *A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID)*. doi:10.1145/971701.50214
- [10] prof. PhDr. Miroslav Chráska, C. (2016). *Metody pedagogického výzkumu, Základy kvantitativního výzkumu*. Praha: Grada Publishing a.s. ISBN 978-80-271-9225-0
- [11] Soukupová, J. (2013). *Studijní text vícekriteriální metody hodnocení*. Načteno z is.muni.cz:
https://is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MKV_VZVP/um/33149329/Studijni_text_metody_vicekriterialniho_rozhodovani.pdf
- [12] Šubrt, T. (2011). *Ekonomicko-matematické metody*. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-345-2

8. Seznam použitých obrázků, tabulek a zkratk

8.1. Seznam použitých obrázků

[13] Obrázek 1: Kriteriaální matice Y

[14] Obrázek 2: Saatyho matice S

8.2. Seznam použitých tabulek

[15] Tabulka 1: Kriteriaální tabulka

[16] Tabulka 2: Kvantifikace kvalitativních metod

[17] Tabulka 3: Saatyho matice, skalární součin a váhy kritéria

[18] Tabulka 4: Matice čtverců

[19] Tabulka 5: Normalizovaná matice R

[20] Tabulka 6: Vážená kriteriaální matice

[21] Tabulka 7: Tabulka ideální a bazální varianty

[22] Tabulka 8: Tabulka vzdáleností jednotlivých variant od ideální varianty

[23] Tabulka 9: Tabulka vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty

[24] Tabulka 10: Tabulka relativních ukazatelů vzdálenosti od ideální varianty

[25] Tabulka 11: Kriteriaální matice obsahující váhy a povahu kritéria pro výpočet kompromisní varianty metodou váženého součtu

[26] Tabulka 12: Standardizovaná matice R

[27] Tabulka 13: Agregovaná funkce užitku

[28] Tabulka 14: Tabulka porovnání výsledných řešení

8.3. Seznam použitých zkratk

- [29] VAV – Vícekriteriální analýza variant
- [30] WSA – Weight Sum Approach
- [31] AHP – Analytický Hierarchický Proces
- [32] RAM – Random Access Memory
- [33] RAID – Redundant Array of Inexpensive Disks