

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Nákup IT vybavení pomocí metod VAV

Jan Vévoda

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Vévoda

Informatika

Název práce

Nákup IT vybavení pomocí metod VAV

Název anglicky

Purchase of IT Equipment by MCDM Methods

Cíle práce

Cílem práce je vybrat notebook pro osobní používání pomocí metod vícekritériální analýzy variant (VAV).

Metodika

Cíle práce bude dosaženo pomocí následujícího postupu:

Teoretická část

- Co je rozhodování, základní pojmy VAV
- Charakteristika kritérií a jejich preference (aspirační úroveň, stanovení vah kritérií, Saatyho metoda)
- Varianty a jejich dělení (dominovaná varianta, ideální a bazální varianta, Paretovská varianta, kompromisní varianta)
- Metody výběru kompromisní varianty

Praktická část

- Zpracování profilu osoby, která se bude rozhodovat
- Vymezení variant několika variant notebooku z online obchodu
- Stanovení kritérií dle preferencí rozhodovatele
- Aplikace metod pro výběr kompromisní varianty (metoda váženého součtu, metoda AHP)

V závěru budou vyhodnoceny výsledky vycházející ze zvolených metod a rozhodovateli doporučen nejvhodnější produkt.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Vícekritériální analýza variant, kritéria, Saatyho metoda, metoda váženého součtu, metoda AHP, notebook

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. (2003): Modely pro vícekritériální rozhodování. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, PEF KSI, ISBN 978-80-213-1019-3

ŠUBRT, T. a kol. (2015): Ekonomicko-matematické metody. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, ISBN 978-80-7380-563-0



Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Martina Houšková Beránková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 16. 11. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 21. 01. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Nákup IT vybavení pomocí metod VAV" 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 použitých zdrojů 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 14. března 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Martině Houškové Beránkové, Ph.D. za její odborné vedení, cenné rady, pomoc a komentáře. Touto cestou děkuji mé rodině, která mi byla oporou. A nakonec bych chtěl poděkovat mé přítelkyni za pomoc, trpělivost a podporu při psaní této práce.

Nákup IT vybavení pomocí metod VAV

Abstrakt

Práce se zabývá nákupem notebooku pro osobní použití dle zvolených kritérií s pomocí metod vícekritériální analýzy variant (VAV).

Práce se skládá ze dvou částí, a to z teoretické a praktické. V první zmíněné je popsána teorie potřebná pro aplikaci metod VAV. Detailněji jsou popsány metody stanovení vah kritérií a metody výběru kompromisních variant.

V praktické části je specifikován cíl výběru a profil rozhodovatele. Pro stanovení vah byla použita Saatyho metoda, pro výběr kompromisní varianty potom metoda váženého součtu a metoda analytického hierarchického procesu (AHP).

Klíčová slova: Vícekritériální analýza variant, notebook, kritéria, varianty, Saatyho metoda, metoda váženého součtu, metoda analytického hierarchického procesu (AHP)

Purchase of IT Equipment by MCDM Methods

Abstract

The thesis deals with the purchase of a laptop for personal use according to selected criteria using the methods of multi-criteria decision-making of variance (MCDM).

The thesis consists of two parts, theoretical and practical. In the former, the theory required for the application of MCDM methods is described. The methods of determining the weights of criteria and the methods of selecting compromise variants are described in detail.

In the practical part, the objective of the selection and the profile of the decision maker are specified. Saaty's method was used to determine the weights, and then the weighted sum method and the analytic hierarchy process (AHP) method were used to select the compromise variants.

Keywords: Multi-Criteria Decision-Making, notebook, criteria, variants, Saaty's method, weighted sum method, analytic hierarchy process (AHP)

Obsah

1 Úvod	11
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Cíl práce	12
2.2 Metodika	12
3 Teoretická východiska	13
3.1 Modely vícekriteriální analýzy variant	13
3.1.1 Kritéria	13
3.1.2 Varianty	15
Dominující varianta	15
Paretovská varianta	15
Ideální a bazální varianta	15
Kompromisní varianta	15
3.1.3 Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant	16
Podle cíle řešení	16
Podle typu informace	16
3.2 Metody stanovení vah kritérií	17
3.2.1 Stanovení vah kritérií z ordinální informace	18
Metoda pořadí	18
Metoda Fullerova trojúhelníku	18
3.2.2 Stanovení vah kritérií z kardinální informace.....	18
Bodovací metoda	18
Saatyho metoda	19
3.3 Metody výběru kompromisní varianty	20
3.3.1 Metoda váženého součtu.....	21
3.3.2 Metoda AHP – Analytický hierarchický proces	21
4 Vlastní práce	23
4.1 Profil rozhodovatele	23
4.2 Stanovení kritérií	23
4.2.1 Cena	23
4.2.2 Hmotnost.....	24
4.2.3 Procesor	24
4.2.4 Výdrž baterie.....	24
4.2.5 Kapacita disku.....	24
4.3 Výběr notebooků	24

4.4	Posouzení dominance variant	25
4.5	Výpočet a stanovení vah kritérií.....	26
4.5.1	Konzistence Saatyho matice	27
4.6	Výběr kompromisní varianty.....	27
4.6.1	Metoda váženého součtu	27
4.6.2	Metoda AHP – Analytický hierarchický proces	29
5	Výsledky a diskuse	32
6	Závěr.....	33
7	Seznam použitých zdrojů.....	34
7.1	Literární	34
7.2	Internetové.....	34
8	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk	36
8.1	Seznam obrázků	36
8.2	Seznam tabulek.....	36

1 Úvod

Každý den se lidé dostávají do situací, kde si musí vybírat, rozhodovat se. Člověk si to neuvědomuje, ale vybírá si denně z více či méně variant. Nejedná se samozřejmě o tak velké rozhodování, jako dělají manažeři firem, aby zajistili svému podniku prosperitu. Jedná se o výběr televize pro rodinu, volbu bankovního účtu pro úspory nebo nákup nového auta. Rozhodovací problémy jsou na denním pořádku a pro každého jedince jsou jinak důležité.

U méně důležitých rozhodnutí se lidé nedostávají do situací, kdy by je špatné rozhodnutí mohlo finančně nebo jinak ohrozit. U těchto problémů není potřeba mít znalosti sofistikovaných metod, např. metod vícekriteriální analýzy variant, rozhodovatelé místo toho řeší své problémy intuitivně. Výběr, co si obléknout ráno na sebe, je příkladem tohoto typu rozhodování.

Oproti tomu existují rozhodnutí se zásadním vlivem na budoucnost. Může se jednat například o výběr školy, zaměstnavatele atd. Pro každého člověka je to zásadní výběr, který do značné míry definuje jeho profesní kariéru. Také se může jednat o rozhodnutí, při kterém se vynakládá nemalá část financí. Jak už bylo zmíněno, možností je například nákup nového auta. Chybné rozhodnutí se může projevit velice negativně při vybrání špatné varianty a ovlivnit tak život rozhodovatele na dlouhou dobu.

Manažerské rozhodování je velice důležité pro správný chod firem na všech jejích úrovních od méně významných rozhodnutí jako je například nakoupení zásob papíru do tiskáren nebo propisek až po strategická rozhodnutí o budoucím směřování firmy a významných investicích s velkým finančním dopadem na firmu. Například investování do nových strojů do výroby. Tato rozhodnutí musí být pečlivě zvážena, aby nedošlo k problémům v podniku nebo dokonce k bankrotu.

Výběr notebooku je pro člověka rozhodnutím, které ovlivní jeho budoucnost a finančně jej zatíží, zejména když vynaložená částka tvoří významnou část jeho dosavadních úspor a není reálné případné chybné rozhodnutí zvrátit nákupem jiného notebooku.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je vybrat notebook pro osobní používání pomocí metod vícekriteriální analýzy variant (VAV).

2.2 Metodika

Cíle práce bude dosaženo pomocí následujícího postupu:

Teoretická část

- Co je rozhodování, základní pojmy VAV
- Charakteristika kritérií a jejich preference (aspirační úroveň, stanovení vah kritérií, Saatyho metoda)
- Varianty a jejich dělení (dominovaná varianta, ideální a bazální varianta, Paretovská varianta, kompromisní varianta)
- Metody výběru kompromisní varianty

Praktická část

- Zpracování profilu osoby, která se bude rozhodovat
- Vymezení variant několika variant notebooku z online obchodu
- Stanovení kritérií dle preferencí rozhodovatele
- Aplikace metod pro výběr kompromisní varianty (metoda váženého součtu, metoda AHP)

V závěru budou vyhodnoceny výsledky vycházející ze zvolených metod a rozhodovateli doporučen nejvhodnější produkt.

3 Teoretická východiska

Vícekriteriální analýza zobrazuje problémy rozhodování. Zahrnuje možnost více kritérií. Tím je způsoben problém při rozhodování a nutnosti výběru z variant. Podle způsobu jejího zadání lze rozlišit dvě skupiny těchto modelů. (Šubrt a kol., 2015)

- Modely vícekriteriálního hodnocení variant jsou zadány pomocí konečného seznamu variant a jejich ohodnocení podle jednotlivých kritérií.
- Modely vícekriteriální optimalizace mají množinu variant s nekonečně mnoho prvky vyjádřenou pomocí omezujících podmínek a ohodnocené jednotlivých variant je dáno jednotlivými kriteriálními funkcemi (Šubrt a kol., 2015)

V práci je řešena problematika vícekriteriálního hodnocení variant.

3.1 Modely vícekriteriální analýzy variant

Ve vícekriteriální analýze variant musí být rozhodnuto o výběru jedné varianty z přípustných variant. (Brožová a kol., 2003)

„Rozhodovatel je osoba nebo skupina osob, která má za úkol učinit rozhodnutí“ (Brožová a kol., 2003)

V úlohách máme na výběr z konečné množiny m hodnocené podle n kritérií. (Brožová a kol., 2003)

„Varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti, musí být pečlivě vybrány, aby byly dosažitelné, logické a aby byly vhodným řešením. Varianty jsou pak hodnoceny podle jednotlivých kritérií.“ (Šubrt a kol., 2015)

„Kritérium je hledisko hodnocení variant.“ (Brožová a kol., 2003)

3.1.1 Kritéria

Kritérií nesmí být při výběru velké množství, aby nedocházelo k velkým komplikacím, ale zároveň by měla pokrývat všechna hlediska u výběru. (Šubrt a kol., 2015)

Kritéria, podle nichž je vybírána nejvhodnější varianta, dělíme podle různých hledisek.

Podle povahy kritéria rozlišujeme na:

- Kritéria maximalizační: nejvyšší hodnota je u nejlepší varianty
- Kritéria minimalizační: opak maximalizačního kritéria, nejlepší varianta má nejmenší hodnotu (Šubrt a kol., 2015)

Často se dostáváme do situace, kdy na začátku úlohy nejsou povahy jednotlivých kritérií stejné. Pro práci je vhodná stejná povaha. Proto existují dva způsoby, jak převádět mezi kritérii maximalizačními a minimalizačními:

- Vynásobení celého sloupce kritériální matice hodnotou -1, transformace $y'_{ij} = -y_{ij}$
- Výpočet hodnot, které udávají zlepšení oproti nejhorší kritériální hodnotě, transformací $y'_{ij} = y_{ij} - \max(y_{ij})$

Podle kvantifikovatelnosti kritéria rozlišujeme na:

- Kritéria kvantitativní: hodnoty těchto variant jsou měřitelné a není potřeba subjektivního vyjádření.
- Kritéria kvalitativní: není možnost získat objektivně hodnoty. Proto musí uživatel ohodnotit kritéria subjektivně, za pomoci použití bodovací stupnice. (Šubrt a kol., 2015)

Máme-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, můžeme údaje uspořádat do **kritériální matice Y**, kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria. (Šubrt a kol., 2015)

Obrázek 1 - Kritériální matice Y

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ a_1 & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ a_2 & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_m & y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{matrix}$$

Zdroj: Šubrt a kol., 2015

Sloupce v matici Y odpovídají kritériím a řádky odpovídají variantám. O kritériální tabulce hovoříme, pokud nejsou kvantitativně ohodnocena kritéria. Dochází tak k popisu slovnímu i číselnému. (Šubrt a kol., 2015)

Pro řešení problému je velmi důležité, zda a jak je některé kritérium preferováno před jiným.

Preference kritéria vyjadřuje důležitost tohoto kritéria v porovnání s kritérii ostatními. Preference kritérií může být vyjádřena různým způsobem, mohou být stanoveny:

- Aspirační úrovně kritérií (nominální informace o kritériích)
- Pořadí kritérií (ordinální informace o kritériích)

- Váhy jednotlivých kritérií (kardinální informace o kritériích)
- Způsob kompenzace kritériálních hodnot
- Neznáme preference vůbec

Stanovení aspiračních úrovní nám udává, jakých hodnot máme dosáhnout.

Pořadí kritérií určuje, jak jdou po sobě kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Zároveň ale neurčuje, o jak moc je důležité jedno kritérium před druhým.

Váha kritéria je z intervalu $<0;1>$. Říká, o kolik je jedno kritérium důležitější než jiné. Součet všech vah kritérií je roven 1.

Kompenzace hodnot kritérií může nastávat, pokud dovolíme horší hodnotu u jednoho kritéria vyrovnávat jiným lepším kritériem.

Poslední možností může být, že neznáme žádné preference kritérií. (Šubrt a kol., 2015)

3.1.2 Varianty

Nyní si určíme různé případy, které můžou nastat mezi variantami.

Dominující varianta

Zjednodušeně lze říct, že dominující varianta je hodnocena lépe podle všech kritérií než varianta dominovaná. (Brožová a kol., 2003)

Paretovská varianta

Jedná se o takovou variantu, která není dominována jinou variantou. Můžeme ji též nazývat efektivní nebo paretovská.

Uživatel si vybírá výsledek problému pouze z množin paretovských variant. (Brožová a kol., 2003)

Ideální a bazální varianta

Ideální varianta je taková varianta, která je ve všech kritériích nejlepší.

Bazální varianta je opak ideální, tedy je ve všech kritériích nejhorší.

Tyto dvě varianty jsou hypotetické. Při možnosti výběru ideální varianty bychom znali výsledek úlohy. (Brožová a kol., 2003)

Kompromisní varianta

Varianta (nebo varianty) která je vybrána jako řešení problému. (Šubrt a kol., 2015)

3.1.3 Klasifikace úloh vícekritériální analýzy variant

Úlohy vícekritériální analýzy dělíme podle dvou hlavních hledisek:

- Podle cíle řešení
- Podle typu informace

Podle cíle řešení

- Výběr jedné či několika variant – vybrání jedné varianty podle stanovených kritérií jako nejlepší (Šubrt a kol., 2015)
- Úplné uspořádání – varianty jsou seřazeny od „nejlepší“ po „nejhorší“. Provádí se tam, kde je pro rozhodovatele důležité celkové uspořádání. (Jablonský, 2002)
- Rozdělení množiny variant na dobré a špatné – v těchto úlohách jde o rozhodnutí, zda je posuzovaná varianta efektivní – „dobrá“ nebo neefektivní – „špatná“.

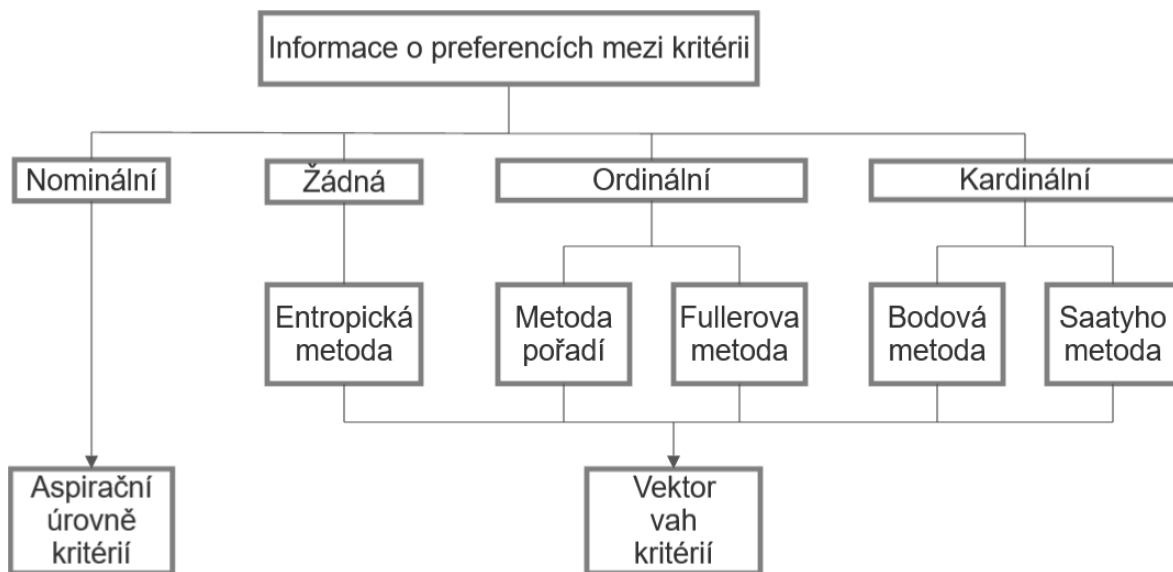
Jsou dvě možnosti postupu hodnocení. Rozhodovatel určí, jestli všechny varianty označené jako efektivní jsou hodnoceny lépe než stanovená aspirační úroveň nebo pokud je možnost jedním vynikajícím kritériem kompenzovat nedostatek v druhém horším kritériu. Druhou možností je přidat fiktivní variantu určující pomyslnou hranici. Všechny varianty nad budou označeny jako „dobré“ a všechny pod jako „špatné“. (Šubrt a kol., 2015)

Podle typu informace

- Žádná informace – nemáme informace o preferencích. Tato situace může nastat pouze u preferencí mezi kritérii a nikdy nemůže nastat u preferencí mezi variantami, jinak by nebylo možné úlohu vyřešit.
- Nominální informace – informace je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní. Stejně jako předchozí může být pouze vyjádřena takto jen u preferenci kritérií.
- Ordinální informace – vyjadřuje seřazení kritérií podle důležitosti a seřazení variant podle toho, jak jsou hodnocena kritéria.
- Kardinální informace – typ informace s kvantitativním a kvalitativním charakterem. Určuje, o kolik je jedno hodnocení lepší než druhé. U preferencí kritérií se jedná o váhy. V případě ohodnocení variant podle kritéria jde o konkrétní nejčastěji číselné vyjádření tohoto hodnocení, které vlastně nezáleží na množině porovnávaných variant. (Brožová a kol., 2003)

V následujícím schématu jsou zobrazeny metody kvantifikace jednotlivých typů informací o preferencích mezi kritérii:

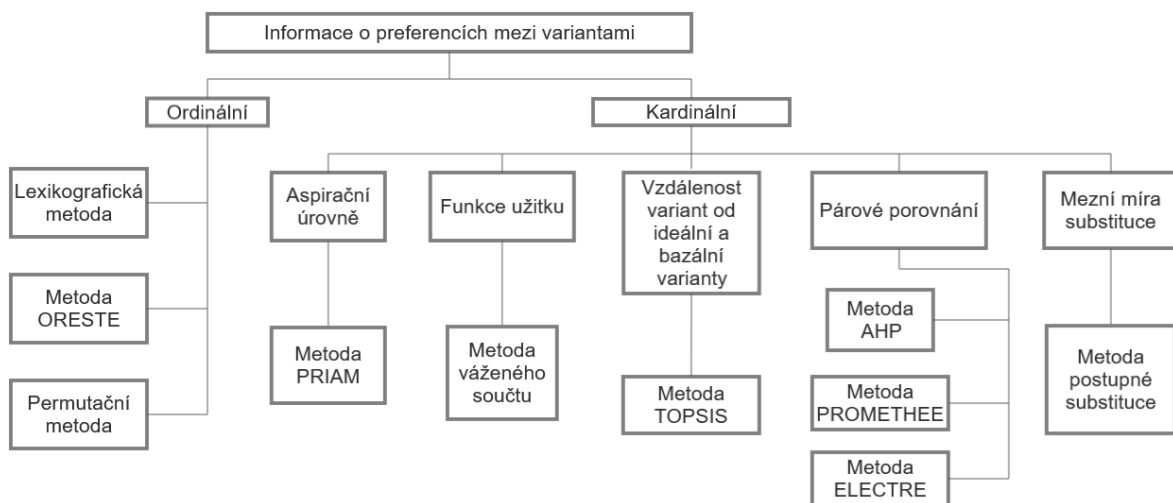
Obrázek 2 - Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii a jejich výstupy



Zdroj: Brožová a kol., 2003

Další schéma zobrazuje přehled metod zpracování informací o preferencích mezi variantami:

Obrázek 3 - Metody kvantifikace preferencí mezi variantami



Zdroj: Brožová a kol., 2003

Ani jeden z přehledů samozřejmě nepřináší úplný přehled metod dané oblasti. (Brožová a kol., 2003)

3.2 Metody stanovení vah kritérií

Prvním krokem vícekritériální analýzy variant je stanovení vah. Metody mohou být použity i pro vyjádření slovního hodnocení variant. (Šubrt a kol., 2015; Fotr a kol., 2016)

Použití metod se v analýzách liší podle daných informací o preferencích. V kapitolách budou popsány nejvíce používané metody stanovení vah kritérií.

3.2.1 Stanovení vah kritérií z ordinální informace

Pracuje se s ordinální informací, tedy že je kritériím přiřazeno pořadové číslo nebo jsou kritéria mezi sebou porovnána. Dvě kritéria mohou být označena za rovnocenná. Nejčastějšími metodami jsou Metoda pořadí a Metoda Fullerova trojúhelníku.

Metoda pořadí

Metoda je používána při hodnocení více experty. Kritéria jsou seřazena od nejdůležitějších po nejméně důležitá. První kritérium dostane číslo n (n je počet kritérií), tedy maximální pořadové číslo a další v pořadí dostane $n-1$. Poslední kritérium dostane 1. Následně jsou sečtena všechna čísla u jednoho kritéria a vydělena celkovým součtem pořadových čísel. Tím je získána váha kritéria. (Brožová a kol., 2003; Jablonský, 2002)

Metoda Fullerova trojúhelníku

„Pokud ordinální informace vyjadřuje vztah mezi každou dvojicí hodnocených kritérií, lze použít metodu párového porovnání.“ (Brožová a kol., 2003)

Uživatel porovná všechna kritéria mezi sebou a u každého kritéria, které preferoval nad jiným, označí. Označení může být například číslem 1. Pokud jsou kritéria stejně důležitá, označí obě. Váha kritéria se spočítá jako celkový počet označeného kritéria děleno celkový počet kritérií. (Fotr a kol., 2016)

3.2.2 Stanovení vah kritérií z kardinální informace

Musí být určeno uživatelem nejen pořadí kritérií, ale zároveň o jak moc je jedno kritérium důležitější než druhé. V této oblasti stanovení vah se nejvíce používá metoda bodovací a Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání.

Bodovací metoda

Pomocí bodů z určené bodové stupnice stanovíme, jak moc je důležité jedno kritérium nad druhým. Toto kritérium je použito při hodnocení více experty. (Šubrt a kol., 2015)

Kritérium je ohodnoceno například body od 0 do 10. Nejméně důležité kritérium dostane 0 bodů a nejvíce důležité kritérium dostane 10. Výpočet vah probíhá podobně jako

u metody pořadí. Počet bodů, které dostalo kritérium děleno celkovým počtem rozdělených bodů mezi kritérii. (Jablonský, 2002)

Saatyho metoda

Tato metoda slouží k určení vah kritérií, hodnotí-li je pouze jeden expert.

Pro porovnání a ohodnocení kritérií mezi sebou je použita 9 bodová stupnice:

- 1 – rovnocenná kritéria i a j
- 3 – slabě preferovaná kritérium i před j
- 5 – silně preferované kritérium i před j
- 7 – velmi silně preferované kritérium i před j
- 9 – absolutně preferované kritérium i před j

Následně jsou porovnání kritérií zapsány do Saatyho matice.

Obrázek 4 - Saatyho matice

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

Zdroj: Šubrt a kol., 2015

Matice je čtvercová – tedy na diagonále je hodnota 1. Kritérium je samo sobě rovnocenné. Nad diagonálou bude vyjádřena preference kritéria i před j . Pod diagonálou jsou převrácené hodnoty preferencí. (Šubrt a kol., 2015; Fotr a kol., 2016)

Při provádění Saatyho matice je potřeba ošetřit její konzistenci. Matice je konzistentní, pokud je *consistency ratio* (CR) menší než hodnoty 0,1.

Obrázek 5 - Consistency ratio

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Zdroj: Saaty, T.L., 2008

Kde CI je *inconsistency index* a RI je *random index*.

CI se vypočítá podle vzorce:

Obrázek 6 - Inconsistency index

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Zdroj: Saaty, T.L., 2008

n je hodnota rozměru řešené matice a λ_{max} je největší vlastní číslo řešené matice.

Hodnota RI se získává z tabulky určené pro *random index* různých velikostí matic.

Obrázek 7 - Tabulka pro určení random indexu

Matrix size	Random consistency index (RI)
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

Zdroj: Saaty, T.L., 2008

Pokud výpočet CR vyjde větší než požadovaných 0,1; je Saatyho matice nekonzistentní. Potom je potřeba celý proces ohodnocení poměrů kritérií udělat znovu. Jestli výpočet konzistence určí matici jako konzistentní, pak můžou být vypočítány váhy.

Váhy jsou vypočítány jako normalizovaný geometrický průměr řádku Saatyho matice vydělena celkovou sumou všech geometrických průměrů řádků.

3.3 Metody výběru kompromisní varianty

Metod pro výběr kompromisních variant je několik a liší se podle informací o preferenci kritérií:

- Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií
 - Bodovací metoda
 - Metoda pořadí
- Metody vyžadující aspirační úroveň kritérií
 - Konjunktivní a disjunktivní metoda
 - Metoda bazické varianty
- Metody vyžadující ordinální informace
 - Lexikografická metoda

- Metody vyžadující kardinální informaci
 - Metoda váženého součtu
 - Metoda AHP – Analytický hierarchický proces
- Metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty
 - Metoda TOPSIS

V praktické části budou použity pouze dvě metody – metoda váženého součtu a metoda AHP. Tyto metody jsou popsány níže.

3.3.1 Metoda váženého součtu

Metoda pracuje s kardinální informací, kritériální maticí Y a vektorem vah kritérií v . Při práci s touto metodou lze určit nejlepší variantu, také jde ale použít pro uspořádání variant od nejlepší po nejhorší. (Šubrt a kol., 2015)

Prvním krokem je určení ideální varianty H s ohodnocením (h_1, \dots, h_n) a bazální varianty D s ohodnocením (d_1, \dots, d_n) .

Druhým krokem je utvořit standardizovanou kritériální matici R .

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \quad (1)$$

Ideální variantě odpovídá hodnota 1 a bazální variantě odpovídá hodnota 0. (Jablonský, 2002)

Ve třetím kroku jsou vypočteny agregované funkce užitku pro jednotlivé varianty.

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij} \quad (2)$$

Varianty seřadíme sestupně podle hodnoty $u(a_i)$ a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami užitku považujeme za řešení problému.

3.3.2 Metoda AHP – Analytický hierarchický proces

AHP zjednodušuje rozsáhlé situace na menší a jednodušší komponenty. Tyto komponenty dělají z úlohy hierarchický systém problému. Na všech úrovních v hierarchickém systému se použije Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání. Tím je každé komponentě přiřazena kvantitativní charakteristika.

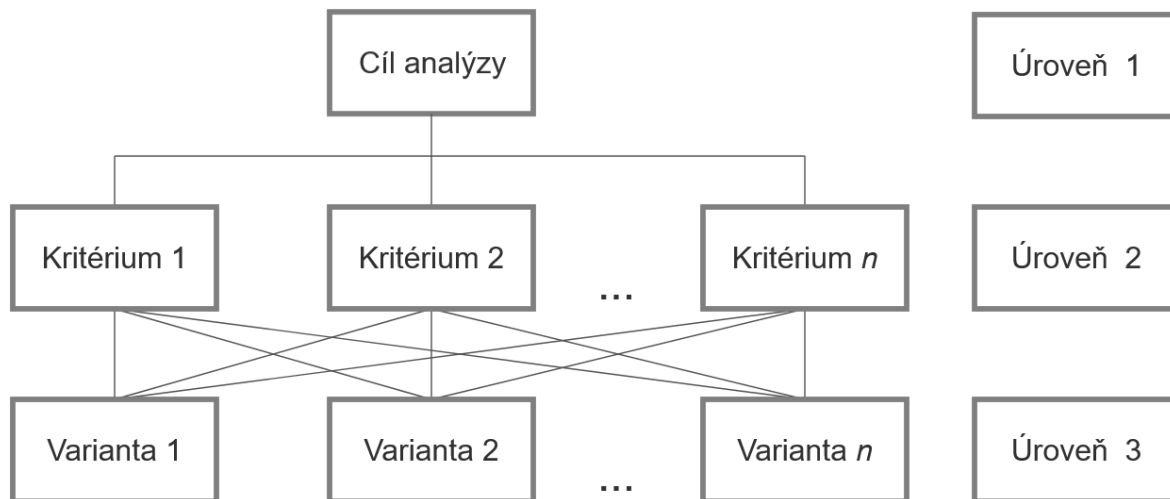
Použití metody AHP je možné u všech typů informace u preferenčních vztahů mezi komponentami modelu, ale jen za podmínky, že je uživatel schopen z této informace určit směr a intenzitu preference mezi všemi porovnávanými páry složek struktury.

Struktury úrovní v AHP jsou poskládány od obecných po konkrétní. Na vrcholu struktury je jen jeden prvek, který definuje cíl vyhodnocované analýzy a kterému můžeme přiřadit číslo 1. Druhá úroveň obsahuje rozdělenou hodnotu nejvyšší úrovně. Stejným způsobem jsou další úrovně děleny až k nejnižšímu stupni, kterým jsou varianty. (Šubrt a kol., 2015; Jablonský, 2002)

Příklad jednoduché struktury úrovní vícekriteriální analýzy:

- Úroveň 1 – cíl vyhodnocování
- Úroveň 2 – kritéria vyhodnocování
- Úroveň 3 – posuzované varianty

Obrázek 8 - Hierarchická struktura úlohy AHP



Zdroj: Šubrt a kol., 2015

Při hodnocení více hodnotiteli mezi první a druhou úroveň přibude úroveň hodnotitelů.

V prvním kroku procesu provedeme konstrukci hierarchie problému. V druhém kroku jsou na všech úrovních porovnány prvky mezi sebou pomocí párového porovnání, tedy stanovení vah. Ve třetím kroku jsou porovnány varianty. Každá varianta je srovnána z pohledu jednotlivých kritérií za pomoci Saatyho matice. (Šubrt a kol., 2015; Jablonský, 2002)

4 Vlastní práce

V kapitole bude vybírán notebook na základě použití metod vícekritériální analýzy variant. Ke stanovení vah kritérií bude použit profil osoby autora této práce. Následně bude pomocí metody váženého součtu a metody AHP určena nejlepší varianta notebooku. Z důvodu velkého množství obchodů prodávající notebooky byl vybrán pro účely této práce obchod Alza.cz. Autor této práce činí takto na základě svých dobrých zkušeností s tímto obchodem.

4.1 Profil rozhodovatele

Profil rozhodovatele při výběru notebooku bude vycházet z preferencí autora této práce. Potřeba pro vybrání notebooku vznikla při skončení karantén vzniklých pandemií koronaviru. Rozhodovatel před začátkem první karantény přišel o svůj notebook. Během karantény a pobytu doma mu stačil jeho domácí nepřenositelný počítač. Škola a práce se přesunuly do distanční formy, respektive home office prostředí. Po rozvolnění opatření a znovu chození do prostředí kampusu vysoké školy a pracovní kanceláře, autorovi jeho stolní počítač přestal být dostatečný.

Autor je student s limitovanými finančními prostředky. Chce hlavně zařízení s možností snadného přesunu mezi lokacemi. Také studuje informatiku a používá programy pro programování nebo střihání videí. Chce tedy také výkonný notebook za cenu, kterou si může se svým rozpočtem dovolit.

4.2 Stanovení kritérií

Na základě požadavků rozhodovatele byla definována následující kritéria.

4.2.1 Cena

Rozhodovatel je student, jehož finanční možnosti jsou omezené. Na koupi nového notebooku je schopen dát 24 tisíc Kč včetně DPH. Taktéž rozhodovatel ví, že levnější notebook nemusí být nejlepší v ostatních kritériích. Tedy jako spodní hranici pro cenu určil 18 tisíc Kč. Jedná se o 2 aspirační úrovně kritéria.

Rozhodovatel se bude snažit dostat ideálně ke spodní hranici, aby jako student nemusel utrácet. Z toho vyplývá, že kritérium je minimalizační.

4.2.2 Hmotnost

Pro snadné přenášení a manipulaci chce autor dosáhnout co nejlehčího notebooku. Maximální hmotnost, kterou je ochoten připustit je 2,5 kg. Toto kritérium bude minimalizační.

4.2.3 Procesor

Autor bude chtít u notebooku procesor typu AMD. Historicky je na tuto značku zvyklý u svého vybavení.

Rozhodovatel si přeje s ohledem na nové technologie novější typ procesoru. Proto bylo rozhodnuto, že minimální typ procesoru u výběru notebooku bude AMD Ryzen 7. Jedná se o aspirační úroveň.

4.2.4 Výdrž baterie

Autor chce používat notebook i mimo možnosti zapojení zařízení do elektrické sítě. Chce, aby mu vydržel minimálně 12 hodin, což je tedy aspirační úroveň kritéria.

4.2.5 Kapacita disku

Pro zařazení kapacity disku má autor dva důvody. Při své práci nechce být limitován a nucen používat externí úložiště. Taktéž nechce ukládat svoje věci do cloudového úložiště. Preferuje mít uložené práce na svém notebooku. U tohoto kritéria byly použity jednotky GB. Toto kritérium je maximalizační.

4.3 Výběr notebooků

Internetový obchod Alza.cz disponuje možností filtru pro konkrétní vybraní parametrů, které chce uživatel u svého produktu. Do tohoto filtru byla přidána kritéria ceny, hmotnosti, procesoru, výdrže baterie a kapacity disku pro notebook. Po zadání aspiračních úrovní do požadovaných parametrů v e-shopu prodejce bylo výsledkem 7 notebooků. Při bližším pohledu na výsledky bylo objeveno, že produkt pod názvem „Lenovo Chromebook ThinkPad C13 Yoga Gen 1 Abyss Blue celokovový + aktivní stylus Lenovo“ a „Lenovo ThinkPad E14 Gen 3 Black“ jsou uvedeny dvakrát s jinou cenou. Autor zjistil, že tyto produkty jsou v obchodě nabízeny ve dvou variantách se změnou v parametrech,

kteře nejsou mezi sledovanými kritérii. Bylo tedy rozhodnuto vyloučení dražších variant, protože vyšší cena nepřináší rozhodovateli žádný užitek.

Všechny produkty mají stejný procesor AMD Ryzen 7, proto již není kritérium procesor v další fázi rozhodování zahrnuto.

V následující tabulce je ukázáno 5 výsledných produktů, které budou použity ve výpočtech. Z důvodu dlouhých názvů budou použita zkrácená pojmenování.

Tabulka 1 - Výběr variant

Název	Zkratka
Acer Swift 3 Pure Silver celokovový	Swift 3
Acer TravelMate P2 Black	TravelMate P2
Lenovo IdeaPad 5 15ALC05 Platinum Grey celokovový	IdeaPad 5
Lenovo ThinkPad E14 Gen 3 Black	ThinkPad E14
Lenovo Chromebook ThinkPad C13 Yoga Gen 1 Abyss Blue celokovový	ThinkPad C13

Zdroj: Vlastní zpracování

Další tabulka ukazuje konkrétní parametry a charakter notebooků podle stanovených kritérií.

Tabulka 2 - Parametry a charakter

Varianta	Cena (Kč)	Hmotnost (kg)	Výdrž baterie (h)	Kapacita disku (GB)
Swift 3	24 990	1,2	12,5	1 000
TravelMate P2	23 990	1,8	12	512
IdeaPad 5	20 499	1,66	14	512
ThinkPad E14	23 690	1,64	15,8	512
ThinkPad C13	20 690	1,5	12,5	256
Char.	MIN	MIN	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní zpracování

4.4 Posouzení dominance variant

Jelikož se může stát, že jedna varianta bude dominovat druhou, byl proveden výpočet. Nejdříve byla převedena všechna kritéria na stejný charakter (max).

Tabulka 3 - Stejný charakter kritérií

Varianta	Cena (Kč)	Hmotnost (kg)	Výdrž baterie (h)	Kapacita disku (GB)
Swift 3	0	0,6	12,5	1 000
TravelMate P2	1 000	0	12	512
IdeaPad 5	4 491	0,14	14	512
ThinkPad E14	1 300	0,16	15,8	512
ThinkPad C13	4 300	0,3	12,5	256
Char.	MAX	MAX	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní zpracování

Následně ohodnocení byla převedena na stejnou škálu a byla posouzena dominance.

Tabulka 4 - Převedení na stejnou škálu

Varianta	Cena (Kč)	Hmotnost (kg)	Výdrž baterie (h)	Kapacita disku (GB)
Swift 3	1	5	3	5
TravelMate P2	2	1	1	4
IdeaPad 5	5	2	4	4
ThinkPad E14	3	3	5	4
ThinkPad C13	4	4	3	1
Char.	MAX	MAX	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků vyplývá, že TravelMate P2 je dominován dvěma ostatními notebooky. Oba produkty IdeaPad 5 a ThinkPad E14 dominují. Z toho důvodu byl pro další výpočty TravelMate P2 vynechán.

4.5 Výpočet a stanovení vah kritérií

Pro výpočet kompromisní varianty musí být nejdříve vypočítány váhy kritérií. Tyto váhy byly získány pomocí Saatyho metody párových porovnání. Byla porovnána kritéria podle 9 bodové stupnice a následně vypočteny geometrické průměry a váhy kritérií.

Tabulka 5 - 9 bodová stupnice

Váha	Popis
1	Rovnocenná kritéria
3	Slabě preferované kritérium
5	Silně preferované kritérium
7	Velmi silně preferované kritérium
9	Absolutně preferované kritérium

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 6 - Saatyho metoda

Kritéria	Cena	Hmotnost	Vydrž baterie	Kapacita disku	Geom. průměr	Váha (preference)
Cena	1	7	5	5	3,637135763	0,632291626
Hmotnost	1/7	1	1/3	1/3	0,354948106	0,061705344
Vydrž baterie	1/5	3	1	1	0,880111737	0,153001515
Kapacita disku	1/5	3	1	1	0,880111737	0,153001515
					5,752307342	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Rozhodovatel považuje za nejdůležitější kritérium cenu, jelikož je student. Dále výdrž baterie a kapacitu disku. Kritérium hmotnosti je považováno za nejméně důležité.

4.5.1 Konzistence Saatyho matice

Byla provedena kontrola konzistence Saatyho matice podle vzorce $CR = CI/RI$. Matice je konzistentní, když $CR \leq 0,1$.

CI byla získána z výpočtu vysvětleném v teoretické části. Hodnota $\lambda_{max} = 4,07347$ a hodnota $n = 4$. Výsledek výpočtu $CI = 0,02449$.

RI je získáno z tabulky vypočítaných hodnot RI pro různé velikosti matic. Pro matici velikosti $n = 4$ je hodnota $RI = 0,90$.

Výsledná hodnota CR je 0,0272111. Zvolená Saatyho matice je konzistentní. Platí $0,0272111 \leq 0,1$.

4.6 Výběr kompromisní varianty

Pro výběr kompromisní varianty byly použity dvě metody. První použitou metodou je metoda váženého součtu a druhou metodou je metoda analytického hierarchického procesu. Váhy použité při výpočtech pocházejí z vypočítané Saatyho metody v předešlé kapitole.

4.6.1 Metoda váženého součtu

Metoda vychází z vybraných čtyř variant a jejich charakteristik. Následně jsou vypočítány hodnoty pro kritériální matici R .

Tabulka 7 - Parametry a charakter

Varianta	Cena (Kč)	Hmotnost (kg)	Výdrž baterie (h)	Kapacita disku (GB)
Swift 3	24990	1,2	12,5	1000
IdeaPad 5	20499	1,66	14	512
ThinkPad E14	23690	1,64	15,8	512
ThinkPad C13	20690	1,5	12,5	256
Char.	MIN	MIN	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní zpracování

Dále je určena ideální varianta – *H* a bazální varianta – *D*.

Tabulka 8 - Ideální a bazální varianta

	Cena (Kč)	Hmotnost (kg)	Výdrž baterie (h)	Kapacita disku (GB)
Ideální varianta	20 499	1,2	15,8	1 000
Bazální varianta	24 990	1,66	12,5	256

Zdroj: Vlastní zpracování

Následně byly vytvořeny standardizované kriteriální matice *R*. Prvky byly získány podle rovnice č. 1 uvedené v teoretické části.

Tabulka 9 - Kriteriální matice *R*

Varianta	Cena (Kč)	Hmotnost (kg)	Výdrž baterie (h)	Kapacita disku (GB)
Swift 3	0	1	0	1
IdeaPad 5	1	0	0,454545455	0,344086022
ThinkPad E14	0,289468	0,043478261	1	0,344086022
ThinkPad C13	0,95747	0,347826087	0	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Ideálním hodnotám v matici odpovídá 1. Bazálním hodnotám odpovídá 0.

V posledním kroku byl vypočítán agregovaný užitek každé varianty podle rovnice č. 2. Podle výsledků byly seřazeny hodnoty sestupně od nejvyšší hodnoty po nejnižší. Varianta s nejvyšším užitekem je hledaná kompromisní varianta.

Tabulka 10 - Porovnání agregovaného užítku

Varianta	Cena (Kč)	Hmotnost (kg)	Výdrž baterie (h)	Kapacita disku (GB)	Agregovaný užitek	Pořadí
Swift 3	0	1	0	1	0,214706859	4.
IdeaPad 5	1	0	0,454545455	0,344086022	0,754483452	1.
ThinkPad E14	0,289468	0,043478261	1	0,344086022	0,39135812	3.
ThinkPad C13	0,95747	0,347826087	0	0	0,626863306	2.

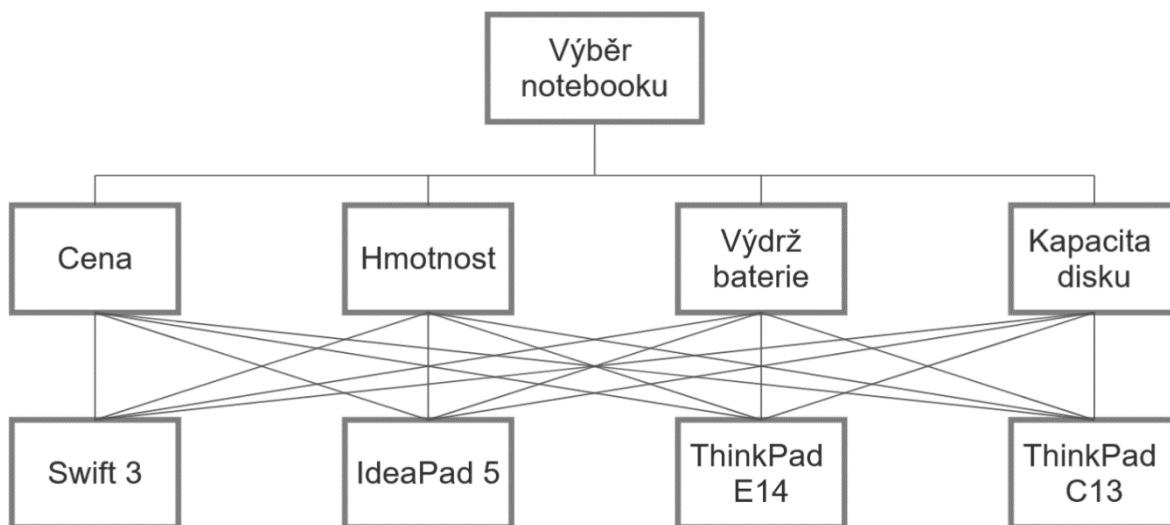
Zdroj: Vlastní zpracování

Podle výpočtu byla nalezena jako kompromisní varianta Lenovo IdeaPad 5 15ALC05 Platinum Grey celokovový. V kritériu ceny dosáhl nejlepších hodnot. Zároveň dosáhl nejhorší hodnoty v kritérii hmotnost.

4.6.2 Metoda AHP – Analytický hierarchický proces

Při této metodě bude použita 3 úroňová hierarchie. První úroveň je cíl vyhodnocení. Tedy hledání notebooku. Druhá úroveň se skládá z kritérií vyhodnocování. Třetí úroveň je složená z posuzovaných variant.

Obrázek 9 - Hierarchická struktura AHP



Zdroj: Vlastní zpracování

Při použití AHP jsou srovnány varianty podle každého kritéria za pomoci Saatyho metody kvantitativního párového porovnání. Výpočty jsou ukázány v následujících tabulkách.

První tabulka porovnává notebooky podle kritéria ceny.

Tabulka 11 - AHP, kritérium cena

0,632	Cena	Swift 3	IdeaPad 5	ThinkPad E14	ThinkPad C13	Geom. Průměr	dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Swift 3	1	1/7	1/3	1/7	0,287	0,050	0,032
	IdeaPad 5	7	1	5	1	2,432	0,424	0,268
	ThinkPad E14	3	1/5	1	1/5	0,589	0,103	0,065
	ThinkPad C13	7	1	5	1	2,432	0,424	0,268
						5,740	1,000	0,632

Zdroj: Vlastní zpracování

Další tabulka pracuje s kritériem hmotnosti.

Tabulka 12 - AHP, kritérium hmotnost

0,062	Hmotnost	Swift 3	IdeaPad 5	ThinkPad E14	ThinkPad C13	Geom. Průměr	dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Swift 3	1	5	5	3	2,943	0,558	0,034
	IdeaPad 5	1/5	1	1	1/3	0,508	0,096	0,006
	ThinkPad E14	1/5	1	1	1/3	0,508	0,096	0,006
	ThinkPad C13	1/3	3	3	1	1,316	0,249	0,015
						5,275	1,000	0,062

Zdroj: Vlastní zpracování

Další tabulka srovnává kritérium výdrže baterie.

Tabulka 13 - AHP, kritérium výdrž baterie

0,153	Výdrž baterie	Swift 3	IdeaPad 5	ThinkPad E14	ThinkPad C13	Geom. Průměr	dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Swift 3	1	1/5	1/7	1	0,411	0,068	0,010
	IdeaPad 5	5	1	1/3	5	1,699	0,283	0,043
	ThinkPad E14	7	3	1	7	3,482	0,580	0,089
	ThinkPad C13	1	1/5	1/7	1	0,411	0,068	0,010
						6,003	1,000	0,153

Zdroj: Vlastní zpracování

Poslední srovnání je v kritériu kapacity disku.

Tabulka 14 - AHP, kritérium kapacita disku

0,153	Kapacita disku	Swift 3	IdeaPad 5	ThinkPad E14	ThinkPad C13	Geom. Průměr	dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	Swift 3	1	5	5	7	3,637	0,632	0,097
	IdeaPad 5	1/5	1	1	3	0,880	0,153	0,023
	ThinkPad E14	1/5	1	1	3	0,880	0,153	0,023
	ThinkPad C13	1/7	1/3	1/3	1	0,355	0,062	0,009
						5,752	1,000	0,153

Zdroj: Vlastní zpracování

V poslední tabulce byly sepsány všechny výsledky z předešlých tabulek a spočítán výsledný užitek všech notebooků, ze kterých je prováděn výběr.

Tabulka 15 - AHP, pořadí

	Cena	Hmotnost	Výdrž baterie	Kapacita disku	Součet	Pořadí
Swift 3	0,032	0,034	0,010	0,097	0,173	4.
IdeaPad 5	0,268	0,006	0,043	0,023	0,341	1.
ThinkPad E14	0,065	0,006	0,089	0,023	0,183	3.
ThinkPad C13	0,268	0,015	0,010	0,009	0,303	2.
					1	

Zdroj: Vlastní zpracování

Notebook IdeaPad 5 vychází jako kompromisní varianta. Tento výpočet kompromisní varianty dopadl stejně jako u předešlé metody. Taktéž zbytek možných variant dopadl v pořadí stejně jako u metody váženého součtu.

5 Výsledky a diskuse

V bakalářské práci byl vybírán notebook pomocí dvou metod vícekritériální analýzy variant. Metoda váženého součtu i metoda analytického hierarchického procesu při výběru notebooku přinesly stejný výsledek. Tento výběr byl založen na kritériích důležitých pro rozhodovatele (cena, hmotnost, procesor, výdrž baterie, kapacita disku). Obchod Alza.cz nabídl 7 notebooků. Dva notebooky byly ze seznamu variant vyřazeny, protože se od dalších dvou odlišovaly v parametru, který nebyl pro rozhodovatele důležitý. Dále bylo vyřazeno kritérium procesor, protože všechny varianty v tomto kritériu dosahovaly stejných hodnot.

Po posouzení vztahu dominance mezi variantami bylo vyřazeno zařízení TravelMate P2. Tento notebook byl dominován dvěma ostatními produkty, a to IdeaPad 5 a ThinkPad E14.

Výslednou kompromisní variantou se v obou metodách stal IdeaPad 5. Jeho celkový užitek byl v obou metodách nejvyšší. V kritériu cena, která byla pro rozhodovatele nejdůležitější, dosáhl nejlepšího výsledku. Jeho cena je 20 499 Kč. V kritériích výdrže baterie a kapacity disku se umístil na druhém místě. Nejhoršího užítku dosáhl u hmotnosti, kde se s váhou 1,66 kg zařadil na poslední místo.

Druhý v pořadí skončil notebook ThinkPad C13. Také tento notebook má největší užitek u kritéria ceny. Jeho cena je 20 690 Kč. Rozdíl 200 Kč od IdeaPad 5 je pro rozhodovatele nevýznamný. Na rozdíl od kompromisní varianty si vedl v kritériu hmotnosti lépe a je druhým nejlehčím mezi variantami. U posledních dvou kritérií však skončil na posledním místě s výdrží baterie pouze 12,5 hodiny a kapacitou disku 256 GB.

Třetím notebookem v pořadí se podle celkového užítku stal ThinkPad E14. Jeho cena je s ohledem na předešlé dva notebooky vysoká. V kritériu hmotnosti se řadí společně s IdeaPad 5 na nejhorší místo. S dobou výdrže 15,8 hodiny je však mezi všemi variantami nejlepší. Stejně jako u kompromisní varianty je i kapacita jeho disku 516 GB.

Na nejhorším, tedy čtvrtém místě se umístil notebook Swift 3. Tento notebook je v užítku ceny a výdrže baterie na posledním místě. V kritériích hmotnosti a kapacity disku se umístil první. Kritérium cena je pro rozhodovatele nejdůležitější, a proto ani jeho hmotnost 1,2 kg a jeho kapacita disku 1 000 GB nestačí k jeho vyššímu umístění v pořadí podle celkového užítku.

6 Závěr

Cílem práce bylo vybrat za pomoci metod vícekritériální analýzy variant notebook pro osobní užívání.

K tomu, aby bylo možné dostat se k praktické části, bylo nejprve nutné vyjít z části teoretické. Nejdříve bylo vysvětleno, co jsou to kritéria a jak určit jejich váhy. Zde byla konkrétně popsána Saatyho metoda, která byla poté použita v praktické části. Dále byly popsány varianty a způsob jejich výběru. Detailněji byly zpracovány metoda váženého součtu a metoda analytického hierarchického procesu z důvodu použití v části praktické.

Ve vlastní práci byl stanoven profil rozhodovatele a požadovaná kritéria – ceny, hmotnosti, procesoru, kapacity disku a výdrže baterie. Pro výpočet bylo vybráno konkrétně 5 notebooků. Kritérium procesoru dále ve výpočtech nebylo použito z důvodu dosažení stejných hodnot u všech vybraných variant. Nejdříve byla posouzena dominance a bylo zjištěno, že jedna z variant byla dominována, a tedy z dalších výpočtů vyřazena. Před aplikací metod pro výběr kompromisní varianty byly vypočítány váhy kritérií pomocí Saatyho metody. Po spočítání celkového užitku vyšla jako kompromisní varianta u metody váženého součtu a metody AHP stejná varianta. Touto kompromisní variantou se stal notebook Lenovo IdeaPad 5 15ALC05 Platinum Grey celokovový.

7 Seznam použitých zdrojů

7.1 Literární

BROŽOVÁ, Helena a kol. 2003. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3

ŠUBRT, Tomáš a kol. 2015. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. 331 s. ISBN 978-80-7380-563-0.

JABLONSKÝ, Josef. 2002. *Operační výzkum: Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vyd. Praha: Professional publishing. 323 s. ISBN 80-86419-42-8

FOTR, Jiří a kol. 2016. *Manažerské rozhodování: Postupy, metody a nástroje*. 3. vyd. Praha: Ekopress. 474 s. ISBN 978-80-87865-33-0

SAATY, Thomas L. 2008. *Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process*. 102(2). RACSAM, 251–318 s.

7.2 Internetové

Alza.cz a.s. <https://www.alza.cz/> [Online] [Citace: 22.11.2022] <https://www.alza.cz/acer-swift-3?dq=7249776>

Alza.cz a.s. <https://www.alza.cz/> [Online] [Citace: 22.11.2022] <https://www.alza.cz/acer-travelmate-p2?dq=7133114>

Alza.cz a.s. <https://www.alza.cz/> [Online] [Citace: 22.11.2022] <https://www.alza.cz/lenovo-ideapad-5-15alc05-platinum-grey-celokovovy-d7197372.htm>

Alza.cz a.s. <https://www.alza.cz/> [Online] [Citace: 22.11.2022] <https://www.alza.cz/lenovo-thinkpad-e590?dq=7009684>

Alza.cz a.s. <https://www.alza.cz/> [Online] [Citace: 22.11.2022]
<https://www.alza.cz/lenovo-chromebook-thinkpad-c13-yoga-gen-1-abyss-blue-d6371697.htm>

Alza.cz a.s. <https://www.alza.cz/> [Online] [Citace: 22.11.2022]
<https://www.alza.cz/lenovo-thinkpad-e590?dq=6884311>

Alza.cz a.s. <https://www.alza.cz/> [Online] [Citace: 22.11.2022]
<https://www.alza.cz/lenovo-chromebook-thinkpad-c13-yoga-gen-1-abyss-blue-kovovy-aktivni-stylus-lenovo-d6884317.htm>

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Kriteriační matice Y	14
Obrázek 2 - Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii a jejich výstupy	17
Obrázek 3 - Metody kvantifikace preferencí mezi variantami	17
Obrázek 4 - Saatyho matice	19
Obrázek 5 - Consistency ratio	19
Obrázek 6 - Inconsistency index	20
Obrázek 7 - Tabulka pro určení random indexu	20
Obrázek 8 - Hierarchická struktura úlohy AHP	22
Obrázek 9 - Hierarchická struktura AHP	29

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Výběr variant	25
Tabulka 2 - Parametry a charakter	25
Tabulka 3 - Stejný charakter kritérií	26
Tabulka 4 - Převedení na stejnou škálu	26
Tabulka 5 - 9 bodová stupnice	26
Tabulka 6 - Saatyho metoda.....	27
Tabulka 7 - Parametry a charakter	28
Tabulka 8 - Ideální a bazální varianta	28
Tabulka 9 - Kriteriační matice R	28
Tabulka 10 - Porovnání agregovaného užítku	29
Tabulka 11 - AHP, kritérium cena	30
Tabulka 12 - AHP, kritérium hmotnost	30
Tabulka 13 - AHP, kritérium výdrž baterie	30
Tabulka 14 - AHP, kritérium kapacita disku	31
Tabulka 15 - AHP, pořadí	31