

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

**Výběr automobilu pomocí metod vícekriteriální analýzy
variant**

Ekaterina Markovna

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ekaterina Markovna

Podnikání a administrava

Název práce

Výběr automobilu pomocí metod vícekriteriální analýzy variant

Název anglicky

Choosing a Car with Use of Multi-Criteria Decision-Making Methods

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je aplikace metod a postupů vícekriteriální analýzy variant při nákupu osobního automobilu. Metody vícekriteriální analýzy variant (VAV) usnadní volbu jednoho konkrétního modelu z několika navrhovaných dle preferencí rozhodovatele.

Metodika

Teoretická část.

Teoretickou část bude tvořit přehled metod vícekriteriální analýzy variant získaný na základě studia odborné literatury.

Teoretická část se bude skládat z těchto kapitol:

1. Základní pojmy vícekriteriální analýzy variant
2. Typy informace
3. Metoda aspiračních úrovní
4. Saatyho metoda
5. Metoda bazické varianty
6. Metoda TOPSIS

Praktická část.

V této část bude popsán proces výběru automobilu na základě preferencí rozhodovatele. Podle jednotlivých kritérií (kvalitativních nebo kvantitativních), odvozených ze znalosti preferencí bude sestaven model vícekriteriální analýzy variant. Potom bude určena kompromisní varianta.

Struktura praktické části:

1. Charakteristika subjektů rozhodování a jejich požadavky na automobil
2. Kritéria, podle kterých rozhodovatel hodnotí varianty
3. Varianty, ze kterých si rozhodovatel vybírá auto
4. Sestavení modelu vícekriteriální analýzy a výběr kompromisní varianty
5. Zhodnocení výsledků a doporučení pro výběr automobilu

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Vícekritériální analýza variant, rozhodovatel, varianta, kritérium, metoda aspiračních úrovní, Saatyho metoda, metoda bazické varianty, metoda TOPSIS

Doporučené zdroje informací

GRASSEOVÁ, M., et al. *Manažerské rozhodování: Teoretická východiska a praktické příklady*. Brno: Univerzita Obrany. Fakulta ekonomiky a managementu. Katedra vojenského managementu a taktiky, 2010. ISBN 978-80-7231-730-1

ŠUBRT, T., et al. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2011. 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2

JABLONSKÝ, J., et al. *Operační výzkum*. 3rd ed. Professional publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3

RAMÍK, J., et al. *Rozhodovací analýza pro manažery*. Karvina: Slezská univerzita v Opavě. Obchodně podnikatelská fakulta v Karvině, 2013. 188 s. ISBN 978-80-7248-843-8

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Martina Houšková Beránková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2021

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 24. 02. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Výběr automobilu pomocí metod vícekritériální analýzy variant" 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne

14.03.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Martině Houškové Beránkové, Ph.D. za odborné vedení a pomoc, která mi byla poskytnutá v době tvorby bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině za jejich podporu.

Výběr automobilu pomocí metod vícekriteriální analýzy variant

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je výběr prvního auta pro studentku Moskevské univerzity. Rozhodovací situace je vyřešena pomocí vybraných metod vícekriteriální analýzy variant podle stanovených kritérií.

V teoretické části jsou uvedeny základní pojmy vícekriteriální analýzy variant, jsou popsány tři metody vícekriteriální analýzy variant nejpoužívanější v praxi a metoda stanovení vah kritérií. Také jsou popsány typy informace, které jsou specifické pro každou z vybraných metod.

V praktické části jsou na základě preferencí rozhodovatelky stanovena kritéria hodnocení konkrétních automobilů a aplikace metod vícekriteriální analýzy pro výběr jedné z nich. K těmto metodám patří: metoda bazické varianty, TOPSIS a metoda aspiračních úrovní.

V závěru této práce je zhodnocen výsledek rozhodovacího procesu a je doporučena kompromisní varianta.

Klíčová slova: vícekriteriální analýza variant, rozhodovatel, varianta, kritérium, metoda aspiračních úrovní, Saatyho metoda, metoda bazické varianty, metoda TOPSIS.

Choosing a Car with Use of Multi-Criteria Decision-Making Methods

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to select the first car for a student. The decision-making situation will be solved with the help of selected methods of multi-criteria analysis of variants according to the set of criteria.

The theoretical part presents basic concepts of multicriteria analysis of variants, describing the three most used in practice methods of multicriteria analysis of variants and the method of determining weights of criteria. The types of information specific to each of the selected methods will be also described.

In the practical part, based on the preferences of the decision-maker, the criteria for evaluating specific cars and the application of multi-criteria analysis methods for selecting one of them are set. These methods include the basic variant method, the TOPSIS method and the aspiration level method.

At the end of this work, the result of the decision-making process will be presented and a compromise decision will be recommended.

Keywords: multicriteria analysis of variants, decision maker, variant, criterion, aspiration level method, Saaty method, basic variant method, TOPSIS method

1 Obsah

2 ÚVOD	11
CÍL PRÁCE A METODIKA	12
CÍL PRÁCE	12
METODIKA	12
2.2.1 Teoretická část	12
2.2.2 Praktická část	12
3 TEORETICKÁ ČÁST	13
ROZHODOVACÍ PROCES	13
3.1.1 Metody rozhodování	13
3.1.2 Prvky rozhodovacího procesu	13
Objekt rozhodování	13
Subjekt rozhodování	14
Alternativy rozhodnutí	14
Stavy okolností	14
Výplaty alternativ	14
Cíl rozhodování	14
VÍCEKRITEŘIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ	15
VÍCEKRITEŘIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT	15
3.1.3 Varianty	15
3.1.4 Kritéria	16
3.1.5 Kriteříální matice	17
3.1.6 Váhy kritérií	18
ÚLOHY VÍCEKRITEŘIÁLNÍ ANALÝZY VARIANT	18
3.1.7 Cíle řešení úlohy	18
3.1.8 Typy informace mezi kritérii a variantami	19
METODY STANOVENÍ VAH KRITEŘIÍ	20
3.1.9 Metody stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií	20
METODY VYŽADUJÍCÍ KARDINÁLNÍ INFORMACI O KRITEŘIÍCH	23
3.1.10 Metoda bazické varianty	23
3.1.11 TOPSIS	24
METODY VYŽADUJÍCÍ NOMINÁLNÍ INFORMACI O KRITEŘIÍCH	26
3.1.12 Metoda aspiračních úrovní	26
4 PRAKTICKÁ ČÁST	28
PROFIL ROZHODOVATELE	28
STANOVENÍ KRITEŘIÍ	28
Mezi kritéria stanovená rozhodovatelkou patří:	28
4.1.1 Cena	29
4.1.2 Spotřeba paliva	29
4.1.3 Úložný prostor	29
4.1.4 Najeto	30
VÝBĚR VARIANT	30
4.1.5 Mini Cooper	30
4.1.6 Kia Ceed	31
4.1.7 Honda CR - V	31
4.1.8 Toyota Camry	32
STANOVENÍ VAH KRITEŘIÍ	33
VÝBĚR KOMPROMISNÍ VARIANTY	34
4.1.9 Metoda bazické varianty	34
4.1.10 TOPSIS	37
4.1.11 Metoda aspiračních úrovní	40
5 VÝSLEDKY A DISKUSE	44

6	ZÁVĚR.....	45
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	46

2 Úvod

Kvalita našeho života je zcela závislá na rozhodnutích, která děláme. Rozhodujeme o tom, kam půjdeme pracovat, kam pojedeme na dovolenou a dokonce i o tom, v jakém obchodě si dneska koupíme rohlíky. Některá rozhodnutí můžou mít významný vliv na život člověka, například když rozhodujeme o tom, kam půjdeme pracovat. Jiná rozhodnutí třeba o tom, kam jet na dovolenou, mají lehčí povahu. ale i přesto vyžadují, abychom přemýšleli a udělali výběr.

Vícekriteriální analýza variant umožňuje udělat správný výběr, který by měl odpovídat subjektivním preferencím rozhodovatele. Jde tady o libovolné rozhodnutí, se kterým setkáme buď v práci, když potřebujeme koupit nový služební automobil a nebo i v cestovní kanceláři při výběru zájezdu. Metody vícekriteriální analýzy variant jsou univerzálním nástrojem pro výběr jedné z několika navrhovaných variant pro následnou realizaci.

Tato bakalářská práce se zabývá problémem výběru prvního osobního auta pro studentku. V dnešní době je na trhu docela velká poptávka po osobních autech a to především z důvodu, že pomáhají ušetřit čas a poskytnout komfortní podmínky pro cestování. Existuje velké množství značek automobilů a proto výběr prvního auta může být docela velkým problémem. Metody vícekriteriální analýzy variant mohou ten výběr významně usnadnit, což je velkou výhodou pro rozhodovatele.

Rozhodovací situace budou vyřešeny s využitím nejčastěji používaných v praxi metod vícekriteriální analýzy variant, které mohou výrazně usnadnit rozhodovací proces a pomoci vybrat jednu variantu z několika navrhovaných. Jsou to: metoda bazické varianty, TOPSIS a metoda aspiračních úrovní.

Cíl práce a metodika

Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je aplikace metod a postupů vícekriteriální analýzy variant při nákupu osobního automobilu. Metody vícekriteriální analýzy variant (VAV) usnadní volbu jednoho konkrétního modelu z několika navrhovaných dle preferencí rozhodovatele.

Metodika

2.2.1 Teoretická část

Teoretickou část bude tvořit přehled metod vícekriteriální analýzy variant získaný na základě studia odborné literatury.

Teoretická část se bude skládat z těchto kapitol:

1. Základní pojmy vícekriteriální analýzy variant
2. Typy informace
3. Metoda aspiračních úrovní
4. Saatyho metoda
5. Metoda bazické varianty
6. Metoda TOPSIS

2.2.2 Praktická část

V této části bude popsán proces výběru automobilu na základě preferencí rozhodovatele. Podle jednotlivých kritérií (kvalitativních nebo kvantitativních), odvozených ze znalosti preferencí bude sestaven model vícekriteriální analýzy variant. Potom bude určena kompromisní varianta.

Struktura praktické části:

1. Charakteristika subjektů rozhodování a jejich požadavky na automobil
2. Kritéria, podle kterých rozhodovatel hodnotí varianty
3. Varianty, ze kterých si rozhodovatel vybírá auto
4. Sestavení modelu vícekriteriální analýzy a výběr kompromisní varianty
5. Zhodnocení výsledků a doporučení pro výběr automobilu

3 Teoretická část

Rozhodovací proces

Rozhodovací proces je postup řešení rozhodovacích problémů, ve kterých je nutno zvolit jedno rozhodnutí z více možných variant řešení. (ŠUBRT, 2011, str.116)

3.1.1 Metody rozhodování

Je možné rozdělit rozhodovací procesy do několika skupin: rozhodování za **jistoty**, za **rizika**, a za **nejistoty**:

- **Jistota** - jistota je takový stav, o kterém máme přesnou informaci a víme, jaké důsledky bude mít.
- **Riziko** - známe možné stavy světa a jednotlivé důsledky při daných stavech světa. (GRASSEOVÁ, 2010, str. 18)
- **Nejistota** - neznáme pravděpodobnosti vzniku jednotlivých stavů světa, ovšem víme jaké stavy světa mohou nastat a jaké jsou jejich důsledky. (GRASSEOVÁ, 2010, str. 18)

3.1.2 Prvky rozhodovacího procesu

K důležitým prvkům rozhodovacího procesu řadíme:

- Objekt rozhodování
- Subjekt rozhodování
- Alternativy rozhodnutí
- Stavy okolností
- Výplaty alternativ
- Cíl rozhodování

Objekt rozhodování

Když mluvíme o objektu rozhodovacího procesu, tak máme na mysli potenciální rozhodovací problém mající několik alternativ řešení.

Důsledky těchto variant pak představují předpokládané dopady a účinky variant rozhodování na organizační jednotku, ve které rozhodování probíhá a na okolí této jednotky (konkurenty, dodavatele, odběratele aj.). (GRASSEOVÁ, 2010, str. 16)

Subjekt rozhodování

Pokud jde o účastníka rozhodovacího procesu, který aktivně ovlivňuje rozhodovací proces, a přitom jeho cílem je minimalizace ztráty, mluvíme o racionálním účastníku.

Jestliže subjekt nemá zájem o výsledek rozhodovacího procesu tak můžeme mluvit o tzv. indiferentním účastníku. Můžou to být přírodní podmínky, např. déšť, povodeň, sucho.

Alternativy rozhodnutí

Účelem rozhodovacího procesu je výběr nejlepší alternativy z několika navrhovaných. Přičemž hlavní vliv na tento výběr mají ostatní alternativy a jejich vlastnosti.

Stavy okolností

K stavům okolností řadíme situace, které mají vliv na výsledek rozhodovacího procesu a výběr alternativy.

Výplaty alternativ

Výplata alternativ je ohodnocení jejího výsledku při daném stavu okolností. (ŠUBRT, 2011, str. 118)

Cíl rozhodování

Cílů je obvykle více a mohou se buď vzájemně podporovat a doplňovat (komplementární cíle), nebo nelze těchto cílů dosáhnout současně (konfliktní cíle). Cíle můžeme vyjádřit číselně (kvantitativní cíle) nebo slovně (kvalitativní cíle). Podle toho, pro jaký časový horizont je dosažení cílů stanoveno hovoříme o cílech dlouhodobých, střednědobých nebo krátkodobých. Abychom stanovené cíle mohli monitorovat a hodnotit, musíme si stanovit ukazatele pro jejich hodnocení a plánované (cílové) hodnoty těchto ukazatelů. (GRASSEOVÁ, 2010, str. 15)

Vícekriteriální rozhodování

Vícekriteriální rozhodování je modelování rozhodovacích situací, ve kterých máme definovanou množinu variant a soubor kritérií, podle nichž budeme varianty hodnotit. (KŘUPKA, str. 16)

Existují 2 typy modelů vícekriteriálního rozhodování:

- Model vícekriteriálního hodnocení variant - počet přípustných řešení je konečný
- Model vícekriteriální optimalizace - počet přípustných řešení je nekonečný, přičemž varianty rozhodnutí musí splňovat všechny podmínky ze souboru podmínek.

Vícekriteriální analýza variant

Teorie a model vícekriteriální analýzy variant se zabývá problémy, jak vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných variant a doporučit je k realizaci.

V modelech vícekriteriální analýzy (či hodnocení) variant je dána konečná (diskrétní) množina m variant, které jsou hodnoceny podle n kritérií. (ŠUBRT, 2011, str. 162)

Prvky modelu vícekriteriální analýzy variant:

- Varianty
- Kritéria
- Kriteriální matice
- Váhy kritérií

3.1.3 Varianty

Varianty představují konkrétní předmět rozhodování. Hodnotíme je podle jednotlivých kritérií.

Metody hodnocení variant:

- Dominovaná a nedominovaná
- Ideální a bazální
- Kompromisní
- Paretovska varianta

Dominovaná a nedominovaná varianta řešení

Dominovaná varianta je takovou variantou řešení, ke které existuje v portfoliu variant lepší varianta. Jde tedy o takovou variantu, která je alespoň podle jednoho kritéria horší a podle žádného kritéria lepší než varianta nedominovaná. (GRASSEOVÁ, 2010, str. 96)

Nedominovaná varianta je varianta, ke které neexistuje lepší varianta, tzn. která je alespoň podle jednoho kritéria lepší a podle žádného kritéria horší než dominovaná varianta. (GRASSEOVÁ, 2010, str. 96)

Ideální a bazální varianta

Ideální varianta je varianta, která na rozdíl od ostatních variant má nejvyšší hodnocení podle vybraných kritérií. Opakem ideální varianty je varianta bazální, která má nejhorší hodnocení.

Ideální varianta nabývá v každém kritériu nejlepší hodnoty ze všech uvažovaných variant. Podobně bazální varianta nabývá v každém kritériu nejhorší hodnoty ze všech uvažovaných variant. Hovoříme-li o ideální variantě, resp. bazální variantě, máme na mysli vždy relativně ideální, resp. bazální variantu. (RAMÍK, 2013, str. 25)

Kompromisní varianta

Kompromisní varianta (také se jí říká optimální) je taková varianta, která je v případě řešení rozhodovacího problému doporučena k realizaci. Je nedominovaná.

Paretovska varianta

Varianta, která není dominovaná žádnou jinou variantou je nedominovaná varianta, často se též nazývá efektivní nebo paretovska. (ŠUBRT, 2011, str. 166)

3.1.4 Kritéria

Kritéria hodnocení variant představují hlediska, na základě kterých provádíme hodnocení celkové výhodnosti jednotlivých variant rozhodování. (GRASSEOVÁ, 2010, str. 15)

Kritéria je možné rozdělit na dvě skupiny:

- Podle povahy (minimalizační a maximalizační)
- Podle kvantifikovatelnosti (kvalitativní a kvantitativní)

Maximalizačnímu kritériu se také říká **výnosový**, zatímco minimalizační kritérium je kritériem **nákladovým**.

Podle povahy

Kritéria maximalizační - při rozhodování vycházíme z toho, že nejlepší varianty podle tohoto kritéria mají nejvyšší hodnoty. (ŠUBRT, str. 163)

Kritéria minimalizační - opak maximalizačního kritéria, nejlepší varianty mají nejnižší hodnoty podle tohoto kritéria. (ŠUBRT, 2011, str. 163)

Podle kvantifikovatelnosti

Kvantitativní kritéria jsou kritéria číselná (např. známka ve škole). Kvalitativní kritéria je možné vyjádřit slovně (např. velikost oděvu, barva vlasů).

U kvantitativních kritérií rozlišujeme kritéria výnosová (čím více, tím lépe) nebo nákladová (čím méně, tím lépe). (GRASSEOVÁ, 2010, str. 15)

3.1.5 Kriteriaální matice

Kriteriaální matici můžeme představit jako souhrn jednotlivých prvků y_{ij} . V daném případě každý prvek je hodnocením i -té varianty podle j -tého kritéria. Řádky této matice představují varianty, zatímco sloupce odpovídají kritériím. Kriteriaální matice je důležitým zdrojem informací pro výběr optimální varianty.

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

Obrázek 1 - Kriteriační matice (ŠUBRT, 2011, str. 163)

3.1.6 Váhy kritérií

Soubor m kladných čísel $v_i, i=1,2,\dots, m$, jejichž součet je roven jedné, tedy jestliže pro $v_i \in [0,1]$ platí

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

nazýváme váhy.

Váhy v_i můžeme interpretovat jako relativní důležitosti (významnosti) jednotlivých kritérií f_i . Váhy jsou normovány, tj. jejich součet je roven 1. (RAMÍK, 2013, str. 13)

Úlohy vícekritériální analýzy variant

Typy úloh vícekritériální analýzy variant se dělí do dvou kategorií (ŠUBRT, 2011, str. 167): podle cíle řešení úlohy a podle informace, s jakou úloha pracuje.

3.1.7 Cíle řešení úlohy

Podle cíle řešení úlohy rozlišujeme (ŠUBRT, 2011, str. 167-168):

- Úlohy, jejichž cílem je výběr jedné varianty označené jako kompromisní
- Úlohy, jejichž cílem je úplné uspořádání, resp. kvaziuspořádání množiny variant
- Úlohy, jejichž cílem je rozdělení množiny variant na efektivní a neefektivní

Výběr jedné varianty

Vybíráme z množiny možných variant tu variantu, která je podle zadaných kritérií nějakým způsobem nejlepší. (ŠUBRT, str. 168)

Uspořádání množiny variant

Uřídíme nejlepší variantu, přiřadíme jí pořadí a vyloučíme ji z dalšího rozhodování. Další kolo hodnocení již proběhne bez této nejlepší varianty a následně vybrané variantě bude přiřazeno druhé místo. Iteracemi tohoto postupu dostaneme uspořádání variant od nejlepší k nejhorší. (ŠUBRT, 2011, str. 168)

Rozdělení variant na efektivní a neefektivní

Řešíme, jaká je pro nás rozhodovaná varianta: „dobrá“ nebo „špatná“.

Podle (ŠUBRT, 2011, str. 168) existují 2 základní skupiny hodnocení variant:

1. Rozhodovatel si může zvolit, zda bude dodržovat zásadu, že všechny kritériální hodnoty varianty označené např. jako „dobrá“ musí být lepší než nastavené aspirační hodnoty, nebo jestli je přípustná kompenzace nedostatků podle některého kritéria vynikajícími hodnotami pro jiná kritéria.
2. Rozhodovatel rozšíří množinu posuzovaných variant o fiktivní variantu, jejíž kritériální hodnoty budou odpovídat hraničním hodnotám, tedy obdobě aspiračních úrovní. Na vyhodnocení této rozšířené množiny variant použijeme metodu, jejíž výsledkem je úplné uspořádání variant. Potom varianty umístěné lépe než hraniční varianty budou označeny jako „dobré“, ostatní jako „špatné“.

3.1.8 Typy informace mezi kritérii a variantami

Úlohy lze také dělit podle typu informace, kterou máme o preferencích mezi kritérii a variantami k dispozici. (ŠUBRT, 2011, str. 169)

Typy informace o preferencích mezi kritérii a variantami:

- Nominální informace
- Ordinální informace
- Kardinální informace
- Žádná informace

Nominální informace - typ informace, který je vyjádřen pomocí aspiračních úrovní. Pod aspiračními úrovní rozumíme takovou nejhorší hodnotu kritéria, při které je stále možné považovat variantu za kompromisní. Kritéria mají kvalitativní povahu.

Ordinální informace - typ informace, který je vyjádřen pomocí uspořádání kritéria podle důležitosti nebo uspořádání variant podle toho, jak jsou hodnoceny kritériem (ŠUBRT, 2011, str. 169). Kritéria mají kvalitativní povahu.

Kardinální informace - kvantifikuje, o kolik nebo kolikrát je určitá hodnota kritéria nebo varianty lepší nebo horší než jiná, takže poskytuje nejpřesnější preferenční pořadí variant. Používá se u měření kvantitativních kritérií. (GRASSEOVÁ, 2010, str. 39)

Metody stanovení vah kritérií

3.1.9 Metody stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií

Metody stanovení vah kritérií z kardinální informace o jejich preferencích předpokládají, že je uživatel schopen a ochoten určit nejen pořadí důležitosti kritérií, ale také poměr důležitosti mezi všemi dvojicemi kritérií. Nejpoužívanějšími metodami této oblasti jsou metoda bodovací, která transformuje bodové hodnocení důležitosti kritérií do podoby váhového vektoru, a Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání, která odvozuje váhový vektor z informace o odhadu poměru vah, který stanoví přímo uživatel. (ŠUBRT, 2011, str. 173)

Dále bude popsána jenom jedna z metod stanovení vah kritérií - Saatyho metoda, která bude použita v praktické části.

3.1.9.1 Saatyho metoda

Jde o metodu kvantitativního párového porovnání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií se používá devítibodová stupnice a je možné používat i mezistupně (2, 4, 6, 8), (ŠUBRT, 2011, str. 174):

- 1 - rovnocenná kritéria i a j
- 3 - slabě preferované 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

Podle (GRASSEOVÁ, 2010, str. 88-89) Saatyho metoda je přesnější tím, že nejen preferenčně srovnává kritéria, ale určuje i velikost této preference, tzn., že zjišťuje nejen jak, které kritérium je nebo není významnější než jiná kritéria, ale i, o kolik je či není významnější.

Postup řešení úlohy vícekritériální analýzy variant Saatyho metodou je následující:

1. Převést informaci z párového porovnání do **Saatyho matice** $S=(s_{ij}, i,j=1,2,\dots,k)$.

Prvky této matice s_{ij} lze interpretovat jako odhady podílu vah i -tého a j -tého kritéria:

$$s_{ij} \approx \frac{v_i}{v_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, k.$$

Obrázek 2 – Interpretace prvků Saatyho matice

Pro prvky Saatyho matice zřejmě platí $s_{ii}=1, i=1,2,\dots,k$, tj. na diagonále jsou jedničky a dále $s_{ij}=1/s_{ji}, i,j=1,2,\dots,k$, tj. prvky symetrické podle hlavní diagonály jsou převrácenými hodnotami. (JABLONSKÝ, 2007, str. 276)

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ \frac{1}{s_{12}} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{1}{s_{1k}} & \frac{1}{s_{12}} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Obrázek 3 - Saatyho matice, (ŠUBRT, 2011, str. 175)

Hlavní podmínkou před stanovením vah kritérií je ověřit, zda je daná matice konzistentní. Pokud matice je konzistentní je možné říci, že výroky navzájem neprotiřečí.

Určitý problém, který ovšem v praxi při uplatnění metody nastává je, že rozhodovatelé mnohdy nejsou ve svých preferencích konzistentní (tj. byla narušena tzv. tranzitivita preferencí). Pokud rozhodovatel preferuje kritérium K_1 před kritériem K_2 a kritérium K_2 před kritériem K_3 , pak z logiky vyplývá, že preferuje též K_1 před kritériem K_3 . Matematicky můžeme tento vztah vyjádřit jako: $K_1 > K_2$ a $K_2 > K_3$, pak $K_1 > K_3$. (GRASSEOVÁ, 2010, str. 87)

Podle (ŠUBRT, 2011, str. 175) míra konzistence se měří indexem konzistence, který Saaty definoval jako

$$I_S = \frac{I_{max} - n}{n - 1}$$

Rovnice 1-Vzorec: Výpočet míry konzistence (ŠUBRT, 2011, str. 175)

kde I_{max}^2 je největší vlastní číslo Saatyho matice a n je počet kritérií. Saatyho matice je považována za dostatečně konzistentní, jestliže je $I_S < 0,1$.

2. Pro každý řádek najít geometrický průměr a pak sečíst získané hodnoty.
3. Normalizovat preference vydělením každé z hodnot geometrického průměru součtem hodnot (předchozí krok).

Jako výsledek budou normalizované váhy kritérií. Nejvyšší hodnota bude u nejdůležitějšího kritéria.

Metody vyžadující kardinální informaci o kritériích

3.1.10 Metoda bazické varianty

Bazická varianta je takovou variantou, která dosahuje nejlepších či předem stanovených hodnot z hlediska všech kritérií. (ŠUBRT, 2011, str. 183)

Vytvoření užtkové funkce s využitím bazické varianty spočívá v porovnávání hodnot důsledků jednotlivých variant s odpovídajícími hodnotami v bazické variantě. (ŠUBRT, 2011, str. 183)

Postup řešení úloh vícekritériální analýzy variant metodou bazické varianty:

1. Sestavení matice na základě hodnot jednotlivých kritérií (řadky matice = vybrané varianty, sloupce = vybraná kritéria).
2. Analýza povahy kritéria (minimalizační nebo maximalizační).

Stanovení povahy kritérií je zcela subjektivní příležitostí a proto výsledek řešení úloh VAV metodou bazické varianty je zcela závislý na preferencích rozhodovatele.

3. Stanovení ideální (H) varianty pro každý kritérium.

Podle 3.3.1 ideální varianta nabývá co nejlepší možné hodnoty a to v každém z navrhovaných kritérií.

4. Standardizace kritériální matice.

Vypočítat dílčí užitek. Tento se bude lišit pro výnosový a pro nákladový typ kritéria.

Dílčí užitek pro *výnosový typ kritéria* se počítá podle vzorce (kde y_{ij} je hodnotou z původní matice, y_j^B je hodnotou ideální varianty):

$$u_{ij} = \frac{y_{ij}}{y_j^B}$$

Rovnice 2-Vzorec: Výpočet dílčího užtku pro výnosový typ kritéria

Dílčí užitek pro *nákladový typ kritéria* se počítá podle vzorce (kde y_{ij} je hodnotou z původní matice, y_j^B je hodnotou ideální varianty):

$$u_{ij} = \frac{y_j^B}{y_{ij}}$$

Rovnice 3-Vzorec: Výpočet dílčího užitku pro nákladový typ kritéria

5. Vypočet celkového užitku.

Tento se počítá pro každý řádek nové kritériální matice, a to pomocí skalárního součinu řádků nové kritériální matice a hodnot ideálních variant (y_j^B).

6. Nastavení pořadí variant.

Výsledkem předchozího kroku je sloupec skládající z dílčích celkových užitků.

Pro nejlepší variantu v tomto případě platí, že hodnota jejího dílčího užitku je nejvyšší. Naopak nejhorší varianta je variantou, která má co nejnižší hodnotu užitku.

Pořadí variant je určeno seřazením jednotlivých hodnot celkového užitku od největšího po nejmenší. To znamená, že na 1. místě bude taková varianta, která má nejvyšší hodnotu celkového užitku.

3.1.11 TOPSIS

Metoda TOPSIS je založena na výběru varianty, která je nejbližší tzv. ideální variantě, tj. variantě, která je charakterizována vektorem nejlepších kritériálních hodnot, a současně nejdále od tzv. bazální varianty, tj. varianty, která je reprezentována vektorem nejhorších kritériálních hodnot. Při popisu metody TOPSIS budeme předpokládat, že jsou všechna kritéria maximalizačního typu. (JABLONSKÝ, 2007, str. 281)

Postup řešení úlohy vícekritériální analýzy variant metodou TOPSIS je následující:

1. Normalizace kritériální matice podle vzorce (kde r_{ij} jsou nové hodnoty kritériální matice, y_{ij} jsou původní hodnoty):

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

Rovnice 4 – Vzorec: Výpočet nových hodnot normalizované kritériální matice

2. Výpočet prvků vážené kritériální matice $W=(w_{ij})$ jako $w_{ij}=v_j*r_{ij}$, kde v_j je váha j -tého kritéria. (JABLONSKÝ, 2007, str. 281)
3. Stanovení ideální (H) a bazální (D) varianty z hodnot vážené matice.
4. Výpočet vzdálenosti variant od ideální varianty podle vztahu (kde h je ideální varianta)

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

Rovnice 5 – Vzorec: Výpočet vzdálenosti variant od ideální varianty

5. Výpočet vzdálenosti variant od bazální varianty podle vztahu (kde d je bazální varianta)

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

Rovnice 6 – Vzorec: Výpočet vzdálenosti variant od bazální varianty

6. Určení relativní vzdálenost všech variant od bazální varianty.

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

Rovnice 7 – Vzorec: Určení relativní vzdálenosti všech variant od bazální varianty

Hodnoty c_i jsou z intervalu $\langle 0,1 \rangle$. (JABLONSKÝ, 2007, str. 282)

7. Naposledy bude určeno pořadí variant a to soustředěním hodnot získaných v předchozím kroku od největšího k nejmenšímu. Varianta, která bude pak doporučena pro realizaci musí mít nejvyšší hodnotu.

Metody vyžadující nominální informaci o kritériích

3.1.12 Metoda aspiračních úrovní

Aspirační úroveň pro kritérium f je hodnota, kterou musí kritérium f pro danou variantu minimálně dosáhnout, aby ta mohla být považována za kompromisní.

Metoda aspirační úrovně při neznalosti informací o důležitosti kritérií vyžaduje alespoň znalost aspirační úrovně $\alpha_i \in S_i$ pro každé kritérium $f_i \in C$. Za kompromisní variantu se vybere ta varianta

$a \in A$, pro niž platí:

$$\alpha_i \leq f_i(a) \text{ pro všechna kritéria } i = 1, 2, \dots, m. \text{ (RAMÍK, 2013, str. 35)}$$

Nastavení aspiračních úrovní závisí na znalostech rozhodovatele o rozhodovacím problému a na globálním cíli rozhodování. Čím náročněji je aspirační úroveň stanovena, tím méně alternativ jí obvykle vyhovuje. (RAMÍK, 2013, str. 87)

Existují 3 metody řešení úloh aspiračních úrovní:

- **Konjunktivní postup** - varianty jsou přípustné v případě, že splňují všechny požadavky kladené na možné varianty.
- **Disjunktivní postup** - varianty jsou přípustné v případě, že splňují alespoň jeden požadavek kladený na varianty.
- **Iterační postup** - je možné uvolnit nebo zpřísnit požadavky kladené na varianty.

ále bude popsán postup řešení úloh aspiračních úrovní konjunktivním postupem, který se často používá v praxi:

1. Stanovení hodnoty aspiračního úrovně. Tato hodnota může mít buď maximalizační nebo minimalizační povahu.

Podle **3.3.2 Kritéria** maximalizační hodnota kritéria je hodnota, které má kritérium minimálně dosáhnout aby byl akceptovatelný. Pro akceptovatelnost kritéria minimalizační povahy naopak platí, že musí mít co nejvyšší hodnotu.

2. Porovnání hodnot kritérií vybraných variant s hodnotami aspiračních úrovní nastavených pro jednotlivé varianty.
3. Varianty budou akceptovatelné v případě, že hodnoty jejich kritérií odpovídají všem hodnotám AÚ (aspiračních úrovní).

4 Praktická část

Při zpracování této práce došlo k situaci, kdy bylo nutné vybrat první automobil pro studentku Moskevské univerzity. Na základě preferencí studentky budou popsána jednotlivá auta (varianty), která budou hodnocena podle určitých kritérií. Pro stanovení vah kritérií se bude používat Saatyho metoda. Pro výběr konkrétního auta budou použity metoda aspiračních úrovní, metoda bazické varianty a metoda TOPSIS.

Profil rozhodovatele

Studentka Moskevské univerzity v květnu roku 2021 získala řidičské oprávnění skupiny B. Chce si koupit auto za osobní úspory, protože velmi si cení pohodlí a chce získat více zkušeností v řízení.

Důvodem pro vznik rozhodovací situace je to, že studentka tráví spoustu času dojížděním hromadnou dopravou. Autem se může do cíle dostat výrazně rychleji než pěšky. Nechce si půjčit auto, protože chce, aby jí bylo dostupné kdykoliv během dne.

Studentka chápe, že auto dobré kvality má docela vysokou cenu, a proto chce, aby cena odpovídala kvalitě. Své nové auto chce koupit a provozovat hlavně v Rusku.

Stanovení kritérií

Varianty jsou vybírány podle určitých kritérií, které stanoví rozhodovatelka (studentka).

Mezi kritéria stanovená rozhodovatelkou patří:

- Cena
- Spotřeba paliva
- Úložný prostor
- Najeto

4.1.1 Cena

Cena je hlavním aspektem, protože rozhodvatelka je studentkou, a proto má omezený rozpočet. Přesto si studentka uvědomuje, že kvalitní auto má vysokou cenu. To auto si bude kupovat v Rusku a je schopna maximálně na nákup vyvyčlenit 2 000 000 rublů.

Rozhodvatelka rozumí, že nové auto je zpravidla dražší než to ojeté. Z tohoto důvodu nevadí studentce, jestli její první auto bude ojeté.

Nechce si auto půjčit z tohoto důvodu, že pronajaté auto nebude mít k dispozici kdykoliv.

Cena je kritériem minimalizačním. Jednotky kritéria: rubly

4.1.2 Spotřeba paliva

Spotřeba paliva uvádí, kolik litrů paliva je spotřebováno na 100 kilometrů. Je zřejmé, že pokud auto má vysokou spotřebu paliva tak bude muset utratit spoustu peněz.

Jak již bylo řečeno, rozhodvatelka je studentkou a její rozpočet je omezen. Z tohoto důvodu je pro ni vybíráno takové auto, které má nízkou spotřebu paliva. Svě auto bude používat zejména ve městě, ale někdy by také potřebovala jet do vesnice, která je mimo města. Jde tedy o kombinovanou spotřebu paliva.

Spotřeba paliva je kritériem minimalizačním. Jednotky kritéria: litry

4.1.3 Úložný prostor

Velikost úložného prostoru je zcela závislá na tom, pro jaký cíl bude auto využíváno. Pokud jde o použití auta ve městě - nemá smysl mít velký úložný prostor. Jestliže jí bude rozhodvatelka jezdit na dovolenou, tak je zřejmé, že auto s velkým úložným prostorem je pro ni nejlepší výběr.

Rozhodvatelka, jak již bylo řečeno, chce to auto používat zejména ve městě. Nicméně dvakrát ročně má dovolenou v Soči a kdyby jela autem, tak by potřebovala velkou kapacitu úložného prostoru.

Úložný prostor je měřen v litrech a je v tomto případě kritériem maximalizačním.

4.1.4 Najeto

Počet najetých kilometrů je těsně spojen s tím, k jakému účelu a jak často se to auto používá. Zařízení, které je určeno pro jejich měření se nazývá tachometr. Je zřejmé, že čím častěji se autem jezdí, tím více kilometrů má najeto.

Z výše uvedeného je zřejmé, že najeto je kritériem minimalizačním a se měří v kilometrech.

Výběr variant

Rozhodovatelka si vybírá auto z 5 variant podle vlastních požadavků. Jsou to automobily značek Toyota Camry, Honda CRV, Kia Ceed a Mini Cooper. U každého automobilu bude uvedena základní konfiguraci a to z ohledem na kritéria, podle kterých si rozhodovatelka auto vybírá. Informace o vozidlech bude zejména čerpána z webových stránek (auto.ru).

Hlavním cílem je výběr kompromisní varianty podle kritérií, stanovených rozhodovatelkou. Dále budou popsána jednotlivá auta na základě informace, získané z internetových zdrojů.

4.1.5 Mini Cooper

Mini je automobil britské značky, která od roku 2001 patří německému výrobcí BMW. Je to malý dvoudveřový nebo pětidveřový hatchback. První model automobilu byl uveden na trh v roce 1959. Jeho konstruktorem je Sir Alce Issigonis, který přišel s nápadem, jak vyrobit co nejmenší automobil s malou spotřebou paliva. Pro automobil to znamenalo umístění motoru a převodovky dopředu. V roce 2010 prošel automobil designovou a technickou evoluci. Moderní auto dostalo výkonnější diesellový motor a vestavěná zařízení. Je to v dnešní době oblíbený evropský vůz.

Pro rozhodovatelku je auto, které nepotřebuje hodně paliva, docela dobrou variantou. Má také krásný design, což je pro ni také důležitým aspektem při výběru automobilu.

Studentka si našla nabídku na ojeté auto Mini Hatch Cooper III (2018).

Kritéria hodnocení:

- Cena: 1 690 000 rublů
- Spotřeba paliva: 5,1 litry/100 km
- Úložný prostor: 211 litrů
- Najeto: 47 448 km

4.1.6 Kia Ceed

Kia Ceed je automobilem jihokorejské automobilky. První automobil typu pětidveřový hatchback přišel na trh v roce 2006 a získal velkou důvěru kupujícího z důvodu, že má dobré jízdní vlastnosti. Nicméně auto mělo nižší odolnost vůči zátěži a bylo nutné věnovat péči interiéru a mechanice. V roce 2009 automobil prošel faceliftem a získal elektricky ovládaná okna, autorádio a další inovace. Pak v roce 2012 začala se vyrábět auta nové generace. Ojeté auto značky Kia Ceed je docela dobrou variantou, která má velký zavazadlový prostor.

Kia Ceed III (2019) má sportovní design a vykonný motor.

Kritéria hodnocení:

- Cena: 1 695 000 rublů
- Spotřeba paliva: 6,1 litry/100 km
- Úložný prostor: 395 litrů
- Najeto: 15 715 km

4.1.7 Honda CR - V

Honda je automobilem japonské automobilky. V roce 1948 její zakladatel Soichiro Honda získal velký úspěch, když začal vyrábět motocykly. I dodnes je společnost celosvětovým lídrem ve výrobě motocyklů. Pak v roce 1960 Honda začala vyrábět automobily pro japonský trh. Dalším cílem společnosti bylo prosázení na světových trzích.

V roce 1972 společnost představila Hondu Civic. Auto mělo malou spotřebu paliva, a proto získalo oblibu kupujícího.

Honda CR-V je automobilem typu SUV, odvozeným od modelu Honda Civic. První auto bylo uvedeno na trh v roce 1995 a v současné době od roku 2018 se vyrábí 5. generace aut.

Honda CR – V (2018) je kompaktním crossoverem s krásným designem.

Kritéria hodnocení:

- Cena: 1 640 000 rublů
- Spotřeba paliva: 7,5 litry/100 km
- Úložný prostor: 589 litrů
- Najeto: 27 000 km

4.1.8 Toyota Camry

Toyota je jako Honda automobilem japonské automobilky. Společnost byla založená v roce 1937 a její zakladatelem je Kiichiro Toyoda. Prvním automobilem byl model G1, který ale nebyl úspěšný. Toyota Camry první generace se vyráběla od roku 1982 až do roku 1986. V současné době od roku 2017 se vyrábí auta 8. generace. Je to služební auto s dobrou výbavou.

Toyota Camry první generace se vyráběla od roku 1982. V současné době se vyrábí auta 8. generace, a to od roku 2017.

Toyota Camry VIII (XV70) (2019) je pro rozhodovatelku lepší variantou. Nicméně na rozdíl od těch ostatních aut je Toyota nejdražší.

Kritéria hodnocení:

- Cena: 1 950 000 rublů
- Spotřeba paliva: 8,3 litry/100 km
- Úložný prostor: 400 litry
- Najeto: 17 500 km

Stanovení vah kritérií

Váhy kritérií budou stanoveny pomocí Saatyho metody, která již byla popsána v kapitole **3.5.1 Metody stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií**. Cílem Saatyho metody je porovnání dvojic kritérií a stanovení jednotlivých preferencí podle devítibodové stupnice. Kritéria hodnocení variant již byla popsána v předešlé kapitole **4.2 Stanovení kritérií**. Jsou to: cena, výkon motoru, úložný prostor a najeto.

Dále bude popsán postup stanovení vah kritérií Saatyho metodou a to podle pokynů uvedených v teoretické části této práce.

1. Uvedení informací z párového porovnání do matice:

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Cena	1	5	3	7
Spotřeba paliva	1/5	1	1/3	5
Úložný prostor	1/3	3	1	7
Najeto	1/7	1/5	1/7	1

Tabulka 1 – Saatyho matice (Vlastní zpracování)

Je nutné zjistit, zda sestavená matice je konzistentní a to podle **Rovnice 1**. Hodnota vlastního čísla matice se rovná 4,24. Počet kritérií n se rovná 4. Na základě těchto údajů bude se počítat index konzistence:

$$I_s = \frac{4,24 - 5}{5 - 1} = -0,19$$

Rovnice 8 – Výpočet indexu konzistence podle Rovnice 1

Index konzistence se v tomto případě rovná -0,19, což je určitě menší, než 0,1 a znamená to, že sestavená matice je konzistentní a kvalitní.

2. Pro každý řádek je nutné provést výpočet jednotlivých hodnot geometrického průměru a pak spočítat jejich sumu. Suma hodnot geometrického průměrů se bude v tomto případě rovnat: 5,84 (zaokrouhlení na dvě desetinná místa).

3. Naposledy je nutné provést normalizaci jednotlivých kritérií a to dělením každé z dílčích hodnot geometrického průměru jejich sumou: 5,84 (zaokrouhlení na dvě desetinná místa):

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto	Geometrický průměr	Normalizované preference
Cena	1	5	3	7	3,201085873	0,54810691
Spotřeba paliva	1/5	1	1/3	5	0,759835686	0,130103098
Úložný prostor	1/3	3	1	7	1,626576562	0,27851107
Najeto	1/7	1/5	1/7	1	0,252760077	0,043278922
				Součet	5,840258197	1

Tabulka 2 – Normalizované preference kritérií pro Saatyho metodu (Vlastní zpracování)

Výsledkem budou normalizované váhy kritérií, které se pak budou používat při výběru kompromisní varianty metodou TOPSIS a metodou bazické varianty.

Výběr kompromisní varianty

Při výběru automobilu došlo k použití dvou metod: metody bazické varianty a metody TOPSIS. Kompromisní varianta se bude vybírat na základě postupů, uvedených v teoretické části této práce.

4.1.9 Metoda bazické varianty

Metoda bazické varianty předpokládá hodnocení 4 vybraných automobilů podle 4 vybraných kritérií. Potřebné váhy kritérií již byly vypočítány Saatyho metodou v předešlé kapitole a pro zjednodušení budou zahrnuty v tabulce:

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Váhy	0,54810691	0,130103098	0,27851107	0,04327892

Tabulka 3 – Váhy kritérií stanovené Saatyho metodou (Vlastní zpracování)

Dále bude popsán postup výběru kompromisní varianty metodou bazické varianty podle pokynů uvedených v teoretické části této práce:

1. Nejprve bude sestavená matice na základě hodnot vybraných kritérií. V řádkách budou uvedené vybrané varianty, v sloupcích hodnoty vybraných kritérií:

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Mini Cooper	1 690 000	5,1	211	47 448
Kia Ceed	1 695 000	6,1	395	15 715
Honda CR - V	1 640 000	7,5	589	27 000
Toyota Camry	1 950 000	8,3	400	17 500

Tabulka 4 – Matice kritérií (Vlastní zpracování)

2. Dále bude provedená analýza povahy jednotlivých kritérií:

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Povaha	Min	Min	Max	Min

Tabulka 5 – Povahy vybraných kritérií (Vlastní zpracování)

3. Stanovení ideální (H) varianty pro každý kritérium:

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
H (Ideální)	1640000	5,1	589	15715

Tabulka 6 – Stanovení ideální (H) varianty pro každý kritérium (Vlastní zpracování)

4. Standardizace kritériální matice a následující výpočet dílčích užiteků podle vzorků uvedených v teoretické části této práce.

Dále bude představen postup výpočtu dílčího užtku pro variantu Mini Cooper. Analogicky se počítají dílčí užtky i pro ostatní varianty:

Kritérium “Cena” má minimalizační povahu a je nákladovým kritériem. Výpočet dílčího užtku pro tento typ kritéria se bude počítat jako podíl hodnoty bazické (ideální) varianty a hodnoty z původní matice: $1\,640\,000 / 1\,690\,000 = 0,97$ (zaokrouhlení na dvě desetinná místa).

Kritérium „Spotřeba paliva“ také má minimalizační povahu a proto dílčí užitek se bude počítat stejným způsobem jako pro kritérium „Cena“ a to vydělením bazické hodnoty a hodnoty kritéria z původní matice: $5,1 / 5,1 = 1$ (hodnota dílčího užítku v tomto případě se rovná hodnotě bazické varianty).

Stejně pravidlo platí i pro kritérium „Najeto“: $15\,715 / 47\,448 = 0,33$ (zaokrouhlení na dvě desetinná místa).

Kritérium „Úložný prostor“ má maximalizační povahu a je výnosovým kritériem. V daném případě hodnota dílčího užítku se počítá jako podíl hodnoty z původní matice a bazické (ideální) varianty: $211 / 589 = 0,36$ (zaokrouhlení na dvě desetinná místa).

Stejně pravidlo platí i pro kritérium „Najeto“: $15\,715 / 47\,448 = 0,33$ (zaokrouhlení na dvě desetinná místa).

Kritérium „Úložný prostor“ má maximalizační povahu a je výnosovým kritériem. V daném případě hodnota dílčího užítku se počítá jako podíl hodnoty z původní matice a bazické (ideální) varianty: $211 / 589 = 0,36$ (zaokrouhlení na dvě desetinná místa).

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto	Užitek	Pořadí
Mini Cooper	0,9704142	1	0,358234295	0,33120469	0,77610023	3
Kia Ceed	0,96755162	0,836065574	0,670628183	1	0,86915275	2
Honda CR - V	1	0,68	1	0,58203704	0,94027802	1
Toyota Camry	0,84102564	0,614457831	0,679117148	0,898	0,76892095	4

Tabulka 7 – Praktická aplikace metody bazické varianty (Vlastní zpracování)

Je zřejmé, že varianta Honda CR-V má nejvyšší hodnotu dílčího užítku a z tohoto důvodu je tato varianta považovaná za kompromisní.

4.1.10 TOPSIS

Pomocí metody TOPSIS bude vybrána varianta, která je nejbližší ideální variantě a zároveň nejdále od bazální varianty. Je nutné vycházet z předpokladu, že všechny kritéria mají maximalizační povahu.

Postup výběru kompromisní varianty metodou TOPSIS je následující:

1. Na začátku bude provedena normalizace kritériální matice (Tabulka 4).

Jako příklad bude uveden výpočet prvku normalizované matice, který je průsečíkem kritéria „Cena“ a varianty „Mini Cooper“ (výsledek bude zaokrouhlen na dvě desetinná místa):

$$1\,690\,000 / \sqrt{(1\,690\,000^2 + 1\,695\,000^2 + 1\,640\,000^2 + 1\,950\,000^2)} = 0,48$$

Rovnice 8 – Vzorec: výpočet prvku normalizované matice „Cena“ x „Mini Cooper“ (Vlastní zpracování)

Analogicky se budou počítat další prvky normalizované kritériální matice a výsledkem bude normalizovaná kritériální matice:

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Mini Cooper	0,48342525	0,371600111	0,250858812	0,79820399
Kia Ceed	0,48485551	0,444462878	0,469617208	0,2643689
Honda CR - V	0,46912273	0,546470752	0,700264647	0,45421319
Toyota Camry	0,55779837	0,604760965	0,47556173	0,29439744

Tabulka 8 – Normalizovaná kritériální matice (Vlastní zpracování)

2. Příštím krokem bude proveden výpočet prvků vážené kritériální matice.

Prvky vážené kritériální matice se počítají jako součin vah kritérií a jednotlivých prvků normalizované matice. Váhy, které jsou potřebné pro výpočet budou převzaty s *Tabulky 3*.

Dále bude uveden výpočet prvku, který je průsečíkem kritéria „Cena“ a varianty „Mini Cooper“ (výsledek bude zaokrouhlen na dvě desetinná místa):

$$0,483425255 \times 0,54810691 = 0,26$$

Rovnice 9 – Vzorec: Výpočet prvků vážené kritériální matice „Cena“ x „Mini Cooper“ (Vlastní zpracování)

Analogicky se počítají další prvky vážené kritériální matice:

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Mini Cooper	0,26496872	0,048346326	0,069866956	0,03454541
Kia Ceed	0,26575265	0,057825997	0,130793591	0,0114416
Honda CR - V	0,25712941	0,071097538	0,195031456	0,01965786
Toyota Camry	0,30573314	0,078681275	0,132449206	0,0127412

Tabulka 9 – Vážená kritériální matice (Vlastní zpracování)

3. Z hodnot prvků vážené kritériální matice budou vybrány ideální (H) a bazální (D) varianty:

	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
H (Ideální)	0,25712941	0,048346326	0,195031456	0,0114416
D (bazální)	0,30573314	0,078681275	0,069866956	0,03454541

Tabulka 10 – Stanovení ideální a bazální varianty

4. Příštím krokem bude proveden výpočet vzdálenosti variant od ideální varianty (d+) podle **Rovnice 5**.

Jako příklad bude uveden výpočet vzdálenosti varianty „Mini Cooper“ od ideální varianty (výsledek bude zaokrouhlen na tři desetinná místa):

$$\sqrt{\left((0,265 - 0,257)^2 + (0,048 - 0,048)^2 + (0,07 - 0,195)^2 + (0,035 - 0,011)^2 \right)} = 0,128$$

Rovnice 10 – Vzorec: Výpočet vzdálenosti varianty „Mini Cooper“ od ideální varianty (Vlastní zpracování)

	d+
Mini Cooper	0,12752017
Kia Ceed	0,06550365
Honda CR - V	0,02418935
Toyota Camry	0,08485728

Tabulka 11 – Vzdálenost variant od ideální varianty

5. Dále je nutné provést výpočet vzdáleností stejných variant od bazální varianty.

Jako v předcházejícím kroku bude uveden výpočet vzdáleností varianty “Mini Cooper” od bazální varianty (výsledek bude zaokrouhlen na tři desetinná místa):

$$\sqrt{((0,265 - 0,306)^2 + (0,048 - 0,079)^2 + (0,07 - 0,07)^2 + (0,035 - 0,035)^2)} = 0,51$$

Rovnice 11 – Vzorec: Výpočet vzdálenosti varianty “Mini Cooper” od bazální varianty (Vlastní zpracování)

Analogickým způsobem budou vypočtené i ostatní hodnoty vzdálenosti variant od bazální varianty.

	d-
Mini Cooper	0,05081286
Kia Ceed	0,07924155
Honda CR - V	0,13530568
Toyota Camry	0,06627187

Tabulka 12 – Vzdálenost variant od bazální varianty

6. Naposledy bude určena relativní vzdálenost všech variant od bazální varianty.

Vzdálenost varianty “Mini Cooper“ od bazální varianty (výsledek bude zaokrouhlen na dvě desetinná místa): $0,05081286 / (0,12752017 + 0,05081286) = 0,28$

Vzdálenost varianty „Kia Ceed“ od bazální varianty (výsledek bude zaokrouhlen na dvě desetinná místa): $0,07924155 / (0,06550365 + 0,07924155) = 0,55$

Vzdálenost varianty „Honda CR – V“ od bazální varianty (výsledek bude zakrouhlen na dvě desetinná místa): $0,13530568 / (0,02418935+0,13530568) = 0,85$

Vzdálenost varianty „Toyota Camry“ od bazální varianty (výsledek bude zakrouhlen na dvě desetinná místa): $0,06627187 / (0,08485728+0,06627187) = 0,44$

7. Učení pořadí variant.

Varianta „Honda CR – V“ má nejvyšší vzdálenost od bazální varianty (0,85), což znamená, že je v první v pořadí a je kompromisní variantou, která je doporučena rozhodovatelce pro realizaci.

Pořadí ostatních variant bude určeno podle jejich hodnot, což znamená od největšího k nejmenšímu:

	ci	pořadí
Mini Cooper	0,284932427	4
Kia Ceed	0,54745546	2
Honda CR - V	0,848337922	1
Toyota Camry	0,438511501	3

Tabulka 13 – Relativní vzdálenost variant od bazální varianty

4.1.11 Metoda aspiračních úrovní

Metoda aspiračních úrovní umožňuje výběr kompromisní varianty, která nejvíce odpovídá hodnotám aspiračních úrovní. Ty hodnoty jsou stanovené rozhodovatelkou podle její preferencí a jsou vyjádřením subjektivního pohledu.

Dále bude uveden postup výběru kompromisní varianty metodou aspiračních úrovní.

1. Prvním krokem bude stanovení hodnot aspiračních úrovní a určení jejich povahy. Rozhodovatelka může na to auto maximálně vyvyčlenit do 2 000 000 rublů. „Cena“ je v tomto případě kritériem minimalizačním.

Kritérium „Spotřeba paliva“ také má minimalizační povahu a dle preferencí rozhodvatelky může mít maximální hodnotu 7,6 litrů/100 km. Rozhodvatelka má rada auta s malou spotřebou paliva především z toho důvodu, že nebude muset utrácet spoustu peněz na palivo.

“Úložný prostor” je dle preferencí rozhodvatelky maximalizačním kritériem a pro ní nejlepší variantou je auto, které má úložný prostor nejméně 400 litrů. Tento objem by byl postačující v případě, že rozhodvatelka pojede na dovolenou autem.

Kritérium “Najeto” je minimalizačním kritériem z důvodu, že rozhodvatelka považuje auto s velkou hodnotou najetých kilometrů za starší a horší variantu. Auto, které má počet najetých kilometrů 30 000 je pro rozhodvatelku nejlepší variantou.

Kritérium	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Povaha	min	min	max	min
AÚ	2 000 000	7,6	400	30 000

Tabulka 14 – Aspirační úrovně kritérií (Vlastní zpracování)

2. Dalším krokem bude porovnání hodnot kritérií vybraných variant s hodnotami aspiračních úrovní, které byly nastavené v předcházejícím kroku:

Z *Tabulky 15* je vidět, že varianta “Mini Cooper” není akceptovatelná z důvodu, že její hodnoty kritérií variant neodpovídají všem hodnotám aspiračních úrovní a to kromě kritéria „Cena“ a „Spotřeba paliva“:

Kritérium	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Mini Cooper	1 690 000	5,1	211	47 448
Povaha	min	min	max	min
AÚ	2 000 000	7,6	400	30 000
Odpovídá AÚ?	ANO	ANO	NE	NE

Tabulka 15 – Porovnání hodnot kritéria varianty “Mini Cooper” s hodnotami AÚ (Vlastní zpracování)

Podle další tabulky (*Tabulka 16*) lze říci, že varianta „Kia Ceed“ není akceptovatelná z důvodu, že hodnota kritéria „Spotřeba paliva“ neodpovídá hodnotě aspiračního úrovně:

Kritérium	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Kia Ceed	1 695 000	6,1	395	15 715
Povaha	min	min	max	min
AÚ	2 000 000	7,6	400	30 000
Odpovídá AÚ?	ANO	ANO	NE	ANO

Tabulka 16 – Porovnání hodnot kritéria varianty „Kia Ceed“ s hodnotami AÚ (Vlastní zpracování)

Podle hodnot uvedených v *Tabulce 17* lze říci, že varianta Honda CR - V vyhovuje všem aspiračním úrovním a je v tomto případě akceptovatelná:

Kritérium	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Honda CR - V	1 640 000	7,5	589	27 000
Povaha	min	min	max	min
AÚ	2 000 000	7,6	400	30 000
Odpovídá AÚ?	ANO	ANO	ANO	ANO

Tabulka 17 – Porovnání hodnot kritéria varianty „Honda CR – V“ s hodnotami AÚ (Vlastní zpracování)

Z hodnot uvedených v *Tabulce 18* lze uvést závěr, že varianta Toyota Camry není akceptovatelná, protože kritérium „Spotřeba paliva“ neodpovídá hodnotě aspiračního úrovně:

Kritérium	Cena	Spotřeba paliva	Úložný prostor	Najeto
Toyota Camry	1 950 000	8,3	400	17 500
Povaha	min	min	max	min
AÚ	2 000 000	7,6	400	30 000
Odpovídá AÚ?	ANO	NE	ANO	ANO

Tabulka 18 – Porovnání hodnot kritéria varianty „Toyota Camry“ s hodnotami AÚ (Vlastní zpracování)

Z výše uvedených variant jenom jedná varianta je akceptovatelná a považovaná za kompromisní a je to „Honda CR – V”. Tato varianta bude rozhodovatelce doporučena pro realizaci.

5 Výsledky a diskuse

Na základě výsledků praktické aplikace třech metod vícekritériální analýzy variant byla jako kompromisní varianta zvolena Honda CR – V. Tento automobil má nejmenší hodnotu kritéria “Cena“ a nejvyšší hodnotu kritéria “Úložný prostor“. Nicméně automobil má relativně velké hodnoty kritérií „Spotřeba paliva“ a “Najeto“.

Podle metod bazické varianty a TOPSIS lze říci, že automobil Kia Ceed je druhou variantou v pořadí. Spotřeba paliva tohoto automobilu je 6,1 litrů na 100 km, což je jen o 1,4 litrů na 100 km méně než u kompromisní varianty Honda CR - V. Kromě toho má tento automobil nejmenší hodnotu úložného prostoru ve srovnání s ostatními automobily. Na druhou stranu má tento automobil nejmenší počet najetých kilometrů, což pro rozhodovatelku znamená, že je nejméně opotřebovaný. Podle metody aspiračních úrovní, která je třetí používanou v práci metodou, je možné uvést závěr, že Kia Ceed není akceptovatelnou variantou z důvodu, že její hodnota úložného prostoru se rovná 395 litrů, což je o 5 litrů méně než u stanovené hodnoty aspirační úrovně tohoto kritéria.

Třetí variantou v pořadí podle metody TOPSIS je automobil Toyota Camry. Podle metody bazické varianty je zároveň nejhorší, variantou čtvrtou v pořadí. Má největší cenu ve srovnání s ostatními automobily: 1 950 000 rublů, což je o 310 000 rublů více než u nejlepších varianty. Automobil také má největší spotřebu paliva 8,3 litry na 100 km. Nicméně má docela velkou hodnotu úložného prostoru 400 litrů, což je druhé pořadí v daném kritériu. Automobil není akceptovatelnou variantou podle metody aspiračních úrovní z důvodu, že má relativně velkou spotřebu paliva 7,6 litrů na 100 km.

Třetí variantou v pořadí podle metody bazické varianty a čtvrtou variantou v pořadí podle metody TOPSIS je Mini Cooper. Tento automobil má nejmenší hodnotu úložného prostoru – 211 litrů, což je o 378 litrů méně než u kompromisní varianty Honda CR – V. Nicméně tento automobil má nejmenší spotřebu paliva ze všech porovnávaných automobilů, tj. 5,1 litrů na 100 km, , ale zároveň i největší počet najetých kilometrů. Podle metody aspiračních úrovní varianta Mini Cooper není akceptovatelnou z důvodu, že hodnoty jeho kritérií „Úložný prostor“ a „Najeto“ neodpovídají stanoveným hodnotám aspiračních úrovní.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vybrat první auto pro studentku Moskevské univerzity podle stanovených kritérií. Pro výběr jednoho z několika navrhovaných automobilů byla prostudována teorie týkající se problematiky vícekritériální analýzy variant.

V teoretické části byly shrnuty základní pojmy vícekritériální analýzy variant. Byly charakterizovány tři v praxi nejpoužívanější metody výběru kompromisní varianty a metoda stanovení vah kritérií. Detailněji byly popsány typy informace specifické pro každou z vybraných metod.

V praktické části byl popsán profil rozhodovatelky a vymezen proces výběru kompromisní varianty pomocí metod vícekritériální analýzy variant. Jednotlivé varianty byly vybrány na základě preferencí rozhodovatelky. Dále varianty byly hodnoceny podle čtyř stanovených kritérií: cena, spotřeba paliva, úložný prostor a počet najetých kilometrů.

Prvním krokem bylo spočítat váhy kritérií potřebné pro nalezení kompromisní varianty pomocí metod bazické varianty a TOPSIS. Pak na základě Saatyho metody byl proveden výpočet vah kritérií. Pro aspirační metodu, která také byla nástrojem pro výběr kompromisní varianty, nebylo nutné provádět výpočet vah kritérií.

Po výpočtu vah kritérií potřebných pro praktickou aplikaci metody bazické varianty a metody TOPSIS, se postoupilo k procesu výběru kompromisní varianty pomocí všech třech metod. Každá z metod měla stejný výsledek: jako kompromisní byla zvolena Honda, model CR – V. Tento automobil má velký úložný prostor a dostupnou cenu. Nicméně má několik nevýhod: velký počet najetých kilometrů a docela slušnou spotřebu paliva.

V závěrečné části této práce byly zhodnoceny výsledky z procesu vícekritériálního rozhodování a byla doporučena kompromisní varianta pro rozhodovatelku – japonský automobil Honda CR – V. Ojeté auto této značky splňuje veškeré požadavky rozhodovatelky a proto je s ním spokojená. Může jím jezdit ve městě a třeba i na dovolenou v Soči, protože automobil má velký úložný prostor pro zavazadla. Kromě toho má automobil docela krásný design a proto působí dobrým dojmem.

7 Seznam použitých zdrojů

Tištěné zdroje:

Grasseová, M., et al. *Manažerské rozhodování: Teoretická východiska a praktické příklady*. Brno: Univerzita Obrany. Fakulta ekonomiky a managementu. Katedra vojenského managementu a taktiky, 2010. ISBN 978-80-7231-730-1

Jablonský, J., et al. *Operační výzkum*. 3rd ed. Professional publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3

Ramík, J., et al. *Rozhodovací analýza pro manažery*. Karvina: Slezská univerzita v Opavě. Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2013. 188 s. ISBN 978-80-7248-843-8

Šubrt, T., et al. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2011. 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2

Elektronické zdroje:

Auto zadejte název mini cooper. Historie Mini. Ремонт и диагностика автомобилей [online]. Dostupné z: <https://carhappy.ru/cs/avto-tipa-mini-kupera-nazvanie-istoriya-mini-cooper-i-znamenitye/>

Honda - TipMoto.com - motobazar, motosalon. TipMoto.com - motobazar [online]. Copyright © 2003 [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: <https://www.tipmoto.com/motorky/honda/>

Honda Civic (1972–1979): Jak vznikal japonský Golf | auto.cz. auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy [online]. Copyright © 2001 [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/honda-civic-1972-1979-jak-vznikal-japonsky-golf-135912>

HONDA CR-V | auto inzerce zdarma, recenze, testy, historie, autobazar. [online]. Copyright © 2002 [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: <https://www.cars.cz/meta/honda-cr-v.html>

Kia Cee'd (výroba 2006 – 2012) - Autoweb.cz. Autoweb.cz - Magazín o autech [online]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/kia-cee-d-vyroba-2006-2012/>

Kia Ceed III на Авто.ру. Авто.ру: купить, продать и обменять машину[online]. Dostupné z: <https://auto.ru/cars/used/sale/kia/ceed/1106358595-884fdbcd/>

MINI | auto inzerce zdarma, recenze, testy, historie, autobazar. Error 404 Not Found [online]. Copyright ©2002 [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: <https://www.cars.cz/meta/mini.html>

Mini Cooper - Autoweb.cz. Autoweb.cz - Magazín o autech [online]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/mini-cooper/>

Mini Cooper S: Příběh o rybičce a okreskách | Recenze & testy | Autíčkář.cz. Vaše každodenní dávka benzínu | Autíčkář.cz [online]. Copyright © Manul Publishing s.r.o. [cit. 03.03.2022]. Dostupné z: <https://www.autickar.cz/clanek/mini/>

Ojetá Kia Cee'd: S benzinem starosti nebudou | auto.cz. auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy [online]. Copyright © 2001 [cit. 03.03.2022]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/ojeta-kia-cee-d-s-benzinem-starosti-nebudou-85351>

Toyota - historie a všechny modely aut značky - Portál řidiče. Portál řidiče - Vše pro motoristy [online]. Copyright © Portalridice.cz [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/znacky-aut/toyota>

Toyota Camry jako nepopulárnější sedan světa. Toto je jeho historie | Autojournal.cz. Autojournal.cz - Automobilový magazín bez kompromisů [online]. Copyright © 2022 Autojournal.cz [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: <https://www.autojournal.cz/toyota-camry-jako-nepopularnejsi-sedan-sveta-toto-je-jeji-historie/>

Toyota Camry VIII (XV70) на Авто.ру. Авто.ру: купить, продать и обменять машину [online]. Dostupné z: <https://auto.ru/cars/used/sale/toyota/camry/1106533691-050847a8/>

Toyota O společnosti Toyota - vznik a historie . Toyota Central Europe - Czech s.r.o. [online]. Copyright © Toyota Central Europe [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/world-of-toyota/about-toyota/company>

Купить б/у Honda CR-V V 2.0 CVT (150 л.с.) 4WD бензин вариатор в Хабаровске: чёрный Хонда CR-V V внедорожник 5-дверный 2018 года на Авто.ру. Авто.ру: купить, продать и обменять машину [online]. Copyright © 1996 [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: https://auto.ru/cars/used/sale/honda/cr_v/1106514262-68a8a430/

Купить б/у MINI Hatch III (F55/F56) Рестайлинг Cooper 1.5 АМТ (136 л.с.) бензин робот в Москве: белый Мини Хэтч III (F55/F56) Рестайлинг хэтчбек 3-дверный 2018 года по цене 2 200 000 рублей на Авто.ру. [online]. Copyright © 1996 [cit. 06.03.2022]. Dostupné z: <https://auto.ru/cars/used/sale/mini/hatch/1106279517-791a559e/>