

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Využití modelů vícekriteriální analýzy variant

Petr Krček

© 2016 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra systémového inženýrství

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Krček Petr

Systemové inženýrství

Název práce

Využití modelů vícekriteriální analýzy variant

Anglický název

Application of Multiple Attribute Decision Making

Cíle práce

Hlavním cílem práce je výběr speciálně upraveného automobilu na převoz hendikepované osoby s použitím modelů vícekriteriální analýzy variant. Výsledkem práce bude také podrobný popis příslušného rozhodovacího procesu včetně výběru a použití konkrétních metod. Podmínkou pro splnění těchto cílů bude analýza jednotlivých metod vícekriteriální analýzy variant podle literatury, analýza konkrétní rozhodovací situace a přehled odpovídajícího segmentu trhu s automobily.

Metodika

- Popis modelů vícekriteriálního rozhodování dle literatury, základní struktury, funkce,
- průzkum trhu s automobily, sběr dat
- porovnání metod vícekriteriální analýzy variant, výhody a nevýhody jednotlivých metod,
- výběr nejvhodnějších metod,
- zpracování analýzy za použití shromážděných dat,
- zhodnocení a interpretace získaných výsledků,
- výběr varianty, doporučení pro praxi.

Harmonogram zpracování

prosinec 2012 - březen 2013	Zadání práce, cíl metodika
duben 2013 - červen 2013	Literární rešerše
červenec 2013 - září 2013	Sběr dat
říjen 2013 - listopad 2013	Konstrukce matematického modelu, výpočty
prosinec 2013 - leden 2014	Zhodnocení a konzultace výsledků, pracovní verze bakalářské práce
únor 2014	Finální úpravy, formát, grafické prvky, jazykové korektury
březen 2014	Odevzdání

Rozsah textové části

30 - 40 stran

Klíčová slova

vícekriteriální analýza variant, vícekriteriální rozhodování, kritérium, váha, analýza, hodnocení, varianta, výběr, automobil

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, Helena; HOUŠKA, Milan; ŠUBRT, Tomáš. Modely pro vícekriteriální rozhodování. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, Katedra systémového inženýrství, 2009. 178s., ISBN 978-80-213-1019-3

BROŽOVÁ, Helena; HOUŠKA, Milan; ŠUBRT, Tomáš. Modely pro řízení znalostí a podporu rozhodování. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007, 117 s. ISBN 978-80-213-1633-1

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

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

JABLONSKÝ, Josef, Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Praha : Professional publishing, 2002, ISBN 80-86419-42-8

FIALA, Petr, JABLONSKÝ, Josef, MAŇAS, Miroslav. Vícekriteriální rozhodování. Praha: VŠE, 1994. ISBN 80-7079-748-7

GROS, Ivan. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada, 2003, ISBN 80-247-0421-8

Vedoucí práce

Dömeová Ludmila, doc. Ing., CSc.

Termín odevzdání

březen 2014

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr. h. c.

Děkan fakulty

V Praze dne 9.10.2013

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 17.3.2016

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní doc. Ing. Ludmile Dömeové, CSc., za odborné vedení, cenné připomínky a rady při zpracování této práce.

Využití modelů vícekriteriální analýzy variant

Application of Multiple Attribute Decision Making

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá výběrem speciálně upraveného automobilu pro tělesně hendikepovanou osobu užitím modelů vícekriteriální analýzy variant. Práce je rozdělena na dvě části. První část se věnuje teoretickému popisu použitých metod, přibližuje základní pojmy a vztahy. Ve druhé části je realizován samotný výběr, jeho popis a výpočty. Výběr je proveden použitím Saatyho metody párového porovnávání, kterou jsou stanoveny váhy kritérií jednotlivých možností transportu, a následně pomocí metody AHP, kdy je vybrána nejvhodnější varianta automobilu.

Summary

This bachelor thesis is focused on selecting car for physically handicapped people by using multi-attribute decision making. The thesis is divided into two parts. The first part is theoretical description of used methods explaining basic terms and relations. In the second part there is realized selection itself, it's description and calculations. Selection is made by use of Saaty's method of pairwise preferences, which defines individual criterion weights of alternative transport options, followed up by AHP method, where the best optimal option of car is selected.

Klíčová slova: vícekriteriální rozhodování, kritérium, váhy, analýza, hodnocení, varianta, výběr, automobil, Saatyho metoda, alternativa, AHP

Keywords: multi-attribute decision making, criterion, weight, analysis, evaluation, option, selection, car, Saaty's method, alternative, AHP

Obsah

1.	Úvod.....	8
2.	Cíl práce a metodika	9
3.	Teoretická východiska	10
3.1.	Vícekriteriální rozhodování	10
3.2.	Modely vícekriteriální analýzy variant	10
3.3.	Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant	14
3.4.	Metody stanovení vah kritérií	17
3.5.	Saatyho metoda pro stanovení vah kritérií	17
3.6.	Metoda AHP pro výběr kompromisní varianty	19
3.7.	Syntéza získaných preferencí a volba nejvýhodnější alternativy	22
4.	Vlastní práce	23
4.1.	Popis situace	23
4.2.	Výběr kritérií na základě popisu situace	24
4.3.	Stanovení vah kritérií	26
4.4.	Výběr a popis variant	28
4.5.	Výpočet metodou AHP	31
4.7.	Porovnání variant z hlediska jednotlivých kritérií	32
4.8.	Výsledné hodnocení.....	36
5.	Závěr	37
6.	Seznam použitých zdrojů.....	38

1. Úvod

Rozhodování je proces, jež je nedílnou součástí každodenního života, který jednotlivec či skupina používá každý den, jak v osobním, tak pracovním životě. Každodenní situace nás staví do situace výběru vhodných variant za určitých preferencí různých kritérií. Například při volbě cesty do zaměstnání volíme mezi odlišnými druhy dopravy, komfortu, ušetřeného času a ceny. Každý z nás by vybíral podle svých možností různé varianty a preferoval různá kritéria. Vyhodnocení těchto situací a volba nejvhodnějších alternativ je vcelku snadná, logická, bez nutnosti dlouhého racionálního uvažování. Existují však situace, které pro svou složitost potřebují pracovat s mnoha kritérii, a vybrat nevhodnější variantu podle všech uvažovaných hledisek a faktorů není jednoduché a může nést pozitivní či negativní následky. Například při výběru vhodného automobilu, hypotéčního úvěru, nebo dodavatele informačního systému. K tomuto účelu nám mohou velmi dobře posloužit matematické modely vícekritériální analýzy variant.

Téma bakalářské práce bylo vybráno z důvodu široké možnosti aplikace těchto modelů v praxi. V České republice žije mnoho těžce zdravotně postižených osob, kteří potřebují možnost využít vlastní dopravy pro nejrůznější důvody. Cílem této práce je vybrat osobní vozidlo pro převoz těžce postižené osoby, která tímto vozidlem nedisponuje. V této práci byl popsán rozhodovací proces výběru tohoto dopravního prostředku.

2. Cíl práce a metodika

Hlavním cílem práce je s pomocí metod vícekritériálního rozhodování vybrat osobní automobil určený pro hendikepovanou osobu. Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou.

Teoretické zpracování proběhlo formou literární rešerše, kdy jako zdroj dat posloužila odborná literatura a skripta. Cílem bylo podrobně vysvětlit problematiku metod vícekritériálního rozhodování a poskytnout teoretický základ pro následné výpočty.

Praktická část vysvětluje výchozí situaci, představuje jednotlivé kritéria a varianty. Následně používá metody Saatyho párového porovnání a metody Analytického hierarchického procesu s cílem vybrat nejlepší kompromisní variantu vozidla pro hendikepovanou osobu. Data byla posbírána z webových stránek výrobců automobilů a úpravců vozidel. Pro výpočty byl použit program Microsoft Excel 2010.

3. Teoretická východiska

3.1. Vícekriteriální rozhodování

Modely vícekriteriálního rozhodování zobrazují rozhodovací problémy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Vícekriteriálnost charakterizuje téměř každou rozhodovací situaci. Zohlednění více kritérií při hodnocení vnáší do řešení problémů obtíže, konflikty, které vyplívají z obecné kontroverznosti kritérií. Kdyby totiž všechna kritéria ukazovala na stejné řešení, stačilo by pro volbu nejvhodnějšího rozhodnutí jedné z nich. Účelem modelů v těchto situacích je buď nalezení „nejlepší“ varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant, nebo uspořádání množiny variant. [1]

Úlohy vícekriteriálního rozhodování lze rozdělit na dvě skupiny:

- 1. Úlohy vícekriteriálního analýzy variant (přípustné varianty jsou vymezeny konečným seznamem variant, tedy explicitně)
- 2. Úlohy vícekriteriální optimalizace (přípustné varianty jsou vymezeny implicitně soustavou omezujících podmínek, množina je teoreticky nekonečně velká) [2]

V této práci se zabýváme první uvedenou skupinou.

3.2. Modely vícekriteriální analýzy variant

Rozhodnutím v teorii vícekriteriální analýzy variant rozumíme výběr jedné nebo více variant z množiny přípustných variant a její doporučení k realizaci. Rozhodovatel by měl při výběru variant postupovat maximálně objektivně, k čemuž mu slouží aparát různých postupů a metod analýzy variant. Někdy je možno oddělit osobu zadavatele úlohy od osoby jejího řešitele (analytika). Tento postup má svoje výhody i nevýhody. Výhodou bývá skutečnost, že analytik málokdy bývá zainteresován na výsledku rozhodnutí, a proto postupuje maximálně objektivně. Nevýhodou může být fakt, že analytik nebývá obeznámen se všemi

detaily úlohy, které se při zadávání nedaly modelově zachytit. Výsledkem proto může být doporučení sice objektivně „nejlepší“ varianty, ale prakticky by byla lepší jiná varianta, která se například umístila na druhém místě, zvláště při malých rozdílech hodnot agregovaného rozhodovacího kritéria. [3]

V modelech vícekritériální analýzy (či hodnocení) variant je dána konečná (diskrétní) množina m variant, které jsou ohodnoceny podle n kritérií. Cílem je najít variantu, která je podle všech kritérií celkově ohodnocena co nejlépe (variantu „optimální“ či kompromisní), případně seřadit varianty od nejlepších po nejhorší nebo vyloučit neefektivní varianty. [3]

Prvky modelu vícekritériální analýzy variant:

- I. Alternativy rozhodnutí – varianty $a_i, i=1, \dots, m$ (možná rozhodnutí)
- II. Kritéria $k_j, j=1, \dots, n$ (jednotlivá kritéria, podle nichž jsou varianty hodnoceny)
- III. Kritériální hodnoty $v_{ij}, i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$ (ohodnocení či preference variant podle jednotlivých kritérií)
- IV. Preference kritérií $j=1, \dots, n$ (informace o důležitosti jednotlivých kritérií) [4]

Varianta

Varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti, předmět vlastního rozhodování, jsou realizovatelné a nejsou logickým nesmyslem. Varianty musí být pečlivě vybrány, aby byly dosažitelné a aby byly vhodným řešením. [1]

Můžeme rozlišit šest typů variant:

Dominovaná varianta - Předpokládejme všechna kritéria maximalizační. Varianta a_i dominuje variantu a_j , jestliže platí $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik}) \Rightarrow (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$ a existuje alespoň jedno kritérium f_l , že $y_{il} > y_{jl}$

Vzájemně nedominované varianty - Předpokládejme všechna kritéria maximalizační. Varianty a_i a a_j jsou vzájemně nedominované, jestliže v případě, že existuje alespoň jedno kritérium f_i , že $y_{il} > y_{jl}$, pak existuje jiné kritérium f_k , že $y_{ik} > y_{jk}$.

Paretovská varianta - Varianta, která není dominována žádnou jinou variantou, je nedominovaná varianta, často se též nazývá efektivní nebo paretovská. Množinu všech nedominovaných variant A_n .

Ideální varianta - je hypotetická nebo reálná varianta, která dosahuje ve všech kritériích současně nejlepší možné hodnoty.

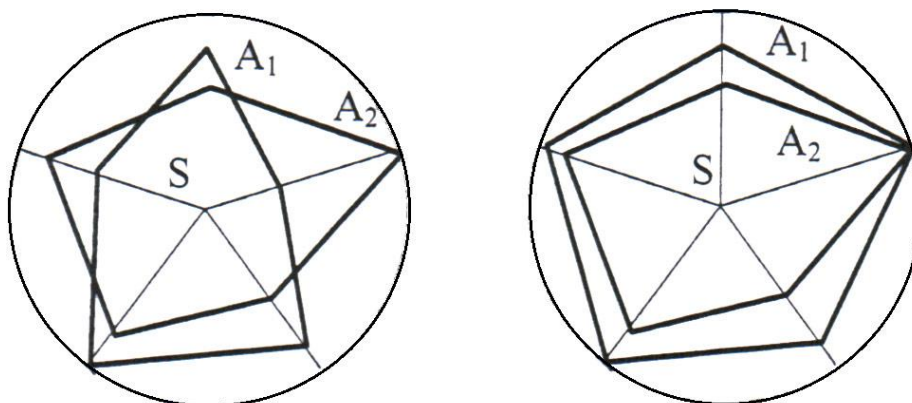
Bazální varianta - je hypotetická nebo reálná varianta, jejíž ohodnocení je nejhorší podle všech kritérií.

Kompromisní varianta - je nedominovaná varianta doporučená jako řešení problému. [1]

Grafické znázornění variant

Pro názornou ilustraci úvah a pro pochopení celého problému a v některých případech i pro jeho řešení je vhodné použít grafické znázornění údajů modelu. Nejpoužívanější je zobrazení v hvězdicové (paprskové) soustavě, ve které poloosy začínají v počátku a svírají mezi sebou úhel $\frac{2\pi}{n}$, kde n je počet kritérií. Na osách je pak vyznačen koncový bod jako průsečík os a vhodné kružnice se středem v počátku.

Na každé z poloos zkonstruujeme stupnici, která má v počátku S hodnotu danou ohodnocením bazální varianty a v koncovém bodě hodnotu danou ohodnocením ideální varianty. Variantu a_i s ohodnocením (y_{i1}, \dots, y_{ik}) v této soustavě znázorníme jako k -tici bodů, které jsou spojeny úsečkami, takže dostaneme polygon.



Graf 1 – Nedominované a dominované varianty, [3]

Dvě varianty a_1 a a_2 jsou nedominované, jestliže se jejich polygonální zobrazení prolínají, a varianta a_1 dominuje variantu a_2 , jestliže polygon dominující varianty obsahuje polygon dominované varianty.

Kritérium

Kritérium je hledisko hodnocení variant. Kritérium musí být nezávislé, mělo by pokrývat všechna hlediska výběru a přitom jich nesmí být zbytečně velký počet, aby problém nebyl nepřehledný. [1]

Podle povahy kritéria dělíme na:

Kritéria maximalizační – při rozhodování vycházíme z toho, že nejlepší varianty podle tohoto kritéria mají nejvyšší hodnoty.

Kritéria minimalizační – opak maximalizačního kritéria, nejlepší varianty mají nejnižší hodnotu kritéria.

Podle kvantifikovatelnosti:

Kritérium kvantitativní – hodnoty variant podle takovýchto kritérií tvoří objektivně měřitelné údaje.

Kritéria kvalitativní – hodnoty variant podle těchto kritérií nelze objektivně změřit, velmi často jde o hodnoty subjektivně odhadnuté uživatelem (subjektivní kritéria). [3]

Máme – li hodnocení podle variant kvantifikováno, můžeme údaje uspořádat do kritériální matice \mathbf{Y} , kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria. V matici $\mathbf{Y} = (y_{ij})$ sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám. [3]

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

Obrázek 1 – Kritériální matice, [3]

Preference kritéria

Vyjadřuje důležitost tohoto kritéria v porovnání s kritérii ostatními. Jde o nejobtížnější úkol, který často závisí na subjektivním názoru rozhodovatele. Může být vyjádřena různým způsobem, mohou být stanoveny: [1]

Aspirační úroveň – nominální informace o kritériích neboli hodnota, které má být alespoň dosaženo, tj. pro minimalizační kritérium je to nejvyšší přípustná hodnota kritéria a pro maximalizační kritérium nejnižší možná hodnota.

Pořadí kritérií – pomocí pořadí kritérií uspořádáme kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité.

Váha kritéria – obecně hodnota z intervalu $\langle 0;1 \rangle$, která vyjadřuje relativní důležitost tohoto kritéria v porovnání s kritérii ostatními. Součet vah všech kritérií je roven jedné.

Kompenzace – hodnot kritérií je vyjádřena mírou substituce mezi kritériálními hodnotami. [1]

3.3. Klasifikace úloh vícekritériální analýzy variant

Úlohy vícekritériální analýzy variant lze klasifikovat podle dvou základních hledisek – podle cíle řešení úlohy a podle typu informace.

Podle cíle řešení úlohy:

Úlohy, jejichž cílem je výběr jedné varianty označené jako kompromisní - jde o to, vybrat z množiny možných variant tu variantu, která je podle zadaných kritérií nějakým způsobem nejlepší. Příkladem takové rozhodovací úlohy může být výběr jedné varianty projektu z množiny jeho možných variant. Můžeme použít například metody ORESTE, TOPSIS, váženého součtu a další.

Úlohy, jejichž cílem je úplné uspořádání, resp. kvaziuspořádání, množiny variant - obvykle varianty řadíme od nejlepší k nejhorší. Tato skupina úloh je do značné míry podobná předcházející skupině. Vždy můžeme postupovat tak, že určíme 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.

Úlohy, jejichž cílem je rozdělení množiny variant na efektivní a neefektivní – hodnotí se, zda množina variant je vhodná či nevhodná. Dobrým příkladem těchto úloh může být hodnocení bonity klientů bankou, která rozhoduje o poskytnutí či neposkytnutí úvěru. [1]

Podle typu informace:

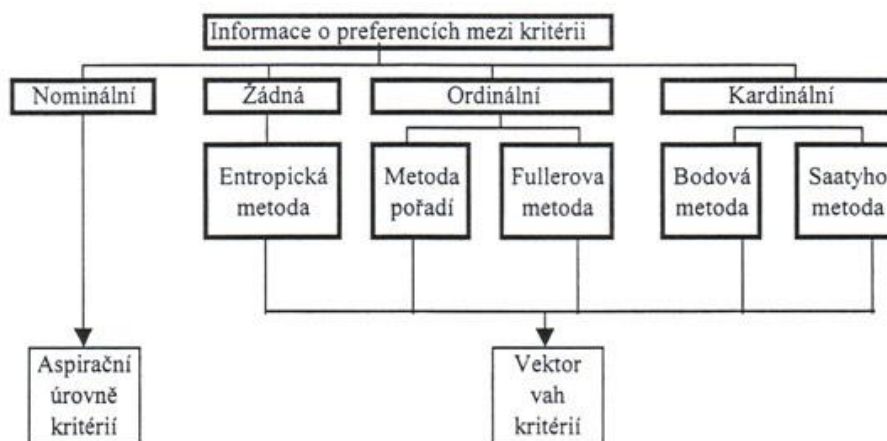
Žádná informace – informace o preferencích neexistuje, tato situace je přípustná pouze pro preference kritérií; pokud bychom neměli informaci o preferencích mezi variantami, nebylo by možné úlohu vyřešit, neboť by nebylo možno určit lepší a horší variantu.

Nominální informace – i toto je informace přípustná pouze pro preference kritérií mezi sebou, je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní, tj. nejhorších možných hodnot, při nichž může být varianta akceptována a rozděluje varianty podle příslušného kritéria na akceptovatelné a neakceptovatelné.

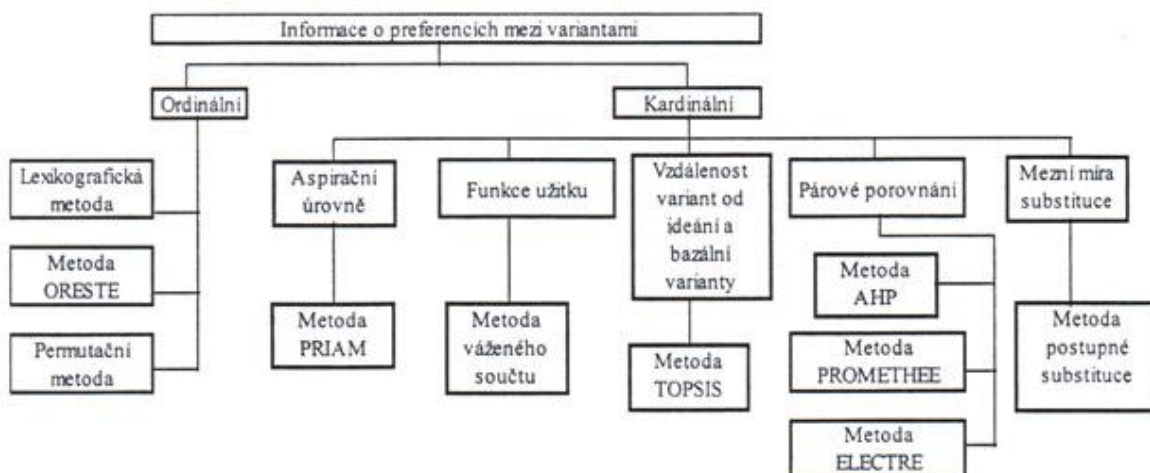
Ordinální informace – tato informace vyjadřuje uspořádání (pořadí) kritérií podle důležitosti nebo uspořádání variant podle toho, jak jsou hodnoceny kritériem.

Kardinální informace – tento typ informace má kvantitativní charakter, tedy v případě preference kritérií se jedná o váhy, v případě ohodnocení variant podle kritéria o konkrétní nejčastěji číselné vyjádření tohoto hodnocení, které vlastně nezáleží na množině porovnávaných variant. Protože řada metod vícekritériálního hodnocení variant vyžaduje kardinální informaci, mají velký význam metody, které umožňují kvantifikovat ordinární informaci.

Na základě toho, jakou informaci o preferencích kritérií, resp. o preferencích mezi variantami, máme k dispozici, je možno aplikovat různé metody. [5]



Graf 2 - Metody kvantifikace preference mezi kritérii a jejich výstupy, [3]



Graf 3 - Metody kvantifikace preferencí mezi variantami, [3]

3.4. Metody stanovení vah kritérií

Většina metod vícekritériálního hodnocení variant vyžaduje nejprve stanovit váhy jednotlivých kritérií hodnocení, které vyjadřují číselně význam těchto kritérií (respektive důležitost sledovaných cílů, jejichž odrazem jsou tato kritéria). Čím je kritérium významnější (respektive přesněji čím za významnější rozhodovatel určité kritérium považuje), tím je jeho váha vyšší. Pro dosažení srovnatelnosti vah souboru kritérií stanovených různými metodami se tyto váhy zpravidla normují tak, aby jejich součet byl roven jedné. (U některých metod stanovení vah, např. u Saatyho metody – jsou výsledkem již normované váhy. Pokud jsou výsledkem nenormované váhy, normují se tak, že se stanoví součet vah všech kritérií v jejich souboru a váhy jednotlivých kritérií se dělí jejich součtem, tuto metodu si představíme dále.)

V teorii rozhodování se postupně vytvořil větší počet metod stanovení vah kritérií, které se liší především svojí složitostí vyplývající z odlišného algoritmického základu jednotlivých metod, a tím i srozumitelností pro uživatele. Dále se liší náročností na typ informací, které je třeba pro stanovení vah od rozhodovatele získat. Na Grafu 2 můžeme vidět jednotlivé metody rozříděné podle druhu vyžadované informace. [7]

3.5. Saatyho metoda pro stanovení vah kritérií

Tato metoda slouží k určení vah kritérií, hodnotí-li je pouze jeden expert. Jde o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií se používá devítibodová stupnice a je možné používat i mezistupně (hodnoty 2,4,6,8). [3]

Mezistupně lze využít k jemnějšímu rozlišení velikostí preferencí dvojic kritérií. [7]

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

Expert porovnává každou dvojici kritérií a velikosti preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu zapíše do Saatyho matice $S = (s_{ij})$:

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

Obrázek 2 – Saatyho matice, [3]

Jsou-li i -té a j -té kritérium rovnocenná, je $s_{ij} = 1$, preferuje-li slabě i -té kritérium před j -tým, je $s_{ij} = 3$, preferuje-li silně i -té kritérium před j -tým, je $s_{ij} = 5$, při velmi silné preferenci i -tého kritéria je $s_{ij} = 7$, při absolutní preferenci dokonce $s_{ij} = 9$. Je-li preferováno j -té kritérium před i -tým, zapíše se do Saatyho matice převrácené hodnoty ($s_{ij}=1/3$ při slabé preferenci, $s_{ij}=1/5$ při silné preferenci atd.).

Matice je čtvercová řádu $n \times n$, reciproká, tj. platí, že $s_{ij}=1/s_{ji}$, a vyjadřuje vlastně hodnoty jedna (každé kritérium je samo sobě rovnocenné). [3]

Prvky této matice nebývají většinou dokonale konzistentní, tzn. že neplatí $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$ pro všechna $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. Kdybychom sestavili matici $V = (v_{ij})$, jejíž prvky by byly skutečné podíly vah ($v_{ij} = v_i / v_j$), pro prvky této matice by výše uvedená podmínka platila. Míra konzistence se měří například indexem konzistence, který Saaty definoval jako:

$$I_s = \frac{l_{\max} - n}{n - 1}$$

Vzorec 1 – Index konzistence, [3]

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

Pro stanovení vah Saaty navrhl několik velmi jednoduchých způsobů, pomocí kterých lze odhadnout váhy v_j . Nejčastěji se používá výpočtu vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice (metoda logaritmičky nejmenších čtverců). Vypočteme hodnoty b_i jako geometrický průměr řádků Saatyho matice [3]:

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

Vzorec 2 – Geometrický průměr řádků Saatyho matice, [3]

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot b_i :

$$V_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Vzorec 3 - Stanovení vah, [3]

Případy, kdy je Saatyho matice nekonzistentní, jsou velmi časté zvláště u rozsáhlejších úloh. Nekonzistence může být způsobena chybou při zadávání odhadů poměrů vah, když expert neprováděl žádnou kontrolu svých odhadů. V tomto případě je nutné na základě odhadu vah překvantifikovat Saatyho matici tak, aby splňovala požadavek konzistence, a poté provést nový odhad vah. Tímto interaktivním způsobem lze dospět k velmi solidním výsledkům.

Nekonzistence může však vyjadřovat i skutečnost, podobně jako ve sportu mužstvo A porazí mužstvo B, to porazí mužstvo C, ale to porazí mužstvo A a je nutno určit vítěze. Předchozí postup lze použít také, ale s podmínkou pečlivé kontroly, aby se nějakým hrubým způsobem nezkreslila původní informace. [3]

3.6. Metoda AHP pro výběr kompromisní varianty

Metoda AHP (*Analytic Hierarchy Process*) byla navržena prof. Saatyem v roce 1980. Poskytuje rámec pro přípravu účinných rozhodnutí ve složitých rozhodovacích situacích, pomáhá zjednodušit a zrychlit přirozený proces rozhodování. AHP je metodou rozkladu složité nestrukturované situace na jednodušší komponenty; vytváří tedy hierarchický systém problému. Tento hierarchický systém je zobecněním – rozšířením možností vícekritériálního rozhodovacího systému. Na každé úrovni hierarchické struktury se použije Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání. Pomocí subjektivních hodnocení párového porovnání pak tato metoda přiřazuje jednotlivým komponentám kvantitativní charakteristiky vyjadřující jejich důležitost. Syntézou těchto hodnocení se pak

stanoví komponenta s nejvyšší prioritou, na níž se rozhodovatel zaměří s cílem získat řešení rozhodovacího problému.

Metodu je možné použít pro jakýkoliv typ informace o preferenčních vztazích mezi komponentami modelu. Jedinou podmínkou je, aby uživatel uměl z této informace určit směr a intenzitu preference mezi všemi páry porovnávaných komponent. [1]

Základní prvky a kroky metody AHP jsou:

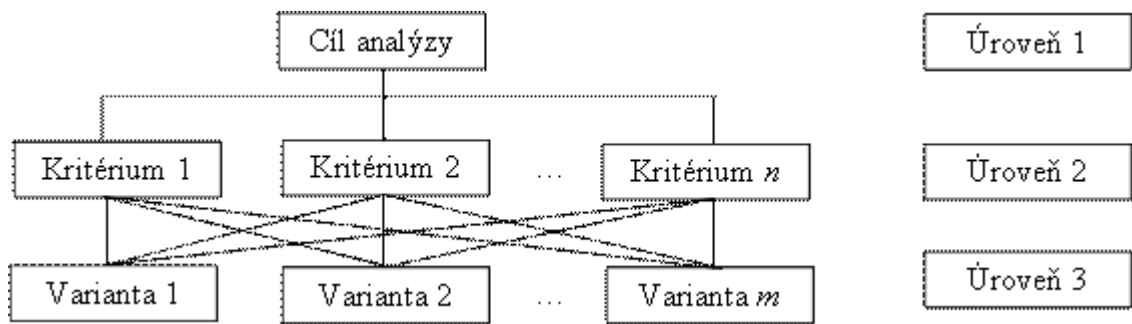
- Konstrukce hierarchie problému
- Párové porovnávání prvků v jednotlivých hierarchických úrovních
- Syntéza získaných preferencí a volba nejvýhodnější alternativy

Pod pojmem hierarchická struktura se rozumí lineární struktura obsahující několik úrovní, přičemž každá z nich obsahuje několik prvků. Uspořádání jednotlivých úrovní hierarchické struktury odpovídá uspořádání od obecného ke konkrétnímu. Čím obecnější jsou prvky ve vztahu k danému rozhodovacímu problému, tím zaujímají v jemu příslušející hierarchii vyšší úroveň a naopak.

Intenzity vzájemného působení jednotlivých prvků v hierarchii mohou být určitým způsobem kvantifikovány. Nejvyšší úroveň hierarchie obsahuje vždy pouze jeden prvek, který definuje cíl vyhodnocování nebo analýzy. Tomuto prvku lze přiřadit hodnotu jedna, která je potom rozdělena mezi prvky na druhé úrovni. Podobně se hodnota každého prvku dělí i na dalších nižších úrovních hierarchie, až dostaneme ohodnocení prvků nejnižšího stupně – variant.

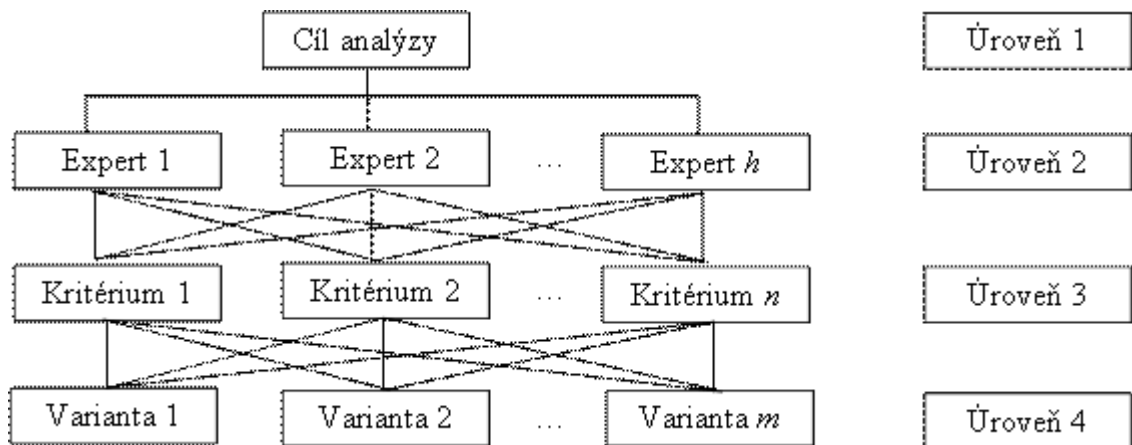
Typická jednoduchá úloha vícekriteriální analýzy variant obsahuje následující úrovně:

- **úroveň 1** - cíl vyhodnocování, kterým může být uspořádání variant
- **úroveň 2** - kritéria vyhodnocování
- **úroveň 3** - posuzované varianty



Graf 4 - Hierarchická struktura typické úlohy vícekritériální analýzy variant, [1]

Složitější úlohy obvykle mají mezi kritérii a variantami ještě úroveň subkritérií. Úlohy, na jejichž hodnocení se podílí více hodnotitelů, mají mezi cílem a kritérii ještě úroveň hodnotitelů (expertů), jejich hodnocení (váhy) označují míru jejich fundovanosti. Příklad takové hierarchie (4 úrovně) je na následujícím obrázku: [1]

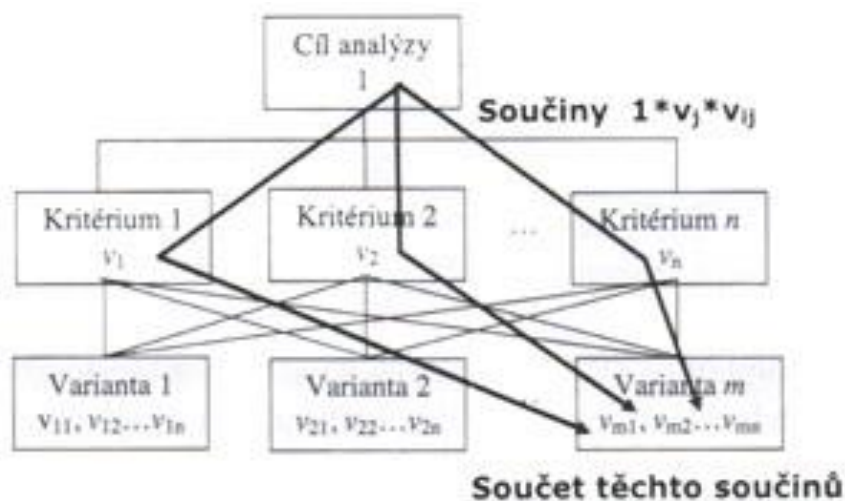


Graf 5 - Hierarchická struktura úlohy vícekritériální analýzy variant pro hodnocení více experty, [5]

Obdobným způsobem jako mezi kritérii se určí také vztahy mezi všemi komponentami na každé úrovni hierarchie. Pokud máme jednoduchou tříúrovňovou hierarchii (jeden cíl, n kritérií s váhami v_j pro $j = 1, \dots, n$, m variant a_i pro $i = 1, \dots, m$), bude na druhé úrovni hierarchie matice párového porovnání rozměru $n \times n$ a na poslední úrovni hierarchie dostaneme n matic rozměru $m \times m$, ve kterých párově porovnáváme ohodnocení variant podle jednotlivých kritérií. [5]

3.7. Syntéza získaných preferencí a volba nejvýhodnější alternativy

Lokální preference prvků hierarchie vyjadřují preference vzhledem k nadřazenému prvku, ukazují např., jak si alternativy „rozdělují“ hodnotu váhy příslušného kritéria. Pokud tedy pro každou variantu vypočteme u všech kritérií součet součinů navazujících preferencí v hierarchické úrovni, dostaneme její ohodnocení z hlediska všech kritérií.



Graf 6 – Syntéza preferenčních hodnot, [1]

Za kompromisní variantu pak budeme považovat tu variantu, jejíž syntetická váha (preference) je nejvyšší. [1]

4. Vlastní práce

Tato část se zabývá popsáním výchozí situace při výběru automobilu pro hendikepovanou osobu, výběrem nezbytných kritérií pro pořízení, kterými jsou: celková cena, prostor pro hendikepovanou osobu, prostor při plném obsazení, kombinovaná spotřeba, výkon motoru a počet míst pro spolucestující. Následuje představení variant aut k tomuto účelu vhodných: Citroën Berlingo Multispace, Dacia Doker WAV, Peugeot Partner Tepee, Renault Kangoo, Volkswagen Caddy Maxi. V další části jsou vypočteny váhy kritérií Saatyho metodou vzájemným porovnáním preference kritérií následované metodou AHP, kdy pomocí Saatyho metody porovnáváme pro jedno kritérium vždy všechny varianty mezi sebou. Pro všechny výpočty, grafy, tabulky, byl použit program Microsoft Office Excel 2010.

4.1. Popis situace

Uvažujme rodinu s dvěma dětmi, ve které je jedna osoba upoutána na invalidní vozík. Z nezbytné nutnosti transportu se rozhodla pořídit si nové, speciálně upravené auto na převoz hendikepované osob. Předpokládejme, že tato rodina je součástí střední příjmové skupiny. Vzhledem k tomu, že rodina má čtyři členy, vybírá ze skupiny speciálně upravených aut pro tři zdravé osoby a jednu hendikepovanou osobu. Vybíráme z aktuální nabídky automobilů dostupných na českém trhu, které je možné takto upravit, nebo se již prodávají upravená. Rodina chce, aby jí vůz sloužil co možná nejdéle, proto kupuje nové auto se zárukou, ale vzhledem k finanční náročnosti je pro ní nejdůležitější celková pořizovací cena automobilu. Vlastní účel, ke kterému se auto kupuje, je převoz hendikepovaného, tudíž prostor pro tělesně postiženou osobu ve vozidle je také nezbytným kritériem. Při převozu hendikepovaného nesmíme opomenout i speciální pomůcky, které se po zaplnění celou rodinou musí být také někde umístěny, proto je kladen požadavek na prostor při plném obsazení. Provozní náklady automobilu jsou pro čtyřčlennou rodinu určitě důležitá skutečnost, proto je také důležité kolik automobil spotřebuje paliva, tedy kombinovaná spotřeba. Aby automobil měl výkon i při plném naložení, je důležitý výkon vozidla.

4.2. Výběr kritérií na základě popisu situace

Mezi nejdůležitější úkony ve vícekritériálním rozhodování patří bezesporu výběr vhodných kritérií, s kterými se v následné analýze počítá. V našem případě jsou všechny vozy zařazené v kategorii vozidel do 3,5 tuny, kde je pro obsluhu vyžadováno řídičské oprávnění kategorie B, a malé dodávky pro osobní použití označované též jako LAV (*leisure activity vehicle*).

Všechny vozy mají takřka identickou výbavu. Mezi tu patří především zatemnění zadních skel, kvůli dobrému pocitu převážené osoby, a také manuální převodovka. Vozidla jsou speciálně přestavena pro potřeby hendikepované osoby. Ve většině případů (s jednou výjimkou) jsou auta upravena pro 3+1, respektive 5+1 (tři spolujezdci včetně řidiče a jedna hendikepovaná osoba upoutána na invalidní vozík, respektive 5 spolujezdců a jedna hendikepovaná osoba). Mezi vybavení nezbytná pro potřebu pohodlného přístupu do vozidla patří hliníková sklopná nájezdová rampa se dvěma klouby s manuálním ovládním. Toto není jediné řešení jak naložit hendikepovanou osobu do vozidla, existují též nájezdové ližiny, speciální jeřábky atd. Tento způsob je však nejpohodlnější a nejméně stresující pro převáženou osobu a také nejméně náročný pro spolucestující. Dvě z těchto úprav, jmenovitě Renault, Dacia jsou originální přestavby od výrobce aut. Vozidla Citroën, Peugeot, Volkswagen jsou upraveny firmou API CZ s.r.o., jejichž veškeré úpravy jsou homologovány neboli úředně schváleny k použití v silničním provozu. Bezpečné naložení obstarávají ve všech případech přední samonavíjecí pásy, kterými je možné upoutání vozíku mimo vozidlo. Obsluha je manuální, kdy se nejdříve přední samonavíjecí pásy pomocí tlačítka uvolní, v druhé poloze jsou naopak aretovány a slouží jako bezpečné ukotvení osoby na vozíku uvnitř vozidla. Zadní samonavíjecí pásy aretují vozík zezadu a je na nich umístěn bezpečnostní pás. U všech vozů je podlaha protiskluzová, omyvatelná a snížená. Podlaha je snížená, aby se zvětšilo rozmezí mezi podlahou a stropem, a tudíž bylo auto přizpůsobené k pohodlnému sezení přepravované osoby.

Vozidla budou porovnávána z hlediska kritérií, v kterých se odlišují. Ty jsou seřazeny podle důležitosti sestupně. Rozhodovatelem při výběru a pomocníkem pro formulaci kritérií byla těžce hendikepovaná osoba, která měla možnost otestovat každý vybraný model automobilů.

Celková cena

Protože ve všech variantách se jedná o přestavbu vozidla (buď originální, nebo neoriginální), je cena za vozidlo spočtena jako součet hodnot na pořízení nového automobilu + přestavba v Kč s DPH. Toto kritérium je minimalizační, protože se snažíme o co největší minimalizaci pořizovacích výdajů. Ceny byly zjištěny, jak z internetových stránek jednotlivých prodejců aut, úpravců, tak individuálních nabídek. Někomu by se mohla zdát výše cen pořizovaných automobilů pro naši příjmovou skupinu příliš vysoká, avšak za určitých podmínek definovaných Ministerstvem práce a sociálních věcí, lze na automobil získat určitou částku jako příspěvek na zvláštní pomůcku spolu s odpočtem DPH.[6]

Prostor pro hendikepovanou osobu

Toto kritérium nám vyjadřuje prostor pro hendikepovanou osobu uvnitř automobilu a také ve smyslu pohodlí, co se týče osobního komfortu uvnitř automobilu. Toto kritérium je vyjádřeno ordinálním uspořádáním, tedy škálou od jedné do tří. Hodnota jedna připadá největšímu komfortu převážené osoby, kde má převážená osoba hodně pocitového místa kolem sebe, které umožňuje změnu polohování sklonu hendikepovaného. Takový komfort umožňuje umístění hendikepované osoby do úložného prostoru vozidla. Dvojkou náleží situaci, kdy je osoba umístěna ve druhé řadě sedadel za řidičem, vedle třetího místa pro spolujezdce, kde se hendikepovaný cítí jako součást posádky. Trojkou je ohodnocena situace, kdy je osoba umístěna v zavazadlovém prostoru za druhou řadou sedaček a má kolem sebe málo místa jak ke změně sklonu, tak z pocitového hlediska. V tomto případě je invalidní vozík umístěn na zadní nápravě, tudíž je zde pro hendikepovanou osobu cestování díky velkému přenosu rázů málo komfortní. Kritérium minimalizační.

Prostor při plném obsazení

Při přepravě těžce hendikepované osoby nám vzniká nutnost vozit sebou i další nezbytné pomůcky, např. jeřábek k přemístění z vozíku na postel, tudíž každý prostor, ač malý, je vždy výhodou. To beze sporu platí nejvíce při plném obsazení auta. Toto

kritérium bylo vyjádřeno ordinálním uspořádáním, škálou od jedné do tří, kde jednička znamená největší prostor, trojka nejmenší. Kritérium minimalizační.

Kombinovaná spotřeba

Pod tímto kritériem se udává hodnota spotřeby paliva, která je vždy uvedena na stránkách výrobců aut a v technickém průkazu a ukazuje, kolik auto spotřebuje benzínu/nafty na 100km. V rámci co nejmenších výdajů se jedná o kritérium minimalizační.

Výkon motoru

Udává se v kW a udává přímo sílu vykonané práce a ovlivňuje nám, jaký bude mít auto „tah“ při naložení, čím vyšší tím lepší. Toto kritérium je maximalizační.

Počet míst pro spolucestující

V našem případě se objevuje varianta čtyřikrát varianta čtyřmístného vozidla (3+1) a jedenkrát varianta šestimístného vozidla (5+1). Kritérium maximalizační.

Záruka

Standardní zákonem daná záruční doba jsou dva roky. Výrobci nabízejí různě dlouhé záruční doby. U námi vybraných automobilů v rozmezí 2-5 let. Kritérium maximalizační.

4.3. Stanovení vah kritérií

Váhy jednotlivých kritérií, byly stanoveny na základě vzájemných preferencí pomocí Saatyho matice viz. Tabulka 1., podle Popisu situace v kapitole 4.1. Postup výpočtu je popsán v kapitole 3.5., tyto váhy budeme používat i dále v metodě AHP.

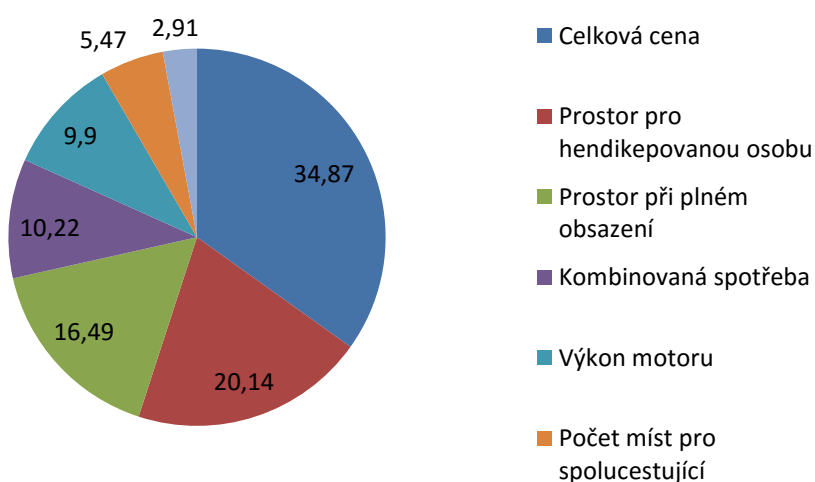
	Komb. sp.	Výkon m.	Záruka	Celková cena	Počet míst p.s.	Prostor pro h.o.	Prostor při p.o.	Geomean	Váhy
Komb. sp.	1	1	5	0,25	2	0,5	0,5	0,935061127	0,1022
Výkon m.	1	1	4	0,25	3	0,33333333	0,5	0,905723664	0,099
Záruka	0,2	0,25	1	0,1428571	0,3333333	0,2	0,2	0,266406236	0,0291
Celková cena	4	4	7	1	4	2,5	3	3,18979486	0,3487
Počet míst pro s.	0,5	0,3333333	3	0,25	1	0,25	0,25	0,5	0,0547
Prostor pro h.o.	2	3	5	0,4	4	1	1,5	1,842184881	0,2014
Prostor při p.o.	2	2	5	0,33333333	4	0,66666667	1	1,508529908	0,1649

Tabulka 1 – Váhy kritérií stanovené Saatyho metodou, vlastní práce

Index konzistence Saatyho matice I_s je 0,0460 a proto je matice považována za dostatečně konzistentní.

Z uvedené tabulky tedy vycházejí výsledné váhy takto, pro lepší přehlednost jsou znázorněny koláčovým grafem (Graf 7):

1. 34,87% Celková cena
2. 20,14% Prostor pro hendikepovanou osobu
3. 16,49% Prostor při plném obsazení
4. 10,22% Kombinovaná spotřeba
5. 9,90% Výkon motoru
6. 5,47% Počet míst pro spolucestující
7. 2,91% Záruka



Graf 7 – Grafické znázornění jednotlivých vah kritérií, vlastní práce

4.4. Výběr a popis variant

Varianty byly vybrány na základě průzkumu trhu, nabídek firem, které nabízejí kompletní přestavbu těchto vozů.

1. Citroën Berlingo Multispace

Motor	1.6 HDi
Výkon	84 kW
Komb. Spotřeba / Palivo	5,11 na 100km / diesel
Převodovka	Manuální
Cena vozidla	369 900 Kč
Cena úpravy	215 443 Kč
Celková cena	585 343 Kč
Úprava	3+1, neoriginální
Záruka	2
Výbava	Snížená podlaha, vnitřní výška 1,43m, Nájezdová rampa, Samonavíjecí pásy pro upoutání invalidního vozíku

Tabulka 2 – Parametry Citroën Berlingo Multispace, vlastní práce, [8], [9]



Obrázek 3 - Vozidlo Citroën Berlingo Multispace, www.apicz.com

2. Peugeot Partner Tepee

Motor	1.6L VTi
Výkon	88 kW
Komb. Spotřeba / Palivo	7,1l na 100km / benzín
Převodovka	Manuální
Cena vozidla	335 000 Kč
Cena úpravy	225 539 Kč
Celková cena	560 539 Kč
Úprava	3+1, neoriginální
Záruka	2
Výbava	Snížená podlaha, vnitřní výška 1,43m, Nájezdová rampa, Samonavíjecí pásy pro upoutání invalidního vozíku

Tabulka 3 – Parametry Peugeot Partner Tepee, vlastní práce, [10], [11]



Obrázek 4 - Peugeot Partner Tepee, www.apicz.com

3. Volkswagen Caddy Maxi

Motor	1.2 TSI
Výkon	77 kW
Komb. Spotřeba / Palivo	6,8l na 100km / benzín
Převodovka	Manuální
Cena vozidla	461 520 Kč
Cena úpravy	198 452 Kč
Celková cena	659 972 Kč
Úprava	5+1, neoriginální
Záruka	2
Výbava	Snížená podlaha, vnitřní výška 1,5m, Nájezdová rampa, Samonavíjecí pásy pro upoutání invalidního vozíku

Tabulka 4 – Parametry Volkswagen Caddy Maxi, vlastní práce, [12], [13]



Obrázek 5 - Volkswagen Caddy Maxi, www.apicz.com

4. Renault Kangoo

Motor	1.2 TCe
Výkon	85 kW
Komb. Spotřeba / Palivo	6,11 na 100km / benzín
Převodovka	Manuální
Cena vozidla	414 900 Kč
Cena úpravy	147 983 Kč
Celková cena	562 883 Kč
Úprava	3+1, originální
Záruka	5
Výbava	Snížená podlaha, vnitřní výška 1,46m, Nájezdová rampa, Samonavíjecí pásy pro upoutání invalidního vozíku

Tabulka 5 – Parametry Renault Kangoo, vlastní práce, [14]



Obrázek 6 - Renault Kangoo, www.renault-tech.cz

5. Dacia Doker WAV

Motor	1.6
Výkon	60,5 kW
Komb. Spotřeba / Palivo	9,01 na 100km / benzín
Převodovka	Manuální
Cena vozidla	249 000 Kč
Cena úpravy	195 750 Kč
Celková cena	445 650 Kč
Úprava	3+1, originální
Záruka	3
Výbava	Snížená podlaha, vnitřní výška 1,43m, Nájezdová rampa, Samonavíjecí pásy pro upoutání invalidního vozíku

Tabulka 6 – Parametry Dacia Doker WAV, vlastní práce, [15]



Obrázek 7 - Dacia Doker WAV, www.renault-tech.cz

4.5. Výpočet metodou AHP

V tabulce 7 jsou uvedeny všechny varianty spolu s hodnotami jejich kritérií. Pro jednodušší zjednodušení od následující tabulky budeme každou variantu označovat písmenem od A-E.

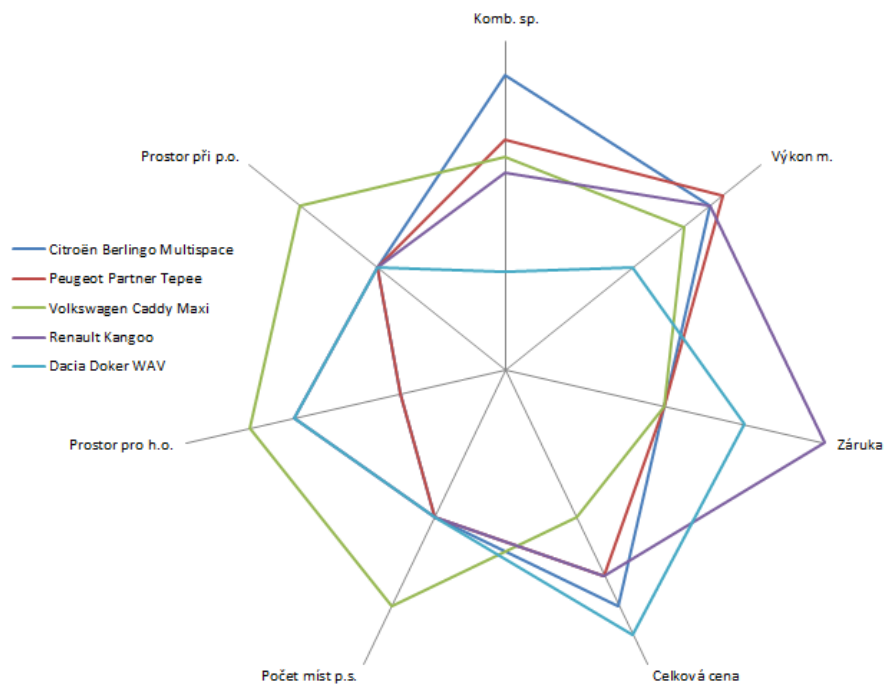
	Komb. sp. (l/100km)	Výkon m. (kW)	Záruka (roky)	Celková cena (Kč)	Počet míst p.s.	Prostor pro h.o.	Prostor při p.o.
A- Citroën Berlingo Multispace	5,1	84	2	585343	3	3	2
B - Peugeot Partner Tepee	7,1	88	2	560539	3	3	2
C - Volkswagen Caddy Maxi	6,8	77	2	659972	5	1	1
D - Renault Kangoo	6,1	85	5	562883	3	2	2
E - Dacia Doker WAV	9	61	3	445650	3	2	2

min max max min max min min

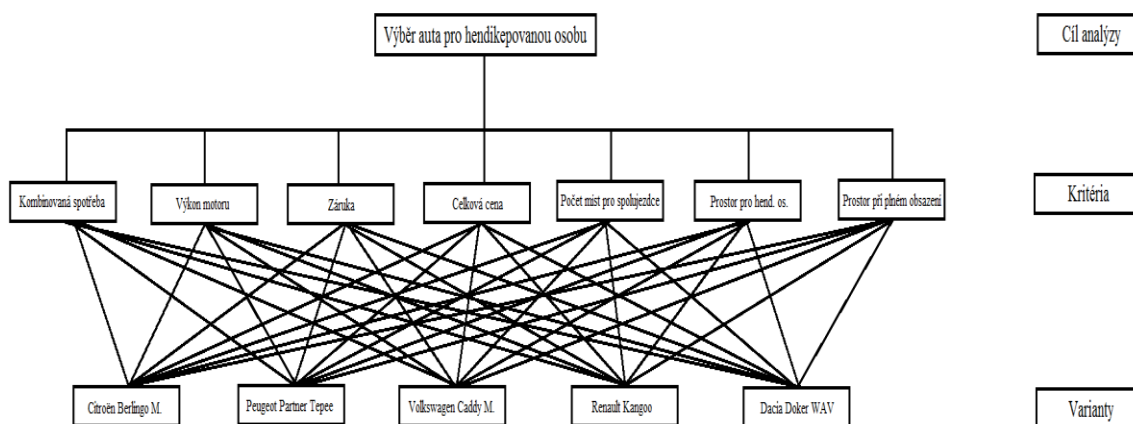
Tabulka 7 – Vstupní data automobilů, vlastní práce

4.6. Grafické znázornění variant

V následujícím paprskovém grafu je vidět vzájemná nedominance variant, která je podmínkou pro použití vícekritériálních modelů a následnému vybrání kompromisní varianty.



Graf 8 - Vzájemná nedominance kritérií, vlastní práce



Graf 9 - Hierarchická struktura vícekritériální analýzy variant, vlastní práce

4.7. Porovnání variant z hlediska jednotlivých kritérií

Pro každé kritérium je nutné sestavit tabulku a použít Saatyho metodu k párového porovnání preference mezi jednotlivými variantami.

Kombinovaná spotřeba

Index konzistence tabulky je 0,0799 a je přípustný.

		Kombinovaná spotřeba						
Hodnota		A	B	C	D	E	Geomean	Váhy
5,1	A	1	6	5	3	7	3,629678	0,48998
7,1	B	0,2	1	0,3	0,2	3	0,517282	0,069829
6,8	C	0,2	3	1	0,3	5	1	0,134993
6,1	D	0,3	4,5	3	1	7	1,993711	0,269136
9	E	0,1	0,3	0,2	0,1	1	0,267142	0,036062
		1,8	15	9,5	4,7	23	7,407813	

Tabulka 8 - párové porovnání variant podle kritéria Kombinovaná spotřeba, vlastní práce

Výkon motoru

Index konzistence tabulky je 0,0034 a je přípustný.

		Výkon						
Hodnota		A	B	C	D	E	Geomean	Váhy
84	A	1	1	2	1	4	1,515717	0,265058
88	B	1	1	2	1	4	1,515717	0,265058
77	C	0,5	0,5	1	0,5	3	0,821876	0,143724
85	D	1	1	2	1	4	1,515717	0,265058
61	E	0,3	0,3	0,3	0,3	1	0,349414	0,061103
		3,8	3,8	7,3	3,8	16	5,718439	

Tabulka 9 - párové porovnání variant podle kritéria Výkon motoru, vlastní práce

Záruka

Index konzistence tabulky je 0,0015 a je přípustný.

		Záruka						
Hodnota		A	B	C	D	E	Geomean	Váhy
2	A	1	1	1	0,2	0,5	0,630957	0,098872
2	B	1	1	1	0,2	0,5	0,630957	0,098872
2	C	1	1	1	0,2	0,5	0,630957	0,098872
5	D	5	5	5	1	3	3,271947	0,51272
3	E	2	2	2	0,3	1	1,216729	0,190664
		10	10	10	1,9	5,5	6,381548	

Tabulka 10 - párové porovnání variant podle kritéria Záruka, vlastní práce

Celková cena

Index konzistence tabulky je 0,0768 a je přípustný.

		Celková cena						
Hodnota		A	B	C	D	E	Geomean	Váhy
585343	A	1	0,5	4	0,5	0,2	0,698827	0,095047
560539	B	2	1	6	1	0,2	1,191358	0,162036
659972	C	0,3	0,2	1	0,2	0,1	0,250789	0,03411
562883	D	2	1	6	1	0,2	1,191358	0,162036
445650	E	6	5	7	5	1	4,020109	0,546772
		11	7,7	24	7,7	1,7	7,352441	

Tabulka 11 - párové porovnání variant podle kritéria Celková cena, vlastní práce

Míst pro spolucestující

Index konzistence tabulky je 0 a je přípustný.

		Míst pro spolucestující						
Hodnota		A	B	C	D	E	Geomean	Váhy
3	A	1	1	0,3	1	1	0,757858	0,125
3	B	1	1	0,3	1	1	0,757858	0,125
5	C	4	4	1	4	4	3,031433	0,5
3	D	1	1	0,3	1	1	0,757858	0,125
3	E	1	1	0,3	1	1	0,757858	0,125
		8	8	2	8	8	6,062866	

Tabulka 12 - párové porovnání variant podle kritéria Míst pro spolucestující, vlastní práce

Prostor pro hendikepovanou osobu

Index konzistence tabulky je 0,0138 a je přípustný.

		Prostor pro hendikepovanou osobu						
Hodnota		A	B	C	D	E	Geomean	Váhy
3	A	1	1	0,2	0,4	0,4	0,513076	0,083094
3	B	1	1	0,2	0,4	0,4	0,513076	0,083094
1	C	4,5	4,5	1	3	3	2,832263	0,458692
2	D	2,5	2,5	0,3	1	1	1,158115	0,18756
2	E	2,5	2,5	0,3	1	1	1,158115	0,18756
		12	12	2,1	5,8	5,8	6,174644	

Tabulka 13 - párové porovnání variant podle kritéria Prostor pro hendikepovanou osobu, vlastní práce

Prostor při plném obsazení

Index konzistence tabulky je 0 a je přípustný.

		Prostor při plném obsazení						
Hodnota		A	B	C	D	E	Geomean	Váhy
2	A	1	1	0,3	1	1	0,802742	0,142857
2	B	1	1	0,3	1	1	0,802742	0,142857
1	C	3	3	1	3	3	2,408225	0,428571
2	D	1	1	0,3	1	1	0,802742	0,142857
2	E	1	1	0,3	1	1	0,802742	0,142857
		7	7	2,3	7	7	5,619191	

Tabulka 14 - párové porovnání variant podle kritéria Prostor při plném obsazení, vlastní práce

4.8. Výsledné hodnocení

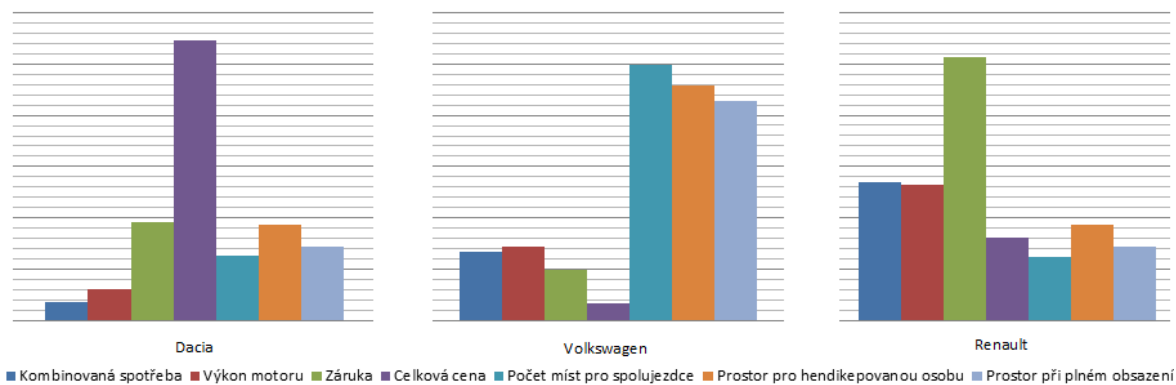
Po vložení výpočtů vah jednotlivých kritérií do původní tabulky 7 dostaneme po skalárním vynásobení s transponovanou maticí vah s tabulkou 1 výsledné hodnocení variant.

	Spotřeba kom.	Výkon	Záruka	Celková cena	Míst	Prostor pro tp.o.	Prostor při p.o.	
A	0,489979731	0,26505774	0,098872151	0,095046955	0,125	0,083093976	0,142857143	0,159474966
B	0,06982923	0,26505774	0,098872151	0,162035699	0,125	0,083093976	0,142857143	0,139886869
C	0,134992613	0,143723819	0,098872151	0,034109579	0,5	0,458692412	0,428571429	0,233179052
D	0,2691362	0,26505774	0,512719973	0,162035699	0,125	0,187559817	0,142857143	0,193349619
E	0,036062227	0,06110296	0,190663574	0,546772067	0,125	0,187559817	0,142857143	0,274109495
	0,10221816	0,099011074	0,029122754	0,348699086	0,054658544	0,201382287	0,164908097	

Tabulka 15 – Výsledná tabulka metody AHP zobrazující doporučené alternativy, vlastní práce

Z uvedené tabulky tedy vycházejí výsledné alternativy takto:

1. 27,41% Dacia Doker WAV
2. 23,32% Volkswagen Caddy Maxi
3. 19,33% Renault Kangoo
4. 15,95% Maxi Peugeot Partner Tepee
5. 13,99% Citroën Berlingo Multispace



5. Závěr

V této práci byla popsána teoretická východiska modelů vícekriteriálního rozhodování, konkrétně modelů vícekriteriální analýzy variant. Cílem vlastní práce bylo nalezení kompromisní varianty, tedy nejvhodnější varianty automobilu pro hendikepovanou osobu za použití těchto modelů na praktickém příkladu. Nejdříve jsme popsali výchozí situaci, podle které se následně vybralo a popsalo sedm kritérií a představilo pět variant vozidel. Výpočty byly provedeny pomocí Saatyho metody párového porovnávání, pomocí které jsme nejdřív porovnali jednotlivá kritéria mezi sebou a tím zjistili jejich váhy. Dále jsme porovnali jednotlivé varianty z hlediska jednotlivých kritérií, jejichž výsledky jsme vložili do výchozí tabulky vstupních dat metody AHP, kdy jsme je pak skalárně vynásobili s váhami a dostali tak výsledek.

Kompromisní, tedy navrhovanou variantou doporučenou ke koupi je vozidlo Dacia Doker WAV, především díky nejnižší celkové ceně a zároveň vysoké hodnotě preference tohoto kritéria. Druhou variantou je Volkswagen Caddy Maxi, který obsadil tuto pozici díky kritériím počet míst pro spolujezdce, prostor pro hendikepovanou osobu a prostor při plném obsazení. Třetí je Renault Kangoo, který je zase lepší v kritériích záruka, výkon motoru a kombinovaná spotřeba. Po prozkoumání výsledků, je jasně vidět že velmi záleží na preferencích rozhodovatele. Tímto byla předvedena užitečnost modelů v praxi a spolu s výběrem kompromisní varianty byl splněn cíl této práce.

6. Seznam použitých zdrojů

1. ŠUBRT, T. et al. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2
2. FIALA, P., JABLONSKÝ, J., MAŇAS, M. *Vícekritériální rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1997. ISBN 80-707-9748-7
3. BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT T. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009. 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3
4. BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M. *Základní metody operační analýzy. 1. Vydání*. ČZU, Praha 2008, ISBN 978-80-213-0951-7
5. HOUŠKA, M., ZIP - *Vícekritériální rozhodování*, dostupné na [www: http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79](http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79)
6. Ministerstvo práce a sociálních věcí, *Dávky pro osoby se zdravotním postižením*, dostupné na [www: http://www.mpsv.cz/cs/8#dsp](http://www.mpsv.cz/cs/8#dsp)
7. FOTR, J.: DĚDINA J., HRŮZOVÁ H.: *Manažerské rozhodování*, Ekopress, Praha, 2003, 250s., ISBN 80-86119-69-6
8. Bezbariérová vozidla API CZ s.r.o., *Citroën Berlingo*, dostupné na [www: http://www.apicz.com/cz/produkty/bezbarierova-vozidla/citroen-berlingo](http://www.apicz.com/cz/produkty/bezbarierova-vozidla/citroen-berlingo)
9. Ceníky a dokumentace, *Citroën Česká republika s.r.o.* dostupné na [www: http://www.citroen.cz/kontakty/ceniky-a-dokumentace/](http://www.citroen.cz/kontakty/ceniky-a-dokumentace/)
10. Bezbariérová vozidla API CZ s.r.o., *Peugeot Partner Tepee*, dostupné na [www: http://www.apicz.com/cz/produkty/bezbarierova-vozidla/peugeot-partner](http://www.apicz.com/cz/produkty/bezbarierova-vozidla/peugeot-partner)
11. Katalogy, ceníky, technické údaje a příslušenství, Peugeot Česká republika s.r.o. dostupné na [www: http://peugeot.ecpaper.cz/osobni/Partner/Partner-Tepee/Peugeot-Partner-Tepee-cenik/](http://peugeot.ecpaper.cz/osobni/Partner/Partner-Tepee/Peugeot-Partner-Tepee-cenik/)
12. Bezbariérová vozidla API CZ s.r.o., *Volkswagen Caddy Maxi*, dostupné na [www: http://www.apicz.com/cz/produkty/bezbarierova-vozidla/volkswagen-caddy-maxi](http://www.apicz.com/cz/produkty/bezbarierova-vozidla/volkswagen-caddy-maxi)
13. Ceníky a data Porsche Česká republika, s.r.o. dostupné na [www: http://www.vw-uzitkove.cz/modely/caddy/ceniky_a_data/technicka_data](http://www.vw-uzitkove.cz/modely/caddy/ceniky_a_data/technicka_data)
14. Renault-TECH – Váš partner pro mobilitu bez hranic *Renault Kangoo 3+1*, dostupné na <http://renault-tech.cz/renault-kangoo-4-mistne>

15. Renault-TECH – Váš partner pro mobilitu bez hranic *Dacia Dokker WAV*, dostupné na <http://renault-tech.cz/dacia>

Seznam tabulek

Tabulka 16 – Váhy kritérií stanovené Saatyho metodou	27
Tabulka 17 – Parametry Citroën Berlingo Multispace	28
Tabulka 18 – Parametry Peugeot Partner Tepee	29
Tabulka 19 – Parametry Volkswagen Caddy Maxi	29
Tabulka 20 – Parametry Renault Kangoo	30
Tabulka 21 – Parametry Dacia Doker WAV	30
Tabulka 22 – Vstupní data automobilů	31
Tabulka 23 - párové porovnání variant podle kritéria Kombinovaná spotřeba	33
Tabulka 24 - párové porovnání variant podle kritéria Výkon motoru	33
Tabulka 25 - párové porovnání variant podle kritéria Záruka	34
Tabulka 26 - párové porovnání variant podle kritéria Celková cena	34
Tabulka 27 - párové porovnání variant podle kritéria Míst pro spolucestující	35
Tabulka 28 - párové porovnání variant podle kritéria Prostor pro h.osobu	35
Tabulka 29 - párové porovnání variant podle kritéria Prostor při plném obsazení	35
Tabulka 30 – Výsledná tabulka metody AHP zobrazující doporučené alternativy	36

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Kriteriační matice	14
Obrázek 2 – Saatyho matice	18
Obrázek 3- Vozidlo Citroën Berlingo Multispace	28
Obrázek 4 - Peugeot Partner Tepee	29
Obrázek 5 - Volkswagen Caddy Maxi	29
Obrázek 6 - Renault Kangoo	30
Obrázek 7 - Dacia Doker WAV	30

Seznam grafů

Graf 1 – Nedominované a dominované varianty	13
Graf 2 - Metody kvantifikace preference mezi kritérii a jejich výstupy	16
Graf 3 - Metody kvantifikace preferencí mezi variantami	16
Graf 4 - Hierarchická struktura typické úlohy vícekritériální analýzy variant	21
Graf 5 - Hierarchická struktura úlohy vícekritériální analýzy variant pro hodnocení více experty	21
Graf 6 – Syntéza preferenčních hodnot	22

Graf 7 – Grafické znázornění jednotlivých vah kritérií	27
Graf 8 - Vzájemná nedominance kritérií	32
Graf 9 - Hierarchická struktura vícekritériální analýzy variant	32
Graf 10- Porovnání preferencí kritérií jednotlivých variant, vlastní práce	36
Seznam vzorců	
Vzorec 1 – Index konzistence	18
Vzorec 2 – Geometrický průměr řádků Saatyho matice	19
Vzorec 3 - Stanovení vah	19