

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

**Vícekriteriální rozhodování a jeho využití při řízení
podniku**

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Štěpán Zadina**
Osobní číslo: **E19357**
Studijní program: **B0413A050008 Ekonomika a management**
Specializace: **Ekonomika a provoz podniku**
Téma práce: **Vícekritériální rozhodování a jeho využití při řízení podniku**
Zadávající katedra: **Ústav matematiky a kvantitativních metod**

Zásady pro vypracování

Cíl práce: Popsat vybrané metody vícekritériálního hodnocení variant a navazujícího vícekritériálního rozhodování a na příkladu ukázat možnost jejich využití v rámci podnikového managementu.

Osnova:

- Úvod do teorie rozhodování.
- Základní metody vícekritériálního rozhodování.
- Ukázka využití vícekritériálního rozhodování v podnikové praxi.
- Zhodnocení výsledků rozhodovacího procesu.

Rozsah pracovní zprávy: **35**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BROŽOVÁ, Helena, Tomáš ŠUBRT a Milan HOUŠKA. *Modely pro řízení znalostí a podporu rozhodování*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1633-1.
FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS. *Vícekritériální rozhodování: Určeno pro stud. všech fak.* Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.
RAMÍK, Jaroslav. *Vícekritériální rozhodování – analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná: Slezská univerzita, 1999. ISBN 80-7248-047-2.
ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Hana Boháčová, Ph.D.**
Ústav matematiky a kvantitativních metod

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2022**

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Michaela Kotková Střiteská, Ph.D. v.r.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2021

Prohlašuji:

Práci s názvem Vícekriteriální rozhodování a jeho využití při řízení podniku jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 4. 2022

Štěpán Zadina v. r.

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucí této bakalářské práce Mgr. Haně Boháčové, Ph. D. za odbornou pomoc, čas, vstřícnost, cenné rady a připomínky a ochotu při vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat předsedovi představenstva firmy Hrochostroj a. s. panu Ing. Martinu Varechovi, MBA za vstřícnost, ochotu a čas, který mi věnoval a bez něhož by nemohla tato práce vzniknout. V neposlední řadě bych rád poděkoval rodině a přátelům za podporu během mých studijních let.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá oblastí vícekriteriálního rozhodování a využitím metody AHP při výběru čističky štěrkového lože. První část se věnuje rozhodování. Druhá část popisuje vícekriteriální rozhodování a třetí část vysvětluje metody a postupy vícekriteriálního hodnocení variant. V poslední části je praktická ukázka využití metody AHP se Saatyho postupy při výběru čističky štěrkového lože.

KLÍČOVÁ SLOVA

rozhodování, vícekriteriální rozhodování, Saatyho metoda, metoda AHP, kriteriální matice

TITLE

Multi-criteria decision making and its use in business management

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with multicriteria decision making and the use of the AHP method in the selection of a ballast cleaner. The first part deals with decision making. The second part describes multi-criteria decision making and the third part explains the methods and procedures of multi-criteria evaluation of variants. The last part is a practical example of the use of the AHP method with Saaty's procedures in the selection of a ballast cleaner.

KEYWORDS

decision making, multi-criteria decision making, Saaty's method, method AHP, criteria matrix

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD	12
1 ROZHODOVÁNÍ.....	13
1.1 Struktura rozhodovacích procesů	14
1.2 Prvky rozhodovacího procesu	16
1.3 Dělení rozhodovacích procesů a problémů	17
2 VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ.....	19
2.1 Historie vícekriteriálního rozhodování	19
2.2 Podstata vícekriteriálního rozhodování	19
3 ÚLOHY VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT (VHV)	21
3.1 Základní pojmy	21
3.2 Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant	21
3.3 Kritéria a dělení kritérií.....	22
3.3 Varianty se speciálními vlastnostmi	24
3.4 Metody odhadu vah kritérií.....	25
3.4.1 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií	25
3.4.2 Stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií.....	26
3.5 Charakteristika vybraných metod vícekriteriálního hodnocení variant	31
3.5.1 Metoda TOPSIS	31
3.5.2 Metoda váženého součtu.....	31
3.5.3 Lexikografická metoda	32
3.5.4 Metoda AHP	32

4 VYUŽITÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ V KONKRÉTNÍM PODNIKU	35
4.1 Charakteristika společnosti Hrochostroj a. s.	35
4.2 Popis rozhodovacího problému.....	36
4.2.1 Volba kritérií pro rozhodování	36
4.2.2 Popis jednotlivých variant	37
4.2.3 Vytvoření kritériální matice a stanovení vah kritérií	40
4.2.4 Hodnocení variant podle jednotlivých kritérií	42
4.2.5 Shrnutí a celkové vyhodnocení.....	53
4.2.6 Závěrečné hodnocení	55
ZÁVĚR	56
POUŽITÁ LITERATURA	58
PŘÍLOHY.....	60

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Struktura rozhodovacího procesu podle Simona.....	14
Obrázek 2 - kritériální matice Y	23
Obrázek 3 - Ukázka Fullerova trojúhelníku	26
Obrázek 4 - Odhad obsahu geometrických útvarů.....	30
Obrázek 5 - Analytický hierarchický proces.....	33
Obrázek 6 – Čistička štěrkového lože RM – 85/750 (1).....	38
Obrázek 7 - Čistička štěrkového lože RM - 85/750 (2).....	38
Obrázek 8 - Čistička štěrkového lože C 75 za provozu	40
Obrázek 9 - Grafické znázornění vah kritérií	42
Obrázek 10 - Graf porovnání variant podle kritéria K1.....	44
Obrázek 11 - Graf porovnání variant podle kritéria K2.....	45
Obrázek 12 - Graf porovnání variant podle kritéria K3.....	46
Obrázek 13 - Graf porovnání variant podle kritéria K4.....	47
Obrázek 14 - Graf porovnání variant podle kritéria K5.....	48
Obrázek 15 - Graf porovnání variant podle kritéria K6.....	49
Obrázek 16 - Graf porovnání variant podle kritéria K7.....	50
Obrázek 17 - Graf porovnání variant podle kritéria K8.....	51
Obrázek 18 - Graf porovnání variant podle kritéria K9.....	52
Obrázek 19 - Graf porovnání variant podle kritéria K10.....	53
Obrázek 20 - Souhrnný graf dílčích ohodnocení	54
Obrázek 21 - Graf celkového vyhodnocení variant	55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Příklad Saatyho metody.....	30
Tabulka 2 - Saatyho metoda	31
Tabulka 3 - Kritéria stanovená firmou.....	36
Tabulka 4 - Dostupné parametry čističky RM – 85/750.....	37
Tabulka 5 – Dostupné parametry čističky C 75.....	39
Tabulka 6 - Kriteriaální matice.....	40
Tabulka 7 - Saatyho matice	41
Tabulka 8 - Hodnocení variant podle kritéria K1	43
Tabulka 9 - Hodnocení variant podle kritéria K2	44
Tabulka 10 - Hodnocení variant podle kritéria K3	45
Tabulka 11 - Hodnocení variant podle kritéria K4	46
Tabulka 12 - Hodnocení variant podle kritéria K5	47
Tabulka 13 - Hodnocení variant podle kritéria K6	48
Tabulka 14 - Hodnocení variant podle kritéria K7	49
Tabulka 15 - Hodnocení variant podle kritéria K8	50
Tabulka 16 - Hodnocení variant podle kritéria K9	51
Tabulka 17 - Hodnocení variant podle kritéria K10	52
Tabulka 18 - Souhrnná tabulka ohodnocení variant	53

SEZNAM ZKRATEK

AHP	Analytic Hierarchy Process
VR	Vícekriteriální rozhodování
VHV	Vícekriteriální hodnocení variant
VP	Vícekriteriální programování
a. s.	Akciová společnost
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
WSA	Weighted Sum Approach
CI	Index konzistence
CR	Poměr konzistence
RI	Náhodný index konzistence

ÚVOD

Rozhodování tvoří základ běžného života všech lidí. Každý musí denně vykonat mnoho rozhodnutí, ať už banálních jako například výběr pečiva v samoobsluze nebo důležitých, kde se jedná například o výběr školy, zaměstnání apod. Pokud existuje alespoň dvě nebo více variant, člověk už musí činit rozhodování. Každý má jisté preference, jistá kritéria, podle kterých činí jistá rozhodnutí. Na rozhodování má ale, dle mého názoru, velký vliv lidské subjektivní prožívání, které zapříčiní, že při rozhodování bez důkladného promyšlení nemusí dojít k výběru té objektivně nejpříznivější varianty.

Hlavní nositel schopnosti rozhodovat se je manažer. Ten musí denně činit mnoho rozhodnutí různé důležitosti. Nejdůležitější rozhodnutí jsou na bedrech top manažera, který musí činit velice důležitá rozhodnutí, která se neopakují a vyžadují jistou míru kreativity a novosti. K tomu, aby se především manažer, ale i kdokoliv jiný dokázal co nejlépe (nejobjektivněji) rozhodnout a vybrat tu nejlepší variantu (varianty) rozhodování, slouží právě metody vícekriteriálního rozhodování. Tyto metody manažerovi pomáhají vést podnik k prosperitě a vyhnout se špatným rozhodnutím, která by mohla mít fatální důsledky.

K dobrému rozhodování je důležité mít kvalitní informace a jejich dostatek. Nekvalitní informace by mohly způsobit nekvalitní rozhodnutí a zkreslení celého rozhodovacího problému.

Cílem této bakalářské práce je přiblížit proces rozhodování, metody vícekriteriálního hodnocení variant a ukázat možnost využití těchto metod v managementu podniku.

První část této práce se věnuje rozhodování a rozhodovacímu procesu. Jsou zde popsány prvky, struktura a dělení rozhodovacího procesu. Druhá část se věnuje úvodu do vícekriteriálního rozhodování včetně lehkého historického exkurzu a následuje kapitola, která se věnuje vícekriteriálnímu hodnocení variant. Zde jsou vysvětleny pojmy, kritéria, varianty, členění těchto zmíněných a samotné vybrané metody vícekriteriálního hodnocení variant (VHV). Poslední část této práce se věnuje využití metod VHV v podniku.

1 ROZHODOVÁNÍ

Rozhodování lze zařadit mezi jednu z nejvýznamnějších činností, kterou manažeři realizují v rámci managementu. Manažerské funkce lze rozčlenit na dvě skupiny, a to na sekvenční, které se realizují v určitém časovém sledu a obsahují plánování, organizování, výběr a rozmístění pracovníků, vedení lidí a kontrolu, a na průběžné, které v podstatě prostupují sekvenční manažerské funkce. Mezi ty průběžné, kromě analýzy činností a komunikace, patří právě rozhodování. Nekvalitní rozhodování může být jednou z hlavních příčin podnikatelského neúspěchu. (Fotr, 2010, s. 17)

Rozhodování lze charakterizovat jako proces, ve kterém je nutno vybrat jediné rozhodnutí z minimálně dvou možných variant rozhodnutí. Cíl rozhodovacího procesu je vybrat tu variantu, která je z určitého hlediska nejvýhodnější. (Šubrt, 2019, s. 116; Fotr, 2010, s. 17)

Rozlišujeme dvě stránky rozhodovacích procesů probíhajících na různých úrovních řízení, a to stránku meritorní (věcnou, obsahovou) a formálně logickou (procedurální). Věcná stránka udává odlišnosti jednotlivých rozhodovacích procesů, resp. jejich typů. Každý tento typ rozhodovacího procesu má svá specifika, která jsou zdrojem odlišností těchto procesů. Například na základě obsahové náplně se vzájemně bude lišit rozhodování o uvedení výrobku na trh a rozhodování o příjmu nového zaměstnance. Procedurální stránka zobrazuje skutečnost, že jednotlivé rozhodovací procesy mají určité společné rysy a vlastnosti, a to bez ohledu na jejich rozdílnou obsahovou náplň. Spojením mezi nimi vzniká určitý rámcový postup řešení. (Fotr, 2010, s. 18)

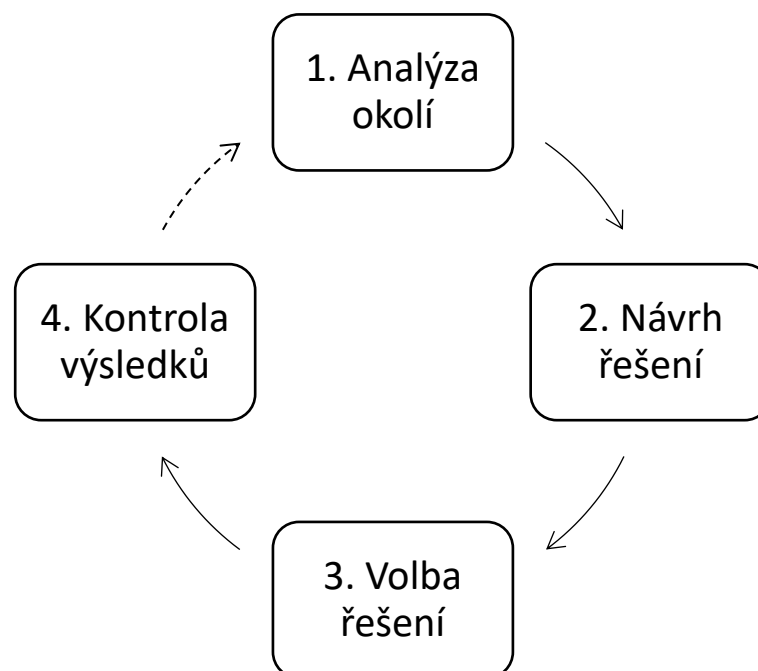
Rozhodujícím subjektem je běžně člověk, nebo jednomyslně vystupující kolektiv lidí, který jako představitel vlastních zájmů nebo zájmů nějaké skupiny vykonává výběr alternativ. Situace, ve kterých je potřebné vykonat výběr jedné z většího počtu alternativ, tzn. rozhodnout se jsou nazývány rozhodovacími situacemi. Výběr alternativ směřuje k určitým výsledkům rozhodovací situace. Tyto výsledky mohou být z hlediska zájmů rozhodujícího se subjektu horší, nebo lepší. Když rozhodující se subjekt vychází z porovnání možných výsledků a snaží se vybrat v jistém smyslu nejlepší alternativu, je nazýván racionálním účastníkem rozhodovací situace. Výsledky rozhodování z hlediska zájmů racionálního účastníka je možné hodnotit pomocí jednoho nebo více kritérií (atributů, charakteristik) a pomocí vah, které stanovují preferenci daných kritérií. Potom výběr v „jistém smyslu nejlepší“ alternativy je označován optimálním rozhodováním. (Krupka, 2012, s. 7)

1.1 Struktura rozhodovacích procesů

Vzájemně závislé a návazné aktivity, jež tvoří náplň rozhodovacích procesů, lze rozložit do určitých složek, které se označují jako etapy (fáze) těchto procesů. Rozhodovací proces lze rozčlenit do etap více způsoby, a to buď podrobněji (rozlišujeme větší počet dílčích složek) nebo agregovaněji, kdy se rozloží rozhodovací proces do poměrně malého počtu etap. (Fotr, 2010, s. 22)

Jako příklad agregovanějšího členění rozhodovacího procesu lze uvést přístup Simona, který rozlišuje tyto čtyři etapy: (Fotr, 2010, s. 22; Müllerová, 2020, s. 18)

1. **Analýza okolí** (intelligence activity), která zahrnuje zjišťování podmínek vyvolávající nutnost rozhodovat, identifikaci rozhodovacích problémů a určení jejich příčin.
2. **Návrh řešení** (design activity) zaměřený na hledání, tvorbu, rozvíjení a analýzu možných směrů činnosti.
3. **Volba řešení** (choice activity) zahrnuje hodnocení variantních směrů činnosti navržených v předchozí etapě, která vede k volbě varianty určené k realizaci.
4. **Kontrola výsledků** (review activity) zaměřená na hodnocení reálně dosažených výsledků varianty po její realizaci a jejich posuzování vzhledem k předem daným cílům. Výsledky této etapy pak mohou dát impuls k novému rozhodovacímu procesu.



Obrázek 1 – Struktura rozhodovacího procesu podle Simona

Zpracováno dle: (Fotr, 2010, s. 22)

Podrobnější členění rozhodovacích procesů rozlišuje například tyto etapy: (Fotr, 2010, s. 23; Bureš, 2018, s. 20)

1. Identifikace rozhodovacího problému.

Obsahem této etapy je především získávání, analýza a vyhodnocování informací různého typu o firmě a jejím okolí, jejichž výstupem je identifikace jistých situací, které vyžadují řešení (měly by dát impuls zahájení rozhodovacího procesu).

2. Analýza a formulace rozhodovacích problémů.

Tato fáze je zaměřena na hlubší poznání problému, určení jeho základních prvků, vyjasnění podstaty zahrnující stanovení příčin vzniku problému a cílů jeho řešení. Výsledkem této etapy je vymezení rozhodovacího problému.

3. Stanovení kritérií hodnocení variant.

Podle stanovených kritérií dojde k posouzení a hodnocení navržené varianty řešení rozhodovacího problému.

4. Tvorba variant řešení rozhodovacího problému (variant rozhodování).

Výsledkem této fáze je nalezení a formulace takových směrů činnosti, které zajistí dosažení cílů řešení daného problému. V této etapě jsou kladeny vysoké nároky na tvůrčí aktivity.

5. Stanovení důsledků variant rozhodování.

V této etapě jde o posouzení předpokládaných dopadů (účinků) jednotlivých variant rozhodování z hlediska vybraného souboru kritérií hodnocení.

6. Hodnocení důsledků variant rozhodování a výběr varianty určené k realizaci.

(může jít i o uskutečnění více vzájemně se nevyklučujících variant)

Výstupem hodnocení procesu může být buď určení celkově nejvýhodnější (optimální) varianty nebo stanovení tzv. preferenčního uspořádání variant, tj. jejich seřazení podle celkové výhodnosti, přičemž realizováno může být – a to v závislosti na zdrojových omezeních (často finančních prostředků) – několik variant z prvních pozic tohoto uspořádání.

7. Realizace zvolené varianty rozhodování.

Tato etapa již představuje praktickou implementaci rozhodnutí (např. vybudování nové výrobní linky určité velikosti, přijetí vybraného pracovníka do vrcholového vedení firmy, vytvoření společného podniku s vybraným partnerem atd.)

8. Kontrola výsledků realizované varianty

V této závěrečné fázi jde především o určení odchylek skutečně dosažených výsledků realizace vzhledem ke stanoveným cílům, resp. k předpokládaným výsledkům řešení. V případě objevení významnějších odchylek je třeba připravit a realizovat nápravná (korekční) opatření. Popřípadě pokud se cíle jeví jako nereálné, je třeba je korigovat.

1.2 Prvky rozhodovacího procesu

Mezi základní prvky rozhodovacího procesu patří: (Fotr, 2010, s. 25)

- **Cíl (cíle) rozhodování**

Cílem rozhodování rozumíme stav firmy, kterého se má řešením rozhodovacího problému dosáhnout (např. snížení nákladů, zvýšení spokojenosti zaměstnanců firmy aj.). Zpravidla existuje většinou více cílů, kterých chce firma dosáhnout. Často mezi dílčími cíli existují určité vazby. Může jít buď o komplementaritu dílčích cílů (cíle se vzájemně doplňují a podporují) nebo mohou být cíle konfliktní, kdy růst hodnot jednoho cíle je spojen s poklesem hodnot cíle jiného.

- **Kritéria hodnocení**

Kritéria hodnocení musí být určena tak, aby jednotlivé varianty mohly být co nejpřesněji posouzeny. Představují hlediska zvolená rozhodovatelem (na základě jeho hodnotové soustavy), která slouží k posouzení výhodnosti jednotlivých variant řešení. Kritéria hodnocení mají zpravidla úzký vztah s cíli rozhodování, jelikož se od nich odvozují. Cíle se vyjadřují jako maximalizační (např. zvýšení zisku), minimalizační (např. snížení nákladů), popřípadě dosažení určitých hodnot.

- **Subjekt rozhodování**

Subjektem rozhodování se myslí osoba, která rozhoduje (tj. má pravomoc rozhodnout a rozhodnutí realizovat. Subjektem rozhodování může být jednotlivec nebo skupina lidí (orgán).

- **Objekt rozhodování**

„Objekt rozhodování je konkrétní problémová, konfliktní situace, ve které je nutné vybrat právě jedno z možných rozhodnutí.“ (Šubrt, 2011, s. 117)

- **Varianta řešení**

Varianta řešení problému představuje možný způsob jednání rozhodovatele, který má vést k řešení problému, resp. ke splnění daných cílů.

- **Stavy světa**

Stavy světa (scénáře, rizikové situace) jsou budoucí vzájemně se vylučující situace, které mohou po realizaci varianty nastat.

1.3 Dělení rozhodovacích procesů a problémů

Rozhodovací procesy lze dělit mnoha způsoby např. podle míry složitosti problému nebo dle míry jistoty realizace jednotlivých variant.

Není vždy jednoduché přesně popsat složité problémy a nalézt jejich řešení. Podle složitosti se rozhodovací problémy dělí na: (Fotr, 2010, s. 30; Vohradský, 2016, s. 9)

- **Dobře strukturované rozhodovací problémy** (jednoduché, programované), které se zpravidla opakovaně řeší na operativní úrovni řízení a z minulosti jsou připraveny ověřené postupy řešení (např. stanovení velikosti objednávky materiálu)
- **Špatně strukturované rozhodovací problémy**, které tvoří protipól dobře strukturovaným rozhodovacím problémům. Pro tyto problémy je charakteristické, že jsou nové a mnohdy neopakovatelné, řeší se většinou na vyšších úrovních řízení a uplatňuje se zde tvůrčí postup. Jsou kladeny velké nároky na řešitele, na jeho zkušenosti, schopnosti a znalosti (např. rozhodování o vytvoření společného podniku).

Je nutno poznamenat, že v praxi je jen velice málo problémů, které by výhradně spadaly do jedné z těchto dvou kategorií. Často jde o určitou kombinaci těchto dvou typů, kde v rozhodovacím problému jeden z nich převažuje. (Fotr, 2010, s. 31; Vohradský, 2016, s. 9)

Rozhodování za jistoty, rizika a nejistoty

V případě dělení rozhodovacích procesů na rozhodování za jistoty, rizika a nejistoty je klasifikačním hlediskem informace o stavech světa a důsledcích variant vzhledem k jednotlivým kritériím hodnocení. Rozdělení je následující: (Fotr, 2010, s. 32; Vohradský, 2016, s. 9)

- **Rozhodování za jistoty** – rozhodovatel ví s jistotou, který stav světa nastane a jaké budou důsledky variant.
- **Rozhodování za rizika** – rozhodovatel zná možné budoucí situace (stavy světa), které mohou reálně nastat, a tudíž i důsledky při těchto stavech světa a pravděpodobnosti těchto stavů světa.

- **Rozhodování za nejistoty** – Rozhodovatel zná možné budoucí situace, ale nezná pravděpodobnosti, se kterými mohou nastat. Sběrem dalších dat, zkušeností a informací lze dosáhnout snížení nejistoty a přesunout se na úroveň rozhodování za rizika.

2 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 vyplývají z obecné kontroverznosti kritérií. Kdyby totiž všechna kritéria ukazovala na stejné řešení, stačilo by pro volbu nejvhodnějšího rozhodnutí jediné z nich.“ (Šubrt, 2011, s. 162)

Účelem těchto modelů je buď nalezení nejlepší varianty, vyloučení neefektivních variant, nebo uspořádání množiny variant. (Šubrt, 2011, s. 162)

2.1 Historie vícekriteriálního rozhodování

Nutnost respektovat při rozhodování různá protichůdná kritéria je reflektována již v nejstarších dochovaných filozofických textech. Problém vícekriteriálnosti poprvé přímo formuloval italský ekonom a sociolog Vilfredo Pareto (kolem r. 1896). Odtud se také odvozuje později zavedený pojem paretovská optimalita nebo paretovská hranice, jež určuje jistý druh optimality ve vícekriteriálních úlohách. (Fiala, 1994, s. 15)

K teorii vícekriteriálního rozhodování významně přispěl T. C. Koopmans, nositel Nobelovy ceny za ekonomii z r. 1975. Kolem roku 1960 vyplývá na povrch disciplína, která se nazývá cílové programování a zabývá se hledáním výrobních programů vyhovujících současně několika předem zadaným cílům. O několik let déle vycházejí i první knižní díla věnovaná zcela problematice vícekriteriálního rozhodování. Od roku 1972 se konají o vícekriteriálním rozhodování pravidelně velké mezinárodní vědecké konference a řada konferencí místního významu. Odborníci pracující v této oblasti jsou seskupeni v mezinárodní organizaci International Society on Multiple Criteria Decision Making. (Fiala, 1994, s. 15)

2.2 Podstata vícekriteriálního rozhodování

Jak již bylo naznačeno v předchozích kapitolách, rozhodování by bylo jednoduché, pokud by člověk vykonával rozhodnutí pouze podle jednoho kritéria. Pro příklad je uvedena fiktivní situace. Máme si vybrat jeden z osmi nabízených totožných strojů, které mají zcela stejné všechny vlastnosti kromě ceny. Lze si tuto situaci představit tak, že existuje 8 dodavatelů, kteří nabízejí stejný stroj se stejnými díly, které jsou ze stejného materiálu, balení obsahuje stejný počet dílů, všechny firmy by stroj dopravili za stejně dlouhou dobu, všechny firmy by nabízely stejné poprodejní služby atd... V tomto případě by bylo rozhodující jediné kritérium, a to cena.

Nebylo by složité se rozhodnout, zvolili bychom stroj s nejnižší cenou. Této fiktivní situace nelze v podstatě nikdy dosáhnout.

V úlohách vícekritériálního rozhodování se ale setkáváme s úlohami, kde je několik kritérií, která zpravidla nejsou ve vzájemném souladu, tzn. pokud je varianta nejlépe hodnocená podle jednoho kritéria, nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Cílem při analýze vícekritériálních rozhodovacích úloh je tedy řešit rozpor mezi vzájemně protikladnými kritérii. (Jablonský, 2002, s. 271; Triantaphyllou, 2000, s. 2) V příkladu se stroji by se tedy už neřešila pouze cena jako jedno kritérium, ale řešila by se i kvalitu, materiál, dodací podmínky, velikost, poprodejní služby, ovladatelnost atd. Zde stojí za zmínku protichůdnosti kritérií. Tedy že stroj s nízkou cenou by byl vyroben z méně kvalitního materiálu oproti tomu dražšímu, vyšší cena by mohla zaručit doručení a nainstalování stroje na pracovišti, popřípadě služby jako např. při poruše stroje okamžitá oprava stroje.

Úlohy vícekritériálního rozhodování (VR) lze rozdělit podle toho, jakým způsobem je definována množina rozhodovacích variant. Rozlišujeme: (Šubrt, 2011, s. 162; Jablonský, 2002, s. 271; Ryšánková, 2021, s. 19)

- **Úlohy vícekritériálního hodnocení variant (VHV)** – jsou zadány pomocí konečného seznamu variant a jejich ohodnocení podle jednotlivých kritérií. Tyto úlohy představují hlavní náplň této práce.
- **Úlohy vícekritériálního programování (VP)** – mají množinu variant s nekonečně mnoho prvky, která je vyjádřena pomocí omezujících podmínek a ohodnocení jednotlivých variant je dáno jednotlivými kritériálními funkcemi.

3 ÚLOHY VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT (VHV)

V úlohách vícekriteriálního hodnocení (analýzy) variant (VHV) je stanovena diskrétní (konečná) množina m variant, které jsou hodnoceny podle n kritérií. Při výběru variant by měl rozhodovatel postupovat maximálně objektivně. K tomu může využít soubor různých postupů a metod analýzy variant. Někdy lze oddělit osobu zadavatele od osoby analytika (řešitele) dané úlohy. Výhodou může být skutečnost, že analytik nebývá zainteresován na výsledku rozhodnutí a tím je zajištěna objektivita rozhodnutí. Nevýhodou ale může být fakt, že analytik většinou není informován o všech detailech úlohy, které se při zadávání nedaly modelově zachytit. Výstupem tedy může být doporučení objektivně „nejlepší“ varianty, ale prakticky se zohledněním i dalších vlastností problému by byla vhodnější jiná varianta. (Šubrt, 2019, s. 153)

3.1 Základní pojmy

Zde jsou uvedeny pojmy, které se budou následně vyskytovat v modelech vícekriteriálního rozhodování: (Šubrt, 2011, s. 163; Vohradský, 2016, s. 13)

Variantou se rozumí konkrétní rozhodovací možnost, kterou lze realizovat.

Značí se a_i , pro $i = 1, 2, \dots, n$.

Kritéria představují hlediska hodnocení variant. Na základě nich dochází k posuzování variant. Značí se k_j , pro $j = 1, 2, \dots, m$.

Kriteriální matice je matice $Y = (y_{ij})$, jejíž prvky představují hodnocení i -té varianty na základě j -tého kritéria.

Kriteriální hodnoty jsou možné hodnoty, kterých mohou kritéria dosahovat. Značí se v_{ij} , pro $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$.

Preference kritéria označuje důležitost tohoto kritéria ve srovnání s ostatními kritérii.

3.2 Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant

Mezi základní cíle VHV patří: (Jablonský, 2004, s. 43)

- **Výběr jedné varianty**, která bude východiskem pro konečné rozhodnutí. Označuje se jako **kompromisní varianta**. Rozhodovatele nezajímá, jaké varianty budou další v pořadí.
- **Uspořádání variant** představuje obecnější cílem než výběr kompromisní varianty. V tomto případě se varianty seřadí od nejlepší po nejhorší.

- **Klasifikace variant je cílem**, ve kterém jde především o rozdělení variant do několika tříd. Může to být například dělení uchazečů na přijatí/nepřijatí apod.

Úlohy lze též rozdělit podle typu informace, která je dostupná o preferencích mezi variantami a kritérii: (Ramík, 1999, s. 25; Šubrt, 2019, s. 158)

- **Žádná informace** – informace o preferencích neexistuje. Toto je přípustné pouze pro preference kritérií. Kdyby nebyly informace o preferencích mezi variantami, nebylo by možné úlohu vyřešit.
- **Nominální informace** – i v tomto případě je tato informace přípustná pouze pro kritéria. Nejsou k dispozici žádné informace o důležitosti jednotlivých kritérií, ani je nelze získat, nebo nemá smysl o nich uvažovat. Kritériím nelze přiřadit váhy a nelze je seřadit podle důležitosti. Je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní, tj. nejhorších možných hodnot, při kterých může být varianta ještě akceptována.
- **Ordinální informace** – tato informace již udává pořadí (uspořádání) kritérií dle důležitosti nebo uspořádání variant dle toho, jakým způsobem jsou hodnoceny kritériem.
- **Kardinální informace** – Tento typ informace je již kvantitativní i kvalitativní povahy a udává, o kolik či jak moc je jedno hodnocení lepší než druhé, tedy v případě preferencí kritérií jde o váhy, v případě ohodnocení variant podle kritéria o konkrétní, nejčastěji číselné vyjádření tohoto hodnocení, které vlastně nezáleží na množině porovnávaných variant. Jelikož většina metod vícekritériálního hodnocení variant vyžaduje kardinální informaci, mají tedy velký význam metody, které umožňují kupříkladu slovní vyjádření ohodnocení kvantifikovat.

3.3 Kritéria a dělení kritérií

Kritérium je hledisko hodnocení variant. Velmi důležitá je volba jednotlivých kritérií. Kritéria musí být nezávislá, neměl by jich být zbytečně velký počet, aby se problém nestal nepřehledným a také by měla pokrývat všechna hlediska výběru. Kritériální ohodnocení variant představuje vyjádření preference variant dle daného kritéria. Máme-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, můžeme údaje uspořádat do kritériální matice Y , kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria. (Brožová, 2007, s. 88; Šubrt, 2019, s. 154)

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

Obrázek 2 - kritériální matice Y

Zdroj: (Šubrt, 2019, s. 154)

Podle Ramíka (1999, s. 16) slouží kritéria v rozhodovací úloze k tomu, abychom dané varianty podle něj vyhodnocovali, případně porovnávali či uspořádali.

Dělení kritérií

- Podle povahy se kritéria rozlišují na: (Brožová, 2007, s. 88)
 - **Kritéria maximalizační** – nejlepší varianty mají dle tohoto kritéria nejvyšší hodnocení
 - **Kritéria minimalizační** – opak maximalizačního kritéria, nejlepší varianty mají dle tohoto kritéria nejnižší hodnocení

Je dobré pracovat s kritériální maticí, v níž jsou všechna kritéria stejné povahy, buď všechna minimalizační, nebo maximalizační, jak je tomu u většiny případů. Na začátku úlohy často nebývají kritéria stejné povahy, proto je vhodné převést kritéria minimalizační na maximalizační. Nejčastěji můžeme využít 2 způsoby: (Šubrt, 2019, s. 154)

- Vynásobení celého sloupce kritériální matice hodnotou -1, transformace $y'_{ij} = -y_{ij}$
- Výpočet hodnot, které udávají zlepšení oproti nejhorší kritériální hodnotě, transformace $y'_{ij} = y_{ij} - \max(y_{ij})$.
 - Podle kvantifikovatelnosti kritéria rozlišujeme na: (Šubrt, 2019, s. 154; Brožová, 2007, s. 88)
 - **Kritéria kvantitativní** – hodnoty variant dle těchto kritérií tvoří objektivně měřitelné údaje, proto se jim také říká objektivní.
 - **Kritéria kvalitativní** – hodnoty variant dle těchto kritérií nelze objektivně změřit, jedná se o hodnoty subjektivně odhadnuté člověkem (subjektivní kritéria).

Preference kritéria vyjadřuje důležitost daného kritéria ve srovnání s ostatními kritérii. Preference může být vyjádřena různým způsobem. Mohou být stanoveny: (Fiala, 1994, s. 33; (Šubrt, 2019, s. 155)

- **Aspirační úrovně kritérií** (nominální informace o kritériích) jsou hodnoty, kterých má být alespoň dosaženo (pro minimalizační kritérium je to nejvyšší přípustná hodnota kritéria, pro maximalizační kritérium nejnižší možná hodnota). Většinou platí, že čím přísnější je požadavek na aspirační úroveň, tím je kritérium důležitější.
- **Pořadí kritérií** (ordinální informace o kritériích) vyjadřuje posloupnost kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Neudává však, jak moc je jedno kritérium důležitější než druhé.
- **Váhy kritérií** (kardinální informace o kritériích) jsou hodnoty z intervalu $\langle 0;1 \rangle$ vyjadřující relativní důležitost jednotlivých kritérií v porovnání s ostatními kritérii. Součet vah kritérií se rovná jedné. Čím větší je důležitost kritéria, tím je větší jeho váha.

3.3 Varianty se speciálními vlastnostmi

V následujícím textu je předpokládáno, že všechna kritéria jsou maximalizační. Je účelné definovat následující varianty se speciálními vlastnostmi pro lepší orientaci v úlohách. (Šubrt, 2019, s. 155; Brožová, 2007, s. 89)

Dominující varianta a_i dominuje variantu a_j , jestliže platí $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik}) \geq (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$ a existuje alespoň jedno kritérium f_i , že $y_{i1} > y_{j1}$. Při zjednodušení této věty lze říci, že dominující varianta je hodnocena lépe, popřípadě stejně podle všech kritérií než varianta dominovaná.

Varianty a_i a a_j jsou **vzájemně nedominované**, jestliže v případě, že existuje alespoň jedno kritérium f_i , že $y_{i1} > y_{j1}$, pak existuje kritérium f_k , že $y_{iK} < y_{jK}$.

Varianta, která není dominovaná žádnou jinou variantou, je **nedominovaná varianta**. Často je též označována jako **paretovská** nebo **efektivní**. Množinu všech nedominovaných variant označíme X_N . Každá z paretovských variant může dosáhnout lepšího hodnocení podle nějakého kritéria jen za cenu zhoršení jiného kritéria. Jelikož je cílem vybrat nejlepší variantu, lze uvažovat pouze nedominované varianty.

Potenciálně nejlepší varianta, tedy ta, která dosahuje ve všech kritériích nejlepší možné hodnoty se nazývá **ideální varianta**. Na druhé straně potenciálně nejhorší varianta, tedy ta, která má všechny hodnoty kritérií nejhorší, se nazývá **bazální varianta**.

3.4 Metody odhadu vah kritérií

Často bývá velice složité získat od rozhodovatele váhy kritérií přímo v numerické podobě. Proto je na místě usnadnit rozhodovateli určení vah kritérií pomocí nějakého jednoduchého nástroje. Tento nástroj mohou představovat právě metody odhadu vah kritérií. Jedná se o postupy, které na základě subjektivních informací od rozhodovatele sestavují odhady vah. (Jablonský, 2002, s. 274)

Stanovení vah kritérií bývá jedním z počátečních kroků analýzy modelu vícekritériální analýzy variant. Téměř primárně je informace získaná některým z následujících postupů použita ke stanovení preferenčních vztahů mezi variantami ve vazbě na cíle celé analýzy. Tyto metody lze použít i pro kvantifikaci slovního vyjádření hodnocení variant. (Brožová, 2007, s. 92; Šubrt, 2019, s. 160)

3.4.1 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií

Metody, které užívají ordinální informaci o kritériích předpokládají, že je řešitel ochoten a schopen vystihnout důležitost jednotlivých kritérií tak, že přiřadí všem kritériím jejich pořadová čísla nebo při porovnání všech dvojic kritérií stanoví, které kritérium z aktuální dvojice je důležitější než druhé. U obou situací lze označit dvě nebo více kritérií jako rovnocenná. (Brožová, 2007, s. 92; Šubrt, 2019, s. 160)

Metoda pořadí

Metoda pořadí vyžaduje od rozhodovatele (případně rozhodovatelů) seřadit kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Nejdůležitějšímu kritériu je přiřazena hodnota k (k je počet kritérií), druhému kritériu číslo $k-1$ a tak dále až tomu nejméně důležitému kritériu číslo 1. (Jablonský, 2004, s. 45)

Je-li obecně j -té kritérium ohodnoceno číslem b_j (jedinou hodnotou nebo častěji součtem hodnot při hodnocení více experty), vypočte se jeho váha na základě vztahu (Šubrt, 2019, s. 161)

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, \dots, n \quad 3.1$$

Metoda Fullerova trojúhelníku

V této metodě je zadavateli předloženo trojúhelníkové schéma, v němž jsou vyznačeny dvojice jednotlivých kritérií tak, že se každá dvojice v tomto schématu vyskytuje právě jednou. Z každé dvojice musí rozhodovatel vybrat to kritérium, které pro něho představuje vyšší důležitost. Důležitější kritérium se tedy například zvýrazní nebo zakroužkuje... Pokud mají v některé

z dvojic kritéria pro rozhodovatele stejnou důležitost, označí obě. Nakonec se spočítá, kolikrát je který prvek ve schématu zakroužkován. Označíme-li počet označení (zakroužkování) j -tého prvku n_j , pak váhu tohoto prvku se vypočte podle vzorce: (Jablonský, 2002, s. 275)

$$v_j = \frac{n_j}{N}, j = 1, 2, \dots, n \quad 3.2$$

kde:

N – součet všech n

v_j – váha prvku

n_j – počet zakroužkování prvku.

Ukázka Fullerova trojúhelníku pro počet kritérií $k=6$ je zobrazena na Obrázek 3 (důležitější kritérium je vždy vyznačeno tučně):

Y_1	Y_1	Y_1	Y_1	Y_1
Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
	Y_2	Y_2	Y_2	Y_2
	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
		Y_3	Y_3	Y_3
		Y_4	Y_5	Y_6
			Y_4	Y_4
			Y_5	Y_6
				Y_5
				Y_6

Obrázek 3 - Ukázka Fullerova trojúhelníku

Zdroj: (Jablonský, 2004, s. 46)

3.4.2 Stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií

Metody stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií předpokládají, že řešitel je ochoten a schopen stanovit nejen pořadí důležitosti kritérií, ale také poměry důležitosti mezi všemi dvojicemi kritérií. (Šubrt, 2019, s. 162)

Bodovací metoda

Bodovací metoda, jak už sám název napovídá, je založena na schopnosti rozhodovatele kvantitativně ohodnotit důležitost jednotlivých kritérií na zvolené bodovací stupnici, nejčastěji na stupnici od 0 do 10, kde 0 představuje bezvýznamné kritérium a 10 absolutně významné kritérium. (Šubrt, 2019, s. 162; Jablonský, 2004, s. 45)

Stupnice pro bodování je možno znázornit i graficky pomocí úsečky, na které jsou pak zakresleny pozice jednotlivých kritérií vzhledem ke koncům úsečky, které znázorňují nejnižší a nejvyšší preferenci. V této metodě je možné používat i desetinná čísla a více kritériím je možno přiřadit stejný počet bodů. Tato metoda, stejně jako metoda pořadí, se často používá právě v situaci, kdy kritéria hodnotí více expertů. (Šubrt, 2019, s. 162)

Výpočet jednotlivých vah se vypočítá stejně jako u metody pořadí. Tedy:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n \quad 3.3$$

kde:

b_j – součet všech bodů od jednotlivých expertů které j -tému kritériu tito experti přiřadili (Šubrt, 2019, s. 163)

Saatyho metoda

Saatyho metoda již reprezentuje propracovanější postup odhadu vah kritérií. Rozhodovatel u této metody porovnává, podobně jako u Fullerova trojúhelníku, všechny možné dvojice kritérií. (Jablonský, 2004, s. 46)

Tato metoda se využívá v případě, že ji hodnotí jeden expert. Jedná se o metodu kvantitativního párového porovnání. Pro ohodnocení párových porovnání se užívá devítibodová stupnice a lze využívat i mezistupně, kterými jsou hodnoty 2, 4, 6 a 8: (Brožová, 2007, s. 93; Šubrt, 2019, s. 163)

- 1 – Kritéria i a j jsou rovnocenná
- 3 – kritérium i je slabě preferované před kritériem j
- 5 – kritérium i je silně preferované před kritériem j
- 7 – kritérium i je velmi silně preferované před kritériem j
- 9 – kritérium i je absolutně preferované před kritériem j

Z informací z párového porovnání lze sestavit matici, která se označuje jako Saatyho matice.

Prvky této matice s_{ij} si lze představit jako podíly vah i -tého a j -tého kritéria:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/s_{1n} & 1/s_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad 3.4$$

Jestliže jsou i -té a j -té kritérium rovnocenná, je $s_{ij} = 1$, je-li slabě preferováno i -té kritérium před j -tým kritériem, je $s_{ij} = 3$, preferuje-li se silně i -té kritérium před j -tým, je $s_{ij} = 5$, při velmi silné preferenci i -tého kritéria je $s_{ij} = 7$ a při absolutní preferenci je $s_{ij} = 9$. Pokud je preferováno j -té kritérium před i -tým, zapíší se do Saatyho matice převrácené hodnoty ($s_{ij} = 1/3$ při slabé preferenci, $s_{ij} = 1/5$ při silné preferenci atd.). (Šubrt, 2019, s. 163)

Matice je čtvercová řádu $n \times n$, dále reciproká, tzn platí, že $s_{ij} = 1/s_{ji}$, a vyjadřuje odhad podílu vah i -tého a j -tého kritéria. Na diagonále Saatyho matice jsou logicky vždy hodnoty jedna (každé kritérium má samo k sobě váhu jedna). (Šubrt, 2019, s. 164)

Prvky Saatyho matice nebývají většinou dokonale konzistentní, tzn., že neplatí $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$ pro všechna $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. Zjednodušeně lze říci, že je třeba určit, zda jsou data kvalitní. K určení míry konzistence můžeme například použít konzistenční poměr CR, ke kterému je třeba nejprve vypočítat index konzistence CI (v některé literatuře bývá index konzistence značen I_s), který Saaty definoval jako:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad 3.5$$

kde:

λ_{max} – největší vlastní číslo Saatyho matice

n – počet kritérií

Dále se určí poměr konzistence, který se vypočte podle vztahu:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad 3.6$$

kde:

RI – náhodný index konzistence

$CI (I_s)$ – konzistenční index

Saatyho matice je považována za dostatečně konzistentní, jestliže je $CR < 0,1$. (Šubrt, 2019, s. 164; Ryšánková, 2021, s. 25)

Další způsob určení míry konzistence vyjadřuje následující věta:

„Nechť P je kladná čtvercová matice typu $m \times m$, která je reciproká, a pro její maximální vlastní číslo platí vztah 3.7. Potom matice P je konzistentní.“ (Jandová, 2012, s. 36)

$$\lambda_{max} = \lambda_n = n \quad 3.7$$

kde:

λ_{max} – největší vlastní číslo matice

λ_n – vlastní číslo matice

n – rozměr dané matice

Thomas L. Saaty nastínil několik způsobů, díky nimž lze odhadnout váhy v_j . Nejčastěji je využíván postup výpočtu vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice. Výpočet hodnot b_i jako geometrický průměr řádků Saatyho matice:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad 3.8$$

Váhy se následně vypočítají normalizací hodnot b_i :

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad 3.9$$

Případy, kdy je Saatyho matice nekonzistentní se velmi často objevují u rozsáhlejších úloh. Nekonzistence může být způsobena chybou při zadávání odhadů poměrů vah, pokud expert neprováděl žádnou kontrolu svých odhadů. (Šubrt, 2019, s. 164)

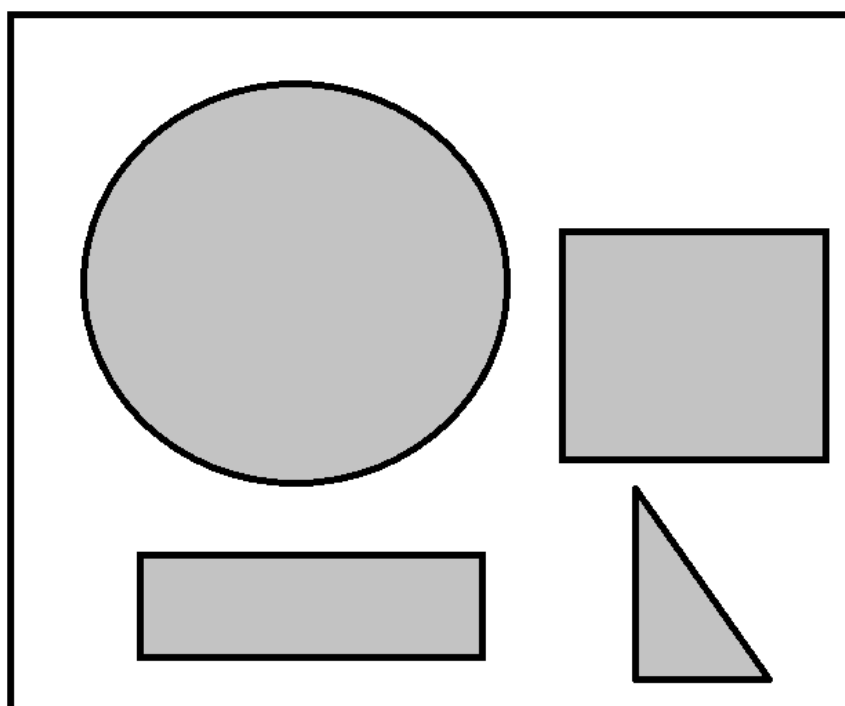
Vzorový příklad Saatyho metody

Často ilustrovaným příkladem Saatyho metody je odhad velikosti plochy geometrických objektů. Tento příklad ilustruje skutečnost, že Saatyho metoda poskytuje dobré odhady preferencí rozhodovatele. Na Obrázek 4 jsou 4 geometrické útvary – kruh, čtverec, obdélník a trojúhelník. Pokud budeme jejich důležitosti (váhy) měřit jejich obsahem, můžeme exaktně tyto váhy vypočítat za předpokladu jednotkového součtu všech obsahů. V následující tabulce je zobrazen odhad váhy těchto útvarů pomocí Saatyho metody: (Jablonský, 2004, s. 49)

Tabulka 1 - Příklad Saatyho metody

	kruh	obdélník	čtverec	trojúhelník
kruh	1	3	2	8
obdélník	1/3	1	1/2	2
čtverec	1/2	2	1	5
trojúhelník	1/8	1/2	1/5	1

Zdroj: (Jablonský, 2004, s. 49)



Obrázek 4 - Odhad obsahu geometrických útvarů

Zpracováno dle: (Jablonský, 2004, s. 49)

Výpočet je ukázán v následující tabulce (Tabulka 2), která obsahuje matici párových porovnání, geometrický průměr prvků v řádcích této matice, normalizované „váhy“ a pro porovnání skutečný obsah geometrických objektů. (Jablonský, 2004, s. 50)

Tabulka 2 - Saatyho metoda

	Matice párových porovnání				v'_i	v_i	obsah
kruh	1	3	2	8	2,632	0,504	0,490
obdélník	1/3	1	1/2	2	0,759	0,146	0,141
čtverec	1/2	2	1	5	1,495	0,286	0,318
trojúhelník	1/8	1/2	1/5	1	0,334	0,064	0,051

Zpracováno dle: (Jablonský, 2004, s. 50)

Z této tabulky je vidět, že odhady obsahů (hodnoty v_i) se poměrně velmi dobře shodují se skutečně vypočítanými hodnotami.

3.5 Charakteristika vybraných metod vícekritériálního hodnocení variant

Pro vícekritériální hodnocení variant existuje poměrně velký počet metod. Mezi nejčastěji používané metody se řadí metoda AHP, metoda váženého součtu, metoda funkce užitku, metody třídy PROMETHEE a ELECTRE a metoda TOPSIS. Mezi méně používané metody se řadí ORESTE, PRAGMA, MAPPAC a celá řada dalších. (Jablonský, 2004, s. 50)

3.5.1 Metoda TOPSIS

Základem metody TOPSIS je výběr varianty, která je nejbližší tzv. ideální variantě, tj. variantě, která je charakterizována vektorem nejlepších kritériálních hodnot a zároveň nejdále od tzv. bazální varianty, tzn. varianty, která je charakterizována vektorem nejhorších kritériálních hodnot. (Jablonský, 2002, s. 281)

3.5.2 Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu, která se také označuje jako metoda WSA (Weighted Sum Approach) je založena na konstrukci lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1. Nejlepší varianta představuje užitek 1 a ta nejhorší bude mít dle daného kritéria užitek 0. Ostatní varianty budou mít užitek mezi těmito krajními hodnotami. Při aplikaci této metody je třeba nahradit prvky y_{ij} vstupní kritériální matice hodnotami y'_{ij} , které budou představovat užitek varianty X_i při hodnocení podle kritéria Y_j . Hodnoty y'_{ij} se pro maximalizační kritéria získají pomocí následujícího vztahu:

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad 3.10$$

kde:

D_j – nejnižší (tedy nejhorší při maximalizaci) hodnota j -tého kritéria

H_j – nejvyšší (při maximalizaci nejlepší) kritériální hodnota j -tého kritéria.

Z výše zmíněného vztahu je vidět, že užitek y'_{ij} pro nejhorší kritériální hodnotu $y_{ij} = D_j$ bude roven nule, a naopak pro nejlepší kritériální hodnotu $y_{ij} = H_j$ bude roven jedné. (Jablonský, 2004, s. 50)

Pro minimalizační kritéria je třeba upravit vztah následujícím způsobem:

$$y'_{ij} = \frac{H_j - y_{ij}}{H_j - D_j} \quad 3.11$$

Celkový užitek varianty X_i lze poté vypočítat jako vážený součet dílčích užiteků podle jednotlivých kritérií:

$$u(X_i) = \sum_{j=1}^k v_j y'_{ij} \quad 3.12$$

Varianty lze nakonec uspořádat podle klesajícího užitku $u(X_i)$. (Jablonský, 2004, s. 51)

3.5.3 Lexikografická metoda

Lexikografická metoda je založena na principu, že ten největší vliv na výběr té nejlepší (kompromisní) varianty má nejdůležitější kritérium. V případě, že existuje více variant, které jsou podle toho nejdůležitějšího kritéria hodnoceny stejně, přistoupí se k druhému nejdůležitějšímu kritériu. Pokud se nepodaří vybrat ani podle tohoto kritéria, přichází na řadu třetí nejdůležitější kritérium atd. Tato posloupnost se zastaví ve chvíli, kdy je vybrána jediná varianta nebo pokud se vyčerpají všechna uvažovaná kritéria. Potom by byly kompromisní varianty všechny ty, které zůstaly stejně hodnoceny po zařazení posledního kritéria. (Šubrt, 2019, s. 173)

3.5.4 Metoda AHP

Metoda AHP (Analytic Hierarchy Process), která byla navržena prof. Saatyem v roce 1980 napomáhá k zrychlení a zjednodušení přirozeného procesu rozhodování. Podstata AHP spočívá v rozkladu složité nestrukturované situace na jednodušší části (komponenty). Vytváří tak hierarchický systém problému. Na každé úrovni tohoto systému se aplikuje Saatyho postup kvantitativního párového porovnání (Saatyho postup je vysvětlen v předchozí podkapitole). Díky subjektivním hodnocením párového porovnání pak tato metoda přiřazuje jednotlivým

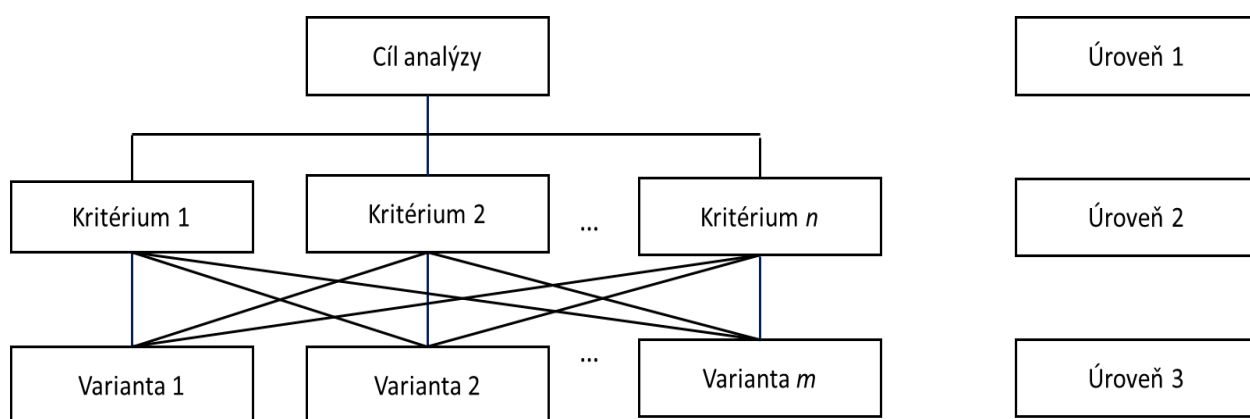
komponentám kvantitativní charakteristiky vyjadřující jejich důležitost. Sloučením těchto hodnocení se následně stanoví komponenta s největší prioritou, která je řešením rozhodovacího problému. (Šubrt, 2019, s. 181; Brožová, 2007, s. 95)

Konstrukce hierarchické struktury problému

Pod pojmem hierarchická struktura si lze představit strukturu obsahující několik úrovní, kde každá z nich obsahuje několik prvků. Princip uspořádání jednotlivých úrovní hierarchické struktury je od obecného ke konkrétnímu. Čím jsou prvky ve vztahu k danému rozhodovacímu problému obecnější, tím zauímají v hierarchii vyšší úroveň a naopak. Intenzity vzájemného působení jednotlivých prvků v hierarchii lze určitým způsobem kvantifikovat. Na nejvyšší úrovni hierarchie je vždy pouze jeden prvek, který definuje cíl vyhodnocování nebo analýzy. Tomuto prvku lze přiřadit hodnotu jedna, která je následně rozdělena mezi prvky na druhé úrovni. Podobně se takto postupuje v dalších úrovních, až vyjde ohodnocení prvků nejnižší úrovně – variant. (Šubrt, 2019, s. 181)

Typická úloha vícekriteriálního hodnocení variant obsahuje následující úrovně: (Šubrt, 2019, s. 181)

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



Obrázek 5 - Analytický hierarchický proces

Zpracováno dle: (Šubrt, 2019, s. 182)

Párové porovnání prvků v jednotlivých hierarchických úrovních

Jak již bylo naznačeno, v jednotlivých úrovních problému se pomocí Saatyho metody párového porovnání stanoví váhy jednotlivých kritérií, subkritérií a dalších prvků. V případě, kdy se jedná o tříúrovňovou hierarchii (jeden cíl, n kritérií a m variant), bude na druhé úrovni hierarchie matice párového porovnání důležitosti kritérií rozměru $n \times n$ a na třetí úrovni hierarchie se vytvoří n matic o rozměru $m \times m$, ve kterých se párově porovnají varianty dle jednotlivých kritérií. (Šubrt, 2019, s. 183)

Volba nejvýhodnější varianty

Nakonec se vypočítá pro každou variantu u všech kritérií součet součinů navazujících preferencí v hierarchické úrovni, výsledek bude její hodnocení z hlediska všech kritérií. Kompromisní variantou bude ta, jejíž syntetická váha (preference) je nejvyšší. (Šubrt, 2019, s. 183)

Celkové hodnocení variant se zohledněním vah kritérií se vypočítá podle vzorce:

$$H_j = \sum_{i=1}^n v_i * w_{ij} \quad 3.13$$

kde:

v_i – váha i -tého kritéria

w_{ij} – ohodnocení j -té varianty pomocí i -tého kritéria (Langer, 2011, s. 17)

4 VYUŽITÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ V KONKRÉTNÍM PODNIKU

Tato kapitola se zabývá využitím vícekriteriálního rozhodování při řízení vybrané společnosti. Pro řešení rozhodovacího problému je využita metoda AHP, která zahrnuje Saatyho postupy. Nejprve je uveden popis firmy, charakteristika rozhodovacího problému a popis jednotlivých variant řešení, následuje stanovení důležitých kritérií a výpočet vah kritérií, poté jsou uvedeny výpočty dílčích utilit v rámci metody AHP a na závěr je zhodnocen a interpretován výsledek z řešení dané úlohy.

Pro řešení daného problému byla vybrána společnost Hrochostroj a. s., která je dceřinnou společností holdingu Enteria a. s. Management této firmy musí čelit často velice důležitým rozhodovacím problémům a musí se správně rozhodnout. V opačném případě by to mohlo mít neblahé následky pro firmu. Právě jedním z rozhodovacích problémů této firmy se zabývá tato část bakalářské práce.

4.1 Charakteristika společnosti Hrochostroj a. s.

Hrochostroj a. s. spadá pod mateřskou společnost Enteria a. s., která propojuje české společnosti soustřeďující se na různé druhy stavebních činností. Založení tohoto holdingu sahá do roku 2008 a mělo za cíl zajistit lepší fungování a konkurenceschopnost firem sdružených kolem společnosti Chládek a Tintěra Pardubice. (Enteria, 2022)

Hrochostroj a. s. je relativně mladá společnost založena v roce 2015. Zabývá se provozováním těžké kolejové mechanizace určené pro rekonstrukci a údržbu železničního svršku. Cílem firmy je zaujmout pozici silného partnera v oblasti těžké kolejové mechanizace na drážním trhu. Vozový park společnosti má aktuálně 12 specializovaných strojů, pro příklad je možno uvést šterkové pluhy pro úpravu šterkového lože, podbíječky pro směrovou a výškovou úpravu kolejí a výhybek nebo čističku šterkového lože, která je stěžejní pro tuto práci. Firemní kultura podporuje a rozvíjí potenciál všech zaměstnanců, kteří se identifikují s podnikovými cíli, což výrazně přispívá ke spokojenosti zákazníka. (Hrochostroj, 2022)

Tato firma je specifická tím, že v tomto odvětví existuje velice málo firem (jednotky firem v Evropě), jsou zde velké bariéry pro vstup do tohoto odvětví, je vyžadována vysoká kvalifikace zaměstnanců atd. Při rozhodnutí o koupi nového stroje zde významnou roli hraje doba mezi splácením nějakého stroje a jeho samotným využíváním. Výroba takového stroje trvá přibližně 2 - 3 roky a se všemi doprovázenými záležitostmi může celý proces trvat 3 - 5 let. Musí se

tedy vynaložit velké náklady na pořízení stroje, který ale pracuje („vydělává“) až za nějakou dobu. Z toho vyplývá, že firma musí podstoupit nemalé riziko při rozhodování a musí se rozhodnout správně.

4.2 Popis rozhodovacího problému

Firma Hrochostroj se rozhodla rozšířit svůj strojový park o čističku šterkového lože. Je to nemalá investice a společnost tedy musí učinit rozhodnutí, kterou čističku a od jakého dodavatele vybrat. První možnost, o které firma uvažuje je výběr jedné z již použitých čističek (second-hand čističky), která by vyšla výrazně levněji a ušetřila by tím náklady. Navíc by nebylo nutné čekat na její výrobu. Tuto variantu nelze realizovat z důvodu nedostupnosti second-handových čističek. Společnost tedy přistupuje ke koupi nové. Trh s těmito typy strojů není veliký, společnost tedy zvažuje výběr od 2 dodavatelů, kteří čističky vyrábí. Jedná se o švýcarskou firmu Matisa a rakouskou společnost Plasser & Theurer. Po vyřídění variant, které na první pohled nevyhovují požadavkům firmy, zůstaly dvě možné varianty. Každá varianta od jednoho z jmenovaných dodavatelů čističek.

Cílem je tedy vybrat optimální variantu čističky šterkového lože pomocí metody AHP.

4.2.1 Volba kritérií pro rozhodování

Byla vybrána ta kritéria, která jsou pro firmu při výběru tohoto stroje důležitá. Na těchto kritériích firmě záleží. Kritéria jsou vidět v následující tabulce:

Tabulka 3 - Kritéria stanovená firmou

Kritéria	
K1	Výkon pro čištění (v m ³)
K2	Výkon (za metry)
K3	Nejslabší výkonové místo
K4	Místo výroby
K5	Měna
K6	Norma obsluhy (počet pracovníků)
K7	Poprodejní služby
K8	Min. pracovní poloměr
K9	Dodací lhůta
K10	Orientační cena (Eur)

Zdroj: vlastní zpracování

4.2.2 Popis jednotlivých variant

Zde jsou popsány technické parametry jednotlivých čističek šterkového lože.

Čistička RM – 85/750 (Varianta V1)

Čistička šterkového lože RM – 85/750 je dodávána rakouskou firmou Plasser & Theurer, která sídlí ve Vídni. Plasser & Theurer je jedinou firmou na světě, která poskytuje kompletní služby pro stavbu a údržbu železničních tratí. Tato firma významně přispěla k vylepšení a modernizaci procesů v tomto oboru. V následující tabulce jsou uvedeny technické parametry tohoto stroje.

Tabulka 4 - Dostupné parametry čističky RM – 85/750

Údaje o čističce RM – 85/750	
Výkon pro čištění (v m ³ /h)	750
Výkon (za metry)	200–400
Místo výroby	Rakousko
Měna	Euro
Schválitelná legislativně v ČR	ano
Dostupnost náhradních dílů	ano (Německo)
Zkušenosti s provozováním	ano
Norma obsluhy	4
Poprodejní služby	monopol
Mín. pracovní poloměr (m)	220
Max. zved (mm)	150
Max. boční posun (mm)	280
Dodací lhůta	26 měsíců
Orientační cena	cca 6,5 mil. €

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 6 – Čistička štěrkového lože RM – 85/750 (1)

Zdroj: album Ing. Martina Varechy, MBA



Obrázek 7 - Čistička štěrkového lože RM - 85/750 (2)

Zdroj: album Ing. Martina Varechy, MBA

Čistička C 75 (Varianta V2)

Tuto čističku šterkového lože vyrábí švýcarská firma Matisa, která má sídlo ve městě Crissier, které se nachází v kantonu Vaud. Tato společnost se zabývá výrobou strojů pro údržbu železničních tratí a poskytuje s tím spojené služby. Stroje, které tato společnost vyrábí jsou vysoce kvalitní, spolehlivé a splňují požadavky na bezpečnost. Následující tabulka udává technické parametry čističky šterkového lože typu C 75.

Tabulka 5 – Dostupné parametry čističky C 75

Údaje o čističce C 75	
Výkon pro čištění (v m ³ /h)	750
Výkon (za metry)	200–500
Nejlepší výkonové místo	síto
Místo výroby	Švýcarsko
Měna	Euro
Schválitelná legislativně v ČR	ano
Dostupnost náhradních dílů	ano (Rakousko)
Zkušenosti s provozováním	ne
Norma obsluhy	4
Poprodejní služby	monopol
Min. pracovní poloměr (m)	150
Max. zved (mm)	270
Max. boční posun (mm)	400
Dodací lhůta	22 měsíců
Orientační cena	cca 6,5 mil. €

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 8 - Čistička štěrkového lože C 75 za provozu

Zdroj: album Ing. Martina Varechy, MBA

4.2.3 Vytvoření kritériální matice a stanovení vah kritérií

V posledních dvou oddílech byla stanovena konkrétní kritéria a byly popsány jednotlivé varianty rozhodovacího problému. Nyní je třeba sestavit kritériální matici, která udělá výše uvedené údaje přehlednější.

Tabulka 6 - Kritériální matice

Kritéria		RM - 85/750	C 75
		V ₁	V ₂
K1	Výkon pro čištění (v m ³)	750	750
K2	Výkon (za metry)	200–400	200–500
K3	Nejslabší výkonové místo	není známo	síto
K4	Místo výroby	Rakousko	Švýcarsko
K5	Měna	Euro	Euro
K6	Norma obsluhy (počet pracovníků)	4	4
K7	Poprodejní služby	monopol	monopol
K8	Min. pracovní poloměr (m)	220	150
K9	Dodací lhůta	26 měsíců	22 měsíců
K10	Orientační cena	6,5 mil. €	6,5 mil. €

Zdroj: vlastní zpracování

Nyní je třeba určit váhy jednotlivých kritérií, aby se stanovila jejich důležitost. Tato matice byla vytvořena společně se zadavatelem úlohy. Pro výpočty vah byla použita metoda párového porovnání, a to Saatyho metoda, která je popsána v kapitole 3.4.2. Saatyho matice je znázorněna v následující tabulce (Tabulka 7).

Tabulka 7 - Saatyho matice

Kritéria	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	b_i	v_i
K1	1	1	2	6	7	8	4	1/2	1	4	2,3607	0,1640
K2	1	1	2	5	6	7	3	1/2	1	3	2,1264	0,1477
K3	1/2	1/2	1	5	6	7	3	1/3	1/2	3	1,5475	0,1075
K4	1/6	1/5	1/5	1	2	3	1/3	1/7	1/6	1/3	0,4004	0,0278
K5	1/7	1/6	1/6	1/2	1	2	1/4	1/8	1/7	1/4	0,2915	0,0202
K6	1/8	1/7	1/7	1/3	1/2	1	1/5	1/9	1/8	1/5	0,2174	0,0151
K7	1/4	1/3	1/3	3	4	5	1	1/5	1/4	1	0,7800	0,0542
K8	2	2	3	7	8	9	5	1	2	5	3,5323	0,2454
K9	1	1	2	6	7	8	4	1/2	1	4	2,3607	0,1640
K10	1/4	1/3	1/3	3	4	5	1	1/5	1/4	1	0,7800	0,0542
Celkem	6,43	6,68	11,2	36,8	45,5	55	21,8	3,61	6,43	21,8	14,3969	1

Zdroj: vlastní vypracování

Data byla zpracována v programu Matlab a za pomoci MS Excel.

V tabulce výše (Tabulka 7) jsou ve sloupci b_i vypočítány geometrické průměry podle vzorce 3.8.

Pro ukázkou výpočtu geometrického průměru je vypočítán první řádek tabulky:

$$b_1 = \sqrt[10]{1 * 1 * 2 * 6 * 7 * 8 * 4 * 0,5 * 1 * 4} = 2,3607$$

Díky výpočtům geometrických průměrů jsou následně vypočítány váhy jednotlivých kritérií podle vzorce 3.9. Pro ukázkou je opět uveden první řádek tabulky:

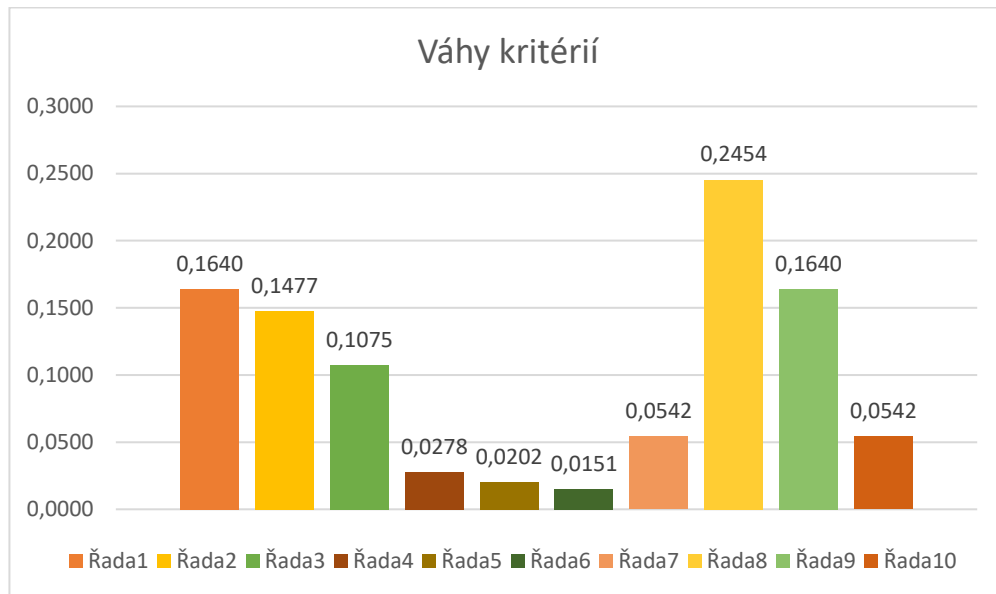
$$v_1 = \frac{2,3607}{14,3969} = 0,1640$$

Z tabulky se dá zjistit, že největší váhu má kritérium 8, které představuje minimální pracovní poloměr. Lze tedy říci, že minimální pracovní poloměr je nejdůležitější kritérium. Naopak nejmenší váhu představuje kritérium K6, tedy norma obsluhy daného stroje.

Je zapotřebí ověřit správné sestavení matice, tedy její konzistenci. Tyto výpočty jsou uvedeny v příloze a byly počítány v programu Matlab. V příloze A jsou v Matlabu vypočítány hodnoty maximálního vlastního čísla matice λ_{\max} (v Matlabu označeno jako „lmax“), index konzistence matice CI a poměr konzistence CR.

Index konzistence je vypočítán dle vzorce 3.5 a tento index následně slouží k výpočtu poměru konzistence (vzorec 3.6), podle kterého je vyvozen závěr o správném sestavení matice.

Maximální vlastní číslo matice λ_{\max} má hodnotu 10,3838, index konzistence CI vyšel 0,0426 a poměr konzistence CR vyšel 0,0286, což je menší než 0,1 a matice je tedy konzistentní a v pořádku.



Obrázek 9 - Grafické znázornění vah kritérií

Zdroj: vlastní zpracování

Pro lepší přehlednost je vytvořen graf (Obrázek 9), kde je názorně vidět, že největší váhu 0,2454 má kritérium K8 (minimální pracovní poloměr) a nejmenší váhu, tedy to nejméně důležité kritérium představuje kritérium K6 (norma obsluhy).

4.2.4 Hodnocení variant podle jednotlivých kritérií

V minulé části došlo k přiřazení vah (důležitosti) jednotlivým kritériím a v této podkapitole budou postupně rozebrány jednotlivé varianty u každého kritéria.

Kritérium K1 – Výkon pro čištění (m³/h)

Tabulka 8 - Hodnocení variant podle kritéria K1

K1	V ₁	V ₂	b _i	v _i	h _{ij}
V ₁	1	1	1	0,5	0,0820
V ₂	1	1	1	0,5	0,0820
Celkem	2	2	2	1	0,1640

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 8 zobrazuje ohodnocení obou variant dle kritéria K1. Dále jsou uvedeny jednotlivé ukázky výpočtů v tabulce.

b_i značí geometrický průměr. Byl vypočítán podle vzorce 3.8. Jako příklad je uveden výpočet geometrického průměru v prvním řádku:

$$b_1 = \sqrt{1 * 1} = 1$$

v_i označuje váhu dané varianty. Index v_i je vypočítán dle vzorce 3.9. Pro příklad je uveden výpočet váhy v prvním řádku:

$$v_1 = \frac{1}{2} = 0,5$$

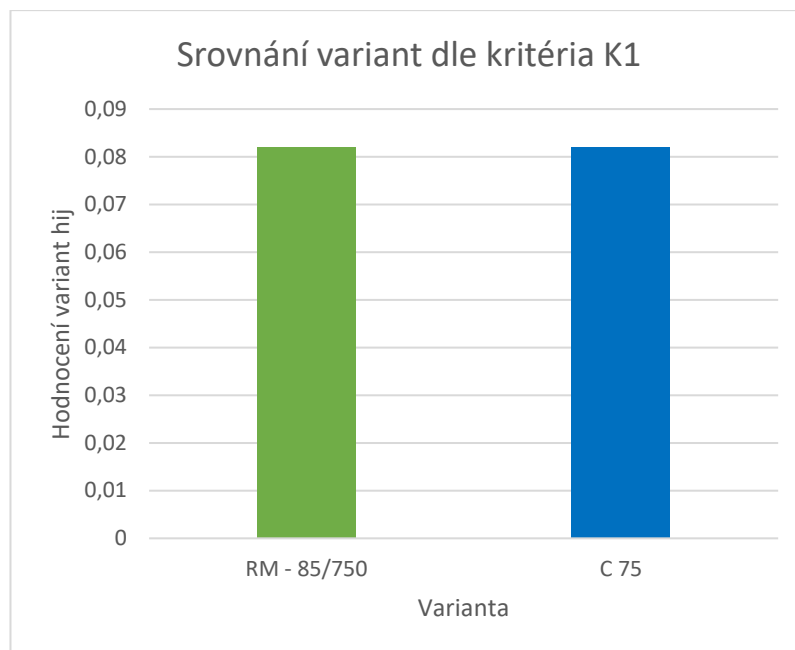
h_{ij} značí dílčí ohodnocení hodnot (utilitu). Je počítán podle vzorce 3.13. Tyto hodnoty slouží pro porovnání variant ve finálním rozhodnutí. Tato hodnota v sobě zahrnuje jak váhu daného kritéria, tak ohodnocení dané varianty. Součet všech těchto hodnot od všech kritérií musí být roven jedné. Pro příklad je uveden opět výpočet prvního řádku:

$$h_{ij} = 0,164 * 0,5 = 0,0820$$

kde číslo 0,164 značí váhu kritéria, která byla vypočítána v podkapitole 4.2.3 a číslo 0,5 označuje ohodnocení daného kritéria. Tímto způsobem se vypočítá zbytek tabulky.

Je nutné určit, zda matice splňuje podmínku konzistence, tedy zda je správně sestavená. Pro výpočet je využit vztah 3.7. Aby byla splněna podmínka správné konzistence matice, musí se nejvyšší vlastní číslo matice λ_{\max} rovnat rozměru dané matice.

Tyto výpočty jsou znázorněny v příloze B (1) a byly provedeny v programu Matlab. Číslo n udává velikost matice, λ vlastní číslo matice a λ_{\max} největší vlastní číslo matice. V tomto případě největší vlastní číslo matice A je hodnota 2 a rozměr matice A je též 2. Tato čísla se rovnají, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 10 - Graf porovnání variant podle kritéria K1

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 10 znázorňuje grafické zobrazení variant podle kritéria K1. Z pohledu tohoto kritéria (výkon pro čištění v m^3/h) mají obě čističky stejné ohodnocení, obě disponují stejným výkonem čištění.

Kritérium K2 – Výkon za metry

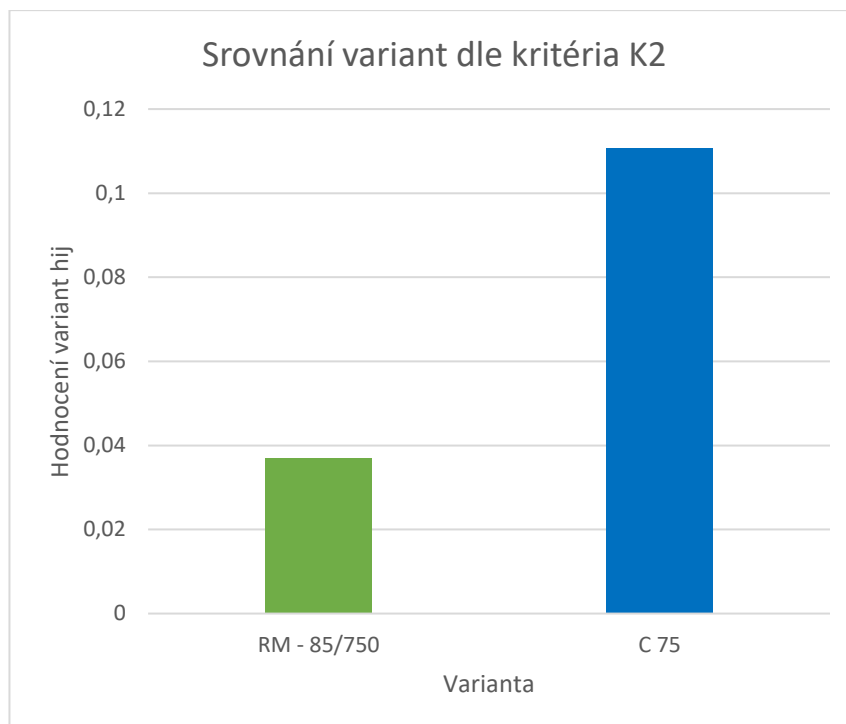
Tabulka 9 - Hodnocení variant podle kritéria K2

K2	V ₁	V ₂	b_i	v_i	h_{ij}
V ₁	1	1/3	0,57735	0,25	0,0369
V ₂	3	1	1,73205	0,75	0,1108
Celkem	4	1,333333	2,3094	1	0,1477

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 9 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (2) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice B má hodnotu 2 a rozměr matice B je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 11 - Graf porovnání variant podle kritéria K2

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 11 znázorňuje grafické zobrazení variant podle kritéria K2. Dle tohoto kritéria (výkon pro čištění za metry) je lépe ohodnocena varianta švýcarské čističky C 75.

Kritérium K3 – Nejslabší výkonové místo

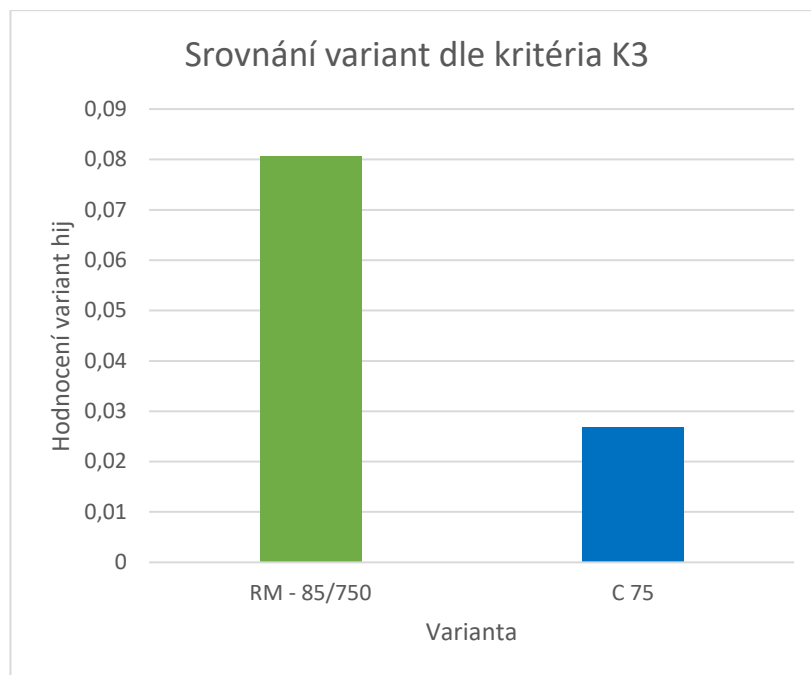
Tabulka 10 - Hodnocení variant podle kritéria K3

K3	V ₁	V ₂	b _i	v _i	h _{ij}
V ₁	1	3	1,73205	0,75	0,0806
V ₂	1/3	1	0,57735	0,25	0,0269
Celkem	1,33333	4	2,3094	1	0,1075

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 10 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (3) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice C má hodnotu 2 a rozměr matice C je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 12 - Graf porovnání variant podle kritéria K3

Zdroj: vlastní zpracování

Dle kritéria K3 je lépe hodnocena varianta V1 (RM – 85/750), jelikož u varianty C 75 je nejslabší výkonové místo síto. U varianty V2 není známo nejslabší výkonové místo. Graficky je to znázorněno na grafu (Obrázek 12).

Kritérium K4 – Místo výroby stroje

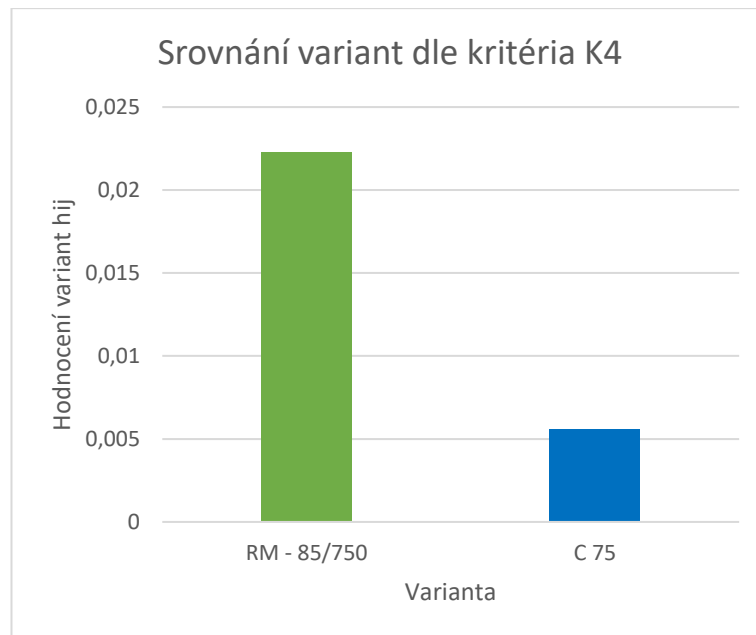
Tabulka 11 - Hodnocení variant podle kritéria K4

K4	V ₁	V ₂	b_i	v_i	h_{ij}
V ₁	1	4	2	0,8	0,0222
V ₂	1/4	1	0,5	0,2	0,0056
Celkem	1,25	5	2,5	1	0,0278

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 11 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (4) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice D má hodnotu 2 a rozměr matice D je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 13 - Graf porovnání variant podle kritéria K4

Zdroj: vlastní zpracování

Na grafu (Obrázek 13) je vidět, že u kritéria K4 byla lépe hodnocena varianta RM – 85/750 rakouského dodavatele Plasser & Theurer. Rakousko se totiž nachází v Evropské unii, a to je pro firmu výhodnější.

Kritérium K5 – Měna

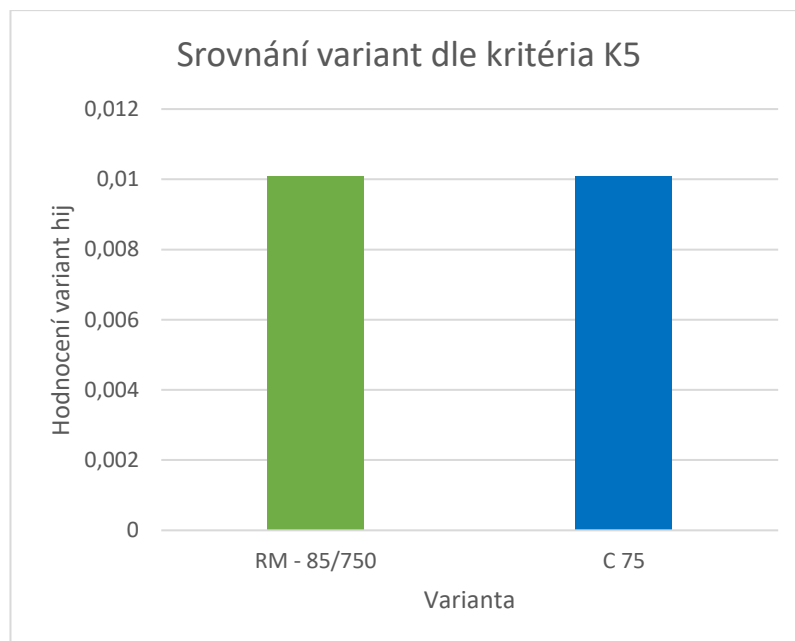
Tabulka 12 - Hodnocení variant podle kritéria K5

K5	V ₁	V ₂	b _i	v _i	h _{ij}
V ₁	1	1	1	0,5	0,0101
V ₂	1	1	1	0,5	0,0101
Celkem	2	2	2	1	0,0202

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 12 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (1) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice A má hodnotu 2 a rozměr matice A je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 14 - Graf porovnání variant podle kritéria K5

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 14 znázorňuje grafické zobrazení variant podle kritéria K5. Dle tohoto kritéria týkající se měny získaly obě varianty stejné ohodnocení. Obě čističky jsou ve stejné měně (Euro).

Kritérium K6 – Norma obsluhy (počet pracovníků)

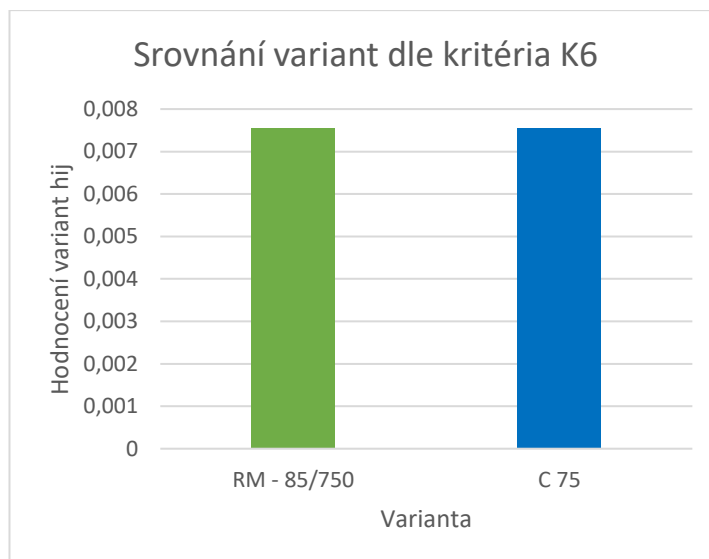
Tabulka 13 - Hodnocení variant podle kritéria K6

K6	V ₁	V ₂	b _i	v _i	h _{ij}
V ₁	1	1	1	0,5	0,0076
V ₂	1	1	1	0,5	0,0076
Celkem	2	2	2	1	0,0151

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 13 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (1) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice A má hodnotu 2 a rozměr matice A je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 15 - Graf porovnání variant podle kritéria K6

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 15 znázorňuje grafické zobrazení variant podle kritéria K6. Obě čističky šterkového lože vyžadují stejný počet pracovníků pro obsluhu stroje. Tudíž jsou obě varianty ohodnoceny stejně.

Kritérium K7 – Poprodejní služby

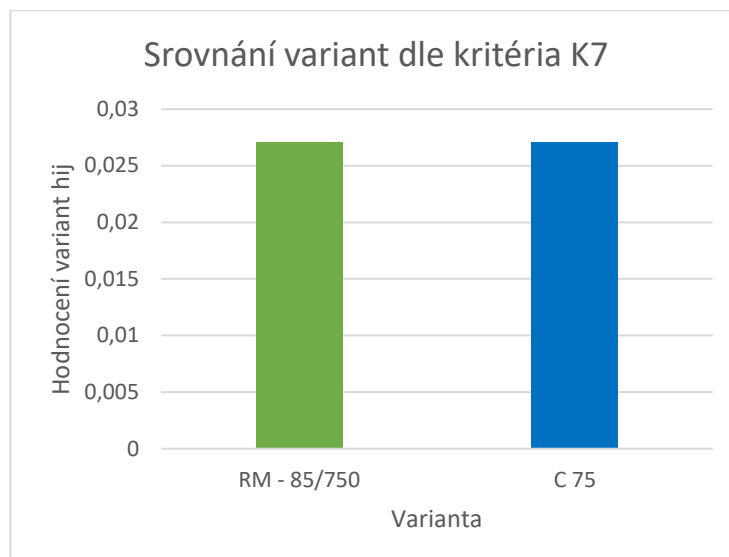
Tabulka 14 - Hodnocení variant podle kritéria K7

K7	V ₁	V ₂	b _i	v _i	h _{ij}
V ₁	1	1	1	0,5	0,0271
V ₂	1	1	1	0,5	0,0271
Celkem	2	2	2	1	0,0542

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 14 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (1) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice A má hodnotu 2 a rozměr matice A je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 16 - Graf porovnání variant podle kritéria K7

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 16 znázorňuje grafické zobrazení variant podle kritéria K7, podle kterého získaly obě čističky stejné ohodnocení. Obě mají relativně stejnou úroveň poprodejních služeb.

Kritérium K8 – Minimální pracovní poloměr

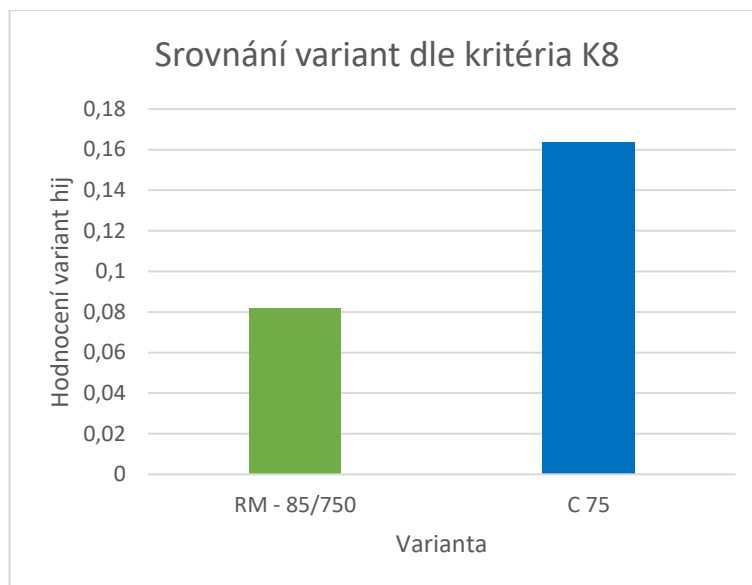
Tabulka 15 - Hodnocení variant podle kritéria K8

K8	V ₁	V ₂	b _i	v _i	h _{ij}
V ₁	1	1/2	0,70711	0,33333	0,0818
V ₂	2	1	1,41421	0,66667	0,1635
Celkem	3	1,5	2,12132	1	0,2453

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 15 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (5) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice E má hodnotu 2 a rozměr matice E je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 17 - Graf porovnání variant podle kritéria K8

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 17 znázorňuje grafické zobrazení variant podle kritéria K8. Dle tohoto kritéria je o něco málo lépe hodnocena varianta C 75 švýcarského výrobce Matisa, jelikož je nejbližší ideální variantě, která je 180 m.

Kritérium K9 – Dodací lhůta

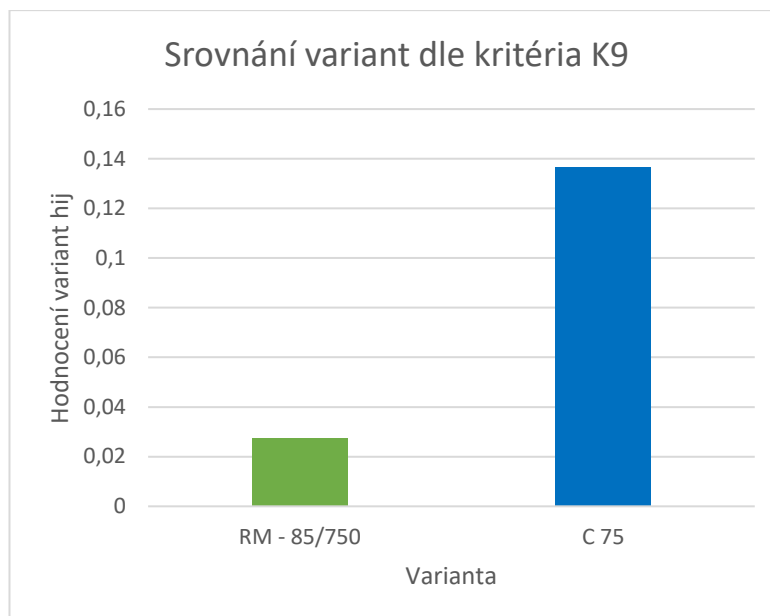
Tabulka 16 - Hodnocení variant podle kritéria K9

K9	V ₁	V ₂	b_i	v_i	h_{ij}
V ₁	1	1/5	0,44721	0,16667	0,0273
V ₂	5	1	2,23607	0,83333	0,1367
Celkem	6	1,2	2,68328	1	0,1640

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 16 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (6) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice F má hodnotu 2 a rozměr matice F je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 18 - Graf porovnání variant podle kritéria K9

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 18 znázorňuje grafické zobrazení variant podle kritéria K9, u kterého je lépe ohodnocena varianta C 75 díky kratší dodací lhůtě stroje, která činí 22 měsíců.

Kritérium K10 – Orientační cena

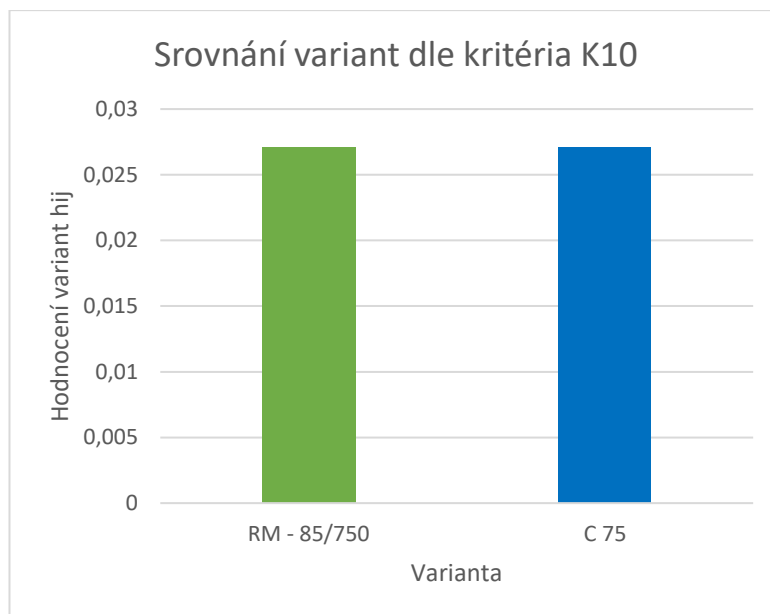
Tabulka 17 - Hodnocení variant podle kritéria K10

K10	V ₁	V ₂	b _i	v _i	h _{ij}
V ₁	1	1	1	0,5	0,0271
V ₂	1	1	1	0,5	0,0271
Celkem	2	2	2	1	0,0542

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 17 udává výpočet geometrických průměrů b_i , vah v_i a dílčích ohodnocení variant h_{ij} . Výpočty jsou na stejném principu jako u kritéria K1 a nachází se pod Tabulka 8.

V Příloze B (1) jsou uvedeny výpočty v programu Matlab pro kontrolu správné konzistence matice. K výpočtu byl použit vztah 3.7 a s ním související věta stejně, jak je tomu u kritéria K1. Největší vlastní číslo matice A má hodnotu 2 a rozměr matice A je též 2. Tyto hodnoty jsou si rovny, matice je tedy konzistentní – správně sestavená.



Obrázek 19 - Graf porovnání variant podle kritéria K10

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 19 znázorňuje grafické zobrazení variant podle kritéria K10. Orientační cena čističek dopadla na stejném ohodnocení, jelikož obě stojí přibližně stejně.

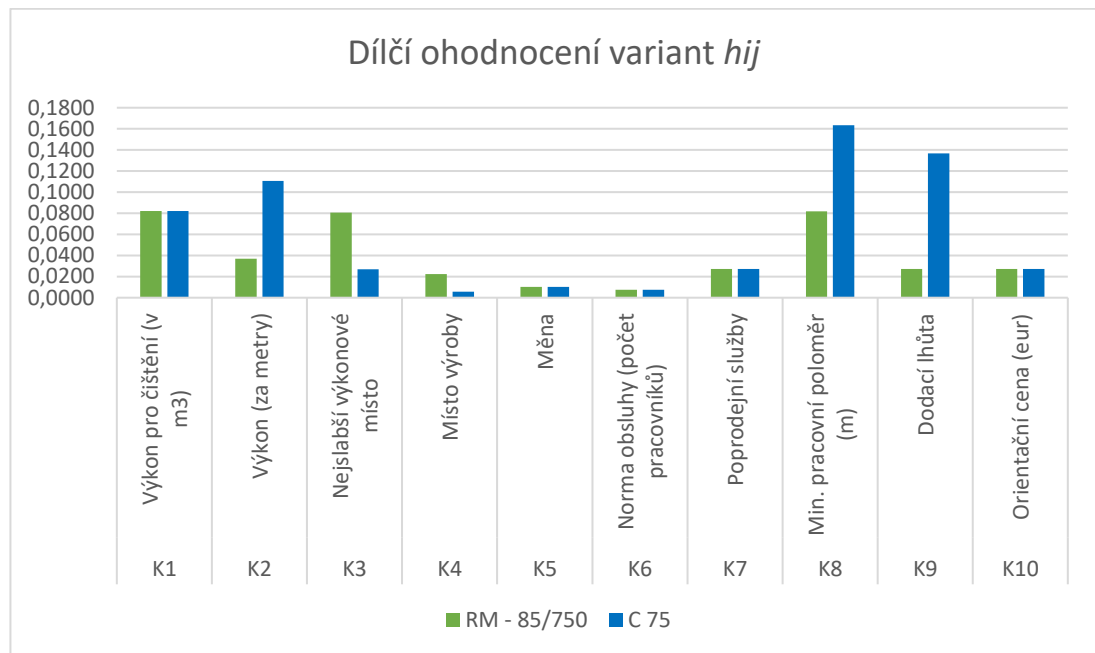
4.2.5 Shrnutí a celkové vyhodnocení

Tabulka 18 - Souhrnná tabulka ohodnocení variant

Souhrnná tabulka			
Kritéria		RM – 85/750 V ₁	C 75 V ₂
K1	Výkon pro čištění (v m ³)	0,0820	0,0820
K2	Výkon (za metry)	0,0369	0,1108
K3	Nejslabší výkonové místo	0,0806	0,0269
K4	Místo výroby	0,0222	0,0056
K5	Měna	0,0101	0,0101
K6	Norma obsluhy (počet pracovníků)	0,0076	0,0076
K7	Poprodejní služby	0,0271	0,0271
K8	Min. pracovní poloměr (m)	0,0818	0,1635
K9	Dodací lhůta	0,0273	0,1367
K10	Orientační cena (Eur)	0,0271	0,0271
Celkem	Výpočet H_j	0,4027	0,5973

Zdroj: vlastní zpracování

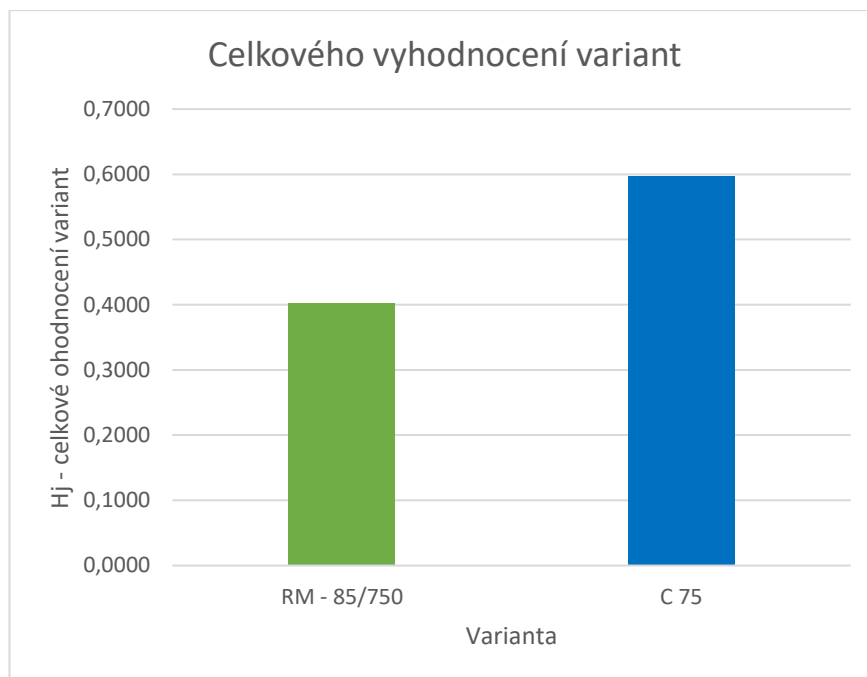
Souhrnná tabulka (Tabulka 18) zobrazuje přehled vypočítaných dílčích ohodnocení variant v rámci jednotlivých kritérií (h_{ij}) a výpočet celkového ohodnocení jednotlivých variant H_j . Kontrolní součet H_j obou variant vyjde 1, což značí správnost výpočtu (viz kapitola 3.5.4).



Obrázek 20 - Souhrnný graf dílčích ohodnocení

Zdroj: vlastní zpracování

Na grafu (Obrázek 20) je vidět dílčí ohodnocení variant u jednotlivých kritérií. Také je zde zřetelně demonstrován rozdíl vah jednotlivých kritérií (kritérium K8 má největší váhu, kritérium K6 nejmenší).



Obrázek 21 - Graf celkového vyhodnocení variant

Zdroj: vlastní zpracování

4.2.6 Závěrečné hodnocení

Z grafu (Obrázek 21) a z tabulky (Tabulka 18) je vidět, že varianta čističky štěrkového lože C 75 od švýcarské firmy Matisa s utilitou 0,5973 má lepší ohodnocení než čistička RM – 85/750 s utilitou 0,4027 od rakouského dodavatele Plasser & Theurer. To je dáno hlavně skutečností, že u kritérií s vysokými váhami dosáhla varianta C 75 lepšího ohodnocení než varianta čističky RM – 85/750. Čistička C 75 dosáhla také lepších výsledků ve více kritériích než RM – 85/750.

Autor na základě analýzy rozhodovacího problému doporučuje firmě vybrat čističku štěrkového lože C 75 od švýcarského dodavatele Matisa.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo přiblížit téma vícekriteriálního rozhodování, s tím spojeného rozhodování, vybrat a podrobněji popsat jednu metodu vícekriteriálního hodnocení variant a nakonec aplikovat danou metodu v rámci řízení vybraného podniku, který řeší rozhodovací problém. Pro praktickou část této práce byla vybrána firma Hrochostroj a. s., která uvažuje o koupi nové čističky šterkového lože a vybírá z dostupných variant na trhu.

První kapitola se zabývá rozhodováním. Toto téma vytváří úvod do problematiky této práce. V rámci této kapitoly je obecně vysvětlen pojem rozhodování, jsou zde uvedeny 2 přístupy ke struktuře rozhodovacího procesu, prvky rozhodovacího procesu, jeho dělení a v neposlední řadě jsou zde vysvětleny pojmy týkající se tohoto tématu, s kterými je následně pracováno.

Druhá kapitola se zaměřuje na vícekriteriální rozhodování, je zde uveden krátký exkurz do historie vícekriteriálního rozhodování, podstata této problematiky a základní rozdělení na vícekriteriální hodnocení variant (VHV) a vícekriteriální programování (VP). Tato práce se dále zabývá pouze vícekriteriálním hodnocením variant, což je v souladu s cílem této práce. Stručně je popsáno i vícekriteriální programování.

Následující část se věnuje vícekriteriálnímu hodnocení variant. Uvedeny jsou zde základní pojmy a klasifikace úloh VHV. Dále je zde věnován prostor kritériím a jejich dělení, variantám a samotným metodám odhadu vah kritérií, kde nejvíce prostoru je věnováno Saatyho metodě, která je součástí metody AHP, jež je využita v praktické části této práce. Mezi další zmíněné metody patří bodovací metoda, metoda Fullerova trojúhelníku nebo metoda pořadí. Na závěr této kapitoly jsou charakterizovány vybrané metody VHV, kde je popsána již zmiňovaná metoda AHP. Tato metoda vytváří hierarchickou strukturu rozhodovacího problému a využívá Saatyho postupy k řešení dané problematiky.

V poslední části práce je popsáno konkrétní využití vícekriteriálního rozhodování v managementu podniku. Pro tuto část byla vybrána firma Hrochostroj a. s., která se zabývá provozováním těžké kolejové mechanizace určené pro rekonstrukci a údržbu železničního svršku. Společnost se rozhodla rozšířit svůj strojový park a pořídit si novou čističku šterkového lože a činí rozhodování o výběru té nejlepší varianty. Náplní této části je charakteristika daného problému, stručné seznámení se společností, definování důležitých kritérií a nalezení všech přípustných variant řešení. Následují samotné výpočty pomocí metody AHP se Saatyho postupy. Výpočty byly prováděny pomocí MS Excel a programu Matlab, který umožňuje lepší práci s maticemi.

Za pomoci všech výpočtů autor došel k závěru, že kompromisní varianta, tedy ta nejlepší, je čistička C 75 od švýcarského dodavatele Matisa. Ta dosáhla lepšího ohodnocení u kritérií s vyšší vahou a také obecně u více kritérií. C 75 dosáhla celkového ohodnocení 0,5973, což převyšuje ohodnocení čističky RM – 85/750 od rakouského dodavatele Plasser & Theurer s celkovým ohodnocením 0,4027. Autor tedy firmě doporučuje ze získaných dat a výpočtů koupit čističky C 75.

Věřím, že tato práce přispěje k takovému rozhodnutí, které bude mít pro firmu pozitivní dopad a přispěje k budoucí prosperitě společnosti.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BROŽOVÁ, Helena, Tomáš ŠUBRT a Milan HOUŠKA. *Modely pro řízení znalostí a podporu rozhodování*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1633-1.
- [2] BUREŠ, Ondřej. *Využití vícekriteriálního rozhodování při přijímání zaměstnanců*. Pardubice, 2018. Dostupné také z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/70648/BuresO_VyuzitiVicekriterialniho_HB_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Mgr. Hana Boháčová, Ph.D.
- [3] *Enteria: Jsme český stavební holding* [online]. Pardubice: Enteria, 2022 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.enteria.cz/profil/>
- [4] FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS. *Vícekriteriální rozhodování: Určeno pro stud. všech fak.* Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.
- [5] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.
- [6] *Hrochostrój: Bezpečnost, kvalita, rychlost* [online]. Pardubice: Hrochostrój, 2022 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.hrochostrój.cz/o-nas/>
- [7] JABLONSKÝ, Josef a Martin DLOUHÝ. *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-49-5.
- [8] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-23-1.
- [9] JANDOVÁ, Věra. *AHP – její silné a slabé stránky*. Olomouc, 2012. Dostupné také z: https://theses.cz/id/5j4i3e/Jandova_-_AHP_Jeji_silne_a_slabe_stranky.pdf. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce doc. RNDr. Jana Talašová, CSc.
- [10] Jiří KŘUPKA Miloslava KAŠPAROVÁ Renáta MÁCHOVÁ – PDF.[online]. Univerzita Pardubice, fakulta ekonomicko-správní. Vydáno březen 2012 [cit. 4. 11. 2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/1157600-Jiri-krupka-miloslava-kasparova-renata-machova.html>
- [11] LANGER, Jan. *Porovnání Pardubického a Královéhradeckého kraje pomocí multikriteriálního rozhodování*. Pardubice, 2011. Dostupné také z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/39339/LangerJ_PorovnaniKraju_JK_2011.

- pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Krupka Ph.D.
- [12] MÜLLEROVÁ, Kateřina. *Využití vícekriteriálního rozhodování při řízení podniku*. Pardubice, 2020. Dostupné také z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/75706/MullerovaK_VicekriterialniRozhodovani_LK_2020.pdf?sequence=3. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Mgr. Hana Boháčová, Ph.D.
- [13] RAMÍK, Jaroslav. *Vícekriteriální rozhodování – analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná: Slezská univerzita, 1999. ISBN 80-7248-047-2.
- [14] RYŠÁNKOVÁ, Petra. *Vícekriteriální rozhodování a možnosti jeho využití v rámci řízení podniku*. Pardubice, 2021. Dostupné také z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/77641/RysankovaP_VicekriterialniRozhodovani_BH_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Mgr. Hana Boháčová, Ph.D.
- [15] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.
- [16] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.
- [17] TRIANTAPHYLLOU, Evangelos. *Multi-criteria decision making methods: a comparative study*. Dordrecht: Kluwer Academic, c2000. Applied optimization, vol. 44. ISBN 0-7923-6607-7.
- [18] VOHRADSKÝ, Marek. *Použití metod vícekriteriálního rozhodování při řízení podniku*. Plzeň, 2016. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/23313/1/DP_Vohradsky_2016.pdf. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce doc. RNDr. Ladislav Lukáš, CSc.

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A: VÝPOČET λ_{MAX} , CI A CR V PROGRAMU MATLAB PRO SAATYHO MATICI

PŘÍLOHA B: VÝPOČTY λ_{MAX} , CI A CR V PROGRAMU MATLAB PRO JEDNOTLIVÁ KRITÉRIA

PŘÍLOHA A: VÝPOČET λ_{MAX} , CI A CR V PROGRAMU MATLAB PRO SAATYHO MATICI

```

Command Window
>> S = [1 1 2 6 7 8 4 1/2 1 4;1 1 2 5 6 7 3 1/2 1 3;1/2 1/2 1 5 6 7 3 1/3 1/2 3;1/6 1/5 1/5 1 2 3 1/3 1/7 1/6 1/3;
S =
    1.0000    1.0000    2.0000    6.0000    7.0000    8.0000    4.0000    0.5000    1.0000    4.0000
    1.0000    1.0000    2.0000    5.0000    6.0000    7.0000    3.0000    0.5000    1.0000    3.0000
    0.5000    0.5000    1.0000    5.0000    6.0000    7.0000    3.0000    0.3333    0.5000    3.0000
    0.1667    0.2000    0.2000    1.0000    2.0000    3.0000    0.3333    0.1429    0.1667    0.3333
    0.1429    0.1667    0.1667    0.5000    1.0000    2.0000    0.2500    0.1250    0.1429    0.2500
    0.1250    0.1429    0.1429    0.3333    0.5000    1.0000    0.2000    0.1111    0.1250    0.2000
    0.2500    0.3333    0.3333    3.0000    4.0000    5.0000    1.0000    0.2000    0.2500    1.0000
    2.0000    2.0000    3.0000    7.0000    8.0000    9.0000    5.0000    1.0000    2.0000    5.0000
    1.0000    1.0000    2.0000    6.0000    7.0000    8.0000    4.0000    0.5000    1.0000    4.0000
    0.2500    0.3333    0.3333    3.0000    4.0000    5.0000    1.0000    0.2000    0.2500    1.0000

>> k=10
k =
    10

>> RI=1.49
RI =
    1.4900

>> lambda=eig(S)
lambda =
10.3838 + 0.0000i
 0.0605 + 1.9490i
 0.0605 - 1.9490i
-0.1614 + 0.3744i
-0.1614 - 0.3744i
-0.0744 + 0.0912i
-0.0744 - 0.0912i
 0.0000 + 0.0000i
-0.0330 + 0.0000i
 0.0000 + 0.0000i

>> lmax=max(lambda)
lmax =
    10.3838

>> CI=(lmax-k)/(k-1)
CI =
    0.0426

>> CR=CI/RI
CR =
    0.0286

```

Zdroj: vlastní zpracování

PŘÍLOHA B: VÝPOČTY λ_{\max} , CI A CR V PROGRAMU MATLAB PRO JEDNOTLIVÁ KRITÉRIA

(1) Výpočet λ_{\max} , CI a CR v programu Matlab pro kritéria K1, K5, K6, K7, K10

```
Command Window
>> A=[1 1;1 1]

A =

     1     1
     1     1

>> n=2

n =

     2

>> lambda=eig(A)

lambda =

     0
     2

>> lmax=max(lambda)

lmax =

     2
```

Zdroj: vlastní zpracování

(2) Výpočet λ_{\max} , CI a CR v programu Matlab pro kritérium K2

```
Command Window
>> B=[1 1/3;3 1]

B =

    1.0000    0.3333
    3.0000    1.0000

>> n=2

n =

     2

>> lambda=eig(B)

lambda =

     2
     0

>> lmax=max(lambda)

lmax =

     2
```

Zdroj: vlastní zpracování

(3) Výpočet λ_{\max} , CI a CR v programu Matlab pro kritérium K3

```
Command Window
>> C=[1 3;1/3 1]

C =

    1.0000    3.0000
    0.3333    1.0000

>> n=2

n =

     2

>> lambda=eig(C)

lambda =

     2
     0

>> lmax=max(lambda)

lmax =

     2
```

Zdroj: vlastní zpracování

(4) Výpočet λ_{\max} , CI a CR v programu Matlab pro kritérium K4

```
Command Window
>> D=[1 4;1/4 1]

D =

    1.0000    4.0000
    0.2500    1.0000

>> n=2

n =

     2

>> lambda=eig(D)

lambda =

    2.0000
    0.0000

>> lmax=max(lambda)

lmax =

     2
```

Zdroj: vlastní zpracování

(5) Výpočet λ_{\max} , CI a CR v programu Matlab pro kritérium K8

```
Command Window
>> E=[1 1/2;2 1]

E =

    1.0000    0.5000
    2.0000    1.0000

>> n=2

n =

     2

>> lambda=eig(E)

lambda =

    2.0000
    0.0000

>> lmax=max(lambda)

lmax =

     2
```

Zdroj: vlastní zpracování

(6) Výpočet λ_{\max} , CI a CR v programu Matlab pro kritérium K9

```
Command Window
>> F=[1 1/5;5 1]

F =

    1.0000    0.2000
    5.0000    1.0000

>> n=2

n =

     2

>> lambda=eig(F)

lambda =

     2
     0

>> lmax=max(lambda)

lmax =

     2
```

Zdroj: vlastní zpracování