

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Uplatnění vícekriteriálního rozhodování
ve společnosti Ferro OK, s.r.o.**

**Application of multiple-criteria decision analysis
in the Ferro OK, s.r.o.**

AUTOR: Karel Švéda

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Bc. Ladislav Vaniš

PRAHA 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Švéda** Jméno: **Karel** Osobní číslo: **408643**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Uplatnění vícekriteriálního rozhodování ve společnosti Ferro OK, s.r.o.

Název bakalářské práce anglicky:

Application of multiple-criteria decision analysis in the Ferro OK, s. r. o.

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod - zdůvodnění zadání
2. Teoretická část - popis metod vícekriteriálního rozhodování
3. Analytická část:
 - analýza současného stavu ve společnosti
 - navrhované varianty plazmového řezacího CNC
 - výběr hodnotících kritérií
 - vícekriteriální hodnocení variant rozhodování
4. Návrhová část - představení vybrané varianty
5. Závěr - zhodnocení dosažených výsledků

Seznam doporučené literatury:

- [1] GROS, Ivan. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování, Praha: Grada, 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
[2] ŽÁČEK, Vladimír. Management podniku. Vydání první. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2009. 204 s. ISBN 978-80-01-04370-7.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

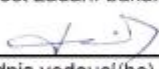
Ing. Ladislav Vaniš, ústav řízení a ekonomiky podniku FS

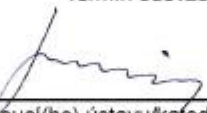
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:


Datum zadání bakalářské práce: **07.04.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **28.07.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **25.08.2017**


Podpis vedoucí(ho) práce


Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

5.4.2017
Datum převzetí zadání

Švéda
Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne:

.....

Podpis

Anotace

Předmětem bakalářské práce je návrh na zavedení metody vícekriteriálního rozhodování ve společnosti Ferro OK, s.r.o. První část je teoretická a obsahuje popis vícekriteriálního rozhodování a jeho jednotlivých metod, včetně popisu vybrané technologie. Ve druhé části, která je analytická, je zdůvodněna potřeba aplikace vícekriteriálního rozhodování v dané společnosti. V poslední, návrhové části je konkrétní problém řešen vybranou metodou vícekriteriálního rozhodování a jsou shrnuty výsledky.

Klíčová slova

vícekriteriální rozhodování, kritéria, váhy, rozhodovatel, varianty, hodnocení

Annotation

The subject of this thesis deals with application of method of multi-criteria decision making in the company Ferro OK Ltd. The first part is theoretical and contains a description of multi-criteria decision-making and its various methods with included technology description. The second part deals with a need of application of multi-criteria decision-making in the company. And in the last part, there is a specific problem solved by the chosen method of multi-criteria decision making and the results are summarizes.

Keywords

multicriteria decision making, criteria, decision maker, alternatives, evaluation

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Bc. Ladislavu Vanišovi za cenné rady a odborné vedení při psaní bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům společnosti Ferro OK, s.r.o. za pomoc a poskytnuté podklady pro mou práci.

Obsah

Úvod	9
2 Teoretická část	10
2.1 Úvod do vícekriteriálního rozhodování	10
2.2 Popis metod vícekriteriálního rozhodování	11
2.2.1 Metody stanovení vah důležitosti kritérií	12
2.2.1.1 Metody přímého stanovení vah kritérií	15
2.2.1.2 Metody stanovení vah kritérií založené na párovém srovnání	16
2.2.1.3 Metoda postupného rozvrhu vah	17
2.2.2 Základní metody agregace hodnotících kritérií.....	18
2.2.2.1 Metoda pořadové funkce	18
2.2.2.2 Bodovací metoda	19
2.2.2.3 Bazická metoda	20
3 Analytická část.....	23
3.1 Analýza současného stavu ve společnosti.....	23
3.2 Odůvodnění užití vícekriteriálního rozhodování	24
3.3 Postup aplikace vícekriteriálního rozhodování	25
3.4 Postup při výběru kritérií.....	27
3.5 Navrhované varianty	29
4 Návrhová část.....	33
4.1 Hodnocení kritérií.....	34
4.1.1 Metoda pořadí.....	34
4.1.2 Bodovací metoda	37
4.2 Agregace dílčích hodnocení variant	39
4.2.1 Agregace bodovací metodou	39
4.2.2 Agregace bazickou metodou	42
4.3 Výpočtový model v tabulkovém procesoru	44
4.4 Vyhodnocení.....	46
5 Závěr.....	47
6 Seznam použitých zdrojů	49
7 Seznam obrázků	50
8 Seznam tabulek	51

Úvod

Bakalářské práce je složena z několika částí. V první části se věnuji popisu metod vícekriteriálního rozhodování. V druhé části je představena společnost Ferro OK, s.r.o. a problematika, která bude dále řešena vybranou metodou vícekriteriálního rozhodování. V poslední části je na základě zvolené metody rozhodování vybrána a obhájena nejvhodnější varianta řešení daného problému.

Cílem této práce je návrh možného způsobu řešení manažerských rozhodovacích problémů ve strojírenském podniku. Názornou ukázkou na konkrétním problému bude předvedeno, že lze poměrně snadno aplikovat metody vícekriteriálního rozhodování, a že na základě dosažených výsledků můžeme získat kvalitní podklady pro budoucí rozhodování.

Velký podíl, při volbě tohoto tématu bakalářské práce, mělo zjištění, že ve velké míře, především českých firem menšího rozsahu, nejsou důležitá rozhodnutí podložena jakýmkoliv podklady, které nabízí teorie rozhodování. Na pozicích vedoucích pracovníků jsou sice odborníci v dané oblasti, nicméně se zde vyskytuje určitá absence v oblasti manažerského rozhodování. Tito pracovníci pak konají svá rozhodnutí buď na základě zkušeností, nebo z vlastní intuice. Avšak tento model rozhodování se zdá být neuspokojující a dle mého názoru je nutné zlepšit kvalitu rozhodovacích procesů, z důvodu frekventovanosti těchto aktivit na pozicích vedoucích pracovníků.

Se změnou přístupu k manažerskému rozhodování však přichází i změna nároků na technické pracovníky. Takováto změna se poté může projevit mimo jiné také zařazením ekonomických předmětů do vzdělávacího systému technicky zaměřených škol. Dle mého názoru by bylo přínosem, kdyby se tato skutečnost projevila ve stylu řízení vedoucích pracovníků jak ve strojírenském průmyslu, tak i v dalších odvětvích.

2 Teoretická část

2.1 Úvod do vícekriteriálního rozhodování

S problematikou vícekriteriálního rozhodování se setkáváme i v každodenním životě a většinou si tento fakt ani neuvědomujeme. Nemusí se totiž týkat rozhodování o problémech se zásadními dopady, ale o rozhodovací problémy, které jsme nuceni řešit my všichni jako jednotlivci. Mezi taková rozhodnutí se může počítat koupě nového vozu, volba nového spotřebiče do domácnosti, či volba hotelu pro rodinnou dovolenou a mnoho dalších, pro nás méně či více důležitých, rozhodnutí.

Pokud ovšem nejsme seznámeni s oblastí vícekriteriálního rozhodování, je rozhodování prováděno pouze intuitivně. Toto jednání je vhodné zejména u problémů, kdy realizujeme jiné než nejlepší řešení a nevznikne nám podstatná škoda. Charakter těchto rozhodnutí bývá spíše krátkodobý, či se jedná o vynaložení méně významných finančních obnosů, apod.

Na druhé straně existují zásadní rozhodnutí, která mají velký vliv na budoucí život člověka. Jedná se například o rozhodování o profesním zaměření, výběru školy, vynaložení významné částky na koupi rodinného domu, tato rozhodnutí musíme důkladně zvážit, spolu s dalšími rozhodnutími, jejichž případné špatné důsledky nelze tak snadno zvrátit.

Samostatnou problematikou je manažerské rozhodování v podnicích, případně ve veřejných funkcích. Je jasné, že čím je důležitější rozhodnutí pro podnik či společnost, tím důkladnější rozbor vyžaduje. Zde je příhodné uvést jako příklad řešení problémů při veřejných zakázkách. Ač se většina takovýchto řízení odehrává v mezích platných zákonů, při důsledném dodržování zákonitostí a přístupů vícekriteriálního rozhodování by došlo k výraznému poklesu problémů při obhajobě rozhodnutí. Zúžil by se prostor pro dodávání protestů neúspěšných subjektů proti nekorektnosti výběrového řízení a odpovědní pracovníci by mohli účinněji čelit a vyvracet spekulace o korupci.

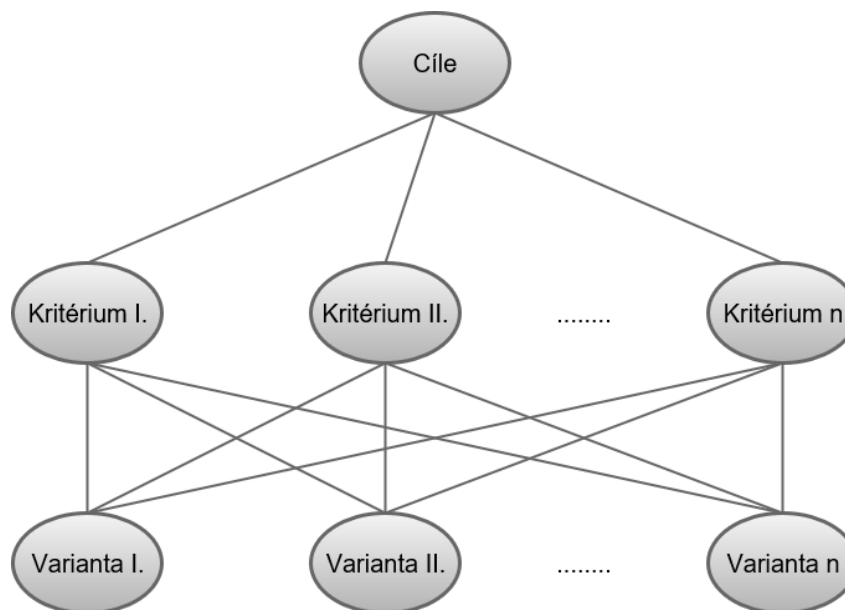
Vícekriteriální rozhodování nám tedy zobrazuje rozhodovací problémy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Ovšem při zohlednění více kritérií jsou do rozhodovacího procesu zaneseny obtíže, které vyplývají z obecného charakteru a protichůdnosti kritérií. Pokud by totiž alespoň většina kritérií ukazovala na stejné řešení, stačilo by pro volbu nejvhodnějšího rozhodnutí pouze jediné z nich. Cílem modelů v takovýchto situacích je buď zjištění nejvhodnější varianty podle všech námi uvažovaných hledisek, vyřazení nevhodných variant nebo uspořádání všech zvažovaných variant od nevýhodnější po méně vhodné.

2.2 Popis metod vícekriteriálního rozhodování

V úvodu této kapitoly bych nejprve rád objasnil hlavní výhody užití metod vícekriteriálního rozhodování. Hlavní předností je, že je rozhodovateli umožněno posoudit danou problematiku z různých hledisek, která jsou obsažena v daném souboru kritérií, podle kterých je problematika posuzována. Další předností je, že rozhodovatel musí být schopen přesně definovat vymezení daných kritérií a musí určit míru jejich důležitosti. Poslední předností je, že aplikace vybrané metody vícekriteriálního rozhodování činí celý rozhodovací proces transparentním a tím i srozumitelně reprodukovatelným ostatním účastníkům rozhodovacího procesu.

Než se ale začneme věnovat konkrétním metodám, je vhodné si nejprve stručně popsat proces aplikace vícekriteriálního rozhodování, což učiní pochopení problematiky snazším. Nejprve je nutné určení konkrétního problému, který chceme pomocí vícekriteriálního rozhodování řešit. Poté, co vymežíme daný problém, stanovíme možné varianty řešení. Z těchto variant bude na konci procesu vybrána nejvýhodnější varianta a zároveň budou varianty uspořádány podle jejich celkové výhodnosti, tím vznikne tzv. preferenční uspořádání. Pokud máme stanovený problém i varianty jeho řešení, můžeme přikročit ke stanovení kritérií, podle kterých budeme daný problém posuzovat. Jako další krok je přiřazení váhy každému kritériu. Konkrétní metody, kterých je v tomto kroku využíváno, budou popsány dále. Po vytyčení problému, určení možných variant a stanovení kritérií,

kde každé je ohodnoceno podle důležitosti nebo váhy, můžeme přejít k vyhodnocení souboru variant řešení.



Obrázek 1 – Vztah mezi cílem, kritérii a variantami řešení (autor)

2.2.1 Metody stanovení vah důležitosti kritérií

Pro začátek je vhodné si uvést stručnou definici kritéria. Kritérium je hledisko hodnocení variant, může být kvalitativní nebo kvantitativní (2). Než ale začneme kritériím přiřazovat váhu, je nejprve nutné objasnit si, jak jsou samotná kritéria měřena. Měřením chápeme přiřazování hodnot objektům, vzhledem k jejich určité vlastnosti, podle vymezeného pravidla. Uvažovaná kritéria se většinou vzájemně vylučují či jsou v mírném konfliktu. Kritéria mohou mít povahu jak kvantitativní (kardinální), tak kvalitativní (ordinální) (1).

Kvantitativní kritéria jsou výhodná v tom směru, že umožňují pro každou variantu stanovit určitou hodnotu. Tato kritéria pak bývají často vyjádřena pomocí různých jednotek, tudíž pokud s nimi chceme dále pracovat, je nutné provést určitou normalizaci, tj. převést tyto jednotky na jednotný ukazatel, např. na metry. Oproti tomu kvalitativní kritéria dovolují stanovit pouze, zda je nějaká varianta podle určitého kritéria lepší či horší než jiná, nebo zda jsou podle daného kritéria obě porovnávané varianty rovnocenné.

K měření kvalitativních metod užíváme měření nominální a ordinální. Nominální neboli jemné představuje třídění kritérií do jednotlivých podmnožin, označených jmény a přiřazením libovolného čísla. Toto číslo není reálné číslo, jeho funkce může být zastoupena stejně dobře i písmenem, jelikož slouží pouze pro označení dané skupiny. Jako příklad takového označení může být například číslo 1 pro skupinu označenou jako „ženy“ a číslo 2 pro skupinu označenou „muži“. Druhý typ měření je ordinální. Toto měření vychází ze srovnávání. Na jehož základě se stanoví pořadí. Podle pořadí je pak přiřazen číselný znak, a to čím větší užitek, tím vyšší číslo bude přiřazeno. Je nutné podotknout, že hodnota neukazuje na to, kolikrát je užitek větší. Tento typ se používá převážně tam, kde nelze přesně měřit data, např. při měření preferencí.

Pro měření kvantitativních metod používáme měření kardinální a absolutní. Kardinální, neboli přísné měření lze charakterizovat reálnou funkcí. Rozlišuje se intervalové (s libovolnou nulou a libovolnou měrnou jednotkou) např. stupně celsia, a poměrové (s přirozenou nulou a libovolnou měrnou jednotkou) např. délka. Tyto druhy měření je dále možné zpracovávat matematickými operacemi. Posledním typem měření je absolutní měření. Toto měření je charakterizováno přirozenou nulou a jedinou měrnou jednotkou. Příkladem tohoto měření může být počet pracovníků, počet kusů atd.

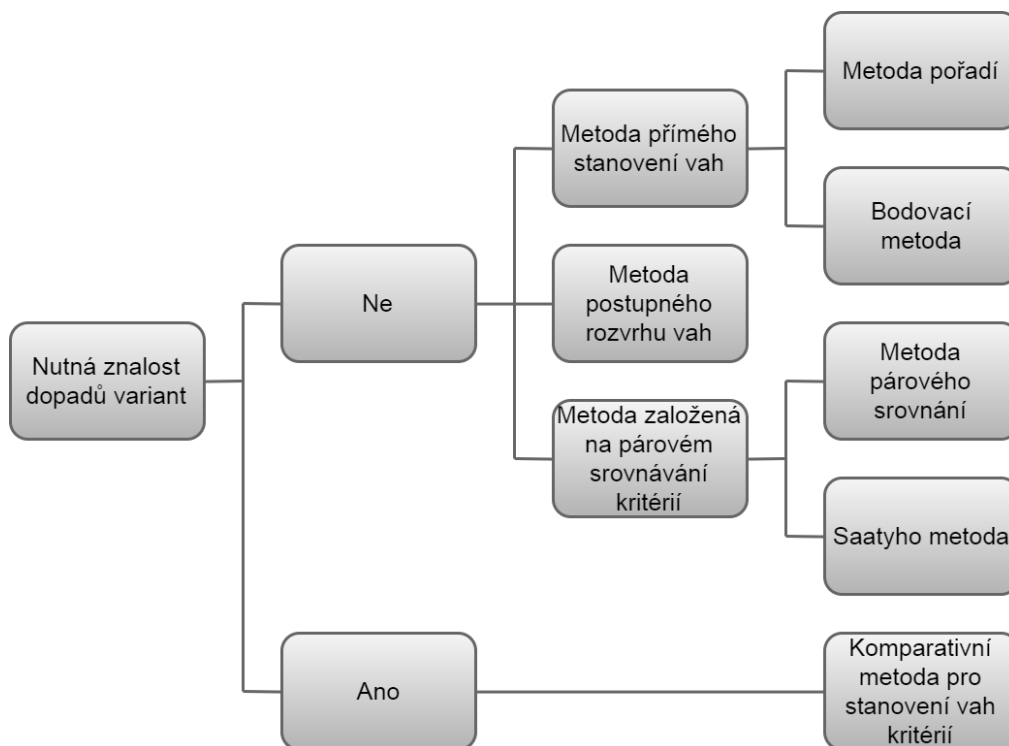
Pokud jsme již schopni exaktně změřit dané varianty, můžeme přistoupit ke stanovení vah jednotlivých kritérií hodnocení, takzvaných koeficientů významnosti. Váhy kritérií číselně odrážejí jejich významnost, resp. důležitost sledovaných cílů firmy (1). S rostoucí významností daného kritéria roste i jeho váha a naopak. Zpravidla se váhy kritérií normují tak, aby jejich celkový součet byl roven jedné.

Dále je nutné zmínit, že kritéria jsou rozdělena na dvě základní skupiny, kritéria výnosového typu a nákladového typu. U kritérií výnosového typu preferujeme vyšší hodnoty, u kritérií nákladového typu jsou preferovány naopak hodnoty nižší.

V teorii rozhodování se postupně vytvořil větší počet metod stanovení vah kritérií, které se liší především svojí složitostí, která je odrazem různého algoritmického základu jednotlivých metod. Tento aspekt se odráží ve dvou

rovinách, a to ve srozumitelnosti pro uživatele a v náročnosti na typ informací, které je nezbytné pro stanovení vah od rozhodovatele získat (1).

Základní rozdělení metod závisí na potřebě znát dopady všech variant pro jednotlivá kritéria. Schéma rozdělení metod podle nutnosti znát dopady je uvedeno na následujícím obrázku.



Obrázek 2 – Schéma metod pro stanovení vah kritérií (autor)

Při velkém počtu kritérií se používá metoda postupného rozvrhu vah, kterou lze kombinovat s ostatními metodami.

Stanovení vah využívající znalosti důsledků (dopadů) variant je doporučováno u řady metod vícekritériálního rozhodování. Metoda, která z těchto důsledků vychází, se nazývá kompenzační metoda pro stanovení vah kritérií.

2.2.1.1 Metody přímého stanovení vah kritérií

Následující metody mají stejný charakter, při stanovení vah jednotlivých kritérií dochází k posuzování jejich významnosti přímo.

Metoda pořadí

Tato metoda vyžaduje pouze ordinální informaci, tj. stanovení vah kritérií podle důležitosti. Rozhodovatel uspořádá kritéria od nejdůležitějšího k nejméně důležitému.

Nechť k je číslo (počet bodů), označující počet kritérií – nejdůležitějšímu kritériu v rozhodování je přiřazeno číslo k , číslo $k-1$ je pak přiřazeno druhému nejdůležitějšímu kritériu atd. Index i označuje pozici (důležitost) daného kritéria v posloupnosti kritérií, p_i – počet označení v_i – váhu i -tého kritéria (3). Váha i -tého kritéria se vypočte podle vzorce:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}; \text{ kde } i = 1, 2, \dots, k^{20}.$$

Z následujícího vzorce můžeme zjistit součet čísel b_i ve jmenovateli:

$$\sum_{i=1}^k b_i = \frac{k(k+1)}{2}$$

Bodovací metoda

V této metodě rozhodovatel kvantitativně ohodnotí důležitost kritérií ve zvolené bodovací stupnici, např. od 1 do 10. Čím důležitější je dané kritérium pro rozhodovatele, tím větší je bodové ohodnocení. Poté platí pro odhad vah kritérií stejný vztah jako u metody pořadí. Rozdíl oproti metodě pořadí je v tom, že více kritériím může být přiřazena stejná hodnota.

Nechť p_i je bodové ohodnocení a v_i – váha kritéria, pak dojdeme ke vzorci, který již byl uveden v metodě pořadí.

2.2.1.2 Metody stanovení vah kritérií založené na párovém srovnání

Pro metody stanovení vah kritérií založené na párovém srovnání je charakteristické zjišťování preferenčních vztahů dvojic kritérií (1). Mezi představitele této metody lze zařadit tyto: jednodušší metoda párového srovnání a Saatyho metoda.

Metoda párového srovnání

Tato metoda je založena na principu, že každý vybraný expert provádí srovnání kritérií po dvojicích. Kritéria se srovnávají v tabulce, kde řádky jsou označeny kritérii v libovolném pořadí a ve stejném pořadí jsou kritérii označeny sloupce. Každé r -té kritérium označující řádek se srovnává s každým k -tým kritériem označujícím sloupec, a to pro $r=1,2,\dots,s$; $k=1,2,\dots,s$; $r \neq k$. Považuje-li e -tý expert kritérium označující r -tý řádek za důležitější než kritérium označující k -tý sloupec, zapíše do políčka ležícího na průsečíku r -tého a k -tého sloupce číslo 1, v opačném případě 0. Součtem hodnot v r -tém řádku e -té tabulky se dostane číslo u_{er} , které udává, před kolika kritérii je r -té kritérium považováno e -tým expertem za důležitější (3).

Výsledná váha důležitosti r -tého kritéria se určí na základě vztahu

$$p_r = \frac{\sum_{e=1}^q u_{er}}{\sum_{r=1}^s \sum_{e=1}^q u_{er}} ; \text{ pro } e=1,2,\dots,q; r=1,2,\dots,s$$

kde: q . . . počet expertů,

s . . . počet kritérií.

Váha důležitosti r -tého kritéria určená na základě kterékoliv uvedené metody musí splňovat tyto podmínky

$$0 \leq p_r \leq 1$$

$$\sum_{r=1}^s p_{er} = 1 ; \text{ pro } r=1,2,\dots,s$$

kde: s . . . počet kritérií.

Saatyho metoda

Tuto metodu lze rozdělit do dvou kroků. První krok je stejný jako v metodě párového srovnání, kdy opět experti určují preferenční vztahy dvojic kritérií. Avšak na rozdíl od předchozí metody párového srovnání se kromě směru preference dvojic kritérií určuje také velikost této preference (1). Ta je vyjádřena určitým počtem bodů na zvolené stupnici. Saaty doporučuje využít pro vyjádření velikosti preferencí bodové stupnice opatřené deskriptory uvedené v následující tabulce.

Počet bodů	Deskriptor
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritériu je slabě významnější než druhé
5	První kritériu je dosti významnější než druhé
7	První kritériu je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritériu je absolutně významnější než druhé

Tabulka 1 – Saatyem doporučená bodová stupnice

2.2.1.3 Metoda postupného rozvrhu vah

Užití této metody nabývá na významu za předpokladu, že je jedním z požadavků zadavatele zahrnout do rozhodování celý soubor kritérií nebo je soubor kritérií větší než deset. Stručným postupem je začít se stanovením váhy jednotlivých kritérií a to s využitím jedné z výše popsanych metod. Tyto váhy musí být normovány, to znamená, že jejich součet se musí rovnat jedné. Dále se určí váhy každého kritéria v jednotlivých skupinách. Tyto váhy musí být taktéž normovány. Výsledné váhy kritérií se stanoví vynásobením váhy kritéria váhou skupiny, ve které se dané kritérium nachází.

2.2.2 Základní metody agregace hodnotících kritérií

Z rozměrné nabídky metod vícekritériálního rozhodování hodnocení budeme věnovat pozornost hlavně skupině metod, která se snaží o jistou aditivizaci kritérií, a to transformací hodnot kritérií na bezrozměrnou veličinu, kterou budeme dále označovat jako hodnotu, resp. ohodnocení variant.

Výhodou těchto jednoduchých metod stanovení hodnoty variant je především jejich srozumitelnost a poměrně malá náročnost pro uživatele. Užití těchto metod je vhodné především pro hodnocení variant s kvantitativními kritérii. V případě souboru kritérií s převážně kvalitativní povahou je aplikace jednoduchých metod stanovení hodnoty variant méně vhodná. V tomto případě je vhodnější využít metody založené na párovém srovnávání variant.

Než se však začneme věnovat již konkrétním metodám hodnocení variant, bude vhodné uvést stručnou definici pojmu varianty. Varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti, předmět vlastního rozhodování, jsou realizovatelné a nejsou logickým nesmyslem (2).

V této skupině metod je stanoveno celkové hodnocení variant jako vážený součet dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím. Preferenční uspořádání variant je pak možné stanovit na základě celkového ohodnocení variant, přičemž optimální variantou je ta s nejlepším ohodnocením.

2.2.2.1 Metoda pořadové funkce

Zde se dílčí hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím určuje pomocí pořadí variant vzhledem k těmto kritériím (1). Nejnižší hodnota tj. 1 je přiřazena variantě s nejhorším užitekem, další v pořadí lepší variantě přiřadíme hodnotu pořadové funkce o číslo vyšší, tedy 2. Tímto postupem pokračujeme, dokud není přiřazena hodnota variantě s nejvyšším užitekem. V případě, že má více variant stejný užitek, resp. stejnou hodnotu daného kritéria, je jim přiřazeno stejné ohodnocení. Nevýhodou této metody je, že vychází pouze z pořadí variant, vzhledem k daným kritériím. Z tohoto faktu vyplývá, že daná metoda neodráží

rozdíly mezi hodnotami kritérií. Vzhledem k této skutečnosti je zřejmé, že metoda pořadové funkce je vhodná pro posouzení především kvalitativních kritérií. V ostatních případech lze považovat tuto metodu čistě za orientační (3).

Výsledné agregované kritérium t-té varianty je tedy dáno vztahem:

$$w_t = \sum_{r=1}^s v_r \cdot g_r(x_t)$$

pro $t = 1, 2, \dots, v$; $r = 1, 2, \dots, s$

kde v_rváha důležitosti r-tého kritéria

$g_r(x_t)$..hodnota pořadové funkce r-tého kritéria přiřazené t-té variantě.

spočet kritérií

vpočet variant

2.2.2.2 Bodovací metoda

Tato metoda je často používána pro svou jednoduchost. Základem je bodovací stupnice, ta bývá nejčastěji desetibodová, případně jemnější stobodová, kde nejnižší ohodnocení tj. 1 bod je přiřazen nejhorším a nejvyšší ohodnocení tj. 10 či 100 bodů nejlepším hodnotám kritérií. Zvolená bodovací stupnice pak musí být shodná pro všechna hodnotící kritéria. Hodnotitel postupuje při stanovení dílčích hodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím tak, že na základě preferencí přiřazuje důsledkům variant určité počty bodů ze zvolené bodové stupnice. Výhodou této metody je, že hodnotitel může nerespektovat nelinearitu uspořádání jednotlivých variant a přiřadí body „spravedlivěji“, než je tomu v metodě pořadové funkce.

Výsledné agregované kritérium t-té varianty se určí jako vážený součet dle vzorce:

$$w_t = \sum_{r=1}^s v_r \cdot b_{tr}^b$$

pro $t = 1, 2, \dots, v$; $r = 1, 2, \dots, s$

kde v_rváha důležitosti r-tého kritéria

b_{tr}počet bodů přiřazených t-té variantě podle r-tého kritéria

s počet kritérií

v počet variant

2.2.2.3 Bazická metoda

Užití této metody je vhodné pro agregaci kvantitativních kritérií. Při použití této metody srovnáváme vždy dané varianty s variantou základní (bazickou). Určení bazické varianty lze provést hned několika způsoby, jedním takovým může být určení fiktivní varianty na základě průměrných hodnot kritérií. Dalším způsobem je, že bazická varianta je varianta s nejlepšími hodnotami, či libovolně určená varianta. Výhodou této metody je, že oproti metodě pořadové funkce a bodovací metodě nezhodnocuje přesné měření hodnotících kritérií. Využití bazické metody je pak přínosné pro hodnocení variant vzhledem k souboru kvantitativních kritérií.

Jednotlivá hodnocení variant, vzhledem ke kritériím výnosového typu, se řídí dle následujícího vzorce:

$$h_{tr} = \frac{H_{tr}}{H_{zr}}$$

A u kritérií nákladového typu:

$$h_{tr} = \frac{H_{zr}}{H_{tr}}$$

pro $t = 1, 2, \dots, v$; $r = 1, 2, \dots, s$; $z \neq t$

kde H_{tr} ...hodnota r-tého kritéria, přiřazená t-té variantě

H_{zr} ...hodnota r-tého kritéria, přiřazená základní (bazické) variantě

s..... počet kritérií

v..... počet variant.

Celkové vyhodnocení variant pak dostaneme porovnáním vážených součtů dle vzorce:

$$w_t = \sum_{r=1}^s v_r \cdot h_{tr}$$

pro $t = 1, 2, \dots, v$; $r = 1, 2, \dots, s$

kde v_rváha důležitosti r-tého kritéria

h_{tr}koeficient důležitosti r-tého kritéria, přiřazený t-té variantě

Na závěr k jednoduchým metodám stanovení hodnoty variant je třeba zmínit se, že jsou často modifikovány nebo jsou uváděny jinými názvy. Jejich společným rysem však zůstává celkové hodnocení variant, které se stanovuje jako vážený součet dílčích ohodnocení variant vzhledem k dílčím kritériím. Hlavní výhodou těchto metod je jejich snadná pochopitelnost a nízká náročnost pro uživatele z hlediska sběru dat nutných pro aplikaci.

V následující tabulce je uveden stručný přehled metod udávající vhodnost využití a hlavní nevýhody.

Metoda	Vhodné pro	Hlavní nevýhody
Metoda pořadové funkce	Kvalitativní kritéria	Neodráží rozdíly kritérií kvantitativní povahy
Bodovací metoda	Kvalitativní i kvantitativní kritéria	Nároky na kvalitu a kompetenci hodnotitele
Bazická metoda	Kvantitativní kritéria	Předpoklad linearity pro výnosová kritéria a nelinearity pro nákladová kritéria

Tabulka 2 – Porovnání jednoduchých metod agregací

Z praktického hlediska lze usoudit, že jednoduché metody stanovení hodnoty variant patří k nejčastějším metodám aplikovaných do vícekritériálního hodnocení variant.

3 Analytická část

3.1 Analýza současného stavu ve společnosti

Společnost „Ferro OK, s.r.o.“ je rodinná firma, založená v roce 1992, v Jílovém u Prahy. Již od počátku se firma specializovala na výrobu ocelových konstrukcí, ta probíhala na Radlíku spadajícím pod Jílové, a mostových jeřábů. Výroba jeřábů probíhala do roku 1999 v Praze – Chuchli, avšak od poloviny roku 1999 byla přesunuta i tato výroba do nových výrobních prostor na Radlíku, zde je tedy soustředěna veškerá výroba společnosti.

Společnost se specializuje především na výrobu:

- Mostových jeřábů
- Portálových jeřábů
- Otočných jeřábů
- Jeřábových drah
- Ocelových konstrukcí
- Náhradních dílů na jeřáby

Největší zájem je o typ „mostové jeřáby“, kde je každý vyroben přesně podle přání zákazníka, ty se pak dělí primárně podle nosnosti na jedno nosníkové a dvounosníkové. Dále jsou pak odlišeny rychlostí zdvihu, rychlostí pojezdu nebo jinými parametry jako jsou optoelektrické antikolizní systémy a jiné.

Do výrobního programu dále spadají jeřábové dráhy, které jsou nezbytně nutné pro aplikaci samotných jeřábových systémů. Stejně jako jeřáby jsou i dráhy řešeny individuálně pro konkrétní zakázku z důvodu rozmanitosti řešení hal, ve kterých mají být instalovány. I zde se firma snaží o co největší vstřícnost směrem k zákazníkovi, jak v řešení systému, tak v časovém horizontu, aby nedocházelo k nespokojenosti a následnému odchodu klientely ke konkurenci. Výhodou základního typu drah je možnost instalace více jeřábů na jednu dráhu, což tvoří

vysokou variabilitu a využitelnost u náročnějších zákazníků, kteří kladou důraz na nutnost zdvihat extrémně těžká a dlouhá břemena.

Již od svého vzniku v r. 1992 se firma zařadila mezi výrobce jeřábů, kteří na tomto trhu zauímají přední místo, což umožnilo rozšířit svou působnost i za hranice, jako například Rusko, Slovenská republika, Německo, Egypt a mnoho dalších.

V oblasti ocelových konstrukcí se firma Ferro OK orientuje především na halové konstrukce a jeřábové dráhy. V uplynulých letech však byly kromě těchto druhů konstrukcí realizovány významné dodávky ocelových konstrukcí především do SRN, jako např. zastřešení areálu Fachhochschule v Bonnu, schodišťové věže pro SIEMENS a ocelovou konstrukci betonážního vozíku pro DYWIDAG.

Ať už při výrobě ocelových konstrukcí, nebo mostových jeřábů a drah, je pro výrobu některých komponentů užíváno pro dělení materiálu paprsku plazmy. Bohužel současný stroj, který je k této práci používán, je již poměrně dost opotřebovaný a tak je jeho údržba více nákladná, než tomu bylo v předchozích letech. I kvalita menších, či na přesnost náročnějších dílů, které jsou touto technologií vyráběny, se odráží od opotřebení tohoto stroje, proto se vedení firmy rozhodlo pro zakoupení nového řezacího CNC stroje.

3.2 Odůvodnění užití vícekriteriálního rozhodování

Při zásadních investicích společnosti, např. do nákupu strojů, či komponentů jeřábů jako jsou kladkostroje nebo elektromotory, se vycházelo především ze zkušeností či preferencí některých parametrů. Největším problémem je, že tyto obchodní kontrakty jsou většinou uzavírány, ač nejspíše nevědomky, pouze na základě známosti nebo zkušenosti z předchozích rozhodnutí. O těchto kontraktech rozhoduje buď jednatel společnosti, nebo celé vedení, které koná na základě předchozího faktu. Tato rozhodnutí nejsou nijak exaktně podložena a lze je jen těžko vyhodnotit, což ztěžuje jejich interpretaci ostatním pracovníkům. Tato skutečnost je pro firmu velice nevýhodná, jelikož kvalita samotného rozhodovacího procesu závisí pouze na zkušenostech pouhých několika jedinců, a

méně kvalifikovaný pracovník pak nemá podklady, podle kterých by mohl provést podobná rozhodnutí.

Pro zkvalitnění rozhodování ve společnosti by bylo vhodné zavést jednotný systém, který by sloužil jako podklad pro budoucí rozhodnutí, která budou ve společnosti prováděna. Výhodou zavedení takového systému by byl především jasně definovaný postup při rozhodování. Tento systém by pak bylo vhodné použít na nejrůznější rozhodovací problémy ohledně investic a nákupů, které by bylo možné podložit snadno interpretovatelnými výsledky. Dalším přínosem by byla i skutečnost, že vedení firmy by se nemuselo účastnit na celém rozhodovacím procesu, ale mohlo by pouze schvalovat návrhy vytvořené dle předdefinovaného postupu.

Největší část výroby společnosti Ferro OK s.r.o. představují mostové jeřáby, které jsou kompletovány z mnoha dílů různých velikostí a tvarů. Jelikož mnoho z těchto dílů není normalizováno, je třeba mít jejich vlastní výrobu. Bez technologie plazmového dělení materiálu by byla výroba komponentů příliš náročná a v souvislosti s tím i nákladná, a při volbě nevhodného stroje tohoto typu by mohly být následky podobné, proto je třeba zvolit stroj s optimálními parametry dle požadavků společnosti.

Z těchto důvodů je v následujících částech práce popsána aplikace metody vícekriteriálního rozhodování pro nákup nového řezacího CNC stroje podle předem stanovených kritérií.

3.3 Postup aplikace vícekriteriálního rozhodování

Prvním krokem rozhodování je definování samotného problému, který je nutno řešit. Jelikož se jedná o nákup stroje, je důležité definovat konkrétní parametry, jaké bude splňovat. Tyto parametry budou závazné pro všechny vybrané varianty.

Druhým krokem bude výběr samotných variant, každá z těchto variant, která postoupí do užšího výběru, musí splňovat parametry zvolené v prvním

kroku. U daných variant pak budou hodnocena kritéria, která budou následovně zvolena.

Volba kritérií je vhodná za pomoci expertů na danou problematiku. Důležitým bodem je, aby byla zvolena taková kritéria, která jsou pro danou problematiku podstatná, či budou vyhovovat požadavkům společnosti. Stejně důležité, jako výběr kritérií, je zvolení kompetentních expertů, je tedy žádoucí znát jejich pracovní vztah a znalosti k dané problematice popř. kritériím.

Čtvrtý krok zahrnuje samotnou aplikaci vybraných metod, jejich matematické zpracování a konkrétní vyjádření dosažených výsledků.

V pátém kroku dochází k interpretaci výsledků a sestavení pořadí vhodnosti variant. Cílem interpretace dosažených výsledků není pouze určit, která z variant nejlépe odpovídá daným kritériím, ale jde především o sestavení pořadí, které nám dále napoví, o jaké hodnoty se porovnávané varianty liší.

Poslední krok poté určuje konečné rozhodnutí, kterou variantu zvolit. Tento krok již nelze přímo zahrnout do teorie vícekritériálního rozhodování, nicméně se jedná o nejdůležitější část rozhodovacího procesu a tak je třeba ho zmínit.

3.4 Postup při výběru kritérií

Jako rozhodovací problém byl v předchozím oddílu definován nákup plazmového řezacího CNC stroje, a jelikož je na českém trhu velké množství firem orientujících se na tento sortiment, je poměrně složité se v této nabídce orientovat. Vzhledem k tomuto faktu je nutné zavést do výběru dodavatele určitý systém.

Pro současnou výrobu, je velmi podstatný vybíraný typ stroje, je tedy nutné stanovit vymežující parametry. Po konzultaci s vedením firmy byly stanoveny následující parametry, které je nutno splnit:

1. Minimální tloušťka řezu 20 mm
2. Minimální pracovní délka 6000 mm
3. Minimální pracovní šířka 2000 mm
4. Možnost propojit stroj s místní sítí LAN

Tyto parametry jsou pro výrobu zásadní a je tedy nutné všechny bezpodmínečně dodržet. Na tomto základě je různým dodavatelům zaslána poptávka a dodavatelé zašlou společnosti své nabídky daných produktů. Tímto krokem je vyřazeno velké množství variant a je možné se dále soustředit na další kritéria, která se již u užšího spektra variant budou lišit a stanou se tak zásadními podklady pro další rozhodování.

Firma vyrábí velkou škálu mostových jeřábů lišících se především nosnostmi a navazující různorodou konstrukcí samotných jeřábů. Vzhledem k tomuto faktu jsou používány pro konstrukci jeřábů ocelové desky o různých tloušťkách. Avšak největší tloušťka desek, která je ve společnosti zpracovávána a používána pro výrobu komponentů, je 20 mm. Proto byla stanovena **minimální tloušťka** na tuto hodnotu.

V souvislosti s předchozím faktem jsou z ekonomických a technologických důvodů nakupovány pro výrobu polotovary ocelových desek s různou tloušťkou, avšak vždy o délce 6000 mm a šířce 2000 mm, což stanovuje 2. a 3. parametr, tedy **minimální pracovní délku a šířku**, které musí daný stroj splňovat.

Všechna pracovní střediska společnosti spolu jsou spolu schopna sdílet data prostřednictvím sítě LAN. Stejně tak jsou sdíleny tzv. „pálící programy“, které jsou tvořeny ve dvou pracovištích, tj. ve středisku „Konstrukce“ a v kanceláři „Vedoucího výroby“ a posílány obsluze stroje již zmiňovaným rozhraním. Vzhledem k této skutečnosti je nutné, aby bylo možné **připojit a sdílet data v místní síti LAN**.

Jelikož výše popsané a konkrétně stanovené parametry je nutné bez jakékoliv výjimky dodržet, přistoupíme k výběru kritérií. Po diskusi s vedením společnosti byla určena kritéria, která budou použita jako podklady pro rozhodování, v našem případě to jsou:

1. Cena
2. Rychlost řezu
3. Rychlost polohování
4. Přesnost polohování

Tyto kritéria budou předložena vybraným expertům k hodnocení. Experti budou hodnotit jak je pro ně dané kritérium důležité a také jakou důležitost má jeho hodnota. Vybraná kritéria lze také rozdělit do dvou skupin. Kritéria „Cena“ a „Přesnost polohování“ jsou kritéria nákladového typu, zde tedy preferujeme nižší hodnoty. Naopak kritéria „Rychlost řezu“ a „Rychlost polohování“ jsou výnosová, budeme tedy preferovat vyšší hodnoty před nižšími.

Nyní následuje představení expertů, kterým jsou předložena vybraná kritéria.

Expert E1 – Karel Švéda – ředitel a jednatel společnosti

Expert E2 – Bc. Petr Jurásek – vedoucí konstruktér

Expert E3 – Zdeněk Berka – vedoucí výroby

Expert E4 – Josef Liška – mistr výroby

3.5 Navrhované varianty

Z velkého množství dostupných strojů byly, po konzultaci s odborníky, vybrány následující varianty. Dané varianty splňují požadované parametry a byly zvoleny na základě referencí. Následující tabulky jsou vyhotovené podle přesnějších specifikací, které byly dotázány na dodavatele a mohou se lišit pro jiné konfigurace strojů.

Varianta V1	SolidWeld PROFI SW-3000
Pracovní délka	6100 mm
Pracovní šířka	2100 mm
Řídicí systém	Beckhoff TwinCAT 3
Antikolizní systém hořáku	Ano
Připojení LAN	Ano
Rychlost řezu	8 m/min
Rychlost polohování	25 m/min
Přesnost polohování	0,01 mm
Cena	1 390 000 Kč



Obrázek 3 – Specifikace varianty V1

Varianta V2	MasterCut Compact 3010.15
Pracovní délka	6000 mm
Pracovní šířka	2000 mm
Řídicí systém	iMSNC®
Antikolizní systém hořáku	Ano
Připojení LAN	Ano
Rychlost řezu	12 m/min
Rychlost polohování	40 m/min
Přesnost polohování	0,15 mm
Cena	55 000 € (1 450 000 Kč)



Obrázek 4 – Specifikace varianty V2

Varianta V3	Nessap Kombi 2100
Pracovní délka	6200 mm
Pracovní šířka	2100 mm
Řídicí systém	MEFI
Antikolizní systém hořáku	Ano
Připojení LAN	Ano
Rychlost řezu	10 m/min
Rychlost polohování	25 m/min
Přesnost polohování	0,1 mm
Cena	1 290 000 Kč



Obrázek 5 – Specifikace varianty V3

Varianta V4	MULTICAM V-PRO 1-304P
Pracovní délka	6000 mm
Pracovní šířka	2000 mm
Řídicí systém	MultiCam EZ Control
Antikolizní systém hořáku	Ano
Připojení LAN	Ano
Rychlost řezu	12 m/min
Rychlost polohování	30 m/min
Přesnost polohování	0,05 mm
Cena	1 550 000 Kč



Obrázek 6 – Specifikace varianty V4

4 Návrhová část

V předchozích částech jsme si představili metody, které je možno použít pro vyhodnocení problémů řešených metodou vícekritériálního rozhodování. Byl popsán zvolený problém, spolu s odborníky byly zvoleny parametry, dle kterých bude daný problém posuzován, a seznámili jsme se s experty, kteří určují váhu jednotlivých kritérií. Je tedy možné přistoupit ke konkrétnímu řešení.

Vzhledem k dané problematice jsem použil následující postup: pro stanovení vah kritérií byly použity díky své jednoduchosti dvě metody, pořadí a bodovací, obě popsané v bodě 2.2.1.1. Z těchto dvou metod se použije pouze jedna, a to taková, u které bude bližší shoda expertů, tu určíme jednoduchým matematickým výpočtem. Pro následné vyhodnocení variant budou použity, z důvodu vhodnosti, agregace bodovací a bazická, obě popsané v teoretické části.

Z důvodu přehlednosti je v následující tabulce uveden popis variant a kritérií spolu s konkrétními hodnotami.

		KRITÉRIA			
		K1	K2	K3	K4
		Cena [Kč]	Rychlost řezu [mm/min]	Rychlost polohování [mm/min]	Přesnost polohování [mm]
VARIANTY	V1	1 390 000	8	25	0,010
	V2	1 450 000	12	40	0,150
	V3	1 290 000	10	25	0,100
	V4	1 550 000	12	30	0,025

Tabulka 3 – Přehled variant, kritérií a hodnot

4.1 Hodnocení kritérií

Prvním krokem, jak již bylo zmíněno, je určení vah kritérií a vyhodnocení shody expertů. Expertům byly předloženy dvě tabulky se seznamy kritérií. V první tabulce každý z expertů určil pořadí kritérií dle svých preferencí. Ve druhé tabulce experti hodnotili pomocí bodovací stupnice důležitost daných kritérií, daná bodovací stupnice byla předem určena. Z těchto dvou metod použijeme pouze jednu, a to takovou, která dosáhne vyšší shody expertů při hodnocení. Tohoto výsledku dosáhneme výpočtem koeficientu shody expertů a metoda s vyšším koeficientem bude použita pro další výpočty.

4.1.1 Metoda pořadí

Jak již bylo popsáno v bodě 2.2.1.1., v této metodě experti seřadí daná kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Vyhodnocení této metody je uvedeno v následujících tabulkách.

Význam hodnot v metodě pořadí

Hodnota	Významnost
4	Kritérium má nejvyšší důležitost
1	Kritérium je nejméně důležité

Tabulka 4 – Význam hodnot

Následuje vyhodnocení experty.

METODA POŘADÍ		KRITÉRIA			
		K1 cena [Kč]	K2 rychlost řezu [mm/min]	K3 rychlost [mm]	K4 přesnost [mm]
EXPERTI	E1	4	3	1	2
	E2	4	2	1	3
	E3	3	4	2	1
	E4	2	4	1	3

Tabulka 5 – Určení pořadí kritérií experty

Poté, co je všem kritériím přiřazena hodnota, určí se výpočtem váhy jednotlivých kritérií. Váhu daného kritéria určíme tak, že sečteme udělené hodnoty pro počítané kritérium od všech hodnotících expertů a vydělíme je celkovým součtem vah. V našem případě pro kritérium K1:

$$\frac{13}{40} = 0,325$$

Výsledky pro všechna kritéria jsou uvedeny v následující tabulce:

METODA POŘADÍ		KRITÉRIA				
		K1 cena [Kč]	K2 rychlost řezu [mm/min]	K3 rychlost [mm]	K4 přesnost [mm]	Σ
EXPERTI	E1	4	3	1	2	10
	E2	4	2	1	3	10
	E3	3	4	2	1	10
	E4	2	4	1	3	10
Σ		13	13	5	9	40
Váha daného kritéria		0,325	0,325	0,125	0,225	

Tabulka 6 – Určení vah kritérií

Z důvodu odlišnosti preferencí expertů při hodnocení kritérií, je nutno zohlednit tuto skutečnost v matematickém řešení. Musíme tedy zjistit, zda se názory expertů neliší v takové míře, kdy by nebylo možné vyhodnotit daný problém. Z tohoto důvodu se provádí výpočet koeficientu shody expertů. Tento koeficient určuje, jak se shodují experti, a je určen vztahem:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^m \left[\left(\sum_{k=1}^p \alpha_{kj} \right) - \frac{p(m+1)}{2} \right]^2}{p^2 \cdot (m^3 - m)}$$

kde: m....počet kritérií

p.....počet expertů

α_{kj} ...číslo pořadí přiřazené k-tým expertem j-tému kritériu

Číslo pořadí je určeno přiřazenou hodnotou pořadí, které určili jednotliví experti. Kritérium, které má nejvyšší hodnotu, je v pořadí první a takto jsou seřazena i další kritéria. Z určených pořadí poté stanovíme součet pořadí pro dané kritérium a tento součet dosadíme do vzorce pro koeficient shody expertů. Čím bližší je hodnota koeficientu k číslu 1, tím větší shoda nastala. V případě, že by vyšel koeficient shody $\leq 0,5$, je doporučeno, aby bylo provedeno nové hodnocení.

V tomto případě:

METODA POŘADÍ				KRITÉRIA								
				K1 cena [Kč]		K2 rychlost řezu [mm/min]		K3 rychlost [mm]		K4 přesnost [mm]		Σ pořadí
EXPERTI	E1	POŘADÍ	α_{1j}	4	1	3	2	1	4	2	3	10
	E2		α_{2j}	4	1	2	3	1	4	3	2	10
	E3		α_{3j}	3	2	4	1	2	3	1	4	10
	E4		α_{4j}	2	3	4	1	1	4	3	2	10
SOUČET POŘADÍ				7		7		15		11		

Tabulka 7 – Součet pořadí kritérií

Výpočet koeficientu shody expertů:

$$W = \frac{12 \cdot \left[\left(7 - \frac{4 \cdot (4+1)}{2} \right)^2 + \left(7 - \frac{4 \cdot (4+1)}{2} \right)^2 + \left(15 - \frac{4 \cdot (4+1)}{2} \right)^2 + \left(11 - \frac{4 \cdot (4+1)}{2} \right)^2 \right]}{4^2 \cdot (4^3 - 4)}$$

$$W = 0,55$$

Z výsledku vyplývá, že je možné použít tuto metodu pro další výpočet, nicméně ještě bude porovnán s metodou bodovací.

4.1.2 Bodovací metoda

V této metodě byly hodnoty přiřazovány dle předem určené bodovací stupnice, ta je popsána v tabulce 8. Kritéria ohodnocená experty jsou uvedena v tabulce 9.

BODOVACÍ STUPNICE 1 - 10		
1	bod	kritérium nemá žádný význam
10	bodů	kritérium má nejvyšší význam

Tabulka 8 – Rozvržení bodovací stupnice

METODA BODOVACÍ		KRITÉRIA				
		K1 cena [Kč]	K2 rychlost řezu [mm/min]	K3 rychlost [mm]	K4 přesnost [mm]	Σ
EXPERTI	E1	9	7	4	6	26
	E2	8	7	5	5	25
	E3	7	8	5	6	26
	E4	8	6	4	7	25

Tabulka 9 – Přiřazení bodů experty

Poté, co jsou jednotlivá kritéria obodována, postupujeme obdobným postupem jako v metodě pořadí. Avšak je zde malá odlišnost, váhu daného kritéria určíme tak, že vydělíme počet bodů od experta, součtem všech bodů, které daný expert udělil. V našem případě konkrétně pro kritérium K1 od experta E1:

$$\frac{9}{26} = 0,346$$

Hodnotu zaznamenáme do příslušného pole a pokračujeme stejně pro další přiřazené hodnoty. Pokud sečteme váhy, kterých dosáhlo dané kritérium, získáme sumu pořadových čísel. Pro určení výsledné váhy důležitosti kritéria, vydělíme váhu důležitosti kritéria celkovým počtem kritérií. V našem případě:

$$\frac{1,255}{4} = 0,314$$

Zde jsou uvedeny výsledky pro všechny hodnoty:

METODA BODOVACÍ		KRITÉRIA				
		K1 cena [Kč]	K2 rychlost řezu [mm/min]	K3 rychlost [mm]	K4 přesnost [mm]	Σ
EXPERTI	E1	0,346	0,269	0,154	0,231	1
	E2	0,320	0,280	0,200	0,200	1
	E3	0,269	0,308	0,192	0,231	1
	E4	0,320	0,240	0,160	0,280	1
Σ		1,255	1,097	0,706	0,942	
Váha daného kritéria		0,314	0,274	0,177	0,235	1

Tabulka 10 – Váhy důležitosti kritérií

Výpočet koeficientu shody expertů provedeme obdobným způsobem jako v metodě pořadí.

METODA BODOVACÍ				KRITÉRIA								
				K1 cena [Kč]		K2 rychlost řezu [mm/min]		K3 rychlost [mm]		K4 přesnost [mm]		Σ bodů
EXPERTI	E1	POŘADÍ	α _{1j}	9	1	7	2	4	4	6	3	26
	E2		α _{2j}	8	1	7	2	5	3,5	5	3,5	25
	E3		α _{3j}	7	2	8	1	5	4	6	3	26
	E4		α _{4j}	8	1	6	3	4	4	7	2	25
SOUČET POŘADÍ				5		8		15,5		11,5		

Tabulka 11 – Součet pořadí kritérií

Koeficient shody expertů:

$$W = \frac{12 \cdot \left[\left(5 - \frac{4 \cdot (4+1)}{2} \right)^2 + \left(8 - \frac{4 \cdot (4+1)}{2} \right)^2 + \left(15,5 - \frac{4 \cdot (4+1)}{2} \right)^2 + \left(11,5 - \frac{4 \cdot (4+1)}{2} \right)^2 \right]}{4^2 \cdot (4^3 - 4)}$$

$$W = 0,77$$

Z výpočtů koeficientů shody expertů vyplývá, že bude vhodnější použít pro stanovení vah kritérií metodu bodovací, díky dosaženému vyššímu koeficientu shody, tj. 0,77.

4.2 Agregace dílčích hodnocení variant

Po vyhodnocení vah kritérií přistoupíme k závěrečné fázi, tou je hodnocení variant. Pro vyhodnocení byly použity vzhledem k povaze kritérií dvě metody, bodovací a bazická.

Než se ale dostaneme k samotné agregaci dílčích hodnocení pomocí obou zvolených metod, je třeba zmínit se o kritériu „Rychlost řezu“. Jelikož se liší rychlosti řezání vzhledem k jednotlivým zdrojům plazmy a tloušťkám děleného materiálu, je nutné data určitým způsobem sjednotit. Aby tedy bylo zajištěno objektivitu kritéria „Rychlost řezu“, byla dotázána u dodavatelů rychlost řezání poptávané varianty pro konkrétní tloušťku řezaného materiálu tj. 12 mm. Tato tloušťka materiálu byla zvolena z důvodu nejčastějšího využití při výrobě mostových jeřábů a drah.

4.2.1 Agregace bodovací metodou

Prvním bodem aplikace této metody je sestavení bodovací stupnice uspořádané do tabulky, která následuje pod textem. Byl zvolen takový rozsah bodů, aby co nejlépe vyhovoval intervalům daných parametrů. Zde je důležité uvědomit si povahu hodnotících kritérií, tedy zda jsou nákladového nebo výnosového typu. Tato skutečnost se projeví při sestavení bodovací tabulky. V tabulce 12 je popsán význam pro udělené body a následně v tabulce 13 sestavená bodovací tabulka.

Body	Hodnocení
5	Vynikající
4	Nadprůměrné
3	Průměrné
2	Podprůměrné
1	Nevyhovující

Tabulka 12 – Význam bodové stupnice

		KRITÉRIA			
		K1	K2	K3	K4
		Cena [Kč]	Rychlost řezu [mm/min]	Rychlost polohování [mm/min]	Přesnost polohování [mm]
ROZDĚLENÍ BODŮ	1	1 498 000 – 1 550 000	8,0 – 8,8	25 - 28	0,122 - 0,150
	2	1 446 000 – 1 498 000	8,8 – 9,6	28 - 31	0,094 - 0,122
	3	1 394 000 – 1 446 000	9,6 – 10,4	31 - 34	0,066 - 0,094
	4	1 342 000 – 1 394 000	10,4 – 11,2	34 - 37	0,038 - 0,066
	5	1 290 000 – 1 342 000	11,2 – 12,0	37 - 40	0,010 - 0,038

Tabulka 13 – Rozvržení bodovací stupnice

Pro lepší přehlednost v situaci byla znovu zařazena tabulka s přehledem kritérií a variant s konkrétními hodnotami. Podle těchto hodnot byly následně přiřazeny body.

		KRITÉRIA			
		K1	K2	K3	K4
		Cena [Kč]	Rychlost řezu [mm/min]	Rychlost polohování [mm/min]	Přesnost polohování [mm]
VARIANTY	V1	1 390 000	8	25	0,010
	V2	1 450 000	12	40	0,150
	V3	1 290 000	10	25	0,100
	V4	1 550 000	12	30	0,050

Tabulka 14 – Přehled variant a kritérií

		KRITÉRIA			
		K1	K2	K3	K4
		Cena [Kč]	Rychlost řezu [mm/min]	Rychlost polohování [mm/min]	Přesnost polohování [mm]
VARIANTY	V1	4	1	1	5
	V2	2	5	5	1
	V3	5	3	1	2
	V4	1	5	2	4
VÁHY KRITÉRIÍ		0,314	0,274	0,177	0,235

Tabulka 15 – Přiřazení bodů variantám

Každý přidělený bod byl vynásoben danou vahou kritéria, určenou v předchozím oddíle, a tím jsme získali obodování daných variant na základě vah kritérií. Každé variantě byly poté sečteny body a výsledné pořadí je dáno počtem dosažených bodů. Jako příklad agregace je uveden výpočet celkových bodů varianty V1:

$$4 \cdot 0,314 + 1 \cdot 0,274 + 1 \cdot 0,177 + 5 \cdot 0,235 = 2,883$$

		KRITÉRIA				SOUČET BODŮ	VÝSLEDNÉ POŘADÍ
		K1	K2	K3	K4		
		Cena [Kč]	Rychlost řezu [mm/min]	Rychlost polohování [mm/min]	Přesnost polohování [mm]		
VARIANTY	V1	1,255	0,274	0,177	1,177	2,883	4
	V2	0,628	1,371	0,883	0,235	3,117	1
	V3	1,569	0,823	0,177	0,471	3,029	2
	V4	0,314	1,371	0,353	0,942	2,980	3

Tabulka 16 – Agregace kritérií metodou bodovací

Z výsledných hodnot lze usoudit, že nejlepší variantou v tomto případě vychází varianta V2, než se ale přesuneme k celkovému vyhodnocení, provedeme agregaci metodou bazickou, která je vhodná díky kvantitativní povaze kritérií.

4.2.2 Agregace bazickou metodou

Jak již bylo zmíněno, povaha hodnotících kritérií je čistě kvantitativní, proto zde můžeme uplatnit i metodu bazickou, popsanou v bodě 2.2.2.3. Ta porovnává vždy jednotlivé varianty s variantou základní neboli tzv. „bází“. Jako základní variantu, se kterou budeme porovnávat hodnocené varianty, si pro ulehčení zvolíme variantu V1, tímto krokem snížíme počet nutných výpočtů, jelikož všechny hodnoty varianty V1 budou „1“. Dalším nezbytným krokem je určení povahy kritérií, od kterého se bude odvíjet postup výpočtu, všechna nezbytná data popisuje následující tabulka.

HODNOTY VARIANT		KRITÉRIA			
		K1	K2	K3	K4
		Cena	Rychlost řezu	Rychlost polohování	Přesnost polohování
		„N“	„V“	„V“	„N“
VARIANTY	V1	1 390 000	8	25	0,010
	V2	1 450 000	12	40	0,150
	V3	1 290 000	10	25	0,100
	V4	1 550 000	12	30	0,050

Tabulka 17 – Přehled variant a povahy kritérií

Jak již bylo zmíněno, kritéria můžeme rozdělit do dvou typů, prvním typem jsou nákladová, v tabulce označená „N“. Druhým typem tohoto rozdělení jsou kritéria výnosová, označená písmenem „V“. Toto rozdělení ovlivní postup výpočtu dle vzorců z teoretické části této práce. Pro výpočet varianty V2 (porovnávané s variantou základní, tedy V1) při kritériu K1, které je nákladové povahy, bude výpočet vypadat následovně:

$$\frac{1\,390\,000}{1\,450\,000} = 0,959$$

Výpočet varianty V2 pro kritérium K2, které je naopak výnosové povahy, pak bude vypadat následovně:

$$\frac{12}{8} = 1,5$$

Celá vypočtená tabulka poté vypadá takto:

		KRITÉRIA			
		K1	K2	K3	K4
		Cena "N"	Rychlost řezu "V"	Rychlost polohování "V"	Přesnost polohování "N"
VARIANTY	V1	1,000	1,000	1,000	1,000
	V2	0,959	1,500	1,600	0,067
	V3	1,078	1,250	1,000	0,100
	V4	0,897	1,500	1,200	0,200
VÁHY KRITÉRIÍ		0,314	0,274	0,177	0,235

Tabulka 18 – Koeficienty variant a váhy kritérií

Porovnané hodnoty dále vynásobíme vahami důležitosti kritérií a hodnoty sečteme do konečného stavu, z těchto výsledných hodnot poté určíme pořadí variant.

		KRITÉRIA					Σ	POŘADÍ VARIANT
		K1	K2	K3	K4			
		Cena "N"	Rychlost řezu "V"	Rychlost polohování "V"	Přesnost polohování "N"			
VARIANTY	V1	0,314	0,274	0,177	0,235	1,000	2	
	V2	0,301	0,411	0,282	0,016	1,010	1	
	V3	0,338	0,343	0,177	0,024	0,881	4	
	V4	0,281	0,411	0,212	0,047	0,952	3	

Tabulka 19 – Agregace kritérií bazickou metodou

4.3 Výpočtový model v tabulkovém procesoru

Pro všechny prováděné výpočty byl v programu MS Excel vytvořen výpočtový model. Tento model bude společně s prací předložen ve společnosti Ferro OK s.r.o. a jeho modifikace mohou být použity společností pro budoucí rozhodovací procesy. Následně jsou pro ilustraci uvedeny výpočtové vzorce v MS Excel, které znázorňují aplikaci užitého modelu při vyhodnocování zadané problematiky.

METODA BODOVACÍ						
VYHODNOCENÍ EXPERTŮ						
METODA BODOVACÍ		KRITÉRIA				Σ
		K1	K2	K3	K4	
		cena [Kč]	rychlost řezu [mm/min]	rychlost [mm]	přesnost [mm]	
EXPERTI	E1	9	7	4	6	26
	E2	8	7	5	5	25
	E3	7	8	5	6	26
	E4	8	6	4	7	25

Vyplněno experty =SUMA(D37:G37)

Obrázek 7 – Excel: Přiřazení bodů kritériím

VÝPOČET VAH DŮLEŽITOSTI						
METODA BODOVACÍ		KRITÉRIA				Σ
		K1	K2	K3	K4	
		cena [Kč]	rychlost řezu [mm/min]	rychlost [mm]	přesnost [mm]	
EXPERTI	E1	0,346	0,269	0,154	0,231	1
	E2	0,320	0,280	0,200	0,200	1
	E3	0,269	0,308	0,192	0,231	1
	E4	0,320	0,240	0,160	0,280	1
Σ		1,255	1,097	0,706	0,942	
Váha daného kritéria		0,314	0,274	0,177	0,235	1

=E37/\$H\$37 =SUMA(D47:G47)

=D37*\$H\$37
 =D39/\$H\$39
 =SUMA(D47:D50)
 =D51/4

Obrázek 8 – Excel: Výpočet vah důležitosti kritérií

=RANK(N37;N37:T37) =N37+P37+R37+T37

VÝPOČET KOEFICIENTU SHODY												
METODA BODOVACÍ				KRITÉRIA								
				K1	K2		K3	K4		Σ		
				cena [Kč]	rychlost řezu [mm/min]		rychlost [mm]	přesnost [mm]				
EXPERTI	E1	POŘADÍ	α _{1j}	9	1	7	2	4	6	3	26	
	E2		α _{2j}	8	1	7	2	5	5	3,5	25	
	E3		α _{3j}	7	2	8	1	5	4	6	3	26
	E4		α _{4j}	8	1	6	3	4	4	7	2	25
SOUČET POŘADÍ				5		8		15,5		11,5		
KOEFICIENT SHODY			0,77	Experti	4	Kritéria	4					

=SUMA(O37:O40)

$$W = \frac{12 \cdot \left[\left(O_{41} - \frac{O_{43} \cdot (R_{43} + 1)}{2} \right)^2 + \left(Q_{41} - \frac{O_{43} \cdot (R_{43} + 1)}{2} \right)^2 + \left(S_{41} - \frac{O_{43} \cdot (R_{43} + 1)}{2} \right)^2 + \left(U_{41} - \frac{O_{43} \cdot (R_{43} + 1)}{2} \right)^2 \right]}{O_{43}^2 \cdot (R_{43}^3 - R_{43})}$$

Obrázek 9 – Excel: Výpočet koeficientu shody expertů

=M8/\$M\$7 =N8/\$N\$7

		KRITÉRIA			
		K1	K2	K3	K4
		Cena	Rychlost řezu	Rychlost polohování	Přesnost polohování
		"N"	"V"	"V"	"N"
VARIANTY	V1	1,000	1,000	1,000	1,000
	V2	0,959	1,500	1,600	0,067
	V3	1,078	1,250	1,000	0,100
	V4	0,897	1,500	1,200	0,200
VÁHY KRITÉRIÍ		0,314	0,274	0,177	0,235

Obrázek 10 – Excel: Užití bazické metody pro agregaci

`=D7*D11` `=E7*E11` `=E7*E11` `=RANK(H20;H20:H23)`

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
13									
14									
15			KRITÉRIA						
16			K1	K2	K3	K4			
17			Cena	Rychlost řezu	Rychlost polohování	Přesnost polohování	Σ		POŘADÍ VARIANT
18			"N"	"V"	"V"	"N"			
19									
20		VARIANTY	V1	0,314	0,274	0,177	0,235	1,000	2
21			V2	0,301	0,411	0,282	0,016	1,010	1
22			V3	0,338	0,343	0,177	0,024	0,881	4
23			V4	0,281	0,411	0,212	0,047	0,952	3
24									

Obrázek 11 – Excel: Výsledná agregace bazickou metodou

4.4 Vyhodnocení

Z výsledků obou metod agregace je patrné, že nejvíce vyhovující variantou, z hlediska stanovených kritérií, je varianta V2, a to plazmové řezací CNC značky MasterCut s označením MasterCut Compact 3001.15. Stejně tak se v obou metodách umístila varianta V4, tedy na třetím místě. V případě variant V1 a V3 se výsledky liší v porovnání bodovací a bazické agregace. Tento fakt může být způsoben například rozvrženou stupnicí bodovací agregace, pokud bychom použili jemnější stupnici, mohly by se výsledky více podobat. Výsledné bodové hodnocení by se pak mohlo více shodovat s bazickou metodou. Pro celkové hodnocení použijeme agregaci bazickou, jelikož nám přesněji poměruje hodnoty variant vzhledem k hodnotícím kritériím.

Díky upřednostnění bazické agregace můžeme říci, že mezi vítěznou variantou V1 a následující variantou V2 není příliš velký výsledný rozdíl. Tento fakt nám udává, že jsou pro nás obě varianty v podstatě stejně výhodné a je tak možné upřednostnit jednu před druhou, například dle doplňkového příslušenství, které dodavatel nabízí v ceně, či typu softwaru, který je dodáván se strojem.

5 Závěr

Závěrem své bakalářské práce bych chtěl zhodnotit její jednotlivé kapitoly a přínos aplikace vícekriteriálního rozhodování ve společnosti Ferro OK s.r.o.

Teoretická část popisovala způsoby, jakými se postupuje při používání vícekriteriálního rozhodování v rozhodovacím procesu. V této kapitole byly popsány metody využívané při stanovení vah kritérií a následně i metody hodnocení variant. Uvedli jsme si různé soubory kritérií a variant, z toho je třeba vycházet při volbě vhodné metody pro stanovení vah a vyhodnocení. Volba metody, která bude použita, závisí hlavně na znalostech a zkušenostech rozhodovatele. Je nutné zvolit takovou metodu, která bude dostatečně kompetentní při rozhodovacím procesu, ale zároveň nebude její aplikace příliš složitá a časově náročná, jelikož na úspěch podniku má vliv nejen kvalita rozhodnutí, ale i rychlost se kterou bude provedeno. Velké odstávky při výrobě, z důvodu absence takto zásadní výrobní technologie, totiž mohou mít fatální následky a mohou se projevit velkými finančními ztrátami.

Analytická část nám představila současný stav společnosti Ferro OK s.r.o. a byl určen předmět aplikace vícekriteriálního rozhodování. Ve spolupráci s experty na danou problematiku byla stanovena kritéria a byly vybrány varianty, které vymezovaly rozhodovací proces.

V návrhové části jsem se věnoval aplikaci metod vícekriteriálního rozhodování na vybraná kritéria a varianty. Jako výchozí bod pak byla určena nejvhodnější varianta a bylo stanoveno preferenční pořadí variant.

Po vyhodnocení výsledků získaných v této bakalářské práci bych vedení společnosti Ferro OK s.r.o. doporučil zvážit využívání vícekriteriálního rozhodování, a to hlavně z důvodu snadného použití a objektivity získaných výsledků. Z názorů a preferencí expertů lze totiž snadno určit nejpřínosnější variantu pro společnost, avšak je třeba zmínit, že nelze opomenout i jednoduché strategie volby variant. Ty totiž berou v úvahu i velice důležité subjektivní pocity a zkušenosti, ty bohužel nelze v metodách vícekriteriálního rozhodování zohlednit.

Myslím si, že v mé bakalářské práci bylo splněno zadání a navržený model rozhodovacího procesu může posloužit i pro další manažerské rozhodování ve společnosti Ferro OK s.r.o.

6 Seznam použitých zdrojů

1. **FOTR J., ŠVECOVÁ L. A KOL.** *Manažerské rozhodování*. 2010. 2., Praha: Ekopress, ISBN 978-80-86929-59-II.
2. **ŠUBRT TOMÁŠ.** *Ekonomicko-matematické metody*. 2011. 1., Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, ISBN 978-80-7380-345-2.
3. **MACÁK TOMÁŠ.** *Podstata deterministického rozhodování* [Online] 2008. [Citace: 23. Červen 2017]
http://www.pef.czu.cz/~macak/ZR_2008/zr8d.doc
4. **KOŽÍŠEK JAN, STIEBEROVÁ BARBORA, VANIŠ LADISLAV.** vysokoškolská skripta. *Statistická a rozhodovací analýza*. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008.
5. **GROS IVAN.** *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 2003. 1, Praha: Grada Publishing, ISBN 80-247-0621-8.
6. **ŽÁČEK VLADIMÍR.** *Management podniku*. 2009. 1, Praha: Nakladatelství ČVUT, ISBN 978-80-01-04370-7.

7 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vztah mezi cílem, kritérii a variantami řešení.....	12
Obrázek 2 – Schéma metod pro stanovení vah kritérií.....	14
Obrázek 3 – Specifikace varianty V1	29
Obrázek 4 – Specifikace varianty V2	30
Obrázek 5 – Specifikace varianty V3	31
Obrázek 6 – Specifikace varianty V4	32
Obrázek 7 – Excel: Přiřazení bodů kritériím	44
Obrázek 8 – Excel: Výpočet vah důležitosti kritérií	44
Obrázek 9 – Excel: Výpočet koeficientu shody expertů.....	45
Obrázek 10 – Excel: Užití bazické metody pro agregaci.....	45
Obrázek 11 – Excel: Výsledná agregace bazickou metodou	46

8 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Saatym doporučená bodová stupnice	17
Tabulka 2 – Porovnání jednoduchých metod agregací	22
Tabulka 3 – Přehled variant, kritérií a hodnot	33
Tabulka 4 – Význam hodnot.....	34
Tabulka 5 – Určení pořadí kritérií experty.....	34
Tabulka 6 – Určení vah kritérií	35
Tabulka 7 – Součet pořadí kritérií	36
Tabulka 8 – Rozvržení bodovací stupnice	37
Tabulka 9 – Přiřazení bodů experty.....	37
Tabulka 10 – Váhy důležitosti kritérií.....	38
Tabulka 11 – Součet pořadí kritérií	38
Tabulka 12 – Význam bodové stupnice.....	39
Tabulka 13 – Rozvržení bodovací stupnice	40
Tabulka 14 – Přehled variant a kritérií	40
Tabulka 15 – Přiřazení bodů variantám	41
Tabulka 16 – Agregace kritérií metodou bodovací	41
Tabulka 17 – Přehled variant a povahy kritérií	42
Tabulka 18 – Koeficienty variant a váhy kritérií	43
Tabulka 19 – Agregace kritérií bazickou metody	43