

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA EKONOMICKÁ

Diplomová práce

**Použití metod vícekriteriálního rozhodování při řízení
podniku**

**Application of Multi-Criteria Decision Making
methods in enterprise management**

Bc. Marek Vohradský

Plzeň 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

„Použití metod vícekritériálního rozhodování při řízení podniku“

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

V Plzni, dne

.....

Bc. Marek Vohradský

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. RNDr. Ing. Ladislavu Lukášovi, CSc. za odborné vedení, udělování cenných připomínek a rad, trpělivost, vstřícnost a flexibilní komunikaci po celý průběh vedení mé práce.

Dále bych chtěl poděkovat rodině a nejbližším přátelům za podporu a toleranci během všech mých studijních let.

Obsah

Úvod.....	7
1 Rozhodování	8
2 Rozhodovací proces	8
2.1 Dělení rozhodovacích procesů	9
2.2 Prvky rozhodovacího procesu	10
3 Úvod do vícekriteriálního rozhodování	12
3.1 Historie	12
3.2 Základní pojmy	13
3.3 Specifika vícekriteriálního rozhodování	14
3.4 Dělení úloh vícekriteriálního rozhodování.....	15
3.4.1 Podle cíle řešení úlohy	15
3.4.2 Podle informace	16
3.4.3 Podle způsobu zadávání množiny přípustných variant.....	16
3.4.4 Podle řídicí úrovně.....	16
3.4.5 Podle typu vstupních dat.....	17
3.4.6 Ostatní.....	17
4 Vícekriteriální rozhodování za jistoty.....	18
4.1 Metody stanovení vah kritérií	18
4.1.1 Žádná informace	18
4.1.2 Ordinální informace	18
4.1.3 Kardinální informace	19
4.2 Metody výběru variant	21
4.2.1 Žádná informace	21
4.2.2 Nominální informace	22
4.2.3 Ordinální informace	24
4.2.4 Kardinální informace	24
4.2.5 Shrnutí a výběr výsledné varianty	28
4.3 Vybrané nejpoužívanější metody výběru variant.....	29
4.3.1 AHP	29
4.3.2 ANP	32
4.3.3 TOPSIS	34
5 Vícekriteriální rozhodování za rizika a nejistoty	36

5.1	Rozhodování za rizika.....	36
5.2	Rozhodování za nejistoty	37
6	SWOT analýza.....	39
7	Realizace SWOT metodami vícekriteriálního rozhodování	41
7.1	Kvantifikace SWOT.....	41
7.1.1	Problematika	41
7.1.2	Metodika	43
7.1.3	Ilustrativní příklad.....	46
7.2	Rámec SWOT	50
7.2.1	Problematika	50
7.2.2	Metodika	51
7.2.3	Ilustrativní příklad.....	54
7.3	ANP-SWOT	56
7.3.1	Problematika	57
7.3.2	Metodika	57
7.3.3	Ilustrativní příklad.....	58
8	Moduly v SW Mathematica.....	61
8.1	Představení SW Mathematica	61
8.2	Moduly	61
8.2.1	AHP	62
8.2.2	Kvantifikace SWOT	64
8.2.3	Rámec SWOT	67
8.2.4	ANP-SWOT.....	70
	Závěr	72
	Seznam tabulek	75
	Seznam grafů	75
	Seznam obrázků.....	76
	Seznam použitých zkratk	76
	Seznam použité literatury	77
	Seznam příloh	80

Úvod

Denní rutinou v životě každého člověka je již od nepaměti proces volby a rozhodování. Vybrat vhodné řešení a provést správné rozhodnutí není vždy zcela jednoduchou záležitostí. Do jisté míry je člověk schopen zpracovat a vyhodnotit možné varianty řešení na základě jednoho kritéria, například na základě ceny, zisku, užitku. V běžném životě je ale nutné řešit spíše rozhodovací problémy vícekriteriálního charakteru. V úvahu je tedy nutné brát více kritérií současně, například výsledná cena, náklady a vliv na okolí. Pro řešení těchto složitých úloh je vhodné, někdy i nezbytné, použít matematický aparát a výpočetní techniku.

Pro vypracování této diplomové práce byly stanoveny tři cíle. Prvním cílem je charakterizovat úlohy vícekriteriálního rozhodování, definovat a popsat vybrané metody vícekriteriálního rozhodování. Druhým cílem je numerická realizace SWOT analýzy vybranými metodami vícekriteriálního rozhodování. Třetím cílem je tvorba modulů pro vybrané případové studie v softwaru Mathematica.

Dvě úvodní kapitoly se zabývají definováním rozhodování a rozhodovacího procesu. Pro přijetí správného závěru je nutné zohlednit všechny prvky rozhodovacího procesu a postupovat při řešení systematicky. V dalších třech kapitolách je představena problematika vícekriteriálního rozhodování. Je zde ve stručnosti popsána historie úloh vícekriteriálního rozhodování a definice základních pojmů. Velká část těchto kapitol je věnována metodám vícekriteriálního rozhodování za jistoty, to proto, že jsou v praxi nejrozšířenější a díky jistým podmínkám je dostupný bohatý matematický aparát. Stěžejní metody této diplomové práce (AHP, ANP a TOPSIS) jsou popsány v samostatných podkapitolách. Aby bylo portfolio úplné, jsou ve stručnosti popsány i metody pro řešení úloh vícekriteriálního rozhodování za rizika a nejistoty. Poslední teoretickou kapitolou je SWOT analýza.

Druhá část práce je zaměřena na představení konkrétních využití metod vícekriteriálního rozhodování pro SWOT analýzu. Jsou zde zmíněny tři vybrané metodologie a konstrukce řešení problému. Popsány jsou: Kvantifikace SWOT, Rámec SWOT a ANP-SWOT. Všechny tyto metodologie jsou demonstrovány na ilustrativních příkladech a jsou zpracovány v softwaru Mathematica. Vznikají tak moduly pro numerické řešení problematiky pomocí výpočetní techniky. V závěru práce jsou diskutovány poznatky zjištěné modelováním daných metodologií.

1 Rozhodování

S procesem volby a rozhodování se potýká lidstvo již od pradávna každý den. Nejedná se tudíž pouze o činnosti spojené s profesí manažera na různých úrovních řízení. Učinit správnou volbu a rozhodnutí nebývá vždy jednoduchou úlohou, a to zejména v situacích, kdy je nutné vybrat z mnoha variant řešení. Předmětem rozhodování může být optimalizace časových nároků, nákladových položek, zvolení správné strategie či výběr vhodných a efektivních technologií a nástrojů. Pro řešení těchto nesnadných situací je k dispozici matematický aparát.

V obecné rovině je rozhodování definováno jako proces, při kterém dochází k výběru z nejméně dvou variant řešení, a jehož výsledkem je zvolení právě jedné této varianty. Praxe ale ukazuje, že spíše vznikají řešení nová. Taková řešení mívají prvky z více variant a označují se jako **kompromisní řešení**. [3]

2 Rozhodovací proces

Předpokladem dobrého rozhodování je použití jasně definovaného a ověřeného rozhodovacího procesu. Musíme si položit dostatečný počet otázek, abychom si mohli být jisti, že jsme nic podstatného nevynechali a vzali jsme v úvahu všechny důležité faktory. Baker a kolektiv shrnují rozhodovací proces do těchto osmi kroků:

- 1) Definování problému,
- 2) Určení požadavků na řešení,
- 3) Stanovení cílů,
- 4) Tvorba alternativ,
- 5) Definice kritérií hodnocení,
- 6) Volba nástroje rozhodování,
- 7) Vyhodnocení alternativ podle kritérií,
- 8) Ověření řešení porovnáním s definicí problému.

Proces probíhá shora dolů, ale pokud získáme nové informace, je někdy třeba se vrátit zpět k některému z kroků předešlých. [1]

Jak již bylo řečeno, rozhodovací proces se skládá z několika kroků, jež je potřeba vykonat a úspěšně dokončit. To vede k zisku **optimální varianty**. Optimální

variantu lze málokdy získat pouze při splňování jednoho kritéria. Zpravidla by měla splňovat více kritérií najednou. Při rozhodování je zapotřebí řídit se subjektivními předpoklady, ale rovněž je zapotřebí brát v úvahu již nabyté zkušenosti z minulosti.[29]

Rozhodovací proces je spuštěn v okamžiku vzniku problému. Jelikož je rozhodování součástí plánovacího procesu, ovlivňuje tak celý chod a fungování organizace, to má pak přímý vliv na výsledek hospodaření. V důsledku špatného rozhodování, může dojít ke zničení organizace, domácnosti i národního hospodářství. Náprava těchto následků bývá velice obtížná, někdy i nemožná.[3]

2.1 Dělení rozhodovacích procesů

Rozhodovací procesy je možné dělit na základě různých kritérií. Podle míry složitosti problému, míry jistoty, dle faktoru času, dle počtu subjektů.

Složitost reálného světa roste a s tím i složitost problémů, které v něm musíme řešit. Ne vždy je jednoduché složité problémy přesně popsat a nalézt jejich řešení. Rozdělení podle míry složitosti problému je následující:[10]

- **dobře strukturovaný problém** – Problém je řešiteli dobře znám, z minulosti jsou připraveny ověřené postupy řešení, které se provádí na operativní úrovni managementu.
- **špatně strukturovaný problém** – Problém je úplně nový, závisí na více faktorech, jsou kladeny velké nároky na řešitele, jeho zkušenosti, znalosti a schopnosti.
- **částečně strukturovaný problém** – Problému chybí nějaké vlastnosti dobře strukturovaného problému, ale nejedná se o špatně strukturovaný problém.

V závislosti na informacích o stavech okolního světa je další dělení provedeno podle míry jistoty realizace jednotlivých variant. Rozdělení je následující:[24]

- **rozhodování za jistoty** – Důsledky rozhodování jsou zcela známy, je přesně určeno, která varianta nastane a jaké budou její dopady.
- **rozhodování za rizika** – Důsledky rozhodování jsou zcela známy s ohledem na pravděpodobnost jejich vzniku.

- **rozhodování za nejistoty** – Důsledky rozhodování nejsou zcela známy, pravděpodobnost realizace rovněž ne. Sběrem dalších dat, informací, zkušeností lze dosáhnout snížení nejistoty a přesunout se tak na úroveň rozhodování za rizika.

Podle faktoru času:

- **statické,**
- **dynamické.**

Podle subjektů:

- **individuální,**
- **kolektivní.**

Postupy řešení lze také rozdělit, a to například podle toho jestli byl použit nějaký algoritmus nebo podle množství kritérií - **jednokriteriální** a **vícekriteriální**.

2.2 Prvky rozhodovacího procesu

Mezi prvky rozhodovacího procesu se řadí cíl rozhodování, kritéria hodnocení, subjekt rozhodování (jednotlivec nebo skupina osob, kteří učiní rozhodnutí), objekt rozhodování (problém, zaměstnanec, zákazník, situace atd.), varianty řešení, důsledky variant řešení.[6]

V některých literaturách lze najít také prvek stav světa. Ten zahrnuje situace, které mohou nastat v budoucnu a které mohou nastat realizací některé z variant. Ovlivněním důsledků příslušné varianty s ohledem na kritéria, může dojít ke změně rentability kapitálu nebo hodnoty poptávky. Fotr, Dědina, Hružová uvádí všechny výše zmíněné prvky takto.[10]

Cíl rozhodování

Cíl rozhodování představuje určitý stav, jehož má být dosaženo, například zlepšení image společnosti nebo snížení nákladů ve výrobě. Předmětem rozhodování nemusí být jen jeden cíl, součástí mohou být i dílčí cíle, jež mohou mít kvalitativní nebo kvantitativní charakter.

Kritéria hodnocení

Kritéria hodnocení musí být určena tak, aby jednotlivé varianty mohly být co nejpřesněji posouzeny. Kritéria hodnocení lze rozdělit na maximalizační (výnosová) a minimalizační (nákladová). V případě maximalizačních kritérií jsou preferovány vyšší hodnoty, v případě minimalizačních kritérií jsou preferovány nižší hodnoty. Obdobně jako cíle rozhodování, i kritéria mohou mít kvantitativní nebo kvalitativní charakter. Označují se většinou k_j , kde $j = 1, 2, \dots, n$ a n je počet kritérií.

Subjekt rozhodování

Subjekt rozhodování je označení pro rozhodovatele, jehož náplní je rozhodovat, tedy vybrat správnou variantu. Mezi rozhodovatele lze řadit jak jednotlivce, tak skupinu osob.

Objekt rozhodování

Objekt rozhodování je označení pro oblast, jejíž součástí je rozhodovací proces a stanovení cílů, na základě kterých se rozhoduje. Mezi oblastmi lze řadit například finanční zázemí firmy, lidské zdroje nebo informační systémy.

Varianty řešení

Variantu rozhodování lze chápat jako možné chování rozhodovatele, jež vede k dosažení předem určených cílů. V logistické oblasti mohou být variantami například lodní doprava, pozemní doprava, letecká doprava atd. Označují se většinou a_i , kde $i = 1, 2, \dots, m$ a m je počet variant.

Důsledky variant řešení

Tím, že je zvolena některá z variant řešení, vznikají příslušné důsledky této volby. Dopady na příslušnou oblast rozhodování mohou být vyjádřeny danými hodnotami kritérií.

Stav světa

Stavy světa představují události, jež realizací varianty mohou vzniknout a jež mají, s ohledem na některé hodnoty kritérií, vliv na dopady této varianty. Ve finanční sféře může například dojít k budoucí změně úrokové sazby, jež má přímý vliv na cenu kapitálu.

3 Úvod do vícekriteriálního rozhodování

3.1 Historie

Jak již bylo zmíněno v úvodní kapitole, s volbou a rozhodováním se lidstvo potýká od pradávna. V 18. století dochází k rozvoji exaktních věd ekonomie a matematiky, což vedlo k pokusům o reformulaci rozhodovacích procesů. Rozhodování je procesem poznávání, jehož cílem je zvolit správnou alternativu. Výsledkem každého rozhodovacího procesu by mělo být konečné rozhodnutí. Daniel Bernoulli v této době definoval pojem „teorie užitku“. Ve 20. století se právě tato teorie zaslouží o vznik vícekriteriálního rozhodování stojícím na funkcích užitku. Dalším významným ekonomem, který zmiňuje hledisko vícekriteriálnosti – při rozhodování se zohledňuje více kritérií, je Vilfredo Pareto. Ten pak také nedefinoval „paretovskou optimalitu“. Největší rozvoj vícekriteriálního rozhodování přichází ve druhé polovině 20. století. Tento rozvoj měl exponenciální charakter. Na svět přicházelo stále více nových odborných publikací a metod pro řešení vícekriteriálních problémů. V 70. letech 20. století byl sestaven první model nově vzniklé teorie obalu dat DEA (Data Envelopment Analysis). Velký podíl na rozvoji vícekriteriálního rozhodování a analýzy má T. C. Koopmans, který obdržel v roce 1975 Nobelovu cenu za ekonomii, a Thomas L. Saaty. Mezi nejvýznamnější Saatyho metody patří AHP[21] a ANP. Právě metoda AHP stojí za vznikem této diplomové práce a bude dále detailně popsána a rozebrána. Nedávné studie ukazují, že známé metody jsou různě modifikovány a rozvíjeny, především pomocí stochastických a fuzzy technik.

Odborníci na vícekriteriální rozhodování jsou soustředěni v Mezinárodní společnosti pro vícekriteriální rozhodování ISMCDM (International Society on Multiple Criteria Decision Making). Společnost byla založena v 70. letech 20. století a čítá asi 1500 odborníků z asi 90 zemí světa. Pořádání mezinárodních vědeckých konferencí touto společností je každoročním pravidlem a od roku 1992 dochází k udílení mezinárodních cen, například MCDM Gold Medal. V Evropě vzniká v polovině 80. let skupina EWG-MCDA (EURO Working Group Multicriteria Decision Aiding). Také řada vědeckých časopisů se zabývá problematikou vícekriteriálního rozhodování, například časopis Multi-Criteria Decision Making, který se věnuje výhradně této problematice.[6]

3.2 Základní pojmy

Tato kapitola obsahuje přehled základních pojmů v analýze vícekritériálního rozhodování. Vychází ze zdroje [3].

Rozhodnutí – zvolení jedné varianty, popřípadě více variant, z celkové množiny všech přípustných variant.

Rozhodovatel – subjekt (osoba nebo skupina osob), jehož úkolem je učinit rozhodnutí.

Úlohy vícekritériálního rozhodování se skládají z konečné množiny m variant, jež jsou hodnoceny na základě n kritérií. Účelem je učinění rozhodnutí, která varianta má s ohledem na daná kritéria nejlepší hodnocení. Taková varianta se nazývá **optimální varianta**. Rozdělení variant je různé, například stanovení pořadí od nejlepší po nejhorší nebo rozdělení podle efektivnosti na efektivní a neefektivní.

Variantami se rozumí předmět rozhodování, jedná se o konkrétní možnosti, které lze poté realizovat. Značí se a_i , pro $i = 1, 2, \dots, m$.

Kritéria představují aspekty (hlediska), na jejichž základě dochází k posuzování variant. Značí se k_j , pro $j = 1, 2, \dots, n$.

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

Kritériální matice je označení pro matici $Y = (y_{ij})$. Její prvky představují hodnocení i -té varianty na základě j -tého kritéria. Řádkami matice se rozumí varianty, sloupci pak kritéria.

Preference kritéria představuje význam příslušného kritéria s ohledem na ostatní kritéria. Preference přímo souvisí s informacemi (viz Kapitola 3.4.2), které jsou získány na vstupu. Značí se p_j , pro $j = 1, \dots, n$.

- aspirační úroveň – úroveň kritériální hodnoty, jež chce rozhodovatel dosáhnout
- ordinální informace – tato informace představuje pořadí kritérií (seřazení od nejhoršího po nejlepší)

- kardinální informace – tato informace představuje váhy kritérií. Váhy nabývají hodnot z intervalu $(0; 1)$ a vyjadřují tak relativní pozici kritéria vzhledem k ostatním kritériím.

Dominovanou variantou je taková varianta, která má s ohledem na všechna kritéria horší ohodnocení než dominující varianta.

Ideální variantou je taková varianta, která s ohledem na všechna kritéria dosahuje všech nejlepších hodnot.

Bazální variantou je taková varianta, která s ohledem na všechna kritéria dosahuje všech nejhorších hodnot.

Kompromisní varianta je taková varianta, která není jako jediná žádnou jinou variantou dominovaná a která je vhodným řešením problému.

3.3 Specifika vícekriteriálního rozhodování

Již v předchozích kapitolách bylo uvedeno, že rozhodování je součástí každodenního života a v některých situacích je nemožné udělat rozhodnutí bez použití matematických nástrojů. Jde o situace, kde do rozhodování vstupuje více kritérií, která jsou často protichůdná, a řešení není ihned zřejmé. Úkolem vícekriteriálního rozhodování je tyto situace řešit.

Rozhodnutím v prostředí vícekriteriální analýzy rozumíme zvolení optimální varianty z balíku proveditelných variant. Výběr optimální varianty je subjektivní úkon, to z důvodu postoje a preferencí rozhodovatele.[13]

Základní specifika vícekriteriálního rozhodování:[9]

- vícekriteriální charakter rozhodovacích problémů,
- neaditivnost kritérií,
- smíšený soubor kritérií.

Elementárním hlediskem pro hodnocení variant je vlastní počet kritérií. Při velkém množství kritérií (popřípadě variant) je hodnocení velmi složité. Rozlišit lze dva druhy:

- **Jednokriteriální úlohy** – jedná se o řešení rozhodovacího problému na základě jediného kritéria. Tyto situace jsou spíše vzácné a objevují se u dobře strukturovaných problémů.
- **Vícekriteriální úlohy** – jedná se o řešení rozhodovacího problému na základě různých kritérií. Tyto situace jsou podstatně častější.

Složitost úloh vícekriteriálního rozhodování nespočívá jen v počtu kritérií, ale také ze způsobu vyjádření kritérií v závislosti na jejich povaze. Aditivní nejsou kritéria, jež jsou vyjádřena v různých měrných jednotkách. Vyjádření kritérií ve stejných měrných jednotkách ale aditivnost také nezaručují (např. různé typy rentabilit).

Velmi často, zpravidla u strategických problémů, nastává situace smíšeného souboru kritérií. Část kritérií je hodnoceno kvantitativně, tedy číselně, a část je hodnocena kvalitativně, například slovně (důsledky jsou v závislosti na těchto kritériích špatně číselně uchopitelné, a tak je lze vyjádřit pouze slovně).

3.4 Dělení úloh vícekriteriálního rozhodování

Úlohy vícekriteriálního rozhodování lze rozdělit podle mnoha různých aspektů. Rozdělení podle cíle řešení úlohy a podle informace, se kterou úloha pracuje, uvádí Brožová, Houška, Šubrt [3]. Rozdělení podle způsobu zadávání množiny přípustných variant uvádí Fiala, Jablonský, Maňas [6]. Podle dalších hledisek dělí tyto úlohy Fotr, Dědina, Hrušová [8]. Je to například dělení podle informace o stavu světa a důsledcích variant, struktury rozhodovacího problému, povahy subjektu rozhodování, faktoru času nebo řídicí úrovně. Důraz na rozdělení podle typu vstupních dat nalezneme u autora Triantaphyllou [25]. V dalších zdrojích a literaturách se vyskytují ještě jiná rozdělení, ale pro potřeby této diplomové práce budou popsány jen ty nejčastější.

3.4.1 Podle cíle řešení úlohy

Úlohy, jejichž cílem je výběr jedné varianty označené jako kompromisní určují tu nejlepší možnou variantu. Pojem nejlepší varianta je do určité míry pojem relativní. Záleží na výběru metody, jež jsou varianty posouzeny. Kompromisní proto, že různé metody mohou označit jinou nejlepší variantu. Nedoporučuje se u těchto úloh využívat jako nominální informaci o preferencích mezi kritérii aspirační úrovně kritérií.

Úlohy, jejichž cílem je úplné uspořádání množiny variant jsou do značné míry podobné předchozím úlohám. Vybírá se rovněž nejlepší varianta, té se přiřadí

pořadí a do dalšího rozhodování již nezasahuje. Tento postup se provádí opakovaně, dokud všechny varianty nemají přiřazené pořadí.

Úlohy, jejichž cílem je rozdělení množiny variant na dobré a špatné uvažují oproti předchozím úlohám znalost aspirační úrovně příslušných kritérií, na základě které jsou pak rozdělené do dvou skupin (dobré, špatné).

3.4.2 Podle informace

Žádná informace o preferencích má smysl pouze tehdy, jedná-li se o preference kritérií. Pokud není známa preference mezi variantami, je úloha neřešitelná, nelze určit lepší a horší variantu.

Nominální informace o preferencích má smysl opět pouze pro preference kritérií mezi sebou. Je vyjádřena prostřednictvím aspiračních úrovní, tj. nejhorších možných hodnot, kdy lze ještě variantu přijmout. Aspirační úrovně dělí varianty podle příslušného kritéria na přípustné a nepřípustné.

Ordinální informace vyjadřuje uspořádání kritérií podle důležitosti nebo uspořádání variant s ohledem na hodnocení kritériem.

Kardinální informace je kvantitativního charakteru. Pro kritéria jsou touto informací váhy, pro varianty s ohodnocením podle kritéria jsou touto informací číselná hodnocení.

3.4.3 Podle způsobu zadávání množiny přípustných variant

O úlohu vícekritériálního hodnocení variant se jedná tehdy, pakliže je množina přípustných variant zadána formou konečného seznamu. V této práci se zaměříme pouze na tyto úlohy.

O úlohu vícekritériálního programování se jedná tehdy, pakliže je množina přípustných variant vymezena souborem podmínek, jež musí vybraná varianta splňovat. Pro tyto úlohy není neobvyklý nekonečný počet variant a pro jejich řešení je tedy nutné použití vhodných softwarových prostředků.

3.4.4 Podle řídicí úrovně

Na základě řídicí úrovně, kde je rozhodování vykonáváno, a na základě délky časového horizontu, k němuž jsou vztaženy důsledky variant, lze úlohy vícekritériálního rozhodování rozdělit na **strategické, taktické a operativní**.

3.4.5 Podle typu vstupních dat

Úlohy vícekritériálního rozhodování, konkrétně jejich metody, lze podle použitého typu vstupních dat rozdělit na **deterministické, stochastické a fuzzy**.

3.4.6 Ostatní

Zbývá rozdělení: podle struktury rozhodovacího problému, podle informace o stavech světa a důsledcích variant, podle povahy subjektu rozhodování, z hlediska faktoru času; jsou již popsána v Kapitole 2.1.

4 Vícekriteriální rozhodování za jistoty

Vícekriteriální rozhodování za jistoty má odlišné procedury, než rozhodování za nejistoty a za rizika. Proto jsou oba tyto typy úloh představeny odděleně v samostatných kapitolách. V případě rozhodování za jistoty je rozhodovatel zcela odstíněn od okolního prostředí. Stav tohoto prostředí je dobře znám a riziko špatného dopadu na výsledné řešení je nulové. Uvedené metody vychází ze zdrojů [3][6][7][10][17][19].

4.1 Metody stanovení vah kritérií

Výchozím krokem analýzy modelu vícekriteriálního rozhodování je stanovení vah kritérií. Pomocí dále uvedených postupů získáme informaci, jež vede k určení preferenčních vztahů mezi variantami s ohledem na cíle úlohy. Metody stanovení vah kritérií budou uvedeny v podkapitolách, a to podle informace, jež jsou vyžadovány na vstupu.

4.1.1 Žádná informace

Pakliže není k dispozici žádná informace o preferencích mezi kritérii, lze tyto preference určit paušálně a přiřadit všem kritériím stejnou váhu na základě vztahu:

$$v_j = \frac{1}{n}, j = 1, 2, \dots, n, \quad (4.1.1)$$

kde n je počet kritérií. Pokud přiřazení stejných vah není žádoucí, je možné stanovit váhy pomocí entropické metody (viz [3]).

4.1.2 Ordinální informace

Metody založené na znalosti ordinální informace předpokládají, že rozhodovatel umí vyjádřit důležitost jednotlivých kritérií prostřednictvím pořadových čísel nebo vzájemného porovnání dvojic kritérií. Výsledkem je transformace ordinální informace do váhového vektoru.

Metoda pořadí

Tato metoda se používá především, podílí-li se na hodnocení několik expertů. Pořadí kritérií se stanoví tak, že nejdůležitější kritérium získá n bodů (n je počet kritérií), každé další pak o jeden bod méně. Na nejméně důležité kritérium pak připadá 1 bod. Pakliže je j -té kritérium ohodnoceno b_j body, jeho váha se vypočítá podle vztahu:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, \dots, n. \quad (4.1.2)$$

Tento postup se nazývá normalizace vah kritérií.

Fullerova metoda

Tuto metodu lze použít, jsou-li k dispozici vzájemné vztahy mezi každou dvojicí kritérií. Párové porovnání je zpravidla znázorněno pomocí Fullerova trojúhelníku, zakroužkováním důležitějšího prvku. Předpokládejme, že pokud je kritérium j důležitější než l , je rovněž kritérium l méně důležité než j , potom počet porovnání je:

$$N = \frac{n(n-1)}{2}, \quad (4.1.3)$$

kde n je počet kritérií. Je-li počet zakroužkování j -tého kritéria n_j , pak je váha tohoto kritéria:

$$v_j = \frac{n_j}{N}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.1.4)$$

Tento postup má jednu nevýhodu, a to fakt, že nejméně důležité kritérium má vždy váhu nula. Toto kritérium lze z metody vyloučit a opakovat ji tak dlouho, dokud nezbyde jediné, to nejdůležitější kritérium.

4.1.3 Kardinální informace

Metody založené na znalosti kardinální informace předpokládají, že rozhodovatel umí stanovit jak pořadí kritérií, tak poměr mezi všemi dvojicemi kritérií. Výsledkem je opět získání váhového vektoru.

Bodovací metoda

Podobně jako u metody pořadí, lze i tuto metodu provést, hodnotí-li kritéria několik expertů. Princip metody je takový, že každému kritériu je přiřazen počet bodů. Přiřazené body mohou být i desetinná čísla a různým kritériím lze připsat stejné bodové ohodnocení. Bodová stupnice je zcela libovolná, časté bývá použití stupnice 1-10, vyšší hodnoty značí větší důležitost kritéria. Výpočet vah je stejný jako u metody pořadí a tedy podle vztahu:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, \dots, n, \quad (4.1.5)$$

kde b_j je součet bodů j -tého kritéria.

Saatyho metoda

Někdy se tato metoda označuje též jako metoda párového porovnání. Pro stanovení vah touto metodou se předpokládá, že kritéria hodnotí jen jeden expert. Pro porovnání kritérií se využívá následující devítibodová stupnice:

- 1 - rovnocennost,
- 3 – slabá preference,
- 5 – silná preference,
- 7 – velmi silná preference,
- 9 – absolutní preference,
- 2, 4, 6, 8 – mezistupně.

Expertem stanovené hodnoty preferencí dvojic kritérií jsou pak zaneseny do Saatyho matice $S = (s_{ij})$, kde s_{ij} je porovnání i -tého a j -tého kritéria a n je počet kritérií.

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/s_{1n} & 1/s_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (4.1.6)$$

Saatyho matice má několik vlastností. Je čtvercová řádu $n \times n$ a reciproční, tedy $s_{ji} = 1/s_{ij}$, což způsobuje, že na diagonále jsou jedničky. Jednotlivé elementy matice vyjadřují odhad podílů vah příslušných kritérií.

Aby byla zaručena konzistence Saatyho matice, je nutné, aby platilo $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$, $\forall h, i, j = 1, 2, \dots, n$. V důsledku velkého množství kritérií může dojít k porušení konzistence matice. Matice je podle Saatyho konzistentní, je-li index konzistence $CI_S < 0,1$. Index konzistence lze spočítat podle vztahu:

$$CI_S = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (4.1.7)$$

kde λ_{max} je největší vlastní číslo matice a n je počet kritérií.

Pro odhad výsledných vah kritérií Saaty navrhl několik způsobů. Nejčastěji používaným způsobem je normalizace geometrického průměru jednotlivých řádků Saatyho matice. Hodnoty b_i jsou získány podle vztahu:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}. \quad (4.1.8)$$

Výsledné váhy jsou pak dány vztahem:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}. \quad (4.1.9)$$

U rozsáhlejších úloh je časté, že Saatyho matice je nekonzistentní. Stává se tak tehdy, zadají-li se odhady vah s chybou nebo expertní odhad nebyl nijak kontrolován. Analýzu porovnávání kritérií je nutné provádět tak dlouho, dokud není splněna podmínka konzistence.

4.2 Metody výběru variant

Podobně jako metody stanovení vah kritérií lze i metody výběru variant rozdělit podle informací o preferenci kritérií, jež jsou vyžadovány na vstupu. Metod, jak vybírat optimální varianty, je velké množství, a tak obsahem téhle kapitoly bude pouze stručné představení jen některých z nich. V samostatných kapitolách pak budou detailněji popsány stěžejní metody této diplomové práce.

4.2.1 Žádná informace

Pakliže jsou známy pouze preference variant na základě jednotlivých kritérií, ale nejsou k dispozici údaje o preferencích kritérií, lze využít metodu bodovací a metodu pořadí.

Bodovací metoda

Principem bodovací metody je bodové ohodnocení variant podle všech kritérií. Volba stupnice je individuální, musí být ale pro všechna kritéria shodná, například stupnice 1-10 s nejlepším prvkem ohodnoceným číslem 10. Pakliže je b_{ij} ohodnocením

i -té varianty na základě j -tého kritéria, je celkové hodnocení varianty součtem dílčích hodnot podle vztahu:

$$b_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} . \quad (4.2.1)$$

Výsledné hodnoty se seřadí a vybrána je ta varianta, která má největší hodnotu b_i . Jestliže je metoda rozšířena i o váhy kritérií, výsledné součty b_i jsou pak vypočteny jako součty vážené.

Metoda pořadí

Princip metody rozdílu je velice podobný principu výše zmiňované bodovací metody. S tím rozdílem, že jednotlivým variantám jsou přiřazena čísla $1, 2, \dots, m$, kde m určuje počet variant. Je nutné rozhodnout, která z krajních hodnot ($1, m$) je považována za nejlepší. Na základě toho je pak určeno, která varianta je optimální, jestli se jedná o maximální nebo minimální hodnoty b_i . Tato metoda může být rovněž rozšířena o váhy kritérií.

4.2.2 Nominální informace

Metody založené na znalosti nominální informace preferencí mezi kritérii, lze použít jen tehdy, jsou-li známy aspirační hodnoty kritérií a je-li možné ohodnotit varianty dle jednotlivých kritérií z kardinálního hlediska. Principem metod je porovnávání aspiračních úrovní všech kritérií s kriteriálními hodnotami všech variant. Výsledkem pak je rozdělení množiny variant na dvě skupiny, na vyhovující a nevyhovující.

Konjunktivní metoda

Na základě aspiračních úrovní kritérií jsou určeny varianty, které lze přijmout (množina akceptovatelných variant). Tato metoda připouští pouze ty varianty, které jsou v souladu se všemi aspiračními úrovněmi. Může nastat situace, že je množina akceptovatelných variant určena příliš přísně a je třeba trochu snížit požadavky. Někdy je tato množina naopak příliš velká, a tak je potřeba požadavky zpřísnit.

Disjunktivní metoda

Pro disjunktivní metodu platí stejná pravidla jako pro metodu konjunktivní s tím rozdílem, že tato metoda připouští takové varianty, které splňují alespoň jeden požadavek aspiračních úrovní.

Metoda PRIAM

Metoda PRIAM vychází z heuristického prohledávání množiny všech variant. Cílem je nalézt jedno nedominované řešení. Zjednodušeně lze říci, že se zpřisňováním aspiračních úrovní kritérií postupně varianty eliminují až do okamžiku, kdy zbyde jediná kompromisní varianta. Tato metoda vyžaduje na vstupu ohodnocení variant na základě jednotlivých kritérií. Vektor $\vec{y}_j \in Y$ je zobrazením kritériálních hodnot každé varianty a_j . Aspirační úrovně kritérií v s -tém kroku jsou označovány $z^{(s)}$. Hledáme pak varianty, které splňují vztah:

$$\vec{y}_j \geq z^{(s)}. \quad (4.2.2)$$

Číslo d udává počet variant, jež tomuto vztahu vyhovují. Podle hodnoty d rozhodovatel mění aspirační úrovně jednotlivých kritérií $z^{(s)} = (z_1^{(s)}, z_2^{(s)}, \dots, z_n^{(s)})$. Mohou nastat tři případy:

$d > 1$... přijatelných variant je stále mnoho, proto je nutné zpřisnit aspirační úrovně

$d = 1$... požadovaný stav, výsledkem je kompromisní varianta

$d = 0$... nepodařilo se nalézt ani jednu přijatelnou variantu, řešením je hledat nejbližší variantu podle vztahu:

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^*} |z_i^{(s)} - y_{ij}| \rightarrow \min, \quad (4.2.3)$$

kde y_i^* pro $i = 1, 2, \dots, n$ představuje ideální kritériální hodnoty. Vektor výchozích aspiračních úrovní bývá velmi často shodný s bazální variantou problému. Kroky této metody lze znázornit stromovou strukturou.

4.2.3 Ordinální informace

Metody založené na znalosti ordinální informace kritérií vyžadují stanovení příslušného pořadí kritérií dle důležitosti a pořadí variant dle jednotlivých kritérií.

Lexikografická metoda

Tato metoda je obdobou vyhledávání ve slovníku. Je založena na principu výběru nejlepší varianty na základě nejdůležitějšího kritéria. Pakliže podle nejdůležitějšího kritéria nalezneme více variant, je do vyhledávání zahrnuto další kritérium, které je na řadě v pořadí důležitosti. Je-li výsledkem opět více možných variant, je do vyhledávání zahrnuto další kritérium. Tento algoritmus končí, jestliže je výsledkem vyhledávání pouze jediná varianta nebo došlo k vyčerpání množiny kritérií. Pak jsou kompromisními variantami všechny stejně hodnocené.

Permutační metoda

Permutační metoda se zabývá zkoumáním všech permutací pořadí zadaných variant. Pro m variant se jedná o $m!$ permutací. Metodu lze použít, i když jsou známy váhy kritérií, při neznalosti vah je ale metoda výhodnější. Z důvodu náročnosti výpočtu se tato metoda nedoporučuje pro úlohy, jež obsahují velké množství variant. Podrobněji je metoda popsána v [6].

Metoda ORESTE

Pro tuto metodu je nutný pouze vstup ordinální informace pro kritéria a pro varianty, jež je nutné na začátku seřadit. Metoda se dělí na dvě části. První část určí vzdálenost každé varianty na základě každého kritéria od fiktivního počátku. Varianty jsou pak uspořádány podle stanovených pravidel. Ve druhé části je provedena preferenční analýza. Pro každou dvojici variant lze provést test jejich preference, indiference nebo nesrovnalosti. Podrobněji je metoda popsána v [3].

4.2.4 Kardinální informace

Metody založené na znalosti kardinální informace kritérií (jejich vah) a variant (kritériálních matic s kardinálními hodnotami) jsou dosti komplexní a je jich celá řada. Podle třech základních přístupů k vyhodnocování variant budou uvedeni vybraní zástupci. Těmito přístupy jsou:

- maximalizace užitku – metoda funkce užitku, metoda váženého součtu, metoda AHP, metoda ANP
- minimalizace vzdálenosti od ideální varianty – metoda TOPSIS,
- preferenční relace – metoda ELECTRE, metoda PROMETHEE, metoda postupné substituce.

Metoda funkce užitku

Tato metoda spočívá ve vyčíslení užitku (škála 0-1), který by přinesla každá varianta při své realizaci. Celkovým užitekem se rozumí hodnota agregovaného kritéria, podle kterého varianty seřadíme. Aby bylo možné určit celkový užitek, musí být pro každé kritérium stanovena dílčí funkce užitku. Dílčí funkce užitku pak nahradí kardinální hodnocení variant dle všech kritérií a bude platit:

$$u_{ij} = u_j(y_{ij}), j = 1, 2, \dots, n \wedge u_{ij} \in \langle 0; 1 \rangle, \quad (4.2.4)$$

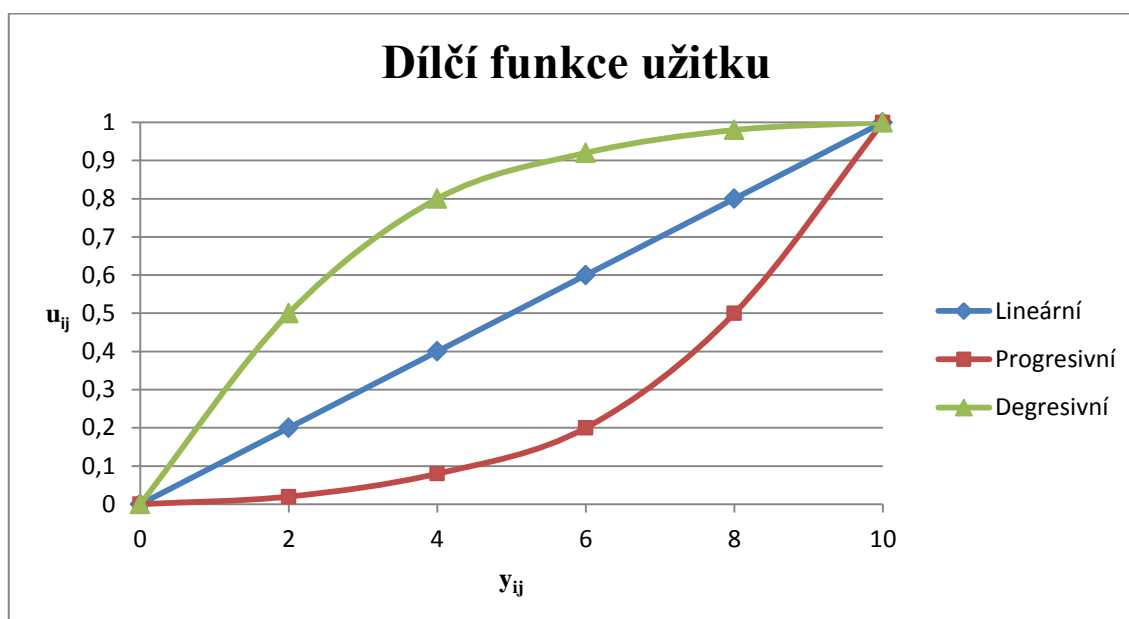
kde $u_j(y_{ij})$ je funkční závislost mezi původními hodnotami kritériální matice a hodnotami dílčí funkce užitku u_{ij} .

Obecně se dá konstatovat, že dílčí funkce užitku j -tého kritéria nabývá hodnotu 1 pro ideální (nejlepší) variantu a hodnotu 0 pro bazální variantu (nejhorší). Pro ostatní varianty získáme hodnoty dílčí funkce užitku na základě zvolené funkce. Jedná se o lineární, progresivní a degresivní funkce užitku, jež znázorňuje Graf 1. Rozhodovatel si samozřejmě může určit libovolný průběh dílčích funkcí užitku tak, aby tyto funkce co nejlépe kopírovaly realitu. Celkový užitek, jehož varianta a_i dosáhne, je váženým součtem jednotlivých hodnot příslušných dílčích funkcí užitku dle vztahu:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m v_j \cdot u_{ij}. \quad (4.2.5)$$

Zvolena je pak ta varianta, která má nejvyšší celkový užitek.

Graf 1: Dílčí funkce užitku



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Metoda váženého součtu

Tato metoda vychází přímo z metody lineární funkce užitku a vyžaduje tak znalost kritériální matice Y a váhového vektoru kritérií \vec{v} . Nejhorší varianta dle j -tého kritéria má hodnotu 0 a nejlepší varianta hodnotu 1. Je nutné stanovit ideální variantu H s ohodnocením (h_1, \dots, h_n) a bázální variantu D s ohodnocením (d_1, \dots, d_n) . Tyto varianty jsou zpravidla imaginární. Pro i -tou variantu dle j -tého kritéria je pak hodnota dílčího užitku dána vztahem:

$$u_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \wedge u_{ij} \in \langle 0; 1 \rangle. \quad (4.2.6)$$

Výsledný celkový užitek příslušné varianty je váženým součtem dílčích užiteků a lze jej získat využitím vzorce (4.2.5) z předchozí metody. Nejlepší varianta je opět ta, která má nejvyšší celkový užitek.

Metoda AHP

Tuto metodu navrhl Thomas L. Saaty v roce 1980 jako rámec pro řešení složitých problémů rozhodování. Metoda AHP bude detailně popsána v samostatné Kapitole 4.3.1.

Metoda ANP

Metoda ANP je zobecněním předchozí metody AHP. Navrhl ji také Thomas L. Saaty a to v roce 1994. Metoda je strukturovanější a založená na síťové struktuře. Detailněji popsána bude v samostatné Kapitole 4.3.2.

Metoda TOPSIS

Metoda TOPSIS je jako jediná ze zmiňovaných postavena na základě vzdálenosti od ideální bazální varianty. Metoda bude popsána v samostatné Kapitole 4.3.3.

Metoda ELECTRE

Princip metody ELECTRE spočívá v rozdělení množiny všech variant na dvě indifferenční třídy – efektivní a neefektivní. Aby mohla být metoda použita, je nutné znát kritériální matici, vektor normalizovaných vah a dvě prahové hodnoty, práh preference a práh dispreference.

Prvním krokem je porovnání všech dvojic variant v závislosti na jednotlivých kritériích. Porovnáním variant a_i a a_j je získána množina C_{ij} , jež obsahuje indexy takových kritérií h , která způsobí, že varianta a_i je hodnocena alespoň tak dobře jako varianta a_j . Množina D_{ij} pak obsahuje indexy zbývajících kritérií, kde je varianta a_i horší než a_j . Dále je třeba pro každou dvojici variant stanovit stupně preference c_{ij} a dispreference d_{ij} podle následujících vztahů:

$$c_{ij} = \sum_{h \in C_{ij}} v_h, i, j = 1, \dots, m \wedge c_{ij} \in \langle 0; 1 \rangle, \quad (4.2.7)$$

$$d_{ij} = \frac{\max_{h \in D_{ij}} (z_{ih} - z_{jh})}{\max_h (z_{ih} - z_{jh})}, i, j = 1, \dots, m \wedge d_{ij} \in \langle 0; 1 \rangle. \quad (4.2.8)$$

Aby mohla být určena celková preference mezi dvěma variantami, je nutné znát práh preference c^* a práh dispreference d^* . Jestliže je varianta a_i preferována před variantou a_j , platí $c_{ij} \geq c^*$ a $d_{ij} \leq d^*$. Efektivními variantami jsou ty varianty, ke kterým nelze nalézt preferující variantu a které jsou samy upřednostňovány alespoň před jednou variantou. Jelikož není jednoduché stanovit výchozí hodnoty a prahy preference, doporučuje se vyjít z průměrných hodnot matic $C = (c_{ij})$ a $D = (d_{ij})$.

K řešení úlohy a dosažení jediné varianty lze docílit postupnými změnami prahových hodnot.

Metoda PROMETHEE

Tato metoda je jako předchozí metoda ELECTRE ze skupiny metod, která je založena na preferenčních relacích mezi variantami. Výsledkem metody je vyjádření intenzity preference mezi dvojicemi variant při hodnocení dle všech kritérií. Jedná se o velmi oblíbenou univerzální metodu vícekriteriálního hodnocení variant, jež je detailně popsána v [6].

Metoda postupné substituce

Metoda postupné substituce pracuje s indifferenčními křivkami. Důležitost kritérií je určena mezní mírou substituce mezi kritériálním hodnocením variant. Vlastně se jedná o nahrazení snížení hodnoty jednoho kritéria zvýšením hodnoty jiného, aby celková důležitost varianty zůstala stejná. Grafické znázornění mezní míry substituce lze vyjádřit mapou indifferenčních křivek. Metoda sestává ze čtyř kroků, kde postupně dochází k substituci (vyřazení) jednotlivých kritérií až do doby, kdy zbyde pouze jediné kritérium. Na základě tohoto kritéria je pak stanoveno konečné pořadí variant. Bližší popis viz [3].

4.2.5 Shrnutí a výběr výsledné varianty

Vícekriteriální hodnocení variant je hojně využíváno pro zvolení optimální varianty, někdy také varianty kompromisní. Využívá se jako podpůrný nástroj pro řešení obtížných rozhodovacích procesů (např. výběr a koupě informačního systému). Vyskytují se ale i situace, kdy je potřeba varianty pouze seřadit (např. obchodní divize podle prodejů) nebo je rozdělit tak, aby bylo na první pohled jasné, které vyhovují a které ne (např. při přijímání zaměstnanců). Bez ohledu na typ vícekriteriální úlohy je velice důležité vybrat správnou metodu hodnocení. Metod je mnoho a každá může vést k trochu jinému výslednému řešení. To je způsobeno různými metodologickými přístupy a odlišností matematických postupů. Proto je vhodné úlohy řešit více metodami. Až v případě, že je kompromisní varianta zvolena více metodami, je možné tuto variantu přijmout.

4.3 Vybrané nepoužívanější metody výběru variant

4.3.1 AHP

Jak již bylo uvedeno, metodu AHP (Analytic Hierarchy Process) navrhl v roce 1980 Thomas L. Saaty [21]. Tato metoda je rámcem pro stanovení důležitých rozhodnutí ve složitých podmínkách rozhodování. Jejím cílem je zjednodušení a zrychlení rozhodovacího procesu. Je třeba brát v úvahu všechny prvky, jež mohou ovlivnit výsledek analýzy, vazby mezi těmito prvky a také intenzitu vzájemného působení mezi sebou. Jedním způsobem jak rozložit složitý problém na jednodušší části je vytvoření **hierarchické struktury** problému. Hierarchickou strukturou se rozumí struktura lineární, jež obsahuje několik úrovní, kde každá úroveň obsahuje několik prvků. Uspořádání jednotlivých úrovní je provedeno od obecného ke konkrétnímu. Obecnější prvky jsou ve vztahu ke konkrétním na vyšší úrovni hierarchie. Intenzitu vzájemného působení prvků hierarchie lze kvantifikovat. Na nejvyšší úrovni hierarchie je vždy jen jeden prvek, jež určuje cíl rozhodování. Tento prvek je ohodnocen hodnotou jedna, ta je pak rozdělena mezi prvky druhé úrovně. Podobným algoritmem dojde k ohodnocení všech úrovní. Na nejnižší úrovni pak lze nalézt ohodnocení příslušných variant.

Složitě úlohy vícekritériálního rozhodování jsou většinou víceúrovňové. Ukázkou struktury hierarchie složitých úloh znázorňuje Obrázek 1 a obsahuje takovéto úrovně:

úroveň 1 – požadovaný cíl rozhodování (např. určení pořadí),

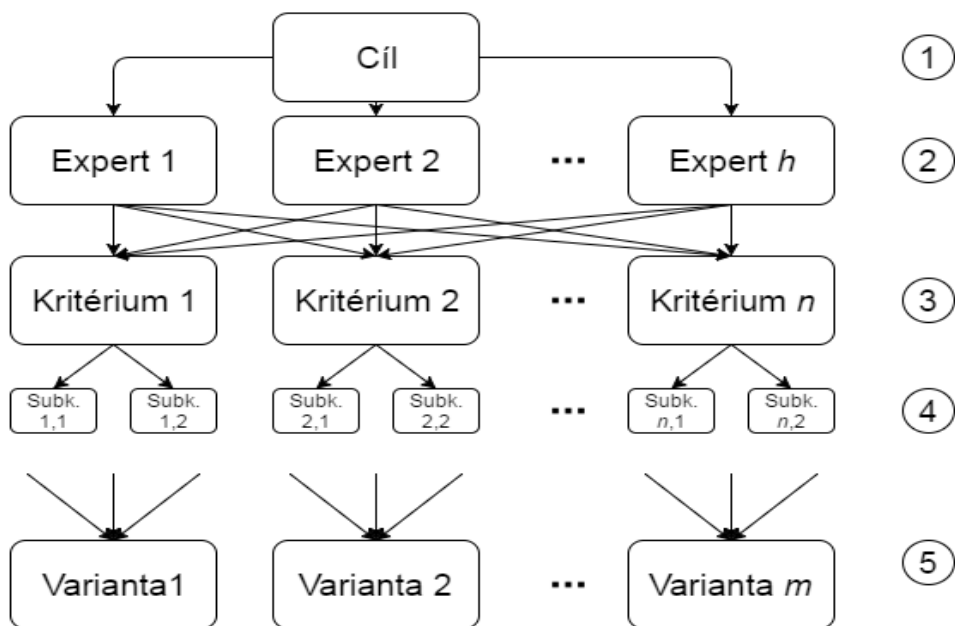
úroveň 2 – experti,

úroveň 3 – kritéria hodnocení,

úroveň 4 – subkritéria,

úroveň 5 – varianty.

Obrázek 1: Hierarchická struktura - 5 úrovní



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

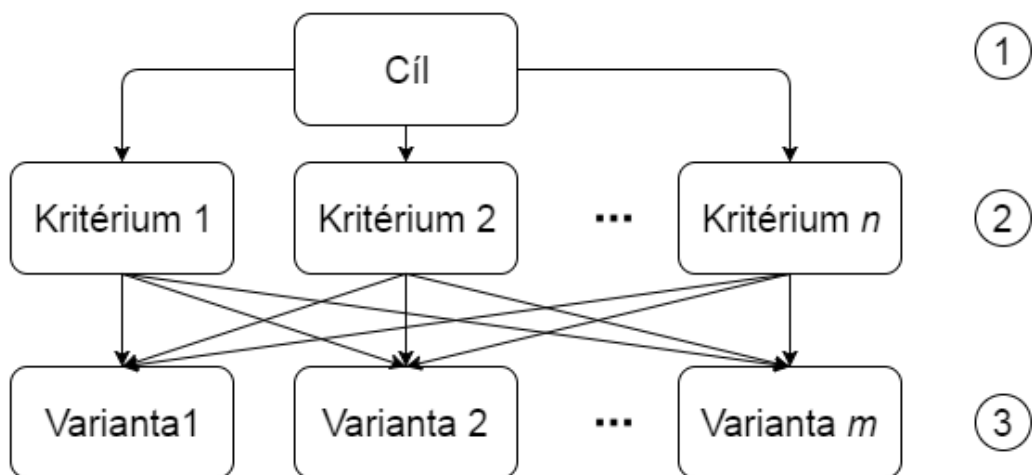
Nejčastější jednoduchou úlohu vícekritériálního rozhodování lze zachytit v následujících třech úrovních hierarchie (viz Obrázek 2):

úroveň 1 – požadovaný cíl rozhodování,

úroveň 2 – kritéria hodnocení,

úroveň 3 – varianty.

Obrázek 2: Hierarchická struktura - 3 úrovně



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Vztahy mezi komponentami hierarchie se určují obdobně jako mezi kritérii. Máme-li strukturu o třech úrovních:

- jeden cíl,
- n kritérií, jež mají váhy v_j pro $j = 1, \dots, n$,
- m variant a_i pro $i = 1, \dots, m$,

pak na druhé úrovni hierarchie vznikne matice párového porovnání o velikosti $n \times n$ a na třetí úrovni vznikne n matic o velikosti $m \times m$, kde se porovnávají hodnocení jednotlivých variant podle jednotlivých kritérií. Kalkulací těchto matic se varianty podělí o hodnotu váhy kritéria, pro které byla příslušná matice zkonstruována. Hodnocení jedné varianty na základě všech kritérií pak získáme jako součet uvedených hodnot pro všechna kritéria. Suma hodnocení (váhové vektory) pro každou úroveň musí dát v součtu hodnotu 1 (např. $\sum_{j=1}^n v_j = 1$).

Pro výpočet matic párového porovnání mezi dvěma prvky jedné úrovně využívá metoda AHP základní devítibodovou stupnici, kde hodnoty 1, 3, 5, 7, 9 jsou hlavní a hodnoty 2, 4, 6, 8 jsou doplňkové. Saatyho stupnici a samotné stanovování vah z matic párových porovnání blíže popisuje Saatyho metoda v Kapitole 4.1.3. jež ukazuje pouze základní pohled na problematiku. V metodě AHP se konzistence posuzuje rovněž podle indexu konzistence CI s tím rozdílem, že je tento index ještě podělen průměrným indexem konzistence RI . Je-li výsledný poměr konzistence $CR > 1$, lze tyto matice považovat za konzistentní. Poměr konzistence je tedy dán vztahem:

$$CR = \frac{CI}{RI}, \quad (4.3.1)$$

kde RI je průměrem 500 náhodně vygenerovaných matic párového porovnání se Saatyho škálou. Tyto hodnoty se můžou v různých literaturách lišit. Průměrné hodnoty RI zobrazuje Tabulka 1.

Tabulka 1: Průměrný index konzistence RI

k - počet kritérií	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51	1,53

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

V popisované Saatyho metodě je použito pro získání vah kritérií normalizovaného geometrického průměru. Tato metoda se používá nejčastěji, ovšem přesnější je výpočet vah z vlastního vektoru matice w , pokud je matice párového

porovnání dostatečně konzistentní a tento vektor lze najít. Je-li λ_{max} největší vlastní číslo matice, pak vlastní vektor může být spočítán ze vztahu:

$$(S - \lambda_{max}I)w = 0, \quad (4.3.2)$$

kde S je Saatyho matice a I matice jednotková. Výsledné normalizované váhy jsou pak dány vztahem:

$$v_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.3.3)$$

Jelikož jsou tyto metody stanovování vah dost výpočetně náročné a bez použití výpočetní techniky prakticky nerealizovatelné, navrhl Saaty ještě několik jednoduchých přibližných metod:

- řádkové součty matice S ,
- převrácené hodnoty sloupcových součtů matice S ,
- řádkové součty upravené matice S (každý sloupec je vydělen sloupcovým součtem),
- k -tá odmocnina součinu prvků v řádcích matice S .

Detailněji jsou tyto metody popsány v [6].

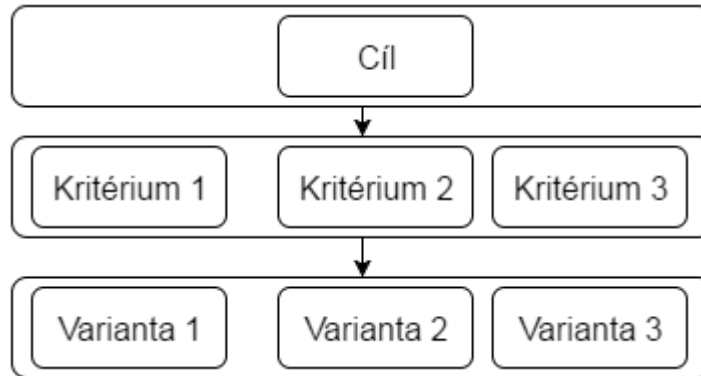
4.3.2 ANP

Metoda ANP (Analytical Network Process) je zobecněním metody AHP. Je využitelná jako univerzálnější nástroj. Místo hierarchické struktury má ANP strukturu síťovou. To znamená, že vazby mezi jednotlivými úrovněmi již nejsou jen ve směru shora dolů, ale napříč všemi úrovněmi. Z toho důvodu už se nehovoří o úrovních ale o klastrech (shlucích). Vazby mezi klastry mohou být obousměrné nebo mohou mít klastry i vazbu samy na sebe. Princip párového porovnání známého z AHP zůstává. Každou vazbou mezi klastry rozumíme pak jednu nebo více matic párového porovnání. Vzhledem k provázanosti prvků mezi sebou je teď otázkou kolikrát má větší vliv prvek i než prvek j na příslušný prvek k . [20]

Při tvorbě sítě se uplatňuje pouze jen jedno pravidlo. Alespoň jednou vazbou musí být všechny části propojeny. V případě nezávislosti nějaké části by pak postrádalo

smyslu zohledňovat její vliv. Obrázek 3 pak ilustruje zobrazení tříúrovňové hierarchie jako klastrů síťovou strukturou.

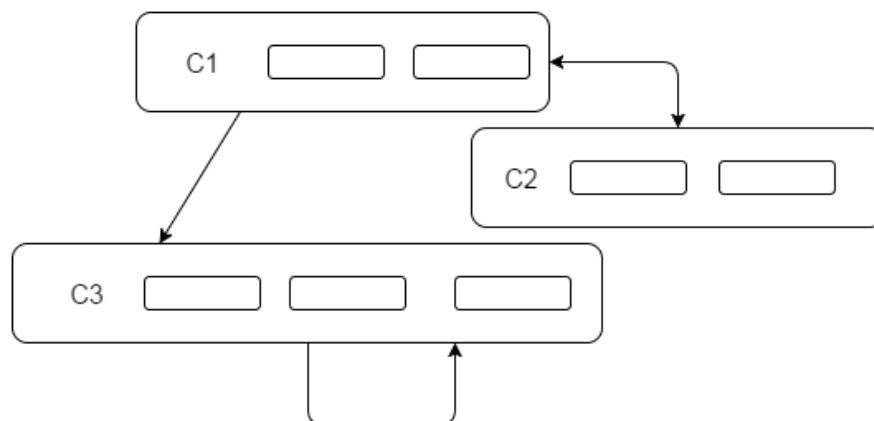
Obrázek 3:Síťová struktura 3 úrovně hierarchie



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Pohled na jednoduchý model modelu ANP pak poskytne Obrázek 4.

Obrázek 4: Síťová struktura ANP



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Klastry bývají zpravidla značeny písmenem *C*. Zdrojový klaster je ten, ze kterého vazby pouze vychází, koncový klaster je ten, do kterého vazby jen vstupují. Průběžnými klastry se pak nazývají všechny ostatní.

Výsledné agregované hodnoty jsou pak získány prostřednictvím supermatice. Pakliže N je počet klastrů v síti, pak má supermatice velikost $N \times N$. Jednotlivé prvky supermatice pak svoji strukturou odpovídají Saatyho matici z metody AHP. Nemají-li klastry mezi sebou žádnou vazbu, pak se jedná o nulové matice, jestli vazba mezi klastry existuje, pak matice obsahují vektory vah získaných z párového porovnání prvků klastru C_i s prvky klastru C_j (jestliže mezi prvky existuje odpovídající vazba). Supermatici je potřeba převést na matici sloupcově stochastickou (suma každého

sloupce je rovna jedné). Posledním krokem je pak získání aproximace stabilní limitní matice. Výsledný vektor vah variant lze najít v libovolném sloupci supermatice v klastru variant. Podrobný popis těchto úkonů viz [19].

Při modelování metody ANP je dobré dodržovat tyto kroky:

- 1) Důsledná analýza celého modelu, identifikace všech prvků, rozdělení prvků do klastrů, určení příslušných vazeb (jen ty co dávají smysl).
- 2) Matice párových porovnání pro všechny vazby. Jedná se o velké množství matic a je nutné brát ohled na příslušné konzistence.
- 3) Konstrukce supermatice a nutné operace se supermaticí (převod na stochastickou, limitní supermatici a získání koncových vah).
- 4) Interpretace výsledků, případně citlivostní analýza a úpravy modelu.

Jednodušší technikou pro výpočet metody ANP je využití maticových operací. Provádí se párová porovnání kritérií na jednotlivých kritériích. Tato metoda se zcela obejde bez užití supermatice. V Kapitole 7.3 je demonstrován právě tento přístup.

4.3.3 TOPSIS

Metoda TOPSIS řadí varianty rozhodovacího procesu na základě jejich vzdálenosti od ideální a bazální varianty. Vstupními daty jsou váhy kritérií a kardinální hodnocení variant z hlediska jednotlivých kritérií. Postup této metody lze shrnout v několika krocích:

Krok 1: Transformace kritérií – doporučuje se převést všechna minimalizační kritéria na maximalizační; $y_{ij} = -y_{ij}$.

Krok 2: Konstrukce normalizované kritériální matice $R = (r_{ij})$ podle vztahu:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2}}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n, \quad (4.3.4)$$

sloupce matice R jsou vektory jednotkové délky.

Krok 3: Výpočet normalizované vážené kritériální matice $W = (w_{ij})$ dle vztahu:

$$w_{ij} = v_j \cdot r_{ij}. \quad (4.3.5)$$

Krok 4: S ohledem na hodnoty matice W stanovit ideální variantu h s vektorem (h_1, \dots, h_m) a bazální variantu d s vektorem (d_1, \dots, d_m) .

Krok 5: Výpočet vzdáleností jednotlivých variant od ideální varianty jako d_i^+ a od bazální varianty jako d_i^- podle vztahů:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - h_j)^2} \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - d_j)^2}. \quad (4.3.6)$$

Krok 6: Výpočet relativních ukazatelů vzdálenosti jednotlivých variant od varianty bazální podle vztahu:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}. \quad (4.3.7)$$

Tyto ukazatele nabývají hodnot z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$, kde hodnotu 0 má bazální varianta a hodnotu 1 varianta ideální.

Krok 7: Sestupné seřazení variant podle ukazatele CC_i . Podle potřebného počtu variant jsou pak vybrány ty s nevyššími hodnotami tohoto ukazatele.

5 Vícekriteriální rozhodování za rizika a nejistoty

Prozatím byla všechna rozhodování prováděna na základě dokonalé znalosti okolního světa. Tato kapitola se zaměřuje na situace, kdy není úplně jasné, jak se stav světa změní. Podle Kapitoly 2.2 stavy světa představují události, jež realizací varianty mohou vzniknout a jež mají, s ohledem na některé hodnoty kritérií, vliv na dopady této varianty. To znamená, že jednotlivá kritéria mohou podle aktuálního stavu světa měnit své hodnoty. Konstrukce kritériálních matic tímto pozbývá smyslu a je nutné řešit úlohy rozhodování popořadě podle jednoho určeného kritéria.

Kapitola 2.1 dělí proces rozhodování podle míry jistoty realizace jednotlivých variant na rozhodování za jistoty, rizika a nejistoty. V této kapitole budou uvedeny úlohy, jež musíme řešit v podmínkách rizika, tedy důsledky rozhodování jsou zcela známy s ohledem na pravděpodobnost jejich vzniku, a v podmínkách nejistoty, tedy důsledky rozhodování nejsou zcela známy a pravděpodobnost realizace rovněž ne.

Nejistými nebo rizikovými faktory světa jsou například ekonomické faktory – úroková míra, daňová politika, inflace; legislativní faktory – novelizace zákonů, nové vyhlášky; přírodní faktory – katastrofy a mnoho dalších. Některé faktory lze dnes již odhadovat s vysokou přesností, nic ale nemůže být odhadnuto zcela přesně, a tak určité procento nejistoty zůstává.

Dále uvedená pravidla a metody nejsou hlavní náplní této diplomové práce a jsou popsány jen velice stručně pro dokreslení a celistvost problematiky vícekriteriálního rozhodování.

5.1 Rozhodování za rizika

Rozhodování v podmínkách rizika řeší Fotr, Dědina, Hružová pomocí následujících pravidel: očekávaná střední hodnota, očekávaný užitek, očekávaná střední hodnota a rozptyl.[8]

Pravidlo očekávané střední hodnoty

Principem metody je stanovení středních hodnot důsledků, které mohou jednotlivé varianty způsobit. Pravděpodobnosti výskytu příslušných stavů světa slouží jako váhy variant. Na základě tohoto pravidla vybíráme varianty podle nejvyšší střední hodnoty daného kritéria.

Pravidlo očekávaného užitku

Reálné chování subjektů ukazuje, že posuzování variant z hlediska očekávané střední hodnoty nemusí být vždy rozhodující. Podle Bernoulliho funkce užitku se lidé nechovají tak, aby střední hodnota jejich zisku byla maximální, ale aby byla maximální střední hodnota užitku, jež zisk přinese. Tato funkce je degresivního charakteru, což znamená, že přírůstek k nižší částce přinese vyšší výsledný užitek, než by znamenal přírůstek k částce vyšší.[19]

Pravidlo očekávané střední hodnoty a rozptylu

Tato metoda obohacuje dříve zmíněné pravidlo očekávané střední hodnoty o jistý faktor rizika, jež je zachycen jako rozptyl možných důsledků dané varianty. Jedná se o proceduru maximalizace střední hodnoty vybraného kritéria při současné minimalizaci vzdálenosti všech hodnot od střední hodnoty.

5.2 Rozhodování za nejistoty

Mañas popisuje pro rozhodování za nejistoty tyto principy: nedostatečná evidence, minimax, minimax ztráty, střední optimismus. [16]Shodné metody s jinými názvy (podle tvůrců těchto metod) uvádí také Pitel.[18] Prezentuje následující kritéria: Bernoulliho-Laplaceovo kritérium, Savageovo kritérium, Waldovo kritérium, Hurwiczovo kritérium. Fotr, Dědina, Hružová uvádějí ještě navíc princip maximaxu.[8]

Princip nedostatečné evidence

Předpoklad principu nedostatečné evidence, jinými slovy Bernoulliho-Laplaceova kritéria, spočívá v tom, že všechny stavy světa, jež mohou nastat, nastanou se stejnou pravděpodobností. Výpočet se pak provede jako v podmínkách rozhodování za rizika.

Princip minimaxu

Předpoklad principu minimaxu, jinými slovy Waldova kritéria, spočívá v tom, že je očekáván nejhorší možný výsledek a z množiny nejhorších výsledků se vybírá ten nejlepší z nich.

Princip minimaxu ztráty

Na základě ztrát, jež mohou vzniknout špatnou volbou varianty s ohledem na změnu stavu světa po volbě, je definován princip minimaxu ztráty, jinými slovy

Savageovo kritérium. Těmito ztrátami se rozumí rozdíl hodnoty kritéria varianty, jež je za příslušného stavu světa nejlepší, a hodnoty kritéria variant ostatních. Optimální variantou je pak ta s minimálními ztrátami.

Princip maximaxu

Všechny výše zmíněné principy předpokládaly především pesimistické scénáře. Předpokladem principu maximaxu je oproti ostatním to, že vždy nastane zpravidla nejlepší situace. Optimální variantou je pak ta, která má maximální nejlepší hodnotu kritéria.

Princip středního optimismu

Kompromisní metodou mezi pesimistickými a optimistickými scénáři je princip středního optimismu, jinými slovy Hurwiczovo pravidlo. Nejlepší variantou je pak ta, která součtem nejlepší a nejhorší hodnoty kritéria dosahuje maxima. Pravidlem je tedy vážený součet, jehož váhy určuje index optimismu, který si rozhodovatel volí sám.

6 SWOT analýza

Základním nástrojem strategického plánování je SWOT analýza. Lze ji uplatnit při plánování pro celou organizaci, její celek nebo pro jednotlivé projekty a záměry. Jde o velmi univerzální nástroj, který je v praxi hojně používán. Počátky SWOT analýzy se datují do 60. let 20. století, kde na Stanfordském výzkumném institutu vzniká při studii neúspěchu plánovacích procesů u největších amerických a anglických firem. S původním návrhem přišel tým, v jehož čele byl Albert S. Humprey.

Zkratka SWOT je složena z počátečních písmen anglických názvů 4 kategorií faktorů, jedná se o:

S – Strengths – Silné stránky,

W – Weaknesses – Slabé stránky,

O – Opportunities – Příležitosti,

T – Threats – Hrozby.

Účelem SWOT analýzy je identifikace silných a slabých stránek podniku, jakožto faktorů vnitřního prostředí, a identifikace příležitostí a hrozeb, jakožto faktorů vnějšího prostředí. Příklady jednotlivých faktorů zobrazuje Tabulka 2.

Tabulka 2: SWOT analýza

Vnitřní faktory	
Silné stránky	Slabé stránky
kvalifikovaní pracovníci know-how dobré jméno firmy informační systém moderní technologie vysoká úroveň firemní kultury	nedostačující kvalita produktu špatná komunikace se zákazníky nepřiměřená organizační struktura nedostatek kapitálu zastaralé technologie slabý výzkum a vývoj
Vnější faktory	
Příležitosti	Hrozby
nové partnerství expanze na zahraniční trhy outsourcing některých procesů investice využití zdrojů z EU odstranění mezinárodních bariér	změna legislativy přírodní katastrofy přechod zaměstnanců ke konkurenci nové konkurenční podniky změna daňové politiky inflace

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Nové kvalitativní informace poskytuje vzájemná interakce vnitřních a vnějších faktorů. Sřet silných a slabých stránek s příležitostmi a hrozbami ústí ve formulování čtyř různých strategií, přístupů. Tyto strategie zobrazuje Tabulka 3.

Tabulka 3: Strategie SWOT analýzy

		Vnitřní faktory	
		Silné stránky (S)	Slabé stránky (W)
Vnější faktory	Příležitosti (O)	SO strategie	WO strategie
		Využití silných stránek a příležitostí pro inovace, zvýšení podílu na trhu, objevení nových metod atd.	Potlačování slabých stránek okolními příležitostmi. Například uzavírání partnerství, vertikální integrace.
	Hrozby (T)	ST strategie	WT strategie
		Využití silných stránek pro eliminaci hrozeb. Například uzavírání partnerství, horizontální integrace.	Rozvoj strategií, které pomohou eliminovat hrozby, které mají vliv na slabé stránky. Například redukce, odprodej nebo i likvidace společnosti.

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Výstup SWOT analýzy ilustruje chování podniku, který se snaží maximalizovat silné stránky a příležitosti a zároveň minimalizovat slabé stránky a hrozby. V procesu hodnocení marketinkové pozice podniku patří SWOT analýza k nejpoužívanějším metodám.[14]

7 Realizace SWOT metodami vícekriteriálního rozhodování

V této části diplomové práce budou představeny tři výchozí odborné vědecké studie, jež byly podnětem pro vznik této diplomové práce. Stěžejními studii jsou Kvantifikace SWOT, Rámec SWOT a ANP-SWOT. Všechny tyto studie pojí společná témata, a to kvantifikace některých ekonomických metod a praktik pomocí vícekriteriálního rozhodování. Dojde tak k uchopení ekonomických situací určitým matematickým aparátem, který vnese do problému, vedle subjektivního, také objektivní hledisko a pomůže tak vrcholovému managementu ke snadnějšímu rozhodování a strategickému plánování.

7.1 Kvantifikace SWOT

Celým názvem Aplikace kvantifikace SWOT analytické metody. Kvantifikovaná SWOT (silné stránky, slabé stránky, příležitosti a hrozby) analytická metoda poskytuje detailnější a lépe vyčíslitelná data pro SWOT analýzu. Tato Kvantifikovaná SWOT analytická metoda přejímá koncepci metod vícekriteriálního hodnocení variant (Multi-Attribute Decision Making = MADM), která využívá vícevrstvého schématu pro zjednodušení složitých problémů, a tak je schopná provést SWOT analýzu na několika podnicích současně. Pro případovou studii jsou použity kontejnerové přístavy ve Východní Asii. Kvantifikovaná SWOT analýza je použita ke zhodnocení konkurenčních sil každého přístavu a následného navržení přizpůsobivé konkurenční strategie pro každý z nich. Autory této studie jsou Hsu-Hsi Chang a Wen-Chih Huang.[12]

7.1.1 Problematika

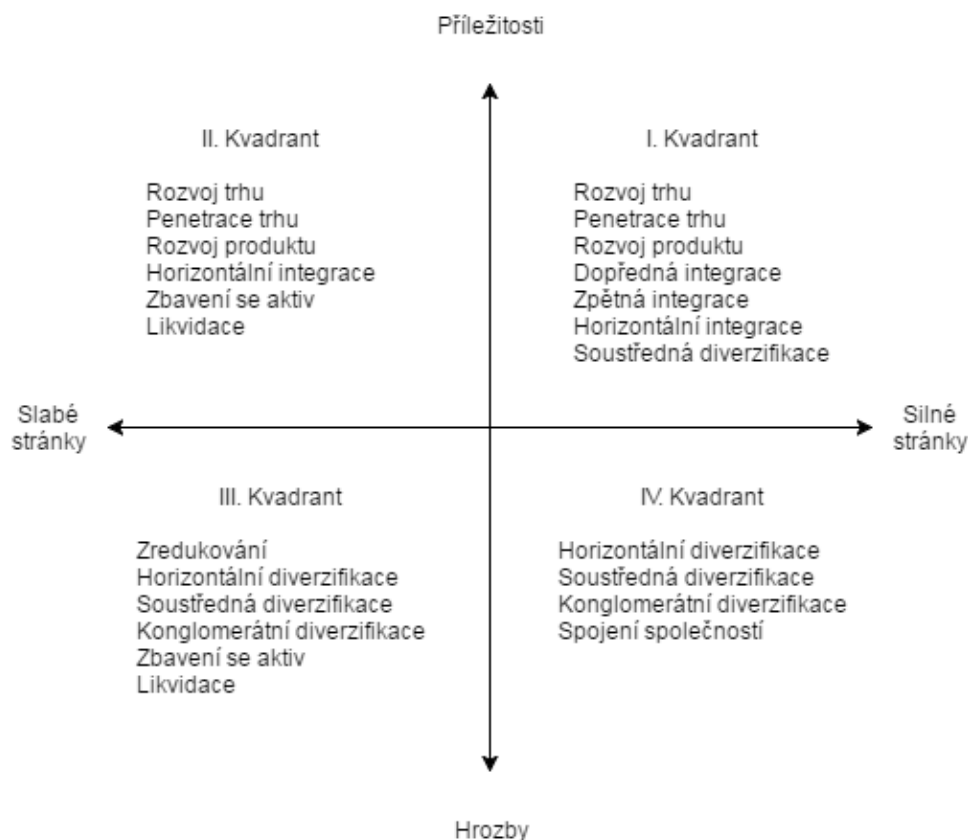
Strategický management je široce používán všemi podniky, aby odolaly nelítostné hospodářské soutěži. Proces strategického řízení se skládá ze třech fází: formulace strategie, implementace strategie, zhodnocení strategie.[4] Pro formulování a vývoj strategie jednotlivých podniků jsou důležité všechny části SWOT analýzy – externí příležitosti a hrozby a interní silné a slabé stránky. Správně použitá SWOT analýza může poskytnout dobrý základ pro úspěšnou formulaci strategie. Dle souhrnu SWOT analýz ze starších dokumentů je nejvíce používán doslovný popis analýzy a pouze v několika dokumentech lze nalézt řízené kvantifikované analýzy.

Hill a Westbrook ve své studii zjistili, že žádná z dvaceti zkoumaných společností neupřednostňovala individuální SWOT faktory, jedna upřednostňovala skupinové a pouze tři společnosti používaly SWOT analýzu jako podklad pro formulaci nového poslání společnosti. Z toho lze usuzovat, že výsledky SWOT analýz jsou příliš často pouze povrchním a nepřesným výpisem nebo neúplným kvalitativním šetřením interních a externích faktorů.[11]

V některých studiích lze nalézt i metody kvantitativní analýzy. Jsou jimi například metody Davidových matic. Matice EFE (External Factor Evaluation Matrix) hodnotí vnější faktory podniku, matice IFE (Internal Factor Evaluation Matrix) hodnotí vnitřní faktory podniku a CPM (Competitive Profile Matrix) matice porovnává podnik s konkurencí. Tyto metody mají ovšem nevýhodu v tom, že všechny klíčové faktory jsou měřeny subjektivně (1-4) a chybí tedy objektivní a vyčíslitelná data. Může nastat nejednotnost při zodpovídání jedné a té samé otázky, protože váhy klíčových faktorů jsou hodnoceny subjektivně pomocí skupiny hodnotitelů bez testu konzistence. A tak Kurttila a kolektiv a Stewart a kolektiv spojili metodu vícekriteriálního rozhodování AHP se SWOT analýzou za účelem poskytnutí nové hybridní metody, která zlepší použitelnost SWOT analýzy. Ačkoliv je použit test konzistence pro kontrolu, že váhy jsou skupinou hodnotitelů hodnoceny objektivně, je obtížné provést porovnání SWOT analýz na více podnicích najednou. [15][23]

Kvantifikovaná SWOT analýza v této studii nejenom zlepšuje výše zmíněné metody, ale také je rozvíjí na základě matice GSM (Grand Strategy Matrix). Stejně jako je rozdělená matice GSM, jsou i společnosti podle jejich kategorií umístěny do čtyř kvadrantů (viz Obrázek 5).

Obrázek 5: Strategická matice Kvantifikace SWOT



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [12]

Na rozdíl od matice GSM jsou na vertikální ose umístěny faktory externí – příležitosti a hrozby, a na ose horizontální jsou umístěny faktory interní – silné a slabé stránky.

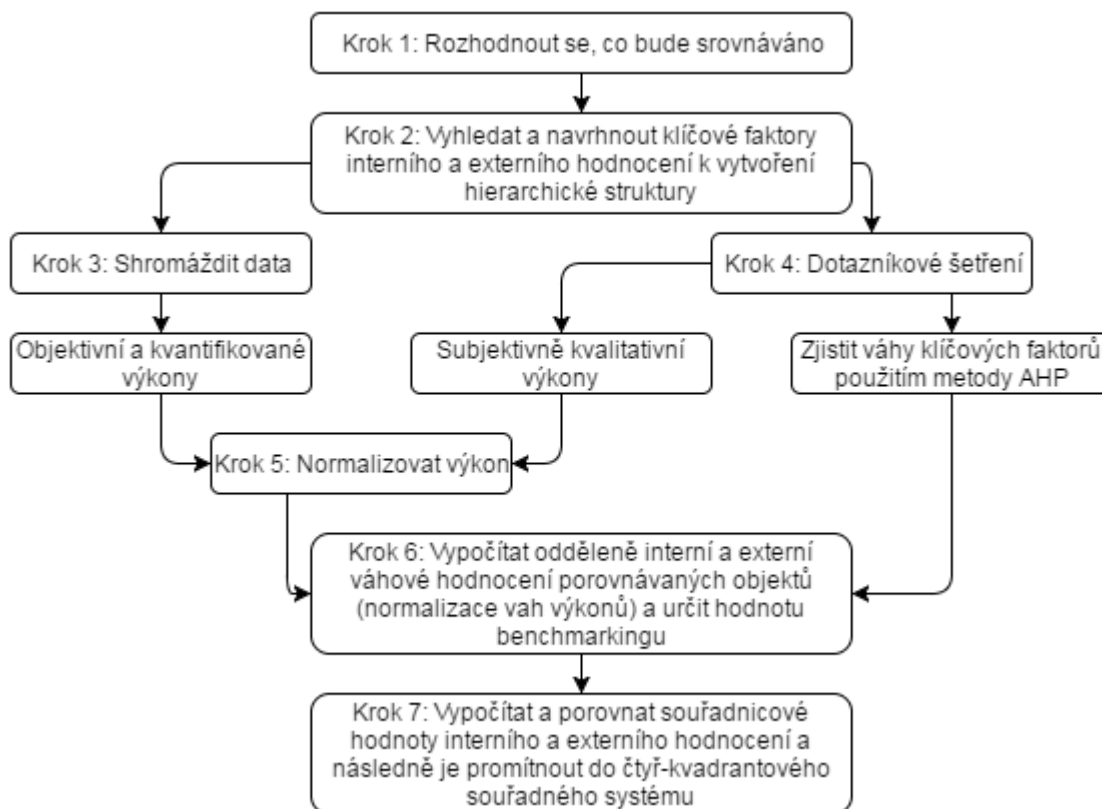
Pomocí Kvantifikované SWOT analýzy a odhalením soustavy souřadnic si společnosti mohou nejenom uvědomit svoji pozici na trhu, ale také mají odkaz na strategie, které jim pomohou v rozvoji. Pouze pomocí kvantifikované porovnávací metody může být ukázána konkurenční situace ve čtyř-kvadrantovém souřadném systému a právě Kvantifikovaná SWOT analýza tento problém řeší.

7.1.2 Metodika

V této studii je představen koncept vícekritériálního hodnocení variant na SWOT analýze za účelem vytvoření kvantifikované SWOT analytické metody. Z toho důvodu je tato metoda sestavena podle čtyř rozhodujících faktorů – alternativy, kritéria, výkon, váha. Alternativy se týkají objektů, které porovnááme, například společnost A a společnost B. Kritéria se vztahují ke klíčovým faktorům vnějšího hodnocení.

Výkonnostní struktura se týká vah klíčových faktorů. Výkonností rozumíme výkonnost sledovaného objektu v porovnání s vyhodnocením všech klíčových faktorů. Kvantifikovaná SWOT analýza se skládá z následujících kroků (viz Obrázek 6).

Obrázek 6: Vývojový diagram Kvantifikované SWOT analýzy



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [12]

Krok 1: Rozhodnout se, co bude srovnáváno, například společnost A a B.

Krok 2: Vyhledat a navrhnout klíčové faktory interního a externího hodnocení k vytvoření hierarchické struktury.

Krok 3: Shromáždit data, především shromáždit objektivní a kvantifikované výkony (např. provozní příjem) srovnávaných objektů.

Krok 4: Dotazníkové šetření, které zahrnuje dvě části: první zjišťuje váhy klíčových faktorů s použitím metody AHP (viz Kapitola 4.3.1), druhá zjišťuje subjektivně kvalitativní výkony (např. kvalita služeb prodavačů) srovnávaných objektů. V této studii jsou váhy interního a externího hodnocení navrženy jako shodné. Váhy klíčových faktorů jsou získány pomocí Saatyho AHP metody. Záměrem této metody je systematizovat složité problémy a řešit je na různých úrovních a jako vztahy různých aspektů. Poměrová stupnice 1-9 slouží k tomu, aby ukázala srovnání všech klíčových

faktorů a vytvořila matici párového porovnání. Relativní váhy klíčových faktorů jsou pak získány po provedení testu konzistence.

Krok 5: Normalizovat výkon. Výkony všech klíčových faktorů zahrnují kvantifikované výkony, kterými jsou aktuální statistiky (např. objem prodeje) a kvalifikované výkony, jimiž jsou výsledky subjektivních hodnocení dotazníků (např. 1-5 bodů). Cílem normalizace je sjednotit stupnice (měřítka) klíčových faktorů. Zde jsou navrhované normalizační metody:

(1) Normalizace kritéria prospěchu (vyšší je lepší)

$$r_{ij} = \frac{p_{ij}}{\max_j p_{ij}}, \forall j \quad (7.1.1)$$

(2) Normalizace kritéria nákladů (nižší je lepší)

$$r_{ij} = \frac{\min_j p_{ij}}{p_{ij}}, \forall j \quad (7.1.2)$$

(3) Normalizace kritéria průměru (více průměrné je lepší)

$$r_{ij} = \frac{\min\{p_{ij}, p_0\}}{\max\{p_{ij}, p_0\}} \quad (7.1.3)$$

kde:

$$p_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij} \quad (7.1.4)$$

Krok 6: Vypočítat odděleně interní a externí váhové hodnocení porovnávaných objektů (normalizace vah výkonů) a určit hodnotu benchmarkingu. V této studii jsou navrženy dva možné přístupy jak získat hodnotu benchmarkingu. První přístup uvažuje střední hodnotu jako hodnotu benchmarkingu, druhý přístup bere jako benchmarkingovou hodnotu benchmarkingové společnosti. Pro usnadnění výpočtu se doporučuje první přístup.

Krok 7: Vypočítat a porovnat souřadnicové hodnoty interního a externího hodnocení a následně je promítnout do čtyř-kvadrantového souřadného systému.

Nejprve se spočítají interní a externí váhová hodnocení porovnávaných společností. Od těch se pak odečte hodnota benchmarkingu. Výsledkem jsou souřadnice porovnávané společnosti v matici SWOT analýzy. Souřadnicová hodnota bude v intervalu (-1, +1). Když u společnosti převyšují silné stránky a příležitosti, je souřadnicová hodnota větší než hodnota benchmarkingu. Pakliže je společnost v porovnání slabší a čelí hrozbám, je souřadnicová hodnota nižší než hodnota benchmarkingu.

$$IC_j = I_j - IB \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7.1.5)$$

$$EC_j = E_j - EB \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7.1.6)$$

kde: IC_j ... souřadnicová hodnota interního hodnocení j -té společnosti

I_j ... výsledek interního hodnocení j -té společnosti

IB ... hodnota benchmarkingu interního hodnocení

EC_j ... souřadnicová hodnota externího hodnocení j -té společnosti

E_j ... výsledek externího hodnocení j -té společnosti

EB ... hodnota benchmarkingu externího hodnocení

$$-1 \leq IC_j \leq +1 \quad (7.1.7)$$

$$-1 \leq EC_j \leq +1 \quad (7.1.8)$$

Použitím výše uvedených vztahů vzniknou dvě skupiny dat. Jedna skupina obsahuje souřadnicové hodnoty v porovnání s interním hodnocením společnosti. Druhá obsahuje souřadnicové hodnoty v porovnání s externím hodnocením společnosti. Aby mohlo být srovnání zobrazeno ve čtyř-kvadrantovém souřadném systému, představuje osa y externí prostředí (příležitosti a hrozby) a osa x interní prostředí (silné a slabé stránky). Teď, když má každá společnost svoji souřadnici $[x, y]$, je její pozice oproti konkurenci jasně určena. Společnosti mohou hodnotit sebe i konkurenci efektivněji. Tato hodnocení mohou být použita jako základ pro politiky rozvoje.

7.1.3 Ilustrativní příklad

Pro případovou studii v této práci byly použity kontejnerové přístavy ve Východní Asii. Kvantifikovaná SWOT analýza je použita za účelem ohodnocení

konkurenční síly každého přístavu a následnému návrhu konkurenční strategie. Pro tuto studii bylo vybráno sedm přístavů: Keelung, Taichung, Kaohsiung, Hong Kong, Shenzhen, Xiamen, Shanghai (A₁-A₇). K zjištění klíčových faktorů pro analýzu interního a externího hodnocení je použita AHP metoda. Kvantifikované výkony jsou aktuální statistiky (např. množství kontejnerů, se kterými se zacházelo). Kvalifikované výkony vyplývají z dotazníkového hodnocení, které je prováděno subjektivně experty v rozpětí 1-5 (vyšší je lepší). Aby došlo ke sjednocení stupnice a usměrnění klíčových faktorů, je normalizace klíčových faktorů nevyhnutelná. Provedením AHP metody nad výsledky dotazníků získáme váhy klíčových faktorů.

Klíčové faktory pro analýzu interního hodnocení jsou spojené především s technickým vybavením, efektivitou práce, provozem a vývojem (viz Tabulka 4). Váhy interních faktorů pak zobrazuje Tabulka 5.

Tabulka 4: Klíčové faktory interního hodnocení

	Klíčové faktory interního hodnocení	jednotky	+/-	přístavy						
				A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
I1	počet přístavů s hlubokou vodou (přes 14m)	kotviště	+	1	6	18	16	10	0	4
I2	počet přístavních jeřábů	soupravy	+	28	13	62	67	37	13	57
I3	rozloha kontejnerových terminálů	ha	+	24	85	294	218	192	57	350
I4	silná a slabá stránka externích přepravních vztahů	1-5	+	2,00	3,74	3,54	3,61	3,56	3,06	3,47
I5	řízená automatizace a informace	1-5	+	2,85	3,03	3,62	4,17	3,25	2,61	3,06
I6	efektivnost lodí - příchozí/odchozí	1-5	+	2,73	3,06	3,79	3,85	3,06	2,69	2,97
I7	efektivnost zacházení s kontejnery	1-5	+	2,96	2,97	3,79	4,00	3,35	2,68	3,10
I8	počet řízených kontejnerů	tisíc TEU	+	2000	1245	8844	20450	10650	2330	11370
I9	provozní liberalizace	1-5	+	2,88	3,21	3,57	4,22	2,81	2,38	2,78
I10	přístavní sazba	1-5	-	3,10	2,91	2,88	3,24	3,06	3,19	3,00
I11	ucelený investiční plán	1-5	+	2,56	3,12	3,66	3,56	3,56	2,97	3,50
I12	efektivnost využití investic	1-5	+	2,38	2,91	3,14	3,66	3,56	3,03	3,56

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [12]

Tabulka 5: Váhy interních faktorů

Interní faktor	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12
Váha	0,091	0,047	0,048	0,041	0,123	0,126	0,087	0,090	0,106	0,093	0,072	0,076

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [12]

Klíčové faktory pro analýzu externího hodnocení jsou spojené především s politickým prostředím, ekonomickým prostředím a geografickou oblastí (viz Tabulka 6). Váhy externích faktorů pak zobrazuje Tabulka 7.

Tabulka 6: Klíčové faktory externího hodnocení

	Klíčové faktory externího hodnocení	jednotky	+/-	přístavy						
				A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
E1	efektivnost celní správy	1-5	+	2,97	3,18	3,34	4,20	2,94	2,78	3,00
E2	politická stabilita	1-5	+	3,33	3,33	3,33	3,63	3,00	3,00	3,00
E3	úplný zákon	1-5	+	3,11	3,11	3,11	3,82	2,45	2,45	2,45
E4	finanční liberalizace	1-5	+	3,48	3,48	3,48	4,34	2,82	2,82	2,82
E5	zázemi zdroje nákladu	1-5	+	3,50	3,21	3,60	4,00	4,00	2,97	4,00
E6	silná a slabá stránka zeměpisné polohy	1-5	+	3,41	3,50	4,14	4,14	3,97	3,19	3,97
E7	počet lodních dopravních společností	1-5	+	2,91	2,74	4,11	4,46	3,81	2,50	3,81

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [12]

Tabulka 7: Váhy externích faktorů

Externí faktor	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Váha	0,114	0,095	0,068	0,123	0,290	0,154	0,156

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [12]

Celkové váhové hodnocení pak získáme jako součin vah s výkonem klíčových faktorů po normalizaci. Výsledné souřadnicové hodnoty silných, slabých stránek, příležitostí a hrozeb se získají rozdílem celkového váhového hodnocení a hodnoty benchmarkingu (viz Tabulka 8).

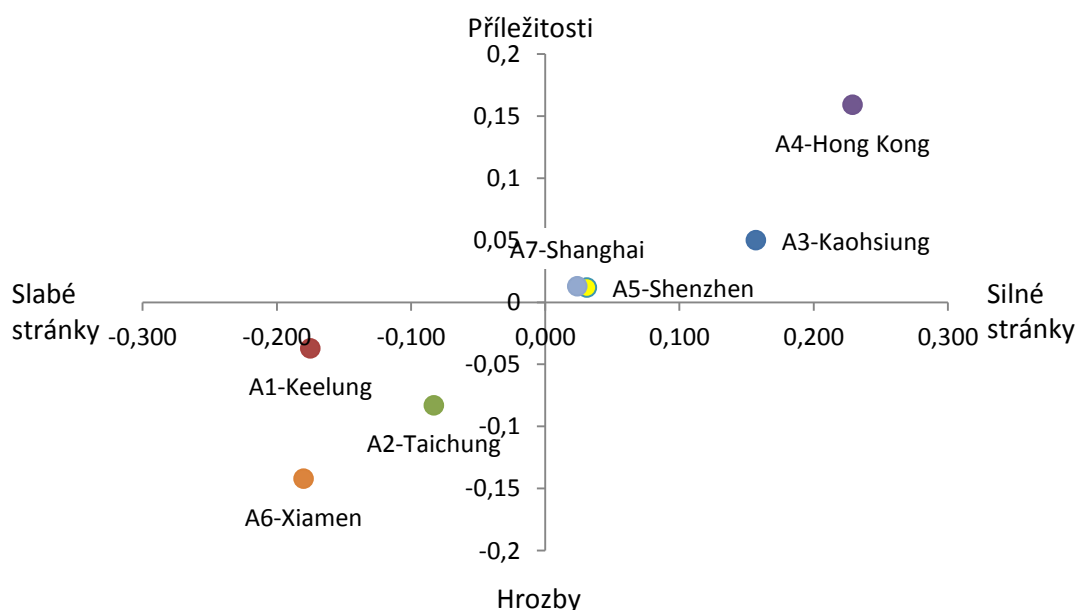
Tabulka 8: Souřadnicové hodnoty přístavů

	přístavy							Hodnota benchmarkingu
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
Vážená průměrná hodnota interního hodnocení	0,554	0,646	0,886	0,958	0,760	0,549	0,753	0,729
Souřadnicová hodnota interního hodnocení	-0,175	-0,083	0,157	0,229	0,031	-0,180	0,024	
Vážená průměrná hodnota externího hodnocení	0,804	0,758	0,891	1,000	0,853	0,699	0,854	0,841
Souřadnicová hodnota externího hodnocení	-0,037	-0,083	0,050	0,159	0,012	-0,142	0,013	

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [12]

Z následujícího grafu (Graf 2) je patrné, jak si jednotlivé přístavy vedou v porovnání s konkurencí. Přístavy v prvním kvadrantu mají externí příležitosti a dost interních silných schopností, aby mohly čelit konkurenci. Vhodná je pro ně expanzivní strategie. I přes příhodné podmínky je mezi těmito přístavy rozdíl. Přístavy Shanghai a Shenzen jsou oproti Hong Kongu a Kaohsiungu výrazně slabší. Zbývající přístavy se nacházejí ve třetím kvadrantu. Díky konkurenci ze strany Hong Kongu a Kaohsiungu čelí tyto přístavy vnějším hrozbám. Jejich hlavní slabiny pochází ale z interních oblastí, a právě na ty je třeba se zaměřit (segmentace trhu, nalezení trhu s největší ziskovostí).

Graf 2: SWOT matice přístavů



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [12]

7.2 Rámec SWOT

Celým názvem Integrovaný rámec pro analýzu dodavatelského řetězce elektřiny využívající integrovanou SWOT-fuzzy TOPSIS metodologii skombinovanou s AHP. Dodavatelský řetězec odkazuje na jednotný řetězec organizací, osob spojených s tvorbou materiálu a zákaznických služeb. Jednou z těchto služeb je elektřina, která může být spotřebována v domácnostech, průmyslu, zemědělství atd. Dodavatelský řetězec elektrické energie má čtyři stádia. Jsou jimi tvorba, přenos, distribuce a spotřeba. V této studii je prezentován rámec SWOT pro analýzu dodavatelského řetězce elektřiny v Turecku. V této souvislosti byly provedeny interview s několika experty na elektrický průmysl. Za účelem navržení prioritních SWOT faktorů dodavatelského řetězce elektřiny byla kromě toho ještě použita integrovaná AHP metoda v kombinaci s fuzzy-TOPSIS. Výsledky ukazují, že lze tuto metodu efektivně použít při určování strategického plánu vysoce zaměřeného na plánování a rozhodování v dodavatelském řetězci elektřiny. Autorem této studie je Esra Bas.[2]

7.2.1 Problematika

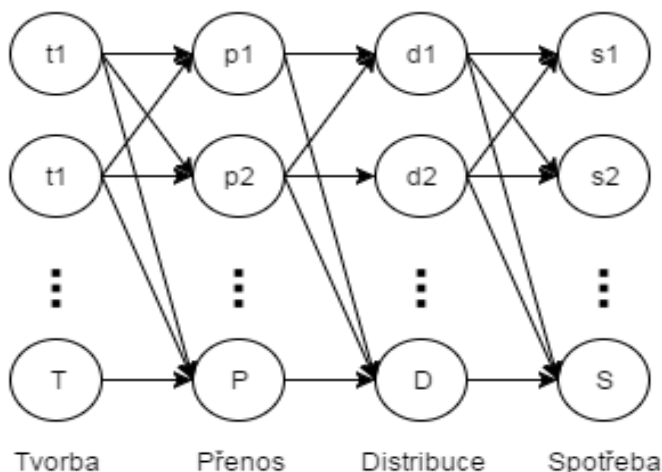
Dodavatelským řetězcem rozumíme jednotnou síť mezi různými producenty, kteří mají různá stádia přenosu produktu ke koncovému zákazníkovi. Síť dodavatelského řetězce se skládá z různých prvků – dodavatelé, producenti, sklady, distribuční centra a zákazníci. To znamená dodání materiálu, přeměna materiálu v produkt, přenos produktu na sklady a distribuční centra, aby byly uspokojeny potřeby zákazníků.[5]

Většina výzkumů v síti dodavatelského řetězce je pro zlepšení ziskovosti a zvýšení úrovně služeb v dodavatelském řetězci. Pro ověřování služeb a aktivit dodavatelského řetězce jsou v literatuře popsány různé metody. Mezi tyto metody patří například analytická hierarchie, Balanced Score Card (BSC), Analytic Hierarchy Process (AHP) a Data Envelopment Analysis (DEA).

Obdobně jako v Kapitole 7.1, je i v případě této studie předmětem SWOT analýza. V této studii je rámec SWOT navržen pro dodavatelský řetězec elektřiny (viz Obrázek 7) v Íránu a setříděné SWOT faktory napomohou správnému stanovení strategického plánu. Inovací tohoto výzkumu je uvažování vnitřních i vnějších faktorů jako jednotného směru strategické analýzy. Z tohoto důvodu jsou za pomoci expertů

identifikovány silné a slabé stránky jako interní faktory, příležitosti a hrozby jako vnější faktory pro všechna stádia - tvorbu, přenos, distribuci a spotřebu.

Obrázek 7: Dodavatelský řetězec elektřiny



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [2]

7.2.2 Metodika

Náplní této kapitoly je identifikace SWOT faktorů, které budou začleněny do metodologie SWOT-fuzzy TOPSIS v kombinaci s AHP. Důvodem, proč je použita právě tato kvantifikace SWOT analýzy, je skutečnost, že tento přístup poskytuje jisté seřazení SWOT faktorů, takže omezené zdroje mohou být využity na faktory s nejvyšší prioritou. Protože jsou hodnotící parametry vyjadřovány jako jazykové proměnné (slovně), je vhodným přístupem teorie fuzzy množin. Před představením vlastní metodologie je třeba uvést několik definic z teorie fuzzy množin, které se přímo vztahují k této metodologii.

Definice 1: Fuzzy množina $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ je lichoběžníkové fuzzy číslo na R , jehož funkce příslušnosti je:

$$\mu_{\tilde{A}} = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{x - a_4}{a_3 - a_4} & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & \text{ostatní} \end{cases}, \quad (7.2.1)$$

kde a_1, a_2, a_3, a_4 jsou reálná čísla.

Definice 2: Násobení fuzzy čísla $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ skalárem $k \geq 0$ je definováno takto:

$$k \times \tilde{A} = (ka_1, ka_2, ka_3, ka_4). \quad (7.2.2)$$

Definice 3: Necht' D označíme jako vzdálenost mezi lichoběžníkovými fuzzy čísly $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ a $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$, pak platí následující vztah:

$$D(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{6} \left[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2 + (a_4 - b_4)^2 + (a_1 - b_1)(a_2 - b_2) + (a_2 - b_2)(a_3 - b_3) + (a_3 - b_3)(a_4 - b_4) \right]} \quad (7.2.3)$$

Velice důležitý je způsob porovnávání SWOT faktorů mezi sebou. V této studii sběr informací probíhá formou rozhovorů s experty a pokládají se jim otázky v každém stádiu dodavatelského řetězce elektřiny – tvorba, přenos, distribuce. Otázky jsou navrženy tak, aby usnadnily všechna možná párová porovnání mezi faktory. Použitá stupnice pro párové porovnání AHP je 1-9.[21] Dotazník je navržen tak, aby měřil všechny významné poměry mezi faktory. Metoda Rámce SWOT se skládá z následujících kroků:

Krok 1: Identifikace SWOT faktorů. Je nutné určit soubor faktorů pro každou ze čtyř SWOT skupin jako S, W, O, T pro $i \in S, W, O, T$.

Krok 2: Vykonání metody AHP pro každou SWOT skupinu (viz Kapitola 4.3.1). Je nutné sestrojít matice porovnání s ohledem na dlouhodobou strategii dodavatelského řetězce. Z matic je pak pro každou SWOT skupinu získán vektor relativních vah (W_S, W_W, W_O, W_T) .

Krok 3: Mezi všemi SWOT faktory jsou z každé skupiny vybrány ty s největší relativní vahou. Opět se provede párové porovnání pro AHP napříč SWOT skupinami a získáme vektor relativních vah W_G s hodnotami w_S, w_W, w_O, w_T .

Krok 4: Konečné relativní váhy SWOT faktorů získáme vypočtením konečného relativního váhového vektoru W_F , kde $w_i \in W_F$ a pro hodnoty $W_{SF}, W_{WF}, W_{OF}, W_{TF}$ platí $W_{SF} = W_S w_S; W_{WF} = W_W w_W; W_{OF} = W_O w_O; W_{TF} = W_T w_T$.

Krok 5: Hodnotící vektor $\tilde{e}_i = (e_{i1}, e_{i2}, e_{i3}, e_{i4})$. Každému SWOT faktoru $i \in S, W, O, T$ je přiřazeno jedno lichoběžníkové fuzzy číslo na základě předem definovaných jazykových proměnných (viz Tabulka 9).

Tabulka 9: Jazykové proměnné

Jazyková proměnná	Lichoběžníkové fuzzy číslo
Extrémně špatný	(0, 0, 1, 2)
Velmi špatný	(1, 2, 3, 4)
Špatný	(2, 3, 4, 5)
Středně špatný	(3, 4, 5, 6)
Ucházející	(4, 5, 6, 7)
Středně dobrý	(5, 6, 7, 8)
Dobrá	(6, 7, 8, 9)
Velmi dobrá	(7, 8, 9, 10)
Extrémně dobrá	(8, 9, 10, 10)

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [2]

Krok 6: Normalizace příslušných jazykových proměnných. Normalizovaná trepeziodální fuzzy čísla jsou posuzována s ohledem na kritérium zisku použitím vztahu (7.2.4) a s ohledem na kritérium nákladů použitím vztahu (7.2.5) pro $i \in S, W, O, T$.

$$\tilde{n}_i = \left(\frac{e_{i1}}{\max_i\{e_{i4}\}}, \frac{e_{i2}}{\max_i\{e_{i4}\}}, \frac{e_{i3}}{\max_i\{e_{i4}\}}, \frac{e_{i4}}{\max_i\{e_{i4}\}} \right) \quad (7.2.4)$$

$$\tilde{n}_i = \left(\frac{\min_i\{e_{i1}\}}{e_{i4}}, \frac{\min_i\{e_{i1}\}}{e_{i3}}, \frac{\min_i\{e_{i1}\}}{e_{i3}}, \frac{\min_i\{e_{i1}\}}{e_{i1}} \right) \quad (7.2.5)$$

Krok 7: Zatížení normalizované jazykové proměnné vahami z předchozího procesu AHP. Pro $i \in S, W, O, T$ se provede zatížení podle vzorce $\tilde{n}_i^w = \tilde{n}_i * w_i$ s ohledem na vztah (7.2.2).

Krok 8: Výpočet vzdáleností \tilde{n}_i^w od ideálního řešení jako d_i^+ a od bazálního řešení jako d_i^- , obojí podle vztahu (7.2.3). Ideálním řešením je vážená normalizovaná jazyková proměnná $\tilde{n}_i^p = w_i \times (1, 1, 1, 1)$, bazálním řešením je vážená normalizovaná jazyková proměnná $\tilde{n}_i^n = w_i \times (0, 0, 0, 0)$ pro $i \in S, W, O, T$.

Krok 9: Pro $i \in S, W, O, T$ vypočítat relativní ukazatele vzdálenosti od bazální varianty podle vztahu (7.2.6).

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (7.2.6)$$

Krok 10: Formulace strategie na základě poznatků z výše uvedených kroků, především z Kroku 4 a Kroku 9. Žádoucí jsou vysoké hodnoty W_F a nízké hodnoty CC_i .

7.2.3 Ilustrativní příklad

Na základě vydaných strategických reportů a nařízení turecké vlády došlo k vytvoření analýzy dodavatelského řetězce elektřiny v Turecku a následnému použití metody SWOT-fuzzy TOPSIS společně s AHP pro zvolení správného strategického směru. Pro získání vah byly provedeny expertní odhady odborníků z oboru, za použití základní stupnice 1-9, kterou představil Saaty.[21] Je stanoven hlavní cíl maximalizovat bezpečnost dodávek elektřiny, využívat národní primární zdroje paliv při poskytování elektřiny s efektivními náklady a minimálními nepříznivými efekty na přírodní prostředí. Ilustrativní příklad přesně kopíruje výše zmíněné kroky metodologie.

Krok 1: S ohledem na politiku, trh, technologii a sociální aspekty došlo, analýzou obnovitelných energií v Turecku, k získání SWOT faktorů (viz Tabulka 10).

Tabulka 10: SWOT faktory - Rámec SWOT

Silné stránky	S1	Dlouhodobý závazek k bezpečnosti dodávek elektřiny
	S2	Závazek k technologickému přizpůsobování
Slabé stránky	W1	Možné kulturní rozdíly mezi státními a soukromými společnostmi
	W2	Finanční problémy
	W3	Problémy se získáním dat z informačních systémů a nedostatky v datové integraci mezi systémy
	W4	Nedostatek různorodosti předpovídajících technik a dlouhé informační toky
	W5	Problémy se synchronizací v investicích
	W6	Nejasné rozdělení rolí a odpovědností
Příležitosti	O1	Nadbytek a různorodost národních primárních zdrojů paliv
	O2	Restrukturalizace energetických trhů a konkurenčního tržního prostředí
	O3	Rostoucí poptávka
	O4	Geo-strategická pozice Turecka
Hrozby	T1	Hustota obydlených oblastí a veřejný odpor k investicím
	T2	Úroveň závislosti na mezinárodních primárních zdrojích paliv
	T3	Nesrovnalosti v regionálním politickém prostředí

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [2]

Krok 2: Provedení metody AHP pro jednotlivé SWOT skupiny. V následující tabulce (Tabulka 11) je zobrazen souhrn vah příslušných skupin. Detailní párové porovnání jednotlivých skupin obsahuje Příloha A.

Tabulka 11: Váhy jednotlivých SWOT skupin

Silné stránky	W_S	S1 0,8333	S2 0,1667				
Slabé stránky	W_W	W1 0,1815	W2 0,2726	W3 0,0492	W4 0,0386	W5 0,3744	W6 0,0836
Příležitosti	W_O	O1 0,1378	O2 0,2735	O3 0,0585	O4 0,5302		
Hrozby	W_T	T1 0,5813	T2 0,3092	T3 0,1096			

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [2]

Krok 3: Provedení metody AHP mezi SWOT skupinami (viz Tabulka 12). Do porovnání jsou zahrnuty faktory s nejvyšší vahou v příslušné skupině.

Tabulka 12: AHP mezi SWOT skupinami

	S1	W5	O4	T1	W_G
S1	1,00	3,00	5,00	2,00	0,4824
W5	0,33	1,00	2,00	0,50	0,1575
O4	0,20	0,50	1,00	0,33	0,0883
T1	0,50	2,00	3,00	1,00	0,2718

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [2]

Krok 4: Konečné relativní váhy jednotlivých faktorů W_F a konečné pořadí faktorů podle těchto vah obsahuje Tabulka 14, konkrétně druhý a třetí sloupec.

Krok 5: Za použití jazykové proměnné (viz Tabulka 9) jsou jednotlivým SWOT faktorům přiřazeny hodnotící vektory, lichoběžníková fuzzy čísla (viz Tabulka 13).

Tabulka 13: Hodnotící vektory

Skupina	Faktor	Fuzzy číslo	Skupina	Faktor	Fuzzy číslo
Silné stránky	S1	(4, 5, 6, 7)	Příležitosti	O1	(4, 5, 6, 7)
	S2	(4, 5, 6, 7)		O2	(7, 8, 9, 10)
Slabé stránky	W1	(4, 5, 6, 7)		O3	(5, 6, 7, 8)
	W2	(3, 4, 5, 6)		O4	(7, 8, 9, 10)
	W3	(3, 4, 5, 6)	Hrozby	T1	(2, 3, 4, 5)
	W4	(4, 5, 6, 7)		T2	(2, 3, 4, 5)
	W5	(3, 4, 5, 6)		T3	(1, 2, 3, 4)
	W6	(4, 5, 6, 7)			

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [2]

Krok 6-9: V těchto krocích se odehrává metodologie fuzzy-TOPSIS. Jejím úkolem je určit relativní ukazatele vzdálenosti od bazální varianty CC_i a konečné pořadí faktorů podle CC_i . Tyto hodnoty obsahuje Tabulka 14, konkrétně čtvrtý a pátý sloupec.

Tabulka 14: Konečné hodnocení Rámce SWOT

SWOT faktor	W_F	Pořadí podle W_F	CC_i	Pořadí podle CC_i
S1	0,4020	1	0,548260	3
S2	0,0804	4	0,548260	3
W1	0,0286	9	0,548260	3
W2	0,0429	7	0,451740	4
W3	0,0078	13	0,451740	4
W4	0,0061	14	0,548260	3
W5	0,0590	5	0,451740	4
W6	0,0132	11	0,548260	3
O1	0,0122	12	0,548260	3
O2	0,0241	10	0,828302	1
O3	0,0052	15	0,644356	2
O4	0,0468	6	0,828302	1
T1	0,1580	2	0,355644	5
T2	0,0840	3	0,355644	5
T3	0,0298	8	0,261204	6

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [2]

Krok 10: Formulace strategie je provedena na základě výsledných pořadí, která zobrazuje Tabulka 14. Pro formulaci strategie jsou vhodné faktory, jejichž pořadí podle W_F je nejvýše devět a pořadí podle CC_i je alespoň tři. Tomu odpovídají faktory S1, S2, W1, W2, W5, T1, T2, T3.

7.3 ANP-SWOT

Celým názvem ANP-SWOT přístup pro vzájemnou závislost analýzy a uspořádání strategií průmyslu ocelového šrotu v Íránu. Centrální roli v Íránských továrnách na surovou ocel hrají dodávky neopracovaného materiálu. Průmysl recyklovaného odpadu, jakožto hlavního zdroje šrotu oceli, potřebuje identifikovat a aplikovat efektivní strategie, aby bylo využito značné množství ocelových zbytků. V této studii jsou, za použití vytvořeného modelu a za použití implementace efektivních strategických faktorů (silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby) SWOT analýzy, stanoveny vhodné strategie (SO, ST, WO, WT-kombinace faktorů SWOT). Model se skládá ze 4 faktorů, 14 subfaktorů a osmi strategií. Jelikož samotná SWOT analýza není schopna faktory a strategie ohodnotit, jsou pro jejich uspořádání použity techniky vícekritériálního rozhodování (MADM). Závislosti mezi jednotlivými faktory ovlivňují

prioritu strategií. Z toho důvodu jsou použity AHP a ANP metody, aby pomohly rozhodnout, zdali jsou mezi faktory závislosti a jestli tyto závislosti ovlivní pořadí strategií.

Porovnání výsledků AHP a ANP metody ukazuje, že závislosti mezi faktory v ANP metodě způsobují zásadní změny v hodnocení výsledných strategií. Autory této studie jsou Reza Shakoor Shahabi, Mohammad Hossein Basiri, Mahdi Rashidi Kahag, Samad Ahangar Zonouzi.[22]

7.3.1 Problematika

Jisté neduhy prosté SWOT analýzy již byly v předchozích kapitolách podrobně popsány. Přestože má Írán více než 100 továren na recyklaci oceli s odhadovanou kapacitou 1 milion tun, je zde stále ještě značné množství nevyužitého šrotu. Tento významný nedostatek vyžaduje identifikaci existujících překážek ve vývoji íránského šrotového průmyslu a recyklační činnosti, které by splňovaly přípravy materiálových požadavků podstatné části ocelového průmyslu. Přesná analýza interních a externích strategických faktorů může vést k identifikaci a formulaci efektivních strategií pro rozvoj průmyslu na recyklaci oceli a k lepšímu využití potenciálů země. Pomocí metod AHP a ANP je dosaženo konkrétních kvantifikovaných závěrů.

7.3.2 Metodika

ANP je rozšířenou Saatyho metodou AHP. Na rozdíl od AHP má ANP síťovou a shlukovou strukturu. Hierarchie u AHP je lineární od shora dolů, kdežto síťová struktura je nelineární a rozléhá se do všech směrů. To umožňuje ANP modelovat komplexní problémy reálného světa. Tato metoda uvažuje vzájemné, a vzájemně závislé vztahy mezi faktory, subfaktory a umožňuje hodnotit alternativy, kritéria, subkritéria.[20]

V této studii je pro výpočet ANP použita technika, jež je založena na maticových operacích a provádí párová porovnání kritérií na jednotlivých kritériích. Nevyžaduje tedy použití supermatice.[26]

Prvním krokem tohoto přístupu je převedení problému do hierarchické struktury. To umožní řešit problém jak AHP, tak i ANP. Tím, že zvolíme za cíl vhodnou strategii, je hierarchická struktura problému stanovena tak, aby odpovídala faktorům strategického plánování. Takto je každý ze SWOT faktorů definován jako kritérium a

každý SWOT subfaktor jako subkritérium. Rovněž jsou definovány navrhované strategie jako alternativy, které by měly být brány v úvahu až na poslední úrovni hierarchie. ANP ve SWOT analýze lze pospat v několika krocích.[28]

Krok 1: Rozpoznat SWOT faktory, subfaktory a alternativní strategie.

Krok 2: Předpokládejme, že mezi faktory nejsou žádné závislosti. Pořadí důležitosti SWOT skupin je měřeno párovým porovnáním (W_1). V tomto kroku se použije technika AHP (viz Kapitola 4.3.1).

Krok 3: Kvůli existujícím závislostem mezi skupinami SWOT vznikne, za použití měřítka a matice párových porovnání, vnitřní závislost skupin (W_2). Dílčí vzájemné závislosti mezi skupinami jsou po sloupcích umístěny do matice W_2 .

Krok 4: Výpočet vzájemně závislých priorit SWOT skupin (W_3) vynásobením W_1 a W_2 .

Krok 5: Stanovení pořadí důležitosti pro každý SWOT subfaktor podle měřítka a párového porovnání (W_4). V tomto kroku se použije analýza AHP (stejně výsledky jako při řešení úlohy AHP přístupem výše).

Krok 6: Měření konečného pořadí důležitosti každého SWOT subfaktoru (W_5) vynásobením příslušné části W_3 a příslušné části W_4 .

Krok 7: Výpočet pořadí důležitosti pro každou alternativní strategii podle měřítka a párovým porovnáním (W_6). V tomto kroku se použije analýza AHP.

Krok 8: Seřazení strategií podle priorit vynásobením W_5 a W_6 .

7.3.3 Ilustrativní příklad

Nejprve je nutné určit hierarchickou strukturu problému. Cílem hierarchické struktury je stanovení nejlepší strategie pro průmysl ocelového šrotu. Do hierarchické struktury umístít SWOT faktory (S, W, O, T) jako kritéria, SWOT subfaktory jako subkritéria a strategie jako alternativy. Na určení těchto neznámých byl najat tým expertů na průmysl recyklace oceli. Tento tým se skládal z deseti členů z různých odvětví průmyslu zabývajících se ocelí a šrotem. Bylo nutné vyplnit dotazníky pro párové porovnání metod AHP a ANP. V každém formuláři je odvozena matice párového porovnání mezi faktory. Pro párové porovnání byla použita standardní

stupnice 1-9. Matice párových porovnání této úlohy obsahuje Příloha B. Jednotlivé subfaktory zobrazuje Tabulka 15 a alternativy Tabulka 16.

Tabulka 15: Subfaktory ANP-SWOT

Silné stránky	S1	Nízké investiční požadavky
	S2	Potenciál zaměstnanosti v průmyslu
	S3	Vysoké zisky mechanizovaných továren na šrot
Slabé stránky	W1	Slabé relevantní technologie
	W2	Nepřiměřená úroveň cashflow
	W3	Nízká produktivita továren
	W4	Geografická roztroušenost a nedostatek organizace
	W5	Nezkušená pracovní síla
Příležitosti	O1	Potenciál nevyužitých zdrojů šrotu v Íránu
	O2	Schopnost přejít na nové technologie
	O3	Volné kapacity strojů ve společnostech
Hrozby	T1	Nízká úroveň recyklace v Íránu
	T2	Nedostatek a vysoká cena moderního vybavení
	T3	Požadavky přírodního prostředí na udělení certifikátu pro recyklaci

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [22]

Tabulka 16: Alternativy ANP-SWOT

SO1	Podpora manufaktury mechanizovaných vysoce kapacitních továren na zpracování šrotu.
SO2	Nalezení a osvojení technologií na zpracování šrotu
ST1	Přijetí zákona o recyklaci spotřebičů a aut.
ST2	Alokace zdrojů na podporu produkční technologie v továrnách na šrot.
WO1	Založení recyklačních měst.
WO2	Standardizace produkčního procesu šrotu.
WT1	Alokace zdrojů pro investice a financování pracujícího kapitálu.
WT2	Zřizování a zlepšování organizací šrotového průmyslu a rozvoj vzdělanosti lidských zdrojů.

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [22]

AHP analýza

Následně byla pro každou hierarchickou úroveň provedena AHP analýza s metodu vlastního vektoru. Nejprve byly porovnány SWOT faktory bez uvažování vzájemné závislosti. V dalším kroku byla implementována párová porovnání pro každé kritérium (S, W, O, T) zvlášť. Tento postup byl aplikován obdobně i pro určení priorit alternativních strategií. Relativní váhy s ohledem na subfaktory byly vypočteny na základě průměru párových porovnání, jež poskytl tým expertů (viz Příloha E). Výsledné váhové vektory kritérií a subkritérií zobrazuje Tabulka 17 a alternativ Tabulka 18.

ANP analýza

Za účelem identifikace pořadí zjištěných osmi strategií byla použita i druhá technika, a to ANP. Tato metoda využívá výsledky AHP z kroku předtím. Navíc byla provedena analýza závislostí interního a externího prostředí mezi SWOT faktory

založena na návrhu dominance v dotazníkovém formuláři. Výsledné váhové vektory kritérií a subkritérií zobrazuje Tabulka 17 a alternativ Tabulka 18.

Tabulka 17: Výsledné váhy kritérií a subkritérií ANP-SWOT

K	Váha K AHP	Váha K ANP	Sk.	Váha Sk. AHP	Výsledná váha AHP	Váha Sk. ANP	Výsledná váha ANP
Silné stránky	0,280	0,162	S1	0,247	0,069	0,247	0,040
			S2	0,157	0,044	0,157	0,025
			S3	0,596	0,167	0,596	0,097
Slabé stránky	0,398	0,253	W1	0,209	0,083	0,209	0,053
			W2	0,089	0,035	0,089	0,023
			W3	0,127	0,051	0,127	0,032
			W4	0,366	0,146	0,366	0,093
			W5	0,209	0,083	0,209	0,053
Příležitosti	0,137	0,298	O1	0,615	0,084	0,615	0,183
			O2	0,226	0,031	0,226	0,067
			O3	0,159	0,022	0,159	0,047
Hrozby	0,185	0,288	T1	0,265	0,049	0,265	0,076
			T2	0,534	0,099	0,534	0,154
			T3	0,201	0,037	0,201	0,058

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [22]

Tabulka 18: Pořadí alternativ ANP-SWOT

Alternativa	SO1	SO2	WO1	WO2	ST1	ST2	WT1	WT2
Celková váha AHP	0,189	0,102	0,179	0,082	0,129	0,141	0,128	0,049
Pořadí podle AHP	1	6	2	7	4	3	5	8
Celková váha ANP	0,158	0,102	0,180	0,080	0,163	0,138	0,131	0,047
Pořadí podle ANP	3	6	1	7	2	4	5	8

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016 [22]

Hodnocení strategií ocelového průmyslu v Íránu bylo provedeno metodou AHP. Pro vyřešení problému se vzájemnými vztahy mezi faktory byla rovněž použita metoda ANP. Celkové pořadí metodou ANP ukázalo, že nejlepšími strategiemi jsou WO1 a ST1. Hodnocením strategií pomocí obou metod byly zjištěny rozdíly. To je způsobeno vzájemnými vztahy a vzájemným ovlivňováním faktorů.

8 Moduly v SW Mathematica

8.1 Představení SW Mathematica

Mathematica je vlajkovým produktem z dílny společnosti Wolfram a poprvé se objevuje v roce 1988, čímž způsobuje revoluci v technických výpočtech. Od té doby se stále rozvíjí, přidává nové funkce, algoritmy a nápady. Matematika byla první velkou oblastí, ve které tento software sklidil úspěch. Na základě tohoto úspěchu *Mathematica* systematicky proniká do různých dalších oblastí, kde pokrývá všechny druhy technických výpočtů. Od první verze *Mathematica 1* uplynulo již více jak 25 let a kód z této verze je stále funkční a aplikován až do verze současné. Nyní je dostupná *Mathematica 10*, ve které jsou vytvořeny moduly této diplomové práce. První verze obsahovala pře 500 funkcí, kdežto aktuální verze nabízí již přes 4500 funkcí a nápadů. *Mathematica* je založena na jazyku Wolfram a je plně kompatibilní s ostatními produkty z dílny Wolfram.

Základem programování v softwaru *Mathematica* je Wolfram Notebook rozhraní, které napomáhá organizaci práce – text, spustitelný kód, dynamická grafika, uživatelské rozhraní atd. *Mathematica* získala ocenění za design jejich výstupů, poskytuje interaktivní vizualizace a dokumenty kvalitativně vhodné k publikaci. V současné době je k dispozici pře 150 tisíc zpracovaných příkladů v dokumentačním centru, přičemž asi 10 tisíc je volně použitelných. *Mathematica* má také přístup k Wolfram Knowledgebase, ze které získává aktuální data reálného světa z tisíce domén. *Mathematica* nezaostává ani v trendech moderní doby a integrací s cloudovým rozhraním umožňuje sdílení, cloudové výpočty a mnoho dalšího. Podporuje přes 180 různých typů formátů souborů, jazyků, databází atd.

Klíčovými Wolfram technologiemi jsou: jazyk, notebookové rozhraní, cloud, báze algoritmů, výpočetní jádro a báze znalostí. Pokrývá tím oblasti matematických výpočtů, numeriky, algebraické manipulace, teorie čísel, analýzy dat, obrazové výpočty, grafy, geometrie atd. [27]

8.2 Moduly

Tato diplomová práce se zabývá řešením vybraných úloh vícekritériálního rozhodování. Na základě poznatků z vědeckých studií byly vytvořeny moduly (notebooky) v SW Mathematica jako podpora pro strategické rozhodování. Dochází tak

ke kvantifikaci ekonomických analytických nástrojů (především SWOT) matematickým aparátem. Výsledky řešení pak jsou jasně uchopitelné. Moduly vznikaly na Fakultě ekonomické ZČU v Plzni při osobních konzultacích a na diplomovém semináři.

Obsahem dalších kapitol bude představení několika modulů, které přímo modelují problematiku tří případových studií z Kapitoly **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

8.2.1 AHP

Hlavní metodou, která je využita ve všech případových studiích, je metoda AHP. Tato metoda patří dnes k nejpoužívanějším, a tak náplní prvního modulu je právě samotná AHP. Slouží také jako doplňující nástroj ke tvorbě váhových vektorů do příslušných případových studií. Mathematica je velice účinný výpočetní nástroj, z toho důvodu je vektor vah získán pomocí metody určení vlastního vektoru Saatyho matice. Jsou zde aplikovány vztahy z Kapitoly 4.1.3 a Kapitoly 4.3.1. Na přiloženém CD je tento modul jako soubor „**AHP.nb**“.

Základem metody AHP jsou hodnoty párového porovnání. Ty jsou pak uspořádány do Saatyho matice. Matice se zapisují jako vektory složené z vektorů. Co jeden vektor, to řádek matice. Funkce *MatrixForm* pak zobrazí matici v maticovém tvaru.

```
(*Saatyho matice párových porovnání*)
S = {{1, 3, 2, 2},
      {1/3, 1, 1/4, 1/4},
      {1/2, 4, 1, 1/2},
      {1/2, 4, 2, 1}};

(*Maticové vyjádření Saatyho matice*)
MatrixForm[S]

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 & 2 \\ \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} & 4 & 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 4 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

```

Velikost matice je získána na základě délky prvního řádku. Nelze použít hodnot matice, protože pro matici 2×2 je hodnota jedna, což by znemožnilo test konzistence.

```
(*Velikost matice*)
n = Length[S[[1]]]
4
```

Největší vlastní číslo matice se získá použitím funkce *Eigenvalues* nad příslušnou maticí a odpovídající vlastní vektor pak použitím funkce *Eigenvectors*. Oběma funkcím je zadán parametr 1, to znamená právě největší vlastní číslo a k němu odpovídající vektor. Získané hodnoty jsou pak ještě několika funkcemi upraveny do standardní numerické podoby. Funkce *N* způsobí numerické vyjádření čísla, *Re* způsobí získání reálné části (v některých případech je nutné oddělit imaginární část 0i) a *Part* způsobí získání hodnoty v nematicovém tvaru.

```
(*Největší vlastní číslo matice*)
λmax = Part[Re[N[Eigenvalues[S, 1]]], 1]
4.1833
```

```
(*Vlastní vektor matice odpovídající
největšímu vlastnímu číslu matice*)
w = Part[Re[N[Eigenvectors[S, 1]]], 1]
{1.33288, 0.273912, 0.710609, 1.}
```

Normalizace vektoru je provedena pomocí funkce *Total*, jež sečte jednotlivé prvky vektoru.

```
(*Výsledné váhy - normalizovaný vlastní vektor*)
v = w / Total[w]
{0.401784, 0.0825683, 0.214207, 0.301441}
```

Průměrný index konzistence je zapsán staticky jako vektor.

```
(*Průměrný index konzistence*)
RI = {0.00, 0.00, 0.52, 0.89, 1.11, 1.25,
      1.35, 1.40, 1.45, 1.49, 1.51, 1.53};
```

Výpočet konzistence se nejčastěji skládá ze dvou kroků. Výpočet indexu konzistence a poměru konzistence (lze rozhodnout i pouze na základě indexu konzistence). Pro výpočet poměru konzistence se do jmenovatele na základě hodnoty *n* dosadí příslušná hodnota z vektoru *RI*.

```
(*Index konzistence*)
CI = (λmax - n) / (n - 1)
0.0611015
```

```
(*Poměr konzistence*)
```

```
CR = CI / RI[[n]]
```

```
0.0686534
```

V tomto modulu se závěr testu konzistence vytváří jednoduchou podmínkou a výpisem až na základě hodnoty CR . Uživatel pak dostane zprávu, zdali je matice konzistentní či nikoliv.

```
If[CR < 0.1,  
  Style["Matice je konzistentní.", FontColor → Darker[Green]],  
  Style["Pozor! Matice není konzistentní.", FontColor → Red]]  
Matice je konzistentní.
```

8.2.2 Kvantifikace SWOT

Modul Kvantifikace SWOT vzniká na základě studie představené v Kapitole 7.1. Modul je realizací použité metodologie. Pomocí tohoto modulu byl vyhodnocen ilustrativní příklad z Kapitoly 7.1.3. Na příloženém CD je tento modul jako soubor „**Kvantifikace_SWOT.nb**“.

Prvním matematickým krokem Kvantifikace SWOT je určení matic párového porovnání pro interní a externí hodnocení. V této studii ale tato část chybí, zřejmě z toho důvodu, že expertní hodnocení byla nákladná a obtížná, a tak zůstala veřejnosti utajena. Není tak možné zkonstruovat příslušné váhové vektory. Modul je ale pro tuto variantu připraven. V případě znalosti matic párového porovnání stačí jen zaktivnit příslušné buňky a odstranit statické váhové vektory. Pro další kroky výpočtu se v modulu používají statické váhové vektory, jež jsou ze studie známy.

Definice statických váhových vektorů.

```
(*Hodnoty váhových vektorů z ilustrativního příkladu*)
```

```
vA = {0.091, 0.047, 0.048, 0.041, 0.123, 0.126, 0.087,  
      0.090, 0.106, 0.093, 0.072, 0.076};
```

```
vB = {0.114, 0.095, 0.068, 0.123, 0.290, 0.154, 0.156};
```

Následuje shodný postup pro interní a pro externí hodnocení. Z důvodu délky a duplicit zdrojového kódu bude uveden postup pro externí hodnocení.

Zápis skutečných zjištěných hodnot jednotlivých faktorů pro všechny přístavy do matice. První sloupec matice obsahuje buď znaménko „+“ nebo znaménko „-“, to z důvodu polarit faktorů pro pozdější normalizaci.


```
(*Skutečná data Externího prostředí*)
dataE = {"+", 2.97, 3.18, 3.34, 4.2, 2.94, 2.78, 3.},
        {"+", 3.33, 3.33, 3.33, 3.63, 3., 3., 3.},
        {"+", 3.11, 3.11, 3.11, 3.82, 2.45, 2.45, 2.45},
        {"+", 3.48, 3.48, 3.48, 4.34, 2.82, 2.82, 2.82},
        {"+", 3.5, 3.21, 3.6, 4., 4., 2.97, 4.},
        {"+", 3.41, 3.5, 4.14, 4.14, 3.97, 3.19, 3.97},
        {"+", 2.91, 2.74, 4.11, 4.46, 3.81, 2.5, 3.81}};
```

Normalizace skutečných zjištěných hodnot podle výnosovosti nebo nákladovosti, to podle příslušného znaménka. Postup je takový, že se v cyklu postupně projdou všechny řádky matice a znormalizují se podle příslušného kritéria. Nakonec se pomocí funkce *Drop* výsledné matici odebere první sloupec, který již nebude dále potřeba. Pro zachování původních hodnot se nadále pracuje s maticí *PE*, jež před začátkem postupu byla přesnou kopií matice *dataE*.

```
(*Normalizace dat Externího prostředí podle
výnosovosti a nákladovosti*)
PE = dataE;
For[i = 1, i <= Length[dataE], i++, If[dataE[[i, 1]] == "+",
    (PE[[i]] = dataE[[i]] / Max[Select[dataE[[i]], # ∈ Reals &]]),
    (PE[[i]] = Min[Select[dataE[[i]], # ∈ Reals &]] / dataE[[i]])]]
PE = Drop[PE, 0, 1];
```

Výsledky externího hodnocení se získají součinem vektoru *vB* a matice *PE* (maticový součin se zapisuje znakem „.“).

```
(*Výsledky Externího hodnocení*)
Ej = vB. PE
{0.804131, 0.786208, 0.890552, 1., 0.852788, 0.698935, 0.854416}
```

Hodnota benchmarkingu je průměrem výsledků externího hodnocení. Na to je použita funkce *Mean*.

```
(*Hodnota benchmarkingu Externího hodnocení*)
EB = Mean[Ej]
0.841004
```

Výsledné souřadnicové hodnoty jsou pak dány rozdílem *Ej* a *EB*.

```
(*Souřadnicové hodnoty Externího hodnocení*)
ECj = Ej - EB
{-0.036872, -0.054796, 0.049547, 0.158995,
 0.011783, -0.142069, 0.013411}
```

Pro vynesení bodů do matice je pro lepší přehlednost definován vektor názvů příslušných bodů (přístavů).

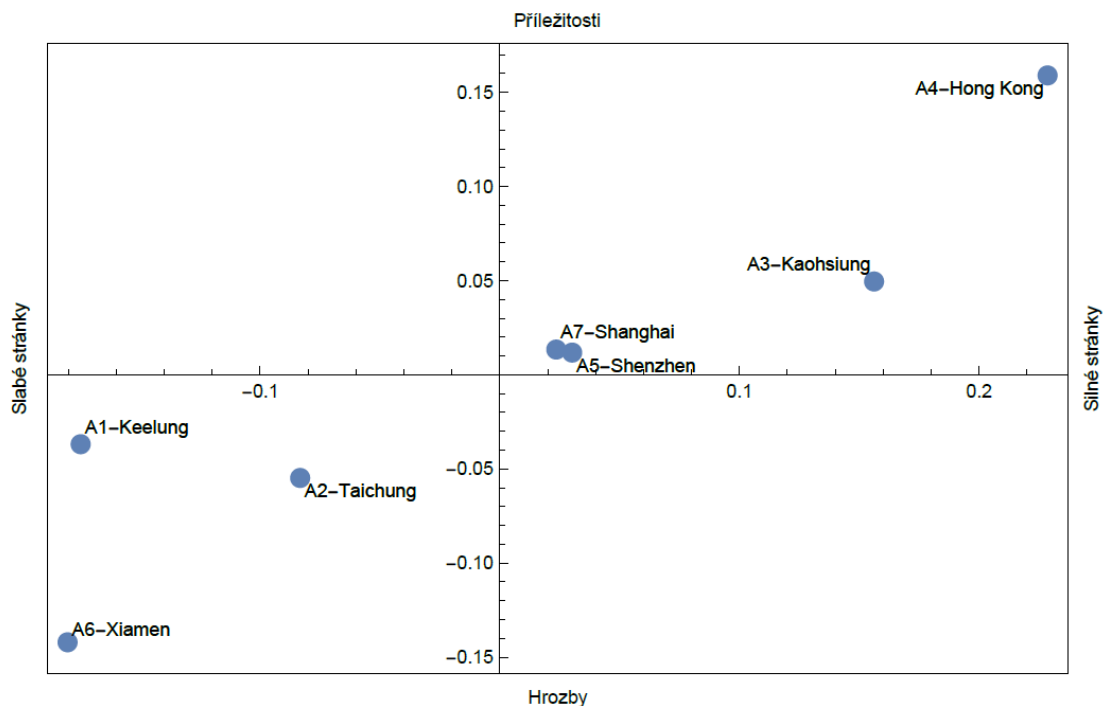
```
(*Popisky jednotlivých bodů (společností, přístavů)*)
popisky = {"A1-Keelung", "A2-Taichung", "A3-Kaohsiung",
           "A4-Hong Kong", "A5-Shenzhen", "A6-Xiamen",
           "A7-Shanghai"};
```

Konstrukce samotného grafu (matice) pak spočívá v několika krocích. Spojení souřadnicových vektorů pomocí funkce *Thread*, přidání popisků pomocí funkce *MapThread* a samotné vykreslení grafu funkcí *ListPlot*.

```
(*Vynesení souřadnic do grafu*)
ListPlot[MapThread[Labeled, {Thread[{ICj, ECj}], popisky}]]
```

Součástí modulu je také vykreslení grafu obohaceného o popis souřadnicových os. Jedná se o překrytí výše zmíněného grafu ještě jedním grafem, kde jsou právě popisky os. Graf 3 je vykreslen právě touto obohacenou metodou. Její kód je uveden v příloženém souboru.

Graf 3: SWOT matice přístavů - modul



Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Shrnutí

Pomocí SW Mathematica byl oživen model z případové studie Kvantifikace SWOT. Pro ověření funkčnosti byl namodelován ilustrativní příklad této studie. Výsledné hodnoty, kterých je v modulu dosaženo, přímo odpovídají hodnotám z ilustrativního příkladu.

8.2.3 Rámec SWOT

Modul Rámec SWOT vzniká na základě studie představené v Kapitole 7.2. Modul je realizací použité metodologie. Pomocí tohoto modulu byl vyhodnocen ilustrativní příklad z Kapitoly 7.2.3. Na přiloženém CD je tento modul jako soubor „**Ramec_SWOT.nb**“.

První kroky Rámce SWOT vedou k určení váhových faktorů jednotlivých skupin S, W, O, T. V modulu jsou tato párová porovnání pomocí AHP připravena, jedná se ale o využití modulu AHP z Kapitoly 8.2.1 a nebudou detailněji pospána.

Na základě párových porovnání je uživateli předložen výpis těch nejdůležitějších z každé skupiny. Jedná se o prostý výpis pomocí funkce *Print* a *Style*. Funkce *Position* pak hledá největší váhy v jednotlivých vektorech.

```
(*Zjišťování nejlépe hodnocených faktorů*)
Style["Nejlépe hodnocenými faktory jsou:", FontColor -> Blue]
Print["S", Position[Ws, Max[Ws]] // Flatten,
      ", W", Position[Ww, Max[Ww]] // Flatten,
      ", O", Position[Wo, Max[Wo]] // Flatten,
      ", T", Position[Wt, Max[Wt]] // Flatten, "."]
Nejlépe hodnocenými faktory jsou:
S{1}, W{5}, O{4}, T{1}.
```

Zadání nového párového porovnání pro 4 vyjmenované faktory. Následuje opět vyhodnocení pomocí metodou AHP.

Nyní jsou známy všechny potřebné informace pro tvorbu výsledných vah a tvorbu pořadí pomocí metody AHP. Funkce *Join* je zde použita pro spojení výsledných váhových vektorů jednotlivých skupin SWOT analýzy a pro tvorbu vektoru popisků faktorů. Funkce *Table* vytváří vektor požadovaných vlastností, vektor popisků faktorů. Výsledného pořadí je pak dosaženo složením funkcí *Union*, *Ordering* a *Thread*.

```
(*Tvorba výsledného pořadí metodou AHP*)
Wf = Join[Ws * Wg[[1]], Ww * Wg[[2]], Wo * Wg[[3]], Wt * Wg[[4]]];
faktory = Join[Table["S" &[i][i], {i, 1, Length[Ws]}],
              Table["W" &[i][i], {i, 1, Length[Ww]}],
              Table["O" &[i][i], {i, 1, Length[Wo]}],
              Table["T" &[i][i], {i, 1, Length[Wt]}]];
rankWf = Wf /. Thread[# -> Ordering[#, All, Greater]] &@Union@Wf;
```

Definování fuzzy čísel a jejich následné přiřazení je opět maticovým zápisem. Při přiřazování fuzzy čísel je v prvním sloupci uvedeno buď znaménko „+“ nebo znaménko „-“, to z důvodu polarit faktorů pro pozdější normalizaci. Z důvodu většího množství faktorů je pro ukázkou uveden pouze kus kódu tohoto zápisu.

```
(*Definice lichoběžníkových fuzzy čísel*)
FN = {{0, 0, 1, 2},
      {1, 2, 3, 4},
      {2, 3, 4, 5}},

(*Přiřazení polarit a fuzzy čísel jednotlivým SWOT faktorům
 (podle indexu fuzzy čísel např {4,5,6,7} má index 5). *)
EV = {"+", 5},
      {"-", 5},
```

Normalizace a zatížení (vahami faktorů) fuzzy čísel s ohledem na jejich polaritu. Postup je takový, že se v cyklu postupně projdou všechny řádky matice a znormalizují se podle příslušného kritéria. Normalizovaná fuzzy čísla jsou pak uložena do proměnné *EVfuzzy*.

```
(*Normalizace a zatížení (vahami faktorů) fuzzy čísel*)
For[i = 1, i <= Length[EV], i++, If[EV[[i, 1]] == "+",
  (EVfuzzy[[i]] = Wf[[i]] * EVfuzzy[[i]] / Max[FN[[All, 4]]]),
  (EVfuzzy[[i]] = Reverse[Wf[[i]] * Min[FN[[All, 1]]] / EVfuzzy[[i]])]];

```

Definice proměnných pro výpočet vzdáleností od ideální (*dpos*) a bazální (*dneg*) varianty. Pomocí funkce *Table* se připraví vektory pro vzdálenosti a relativní ukazatele vzdálenosti (*CCi*). Dále je nutné stanovit hodnoty pro ideální a bazální varianty.

```
(*Definice proměnných pro výpočet vzdáleností
 od ideální a bazální varianty*)
dpos = Table[1, {Length[EV]}];
dneg = Table[1, {Length[EV]}];
CCi = Table[1, {Length[EV]}];
ideal1 = {1, 1, 1, 1};
bazal0 = {0, 0, 0, 0};
```

Výpočet vzdáleností od ideální a bazální varianty (obě jsou zatíženy příslušnou váhou faktoru). Tento krok má delší zdrojový kód, a tak je zde ukázána pouze část pro výpočet od ideální varianty.

```
(*Výpočet vzdáleností a relativního ukazatele vzdáleností CCI*)
For[i = 1, i <= Length[EVfuzzy], i++,
ideal = ideal1 * Wf[[i]];
dpos[[i]] =
Sqrt[((EVfuzzy[[i, 1]] - ideal[[1]]) ^2 + (EVfuzzy[[i, 2]] - ideal[[2]]) ^2 +
(EVfuzzy[[i, 3]] - ideal[[3]]) ^2 + (EVfuzzy[[i, 4]] - ideal[[4]]) ^2 +
(EVfuzzy[[i, 1]] - ideal[[1]]) * (EVfuzzy[[i, 2]] - ideal[[2]]) +
(EVfuzzy[[i, 2]] - ideal[[2]]) * (EVfuzzy[[i, 3]] - ideal[[3]]) +
(EVfuzzy[[i, 3]] - ideal[[3]]) * (EVfuzzy[[i, 4]] - ideal[[4]])) / 6];
```

Stanovení relativních ukazatelů vzdálenosti pro jednotlivé faktory. Funkce *Round* zde zaokrouhlí výsledek na 6 desetinných míst.

```
CCI = Round[dneg / (dpos + dneg), 0.000001]
```

Výsledné hodnocení pomocí metod AHP a fuzzy-TOPSIS dohromady zobrazuje Tabulka 19, AHP sloupec 2 (*Wf*) a 3 (pořadí podle *Wf*), fuzzy-TOPSIS sloupec 4 (*CCI*) a 5 (pořadí podle *CCI*). Data jsou pro lepší přehlednost sloučena do jedné matice (*Ranking*). Je použita stejná funkce jako u určování pořadí metodou AHP.

Tabulka 19: Konečné hodnocení Rámce SWOT - modul

S[1]	0.4024	1	0.54826	3
S[2]	0.08048	4	0.54826	3
W[1]	0.02828	9	0.54826	3
W[2]	0.04296	7	0.45174	4
W[3]	0.00756	13	0.45174	4
W[4]	0.00597	14	0.54826	3
W[5]	0.05909	5	0.45174	4
W[6]	0.01314	11	0.54826	3
O[1]	0.01202	12	0.54826	3
O[2]	0.02395	10	0.828302	1
O[3]	0.00509	15	0.644356	2
O[4]	0.04709	6	0.828302	1
T[1]	0.15817	2	0.355644	5
T[2]	0.08404	3	0.355644	5
T[3]	0.02977	8	0.261204	6

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

V závěrečné části modulu má uživatel možnost zadat maximální přípustné hodnoty pro pořadí metodou AHP i fuzzy-TOPSIS. Na základě těchto hodnot pak modul doporučí uživateli, které faktory by měly být ve strategickém plánování zohledněny.

Shrnutí

Pomocí SW Mathematica byl oživen model z případové studie Rámec SWOT. Pro ověření funkčnosti byl namodelován ilustrativní příklad této studie. Výsledné hodnoty, kterých je v modulu dosaženo, se téměř shodují s hodnotami z ilustrativního příkladu. To je způsobeno zaokrouhlováním. V případové studii jsou všechna váhová čísla zaokrouhlena na 4 desetinná místa.

8.2.4 ANP-SWOT

Modul ANP-SWOT vzniká na základě studie představené v Kapitole 7.3. Modul je realizací použité metodologie. Pomocí tohoto modulu byl vyhodnocen ilustrativní příklad z Kapitoly 7.3.3. Na příloženém CD je tento modul jako soubor „ANP_SWOT.nb“.

Řešení této problematiky se skládá ze dvou částí. **První část** řeší SWOT analýzu AHP přístupem. Dochází k párovému porovnání SWOT (S, W, O, T) skupin mezi sebou a k párovým porovnáním subfaktorů v rámci každé skupiny. Vektory vah jednotlivých alternativ podle všech subfaktorů jsou zde dány staticky, nejsou tedy známy příslušné matice párových porovnání. Jedná se o velké množství matic, ty nejsou v modulu připraveny. Z technického hlediska je toto těžko realizovatelné, není totiž známo, kolik takovýchto matic párových porovnání bude potřeba vypočítat. Závisí to na počtu subfaktorů a alternativ. Tento počet je v každé úloze jiný. Využitím modulu AHP lze tyto váhové vektory pro každou matici získat. **Druhá část** řeší SWOT analýzu přístupem ANP, jež je založený právě na AHP. Opět se provádí párová porovnání. Navíc je v ANP nutné znát závislosti mezi skupinami (například párové porovnání pro silné stránky – porovnávají se skupiny W, O, T v závislosti na S). Vektor vah alternativ je opět zadán staticky. V předchozích kapitolách jsou již popsány všechny potřebné funkce a postupy, zejména v modulu AHP. Jejich správným užitím (a kombinací) lze docílit řešení problému metodikou AHP i ANP.

Výsledné hodnocení alternativ pomocí metod AHP a ANP dohromady zobrazuje Tabulka 20, ANP sloupec 2 (vektor vah alternativ) a 3 (pořadí alternativ), AHP sloupec 4 (vektor vah alternativ) a 5 (pořadí alternativ).

Tabulka 20: Pořadí alternativ ANP-SWOT - modul

SO1	0.0140152	4	0.178816	1
SO2	0.00926506	6	0.0979068	6
WO1	0.0180543	2	0.173659	2
WO2	0.00663818	7	0.0836671	7
ST1	0.0195995	1	0.137893	4
ST2	0.0117971	5	0.141695	3
WT1	0.0146185	3	0.137501	5
WT2	0.00488716	8	0.0490332	8

Zdroj: Vlastní zpracování, 2016

Shrnutí

Pomocí SW Mathematica byl oživen model z případové studie ANP-SWOT. Pro ověření funkčnosti byl namodelován ilustrativní příklad této studie. Během modelování problému byly zjištěny drobné chyby v datech případové studie. Dvě matice párových porovnání neodpovídají výslednému vektoru vah. V prvním případě autoři pravděpodobně zaměnili třetí pozici váhového vektoru se čtvrtou. Ve druhém případě došlo pravděpodobně k recipročnímu zaměnění jedné prioritní hodnoty. Tyto chyby jsou označeny v přílohách (viz Příloha C a Příloha D). Vlivem těchto chyb a zaokrouhlováním na 3 desetinná místa, se výsledky nepatrně liší. Vítězné strategie ale zůstávají i přes tyto drobné nesrovnalosti stejné.

Závěr

Každodenní součástí lidských životů je řešení vzniklých problémů a situací. V prvních dvou kapitolách je definováno samotné rozhodování a rozhodovací procesy. Rozhodovací procesy je možné dělit na základě různých hledisek, avšak i přesto mají společné prvky: cíl rozhodování, kritéria hodnocení, subjekt rozhodování, objekt rozhodování, varianty řešení, důsledky variant řešení a stav světa.

Prvním cílem této diplomové práce je charakterizovat úlohy vícekriteriálního rozhodování, definovat a popsat vybrané metody vícekriteriálního rozhodování. Tento cíl splňují kapitoly 3, 4 a 5.

Kapitola 3 uvádí problematiku vícekriteriálního rozhodování. Zmiňuje historické kořeny, definuje základní pojmy a specifika vícekriteriálního rozhodování. Úloh vícekriteriálního rozhodování je celá řada a lze je dělit: podle cíle řešení, podle informace, se kterou úloha pracuje, podle způsobu zadávání množiny přípustných variant, podle řídicí úrovně, podle typu vstupních dat atd.

Kapitola 4 se zabývá vícekriteriálním rozhodováním za jistoty. Popisují se zde metody pro stanovení vah kritérií a metody pro výběr variant. Všechny tyto metody jsou utříděny do bloků podle typu vstupní informace. Samostatné podkapitoly jsou pak věnovány vybraným nejpoužívanějším metodám, které jsou stěžejní pro tuto diplomovou práci. Jedná se o metody AHP, ANP a TOPSIS.

Kapitola 5 uzavírá problematiku vícekriteriálního rozhodování popisem několika metod, jež se používají pro rozhodování za rizika a nejistoty.

Druhým cílem této diplomové práce je numerická realizace SWOT analýzy vybranými metodami vícekriteriálního rozhodování. Tento cíl splňují kapitoly 6 a 7.

Kapitola 6 popisuje SWOT analýzu. Jelikož je SWOT analýza základním nástrojem strategického plánování, jsou zde popsány možné vnější a vnitřní faktory organizací a také možné strategie, jež plynou ze střetu těchto faktorů.

Kapitola 7 představuje tři vybrané numerické realizace SWOT analýzy metodami vícekriteriálního rozhodování – Kvantifikace SWOT, Rámec SWOT, ANP-SWOT. Záměrem těchto metodologií je uchopení, dříve pouze slovního a kvalitativního nástroje, matematickým aparátem. Přestože se zabývají stejnou problematikou, přístupy k řešení stejné nejsou.

Kvantifikace SWOT rozlišuje pouze skupinu interních a skupinu externích faktorů, nezabývá se tak standardním dělením do čtyř skupin S, W, O, T. Na základě zjištěných expertních odhadů jsou prostřednictvím metody AHP stanoveny příslušné váhové vektory interních a externích faktorů. Zohledňovány jsou rovněž konkrétní údaje (výkony) z reálného světa. Výsledkem této metodologie je grafické porovnání několika různých objektů (například společností) podle stejných kritérií.

Rámec SWOT se již zabývá hodnocením všech čtyř skupin SWOT analýzy pro potřeby jen jedné organizace. Využívá rovněž metody AHP, pro jasnější a specifitější výsledky využívá také metodu fuzzy-TOPSIS. Výsledkem této metodologie je stanovení pořadí oběma metodami. Zvolením prahových hodnot pro tato pořadí jsou pak vybrány faktory, jež je vhodné zahrnout do strategického plánování.

ANP-SWOT taktéž uvažuje všechny čtyři skupiny SWOT analýzy jedné organizace, navíc ale řeší i vzájemné vztahy mezi nimi. Použitými metodami jsou AHP a ANP. Výsledkem této metodologie je stanovení pořadí oběma metodami. Větší váha se ale přikládá pořadí z hlediska ANP.

Třetím cílem této diplomové práce je tvorba modulů pro vybrané případové studie v softwaru Mathematica. Tento cíl splňuje kapitola 8.

Kapitola 8 stručně charakterizuje používaný software Mathematica a popisuje čtyři vytvořené moduly. Moduly vznikly na základě zmíněných numerických realizací SWOT analýzy. Protože všechny metodiky spojuje metoda AHP, byl vytvořen zvláštní modul pro řešení párového porovnání metodou AHP. Pro každou ze třech realizací je pak vytvořen samostatný modul. Moduly v podobě notebooků jsou uloženy na přiloženém CD.

V dnešní době je důležité zachovat si určitou objektivitu při konání důležitých rozhodnutí. Úlohy vícekriteriálního rozhodování to do jisté míry umožňují. Pro řešení složitých rozhodovacích problémů je nutné použít výpočetní techniku a příslušný software. Matematické programy jsou ale dosti nákladné, a jsou tak zatím využívány pouze na akademické půdě či ve velkých společnostech. Metody vícekriteriálního rozhodování mají rozsáhlé využití, např. v oblastech manažerského rozhodování, vědeckých expertýz, studií atd. Toto odvětví se neustále rozvíjí, každý rok jsou pořádány konference a vznikají nové vědecké práce, studie a články.

Jistou nevýhodou vícekriteriálního rozhodování je velká časová náročnost při sběru a zpracování vstupních dat. Proto se dnes například SWOT analýza používá jen jako nástroj na rozpoznání firemních faktorů. Už se ale neřeší, do jaké míry jsou tyto faktory důležité a jak se mezi sebou ovlivňují. Chybí určité numerické ohodnocení. Moduly této diplomové práce jsou jednou z možností, jak do této problematiky vnést i kvantitativní hledisko.

K dispozici je dnes celá řada dostupných realizací metod vícekriteriálního rozhodování a stále přibývají nové a kombinované. Zde je velký prostor pro pokračování této diplomové práce.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrný index konzistence RI.....	31
Tabulka 2: SWOT analýza.....	39
Tabulka 3: Strategie SWOT analýzy	40
Tabulka 4: Klíčové faktory interního hodnocení	47
Tabulka 5: Váhy interních faktorů.....	48
Tabulka 6: Klíčové faktory externího hodnocení	48
Tabulka 7: Váhy externích faktorů	48
Tabulka 8: Souřadnicové hodnoty přístavů	49
Tabulka 9: Jazykové proměnné	53
Tabulka 10: SWOT faktory - Rámec SWOT.....	54
Tabulka 11: Váhy jednotlivých SWOT skupin.....	55
Tabulka 12: AHP mezi SWOT skupinami	55
Tabulka 13: Hodnotící vektory	55
Tabulka 14: Konečné hodnocení Rámce SWOT	56
Tabulka 15: Subfaktory ANP-SWOT.....	59
Tabulka 16: Alternativy ANP-SWOT	59
Tabulka 17: Výsledné váhy kritérií a subkritérií ANP-SWOT.....	60
Tabulka 18: Pořadí alternativ ANP-SWOT	60
Tabulka 19: Konečné hodnocení Rámce SWOT - modul	69
Tabulka 20: Pořadí alternativ ANP-SWOT - modul	71

Seznam grafů

Graf 1: Dílčí funkce užitku	26
Graf 2: SWOT matice přístavů	49
Graf 3: SWOT matice přístavů - modul.....	66

Seznam obrázků

Obrázek 1: Hierarchická struktura - 5 úrovní	30
Obrázek 2: Hierarchická struktura - 3 úrovně	30
Obrázek 3: Síťová struktura 3 úrovně hierarchie	33
Obrázek 4: Síťová struktura ANP	33
Obrázek 5: Strategická matice Kvantifikace SWOT	43
Obrázek 6: Vývojový diagram Kvantifikované SWOT analýzy	44
Obrázek 7: Dodavatelský řetězec elektřiny	51

Seznam použitých zkratk

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
BSC	Balanced Score Card
CPM	Competitive Profile Matrix
DEA	Data Envelopment Analysis
EFE	External Factor Evaluation matrix
ELECTRE	ELimination Et Choix Traduisant la REalité
EWG-MCDA	EURO Working Group Multicriteria Decision Aiding
GSM	Grand Strategy Matrix
IFE	Internal Factor Evaluation matrix
ISMCDM	International Society on Multiple Criteria Decision Making
MADM	Multi-Attribute Decision Making
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
ORESTE	Organization Rangement Et Synthese de dones relaTionnelles
PRIAM	PRogramme utilisant l'Intelligence Artificielle en Multicritère
PROMETHEE	Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

Seznam použité literatury

- [1] BAKER, D. et al. *Guidebook to Decision-Making Methods* [online]. WSRC-IM-2002-00002, Department of Energy, USA, 2002 [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/255621095_Guidebook_to_Decision-Making_Methods
- [2] BAS, Esra. The integrated framework for analysis of electricity supply chain using an integrated SWOT-fuzzy TOPSIS methodology combined with AHP: The case of Turkey. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* [online časopis]. 2013, (Volume 44, Issue 1), 897-907 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142061512004930>.
- [3] BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan, ŠUBRT, Tomáš. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Vyd. 1. Praha: Credit, 2003. ISBN 80-213-1019-7.
- [4] DAVID, Fred R. *Strategic management: concepts and cases*. 12th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education, c2009. ISBN 0136015700.
- [5] DREZNER, Zvi, HAMACHER, Horst W. *Facility Location: Applications and Theory*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. ISBN 3-540-21345-7.
- [6] FIALA, Petr, JABLONSKÝ, Josef, MAŇAS, Miroslav. *Vícekritériální rozhodování*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1994. ISBN 80-7079-748-7.
- [7] FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. Vyd. 1. V Praze: Oeconomica, 2003. ISBN 80-245-0622-X.
- [8] FOTR, Jiří, DĚDINA, Jiří, HRŮZOVÁ Helena. *Manažerské rozhodování*. Vyd. 3. upr. a rozš. Praha: Ekopress, 2003. ISBN 80-86119-69-6.
- [9] FOTR, Jiří, ŠVECOVÁ, Lenka. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.
- [10] FOTR, Jiří. *Manažerská rozhodovací analýza*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1992. ISBN 80-7079-650-2.
- [11] HILL, Terry, WESTBROOK, Roy. SWOT analysis: It's time for a product recall. *Long Range Planning* [online časopis]. 1997, (Volume 30, Issue 1), 46-52 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024630196000957>.
- [12] CHANG, Hsu-Hsi, HUANG, Wn-Chih. Application of a quantification SWOT analytical method. *Mathematical and Computer Modelling* [online časopis]. 2006,

- (Volume 43, Issues 1-2), 158-169 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717705004796>.
- [13] KEENEY, Ralph, MEYER, Richard F, RAIFFA, Howard. *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. New York: E. Wiley, 1979. Wiley Series to Probability and Mathematical Statistics. ISBN 0-471-46510-0.
- [14] KOTLER, Philip, KELLER, Kevin Lane. *Marketing management*. 1. vyd. [i.e. 3. vyd.]. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1359-5.
- [15] KURTTILA, Mikko, et al. Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis — a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest Policy and Economics* [online časopis]. 2000, (Volume 1, Issue 1), 41-52 [cit. 2016-02-21]. Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934199000040>.
- [16] MAŇAS, Miroslav. *Teorie her a její aplikace*. 1. vyd. Praha: Stát. nakl. techn. lit., 1991. Teoretická knihnice inženýra. ISBN 80-03-00358-X.
- [17] PÍŠEK, Milan, HANUŠ, František. *Rozhodovací analýza: příklady*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01191-7.
- [18] PITEL, Jozef. *Ekonomicko-matematické metody: Vysokoškolská učebnica pre vysoké školy poľnohospodárske*. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1988. 631 s. Ekonomika poľnohospodárstva.
- [19] RAMÍK, Jaroslav, PERZINA, Radomír. *Moderní metody hodnocení a rozhodování*. Karviná: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2008. ISBN 978-80-7248-497-3.
- [20] SAATY, Thomas L. Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering* [online časopis]. 2004, 13(1), 1-35 [cit. 2016-03-05]. DOI: 10.1007/s11518-006-0151-5. ISSN 1004-3756. Dostupné z:
<http://link.springer.com/10.1007/s11518-006-0151-5>.
- [21] SAATY, Thomas L. *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. London: McGraw-Hill International Book Co., c1980. ISBN 0070543712.
- [22] SHAHABI, Reza Shakoore, et al. An ANP–SWOT approach for interdependency analysis and prioritizing the Iran's steel scrap industry strategies. *Resources Policy* [online časopis]. 2014, (Volume 42), 18-26 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142071400052X>.]

- [23] STEWART, Rodney A., et al. Strategic implementation of IT/IS projects in construction: a case study. *Automation in Construction* [online časopis]. 2002, (Volume 11, Issue 6), 681-694 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580502000092>.
- [24] ŠULEŘ, Oldřich. *Manažerské techniky III*. 1. vyd. Olomouc: Rubico, 2003. Knížka pro každého (Rubico). ISBN 80-85839-87-3.
- [25] TRIANTAPHYLLOU, Evangelos. *Multi-criteria decision making methods: a comparative study*. Boston, Mass.: Kluwer Academic Publishers, 2000. ISBN 0792366077.
- [26] TZENG, Gwo-Hsiung, HUANG, Jij-Jeng. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011. ISBN 978-1-4398-6157-8.
- [27] Wolfram Mathematica. *Wolfram* [online]. 2016 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.wolfram.com/mathematica/>.
- [28] YÜKSEL, İhsan, et al. Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis – A case study for a textile firm. *Information Sciences* [online časopis]. 2007, (Volume 117, Issue 16), 3364-3382 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020025507000230>.
- [29] ZIMOLA, Bedřich. *Operační výzkum*. Vyd. 5., nezměn. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-878-8.

Seznam příloh

Příloha A: Párové porovnání skupin - Rámec SWOT

Příloha B: Závislosti skupin - ANP-SWOT

Příloha C: Párové porovnání mezi skupinami - ANP-SWOT

Příloha D: Vnitřní závislosti skupin - ANP-SWOT

Příloha E: Váhy strategií - ANP-SWOT

Příloha A: Párové porovnání skupin - Rámec SWOT

Table A1

AHP within "Strengths" group.

	S1	S2	W_S
S1	1.00	5.00	0.8333
S2	0.20	1.00	0.1667
		CI	0.0000

Table A2

AHP within "Weaknesses" group.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W_W
W1	1.00	0.50	5.00	5.00	0.50	2.00	0.1815
W2	2.00	1.00	7.00	7.00	0.50	3.00	0.2726
W3	0.20	0.143	1.00	2.00	0.143	0.50	0.0492
W4	0.20	0.143	0.50	1.00	0.143	0.50	0.0386
W5	2.00	2.00	7.00	7.00	1.00	5.00	0.3744
W6	0.50	0.33	2.00	2.00	0.20	1.00	0.0836
						CI	0.0204

Table A3

AHP within "Opportunities" group.

	O1	O2	O3	O4	W_O
O1	1.00	0.50	3.00	0.20	0.1378
O2	2.00	1.00	5.00	0.50	0.2735
O3	0.33	0.20	1.00	0.143	0.0585
O4	5.00	2.00	7.00	1.00	0.5302
				CI	0.0186

Table A4

AHP within "Threats" group.

	T1	T2	T3	W_T
T1	1.00	2.00	5.00	0.5813
T2	0.50	1.00	3.00	0.3092
T3	0.20	0.33	1.00	0.1096
			CI	0.0032

Zdroj: [2]

Příloha B: Závislosti skupin - ANP-SWOT

Relative priority of each SWOT sub-factors (a-d).

(a)						
Strengths	S1	S2	S3	Relative priority		
S1	1	1.9	1/2.9	0.247		
S2	1/1.9	1	1/3.15	0.157		
S3	2.9	3.15	1	0.596		
IR=0.03						
(b)						
Weakness	W1	W2	W3	W4	W5	Relative priority
W1	1	2.75	2.15	1/2.25	1.05	0.209
W2	1/2.75	1	1/2.857	1/1.9	1/3.0	0.089
W3	1/2.15	2.857	1	1/3.85	1/2.1	0.127
W4	2.25	1.9	3.85	1	2.15	0.366
W5	1/1.05	3.0	2.1	1/2.15	1	0.209
IR=0.07						
(c)						
Opportunities	O1	O2	O3	Relative priority		
O1	1	3.15	3.35	0.615		
O2	1/3.15	1	1.65	0.226		
O3	1/3.35	1/1.65	1	0.159		
IR=0.02						
(d)						
Threats	T1	T2	T3	Relative priority		
T1	1	1/1.75	1.15	0.265		
T2	1.75	1	3.05	0.534		
T3	1/1.15	1/3.05	1	0.201		
IR=0.02						

Zdroj: [22]

Příloha C: Párové porovnání mezi skupinami - ANP-SWOT

Pair wise comparison of SWOT factors importance.

	Strength	Weakness	Opportunity	Threat	Importance degree of SWOT factors
Strength	1	1/2.0	2.15	2.05	0.280
Weakness	2.0	1	2.05	2.15	0.398
Opportunity	1/2.15	1/2.05	1	1.85	0.137
Threat	1/2.05	1/2.15	1/1.85	1	0.185

Zdroj: [22]

Příloha D: Vnitřní závislosti skupin - ANP-SWOT

The inner dependency matrix of the SWOT factors with respect to other factor (a-d).

(a)				
Strength	W	O	T	Relative dependency
W	1	2.75	1/2.15	0.311
O	1/2.75	1	3.35	0.137
T	2.15	1/3.35	1	0.553
IR=0.03				
(b)				
Weakness	S	O	T	Relative dependency
S	1	1/2.15	1/1.65	0.202
O	2.15	1	2.25	0.521
T	1.65	1/2.25	1	0.278
IR=0.03				
(c)				
Opportunity	S	W	T	Relative dependency
S	1	1/3.85	1.35	0.191
W	3.85	1	3.55	0.648
T	1/1.35	1/3.55	1	0.161
IR=0.03				
(d)				
Threats	S	W	O	Relative dependency
S	1	1/2.5	2.5	0.274
W	2.5	1	4.2	0.601
O	1/2.5	1/4.2	1	0.125
IR=0.02				

Zdroj: [22]

Příloha E: Váhy strategií - ANP-SWOT

Overall priority of alternatives in AHP analysis.

	s1	s2	s3	w1	w2	w3	w4	w5	o1	o2	o3	t1	t2	t3
SO1	0.240	0.257	0.258	0.236	0.061	0.114	0.149	0.153	0.092	0.128	0.191	0.096	0.209	0.203
SO2	0.073	0.087	0.113	0.169	0.043	0.048	0.067	0.092	0.046	0.162	0.229	0.072	0.166	0.048
WO1	0.173	0.185	0.189	0.095	0.106	0.089	0.317	0.094	0.130	0.096	0.086	0.168	0.240	0.254
WO2	0.051	0.056	0.070	0.080	0.063	0.051	0.041	0.302	0.045	0.130	0.095	0.110	0.054	0.080
ST1	0.097	0.124	0.055	0.043	0.151	0.223	0.178	0.060	0.331	0.062	0.058	0.307	0.096	0.193
ST2	0.172	0.099	0.149	0.254	0.093	0.155	0.090	0.130	0.077	0.338	0.230	0.111	0.102	0.116
WT1	0.142	0.141	0.117	0.071	0.444	0.269	0.119	0.094	0.224	0.044	0.073	0.087	0.095	0.069
WT2	0.051	0.050	0.049	0.052	0.040	0.051	0.041	0.074	0.055	0.040	0.037	0.049	0.039	0.037

Overall priority of alternatives in ANP analysis.

	s1	s2	s3	w1	w2	w3	w4	w5	o1	o2	o3	t1	t2	t3
SO1	0.009	0.006	0.023	0.012	0.001	0.004	0.012	0.008	0.016	0.008	0.009	0.007	0.030	0.011
SO2	0.003	0.002	0.011	0.009	0.001	0.002	0.006	0.005	0.008	0.011	0.011	0.005	0.026	0.003
WO1	0.007	0.005	0.019	0.005	0.002	0.003	0.032	0.005	0.025	0.007	0.004	0.013	0.038	0.015
WO2	0.002	0.001	0.007	0.004	0.001	0.002	0.004	0.016	0.008	0.009	0.004	0.008	0.008	0.005
ST1	0.004	0.003	0.006	0.002	0.003	0.007	0.016	0.003	0.062	0.004	0.003	0.023	0.015	0.011
ST2	0.007	0.003	0.015	0.013	0.002	0.005	0.008	0.007	0.014	0.023	0.011	0.008	0.016	0.007
WT1	0.006	0.004	0.011	0.004	0.010	0.009	0.011	0.005	0.041	0.003	0.003	0.007	0.015	0.004
WT2	0.002	0.001	0.005	0.003	0.001	0.002	0.004	0.004	0.010	0.003	0.002	0.004	0.006	0.002

Zdroj: [22]

Abstrakt

VOHRADSKÝ, Marek. *Použití metod vícekriteriálního rozhodování při řízení podniku*. Plzeň, 2016. 80 s. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta ekonomická.

Klíčová slova: rozhodování, MADM, MCDM, AHP, ANP, TOPSIS, SWOT analýza, Wolfram Mathematica

Prezentovaná diplomová práce je zaměřena na využití metod vícekriteriálního rozhodování ve SWOT analýze. V úvodní části je popsán rozhodovací proces a jeho základní části. Dále jsou definovány úlohy vícekriteriálního rozhodování a metody vícekriteriálního rozhodování pro výběr kritérií a variant. Tři nejpoužívanější metody jsou popsány v samostatných kapitolách. Jedná se o metody AHP, ANP a TOPSIS. Poslední kapitolou teoretické části je představení SWOT analýzy. Praktická část této práce sestává ze tří možných realizací SWOT analýzy metodami vícekriteriálního rozhodování. Každá realizace má svojí vlastní metodologii a ilustrativní příklad. Tyto metodologie a ilustrativní příklady jsou zpracovány a naprogramovány v softwaru Wolfram Mathematica. Naprogramované moduly jsou uloženy na přiloženém CD.

Abstract

VOHRADSKÝ, Marek. *Application of Multi-Criteria Decision Making methods in enterprise management*. Plzeň, 2016. 80 s. Diploma Thesis. University of West Bohemia. Faculty of Economics.

Key words: decision making, MADM, MCDM, AHP, ANP, TOPSIS, SWOT analysis, Wolfram Mathematica

The presented Diploma thesis is focused on application of Multi-Attribute Decision Making methods in SWOT analysis. In the preliminary part, there is described decision making process and its base elements. Next part of the thesis defines MADM process and describes MADM methods for prioritizing criteria and alternatives. Three mostly used methods are covered in separate chapters. It's AHP, ANP and TOPSIS method. Last chapter of theoretical part presents the SWOT analysis. Practical part of this thesis contains of three types of MADM methods implementation into SWOT analysis. Each implementation has its own methodology and illustrative example. These methodologies and illustrative examples are programmed and compiled in Wolfram Mathematica software. The programmed modules are stored on attached CD.