

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Ekonomická fakulta

Katedra aplikované matematiky a informatiky

Studijní program: 6208 N Ekonomika a management

Studijní obor: Strukturální politika EU a rozvoj venkova



Využití metod vícekritériálního hodnocení variant ve veřejném sektoru

Vedoucí diplomové práce

Ing. Jana Friebelová, Ph.D.

Autor práce

Bc. Jan Dušek

České Budějovice, 2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 28. 4. 2008

.....

Jan Dušek

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Janě Friebelové, Ph.D. za cenné rady a připomínky, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Obsah

1	ÚVOD, CÍL A METODIKA PRÁCE	3
2	ROZHODOVACÍ PROCESY A PROBLÉMY	5
2.1	STRUKTURA ROZHODOVACÍCH PROCESŮ.....	5
2.2	KLASIFIKACE ROZHODOVACÍCH PROBLÉMŮ.....	7
2.3	ZÁKLADNÍ RYSY ROZHODOVÁNÍ VE VEŘEJNÉ SPRÁVĚ.....	8
3	VEŘEJNÉ PROJEKTY A JEJICH EKONOMICKÉ ASPEKTY	10
3.1	VEŘEJNÝ PROJEKT.....	11
3.2	EKONOMICKÉ ANALÝZY VEŘEJNÝCH PROJEKTŮ.....	12
3.3	IDENTIFIKACE SOUBORU MOŽNÝCH PROJEKTŮ.....	13
3.3.1	<i>Typy analyzovaných projektů podle jejich vzájemného vztahu</i>	14
3.4	VEŘEJNÉ ZAKÁZKY.....	15
4	VÝBĚR KRITÉRIÍ PRO HODNOCENÍ, STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ	17
4.1	VÝBĚR KRITÉRIÍ PRO HODNOCENÍ.....	17
4.1.1	<i>Stanovení kritérií hodnocení</i>	17
4.1.2	<i>Požadavky na soubor kritérií hodnocení</i>	17
4.2	STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ.....	19
4.2.1	<i>Stanovení vah kritérií bez informace o preferenci kritérií</i>	19
4.2.2	<i>Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií</i>	20
4.2.3	<i>Stanovení vah z kardinální informace o preferencích kritérií</i>	22
5	ZÁKLADNÍ TYPY VÍCEKRITÉRIÁLNÍCH ÚLOH	25
5.1	KLASIFIKACE ÚLOH VÍCEKRITÉRIÁLNÍ ANALÝZY VARIANT.....	25
5.1.1	<i>Klasifikace podle cíle řešení úlohy</i>	25
5.1.2	<i>Klasifikace podle informace, s jakou úloha pracuje</i>	26
5.2	METODY NEVYŽADUJÍCÍ INFORMACI O PREFERENCI KRITÉRIÍ.....	26
5.3	METODY VYŽADUJÍCÍ ASPIRAČNÍ ÚROVNĚ KRITÉRIÍ.....	27
5.4	METODY VYŽADUJÍCÍ ORDINÁLNÍ INFORMACI.....	28
5.4.1	<i>Lexikografická metoda</i>	28
5.4.2	<i>Metoda ORESTE</i>	29
5.4.3	<i>Cookova - Seifordova metoda</i>	29
5.5	METODY VYŽADUJÍCÍ KARDINÁLNÍ INFORMACI.....	31
5.5.1	<i>Metody založené na výpočtu hodnot funkce užítku</i>	31
5.5.2	<i>Metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty</i>	35
5.5.3	<i>Metody založené na vyhodnocování preferenční relace</i>	36
5.6	VÍCEKRITÉRIÁLNÍ HODNOCENÍ VARIANT ZA RIZIKA A NEJISTOTY.....	38
6	VYHODNOCENÍ KONKRÉTNÍCH PROJEKTŮ V PRAXI	40
6.1	APLIKACE COOKOVY - SEIFORDOVY METODY.....	40
6.1.1	<i>Zadání</i>	40
6.1.2	<i>Řešení</i>	41
6.1.3	<i>Závěr</i>	43
6.2	APLIKACE METOD VYŽADUJÍCÍ KARDINÁLNÍ INFORMACI.....	44
6.2.1	<i>Zadání</i>	44
6.2.2	<i>Stanovení vah kritérií</i>	44
6.2.3	<i>Řešení podle metody váženého součtu</i>	45
6.2.4	<i>Řešení podle metody AHP</i>	46
6.2.5	<i>Řešení podle metody TOPSIS</i>	47
6.2.6	<i>Řešení podle metody ELECTRE I</i>	49
6.2.7	<i>Závěr</i>	49

6.3	APLIKACE METODY AHP PŘI VEŘEJNÉ ZAKÁZCE.....	50
6.3.1	<i>Zadání</i>	50
6.3.2	<i>Řešení experta 1</i>	51
6.3.3	<i>Řešení experta 2</i>	53
6.3.4	<i>Řešení experta 3</i>	55
6.3.5	<i>Závěr</i>	57
7	ZÁVĚR	58
8	SUMMARY	59
9	POUŽITÉ ZDROJE	60
	PŘEHLED TABULEK A OBRÁZKŮ	62

1 Úvod, cíl a metodika práce

S problémy vícekriteriálního rozhodování se velice často setkáváme v každodenním životě a většinou si ani neuvědomíme, že jde právě o tento typ úlohy. Přitom se nemusí hned jednat o řešení problémů s celospolečenskými dopady (výběrové řízení státní instituce na důležitou a drahou zakázku), ale o potíže při rozhodování, které jsou nuceni řešit jednotliví lidé. Takovým rozhodnutím může například být výběr počítače pro domácí použití, výběr bankovního produktu pro uložení rodinných úspor, volba cestovní kanceláře pro zajištění dovolené a mnoho dalších, pro člověka více či méně důležitých, rozhodnutí.

Člověk, který není seznámen s oblastí vícekriteriálního rozhodování, dochází k závěru intuitivně. Tento přístup je vhodný zejména u problémů, kdy realizací jiného než nejlepšího řešení nevznikne podstatná škoda. Jedná se obvykle o rozhodnutí krátkodobá, vratná, s vynaložením méně významných částek, apod.

Samostatnou problematikou je rozhodování ve veřejných funkcích. Oblast ohodnocování veřejných projektů patří bezesporu k aktuálním teoretickým i praktickým otázkám, které se bytostně dotýkají veřejnosti. Každoročně plynou ze soustavy veřejných rozpočtů poměrně značné částky, které jsou určeny na realizaci veřejných projektů a zakázek. Veřejnost by mělo zajímat, zda jsou vyčleněné prostředky alokovány efektivně a účelně s ohledem na očekávání a cíle, jež mají veřejné projekty a zakázky splnit.

Cílem této práce je popsat základní typy metod vícekriteriálního hodnocení variant a možnosti jejich využití při řešení rozhodovacích situací ve veřejném sektoru. Práce bude zaměřena na zvolení vhodných metod vícekriteriálního hodnocení variant použitelných při hodnocení projektů a tyto metody aplikovat na výběr konkrétních situací v praxi.

Teoretická část bude zpracována na podkladě odborné literatury, která poslouží k seznámení s danou problematikou a také specifickými výrazy, které se v této oblasti využívají. Nejprve se zaměřím na rozhodovací procesy a problémy, které s tím

souvisejí, dále obrátím svou pozornost na veřejné projekty a jejich ekonomické aspekty a podstatná část práce bude věnována představení několika vybraných metod.

Pro praktickou část využiji převážně internet, kde je dostatek informací o veřejných institucích a jejich činnostech. Zvláštností mé práce bude na konkrétním příkladu aplikovaná Cookova - Seifordova metoda, jenž lze využít při omezení z hlediska zdrojů. Z mnoha metod vyžadujících kardinální informaci použiji metodu váženého součtu, dále metodu AHP, TOPSIS a ELECTRE I. Ke zpracování jednotlivých metod použiji program MS Excel, protože podstatným výstupem mé práce budou tabulky. Obsah práce může odhalit výhody pro budoucí použití uvedených metod ve veřejném sektoru.

2 Rozhodovací procesy a problémy

Rozhodování představuje jednu z nejvýznamnějších aktivit, které manažeři v organizacích realizují. Některá pojetí řízení vycházející z jeho dekompozice do jednotlivých manažerských funkcí rozlišují tzv. sekvenční manažerské funkce (plánování, organizování, výběr a rozmístění pracovníků, vedení lidí a kontrola), které se realizují v určitém časovém sledu a funkce průběžné (analýza činností, rozhodování a komunikace), které prostupují sekvenční manažerské funkce. Rozhodování je nedílnou složkou sekvenčních manažerských funkcí, nejvýrazněji se však uplatňuje v plánování, neboť jádro plánovacích procesů tvoří právě rozhodovací procesy.

Rozhodování, resp. rozhodovací procesy probíhající na různých úrovních řízení organizací mají dvě stránky a to stránku meritorní (věcnou, obsahovou) a stránku formálně-logickou (procedurální). Meritorní stránka odráží odlišnosti jednotlivých rozhodovacích procesů resp. jejich typů. V závislosti na své obsahové náplni se jistě vzájemně liší rozhodování o výrobním programu, rozhodování o investicích, rozhodování o organizačním uspořádání firmy či instituce, rozhodování o výběru pracovníků na určitá místa atd.

Na druhé straně mají však jednotlivé rozhodovací procesy resp. jejich typy určité společné rysy a vlastnosti, a to bez ohledu na jejich odlišnou obsahovou náplň. To, co jednotlivé rozhodovací procesy spojuje, je určitý rámcový postup (procedura) řešení, odvíjející se od identifikace problému, vyjasňování jeho příčin, cílů řešení atd. až po hodnocení variantních řešení a volbu varianty určené k realizaci.

2.1 *Struktura rozhodovacích procesů*

Vzájemně závislé a návazné činnosti, jež tvoří náplň rozhodovacích procesů, lze dekomponovat do určitých složek, které se označují jako etapy těchto procesů:

- identifikace rozhodovacích problémů; náplní této etapy je především získávání, analýza a vyhodnocování informací různého druhu o firmě či instituci i jejím okolí, jejichž výsledkem je identifikace určitých situací (buď okamžitých nebo

potenciálních, časově do určité míry vzdálených), které vyžadují řešení, tj. měly by iniciovat zahájení rozhodovacího procesu.

- analýza a formulace rozhodovacích problémů; zde jde především o hlubší poznání problému, resp. problémové situace, stanovení jeho základních prvků, vyjasnění podstaty zahrnující určení příčin vzniku problému a cílů jeho řešení. Výsledkem této fáze je formulace rozhodovacího problému.
- stanovení kritérií hodnocení variant, podle kterých se budou posuzovat a hodnotit navržené varianty řešení rozhodovacího problému.
- tvorba variant řešení rozhodovacích problémů (variant rozhodování); jde o proces s vysokými nároky na tvůrčí aktivity. Jeho výsledkem je nalezení a formulace takových směrů činnosti, které zajišťují dosažení cílů řešení daného problému.
- stanovení důsledků variant rozhodování; náplní této etapy je zjištění předpokládaných dopadů (účinků) jednotlivých variant rozhodování z hlediska zvoleného souboru kritérií hodnocení.
- hodnocení důsledků variant rozhodování a výběr varianty určené k realizaci (případně může jít o realizaci více vzájemně se nevylučujících variant); výsledkem procesu hodnocení může být určení buď celkově nejvýhodnější (optimální varianty) nebo určení tzv. preferenčního uspořádání variant, tj. jejich seřazení podle celkové výhodnosti, přičemž realizováno může být - a to v závislosti na zdrojových omezeních - několik variant z prvních míst tohoto uspořádání.
- realizace zvolené varianty rozhodování, představující praktickou implementaci rozhodnutí.
- kontrola výsledků realizované varianty; zde jde o stanovení odchylek skutečně dosažených výsledků realizace vzhledem ke stanoveným cílům resp. k předpokládaným výsledkům řešení.

2.2 *Klasifikace rozhodovacích problémů*

Členění rozhodovacích problémů na dobře a špatně strukturované z hlediska jejich složitosti a možnost algoritmizace představuje jednu ze základních klasifikací. Dobře strukturované rozhodovací problémy (označují se též jako jednoduché, programované resp. algoritmizované) se zpravidla opakovaně řeší na operativní úrovni řízení a existují pro ně rutinní postupy řešení. Pro tyto problémy je charakteristické, že proměnné, které se v nich vyskytují, lze vesměs kvantifikovat a mají zpravidla jediné kvantitativní kritérium hodnocení.

Špatně strukturované rozhodovací problémy jsou problémy řešené zpravidla na vyšších úrovních řízení, které jsou svým charakterem vždy do určité míry nové a neopakovatelné. Řešení těchto problémů vždy vyžaduje tvůrčí přístup, využití rozsáhlých znalostí, zkušeností a intuice, přičemž zde neexistují standardní procedury jejich řešení. Pro špatně strukturované rozhodovací problémy je charakteristické:

- existence většího počtu faktorů ovlivňujících řešení daného problému (jak uvnitř subjektu, kde se problém řeší, tak i v jeho okolí); některé z těchto faktorů nejsou přesně známy,
- pouze část je kvantifikovatelná a existují mezi nimi složité a proměnlivé vazby.
- náhodnost změn některých prvků okolí subjektu, kde řešení problému probíhá (náhodné změny technologického, technického, ekonomického a sociálního okolí).
- existence většího počtu kritérií hodnocení variant řešení, z nichž některá jsou kvalitativní povahy.
- obtížná interpretace informací potřebných pro rozhodnutí a proměnných popisujících okolí.

2.3 Základní rysy rozhodování ve veřejné správě

Primární funkcí veřejné správy je administrování a regulování, ale současně má i funkci řídicí, která vyžaduje správné rozhodování. Veřejná správa kromě toho, že činí mocenská rozhodnutí přijímá i rozhodnutí účelová, která mají dosáhnout určitého cíle. V tomto případě lze exaktně stanovit cíl a varianty, které přicházejí v úvahu k jeho dosažení.

Rozhodování v organizovaných strukturách má určitá pravidla, je stanoven jeho postup i způsob, kterým je prováděno. Rozhodování ve veřejné správě je tudíž ve značné míře formalizované, více či méně je přesně určena pravomoc a působnost jednotlivých orgánů a realizace rozhodnutí je zajištěna možností donucení. Pravomoc a působnost rozhodovatele určuje zásadně zákon.

Problém omezené racionality. Zkušenosti ukazují, že při rozhodování nelze vycházet z úplné racionality, ale z racionality vynucené, neboť nejsme schopni soustředit všechny varianty rozhodnutí a předvídat veškeré eventuality rozhodnutí. Proto se v praxi prosazuje většinou takové řešení, které je ještě dostatečně uspokojivé nebo vyhovující vzhledem k dané situaci.

Otevřený rozhodovací systém. Veřejná správa má fungovat jako otevřený rozhodovací systém, neboť musí komunikovat s vnějším světem a přijímat veškeré informace politické, ekonomické a právní povahy.

Časové hledisko. Často je třeba rozhodnout velmi rychle bez možnosti opatřit si všechny potřebné údaje, vyhodnotit možné alternativy, zvážit rizika atd. Proto je důležité umět předem stanovit, která rozhodnutí jsou důležitější a podstatná, k jejichž přijetí bude zapotřebí více času a která nejsou tak časově náročná.

Organizační uspořádání. Vhodné organizační uspořádání veřejné správy může přispět k jejímu fungování a naopak. Tzv. organizační limit se projevuje v tom, že některé oblasti veřejné správy lze použít pouze pro určitý organizační princip. Organizace a činnost veřejné správy je regulována kromě předpisů práva ústavního též právem právním, ale zároveň se jí týkají i předpisy jiných právních odvětví.

Prostředky a zdroje. Velikost a kvalita materiálních a finančních prostředků má přímý vliv na rozhodování. Čím efektivněji se využívají moderní prostředky ke zpracování informací, tj. informační technologie, tím více lze vyhovět požadavkům optimalizace a racionality rozhodování. Vybavení odpovídající výpočetní technikou umožňuje rychlejší přenos informací, zbavení nutnosti vykonávat rutinní činnosti a tím rychlejší rozhodování.

Subjektivní činitel. Hlavním prvkem rozhodování je člověk, který má omezené srovnávací schopnosti a určitý intelekt. Jeho psychika při rozhodování může být v konkrétních případech ovlivněna určitou situací a to se pak promítne do rozhodovacího procesu a ovlivní jej. Při rozhodování ve veřejné správě a v sociálních systémech nelze vyloučit možnost vzniku konfliktů, např. mezi veřejnou správou a veřejností.

3 Veřejné projekty a jejich ekonomické aspekty

Většina lidí se musí každý den rozhodovat, kterou z mnoha věcí mají koupit. Co více potřebují? Co jim přinese největší užitek? Co pořídit hned a s čím ještě počkat? Podobné otázky musí dnes a denně řešit nejen spotřebitelé, investoři, manažeři a podnikatelé - tedy ti, kdo disponují soukromými finančními prostředky, nýbrž i vlády na nejrůznějších úrovních, resp. instituce veřejného sektoru. Jediným rozdílem je to, že ony rozhodují o užití prostředků pocházejících z veřejných příjmů a odpovídají (resp., měly by odpovídat) za účelnost a hospodárnost jejich využití občanům.

Situace těch, kteří rozhodují ve veřejném sektoru, je ve srovnání s těmi, kdo rozhodují o svých peněžních prostředcích, v něčem snazší a v něčem naopak obtížnější. Nejsou přirozeně vystaveni osudovým majetkovým důsledkům špatného investičního rozhodnutí, nezkrachují ani se nestanou doživotními dlužníky. Snad jen riskují kariéru, prestiž a své postavení. V tomto aspektu se podobá jejich postavení situaci profesionálních manažerů soukromých firem. Ti však obhajují svá rozhodnutí pouze vůči relativně omezené skupině subjektů - vlastníkům, akcionářům. Nemusejí nést politickou odpovědnost. Nikdo po nich většinou nechce, aby svým rozhodnutím uspokojili co nejširší spektrum mnohdy zcela protikladných zájmů. Kritérium efektivnosti jejich rozhodnutí je většinou jasně definované a prokazatelné. Tržní prostředí jim poskytuje sice předem obtížně předvídatelné, ale zpětně dostatečně čitelné informace o nákladech a užitech spojených se zvolenou variantou.

Při rozhodování o výběru veřejných projektů je faktor nejistoty úplně stejný, avšak informace o ceně vstupů a výstupů jsou často nedostatečné. Netržní prostředí, přítomnost „veřejného zájmu“, potřeba zohledňovat sociální aspekty daných rozhodnutí, dopady externalit, nezbytnost zachování demokratičnosti procesu přijímání rozhodnutí, výrazná limitovanost dostupných zdrojů - to vše vytváří z rozhodování ve veřejném sektoru komplexní proces, který si zasluhuje podrobného zkoumání a studia.

3.1 Veřejný projekt

Pod pojmem veřejný projekt si lze v podstatě představit jakékoliv aktivity, činnosti či úkoly probíhající, resp. plněné v rámci veřejného sektoru, při kterých jsou použity veřejné výdaje. Mohou být jednorázové, ale i opakované až rutinní. Mohou se týkat financování investic, ale i běžného provozu nějakého zařízení. Na jedné straně může jít o zajištění výstavby čističky odpadních vod, na straně druhé o zajišťování provozu plaveckého bazénu. Může jít o rozhodnutí postavit silnici, zavést nový policejní informační systém, zvýšit počet míst v družině pro žáky základních škol či sestavení rozpočtu na fungování nějakého úřadu.

Projektový přístup k veřejným výdajům se snaží sledovat účel, cíle a finální efekty vynakládání prostředků. Právě k nim (a ne k provozním potřebám nějaké instituce) jsou pak vztaženy odpovídající náklady. To v procesu veřejné volby umožňuje lepší posouzení, zda je daný efekt žádoucí, či zda by nebylo lepší uvažovat o změně v alokaci zdrojů.

Konkrétní projekt má veřejný charakter, pokud splňuje alespoň jednu ze tří podmínek:

- důležitá část zdrojů jeho realizace pochází z přímého nebo nepřímého veřejného financování (pokud je financován např. ze státního rozpočtu nebo z daňových úlev)
- k jeho realizaci jsou využity jiné nástroje hospodářské politiky (např. státní regulace cen, znárodnění...)
- jsou s ním spojeny významné externality (zejména dopady změn právní úpravy - viz. zákaz výroby freonů, odstraňování překážek pro vstup na trh apod.)

Veřejný projekt má určité ekonomické efekty. Rozumí se jimi zejména makroekonomické a mikroekonomické účinky veřejných projektů. Makroekonomické účinky bývají dávány do souvislosti s fiskálními důsledky. Mají-li veřejné projekty povahu rozsáhlých investičních akcí, jež jsou financovány ze státního rozpočtu, mohou

svými důsledky multiplikovat růst společenského produktu, ale způsobit i negativní ekonomické důsledky, např. inflaci, jak je známo z realizace zbrojních projektů.

Pro zkoumání efektů veřejných projektů jsou důležité i mikroekonomické důsledky, tj. ekonomické účinky, které veřejné projekty mají na cílovou skupinu (veřejnost), resp. jednotlivé spotřebitele. K základním mikroekonomickým souvislostem veřejných projektů patří problém efektivnosti alokace při realizaci veřejných projektů, jakož i otázky důchodového a substitučního efektu na straně spotřebitele.

Podstata důchodové efektu veřejných projektů spočívá v tom, že mění křivku rozpočtového omezení tak, že ji posouvají jako v případě, který vyvolává volná dotace. Veřejný projekt má v tomto případě na daného spotřebitele příjmový efekt. Veřejné projekty mohou vyvolávat i substituční efekt, a to zejména tehdy, bude-li jejich realizací sledována určitá redistribuce zdrojů směřující k dané skupině spotřebitelů. Pak může veřejný projekt vyvolávat účinky analogické se substitučním efektem veřejných výdajových programů. Jde tedy o efekty, které mají opačný ekonomický důsledek, než jakým je vliv důchodové, resp. spotřební, daně na užitek spotřebitele.

3.2 Ekonomické analýzy veřejných projektů

Ekonomická analýza veřejných projektů objasňuje společensky poměřované ekonomické náklady a přínosy soupeřících projektů majících veřejný charakter. U každé analýzy figurují především kritéria efektivnosti a spravedlnosti, mohou se však objevit i kritéria další (např. národní nezávislost apod.). Cílem analýz veřejných projektů je vybrat investiční projekty nebo činnosti, které jsou schopné nejlépe přispět k růstu společenského blahobytu.

Podstatou ekonomických analýz je obecně porovnávání nákladů a důsledků alternativních řešení. Proto základními úkoly každého ekonomického hodnocení je identifikovat, změřit, ocenit a porovnat náklady a důsledky alternativ, o jejichž uskutečnění uvažujeme.

Rozhodovací proceduru ekonomických subjektů soukromého sektoru lze charakterizovat následujícími kroky:

1. Identifikace souboru možných projektů, které přicházejí v úvahu
2. Identifikace všech významů těchto projektů (všech jejich vstupů a výstupů)
3. Odhad ceny jednotlivých vstupů a výstupů
4. Převedení všech cen na současnou diskontovanou hodnotu
5. Sečtení všech nákladů a výnosů jednotlivých projektů s cílem odhadnout celkovou ziskovost projektu

Firma bude většinou realizovat projekt s nejvyšším ziskem. Do nákladů přitom započítá také náklady jiné vhodné příležitosti. Jestliže zisky všech porovnávaných projektů jsou negativní, firma se rozhodne nerealizovat žádný z uvažovaných projektů a své fondy využije jiným vhodným způsobem.

Instituce, do jejichž kompetence spadá hospodaření s veřejnými prostředky, provádějí při rozhodování o jejich alokaci v zásadě stejné operace. Na druhé straně zde však existují významné rozdíly. Prvním z nich je fakt, že zatímco zdaleka nejdůležitějším cílem firmy je zisk, subjekty veřejného sektoru se soustřeďují na širší zájmy (např. dopady ekologické, sociální, apod.). Druhým základním rozdílem je skutečnost, že subjekt veřejného sektoru často nemůže ohodnotit své vstupy a výstupy pomocí tržních cen jako firma, protože tyto ceny buď neexistují, neboť se za některé vstupy a výstupy neplatí na trhu, nebo nerepresentují skutečné mezní náklady a užitky.

3.3 Identifikace souboru možných projektů

Identifikace souboru možných projektů by měla být výchozím krokem každé analýzy veřejných projektů. Je patrné, že čím důkladněji bude prozkoumán okruh všech možných alternativních řešení, tím větší je pravděpodobnost, že bude vybrané řešení v dané situaci skutečně optimální.

Když identifikujeme soubor možných projektů, je prospěšné si všimnout některých jejich rysů a vztahů mezi nimi. Usnadní to následné měření jejich nákladů a výnosů (užitků). Aby byl tento úkol jednodušší, existují základní typy analyzovaných projektů podle kritéria jejich vzájemného vztahu.

3.3.1 Typy analyzovaných projektů podle jejich vzájemného vztahu

1. nezávislé a vzájemně se vylučující projekty

Příkladem nezávislých a vzájemně se vylučujících projektů jsou obecně různé stavby na téže parcele nebo naopak různé alternativy pro umístění nějakého projektu. Volba mezi takovými projekty se provádí způsobem „všechno nebo nic“, neboť většinou není možné realizovat z každého jen část.

2. nezávislé, ale vzájemně se nevylučující projekty

Příkladem nezávislých, ale vzájemně se nevylučujících projektů jsou dálnice, nemocnice, školy, nebo stavba, kterou lze modulovat v různém rozměru. Cílem je nalézt optimální kombinaci projektů nebo jejich optimální velikost odpovídající disponibilním zdrojům.

3. vzájemně závislé projekty

Vzájemně závislé projekty (někdy též nazývané jako „hrozny projektů“) se vzájemně doplňují. Příkladem může být výstavba přehrady, která dovoluje současně zřízení hydroelektrárny, instalaci zařízení regulujících průtok řeky a síť zavlažovacích kanálů. Lze tedy postavit pouze přehradu nebo přehradu a kterýkoliv z ostatních projektů a jejich kombinací. Kromě toho můžeme uvažovat varianty rozměrů a charakteristik každého z projektů, technické varianty apod. Velký počet možných kombinací je ve skutečnosti snížen technickými, geografickými a finančními omezeními.

3.4 Veřejné zakázky

Pro výběr a ohodnocování veřejného projektu má v ČR určující rámec zákon o veřejných zakázkách č. 137/2006 Sb., jenž upravuje postupy při zadávání veřejných zakázek, soutěž o návrh, dohled nad dodržováním tohoto zákona, podmínky vedení a funkce seznamu kvalifikovaných dodavatelů a systému certifikovaných dodavatelů. Týká se tedy i zadávání veřejných projektů, neboť ty patří do množiny veřejných zakázek. Za zadavatele veřejné zakázky se považuje:

1. veřejný zadavatel

Veřejný zadavatelem může být Česká republika, státní příspěvková organizace, územní samosprávný celek nebo příspěvková organizace, u níž funkci zřizovatele vykonává územní samosprávný celek, jiná právnická osoba, pokud byla založena či zřízena za účelem uspokojování potřeb veřejného zájmu, které nemají průmyslovou nebo obchodní povahu a je financována převážně státem či jiným veřejným zadavatelem nebo je státem či jiným veřejným zadavatelem ovládána nebo stát či jiný veřejný zadavatel jmenuje či volí více než polovinu členů v jejím statutárním, správním, dozorčím či kontrolním orgánu.

2. dotovaný zadavatel

Dotovaným zadavatelem je právnická nebo fyzická osoba, která zadává veřejnou zakázku hrazenou z více než 50 % z peněžních prostředků poskytnutých veřejným zadavatelem, a to i prostřednictvím jiné osoby.

3. sektorový zadavatel

Sektorovým zadavatelem je osoba vykonávající některou z relevantních činností podle § 4 zákona o veřejných zakázkách č. 137/2006 Sb., pokud tuto relevantní činnost vykonává na základě zvláštního či výhradního práva, nebo nad touto osobou může veřejný zadavatel přímo či nepřímo uplatňovat dominantní vliv; dominantní vliv veřejný zadavatel uplatňuje v případě, že disponuje většinou hlasovacích práv sám či na

základě dohody s jinou osobou, nebo jmenuje či volí více než polovinu členů v jejím statutárním, správním, dozorčím či kontrolním orgánu.

Další podrobnosti stanovuje zmíněný zákon. Jejich analýza překračuje rámec této práce, neboť má vysloveně fundovaný právní charakter.

4 Výběr kritérií pro hodnocení, stanovení vah kritérií

4.1 Výběr kritérií pro hodnocení

4.1.1 Stanovení kritérií hodnocení

Základním vodítkem při stanovení kritérií hodnocení mohou být především cíle, kterých se má řešením rozhodovacího problému dosáhnout, neboť kritéria hodnocení slouží především pro stanovení stupně splnění těchto cílů variantami rozhodování. Každému dílčímu cíli by mělo proto odpovídat určité kritérium hodnocení (v některých případech však může být stupeň splnění určitého dílčího cíle posuzován podle více kritérií).

Kromě cílů řešeného problému mohou výběr kritérií hodnocení podpořit:

- identifikace subjektů, jejichž zájmy, cíle, resp. potřeby mohou být řešením problému, resp. volbou určité varianty dotčeny.
- hledání a vyjasňování možných nepříznivých dopadů a účinků variant
- identifikace odlišností a rozdílů variant řešení

Uplatňování výše uvedených doporučení by mělo eliminovat, resp. alespoň oslabit určité nedostatky řešení rozhodovacích problémů v praxi, které spočívají v neúplnosti a nevyváženosti souborů kritérií hodnocení, kdy předmětem hodnocení jsou často pouze přímé, krátkodobé a pozitivní dopady, účinky nepříznivé, dlouhodobé a nepřímé se mnohdy nezvažují a nehodnotí.

4.1.2 Požadavky na soubor kritérií hodnocení

Stanovený soubor kritérií by měl splňovat určité požadavky, mezi něž patří především úplnost, operacionalita, neredundance a minimální rozsah.

Varianty řešení rozhodovacích problémů mají často nejen mnohostranné dopady v oblasti, ve které se řešený problém nachází, ale mohou ovlivňovat i některé další

oblasti, které s řešeným problémem přímo či nepřímo souvisejí. Soubor kritérií pro hodnocení variant řešení daného problému by měl být proto taková, aby umožňoval posoudit a zhodnotit všechny přímé i nepřímé důsledky těchto variant, a to jak důsledky pozitivní, tak i negativní. Soubor kritérií, který vyhovuje tomuto požadavku, lze považovat za úplný.

Neúplný soubor kritérií znamená, že některé aspekty řešeného problému se nezvažují, a tím se určité (zpravidla nežádoucí) důsledky variant nezjišťují, a nemohou být proto předmětem hodnocení (častým příkladem opomíjení negativních důsledků variant řešení problémů je nerespektování vlivu investičních variant na životní prostředí).

Operacionalita souboru kritérií znamená, že každé kritérium musí mít jasný a jednoznačný smysl a být pro rozhodovatele plně srozumitelné. Operacionalitu lze snadněji dosáhnout u kritérií kvantitativních (kritérií ukazatelového typu), kdy tuto operacionalitu zabezpečuje jednoznačnost vztahu pro výpočet hodnot těchto kritérií, než u kritérií kvalitativních, kde pracujeme se slovními popisy důsledků variant vzhledem k těmto kritériím. Zvýšení operacionality kvalitativních kritérií je možné často dosáhnout jejich dekompozicí na dílčí, mnohdy kvantitativně vyjádřitelná kritéria.

Operacionalita kritérií souvisí s jejich měřitelností. Každé kritérium musí totiž umožňovat zjištění (změření) důsledků variant vzhledem k tomuto kritériu, a to buď kvantitativně, nebo kvalitativně pomocí určité stupnice. Vztah operacionality a měřitelnosti kritérií je přímým vztahem. Čím je kritérium jasněji a jednoznačněji vymezeno, tím je též lépe měřitelné a naopak, nízká operacionalita vede obvykle k obtížím při měření.

Neredundance souboru kritérií znamená, že tento soubor musí být zvolen tak, aby každý aspekt vcházel do hodnocení variant řešení daného problému pouze jednou. Soubor kritérií je redundantní tehdy, když dochází buď k částečnému, nebo úplnému překrývání kritérií (duplicita). Zjištění duplicit a překrývání kritérií je zvláště u rozsáhlejších souborů kritérií obtížné. Jako užitečný nástroj při jejich odhalení může sloužit strom cílů.

Požadavek minimálního rozsahu souboru kritérií znamená, že počet kritérií by měl být co nejmenší, neboť se tím značně zjednodušuje závěrečné hodnocení variant řešení problému a výběr varianty určené k realizaci.

Je zřejmé, že některé výše uvedené požadavky na soubor kritérií jsou vzájemně protikladné a nemohou být splněny současně. Požadavek minimálního rozsahu orientuje na agregování kritérií, čímž však dochází ke snížení operacionality a měřitelnosti těchto agregovaných kritérií. Na druhé straně požadavek operacionality a měřitelnosti orientuje na dekompozici kritérií, čímž se mnohdy dospěje ke kvantitativním kritériím, vzrůstá však značně jejich počet a zvyšuje se nebezpečí jejich redundance. Vzhledem k tomu je třeba volit při řešení praktických problémů určitý kompromis.

4.2 Stanovení vah kritérií

Stanovení vah kritérií bývá výchozím krokem analýzy modelu vícekritériální analýzy variant. Téměř výhradně je informace získaná některým z dále uvedených postupů použita ke stanovení preferenčních vztahů mezi variantami v závislosti na cílech celé analýzy.

4.2.1 Stanovení vah kritérií bez informace o preferenci kritérií

Nemít k dispozici žádnou informaci o preferencích mezi kritérii neznamená nevědět o problému vůbec nic. Samozřejmě se předpokládá, že kritériální matice kvantifikovaná pomocí kardinálních hodnot existuje. Problém je v tom, že řešitel vůbec neumí (nebo nechce) rozhodnout, jak je které kritérium důležité pro posouzení variant. V takovém případě je samozřejmě možné přiřadit všem kritériím váhu stejnou, vypočtenou dle vztahu

$$v_j = \frac{1}{n}; j = 1, 2, \dots, n,$$

kde n je počet kritérií.

4.2.2 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií

Metody pracující s ordinální informací o kritériích předpokládají, že je řešitel schopen a ochoten vyjádřit důležitost jednotlivých kritérií tak, že přiřadí všem kritériím jejich pořadová čísla nebo při porovnání všech dvojic kritérií určí, které kritérium z aktuální dvojice je důležitější než druhé. V obou případech je přípustné označení dvou nebo více kritérií jako rovnocenných. Způsob, jak tuto skutečnost vyjádřit bude popsán u příslušných metod. Nejčastěji používaná je metoda pořadí a metoda porovnání ve Fullerově trojúhelníku. Obě tyto metody transformují ordinální informaci do podoby váhového vektoru.

4.2.2.1 Metoda pořadí

K určení vah kritérií se tato metoda používá především v případech, že jejich důležitost hodnotí několik expertů. Každý z nich seřadí kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Nejdůležitější kritérium bude ohodnoceno n body (n je počet kritérií), druhé nejdůležitější $n-1$ body, atd., až nejméně důležité kritérium dostane jen 1 bod. V případě stejné důležitosti kritérií dostanou tato kritéria body podle průměrného pořadí. Váhu každého z kritérií určíme tak, že sečteme body, které získalo od všech expertů a vydělíme je celkovým počtem bodů, které experti rozdělili mezi všechna kritéria. Tím je zaručeno, že suma vah všech kritérií je rovna 1.

Je-li obecně j -té kritérium ohodnoceno b_j body (jedinou hodnotou nebo součtem hodnot při hodnocení více experty), vypočítává se jeho váha na základě vztahu

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

4.2.2.2 Metoda Fullerova trojúhelníka

Pokud ordinální informace vyjadřuje pouze vztah mezi každou dvojicí hodnocených kritérií, lze použít metodu párového porovnávání. Pokud ordinální informace vyjadřuje pouze vztah mezi každou dvojicí hodnocených kritérií, lze použít metodu párového porovnávání. Pokud předpokládáme, že v případě, kdy uživatel ohodnotí kritérium j jako důležitější než l zároveň platí, že kritérium l je považováno za méně důležité než kritérium j , stačí provést počet srovnání

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

kde n je počet porovnávaných kritérií.

Toto porovnávání se většinou provádí pomocí tzv. Fullerova trojúhelníku.

1	1	1	...	1
2	3	4	...	n
	2	2	...	2
	3	4	...	n
		
		
			$n-2$	$n-2$
			$n-1$	n
				$n-1$
				n

Tabulka 4.1: Fullerův trojúhelník

U každé dvojice prvků se zakroužkuje ten prvek, který se považuje za důležitější. Označíme-li počet zakroužkování j -tého prvku n_j , pak ohodnocení či váhu tohoto prvku vypočteme podle vzorce

$$v_j = \frac{n_j}{N}; j = 1, 2, \dots, n.$$

Nevýhodou tohoto postupu pro výpočet vah kritérií je skutečnost, že nejméně důležité kritérium má nulovou váhu, i když nemusí jít o zcela bezvýznamné kritérium. Tento nedostatek lze odstranit tak, že četnost preferencí každého kritéria zvýšíme o 1 a jmenovatele zlomku v předcházejícím vzorci zvýšíme o n .

4.2.3 Stanovení vah z kardinální informace o preferencích kritérií

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

4.2.3.1 Bodovací metoda

Důležitost každého kritéria vyjádříme určitým počtem bodů v rámci určené bodovací stupnice. Smí se používat i desetinná čísla a více kritériím je možné přiřadit stejnou bodovou hodnotu.

Také tato metoda se pro výpočet vah kritérií používá podobně jako metoda pořadí tehdy, hodnotí-li kritéria více expertů. Každý expert ohodnotí každé kritérium určitým počtem bodů, čím je kritérium důležitější, tím více bodů dostane. Výpočet vah se z bodového hodnocení provede stejně jako u metody pořadí. Hodnoty váhového vektoru se pak normalizují podle vztahu

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

kde b_j je součet všech bodů od jednotlivých expertů, které j -tému kritériu tito experti přidělili.

4.2.3.2 Saatyho metoda

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

- 1 - rovnocenná kritéria i a j
- 3 - slabě preferované kritérium i před j
- 5 - silně preferované kritérium i před j
- 7 - velmi silně preferované kritérium i před j
- 9 - absolutně preferované kritérium i před j

Expert porovná každou dvojici kritérií a velikosti preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu zapíše do Saatyho matice $S = (s_{ij})$, jejíž prvky s_{ij} představují odhady podílů vah kritérií (kolikrát je jedno kritérium významnější než druhé).

Matice S je čtvercová řádu $n \times n$ a pro prvky matice S platí $s_{ij} = 1/s_{ji}$, tedy matice S je reciproční. Na diagonále matice S jsou vždy hodnoty jedna (každé kritérium je samo sobě rovnocenné).

Prvky této matice nemusí být konzistentní, tzn. že neplatí $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$ pro všechna $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. Míra konzistence se měří indexem konzistence, který Saaty definoval jako

$$I_S = \frac{l_{\max} - n}{n - 1};$$

kde l_{\max} je největší vlastní číslo Saatyho matice a n je počet kritérií. Matice S je dostatečně konzistentní, jestliže $I_S < 0,1$.

Saaty navrhl několik způsobů, pomocí kterých lze odhadnout váhy v_j . Nejčastěji se používá postup výpočtu vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice. Vypočteme hodnoty b_i jako geometrický průměr řádků Saatyho matice

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

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot b_i

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

5 Základní typy vícekritériálních úloh

5.1 Klasifikace úloh vícekritériální analýzy variant

Klasifikovat úlohy vícekritériální analýzy variant je možné především podle dvou základních hledisek:

- podle cíle řešení úlohy
- podle informace, s jakou úloha pracuje

5.1.1 Klasifikace podle cíle řešení úlohy

1. cílem je výběr jedné varianty označené jako kompromisní

Jinými slovy jde o to, vybrat z množiny možných variant tu variantu, která je podle zadaných kritérií nějakým způsobem nejlepší. Jak již bylo řečeno, pojem nejlepší varianta je do značné míry pojem relativní, záleží na tom, jaká metoda se pro posouzení variant zvolí. Příkladem takové rozhodovací úlohy může být výběr jedné varianty projektu z množiny jeho možných variant.

2. cílem je úplné uspořádání, resp. kvaziuspořádání, množiny variant

Obvykle varianty řadíme od nejlepší k nejhorší. Tato skupina úloh je do značné míry podobná předcházející skupině. Vždy můžeme postupovat tak, že určíme nejlepší variantu, přiřadíme jí pořadí a vyloučíme ji z dalšího rozhodování. Další kolo hodnocení již proběhne bez této nejlepší varianty a následně vybrané variantě bude přiřazeno druhé místo. Iteracemi tohoto postupu dostaneme uspořádání variant od nejlepší k nejhorší.

3. cílem je rozdělení množiny variant na dobré a špatné

V těchto úlohách nejde ani tak o pořadí variant, jako o rozhodnutí, zda je posuzovaná varianta „dobrá“ nebo „špatná“. Typickým příkladem těchto úloh může být hodnocení bonity klienta bankou, která se rozhoduje o poskytnutí úvěru.

5.1.2 Klasifikace podle informace, s jakou úloha pracuje

1. žádná informace

Informace o preferencích mezi kritérii a variantami neexistuje - tato situace je přípustná pouze pro preference kritérií. Pokud bychom neměli informaci o preferencích mezi variantami, nebylo by možné úlohu vyřešit, neboť by nebylo možno určit lepší a horší variantu.

2. nominální informace

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

3. ordinální informace

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

4. kardinální informace

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

5.2 *Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií*

Pokud je model zadán pouze pomocí preferencí variant podle jednotlivých kritérií a nejsou známy preference kritérií, lze použít bodovací metodu nebo metodu pořadí.

Postup je velmi jednoduchý. Každá varianta bude ohodnocena podle každého kritéria číslem b_{ij} . V případě metody pořadí jsou jednotlivé varianty ohodnoceny čísly mezi 1 a m tak, aby nejlepší ohodnocení bylo např. m (m je počet variant). V případě bodovací metody je nutné použít pro kvantifikaci informací podle jednotlivých kritérií vždy stejnou stupnici, např. 1 až 10 tak, aby nejlepší ohodnocení bylo rovno 10.

Celkové ohodnocení každé varianty se pak vypočítá jako součet dílčích hodnot, tedy

$$b_i = \sum_{j=1}^k b_{ij}.$$

Varianty se uspořádají sestupně podle hodnot b_i a je vybrána kompromisní (nejlepší) varianta.

Je-li potřeba vybrat více variant, vybere se potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami b_i .

Pokud je nejlepší ohodnocení varianty dáno číslem jedna, uspořádají se varianty podle čísel b_i vzestupně a nejlepší varianta má nejnižší ohodnocení. Postup je možno rozšířit o váhy kritérií, čísla b_i se pak vypočítají jako vážené součty.

5.3 Metody vyžadující aspirační úroveň kritérií

Pro metody, které jsou založeny na práci s nominální informací o preferencích mezi kritérii, je charakteristickým rysem skutečnost, že se nesnaží informaci uživatele transformovat do podoby váhového vektoru jako vyjádření relativní důležitosti kritérií. Informace o důležitosti kritérií je totiž vyjádřena aspirační úrovní kritérií. Tyto metody jsou použitelné, je-li známa nominální informace o kritériích, tedy aspirační hodnoty kritérií, a kardinální ohodnocení variant podle jednotlivých kritérií.

Metody pracující s informací o aspiračních úrovních kritérií jsou založeny na porovnávání kritériálních hodnot všech variant s aspiračními úrovněmi všech kritérií. Obvykle rozdělí množinu variant na dvě skupiny: na varianty, které mají horší kritériální hodnoty než jsou nastavené meze (označované jako „špatné“, neefektivní

nebo „neakceptované“ varianty), a na varianty, které mají lepší kritériální hodnoty (označované jako „dobré“, efektivní nebo „akceptované“ varianty). Při dostatečném zpřísnění aspiračních úrovní může v množině dobrých variant zůstat jediná varianta, kterou označíme jako kompromisní. Může však nastat i situace, že aktuálně nastaveným hodnotám aspiračních úrovní kritérií nevyhovuje žádná varianta. Potom je potřeba aspirační úrovně některých kritérií uvolnit.

Mezi tyto metody patří konjunktivní a disjunktivní metoda a také metoda PRIAM, jež je založena na heuristickém prohledávání množiny variant tak, aby bylo nalezeno jediné nedominované (kompromisní) řešení.

5.4 Metody vyžadující ordinální informaci

Metody pracující s ordinální informací o kritériích a nebo variantách vyžadují zadání pořadí důležitosti kritérií a pořadí variant podle jednotlivých kritérií. Některé metody jsou velmi jednoduché a jejich výsledky jsou spíše orientační, jiné jsou poměrně komplikované a poskytují komplexní pohled na problém.

5.4.1 Lexikografická metoda

Lexikografická metoda vychází z principu, že největší vliv na výběr kompromisní varianty má nejdůležitější kritérium. Teprve v případě, že existuje více variant, které jsou podle nejdůležitějšího kritéria hodnoceny stejně, přichází v úvahu druhé nejdůležitější kritérium. Pokud ani pomocí něho nevybereme jedinou variantu, přichází na řadu třetí nejdůležitější kritérium, atd. Algoritmus se zastaví ve chvíli, když je vybrána jediná varianta nebo když se vyčerpají všechna uvažovaná kritéria. Kompromisní varianty jsou potom všechny ty, které zůstaly stejně hodnoceny po zařazení posledního kritéria.

5.4.2 Metoda ORESTE

Tato metoda vyžaduje jako vstup pouze ordinální informaci o kritériích a variantách. Od rozhodovatele je požadováno úplné kvaziuspořádání kritérií a úplné kvaziuspořádání variant podle jednotlivých kritérií, tj. je přípustná indiference kritérií i variant.

Metoda má dvě části. V první části je určena vzdálenost každé varianty podle každého kritéria od fiktivního počátku (pořadová čísla fiktivní varianty a fiktivního kritéria jsou 0). Potom jsou varianty podle určitých pravidel uspořádány. Druhou částí metody je preferenční analýza, pro každou dvojici variant je možno provést test jejich preference P , indiference I nebo nesrovnatelnosti N na základě preferenční intenzity a volby tří prahových hodnot α , β a γ .

5.4.3 Cookova - Seifordova metoda

Řada úloh nespočívá v nalezení jediné kompromisní varianty, ale v nalezení podmnožiny kompromisních variant při splnění vedlejších podmínek, např. při omezení z hlediska zdrojů.

Cookova - Seifordova ordinální průniková metoda využívá ordinální informaci o hodnocení variant podle jednotlivých kritérií z hlediska každého experta. Metoda je založena na agregaci hodnocení variant podle jednotlivých kritérií z hlediska všech expertů. Podle každého kritéria jsou potom vybrány zdrojově přípustné podmnožiny. Postupným vytvářením průniků těchto podmnožin podle důležitosti kritérií se dospěje k výsledné podmnožině nejvhodnějších variant, jejichž realizace nepřekročí zdrojové omezení. Tato metoda je vhodná pro případy, kdy počet variant a kritérií není příliš velký.

Nejdříve budeme přesněji definovat zadání úlohy. Mějme množinu m variant $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, jejichž požadavky na zdroj jsou po řadě r_1, r_2, \dots, r_m při celkové velikosti zdroje R . Tým n expertů E_1, E_2, \dots, E_n hodnotí varianty podle k kritérií f_1, f_2, \dots, f_k . Cílem je vybrat podmnožinu nejvhodnějších variant tak, aby souhrn jejich požadavků na zdroj nepřekročil celkovou hodnotu zdroje R .

Cookova - Seifordova metoda postupuje podle následujících kroků:

1. Každý expert stanoví pořadí variant podle jednotlivých kritérií. Toto je vstupní informace. Pomocí Cookovy - Seifordovy funkce je agregována tato vstupní informace do skupinového pořadí variant podle jednotlivých kritérií. Předpokládejme dále, že je známo pořadí kritérií podle důležitosti.

2. Z těchto pořadí podle jednotlivých kritérií jsou vybrány podmnožiny nejlepších variant, jejichž součet nároků na zdroj nepřekročí celkovou hodnotu zdroje R . Tyto podmnožiny budeme nazývat zdrojově přípustné a označíme je vzhledem k jednotlivým kritériím A_1, A_2, \dots, A_k . Určíme průnik všech zdrojově přípustných podmnožin, položíme počet podmnožin $p = k$,

$$B = \bigcap_{i=1}^p A_i$$

Jestliže podmnožina B obsahuje dostatečné množství variant pro vyčerpání celkové hodnoty zdroje, potom podmnožina B je požadovaný výstup a výpočet končí. V opačném případě přejdeme na následující krok.

3. Počet podmnožin p , jejichž průnik hledáme, snížíme o jedničku.

4. Takových průniků je $s = \binom{k}{p}$.

Tyto průniky p podmnožin vytváříme v pořadí postupně od nejmenšího součinu pořadových čísel kritérií a dostáváme nové podmnožiny $B(p)_1, B(p)_2, B(p)_s$. Vytváříme postupně sjednocení množin

$$B = B \cup B(p)_i, i = 1, 2, \dots, s.$$

Jestliže některé sjednocení obsahuje varianty, které vyčerpají celkovou hodnotu zdroje, výpočet končí a množina B obsahuje vítězné varianty. Jestliže po vyčerpání všech možností varianty z množiny B nevyčerpají celkovou hodnotu zdroje, přejdeme na krok 3.

5.5 Metody vyžadující kardinální informace

Tento typ metod vyžaduje zadání kardinální informace o kritériích v podobě vah a o variantách v podobě kritériální matice s kardinálními hodnotami. Existují tři základní přístupy k vyhodnocení variant:

- maximalizace užitku
- minimalizace vzdálenosti od ideální varianty
- preferenční relace

5.5.1 Metody založené na výpočtu hodnot funkce užitku

Princip maximalizace užitku vychází z konstrukce hodnoty užitku, kterou přináší výběr určité varianty, na škále mezi 0 a 1. Čím je varianta vhodnější podle nějakého kritéria, tím je vyšší hodnota užitku. Z hlediska všech kritérií se varianta ohodnotí celkovou hodnotou užitku, kterou dostaneme agregací dílčích hodnot užitku s použitím vah kritérií.

Na pojmu užitek je založena celá řada metod vícekritériálního rozhodování. Nejznámější jsou metoda váženého součtu a metoda AHP.

5.5.1.1 Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu vyžaduje kardinální informace, kritériální matici a vektor vah kritérií. Konstruuje celkové hodnocení pro každou variantu, a tak ji lze použít jak pro hledání jedné nejlépeší varianty, tak pro uspořádání variant od nejlepší po nejhorší. Tato metoda je speciálním případem metody funkce užitku. Vychází z principu maximalizace užitku.

Postup metody váženého součtu je dán následujícími kroky:

1. Určíme ideální variantu H s ohodnocením (h_1, \dots, h_n) a bazální variantu D s ohodnocením (d_1, \dots, d_n) .

2. Vytvoříme standardizovanou kritériální matici R , jejíž prvky získáme pomocí vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}.$$

Matrice R již představuje matici hodnot funkce užitku z i -té varianty podle j -tého kritéria, protože prvky této matice jsou lineárně transformovanými kritériálními hodnotami tak, že $r_{ij} \in \langle 0;1 \rangle$. Potom bazální variantě odpovídá hodnota nula a ideální variantě hodnota jedna.

3. Pro jednotlivé varianty vypočteme agregovanou funkci užitku

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij}.$$

kde v_j jsou normované váhy jednotlivých kritérií.

4. Varianty seřadíme sestupně podle hodnot $u(a_i)$ a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami užitku považujeme za řešení problému.

Tuto metodu lze použít i pro vyhodnocení variant týmem expertů. Každý expert varianty uspořádá podle hodnot $u(a_i)$. Čím vyšší je hodnota $u(a_i)$, tím vyšší je i pořadové místo varianty. Jestliže tímto způsobem postupují všichni experti, dostaneme potom individuální preference expertů na množině variant. Pro skupinové uspořádání variant můžeme použít některou funkci společenského výběru.

Při použití Bordovy funkce společenského výběru vychází každý expert z jeho individuálního uspořádání variant. Při m projektech přiřadí první variantě v pořadí hodnota $m-1$, druhé $m-2$, až předposlední variantě připíše jedničku a poslední variantě v pořadí nulu.

Skupinové ohodnocení variant se získá tím, že se sečtou body přidělené od jednotlivých expertů. Výsledné skóre představuje hodnotu Bordovy funkce pro určitou variantu. Vítězem se stává varianta s nejvyšším skóre.

5.5.1.2 Metoda AHP

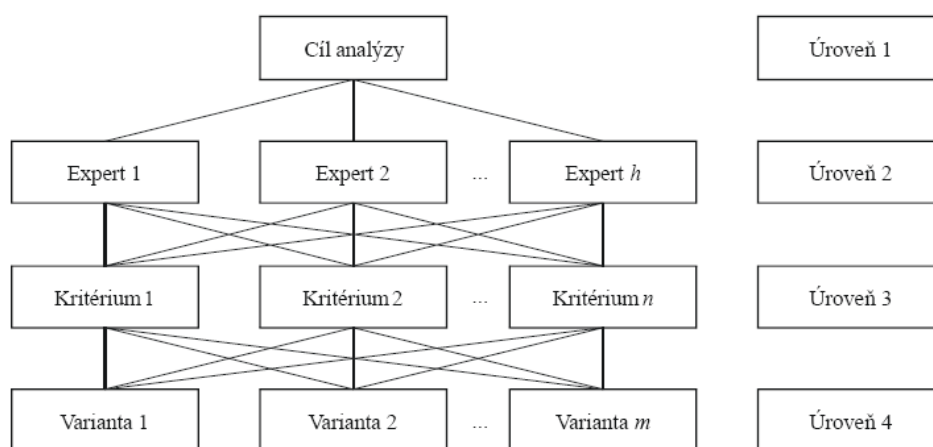
Metoda AHP (Analytický hierarchický proces) byla navržena profesorem Saatyem v roce 1980. Tato metoda poskytuje rámec pro přípravu účinných rozhodnutí ve složitých rozhodovacích situacích, pomáhá zjednodušit a zrychlit přirozený proces rozhodování. AHP je metodou rozkladu složité nestrukturované situace na jednodušší komponenty; vytváří tedy hierarchický systém problému. Tento hierarchický systém je rozšířením možností vícekritériálního rozhodovacího systému. Na každé úrovni hierarchické struktury se použije Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání. Pomocí subjektivních hodnocení párového porovnání pak tato metoda přiřazuje jednotlivým komponentám kvantitativní charakteristiky vyjadřující jejich důležitost. Syntézou těchto hodnocení se pak stanoví komponenta s nejvyšší prioritou, na níž se rozhodovatel zaměří s cílem získat řešení rozhodovacího problému.

Pod pojmem hierarchická struktura se rozumí lineární struktura obsahující několik úrovní, přičemž každá z nich obsahuje několik prvků. Uspořádání jednotlivých úrovní hierarchické struktury odpovídá uspořádání od obecného ke konkrétnímu. Čím obecnější jsou prvky ve vztahu k danému rozhodovacímu problému, tím zaujímají v něm příslušející hierarchii vyšší úroveň a naopak. Intenzity vzájemného působení jednotlivých prvků v hierarchii mohou být určitým způsobem kvantifikovány. Nejvyšší úroveň hierarchie obsahuje vždy pouze jeden prvek, který definuje cíl vyhodnocování nebo analýzy. Tomuto prvku lze přiřadit hodnotu jedna, která je potom rozdělena mezi prvky na druhé úrovni. Podobně se hodnota každého prvku dělí i na dalších nižších úrovních hierarchie, až dostaneme ohodnocení prvků nejnižšího stupně - variant.

Typická jednoduchá úloha vícekritériální analýzy variant obsahuje následující úrovně:

- úroveň 1 - cíl vyhodnocování
- úroveň 2 - kritéria vyhodnocování
- úroveň 3 - posuzované varianty

Složitější úlohy obvykle mají mezi kritérii a variantami ještě úroveň subkritérií. Úlohy, na jejichž hodnocení se podílí více hodnotitelů, mají mezi cílem a kritérii ještě úroveň hodnotitelů (expertů), jejich hodnocení (váhy) označují míru jejich fundovanosti. Příklad takové hierarchie je na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Hierarchie metody AHP

Obdobným způsobem jako mezi kritérii se určí také vztahy mezi všemi komponentami na každé úrovni hierarchie. Pokud máme čtyřúrovňovou hierarchii, tzn. jeden cíl, h expertů, n kritérií a m variant, bude na druhé úrovni hierarchie jedna matice párového srovnávání o rozměrech $h \times h$. Na třetí úrovni bude h matic o rozměrech $n \times n$ a na čtvrté úrovni n matic o rozměrech $m \times m$.

Pomocí propočtů v těchto maticích si vlastně varianty „rozdělují“ hodnotu váhy příslušného kritéria, pro které se každá matice konstruuje. Pokud tedy pro každou variantu vypočteme součet uvedených hodnot pro všechna kritéria, dostaneme její hodnocení z hlediska všech kritérií, které tvoří podklad pro úplné uspořádání variant.

5.5.2 Metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty

5.5.2.1 Metoda TOPSIS

Tato metoda posuzuje varianty z hlediska jejich vzdálenosti od ideální a bazální varianty. Vyžaduje kardinální hodnocení variant podle jednotlivých kritérií a váhy těchto kritérií. Předpokládá se maximalizační charakter všech kritérií. Pokud nejsou všechna kritéria maximalizační, je nutné je na maximalizační převést. Její postup spočívá ve výpočtu následujících kroků:

1. Převědeme minimalizační kritéria na maximalizační.
2. Zkonstruujeme normalizovanou kritériální matici $R = (r_{ij})$ podle vzorce

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

Sloupce matice R jsou vektory jednotkové délky.

3. Vypočteme normalizovanou váženou kritériální matici $W = (w_{ij})$ dle vztahu

$$w_{ij} = v_j r_{ij}.$$

4. Určíme ideální variantu h s ohodnocením (h_1, \dots, h_m) a bazální variantu d s ohodnocením (d_1, \dots, d_m) vzhledem k hodnotám matice W .

5. Vypočteme vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty

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

a od bazální varianty

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

6. Spočteme relativní ukazatele vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty podle vzorce

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

Hodnoty těchto ukazatelů se pohybují mezi 0 a 1, přičemž hodnotu 0 nabývá bazální a hodnotu 1 ideální varianta.

7. Varianty se sestupně seřadí podle hodnot c_i a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami tohoto ukazatele považujeme za řešení problému.

5.5.3 Metody založené na vyhodnocování preferenční relace

5.5.3.1 Metoda ELECTRE I.

Cílem této metody je rozdělit množinu všech variant na dvě indifferenční třídy, na efektivní a neefektivní varianty. Předpokladem pro použití této metody je znalost kritériální matice, vektoru normalizovaných vah a stanovení dvou prahových hodnot - prahu preference a dispreference.

1. Nechť y_{ih} ($i = 1, 2, \dots, m$; $h = 1, 2, \dots, n$) je ohodnocení varianty a_i podle kritéria h . Pro každou dvojici variant a_i, a_j ($i, j = 1, 2, \dots, m$) pak určíme množinu

$$C_{ij} = \{h; y_{ih} \geq y_{jh}, h = 1, 2, \dots, n\}, i, j = 1, 2, \dots, m,$$

která obsahuje indexy kritérií, z jejichž hlediska je varianta a_i hodnocena alespoň tak dobře jako varianta a_j , a množinu

$$D_{ij} = \{h; y_{ih} < y_{jh}, h = 1, 2, \dots, n\}, i, j = 1, 2, \dots, m,$$

jež obsahuje indexy zbývajících kritérií, tj. kritérií, ve kterých je varianta a_i horší než varianta a_j .

2. Na základě normalizovaného vektoru vah v a množiny C_{ij} pak pro každou dvojici variant a_i, a_j určíme číslo c_{ij} představující součet vah těch kritérií, z jejichž hlediska je varianta a_i hodnocena alespoň tak dobře jako varianta a_j :

$$c_{ij} = \sum_{h \in C_{ij}} v_h, \quad i, j = 1, 2, \dots, m.$$

Hodnota c_{ij} představuje stupeň preference varianty a_i před variantou a_j a platí $c_{ij} \in \langle 0,1 \rangle$.

3. Dále se pro každou dvojici variant a_i, a_j vypočte hodnota d_{ij} , která se označuje jako stupeň dispreference mezi variantami a_i a a_j :

$$d_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{pokud } D_{ij} = \emptyset \\ \frac{\max_{h \in D_{ij}} (z_{ih} - z_{jh})}{\max_h (z_{ih} - z_{jh})}, & i, j = 1, \dots, m, \text{ pokud } D_{ij} \text{ není prázdná množina} \end{cases} \quad \text{Také pro}$$

čísla d_{ij} platí: $d_{ij} \in \langle 0,1 \rangle$.

4. Pro určení celkové preference P mezi dvojicí variant musí rozhodovatel zadat práh preference c^* a práh dispreference d^* . Platí, že varianta a_i je preferována před variantou a_j právě tehdy, jestliže $c_{ij} \geq c^*$ a $d_{ij} \leq d^*$.

Tyto párové preference pro všechny dvojice variant můžeme zachytit v matici $P = (p_{ij})$:

$$p_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jestliže } a_i P a_j \\ 0 & \text{jinak} \end{cases} \quad \text{pro } i, j = 1, 2, \dots, m.$$

5. Rozdělení na efektivní a neefektivní varianty se uskuteční podle tohoto pravidla. Za efektivní varianty jsou považovány ty varianty, ke kterým vzhledem k celkové preferenční relaci neexistuje žádná preferující varianta a samy jsou preferovány alespoň před jednou variantou. Množina efektivních variant E a množina neefektivních variant N jsou tedy definovány na základě hodnot v matici P jako

$$E = \{ a_i; p_{ji} = 0 \text{ pro všechna } j, p_{ih} = 1 \text{ pro alespoň jedno } h \},$$

$$N = A - E.$$

Výsledek analýzy závisí na stanovených hodnotách prahu preference a prahu dispreference. Jejich stanovení není jednoduché, někdy se doporučuje vyjít z hodnot, které jsou průměrnými hodnotami prvků v matici C a D . Postupnými změnami prahových hodnot je možno dospět k jednoprvkové množině efektivních variant a vyřešit úlohy, jejichž cílem je vybrat právě jednu kompromisní variantu.

5.6 Vícekriteriální hodnocení variant za rizika a nejistoty

Při ohodnocování veřejných projektů a veřejných zakázek se můžeme setkat s problémem neurčitosti. V tomto případě můžeme použít řady podpůrných technik známých z rozhodovací analýzy.

Pro tento případ rozhodování o veřejných projektech je příznačné, že výsledky rozhodování nelze naprosto přesně předvídat. Každý projekt (ohodnocený z hlediska nákladů a přínosů) tvoří rozhodovací alternativu jako tzv. možnou situaci. Ty představují určitý počet reálných stavů (situací), které mohou nastat v budoucnu. Ze všech možných situací může však reálně nastat pouze jedna. Existují různé rozhodovací metody a techniky používané pro případ rozhodování v podmínkách neurčitosti.

Techniku rozhodovacího stromu je vhodné použít tam, kde lze u veřejných projektů stanovit náklady a výnosy. Při implementaci rozhodovacího stromu postupujeme tak, že u jednotlivých variant veřejných projektů (jsou to investiční varianty) určíme pravděpodobnosti vytížení kapacit ekonomické životnosti investic a nakonec stanovíme hodnoty očekávaného výnosu.

Dalším případem jsou situace, kdy rozhodovatelé nemají k jednoznačnému rozhodnutí dostupné informace, resp. nedovedou pregnantně předvídat důsledky svých rozhodnutí. Typ těchto rozhodnutí je příznačný pro ty sféry společenského života, které jsou velmi dynamické. V těchto případech můžeme například použít kritérium maximax či kritérium maximin. Jejich použití se uvažuje u výnosových projektů.

Při kritériu maximax jsou rozhodovatelé projektů z hlediska budoucích výnosů velmi optimističtí. Na základě aplikace kritéria maximax je vyhledán maximální, ekonomický efekt z největších efektů jednotlivých strategií.

Při použití kritéria maximin se při výběru alternativy opíráme o pesimistický scénář, který předpokládá nejméně příznivé situace. Proto hledáme maximum z nejméně příznivých (minimálních) předpokládaných ekonomických efektů a z těchto nejmenších efektů vybereme největší předpokládaný efekt.

6 Vyhodnocení konkrétních projektů v praxi

6.1 Aplikace Cookovy - Seifordovy metody

6.1.1 Zadání

Jihočeský kraj připravil grantový program Rozvoj infrastruktury podporující šetrnou turistiku. Záměrem je podpořit rozvoj oblastí cestovního ruchu, které budou při maximální účinnosti minimálně zatěžovat životní prostředí, tedy projekty související a podporující turistiku pěší, cyklistickou, vodní a zimní sporty, hromadnou přepravu turistů do místa určení, navigační systémy, obnovu a rozšiřování systému značení turistických tras, naučných stezek, související infrastrukturu. Celková hodnota uvolněných prostředků na grantový program činí 4 200 000 Kč a experti chtějí při hodnocení projektů tento finanční limit vyčerpat. Na omezení z hlediska zdrojů se výborně hodí Cookova - Seifordova metoda, která spočívá v nalezení podmnožiny kompromisních variant. Do soutěže se přihlásilo dvanáct projektů, jejichž odhadované náklady jsou následující:

$r_1 = 500\ 000\ \text{Kč}$	$r_7 = 200\ 000\ \text{Kč}$
$r_2 = 600\ 000\ \text{Kč}$	$r_8 = 400\ 000\ \text{Kč}$
$r_3 = 100\ 000\ \text{Kč}$	$r_9 = 500\ 000\ \text{Kč}$
$r_4 = 700\ 000\ \text{Kč}$	$r_{10} = 400\ 000\ \text{Kč}$
$r_5 = 300\ 000\ \text{Kč}$	$r_{11} = 600\ 000\ \text{Kč}$
$r_6 = 300\ 000\ \text{Kč}$	$r_{12} = 800\ 000\ \text{Kč}$

Projekty bude hodnotit 5 expertů podle následujících pěti kritérií:

f_1 - naléhavost řešení problému, definovaného v projektu

f_2 - kvalita obsahové náplně projektu

f_3 - odborná připravenost navrhovatelů projektu

f_4 - formální zpracování projektu

f_5 - přiměřenost požadovaných prostředků

6.1.2 Řešení

Nejprve je nutné stanovit důležitost jednotlivých kritérií. Použije se metoda pořadí, kdy každý z expertů seřadí kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Nejdůležitější kritérium bude ohodnoceno n body (n je počet kritérií), druhé nejdůležitější $n-1$ body, atd., až nejméně důležité kritérium dostane jen 1 bod. Touto metodou stanovili experti váhy pro každé kritérium, jenž jsou uvedeny v tabulce 6.1.

	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
expert 1	4	5	2	3	1
expert 2	5	4	1	3	2
expert 3	5	4	3	2	1
expert 4	5	4	1	2	3
expert 5	4	2	5	1	3
váhy	0,307	0,253	0,160	0,147	0,133

Tabulka 6.1: Stanovení vah metodou pořadí

Důležitost kritérií je tedy dána experty z předcházející tabulky od nejdůležitějšího kritéria f_1 k nejméně důležitému f_5 . Předpokládejme, že individuální expertní hodnocení projektů podle jednotlivých kritérií (které zde není uvedeno) je pomocí Cookovy - Seifordovy funkce agregováno do skupinového pořadí projektů podle jednotlivých kritérií (první uvedený projekt byl experty zvolen jako nejlepší v daném kritériu):

f_1 : $a_{10}, a_4, a_{11}, a_9, a_3, a_{12}, a_5, a_7, a_2, a_6, a_1, a_8$

f_2 : $a_3, a_4, a_{10}, a_8, a_7, a_2, a_1, a_{11}, a_5, a_6, a_9, a_{12}$

f_3 : $a_{11}, a_1, a_3, a_{12}, a_5, a_7, a_2, a_6, a_{10}, a_9, a_8, a_4$

f_4 : $a_{10}, a_6, a_4, a_3, a_2, a_{11}, a_5, a_{12}, a_1, a_9, a_7, a_8$

$f_5: a_1, a_4, a_9, a_{10}, a_{11}, a_3, a_2, a_{12}, a_5, a_6, a_8, a_7$

Dále určíme podmnožiny zdrojově přípustných projektů z hlediska jednotlivých kritérií:

$$A_1 = \{a_{10}, a_4, a_{11}, a_9, a_3, a_{12}, a_5, a_7, a_2\}$$

$$r_{10} + r_4 + r_{11} + r_9 + r_3 + r_{12} + r_5 + r_7 + r_2 = 4\,200\,000$$

$$A_2 = \{a_3, a_4, a_{10}, a_8, a_7, a_2, a_1, a_{11}, a_5, a_6\}$$

$$r_3 + r_4 + r_{10} + r_8 + r_7 + r_2 + r_1 + r_{11} + r_5 + r_6 = 4\,100\,000$$

$$A_3 = \{a_{11}, a_1, a_3, a_{12}, a_5, a_7, a_2, a_6, a_{10}\}$$

$$r_{11} + r_1 + r_3 + r_{12} + r_5 + r_7 + r_2 + r_6 + r_{10} = 3\,800\,000$$

$$A_4 = \{a_{10}, a_6, a_4, a_3, a_2, a_{11}, a_5, a_{12}\}$$

$$r_{10} + r_6 + r_4 + r_3 + r_2 + r_{11} + r_5 + r_{12} = 3\,800\,000$$

$$A_5 = \{a_1, a_4, a_9, a_{10}, a_{11}, a_3, a_2, a_{12}\}$$

$$r_1 + r_4 + r_9 + r_{10} + r_{11} + r_3 + r_2 + r_{12} = 4\,200\,000$$

Poté určíme průnik všech zdrojově přípustných podmnožin

$$B = \bigcap_{i=1}^5 A_i = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}\}, r_2 + r_3 + r_{10} + r_{11} = 1\,700\,000$$

Počet podmnožin p , jejichž průnik hledáme, snížíme o 1, tedy $p = 4$. Takových průniků je $s = \binom{5}{4} = 5$.

Průniky 4 podmnožin vytváříme v pořadí postupně od nejmenšího součtu pořadových čísel kritérií a dostáváme nové podmnožiny

$$B(4)_1 = A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap A_4 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5\}$$

$$B(4)_2 = A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap A_5 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}\}$$

$$B(4)_3 = A_1 \cap A_2 \cap A_4 \cap A_5 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_4\}$$

$$B(4)_4 = A_1 \cap A_3 \cap A_4 \cap A_5 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_{12}\}$$

$$B(4)_5 = A_2 \cap A_3 \cap A_4 \cap A_5 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}\}$$

Vytváříme postupně sjednocení množin a dostáváme

$$B = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5, a_4, a_{12}\}, r_2 + r_3 + r_{10} + r_{11} + r_5 + r_4 + r_{12} = 3\,500\,000$$

Rozpočet stále není vyčerpán. Počet podmnožin p , jejichž průnik hledáme, snížíme opět o 1, tedy $p = 3$. Takových průniků je $s = \binom{5}{3} = 10$.

Průniky 3 podmnožin vytváříme v pořadí postupně od nejmenšího součtu pořadových čísel kritérií a dostáváme nové podmnožiny

$$B(3)_1 = A_1 \cap A_2 \cap A_3 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5, a_7\}$$

$$B = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5, a_4, a_{12}, a_7\}, r_2 + r_3 + r_{10} + r_{11} + r_5 + r_4 + r_{12} + r_7 = 3\,700\,000$$

$$B(3)_2 = A_1 \cap A_2 \cap A_4 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5, a_4\}$$

$$B(3)_3 = A_1 \cap A_3 \cap A_4 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5, a_{12}\}$$

$$B(3)_4 = A_1 \cap A_3 \cap A_5 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_{12}\}$$

$$B(3)_5 = A_2 \cap A_3 \cap A_4 = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5, a_6\}$$

$$B = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5, a_4, a_{12}, a_7, a_6\}, r_2 + r_3 + r_{10} + r_{11} + r_5 + r_4 + r_{12} + r_7 + r_6 = 4\,000\,000$$

Zbývá ještě 200 000 Kč do vyčerpání rozpočtu, ale žádný projekt již nemá tak nízké náklady.

6.1.3 Závěr

Množina $B = \{a_2, a_3, a_{10}, a_{11}, a_5, a_4, a_{12}, a_7, a_6\}$ obsahuje vítězné projekty grantového programu Rozvoj infrastruktury podporující šetrnou turistiku. Těmi se staly projekty $r_2, r_3, r_{10}, r_{11}, r_5, r_4, r_{12}, r_7$ a r_6 , které dosahují celkových nákladů 4 000 000 Kč. Zbývajících 200 000 Kč může Jihočeský kraj přesunout do jiné oblasti nebo použít v dalším časovém období.

6.2 Aplikace metod vyžadující kardinální informaci

6.2.1 Zadání

Město Strakonice se rozhodlo vybudovat skládku odpadů. Na případné umístění skládky byly vybrány 4 lokality (severní, západní, jihozápadní a jižní). Vhodnost lokality se hodnotí dle následujících čtyř kritérií:

f_1 - investiční náklady (v mil. Kč)

f_2 - negativní důsledky pro okolní obyvatelstvo (1 - velmi negativní, 2 - značně negativní, 3 - ztelně negativní, 4 - méně negativní, 5 - nepatrně negativní)

f_3 - negativní vlivy na vodní hospodářství (1 - velmi negativní, 2 - značně negativní, 3 - ztelně negativní, 4 - méně negativní, 5 - nepatrně negativní)

f_4 - kapacita skládky (v tis. m³)

Konkrétní hodnoty jednotlivých variant dle požadovaných kritérií jsou uvedeny v tabulce 6.2.

	Investiční náklady	Negativní důsledky pro okolní obyvatelstvo	Negativní vlivy na vodní hospodářství	Kapacita skládky
Lokalita S	4,5	2	1	530
Lokalita Z	6,7	2	2	710
Lokalita JZ	13,4	3	2	860
Lokalita J	9,8	4	3	670

Tabulka 6.2: Konkrétní hodnoty jednotlivých variant

6.2.2 Stanovení vah kritérií

Nejprve je nutné stanovit váhy požadovaných kritérií. Expert nejprve porovná každou dvojici kritérií a velikosti preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu zapíše do Saatyho matice $S = (s_{ij})$. Poté se vypočtou hodnoty b_i jako geometrický

průměr řádků Saatyho matice a normalizací hodnot b_i se zjistí váhy u jednotlivých kritérií.

	f_1	f_2	f_3	f_4	b_i	v_i
f_1	1	3	2	3	2,060	0,446
f_2	0,33333	1	0,33333	0,5	0,485	0,105
f_3	0,5	3	1	2	1,316	0,285
f_4	0,33333	2	0,5	1	0,760	0,164

Tabulka 6.3: Stanovení vah kritérií Saatyho metodou

Z tabulky 6.3 je vidět, že váha investičních nákladů je 0,446, váha negativních důsledků pro okolní obyvatelstvo 0,105, negativní vlivy na vodní hospodářství mají váhu 0,285 a kapacita skládky 0,164.

6.2.3 Řešení podle metody váženého součtu

Prvním krokem je převedení minimalizačních kritérií (investiční náklady) na maximalizační.

	f_1	f_2	f_3	f_4
S	8,9	2	1	530
Z	6,7	2	2	710
JZ	0	3	2	860
J	3,6	4	3	670
váhy	0,446	0,105	0,285	0,164
povaha	max	max	max	max

Tabulka 6.4: Převedení na maximalizační kritéria

Poté určíme ideální variantu $H = (8,9; 4; 3; 860)$ a bazální variantu $D = (0; 2; 1; 530)$. Vytvoříme standardizovanou kriteriální matici a pro jednotlivé varianty vypočteme agregovanou funkci užitku, podle které varianty seřadíme.

	f_1	f_2	f_3	f_4	Užitek	Pořadí
S	1	0	0	0	0,446	3.
Z	0,75281	0	0,5	0,54545	0,568	2.
JZ	0	0,5	0,5	1	0,359	4.
J	0,40449	1	1	0,42424	0,640	1.

Tabulka 6.5: Závěrečné výsledky metody váženého součtu

6.2.4 Řešení podle metody AHP

Nejprve porovnáme varianty z hlediska kritéria investičních nákladů, míru preference zapíšeme do Saatyho matice. Stejně pokračujeme i u dalších kritérií.

f_1	S	Z	JZ	J	b_i	v_i	w_i
S	1	2	5	4	2,515	0,482	0,215
Z	0,5	1	5	3	1,655	0,317	0,141
JZ	0,2	0,2	1	0,33333	0,340	0,065	0,029
J	0,25	0,33333	3	1	0,707	0,136	0,060

Tabulka 6.6: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_1

f_2	S	Z	JZ	J	b_i	v_i	w_i
S	1	0,5	0,33333	0,25	0,452	0,092	0,010
Z	2	1	0,33333	0,25	0,639	0,130	0,014
JZ	3	3	1	0,5	1,456	0,296	0,031
J	4	4	2	1	2,378	0,483	0,051

Tabulka 6.7: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_2

f_3	S	Z	JZ	J	b_i	v_i	w_i
S	1	0,25	0,5	0,2	0,398	0,079	0,023
Z	4	1	2	0,33333	1,278	0,254	0,072
JZ	2	0,5	1	0,33333	0,760	0,151	0,043
J	5	3	3	1	2,590	0,515	0,147

Tabulka 6.8: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_3

f₄	S	Z	JZ	J	b_i	v_i	w_i
S	1	0,25	0,2	0,33333	0,359	0,073	0,012
Z	4	1	0,5	2	1,414	0,285	0,047
JZ	5	2	1	3	2,340	0,472	0,078
J	3	0,5	0,33333	1	0,841	0,170	0,028

Tabulka 6.9: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_4

Konzistence všech Saatyho matic byla ověřena v programu Maple. Výběr varianty nyní získáme jako součet dílčích hodnocení variant podle jednotlivých variant. Následně stanovíme pořadí jednotlivých variant.

	Součet hodnocení	Pořadí
Lokalita S	0,259	3.
Lokalita Z	0,274	2.
Lokalita JZ	0,181	4.
Lokalita J	0,286	1.

Tabulka 6.10: Závěrečné výsledky metody AHP

6.2.5 Řešení podle metody TOPSIS

Prvním krokem je převedení minimalizačních kritérií (investiční náklady) na maximalizační.

	f₁	f₂	f₃	f₄
S	8,9	2	1	530
Z	6,7	2	2	710
JZ	0	3	2	860
J	3,6	4	3	670
váhy	0,446	0,105	0,285	0,164
povaha	max	max	max	max

Tabulka 6.11: Převedení na maximalizační kritéria

Poté zkonstruujeme normalizovanou kriteriální matici.

	f_1	f_2	f_3	f_4
S	0,76021	0,34816	0,2357	0,37727
Z	0,57229	0,34816	0,4714	0,50541
JZ	0	0,52223	0,4714	0,61218
J	0,3075	0,69631	0,70711	0,47693

Tabulka 6.12: Hodnoty normalizované kriteriální matice

Dále vypočteme normalizovanou váženou kriteriální matici.

	f_1	f_2	f_3	f_4
S	0,33905	0,03656	0,06718	0,06187
Z	0,25524	0,03656	0,13435	0,08289
JZ	0	0,05483	0,13435	0,1004
J	0,13715	0,07311	0,20153	0,07822

Tabulka 6.13: Hodnoty normalizované vážené kriteriální matice

Poté určíme ideální variantu $H = (0,33905; 0,07311; 0,20153; 0,1004)$ a bazální variantu $D = (0; 0,03656; 0,06718; 0,06187)$. Vypočteme vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty d_i^+ a od bazální varianty d_i^- . Varianty se sestupně seřadí podle hodnot c_i a určí se pořadí.

	d_i^+	d_i^-	c_i	Pořadí
S	0,14447	0,33905	0,70122	1.
Z	0,1148	0,26477	0,69755	2.
JZ	0,34613	0,07957	0,18691	4.
J	0,20312	0,19612	0,49123	3.

Tabulka 6.14: Závěrečné výsledky metody TOPSIS

6.2.6 Řešení podle metody ELECTRE I.

Nejprve vypočteme matici stupňů preference C .

	S	Z	JZ	J
S	x	0,551	0,446	0,446
Z	0,449	x	0,731	0,61
JZ	0,554	0,269	x	0,164
J	0,554	0,39	0,836	x

Tabulka 6.15: Hodnoty matice stupňů preference

Následně spočítáme matici stupňů dispreference D .

	S	Z	JZ	J
S	x	1	1	1
Z	0,01222	x	1	0,025
JZ	0,02697	0,03133	x	0,00526
J	0,03786	1	1	x

Tabulka 6.16: Hodnoty matice stupňů dispreference

Pro určení celkové preference mezi dvojicí variant se musí zadat práh preference c^* a práh dispreference d^* . Stanovíme hodnoty $c^* = 0,6$ a $d^* = 0,1$.

	S	Z	JZ	J	Efektivnost variant
S	x	0	0	0	neefektivní
Z	0	x	0	1	efektivní
JZ	0	0	x	0	neefektivní
J	0	0	0	x	neefektivní

Tabulka 6.17: Závěrečné výsledky metody ELECTRE I.

6.2.7 Závěr

Metody založené na výpočtu hodnot funkce užitku (metoda váženého součtu a metoda AHP) dospěly ke stejnému výsledku, dle něhož by se město Strakonice mělo rozhodnout vybudovat skládku odpadů v jižní lokalitě.

Metoda TOPSIS, jenž je založena na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty, vybrala z nabízených variant severní lokalitu.

U metody ELECTRE I., která je založena na vyhodnocování preferenční relace, je jedinou efektivní variantou západní lokalita.

Ze závěrů jednotlivých metod je patrné, že každá metoda může dospět k rozdílnému řešení. Z tohoto důvodu se doporučuje při vícekritériálním hodnocení variant uplatnit více metod a následně zvolit řešení, které se nejčastěji vyskytuje na prvním místě. Město Strakonice by se proto mělo rozhodnout vybudovat skládku odpadů v jižní lokalitě, která byla vybrána za optimální variantu u dvou použitých metod.

6.3 Aplikace metody AHP při veřejné zakázce

6.3.1 Zadání

Město České Budějovice vypsalo veřejnou zakázku na dodávku hromadného stravování a další služby spojené s provozováním prostor určených pro hromadné stravování. Jedná se o dodávku hromadného stravování včetně provozování bufetu s podmínkou pronájmu a vlastního provozování objektu. Do výběrového řízení se přihlásilo 9 firem, hodnotící komise o 3 členech vybrala 5 hlavních kandidátů, kteří dodali všechny potřebné dokumenty. Kritéria při výběru dodavatele jsou:

f_1 - nabídková cena

f_2 - pestrost nabídky dodávané stravy

f_3 - zabezpečení hygieny

f_4 - způsob fakturace

f_5 - výdeje a objednání stravy

K vyřešení této úlohy se použije metoda AHP, která na každé úrovni hierarchické struktury použije Saatyho metodu kvantitativního párového porovnání. Pomocí subjektivních hodnocení párového porovnání pak tato metoda přiřazuje jednotlivým komponentám kvantitativní charakteristiky vyjadřující jejich důležitost. Syntézou těchto hodnocení se pak stanoví komponenta s nejvyšší prioritou, na níž se rozhodovatel zaměří s cílem získat řešení rozhodovacího problému. Její výhodou je možnost uplatnění při hodnocení více experty, jimž jsou přiřazeny míry jejich fundovanosti.

Na řešení této úlohy by se samozřejmě daly aplikovat i jiné metody. Ve výběrových řízeních je v současné době nejčastěji využívána bodovací metoda, kdy hodnotící komise použije bodovací stupnici v rozsahu 0 až 100. Tato metoda je používána kvůli své jednoduchosti, ale může se v ní vyskytnout mnoho nesrovnalostí.

6.3.2 Řešení experta 1

Expert nejprve porovná každou dvojici kritérií a velikosti preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu zapíše do Saatyho matice $S = (s_{ij})$. Poté se vypočtou hodnoty b_i jako geometrický průměr řádků Saatyho matice a normalizací hodnot b_i se zjistí váhy jednotlivých kritérií.

Expert 1	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	b_i	v_i
f_1	1	4	2	3	4	2,491	0,399
f_2	0,25	1	0,25	0,5	2	0,574	0,092
f_3	0,5	4	1	3	4	1,888	0,303
f_4	0,33333	2	0,33333	1	2	0,850	0,136
f_5	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,435	0,070

Tabulka 6.18: Stanovení vah kritérií Saatyho metodou

Nejprve porovnáme varianty z hlediska kritéria nabídková cena, míru preference zapíšeme do Saatyho matice. Stejně pokračujeme i u dalších kritérií.

f_1	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	0,25	0,2	0,5	0,33333	0,384	0,062	0,025
B	4	1	0,5	3	2	1,644	0,263	0,105
C	5	2	1	4	3	2,605	0,417	0,167
D	2	0,33333	0,25	1	0,5	0,608	0,097	0,039
E	3	0,5	0,33333	2	1	1,000	0,160	0,064

Tabulka 6.19: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_1

f_2	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	3	2	3	4	2,352	0,398	0,037
B	0,33333	1	0,5	2	3	1,000	0,169	0,016
C	0,5	2	1	2	3	1,431	0,242	0,022
D	0,33333	0,5	0,5	1	2	0,699	0,118	0,011
E	0,25	0,33333	0,33333	0,5	1	0,425	0,072	0,007

Tabulka 6.20: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_2

f_3	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	2	3	0,5	4	1,644	0,263	0,080
B	0,5	1	2	0,33333	3	1,000	0,160	0,048
C	0,33333	0,5	1	0,25	2	0,608	0,097	0,029
D	2	3	4	1	5	2,605	0,417	0,126
E	0,25	0,33333	0,5	0,2	1	0,384	0,062	0,019

Tabulka 6.21: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_3

f_4	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	2	0,5	3	3	1,552	0,264	0,036
B	0,5	1	0,5	3	2	1,084	0,185	0,025
C	2	2	1	4	3	2,169	0,369	0,050
D	0,33333	0,33333	0,25	1	0,5	0,425	0,072	0,010
E	0,33333	0,5	0,33333	2	1	0,644	0,110	0,015

Tabulka 6.22: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_4

f_5	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	0,2	0,333333	0,25	0,25	0,334	0,053	0,004
B	5	1	4	3	2	2,605	0,413	0,029
C	3	0,25	1	0,5	0,333333	0,660	0,105	0,007
D	4	0,333333	2	1	0,5	1,059	0,168	0,012
E	4	0,5	3	2	1	1,644	0,261	0,018

Tabulka 6.23: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_5

Výběr varianty nyní získáme jako součet dílčích hodnocení variant podle jednotlivých variant. Následně se stanoví pořadí jednotlivých variant u experta 1.

	Součet hodnocení	Pořadí
A	0,181	4.
B	0,223	2.
C	0,276	1.
D	0,198	3.
E	0,122	5.

Tabulka 6.24: Závěrečné výsledky u experta 1

6.3.3 Řešení experta 2

U experta 2 budeme pokračovat stejným způsobem jako u experta 1.

Expert 2	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	b_i	v_i
f_1	1	4	3	5	3	2,825	0,446
f_2	0,25	1	0,333333	2	0,5	0,608	0,096
f_3	0,333333	3	1	4	2	1,516	0,239
f_4	0,2	0,5	0,25	1	0,333333	0,384	0,061
f_5	0,333333	2	0,5	3	1	1,000	0,158

Tabulka 6.25: Stanovení vah kritérií Saatyho metodou

f_1	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	0,2	0,16667	0,5	0,25	0,334	0,050	0,022
B	5	1	0,5	4	2	1,821	0,274	0,122
C	6	2	1	5	3	2,825	0,426	0,190
D	2	0,25	0,2	1	0,33333	0,506	0,076	0,034
E	4	0,5	0,33333	3	1	1,149	0,173	0,077

Tabulka 6.26: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_1

f_2	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	2	3	0,33333	5	1,585	0,240	0,023
B	0,5	1	3	0,33333	5	1,201	0,182	0,017
C	0,33333	0,33333	1	0,25	2	0,561	0,085	0,008
D	3	3	4	1	6	2,930	0,444	0,043
E	0,2	0,2	0,5	0,16667	1	0,320	0,048	0,005

Tabulka 6.27: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_2

f_3	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	0,2	0,5	0,33333	0,2	0,367	0,056	0,013
B	5	1	5	3	2	2,724	0,417	0,100
C	2	0,2	1	0,5	0,25	0,549	0,084	0,020
D	3	0,33333	2	1	0,33333	0,922	0,141	0,034
E	5	0,5	4	3	1	1,974	0,302	0,072

Tabulka 6.28: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_3

f_4	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	0,25	2	0,5	0,33333	0,608	0,097	0,006
B	4	1	5	3	2	2,605	0,417	0,025
C	0,5	0,2	1	0,33333	0,25	0,384	0,062	0,004
D	2	0,33333	3	1	0,5	1,000	0,160	0,010
E	3	0,5	4	2	1	1,644	0,263	0,016

Tabulka 6.29: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_4

f_5	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	3	2	4	5	2,605	0,417	0,066
B	0,33333	1	0,5	2	3	1,000	0,160	0,025
C	0,5	2	1	3	4	1,644	0,263	0,042
D	0,25	0,5	0,33333	1	2	0,608	0,097	0,015
E	0,2	0,33333	0,25	0,5	1	0,384	0,062	0,010

Tabulka 6.30: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_5

Následně se stanoví pořadí jednotlivých variant u experta 2.

	Součet hodnocení	Pořadí
A	0,131	5.
B	0,290	1.
C	0,264	2.
D	0,136	4.
E	0,180	3.

Tabulka 6.31: Závěrečné výsledky u experta 2

6.3.4 Řešení experta 3

U experta 3 budeme pokračovat stejným způsobem jako u experta 1.

Expert 3	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	b_i	v_i
f_1	1	2	3	5	4	2,605	0,417
f_2	0,5	1	2	4	3	1,644	0,263
f_3	0,33333	0,5	1	2	4	1,059	0,169
f_4	0,2	0,25	0,5	1	0,5	0,416	0,067
f_5	0,25	0,33333	0,25	2	1	0,530	0,085

Tabulka 6.32: Stanovení vah kritérií Saatyho metodou

f_1	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	0,25	0,2	0,5	0,33333	0,384	0,062	0,026
B	4	1	0,5	3	2	1,644	0,263	0,110
C	5	2	1	4	3	2,605	0,417	0,174
D	2	0,33333	0,25	1	0,5	0,608	0,097	0,041
E	3	0,5	0,33333	2	1	1,000	0,160	0,067

Tabulka 6.33: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_1

f_2	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	0,25	3	0,5	0,33333	0,660	0,101	0,027
B	4	1	6	3	3	2,930	0,451	0,118
C	0,33333	0,16667	1	0,33333	0,2	0,326	0,050	0,013
D	2	0,33333	3	1	0,5	1,000	0,154	0,040
E	3	0,33333	5	2	1	1,585	0,244	0,064

Tabulka 6.34: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_2

f_3	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	3	2	4	5	2,605	0,404	0,068
B	0,33333	1	0,33333	2	3	0,922	0,143	0,024
C	0,5	3	1	4	5	1,974	0,306	0,052
D	0,25	0,5	0,25	1	2	0,574	0,089	0,015
E	0,2	0,33333	0,2	0,5	1	0,367	0,057	0,010

Tabulka 6.35: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_3

f_4	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	3	2	3	4	2,352	0,385	0,026
B	0,33333	1	0,33333	2	3	0,922	0,151	0,010
C	0,5	3	1	3	4	1,783	0,292	0,019
D	0,33333	0,5	0,33333	1	2	0,644	0,106	0,007
E	0,25	0,33333	0,25	0,5	1	0,401	0,066	0,004

Tabulka 6.36: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_4

f_5	A	B	C	D	E	b_i	v_i	w_i
A	1	0,25	0,16667	0,33333	0,33333	0,341	0,054	0,005
B	4	1	0,5	3	2	1,644	0,259	0,022
C	6	2	1	4	3	2,702	0,426	0,036
D	3	0,33333	0,25	1	0,5	0,660	0,104	0,009
E	3	0,5	0,33333	2	1	1,000	0,158	0,013

Tabulka 6.37: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_5

Konzistence všech uvedených Saatyho matic byla ověřena v programu Maple. Následně se stanoví pořadí jednotlivých variant u experta 3.

	Součet hodnocení	Pořadí
A	0,151	4.
B	0,284	2.
C	0,294	1.
D	0,112	5.
E	0,158	3.

Tabulka 6.38: Závěrečné výsledky u experta 3

6.3.5 Závěr

Na závěr je potřeba zjistit konečné výsledky rozhodování všech expertů. Jejich součet hodnocení se vynásobí váhou 0,333, poté se zjistí celkové hodnocení jednotlivých firem a stanoví se pořadí.

	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Součet hodnocení	Pořadí
A	0,060	0,044	0,050	0,154	3.
B	0,074	0,097	0,095	0,266	2.
C	0,092	0,088	0,098	0,278	1.
D	0,066	0,045	0,037	0,148	5.
E	0,041	0,060	0,053	0,153	4.

Tabulka 6.39: Závěrečné výsledky metody AHP

Hodnotící komise o 3 členech vybrala dle metody AHP firmu C.

7 Závěr

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

Hlavním cílem této práce bylo aplikovat metody vícekriteriálního hodnocení variant na konkrétní rozhodovací situace ve veřejném sektoru. Úkolem bylo představit nejdůležitější metody a ukázat možnost jejich uplatnění v praxi. Z metod vyžadující ordinální informaci jsem zvolil Cookovu - Seifordovu metodu, kterou lze využít při omezení z hlediska zdrojů. U metod vyžadujících kardinální informaci jsem použil metodu váženého součtu a metodu AHP (založeny na výpočtu hodnot funkce užitku), metodu TOPSIS (založena na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty) a metodu ELECTRE I. (založena na vyhodnocování preferenční relace).

Je ovšem třeba říci, že pro analýzu a výběr veřejných projektů a zakázek se zdaleka nepoužívá všech dostupných a vhodných metod a prostředků, jimiž lze optimalizovat rozhodnutí o výběru veřejných projektů a zakázek. Zvláště aktuální je řešení problémů při zadávání veřejných zakázek. I když je většina výběrových řízení zadána v souladu s platnými zákony, při důsledném respektování zákonitostí a přístupů vícekriteriálního rozhodování by došlo k výraznému poklesu četnosti výskytu problémů při obhajobě rozhodnutí. Minimálně by se zúžil prostor pro podávání protestů neúspěšných subjektů proti nekorektnosti výběrového řízení a odpovědní pracovníci by mohli účinněji čelit a vyvracet spekulace o korupci.

Metody vícekriteriálního rozhodování jsou v dnešní době ve veřejném sektoru využívány velmi málo a myslím si, že v budoucnosti budou nacházet stále širší uplatnění.

8 Summary

The models of multicriterial decision making reflect the decision problems in which the decision results are reviewed by several criteria. The consideration of the several criteria in the process of evaluation brings difficulties into the problem solvent which result from the basic controversy of the criteria. The purpose of these models in given situations is either finding the best option according to all the considered aspects or elimination of the ineffective options or systematization of the option sets.

The main purpose of this thesis was the application of the multicriterial decision making options methods on specific decision situations in the public sector. The task was to present the most important methods and to show the possibility of their use in reality. From the methods requiring ordinal information I chose the Cook - Seiford method which can be utilized when the sources are limited. From the cardinal data requiring methods I chose the Weighted Sum Approach method and the AHP method (based on the calculation of values of the utility function), the TOPSIS method (based on the minimization of distance from the ideal option) and the ELECTRE I. method (based on the plotting of the preferential relation).

9 Použité zdroje

- [1] BIERMAN, H., BONINI, CH. P., HAUSMAN, W. H. *Quantitative Analysis for Business Decisions*. 1. vyd. Homewood: Irwin, 1986.
- [2] BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. 1. vyd. Praha: ČZU, 2003. 178 s. ISBN: 80-213-1019-7
- [3] Distance Learning Module for Management Science [online]. [cit. 10. ledna 2008]. Dostupné na WWW: <http://orms.czu.cz/>.
- [4] FIALA, P. *Teorie rozhodování*. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 1999. 214 s. ISBN 80-7044-237-9.
- [5] FIALA, P., JABLONSKÝ, J., MAŇAS, M. *Vícekriteriální rozhodování*. 1. vyd. Praha: VŠE, 1994. 316 s. ISBN 80-7079-748-7.
- [6] FRIEBELOVÁ, J., KLICNAROVÁ, J. *Rozhodovací modely pro ekonomy*. 1. vyd. České Budějovice: JČU, 2007. 135 s. ISBN 978-80-7394-035-5.
- [7] FOTR, J., DĚDINA, J. *Manažerské rozhodování*. 1. vyd. Praha: Ekopress, 1997. 207 s. ISBN 80-901991-7-8.
- [8] GROSS, I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
- [9] HRŮZOVÁ, H., RICHTER, J., ŠVECOVÁ, L. *Manažerské rozhodování - cvičebnice*. 2. vyd. Praha: VŠE, 2003. 182 s. ISBN 80-245-0486-3.
- [10] Informační systém o veřejných zakázkách [online]. [cit. 10. ledna 2008]. Dostupné na WWW: <http://www.isvzus.cz/usisvz/>.
- [11] Jihočeský kraj [online]. [cit. 10. ledna 2008]. Dostupné na WWW: <http://www.kraj-jihocesky.cz>.
- [12] KUBÁTOVÁ, J. *Kvantitativní manažerské metody*. 1. vyd. Olomouc: UP, 2000. 199 s. ISBN 80-244-0144-4.
- [13] MALIŠOVÁ, I., MALÝ, I. *Hodnocení veřejných projektů*. 1. vyd. Brno: MU, 1997. 88 s. ISBN 80-210-1591-8.

- [14] Město České Budějovice [online]. [cit. 10. ledna 2008]. Dostupné na WWW: <http://www.c-budejovice.cz/cz>.
- [15] MUSGRAVE, R. A., MUSGRAVE, P. B. *Veřejné finance v teorii a praxi*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1994. 581 s. ISBN 80-85603-76-4.
- [16] OCHRANA F. *Veřejné projekty a veřejné zakázky (Hodnocení a výběr)*. 1. vyd. Praha: Codex Bohemia, 1999. 232 s. ISBN 80-85963-96-5.
- [17] Portál o veřejných zakázkách a koncesích [online]. [cit. 10. ledna 2008]. Dostupné na WWW: <http://www.portal-vz.cz/>.
- [18] TRIANTAPHYLLOU E. *Multi-kriteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Kluwer, 2000.
- [19] WISNIEWSKI, M. *Metody manažerského rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. 512 s. ISBN 80-7169-089-9.
- [20] Zákon o veřejných zakázkách č. 137/2006 Sb. [online]. [cit. 10. ledna 2008]. Dostupné na WWW: <http://www.verejna-zakazka.cz/zakon/index.php>.
- [21] ZÍSKAL, J. *Metody optimálního rozhodování pro veřejnou správu*. 1. vyd. Praha: ČZU, 2001. 250 s. ISBN 80-213-0794-3.

Přehled tabulek a obrázků

Tabulky:

<i>Tabulka 4.1: Fullerův trojúhelník</i>	21
<i>Tabulka 6.1: Stanovení vah metodou pořadí</i>	41
<i>Tabulka 6.2: Konkrétní hodnoty jednotlivých variant</i>	44
<i>Tabulka 6.3: Stanovení vah kritérií Saatyho metodou</i>	45
<i>Tabulka 6.4: Převedení na maximalizační kritéria</i>	45
<i>Tabulka 6.5: Závěrečné výsledky metody váženého součtu</i>	46
<i>Tabulka 6.6: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_1</i>	46
<i>Tabulka 6.7: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_2</i>	46
<i>Tabulka 6.8: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_3</i>	46
<i>Tabulka 6.9: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_4</i>	47
<i>Tabulka 6.10: Závěrečné výsledky metody AHP</i>	47
<i>Tabulka 6.11: Převedení na maximalizační kritéria</i>	47
<i>Tabulka 6.12: Hodnoty normalizované kriteriální matice</i>	48
<i>Tabulka 6.13: Hodnoty normalizované vážené kriteriální matice</i>	48
<i>Tabulka 6.14: Závěrečné výsledky metody TOPSIS</i>	48
<i>Tabulka 6.15: Hodnoty matice stupňů preference</i>	49
<i>Tabulka 6.16: Hodnoty matice stupňů dispreference</i>	49
<i>Tabulka 6.17: Závěrečné výsledky metody ELECTRE I.</i>	49
<i>Tabulka 6.18: Stanovení vah kritérií Saatyho metodou</i>	51
<i>Tabulka 6.19: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_1</i>	52
<i>Tabulka 6.20: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_2</i>	52
<i>Tabulka 6.21: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_3</i>	52

<i>Tabulka 6.22: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_4</i>	52
<i>Tabulka 6.23: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_5</i>	53
<i>Tabulka 6.24: Závěrečné výsledky u experta 1</i>	53
<i>Tabulka 6.25: Stanovení vah kritérií Saatyho metodou</i>	53
<i>Tabulka 6.26: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_1</i>	54
<i>Tabulka 6.27: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_2</i>	54
<i>Tabulka 6.28: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_3</i>	54
<i>Tabulka 6.29: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_4</i>	54
<i>Tabulka 6.30: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_5</i>	55
<i>Tabulka 6.31: Závěrečné výsledky u experta 2</i>	55
<i>Tabulka 6.32: Stanovení vah kritérií Saatyho metodou</i>	55
<i>Tabulka 6.33: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_1</i>	56
<i>Tabulka 6.34: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_2</i>	56
<i>Tabulka 6.35: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_3</i>	56
<i>Tabulka 6.36: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_4</i>	56
<i>Tabulka 6.37: Porovnání variant Saatyho metodou dle kritéria f_5</i>	57
<i>Tabulka 6.38: Závěrečné výsledky u experta 3</i>	57
<i>Tabulka 6.39: Závěrečné výsledky metody AHP</i>	57

Obrázky:

<i>Obrázek 5.1: Hierarchie metody AHP</i>	34
---	----