

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: 103003/B/2014/3533783563

**POUŽITIE METÓD VIACKRITERIÁLNEHO
ROZHODOVANIA V ŠTÁTNEJ SPRÁVE**

Bakalárska práca

2014

Martin Šurek

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

**POUŽITIE METÓD VIACKRITERIÁLNEHO
ROZHODOVANIA V ŠTÁTNEJ SPRÁVE**

Bakalárska práca

Študijný program: Manažérske rozhodovanie a informačné technológie

Študijný odbor: 6258 Manažérske rozhodovanie a informačné technológie

Školiace pracovisko: Katedra operačného výskumu a ekonometrie

Vedúci záverečnej práce: Ing. Ivan Brezina

2014

Martin Šurek

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že záverečnú prácu som vypracoval samostatne a že som uviedol všetku použitú literatúru.

Dátum:

.....

Martin Šurek

POĎAKOVANIE

Týmto by som sa chcel poďakovať môjmu vedúcemu bakalárskej práce Ing. Ivanovi Brezinovi za všetok čas, ktorý mi počas doby písania mojej záverečnej práce venoval, za poskytnuté cenné rady a inšpiráciu.

Abstrakt

Šurek, Martin: Použitie metód viackriteriálneho rozhodovania v štátnej správe. Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta hospodárskej informatiky – Katedra operačného výskumu a ekonometrie. – Ing. Ivan Brezina. – Bratislava: FHI, 2014, 30 strán.

Cieľom tejto bakalárskej práce je oboznámenie čitateľa z metodikou uplatnenia metód viackriteriálneho rozhodovania vo výberových konaniach v oblasti štátnej správy. Hlavnou náplňou práce je popísanie procesu rozhodovania na základe viacerých kritérií so zameraním sa na metódy PROMETHEE I a PROMETHEE II, využitých pri riešení prípadovej štúdie. Práca je rozdelená na 4 kapitoly, obsahuje 9 obrázkov, 10 tabuliek a 1 prílohu.

V teoretickej časti tejto práce sme sa venovali zadefinovaniu štátnej správy, popísaniu v súčasnosti využívaných metód výberu dodávateľa v procesoch verejného obstarávania a popísaniu metód viackriteriálneho rozhodovania z dôrazom na metódy PROMETHEE. V praktickej časti sme naformulovali prípadovú štúdiu výberu dodávateľa servisných prác Ministerstvom dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR týkajúcich sa údržby meteozaariadení nachádzajúcich sa popri diaľniciach a rýchlostných cestách. Úlohu sme riešili pomocou metód PROMETHEE I a II. Výsledkom bol výber optimálneho dodávateľa servisných prác a to konkrétne firmy „D“.

Kľúčové slová

Štátna správa, verejné obstarávanie, metódy viackriteriálneho rozhodovania, PROMETHEE I a II

Abstract

Šurek, Martin: Use of multicriteria decisions in state administration. The University of Economics in Bratislava. Faculty of Economic Informatics – Department of Operations research and Econometrics. – Ing. Ivan Brezina. – Bratislava: FHI, 2014,30 pages.

The aim of this bachelor paper is to introduce the reader with the methodology of application methods of multicriteria decision making in selection procedures in state administration. The main scope of work is to describe the process of decision making based on multiple criteria by focusing on methods PROMETHEE I and PROMETHEE II, utilized to solve the case study. The work is divided into 4 chapters, contain 9 images, 10 tables and 1 attachment.

In the theoretical part of this work we have devoted to defining the state administration, describing the currently used methods of supplier selection in procurement processes and described multicriteria decision-making methods with emphasis on the PROMETHEE method. In practical part, we have formulated a case study of supplier selection servicing the Ministry of Transport, Construction and Regional Development of maintenance meteorological machines located along highways and expressways. The task we solved using methods PROMETHEE I and II. The result was the selection of the optimal contractor servicing company namely „D“.

Keywords

State administration, public procurement, multicriteria decision making methods, PROMETHEE I and II.

OBSAH

Zoznam obrázkov a tabuliek.....	8
Úvod.....	9
1 Súčasný stav riešenej problematiky.....	10
1.1 Úvod do štátnej správy.....	10
1.2 Verejné obstarávanie.....	10
1.2.1 Súčasná metodika využívaná v praxi.....	12
1.3 Metódy viackriteriálneho rozhodovania.....	13
1.3.1 História metód viackriteriálneho rozhodovania.....	14
1.3.2 Model viackriteriálneho rozhodovania.....	17
2 Cieľ práce a postupy riešenia.....	19
3 Metodika práce.....	20
3.1 Metódy PROMETHEE I a II.....	20
3.2 Výstupy a riešenie metód PROMETHEE I a II.....	27
4 Výsledky práce.....	29
4.1 Zadanie prípadovej štúdie.....	29
4.2 Charakteristika rozhodovacích kritérií.....	30
4.3 Riešenie prípadovej štúdie metódami PROMETHEE I a II.....	34
Diskusia a záver práce.....	37
Použitá literatúra.....	38
Prílohy.....	40

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 – Preferenčná funkcia F_iH_i	21
Obrázok 2 - Preferenčná funkcia 1. typu.....	22
Obrázok 3 - Preferenčná funkcia 2. typu.....	23
Obrázok 4 - Preferenčná funkcia 3. typu.....	24
Obrázok 5 - Preferenčná funkcia 4. typu.....	24
Obrázok 6 - Preferenčná funkcia 5. typu.....	25
Obrázok 7 - Preferenčná funkcia 6. typu.....	26
Obrázok 8 – Zoradenie alternatív prostredníctvom PROMETHEE I a II.....	35
Obrázok 9 - Hodnotenie alternatív prostredníctvom PROMETHEE Rainbow.....	36

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1- Limity zákazok vo verejnom obstarávaní.....	11
Tabuľka 2 - Kritérium Základná cena.....	30
Tabuľka 3 - Kritérium Cena za náhradné diely.....	31
Tabuľka 4 - Kritérium Hodinová sadzba.....	31
Tabuľka 5 - Kritérium Minimálny garantovaný počet obhliadok.....	32
Tabuľka 6 - Kritérium Rýchlosť servisných prác.....	32
Tabuľka 7 - Kritérium Hodnotenie spoločnosti.....	33
Tabuľka 8 - Váhové ohodnotenie kritérií.....	33
Tabuľka 9 - Preferencie alternatív pomocou metódy PROMETHEE I.....	34
Tabuľka 10 - Usporiadanie alternatív pomocou metódy PROMETHEE II.....	35

Úvod

S pojmom rozhodovanie sa v každodennej realite stretávame veľmi často. Vo väčšine prípadov pri rozhodovaní neberieme do úvahy len jedno rozhodovacie kritérium ale naše rozhodnutie z logických dôvodov ovplyvňuje viacero faktorov, ktoré v rozličnej miere ovplyvňujú výsledok nášho rozhodnutia. Do úvahy treba brať aj fakt, že každý z nás môže mať čiastočne iný pohľad na vec a pri rozhodovaní si určuje vlastné priority pre jednotlivé kritériá, podľa svojich osobných preferencií.

Výberové konanie na dodávateľa v oblasti štátnej správy je veľmi dôležitý rozhodovací proces v ktorom je potrebné zvoliť optimálnu voľbu na základe vopred stanovených kritérií rozhodovania aby bol výsledok voľby najvhodnejším riešením z hľadiska splnenia požadovanej úrovne kvality, časového ohraničenia, ekonomicky efektívny a v medziach rozpočtu a pod. Bohužiaľ v praxi sa často stretávame so situáciami, keď voľba dodávateľa vo výberovom konaní nie je spracovaná objektívne z prihliadnutím na všetky relevantné faktory. V mnohých prípadoch sa za jediné kritérium pri výbere dodávateľa považuje cena za daný tovar alebo službu, čo môže viesť k nie správne riešeniu procesu výberu dodávateľa.

Na podporu objektívneho a transparentného vyhodnotenia ponúk jednotlivých dodávateľov je možné využiť kvantitatívne metódy viackriteriálneho rozhodovania, ktoré vyhodnocujú ponuky prostredníctvom viacerých určených faktorov a zachytávajú aj kvalitu ponuky. V tejto práci sa budeme venovať konkrétne metódam PROMETHEE (Preference Ranking Organization Methode For Enrichment of Evaluations), kde vzájomne porovnáme metódy PROMETHEE I a PROMETHEE II a ich aplikácií pri konkrétnom výberovom konaní v oblasti štátnej správy, nakoľko tieto metódy sú veľmi efektívne a pomerne jednoduché z hľadiska výpočtu čo umožňuje ich využitie v praxi.

Táto práca je rozdelená na niekoľko kapitol. V prvej kapitole sa oboznámime so základnými pojmami týkajúcimi sa verejného obstarávania v oblasti štátnej správy a úvodom do problematiky viackriteriálneho rozhodovania, kde popíšeme aj postupy riešenia úloh viackriteriálneho rozhodovania pomocou metód PROMETHEE. V druhej kapitole načrtne metodiku a postupy výskumu a riešenia problematiky výberu najvhodnejšieho dodávateľa. V tretej kapitole budeme riešiť prípadovú štúdiu a výsledky budeme prezentovať v závere práce a diskusii.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

V tejto kapitole si priblížime základné pojmy týkajúce sa štátnej správy a verejného obstarávania, ďalej sa budeme venovať aktuálnym situáciám a postupom výberu vhodného dodávateľa, bežne využívanými v praxi. Predstavíme si podstatu metód viackriteriálneho rozhodovania používaných v súčasnosti a načrtujeme postupy riešenia rozhodovacieho problému pomocou vybraných metód PROMETHEE I a II.

1.1 Úvod do štátnej správy

Štátna správa a samospráva sú základné zložky verejnej správy, ktorá predstavuje správu verejných záležitostí a realizuje sa ako prejav výkonnej moci v štáte. Štátna správa je istý druh organizačnej činnosti štátu, ktorá sa uskutočňuje v jeho mene a má výkonný či nariadovací charakter, pričom ciele tejto činnosti a spôsoby jej uskutočňovania sú regulované právom. Pod štátnu správu spadá mnoho rôznych inštitúcií – úrad vlády, jednotlivé ministerstvá, úrady (katastrálny, protimonopolný, bezpečnosti práce, priemyselného vlastníctva, jadrového dozoru, štátnych hmotných rezerv atd.), krajské a obvodné úrady a ďalšie inštitúcie. Jednotlivé orgány sú hierarchicky usporiadané. Hlavným orgánom štátnej správy pre verejné obstarávanie je Úrad pre verejné obstarávanie so sídlom v Bratislave. [7]

1.2 Verejné obstarávanie

Na Slovensku verejné obstarávanie právne pokrýva zákon o verejnom obstarávaní a o zmene a doplnení niektorých zákonov č. 25/2006 Zbierky zákonov. Autorom daného zákona je Národná rada Slovenskej republiky. Je platný od 25. januára 2006 a účinnosť nadobudol 1. januára 2014.¹

Pod pojmom obstarávanie rozumieme pravidlá a postupy, ktorými sa zadávajú zákazky na dodanie tovaru, uskutočnenie stavebných prác, poskytnutie služby a súťaž návrhov. Verejným obstarávateľom môže byť Slovenská republika zastúpená svojimi orgánmi, obec, vyšší územný celok, právnická osoba zriadená a konajúca vo verejnom

¹ Uverejnené v Zbierke zákonov č. 14/2006 strana 142

záujme a kontrolovaná verejným sektorom , združenie právnických osôb kde je členom niektorý z predchádzajúcich subjektov.

Rozoznávame nasledovné typy verejných zákaziek²:

- Dodanie tovaru
- Uskutočňovanie stavebných prác
- Poskytnutie služieb (finančné, právne, projektové, autorské dozory atď.).

Pri verejnom obstarávaní sa používajú nasledovné postupy:³

- Rokovacie konanie (verejné alebo neverejné)
- Verejná súťaž
- Užšia súťaž (iba dodávatelia pozvaný obstarávateľom)
- Súťažný dialóg (pri zložitých projektoch)

Zákazky sa delia v závislosti od predpokladanej hodnoty na nadlimitné, podlimitné, podprahové alebo z nízkou hodnotou. Jednotlivé limity sú uvádzané v smerniciach. Aktuálne limity pre verejného obstarávateľa sú nasledovné:

Tabuľka 1: Finančné limity

<i>zákazka/finančný limit</i>	<i>zákazky podľa § 9 ods. 9 zákona o VO</i>	<i>podlimitné zákazky</i>	<i>nadlimitné zákazky</i>
<i>tovar, služba § 6 a) - zákona o VO</i>	< 20 000 €	≥ 20 000 € < 134 000 €	≥ 134 000 €
<i>potraviny</i>	< 40 000 €	≥ 40 000 € < 134 000 €	
<i>tovar, služba § 6 b) až e) - zákona o VO</i>	< 20 000 €	≥ 20 000 € < 207 000 €	≥ 207 000 €
<i>potraviny</i>	< 40 000 €	≥ 40 000 € < 207 000 €	
<i>stavebná práca</i>	< 30 000 €	≥ 30 000 € < 5 186 000 €	≥ 5 186 000 €

zdroj: www.vosk.sk¹

² §3 Zákona o verejnom obstarávaní č. 25/2006 Z.z.

Kritériá na vyhodnotenie ponúk - Verejný obstarávateľ vyhodnocuje ponuky na základe kritérií na vyhodnotenie ponúk. Ponuky sa vyhodnocujú na základe ekonomicky najvýhodnejšej ponuky alebo najnižšej ceny. Ak sa ponuky vyhodnocujú na základe ekonomicky najvýhodnejšej ponuky, verejný obstarávateľ a obstarávateľ určí jednotlivé kritériá súvisiace s predmetom zákazky tak, aby vyjadrovali vzťah úžitkovej hodnoty plnenia a ceny, pričom kritériami sú najmä kvalita, cena, technické vyhotovenie, estetické a funkčné charakteristiky, environmentálne charakteristiky, prevádzkové náklady, efektívnosť vynaložených nákladov atď. Ak nemožno z preukázateľných dôvodov určiť relatívnu váhu jednotlivých kritérií, uvedú sa v zostupnom poradí dôležitosti.

1.2.1 Súčasná metodika využívaná v praxi

V súčasnosti sa značné množstvo verejných obstarávaní riadi vypracovanými vzormi, ktoré majú slúžiť ako pomôcka na zjednodušenie práce obstarávateľov, vypracovanými úradom pre verejné obstarávanie. Kritériá na uplatnenie ponúk sa riadia určitými pravidlami ich uplatnenia. Všeobecne môžu nastať dve alternatívy:³

1. Alternatíva – ak je stanovené jediné kritérium hodnotenia ponúk a týmto kritériom je najnižšia cena za dodanie tovaru alebo služby, určí sa poradie jednotlivých uchádzačov na základe ich navrhovanej výšky ceny za daný tovar alebo službu a vyberá sa uchádzač navrhujúci najnižšiu cenu. Výnimka môže nastať v prípade ak žiadna z navrhovaných cien jednotlivých uchádzačov nie je pre obstarávateľa prijateľná z dôvodu, že presahujú maximálnu výšku peňažných zdrojov, ktoré má na daný účel k dispozícii.

2. Alternatíva – stanoví sa viacero kritérií výberu ekonomicky najvýhodnejšej ponuky, napríklad cena za dodanie predmetu obstarávania alebo lehota dodania atď. Súčet bodového ohodnotenia všetkých kritérií spolu je max.100 bodov, pričom max. 80 bodov je udelených za cenu za dodanie predmetu obstarávania a max. 20 bodov za lehotu dodania. Je zároveň potrebné určiť spôsob bodovania. Bežne používaný model bodovania prideluje maximálny počet bodov uchádzačovi, ktorého ponuka má najnižšiu

³ Odbor metodiky úradu pre verejné obstarávanie, uverejnené na internete - <http://www.uvo.gov.sk>

navrhovanú cenu a pri ostatných uchádzačoch sa ich bodové ohodnotenie určí úmerou. Hodnotenie ceny za dodanie predmetu obstarávania zvyšných ponúk je potom vyjadrené ako podiel najnižšej navrhovanej ceny a navrhovanej ceny príslušnej ponuky, prenasobené max. počtom bodov pre dané kritérium. Pri lehote dodania sa max. počet bodov udeľuje ponuke uchádzača z najkratšou lehotou dodania a počet bodov ostatných uchádzačov sa určuje pomocou úmery obdobným spôsobom ako pri cene.

Za víťaza súťaže je považovaný uchádzač, ktorý získava najvyššie bodové ohodnotenie z pomedzi všetkých uchádzačov, pričom poradie ostatných uchádzačov sa určí na základe počtu bodov, ktoré získali. Vyššie uvedené kritériá hodnotenia ponúk slúžia ako príklad a každý obstarávateľ si sám môže stanoviť kritériá podľa vlastného výberu na základe svojich preferovaných parametrov a požiadaviek.

1.3 Metódy viackritériálneho rozhodovania

Metódy viackritériálneho rozhodovania umožňujú hodnotiť konečný počet alternatív podľa dvoch a viacerých kritérií, ktorých tiež musí byť istý konečný počet. Zvolená alternatíva vychádza z preferencií jednotlivých kritérií a z preferencií jednotlivých alternatív podľa jednotlivých kritérií. Výsledkom je podľa zvoleného typu metódy buď čiastočné, alebo úplné usporiadanie alternatív. Výhodou je možnosť práce z rôznymi typmi informácií (nominálne, ordinálne, kardinálne) a možnosť prevodu slovného hodnotenia kritérií na číselné.

Medzi typické príklady využitia okrem iných patria:

- Rozhodovanie spotrebiteľa - umožňujú mu racionalizáciu procesu výberu
- Výber dodávateľa
- Podpora riadenia podniku – výber kľúčových procesov pre podnik, hodnotenie podnikovej efektívnosti, hodnotenie zamestnancov
- Optimalizácia (procesu, umiestnenia atď.)

1.3.1 História metód viackriteriálneho rozhodovania

Prvá známa zmienka o použití metód viackriteriálneho rozhodovania siaha do osemnásteho storočia a je spájaná z Benjaminom Franklinom, jedným zo zakladateľov a vodcov americkej revolúcie, prvým ministrom pôšt a zakladateľom prvej univerzity v Spojených štátoch, ktorý používal jednoduchú metódu, keď sa snažil učiniť závažné rozhodnutia. Táto metóda spočívala v tom, že si na papier napísal zvlášť na jednu stranu všetky pre a na druhú všetky proti daného problému a vyčiarol na každej strane argumenty, ktoré boli približne rovnako dôležité. Takto pokračoval pokým neostala jedna strana argumentov nevyškrtaných – využíval teda váhy jednotlivých argumentov.

Základ matematického konceptu použitého pri metódach viackriteriálneho rozhodovania položil Nemecký matematik Georg Cantor. Ako prvý použil určité matematické postupy pri tvorbe rozhodovania Francis Edgeworth, ktorý je zakladateľom teórie užitočnosti a indiferentnej krivky. Ekonóm Vilfredo Pareto bol prvý kto študoval agregáciu konfliktných kritérií do jedného zloženého indexu. Bol zároveň prvý kto predstavil koncept užitočnosti, ktorý sa stal známym ako Paretovo optimum, jeden z kľúčových konceptov ekonomiky a modernej teórie viackriteriálneho rozhodovania. Paretova optimálna alokácia zdrojov je dosiahnutá, keď nie je možné nikomu prilepšiť bez toho, aby aspoň sme aspoň jednej ďalšej osobe pohoršili. Frank Plumpton Ramsey predstavil prvú skupinu axiém pre model výberu z alternatív z neistým výstupom, vedúcich k očakávanej subjektívnej užitočnosti. Na to nadviazal Leonard, ktorý vyvinul vlastnú teóriu voľby podobnú Ramseyho teórií, využívajúc však odlišnú terminológiu. Savage zosumarizoval veľa svojich myšlienok v knihe *Foundations of Statistics* [5]

Základy populárneho prístupu k metódam viackriteriálneho rozhodovania položili John von Neumann a Oskar Morgenstern, keď predstavili vlastnú teóriu očakávanej užitočnosti. Vo svojej práci *Theory of Games and Economic Behavior* predstavili okrem iného aj súbor axiém a metód nazývaných aj metódy štandardnej stávky pre vyvolanie funkcie užitočnosti pre peniaze, alebo akýkoľvek iný atribút. Nekooperatívne hry n-hráčov ďalej spracoval John Nash, ktorého tvorba významne ovplyvnila modernú ekonomiku. Za otca výskumu voľby správania je vo všeobecnosti uznávaný Ward Edwards, ktorý publikoval dva články, ktorými vytvoril nové pole výskumu rozhodovania, najmä svojím druhým článkom nazvaným *Behavioral Decision*

Theory v ktorom pojednával napríklad o problematike ako ľudia tvoria svoje rozhodnutia a ako je možné tento proces zdokonaľiť.

Ďalšou významnou osobnosťou v oblasti teórie rozhodovania bol Herbert A. Simon ktorý na rozdiel od hlavného prúdu ekonómov tvrdil, že proces rozhodovania nemusí dodržiavať predpoklady racionality človeka. Taktiež tvrdil, že ľudia sa nesnažia o maximalizáciu užitočnosti ale zadosťučinenia. Významnú úlohu v moderných metódach viackriteriálneho rozhodovania podľa neho zohráva aj úroveň ašpirácie, ktorú su ľudia zvolia a v prípade, že sú schopní túto úroveň dosiahnuť, cítia sa šťastní. Ekonóm Kenneth Arrow demonštroval na paradoxe že žiadny agregovaný systém nemôže konvertovať osobné preferencie jednotlivcov do plošného hodnotenia pokrývajúceho celú komunitu, ak má zároveň splňať určité logické kritériá z troch alebo viacerými diskretnými možnosťami výberu. V spojení z teóriou sociálneho výberu treba spomenúť aj Amartya Sena, ktorý okrem iného špecifikoval hlavné podmienky ktoré eliminujú intransitívnosť väčšinovej vlády. R. Duncan Luce a Howard Raiffa publikovali knihu *Games and Decisions: Introduction and Critical Survey*, ktorá sa stala predchodcom modernej teórie rozhodovania. Krátko nato Ron Howard napísal *Decision Analysis: Applied Decision Theory*. V tejto práci po prvýkrát spomenul termín analýza rozhodovania.

Nezávisle na práci von Neumanna a Morgensterna, Ragnar Frish publikoval prácu *Quadratic Preference Function for Use in Macroeconomic Programming* v ktorej vytvoril techniku pracujúcu na základe interview, ktorou sa určila osobná funkcia užitočnosti daného človeka. Túto metódu sa pokúšal využiť aj v Nórskom parlamente no navzdory jeho blízkemu spojeniu z ministrom financií jeho pokus zlyhal, pretože politici nechceli zverejniť svoje osobné funkcie užitočnosti.

V šesťdesiatych rokoch bol do konzultačnej a poradenskej spoločnosti SEMA pozvaný ako konzultant Bernard Roy. Táto pracovala na reálnych konkrétnych multikriteriálnych rozhodovacích problémoch – ako si spoločnosti vyberajú z možných nových aktivít, kde čelili aj problému použitia rôznych váh pre jednotlivé kritériá. Vytvorili metódu ELECTRE (ELimination Et Choix Traudisant la REalité – Elimination and Choice Translating Reality) ktorú aplikovali prvýkrát v roku 1965 a ktorá bola určená na podporu výberu najlepšej možnosti (akcie) z danej ponuky ale čoskoro bola taktiež aplikovaná na riešenie problémov zo zoraďovaním a triedením možností. Táto metóda sa vyvinula ďalej do metódy ELECTRE I a vývoj pokračoval do metód ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS a ELECTRE TRI.

Bernard Roy je preto považovaný za otca ELECTRE metód, ktoré boli jedným z prvých prístupov v tzv. Francúzskej škole rozhodovania.

V roku 1982 Profesor Jean-Pierre Brans prvýkrát predstavil základné časti metódy PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations), ktorú neskôr v spolupráci z profesorom Bertrandom Mareschalom vyvinul a aplikoval vrátane jej rozšírení ako napr. GAIA – opisný prístup, umožňujúci osobe ktorá sa rozhoduje vizualizovať si hlavné súčasti riešeného problému, následkom čoho je možná jednoduchá identifikácia medzikritériálnych konfliktov. Nariaďujúci prístup pomenovaný PROMETHEE poskytuje osobe ktorá sa rozhoduje zároveň čiastočné aj úplné hodnotenie možných akcií. Postupne boli vytvorené metódy PROMETHEE I (čiastočné zoradenie alternatív), PROMETHEE II (úplné zoradenie alternatív), PROMETHEE III (zoraďovanie založené na intervaloch), PROMETHEE IV (kontinuálny prípad), PROMETHEE V (zahrňujúcu segmentáciu jednotlivých obmedzení) a PROMETHEE VI (mozog).

Približne v čase vzniku metód PROMETHEE V a VI dokončovali Hwang, Lai a Liu metódu TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). Táto metóda je založená na princípe, že k zvolenej alternatíve by mala byť najkratšia geometrická vzdialenosť od najpozitívnejšieho riešenia a najdlhšia geometrická vzdialenosť k najnegatívnejšiemu riešeniu, pričom porovnáva určitú skupinu alternatív pomocou identifikácie váh pre každé kritérium a vypočítava danú geometrickú vzdialenosť medzi každou alternatívou a ideálnou alternatívou tj. najlepším výsledným bodovým ohodnotením v každom kritériu. Kompenzačné metódy ako TOPSIS umožňujú kompromisy medzi jednotlivými kritériami kde zlý výsledok v jednom kritériu môže byť negovaný dobrým výsledkom v druhom kritériu. Na základe toho poskytujú realistickejšiu formu modelovania ako nekompromisné metódy.

Okrem vyššie spomenutých matematikov a ekonómov sa výskumu metód viackritériálneho rozhodovania a tvorbe metód na spracovanie údajov a vyhodnotenie optimálnej varianty venovalo v rozličnej miere mnoho ďalších. Zoznam dostupných metód riešenia problému viackritériálneho rozhodovania preto zahŕňa viacero ďalších metód ako napríklad AHP (Analytic Hierarchy Process), MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), NAIADE (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Enviroments) a iné. [4]

1.3.2 Model viackriteriálneho rozhodovania

V modeloch viackriteriálneho rozhodovania máme danú množinu alternatív, ktoré sú ohodnotené podľa určených kritérií, pričom cieľom je nájsť takej alternatívy, ktorá bude podľa všetkých kritérií čo najlepšie ohodnotená, zoradenie alternatív od najlepšej po najhoršiu, prípadne vylúčenie neefektívnych alternatív. V prípade, že máme jednotlivé ohodnotenia alternatív kvantifikované podľa stanovených kritérií, môžeme ich usporiadať do kritériálnej matice $Y = (y_{ij})$ pričom y_{ij} vyjadruje hodnotenie i -tej alternatívy podľa j -tého kritéria.

$$Y = \begin{matrix} & & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (1.3.2.1)$$

zdroj: www.edutext.cz

Kritériá, ktorými sú alternatívy ohodnotené sa delia podľa povahy na:

- maximalizačné - najlepšia alternatíva je podľa tohto kritéria ohodnotená najvyššou hodnotou
- minimalizačné - najlepšia alternatíva je podľa tohto kritéria ohodnotená najnižšou hodnotou

V prípade že sú niektoré kritériá maximalizačné a niektoré minimalizačné, je vhodné ich zmeniť na jeden totožný typ, napríklad vynásobením daných stĺpcov kritériálnej matice -1, alebo výpočtom hodnôt ukazujúcich zlepšenie vzhľadom na najhoršiu alternatívu.

Ďalej možno kritéria rozdeliť podľa kvantifikovateľnosti na:

- kvantitatívne – hodnoty sú objektívne merateľné
- kvalitatívne – hodnoty nie sú objektívne merateľné, často subjektívne (používajú sa bodovacie stupnice – percentuálne vyjadrenie ostatných alternatív oproti zvolenej alternatíve)

Preferencia kritéria, ktorá vyjadruje, či a ako je jedno kritérium preferované pred iným, môže byť vyjadrená nasledovne:

- Poradím kritérií - ordinálne
- Váhovým ohodnotením kritérií - kardinálne, pričom váha je hodnota z intervalu $(0; 1)$, súčet váh sa rovná jednej.
- Aspiračnou úrovňou kritéria – dôležitejšie kritériá majú vyššie požiadavky na aspiračnú úroveň. Táto udáva, čo má kritérium dosiahnuť.
- Kompenzáciou kritériálnych hodnôt – vyrovnanie zlých kritériálnych hodnôt alternatívy podľa niektorých kritérií lepšími hodnotami podľa iných kritérií. Je vyjadrená mierou substitúcie medzi kritériálnymi hodnotami.

Na základe týchto poznatkov môžeme zosumarizovať, že model viackritériálnej analýzy alternatív sa skladá zo štyroch základných prvkov:

- Alternatívy rozhodnutí
- Kritériá, podľa ktorých sú alternatívy hodnotené
- Kritériálne hodnoty
- Preferencie kritérií, ktoré znázorňujú dôležitosť jednotlivých kritérií⁴

⁴ Modely pro vícekritériální rozhodování. Brožová, H., Houška, M., Šubrt, T. ČZU Praha, 2003
Vícekritériální rozhodování, Fiala, P., Jablonský, J., Maňas, M. VŠE, Praha, 1997

2 Cieľ práce a postupy riešenia

V praktickej časti tejto práce sme riešili prípadovú štúdiu výberu dodávateľa servisných a technických služieb zahrňujúcich pravidelnú kontrolu, diagnostiku a opravy meteozařízení rozmiestnených popri diaľniciach a rýchlostných cestách.

Hlavným cieľom tejto práce je použitie metód PROMETHEE I a II na riešenie prípadovej štúdie výberového konania na dodávateľa servisných služieb a následná analýza a porovnanie výsledkov pre obidve metódy. K tomuto hlavnému cieľu sme sa dopracovali pomocou splnenia čiastkových cieľov ktorými boli najmä teoretické vymedzenie pojmov, popis histórie a teoretické zhrnutie použitých metód PROMETHEE I a II.

Postup riešenia sa skladá z nasledovných krokov:

- Prvým krokom je formulácia prípadovej štúdie. Názvy spoločností sú fiktívne ako aj ceny použité v príkladoch, no tie sú odvodené od reálnych zákaziek aby pokiaľ možno zodpovedali reálnej situácií.
- Druhým krokom je určenie kritérií, na základe ktorých sa budú jednotlivý dodávateľa posudzovať a priradenie váhových koeficientov pre jednotlivé kritériá. Na základe prieskumu niekoľkých skutočných zákaziek podobného typu sme určili šesť kritérií, ktoré sme podrobne charakterizovali.
- Tretím krokom je spracovanie týchto vstupných dát prostredníctvom metód PROMETHEE I a II. Na to som použil program Microsoft Office Excel 2007a program Visual PROMETHEE Academic⁵, čo je verejne dostupný program, pomocou ktorého je možné riešiť úlohy pomocou metód PROMETHEE a ponúka aj rôzne typy grafického zobrazenia výsledkov. Tento program je pre akademické a nezárobkové činnosti voľne dostupný na internete ¹ bez potreby zakupovania licencie.
- Štvrtým krokom je analýza a porovnanie výsledkov získaných prostredníctvom oboch metód a výber najlepšieho uchádzača.

⁵ Dostupné na internete - <http://www.promethee-gaia.net/software.html>

3 Metodika práce

V nasledujúcej kapitole sa budeme venovať riešeniu problematiky výberu optimálneho dodávateľa pomocou metód viackriteriálneho rozhodovania, vďaka ktorým môžeme dospieť k spoľahlivým výsledkom. Konkrétne si popíšeme metódy PROMETHEE I a PROMETHEE II, postup ich riešenia a výsledky, ku ktorým sa za použitia týchto metód dopracujeme.

3.1 Metódy PROMETHEE

Metódy PROMETHEE patriace do Európskej školy viackriteriálnej analýzy boli po prvýkrát predstavené profesorom Jean-Pierre Bransom, ktorý ich v roku 1982 za spolupráce z profesorom Bertrandom Mareshalom prezentoval na verejnosti v rámci vedeckej konferencie v Québecu. Tieto metódy patria do skupiny metód vyžadujúcich kardinálne informácie o kritériách a konkrétnejšie do podskupiny metód založených na analýze preferenčných vzťahov, ktoré vzájomne porovnávajú hodnotenia všetkých dvojíc variant a to podľa všetkých kritérií. Metódy mali najlepšie využitie pri skupinovom rozhodovaní a spracovávaní zložitých viackriteriálnych problémov skupinou rozhodovateľov berúc do úvahy aj ich osobné hodnotenia vychádzajúce z rozdielnych znalostí, kvalifikácií alebo uhl'a ich pohľadu. To umožňujú zásahy rozhodovateľa. Ten môže konfigurovať preferenčné funkcie pričom ďalšie výpočty už prebehnú automaticky. Taktiež našli využitie v prípadoch, keď nebolo možné z hľadiska časovej alebo matematickej náročnosti kvantifikovať a porovnať jednotlivé zložky rozhodovacieho problému. Praktické využitie metód PROMETHEE zahŕňa okrem rozhodovania o voľbe dodávateľov široké spektrum situácií v rôznych oblastiach ako napríklad v priemysle, investičnej činnosti, zdravotníctve a pod. kde je potreba pri rozhodovaní vyberať z rôznych alternatív, usporadúvať jednotlivé alternatívy podľa ich vypočítanej priority alebo napríklad rozhodovať o pridelení zdrojov medzi jednotlivé oddelenia atď.

Základ metódy PROMETHEE spočíva v postupnom párovom porovnávaní variantov z hľadiska všetkých stanovených kritérií. Z týchto porovnaní dostaneme vyjadrené jednotlivé intenzity preferencií medzi dvojicami variant. Postup pri riešení metódy PROMETHEE je možný vyjadriť v nasledovných krokoch:

1. Krok: Určenie preferenčnej funkcie

Ako prvé si zadefinujeme preferenčnú funkciu, ktorá nám bude vyjadrovať intenzitu preferencie alternatívy y' vzhľadom na alternatívu y'' z hľadiska i -tého kritéria.

Preferenčná funkcia má tvar: $F_i(y', y''): Y \times Y \rightarrow [0, 1]$ (3.1.1)

Hodnota preferenčnej funkcie závisí od sily preferencie alternatívy y' pred alternatívou y'' :

$F_i(y', y'') = 0$, v prípade, že neexistuje žiadna preferencia alternatívy y' pred alternatívou y'' teda rozhodovateľ preferuje obe alternatívy rovnako – jeho vzťah k obom alternatívam je indiferentný.

$F_i(y', y'') \approx 0$, v prípade, že rozhodovateľ slabšie preferuje alternatívu y' pred alternatívou y'' teda ($y' > y''$).

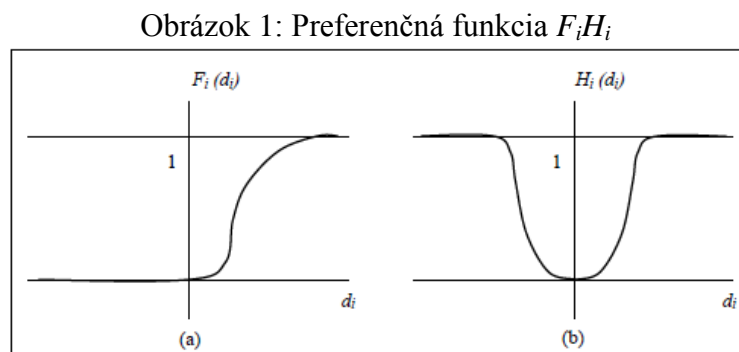
$F_i(y', y'') \approx 1$, v prípade, že rozhodovateľ silne preferuje alternatívu y' pred alternatívou y'' teda ($y' \gg y''$).

$F_i(y', y'') = 1$, v prípade, že rozhodovateľ ostro preferuje alternatívu y' pred alternatívou y'' teda ($y' \gg \gg y''$).

Z preferenčnej funkcie $F_i(y', y'')$ si následne definujeme:

$$H_i(d_i) = \begin{cases} F_i(y', y''), & d_i \geq 0 \\ F_i(y'', y'), & d_i \leq 0 \end{cases} \quad (3.1.2)$$

Preferenčnú funkciu F_i a hodnotiace kritérium H_i možno zobrazit' nasledovne:



Zdroj: Mlynarovič - Modely a metódy viackriteriálnej analýzy, 1998

Kritérium môžeme zovšeobecniť nasledovne:

$$\{y_i, H_i(d_i)\} \quad i = 1, 2, 3 \dots k \quad (3.1.3)$$

Metóda PROMETHEE nám ponúka 6 základných typov preferenčných funkcií. Tieto funkcie pracujú z parametrami:

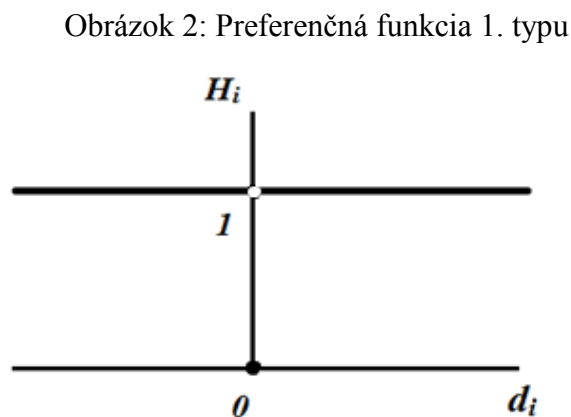
- d_i – rozdiel kritériálnych hodnôt medzi alternatívami
- p – prah preferencie, ktorý predstavuje najnižšiu možnú hodnotu d_i pri ktorej platí medzi alternatívami ostrá preferencia
- q – prah indiferencie, ktorý predstavuje najvyššiu možnú hodnotu d_i pri ktorej platí indiferentnosť alternatív
- σ – predstavuje štandardnú odchýlku normálneho rozdelenia

Ktoré z týchto parametrov použijeme, závisí od typu konštrukcie každej preferenčnej funkcie:

1. typ preferenčnej funkcie

Funkcia prvého typu určuje preferencie takým spôsobom, že akýkoľvek rozdiel medzi kritériálnymi hodnotami dvoch alternatív je považovaný za absolútnu preferenciu. V prípade, že sú tieto hodnoty rovnaké, dané alternatívy sú považované za indiferentné. Funkcia nevyžaduje žiaden ďalší parameter.

$$H_i(d_i) = \begin{cases} 0 & \text{ak } d_i = 0 \\ 1 & \text{ak } |d_i| > 0 \end{cases} \quad (3.1.4)$$



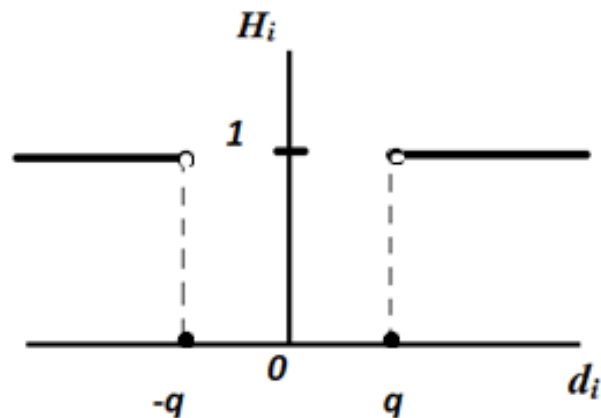
Zdroj: Vlastné spracovanie

2. typ preferenčnej funkcie

Funkcia druhého typu je na rozdiel od funkcie prvého typu rozšírená o oblasť, v ktorej sú rozdiely medzi kriteriálnymi hodnotami považované za indiferentné. Do funkcie je potrebné zadať hodnotu prahu indiferencie q , ktorý nám vymedzí šírku intervalu indiferencie medzi jednotlivými kriteriálnymi hodnotami daných alternatív. V prípade, ak je rozdiel medzi alternatívami väčší, považujeme ich vzájomný vzťah za absolútnu preferenciu.

$$H_i(d_i) = \begin{cases} 0 & \text{ak } |d_i| \leq q \\ 1 & \text{ak } |d_i| > q \end{cases} \quad (3.1.5)$$

Obrázok 3: Preferenčná funkcia 2. typu



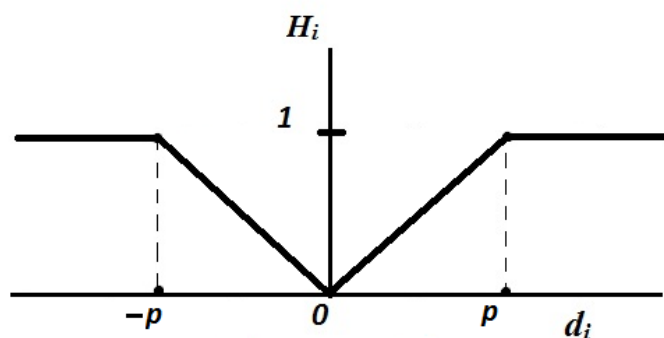
Zdroj: Vlastné spracovanie

3. typ preferenčnej funkcie

Funkcia tretieho typu, na rozdiel od funkcií prvého a druhého typu ktoré pripúšťali iba 2 možnosti – preferenciu alebo indiferenciu, pripúšťa na vyjadrenie stupňa preferencie všetky hodnoty z intervalu $< 0, 1 >$. Do funkcie je potrebné zadať prah preferencie p , ktorý nám určuje veľkosť rozdielu v hodnotení alternatív, ktorý je už považovaný za absolútnu preferenciu. V prípade, že tento rozdiel nedosiahne danú hraničnú hodnotu bude stupeň preferencie menší ako 1. V prípade, že nastane úplná zhoda kriteriálnych hodnôt, nastáva indiferencia.

$$H_i(d_i) = \begin{cases} \frac{|d_i|}{p} & \text{ak } |d_i| \leq p \\ 1 & \text{ak } |d_i| > p \end{cases} \quad (3.1.6)$$

Obrázok 4: Preferenčná funkcia 3.typu



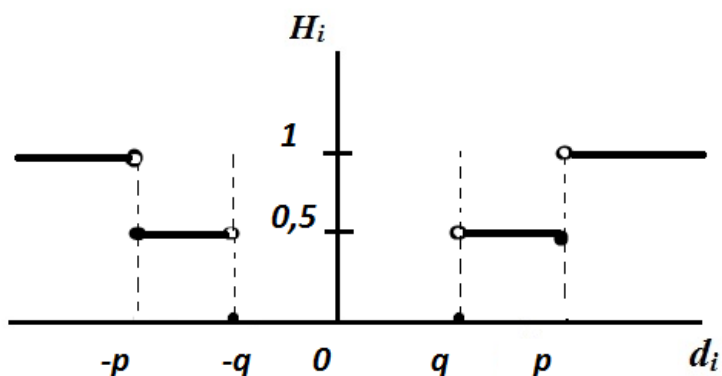
Zdroj: Vlastné spracovanie

4. typ preferenčnej funkcie

Funkcia štvrtého typu obsahuje trojhodnotovú stupnicu preferencie. V prípade absolútnej preferencie nadobúda hodnotu 1, v prípade stredného stupňa preferencie nadobúda hodnotu 0.5 a v prípade indiferencie nadobúda hodnotu 0. Do funkcie je potrebné zadať prahy indiferencie q , a preferencie p . Ak je rozdiel kritériálnych hodnôt väčší ako hodnota p , nastáva absolútna preferencia. Ak je rozdiel kritériálnych hodnôt väčší hodnota q , ale nie väčší ako hodnota p , nastáva stredný stupeň preferencie. V ostatných prípadoch sú alternatívy indiferentné.

$$H_i(d_i) = \begin{cases} 0 & \text{ak } |d_i| \leq q \\ 0,5 & \text{ak } q < |d_i| \leq p \\ 1 & \text{ak } |d_i| > p \end{cases} \quad (3.1.7)$$

Obrázok 5: Preferenčná funkcia 4. typu



Zdroj: Vlastné spracovanie

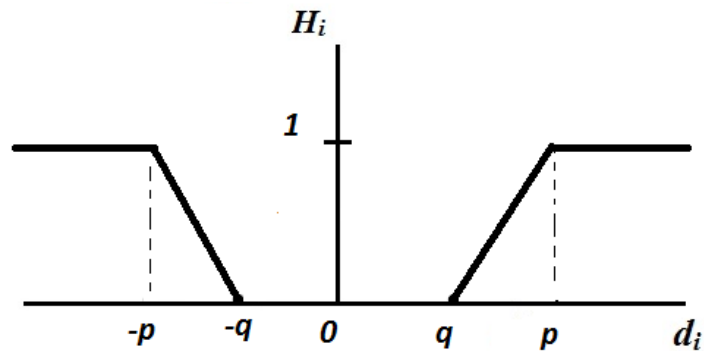
5. typ preferenčnej funkcie

Funkcia piateho typu čiastočne zlučuje vlastnosti funkcií tretieho a štvrtého typu nakoľko obsahuje prah preferencie aj prah indierencie a prechod medzi nimi je plynulý a súvislý.

Do funkcie je potrebné zadať prah p , a prah indierencie q . Ak rozdiel medzi kritériálnymi hodnotami dosahuje aspoň takú hodnotu, ako p nastáva absolútna preferencia. Ak rozdiel medzi kritériálnymi hodnotami nie je väčší ako hodnota q považujeme alternatívy za indierentné. Pre hodnoty rozdielu kritériálnych hodnôt alternatív nachádzajúcich sa rozpätí medzi p a q platí, že stupeň preferencie klesá lineárne z poklesom daného rozdielu.

$$H_i(d_i) = \begin{cases} 0 & ak \ |d_i| \leq q \\ \frac{|d_i| - q}{p - q} & ak \ q < |d_i| \leq p \\ 1 & ak \ |d_i| > p \end{cases} \quad (3.1.8)$$

Obrázok 6: Preferenčná funkcia 5. typu



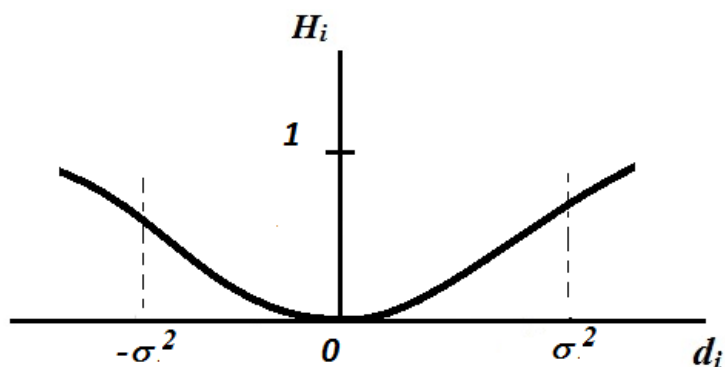
Zdroj: Vlastné spracovanie

6. typ preferenčnej funkcie

Funkcia šiesteho typu je špeciálnym prípadom preferenčnej funkcie, pretože rozdiel v hodnotení alternatív transformuje podľa kritérií využitím Gaussovej funkcie. Do funkcie je potrebné zadať parameter σ . Hodnota funkcie sa z rastúcou diferenciou limitne blíži k hodnote 1, nakoľko ju nikdy nedosiahne neexistuje žiaden rozdiel medzi alternatívami, ktorý by charakterizoval vzťah absolútnej preferencie.

$$H_i(d_i) = 1 - e^{-\frac{d_i^2}{2\sigma^2}} \quad (3.1.9)$$

Obrázok 7: Preferenčná funkcia 6. typu



Zdroj: Vlastné spracovanie

2. Krok: Výpočet globálneho preferenčného indexu

Ak predpokladáme, že pre všetky dvojice alternatív boli na základe zvolených preferenčných funkcií kvantifikované intenzity preferencií, môžeme vypočítať index viackriteriálnej preferencie podľa vzťahu:

$$\pi(y', y'') = \frac{\sum_{i=1}^k w_i F_i(y', y'')}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad \text{pričom } 0 \leq \pi(y', y'') \leq 1 \quad (3.1.10)$$

Premenná w_i označuje relatívnu významnosť y_i . Vzorec (1.4.1.9) možno definovať ako vážený priemer k hodnôt daných preferenčných funkcií. Pomocou neho vyjadrujeme, akú preferenciu nadobudne y' oproti y'' za predpokladu, že boli zohľadnené všetky kritériá. Ak:

- $\pi(y', y'') \approx 0$ - alternatíva y' má slabú preferenciu oproti alternatíve y''
- $\pi(y', y'') \approx 1$ - alternatíva y' má silnú preferenciu oproti alternatíve y''

3. Krok: Určenie pozitívnych a negatívnych tokov

Pre každú alternatívu je potrebné vypočítať pozitívne a negatívne toky. Pozitívny výstupný tok oceňuje intenzitu preferencie alternatívy y' oproti ostatným alternatívam z množiny Y .

Negatívny vstupný tok oceňuje intenzitu preferencie ostatných alternatív y množiny Y vzhľadom na alternatívu y' .

$$\text{Pozitívny tok: } \Phi^+ (y') = \sum_{y'' \in Y} \pi (y', y'') \quad (3.1.11)$$

$$\text{Negatívny tok: } \Phi^- (y') = \sum_{y'' \in Y} \pi (y'', y') \quad (3.1.12)$$

Ďalej určíme čistý tok, ktorý tvorí rozdiel medzi tokom pozitívnym a tokom negatívnym:

$$\Phi (y') = \Phi^+ (y') - \Phi^- (y') \quad (3.1.13)$$

Riešením danej úlohy je preferenčná štruktúra (P, I, R) , ktorá v závislosti od R poskytuje úplné alebo čiastočné zoradenie hodnotených alternatív.

3.2 Výstupy a riešenia metód PROMETHEE I a II

Výsledkom procesu riešenia úlohy viackriteriálneho rozhodovania z využitím metód PROMETHEE I a II je čiastočné alebo úplné usporiadanie alternatív v závislosti od R :

- ak $R = 0$ výsledkom je úplné zoradenie alternatív
- ak $R \neq 0$ výsledkom je čiastočné zoradenie alternatív

Výstupom z metódy PROMETHEE I je čiastočné zoradenie alternatív, no z možným záverom hovoriacim o tom, že niektoré z nich môžu byť neporovnateľné. Neporovnateľné sú tie dvojice alternatív, pre ktoré nemáme k dispozícii dostatok informácií potrebných k rozhodnutiu ktorá z nich je lepšia – alternatívy sú neporovnateľné ak nastal konflikt medzi vstupným a výstupným tokom. Tento výstup má však omnoho vyššiu vypovedaciu schopnosť ako v prípade zoradenia alternatív len na základe dominancie. Základom tejto metódy je princíp, že čím je výstupný tok vyšší a vstupný tok nižší, tým je alternatíva lepšia. Vstupný a výstupný tok teda určujú zoradenie alternatív:

$$\begin{cases} y' P^I y'' & \text{ak } \Phi^+(y') \geq \Phi^+(y'') \wedge \Phi^-(y') \leq \Phi^-(y'') \\ y' I^I y'' & \text{ak } \Phi^+(y') = \Phi^+(y'') \wedge \Phi^-(y') = \Phi^-(y'') \\ y' R^I y'' & \text{inak} \end{cases} \quad (3.2.1)$$

Horný index I označuje variant metódy a na realizáciu záveru $y' P^I y''$ je nutné, aby aspoň jedna z daných nerovnic bola splnená ako ostrá. Dostaneme čiastočné zoradenie alternatív, ktoré nám identifikuje tie preferencie medzi danými alternatívami, ktoré sú jednoznačné nakoľko vstupný a výstupný tok sú navzájom konzistentné.

Výstupom z metódy PROMETHEE II je celkové zoradenie alternatív. Základom tejto metódy je princíp, že čím je hodnota čistého toku vyššia, tým je daná alternatíva viac preferovaná. Ako výsledok teda dostaneme úplné a jednoznačné zoradenie možných alternatív ale vypovedacia schopnosť tejto metódy je zároveň nižšia, nakoľko sú zanedbané niektoré preferencie vo vzťahu jednotlivých alternatív.⁶

$$\begin{cases} y' P^{II} y'' & \text{ak } \Phi(y') > \Phi(y'') \\ y' I^{II} y'' & \text{ak } \Phi(y') = \Phi(y'') \end{cases} \quad (3.2.2)$$

V metódach PROMETHEE I a II môže medzi dvoma alternatívami nastať aj indiferencia a to v prípade, že ich zodpovedajúce hodnoty tokov sú navzájom zhodné. Dve alternatívy je vhodné považovať za navzájom indiferentné v prípade, že hodnoty tokov sú veľmi blízke.

Pri aplikácii týchto metód na konkrétnu úlohu výberu dodávateľa dostaneme ako výstup usporiadanie jednotlivých dodávateľov od najlepšieho po najhoršieho, na základe čoho si môžeme optimálne vybrať vhodného dodávateľa. Ide teda o prostriedok podpory rozhodovania, no treba mať na pamäti závislosť výsledku od subjektívneho pohľadu hodnotiacej osoby, ktorý môže značne ovplyvniť výsledok. Taktiež je potrebné zvoliť vhodné kritéria rozhodovania. Medzi nevhodné kritéria patria hlavne kvalifikačné predpoklady, dodržanie termínu, spôsobilosť realizácie, celková výhodnosť návrhu.

⁶ Mlynarovič, Hozlár - Viackriteriálne rozhodovanie 1992

4 Výsledky práce

V nasledujúcej kapitole sme sa venovali prípadovej štúdií fiktívneho výberového konania na dodávateľa servisných prác. Na riešenie tejto prípadovej štúdie sme využili metódy PROMETHEE I a II popísané v predchádzajúcej kapitole. Vstupné údaje do prípadovej štúdie sme sami vypracovali, pričom sme sa inšpirovali niekoľkými skutočnými výberovými konaniami, aby sa zadanie čo najviac priblížilo realite.

4.1 Zadanie prípadovej štúdie

Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR ako subjekt štátnej správy vyhlásilo výberové konanie na dodávateľa servisných služieb zahrňujúcich pravidelnú kontrolu , diagnostiku a technickú údržbu meteozařízení umiestnených na diaľniciach a rýchlostných cestách. Hlavné miesto uskutočňovania prác, dodania tovarov alebo poskytovania služieb sú diaľnice, rýchlostné cesty a v prípade potreby operátorské pracoviská. Služby budú vykonávané po dobu štyroch rokov. Prvotná predpokladaná celková hodnota zákazky je 600.000 €. O túto zákazku sa uchádzajú ôsmi uchádzači. Ich ponuky sme posudzovali šiestimi kritériami, ktoré boli vybrané ako rozhodujúce :

- Základná cena za servisné a údržbárske práce
- Cena za náhradné diely
- Hodinová sadzba na opravy
- Minimálny garantovaný počet obhliadok za dané obdobie
- Rýchlosť servisných prác a opráv
- Hodnotenie spoločnosti

Tieto kritériá boli nasledovne ohodnotené podľa ich dôležitosti a boli im priradené váhové koeficienty, ktoré sú uvedené nižšie v tabuľke. Naším cieľom bolo vyhodnotiť ponuky jednotlivých uchádzačov prostredníctvom metód PROMETHEE I a II a následný výber najlepšieho kandidáta.

4.2 Charakteristika rozhodovacích kritérií

1. Základná cena za servisné a údržbárske práce

Toto kritérium predstavuje peňažnú sadzbu, ktorou sú spoplatnené základné úkony spojené z výkonom servisných a údržbárskych prác, pričom v sebe zahŕňa niekoľko položiek a to najmä základný poplatok za výkon servisnej služby a pravidelné kontroly zariadení, nasledovne poplatky za diagnostiku poruchy, úhradu nákladov spojených z dopravou personálu prípadne materiálneho vybavenia na miesto výkonu servisnej alebo technickej služby a pod. Ide o základný poplatok ktorý sa platí sa jednorazovo nezávisle od počtu porúch. Najlepšiu alternatívu podľa tohto kritéria predstavuje kandidát z najnižšou cenou.

Tabuľka 2: Kritérium Základná cena

Firma	Základná cena za servisné služby
A	379.500
B	375.000
C	378.630
D	379.900
E	378.000
F	377.850
G	373.900
H	378.730

Zdroj: Vlastné spracovanie

2. Cena za náhradné diely

Štatistickou analýzou bol odhadnutý priemerný počet porúch na zariadeniach, ktoré si vyžadujú výmenu niektorých súčiastok a následne boli vypočítané sumy podľa cenníkov jednotlivých firiem, koľko by stála výmena týchto dielov za nové . Najlepšou alternatívou podľa tohto kritéria je tá, kde je táto vypočítaná priemerná cena náhradných dielov najnižšia.

Tabuľka 3: Kritérium Cena za náhradné diely

Firma	Cena za náhradné diely
A	19.300
B	22.600
C	27.240
D	19.500
E	24.750
F	24.500
G	28.640
H	23.700

Zdroj: Vlastné spracovanie

3. Hodinová sadzba

Pod hodinovou sadzbou rozumieme finančné ohodnotenie jedného pracovníka danej firmy za výkon práce po dobu jednej hodiny. V tabuľke je uvedená aj informačná kolónka udávajúca predpokladanú sumu, za prácu všetkých pracovníkov po celú dobu výkonu servisných prác t.j. štyroch rokov. Táto bola vypočítaná na základe štatistických prieskumov, kde priemerný počet porúch bol sedem za mesiac a dvojčlennému tímu pracovníkov zabrala jedna oprava priemerne tri a pol hodiny. Najlepšia alternatíva podľa tohto kritéria je firma z najnižšou hodinovou sadzbou za výkon servisných prác.

Tabuľka 4: Kritérium Hodinová sadzba

Firma	Hodinová sadzba	Predpokladaná platba
A	11,9	27.988,8
B	12,3	28.929,6
C	13,6	31.987,2
D	6,7	15.758,4
E	10,1	23.755,2
F	14,5	34.104
G	13,8	32.457,6
H	5,32	12.512,64

Zdroj: Vlastné spracovanie

4. Minimálny garantovaný počet obhliadok za dané obdobie

Na udržanie systému meteoariadení v dobrom a funkčnom stave je potrebná pravidelná kontrola, ktorá pomáha uchovať systém funkčný a môže zachytiť prípadné poruchy ešte v čase, keď je ich oprava jednoduchšia a lacnejšia, ako keby došlo k vážnejšiemu poškodeniu zariadenia. Každá firma garantuje istý minimálny počet obhliadok zariadení,

ktorý je zahrnutý už v základnej cene a najlepšou voľbou podľa tohto kritéria je tá firma, ktorá garantuje najvyšší garantovaný počet obhliadok.

Tabuľka 5: Kritérium Minimálny garantovaný počet obhliadok

Firma	Min. gar. Počet obhliadok
A	14
B	15
C	16
D	32
E	20
F	18
G	24
H	26

Zdroj: Vlastné spracovanie

5. Rýchlosť servisných prác a opráv

Rýchlosť, z akou je firma schopná zabezpečiť opravu zariadenia je dôležitý faktor pri výbere firmy poskytujúcej servisné služby a to jednak z dôvodu potreby pokiaľ možno čo najrýchlejšieho uvedenia systému do funkčného stavu ale hlavne z dôvodu, že kratší čas potrebný na opravu zariadenia znamená ušetrené peniaze za mzdy servisných pracovníkov. Z tohto dôvodu bude z hľadiska kritéria rýchlosti výkonu servisných prác najlepšiu alternatívu tvoriť firma, ktorej zamestnanci pracujú najrýchlejšie. Rýchlosti servisných prác jednotlivých firiem ohodnotila nezávislá porovnávacia agentúra bodovým ohodnotením od jednej po desať, kde jeden bod znamená veľmi pomalé a desať bodov znamená veľmi rýchle vykonávanie servisných prác. Jednotlivé firmy dosiahli nasledovné bodové ohodnotenie rýchlosti prác:

Tabuľka 6: Kritérium Rýchlosť servisných prác

Firma	Rýchlosť servisných prác
A	7,1
B	6,9
C	6,8
D	7,8
E	7,2
F	6,5
G	6,8
H	6,7

Zdroj: Vlastné spracovanie

6. Hodnotenie spoločnosti

Posledným kritériom pri výbere najlepšieho dodávateľa servisných prác je kritérium hodnotenie spoločnosti. Toto hodnotenie bolo vypracované nezávislými odborníkmi pre ratingovú spoločnosť zaoberajúcou sa okrem iného porovnaniami firiem poskytujúcich technické služby na trhu, a zahrňuje v sebe niekoľko faktorov, predovšetkým kvalitu vykonávaných servisných služieb, kvalifikáciu a odbornosť pracovníkov, hodnotenia od predchádzajúcich zákazníkov a pod. Kritérium je taktiež ohodnotenú bodovou stupnicou od jednej po desať, kde jeden bod znamená najnižšie a desať bodov najvyššie hodnotenie. Najlepšou alternatívou na základe tohto kritéria teda bude firma z najvyšším hodnotením.

Tabuľka 7: Kritérium Hodnotenie spoločnosti

Firma	Hodnotenie spoločnosti
A	6,6
B	5,3
C	5,9
D	9,5
E	5,6
F	6,3
G	5,4
H	7,2

Zdroj: Vlastné spracovanie

Po charakterizovaní jednotlivých rozhodovacích kritérií bolo potrebné určiť prislúchajúce váhové koeficienty vyjadrujúce pomer dôležitosti týchto kritérií v procese rozhodovania. Za najdôležitejšie kritérium bola určená základná cena, nakoľko tvorí prevažnú časť celkových výdavkov na túto zákazku, naopak kritéria cena za náhradné diely, rýchlosť výkonu servisných prác a hodinová sadzba boli ohodnotenú nižším koeficientom, pretože po prepočítaní na predpokladanú výslednú sumu na základe štatistických údajov o miere a frekvencií výskytu porúch tieto položky netvoria takú podstatnú časť výslednej platby. Kritérium minimálneho garantovaného počtu obhliadok ako aj kvalitatívne kritérium hodnotenia spoločnosti sú ale dôležitejšie, nakoľko obstarávateľ si zakladá na kvalite vykonaných prác, ktorá jednak pomáha udržiavať systém v stave funkčnosti a taktiež znižuje výdavky na prípadné ďalšie servisné práce.

Tabuľka 8: Váhové ohodnotenie kritérií

Základná cena	Náhradné diely	Hodinová sadzba	Min. počet obhliadok	Rýchlosť	Hodnotenie
44,78%	6,76%	4,86%	16,30%	8,70%	18,60%

Zdroj: vlastné vypracovanie

4.3 Riešenie prípadovej štúdie metódami PROMETHEE I a II

Na vyriešenie prípadovej úlohy sme použili programy Microsoft Office Excel a Visual Promethee Academic.

Riešením prípadovej úlohy metódou PROMETHEE I pomocou vzťahov uvedených v kapitole 3.1 sme na základe hodnôt vstupných a výstupných tokov dostali tabuľku zobrazujúcu jednotlivé preferencie. Písmenom P sme označili preferovanú alternatívu a písmenom X indiferentnú alternatívu, písmeno R označuje neporovnateľnú alternatívu.

Tabuľka 9: Preferencie alternatív pomocou metódy PROMETHEE I

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	-	X	P	X	X	R	X	X
B	P	-	P	X	P	P	X	P
C	X	X	-	X	X	X	X	X
D	P	P	P	-	P	P	P	P
E	P	X	P	X	-	P	X	X
F	R	X	P	X	X	-	X	X
G	P	P	P	X	P	P	-	P
H	P	X	P	X	P	P	X	-

Zdroj: vlastné vypracovanie

Nakoľko niektoré alternatívy nie je možné porovnať, výsledkom je iba čiastočné usporiadanie alternatív. Z tabuľky vyplýva, že jednoznačne najviac preferovaná je alternatíva „D“.

Riešením tejto úlohy pomocou metódy PROMETHEE II sme na základe stanovených kritérií a k nim prislúchajúcich váh dostali prostredníctvom výpočtov uvedených v kapitole 3.1 za pomoci vyjadrenia čistých tokov jednotlivých alternatív úplné usporiadanie týchto alternatív.

Ako môžeme vidieť v nasledujúcej tabuľke, najpreferovanejšou alternatívou je alternatíva „D“ zatiaľ čo najmenej preferovaná je alternatíva „C“.

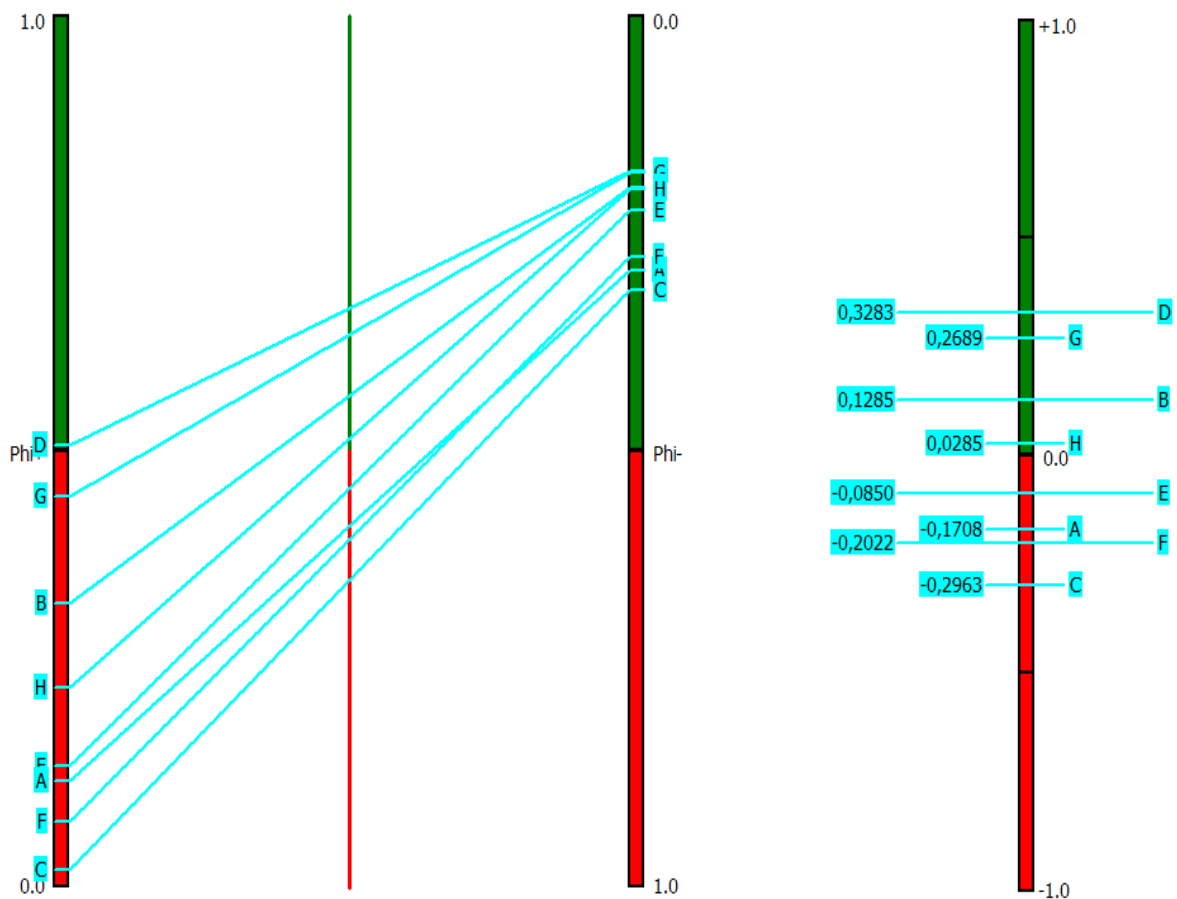
Tabuľka 10: Usporiadanie alternatív pomocou metódy PROMETHEE II

	Phi+	Phi-	Phi	Poradie
A	0,1213	0,2921	-0,1708	6.
B	0,3256	0,1971	0,1285	3.
C	0,0192	0,3154	-0,2963	8.
D	0,5067	0,1784	0,3283	1.
E	0,1382	0,2231	-0,085	5.
F	0,0746	0,2768	-0,2022	7.
G	0,4488	0,1799	0,2689	2.
H	0,228	0,1996	0,0285	4.

Zdroj: vlastné vypracovanie

Výsledné čiastočné zoradenie alternatív na základe metódy PROMETHEE I a úplné zoradenie alternatív prostredníctvom metódy PROMETHEE II môžeme zobrazit' graficky:

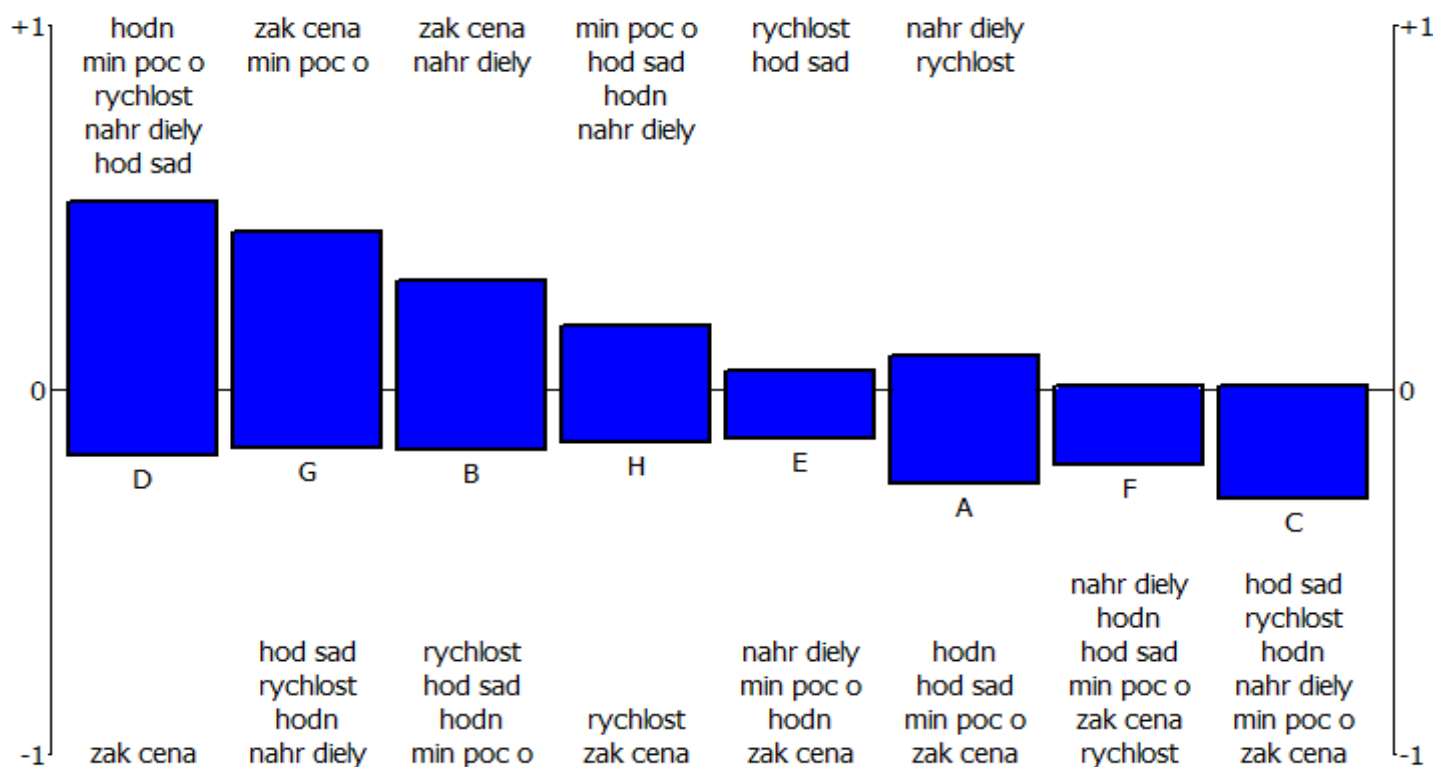
Obrázok 8: Grafické zoradenie alternatív pomocou metód PROMETHEE I a II



Zdroj: vlastné vypracovanie

Pre prehľadné zobrazenie a porovnanie jednotlivých alternatív môžeme využiť graf PROMETHEE Rainbow, ktorý nám znázorňuje jednotlivé alternatívy zoradené zľava doprava na základe ich hodnotenia metódou PROMETHEE II. Úsek pri každej alternatíve zobrazuje, ako sa na jej celkovom hodnotení podieľajú jej hodnotenia za jednotlivé kritériá, berúc do úvahy aj váhy týchto kritérií. Výška týchto úsekov je určená hodnotou jednokritériálneho čistého toku vynásobenou váhou tohto kritéria. Odčítaním úsekov zobrazujúcich kritériá z negatívnym hodnotením od úsekov zobrazujúcich kritériá z pozitívnym hodnotením dostanem viackritériálny čistý tok danej alternatívy. Kritériá, ktoré ovplyvňujú výsledný čistý tok v najväčšej miere, či už v pozitívnom alebo negatívnom zmysle sú umiestnené na krajných častiach týchto stĺpikov.

Obrázok 9: Hodnotenie alternatív prostredníctvom PROMETHEE Rainbow



Zdroj: vlastné vypracovanie

Diskusia a záver práce

V tejto práci sme prezentovali metódy viackriteriálneho rozhodovania a to metódy PROMETHEE I a PROMETHEE II, pričom sme sa zamerali na ich využitie v praxi v procese verejného obstarávania v oblasti štátnej správy a to konkrétne v prípadovej štúdií výberu najvhodnejšieho dodávateľa servisných prác týkajúcich údržby meteozaariadení. Naformulovali sme prípadovú úlohu v ktorej sme si určili šesť rôznych kritérií, na základe ktorých sme hodnotili osem rôznych dodávateľov.

Pomocou metódy PROMETHEE I, ktorá nám udáva informácie o preferenciách medzi alternatívami sme dospeli k výsledku, že najpreferovanejšia je alternatíva „D“. Rovnaký výsledok nám vyšiel aj pomocou metódy PROMETHEE II, ktorá nám taktiež poskytla úplné zoradenie alternatív, ktoré môže prísť vhod napríklad v prípade, ak by náš vybraný najpreferovanejší dodávateľ svoju ponuku zrušil, alebo by bol z výberového konania z iných dôvodov vylúčený. Výsledkom výpočtov oboch spomínaných metód bolo, že najlepšou alternatívou je dodávateľ „D“ napriek faktu, že práve tento dodávateľ má najvyššiu základnú cenu. Z prieskumov reálnych výberových konaní na dodávateľa sme zistili, že vo väčšine prípadov sa za jediné rozhodujúce kritérium považuje najnižšia cena. Táto prípadová úloha nám ale znázorňuje skutočnosť, že ak pri výberovom konaní zahrnieme do nášho rozhodovania viac kritérií, na základe ktorých si budeme dodávateľa vyberať, môžeme sa s využitím metód viackriteriálneho rozhodovania, konkrétne napríklad pomocou spomínaných metód PROMETHEE jednoducho dopracovať k transparentnejšiemu riešeniu, ktoré naberá na dôležitosti priamo úmerne z cenou zákazky.

Pri takýchto zákazkách, je hlavne z finančného, ale aj z časového či kvalitatívneho hľadiska potrebné zvažovať všetky aspekty a kritériá rozhodovania, pričom kritériá a k nim priradené váhové koeficienty by mala v ideálnom prípade určovať skupina odborníkov, aby sa zredukovala možnosť ich chybného odhadu vyplývajúca zo subjektívneho pohľadu jednotlivcov na daný problém.

Použitá literatúra

- [1] Brans P., Vincke P. A preference ranking organisation method: The PROMETHEE method for MCDM . článok z periodika Management Science, 1985.
ISSN: 0025-1909
- [2] Brožová H., Houška M., Šubrt, T. Modely pro vícekriteriální rozhodování. 1. vyd. Praha: ČZU, 2003, 178 s. ISBN: 80-213-1019-7
- [3] Fiala, P., Jablonský, J., Maňas, M , Vícekriteriální rozhodování, VŠE, Praha, 1997, 316 s., ISBN 80-7079-743-7
- [4] Hwang, C.L., Yoon K., Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, New York: Springer-Verlag. 1981 , 259s.
ISBN: 0387105581 9780387105581 3540105581 9783540105589
- [5] Köksalan M., Stanley Z., Wallenius J. Multiple criteria decision making - From Early History to the 21st Century, Murat. World Scientific Publishing 2001, 212s.
ISBN: 978-981-4335-58-4
- [6] Mlynarovič V., Hozlár E., Viackriteriálne rozhodovanie, Ekonomická univerzita v Bratislave 1993, 206 s. ISBN: 80-225-0460-2
- [7] Sobihard, J. Postavenie a pôsobnosť verejnoprávnych inštitúcií. článok z periodika Policajná teória a prax – roč. 4 č 2. APZ-BA 1996 ISSN 1335-1370
- [8] Škultéty, P. Základy verejnej správy - 1. vyd . APZ-BA 2001, 118.s.
ISBN: 80-8055-387-4
- [9] Zbierka zákonov č. 14/2006 , Zákon o verejnom obstarávaní
- [10] Dostupné na internete, 25.03.2014, <http://www.promethee-gaia.net/software.html>

[10] Dostupné na internete, 28.03.2014, stránka úradu pre verejné obstarávanie
<http://www.uvo.gov.sk/domov> , 28.03.2014, <http://www.promethee-gaia.net/software.html>

