Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra řízení

Diplomová práce

Aplikace rozhodovacích metod

Bc. Jana Kosařová

© 2019 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jana Kosařová

Systémové inženýrství

Název práce

Aplikace rozhodovacích metod

Název anglicky

Aplication of Decision-Making Methods

Cíle práce

Na základě rešeršní charakteristiky jednotlivých rozhodovacích metod a uvedení jejich aplikačních omezení (vhodná/nevhodná) aplikovat některé vybrané metody na skutečný rozhodovací úkol.

Metodika

Převážně teoretická část literární rešerše je založená na studiu, analýze a srovnávání různých odborných dokumentů (primárních i sekundárních pramenů). Návrhová část práce je založena na empirickém výzkumu faktorů ovlivňujících efektivitu manažerského rozhodování.

Doporučený rozsah práce

60 až 80 stran A4

Klíčová slova

Rozhodování, kontradikce, racionální výběr, management, vícekriteriální hodnocení.

Doporučené zdroje informací

Brožová, Helena, Houška, Milan, Šubrt Tomáš. Modely pro vícekriteriální rozhodování. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2014. ISBN 978-80-213-1019-3.

Fiala, Petr: Modely a metody rozhodování. 2013. VŠE. 3. přepracované vydání. ISBN 978-80-245-1981-4.

Fotr, Jiří Dědina, Jiří Hrůzová, Helena: Manažerské rozhodování. Ekopress, s. r. o. 2003, ISBN: 80-86119-69-6.

Gros, Ivan. Matematické modely pro manažerské rozhodování. Praha, Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-709-5.

Koontz, H. Weihrich, H.: Management. Victoria Publishing 1993, ISBN: 80-85605-45-7.

Wisniewski, Mik: Metody manažerského rozhodování. Grada Publishing, s.r.o. 1996, ISBN: 80-7169-089-9.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Tomáš Macák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra řízení

Elektronicky schváleno dne 11. 7. 2018

prof. Ing. Ivana Tichá, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2018

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 10. 03. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Aplikace rozhodovacích metod" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26. 3. 2019 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Tomáši Macákovi, Ph.D. za odborné vedení práce, ochotu a vstřícný přístup při zpracování této diplomové práce.

Aplikace rozhodovacích metod

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá aplikací rozhodovacích metod na konkrétní rozhodovací problém. Teoretická východiska definují pojmy týkající se managementu, rozhodovacího procesu a modelů vícekriteriálního rozhodování. Dále jsou popsány vybrané metody vícekriteriálního rozhodování. Některé z těchto metod jsou následně aplikovány v praktické části.

Praktická část diplomové práce se zaměřuje konkrétní rozhodovací problém, který je řešen pomocí vícekriteriální analýzy variant. Je představen pivovarský podnik a jeho portfolio produktů. Následně jsou vytvořena kritéria, kterým jsou za pomocí vybraných metod přiřazeny váhy. K určení pořadí variant jsou využity metody WSA, TOPSIS a AHP. Nejhorší varianta je zhodnocena jako varianta, která by měla být vyřazena z výroby podniku.

Klíčová slova: Rozhodování, kritérium, racionální výběr, management, vícekriteriální rozhodování, TOPSIS, AHP, WSA

Application of Decision-Making Methods

Abstract

This diploma thesis focuses on application of decision-making methods on particular decision problem. The theoretical base defines basic concepts of management, decision-making process and models of multi-criteria decision making. After that the selected methods of multicriterial decision-making are described. Some of these methods are applied in the practical part of the thesis.

The practical part of the diploma thesis focuses on specific decision problem, which is solved by multi-criteria analysis of variants. At first brewery and its products are presented. Subsequently, criteria are created and assigned weights by using selected methods. WSA, TOPSIS and AHP methods are used to determine the order of variants. The worst option is evaluated as a variant that should be excluded out of production.

Keywords: Decision-making, criteria, rational choice, management, multi-criteria decision making, TOPSIS, AHP, WSA

Obsah

1 Úvod 11

2 Cíl práce a metodika 12

2.1 Cíl práce 12

2.2 Metodika 12

3 Teoretická východiska 13

3.1 Management 13

3.1.1 Manažer 13

3.2 Teorie rozhodování 14

3.2.1 Meritorní a formálně logická stránka rozhodování 15

3.3 Rozhodovací proces 15

3.3.1 Klasifikace rozhodovacího procesu 16

3.3.2 Prvky rozhodovacího procesu 17

3.3.3 Rozhodovací model 20

3.3.4 Etapy rozhodovacího procesu 21

3.4 Modely vícekriteriálního rozhodování 23

3.4.1 Prvky modelu vícekriteriální analýzy variant 23

3.4.2 Klasifikace modelů vícekriteriálního rozhodování 28

3.5 Metody stanovení vah kritérií 29

3.5.1 Stanovení vah kritérií bez informace o preferencích kritérií 29

3.5.2 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií 31

3.5.3 Stanovení vah z kardinální informace o preferencích kritérií 32

3.6 Metody výběru kompromisních variant 34

3.6.1 Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií 35

3.6.2 Metody vyžadující aspirační úrovně kritérií 35

3.6.3 Metody vyžadující ordinální informace 37

3.6.4 Metody vyžadující kardinální informace 40

4 Vlastní práce 45

4.1 Intelligence 45

4.1.1 Profil rozhodovatele 45

4.1.2 Stanovení kritérií 45

4.2 Design 46

4.2.1 Soubor variant 46

4.2.2 Stanovení vah kritérií 49

4.3 Choice 52

4.3.1 Aplikace rozhodovacích metod 52

4.3.2 Metoda váženého součtu ... 53
4.3.3 Metoda TOPSIS ... 55
4.3.4 Metoda AHP ... 58

5 Zhodnocení výsledků a doporučení ... 71

6 Závěr ... 73

7 Seznam použitých zdrojů ... 75
7.1 Knižní publikace ... 75
7.2 Elektronické zdroje ... 76

8 Přílohy ... 77

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma rozhodovacího stromu ... 21
Obrázek 2: Kriteriální matice Y ... 24
Obrázek 3: Hvězdicovité zobrazení variant ... 25
Obrázek 4: Polygonální zobrazení – nedominované varianty ... 26
Obrázek 5: Polygonální zobrazení – dominované varianty ... 26
Obrázek 6: Saatyho matice ... 33
Obrázek 7: Výpočet pomocí lexikografické metody ... 38
Obrázek 8: Metoda AHP – hierarchická struktura ... 42
Obrázek 9: Znázornění metody TOPSIS ... 43
Obrázek 10: Grafické zpracování rozhodovacího problému metodou AHP ... 58

Seznam tabulek

Tabulka 1: Charakteristika dobře a špatně strukturovaných problémů ... 16
Tabulka 2: Verbální a číselné vyjádření subjektivní pravděpodobnosti ... 19
Tabulka 3: Rozhodovací tabulka – výplatní matice rozhodovacího modelu ... 20
Tabulka 4: Metody stanovení vah kritérií ... 29
Tabulka 5: Schéma Fullerova trojúhelníku ... 32
Tabulka 6: Metody zpracování informací o preferencích mezi variantami ... 34
Tabulka 7: Kritéria ... 45
Tabulka 8: Vstupní tabulka s údaji ... 48
Tabulka 9: Stanovení vah o preferencích kritérií bodovací metodou ... 49
Tabulka 10: Stanovení vah o preferencích kritérií Saatyho metodou ... 50
Tabulka 11: Kriteriální matice ... 53
Tabulka 12: Upravená kriteriální matice ... 53
Tabulka 13: Kriteriální matice pro výpočet WSA ... 54
Tabulka 14: Standardizovaná kriteriální matice ... 54
Tabulka 15: Pořadí variant metodou WSA ... 55
Tabulka 16: Podkladová matice pro výpočet TOPSIS ... 55
Tabulka 17: Normalizovaná kriteriální matice R ... 56
Tabulka 18: Normalizovaná vážená kriteriální matice W ... 56
Tabulka 19: Vzdálenosti variant od ideální a bazální variant ... 57
Tabulka 20: Pořadí variant metodou TOPSIS ... 57

Tabulka 21: Vstupní tabulka pro metodu AHP 59
Tabulka 22: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Cena..... 60
Tabulka 23: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Chmelové náklady..... 60
Tabulka 24: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Sladové náklady 61
Tabulka 25: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Cena PET 61
Tabulka 26: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Prodej 62
Tabulka 27: Výsledné pořadí metody AHP – majitel podniku..... 63
Tabulka 28: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Cena 63
Tabulka 29: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Chmelové náklady 64
Tabulka 30: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Sladové náklady..... 64
Tabulka 31: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Cena PET..... 65
Tabulka 32: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Prodej..... 65
Tabulka 33: Výsledné pořadí metody AHP – hlavní sládek..... 66
Tabulka 34: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Cena..... 67
Tabulka 35: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Chmelové náklady..... 67
Tabulka 36: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Sladové náklady 68
Tabulka 37: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Cena PET 69
Tabulka 38: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Prodej 69
Tabulka 39: Výsledné pořadí metody AHP – marketingový expert..... 70

Seznam grafů

Graf 1: Polygon pro varianty 48
Graf 2: Porovnání metod stanovení vah 52
Graf 3: Porovnání výsledků získaných metodami WSA, TOPSIS a AHP 72

1 Úvod

Rozhodování je činnost, která je spojená s člověkem natolik silně, že si jí občas ani nevšimne. Mnoho procesů rozhodování probíhá intuitivně. Některá rozhodování jsou banální, ať už si člověk vybírá, co si dá k obědu, či jakou příchuť zmrzliny si objedná. Na druhou stranu rozhodování může být i velmi složité a rozhodnutím může člověk ovlivnit jak svůj osobní či profesní život, tak život někoho jiného. U dětí je tomu jinak, protože za ně mají odpovědnost až do dospělosti rodiče. Základní věci o dětech rozhodují sami, bez jejich účasti. Například jaké jim dají jméno nebo do jaké základní školy je přihlásí.

Management patří do oblasti, ve které rozhodují osoby, jejichž rozhodnutí mají dopad na ostatní. Management patří mezi nejdůležitější lidské činnosti, do nichž patří zkušenosti, doporučení a názory manažerů k dosažení podnikových cílů. Tyto funkce zastává manažer, který odpovídá za plnění úkolů, u kterých je vyžadováno řízení dalších členů organizace. U rozhodování platí, že se vzrůstajícím počtem variant se proces stává složitější. V závislosti na složitosti problému se může stát, že i manažer bude chybovat a následně přijme stejně jako rodiče odpovědnost za vzniklou situaci. Na základě úspěšných a efektivních rozhodnutí manažera je výsledkem prosperující podnik, který produkuje zisk. Zisk ale není jediný cíl manažerů, důležité je dlouhodobé zvyšování hodnoty běžných zásob firmy.

Manažeři by měli při svých rozhodnutích aplikovat poznatky z vědy, která se zabývá rozhodováním. Ta se nazývá teorie rozhodování a využívá k řešení rozhodovacích problémů matematické modely a metody. Rozhodovací proces začíná ve chvíli, kdy je objeven problém, o jehož řešení je potřeba rozhodnout. Celý proces probíhá na základě analýzy informací, kdy je vybírána nejvhodnější varianta ze všech přípustných variant řešení. Cílem rozhodovacího procesu je vybrání takové alternativy, která se zdá z určitého hlediska nejvýhodnější. V okamžiku rozhodnutí ale není jasné, jaké dopady bude daná alternativa mít. Na průběh rozhodovacího procesu má vliv rozsah a objem vstupních informací, krátký časový úsek na rozhodování, množství všech přípustných variant řešení a obtížné srovnávání kvalitativních a kvantitativních hodnotících kritérií. Správný manažer je jak odborník v daném oboru, tak ekonom. Je důležité znát odbornou stránku problému rozhodování, ale také umět zvolit ekonomicky výhodnou variantu.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Cílem teoretické části diplomové práce je definovat základní pojmy z oblasti managementu, rozhodovacích procesů, modelů vícekriteriálního rozhodování a konkrétních metod výběru kompromisních variant.

Praktická část práce využívá znalosti z teoretické části a aplikuje metody na konkrétní rozhodovací problém. Cílem práce je sestrojit model vícekriteriální analýzy variant, stanovit kritéria a jejich váhy a pomocí vhodných metod vícekriteriálního rozhodování vybrat kompromisní variantu.

2.2 Metodika

Teoretická část diplomové práce vychází se studia, analýzy a srovnání odborné literatury. Jako hlavní literární zdroje pro komplexní uvedení do problematiky teorie rozhodování byly využity publikace Manažerské rozhodování od Jiřího Fotra a kolektivu a Ekonomicko-matematické metody od Tomáše Šubrta a kolektivu.

V praktické části je nejprve definován profil rozhodovatele, soubor variant a jeho kritéria. Následně jsou pomocí bodovací metody a Saatyho metody stanoveny váhy jednotlivých kritérií. Je provedeno srovnání vypočtených vah a vybrány výsledné váhy, s jejichž hodnotami se pracuje v dalších výpočtech. Poté je vybrána kompromisní varianta za použití metod WSA, TOPSIS a AHP. Výsledné výpočty jsou následně porovnány a podniku je stanoveno doporučení.

3 Teoretická východiska

3.1 Management

Management je jedna z nejdůležitějších lidských činností. Zahrnuje zkušenosti, doporučení a názory manažerů, kteří používají k dosažení podnikových cílů manažerských funkcí. Management je také činnost, která mobilizuje lidské i věcné činitele v podniku k zajištění jeho cílů. K tomu dochází prostřednictvím uspokojování požadavků zákazníků. Dalším z výkladů managementu je, že se jedná o umění dosáhnout toho, aby lidé udělali, co je potřeba. Do manažerských pozic jsou typicky obsazování vůdci, kteří umí motivovat své podřízené a tím zvyšovat jejich výkonost (Dědina, Cejthamr, 2005).

3.1.1 Manažer

Manažer je osoba, která odpovídá za plnění úkolů, u kterých je vyžadováno řízení dalších členů organizace. Rozhodování manažera je tvorba strategických rozhodnutí, která jsou vykonávána na základě manažerovy autority a jeho přístupu k informacím. Manažer rozhoduje ve čtyřech rolích; podnikatele, řešitele rušivých událostí, distributora zdrojů a vyjednavače. V roli podnikatele manažer vymýšlí, projektuje a podněcuje změny, kdy využívá různých příležitostí a podniká akce k neustálému zlepšování. Manažer v této roli také musí dbát na zvážení rizika podnikatelských aktivit a posouzení budoucí ziskovosti. V roli řešitele rušivých událostí musí manažer reagovat na neočekávané skutečnosti, překonávat nejrůznější bariéry a čelit nežádoucím tlakům uvnitř či zvenčí organizace. V roli distributora zdrojů manažer hospodaří s penězi, lidmi, časem, mocí a zařízením. Manažer musí dbát na to, aby hospodaření se zdroji odpovídalo prioritám organizace. Roli vyjednavače zastupuje manažer při jednání s útvary, jednotlivci, či jinými organizacemi. Nezbytnou podmínkou k roli vyjednavače je pravomoc k hospodaření se zdroji (Bělohlávek, Košťan, Šuleř, 2001).

Často se říká, že cílem manažerů je jednoduše produkovat zisk. Zisk je však pouze měřítkem nadhodnoty prodeje nad celkovými výdaji. Důležité také je dlouhodobě zvyšovat hodnoty běžných zásob firmy. Manažeři musejí vytvářet prostředí, ve kterém se svými spolupracovníky dosahuje stanovených cílů při minimální spotřebě času, peněz a materiálu. V publikaci In search of Excellence bylo uvedeno následujících 8 vlastností vynikajících firem. Firmy jsou orientovány směrem k inovační aktivitě. Prosazují řídící

autonomii a soutěživost. Znají potřeby svých zákazníků a dosahují vysoké produktivity tím, že jim věnují patřičnou pozornost. Jsou zaměřeny na obchody, které povaužují za nejlepší. Mají jednoduchou organizační strukturu. Jsou podle potřeby centralizované i decentralizované. Řízení firem probíhá na základě filozofie, kterou vyznávají manažeři firmy (Knootz, Weihrich, 1993).

3.2 Teorie rozhodování

Rozhodování je proces, kdy je voleno mezi několika variantami řešení. Jedná se o nedílnou složku každého manažera, který denně řeší řadu problémů tím, že se snaží vybrat nejvýhodnější variantu ve všech manažerských činnostech. Pro různé typy rozhodovacích situací jsou vytvářeny modely a metody řešení, které pomáhají při rozhodování v daných situacích. Modely ověřují zkušenosti z reality a využívají teorii pro správné rozhodování v realitě (Fiala, 2013).

Teorie rozhodování se opírá o mnoho oblastí. Mezi základní typ rozhodování se řadí rozhodování osobní, kdy člověk rozhoduje sám za sebe a zároveň své rozhodnutí naplňuje vlastními aktivitami a úsilím. Dalšími typy rozhodování jsou takové, které jsou spojené s výkonem určitě funkce. Je charakteristické tím, že člověk rozhoduje v zájmu jiné osoby. Řadí se sem rozhodování manažerské, politické, velitelské a správní. Velikost prostoru pro rozhodování představuje stupeň determinace. Hranice prostoru jsou vymezeny etickými zásadami a předpisy (především právní předpisy a vnitřní předpisy organizace). Hranice determinují postup rozhodování a čas, do kterého se musí rozhodnout. Vysoký stupeň determinace je charakteristický pro správní rozhodování, při kterém je správní úředník omezen na podrobné předpisy určující postupy. Naopak nízký stupeň determinace představuje osobní rozhodování, neboť se člověk rozhoduje podle vlastního uvážení a mravních postojů. Je omezen obecně závaznými předpisy. Nízký až střední stupeň determinace je běžný na manažreské úrovni rozhodování. Manažer je ovlivňován mravními zásadami a determinován jak vnitřními předpisy organizace tak závaznými předpisy, ale má dostatek prostoru pro jeo rozhodování (Blažek, 2014).

Na teorii rozhodování je možné nahlížet ze dvou pohledů. Normativní teorie dává doporučení, jak postupovat při řešení rozhodovacích problémů. Dále se zaměřuje na to, jaké modely a metody využít. Předmětem deskriptivní teorie je popis, analýza a hodnocení proběhlých rozhodovacích procesů (Fotr, Dědina, Hrůzová, 2003).

3.2.1 Meritorní a formálně logická stránka rozhodování

Rozhodovací procesy obsahují dvě stránky rozhodování; meritorní a formálně logickou. Meritorní (také věcná či obsahová) stránka rozhodování odráží specifické rysy a odlišnosti rozhodovacích procesů. Řadí se do ní rozhodování o investicích, organizační uspořádání, výběr pracovníků a marketingová strategie. Meritorní stránka je náplní výkladu věcně orientovaných disciplín jako: marketing, finanční management, podniková ekonomik, personální řízení a jiné. Formálně logická (také procedurální) stránka rozhodování se liší od meritorní tím, že vychází ze společných rysů a vlastností rozhodovacích problémů. Společným rysem je postup či procedura řešení rozhodovacích problémů, který rozkládá dané řešení do určitého počtu kroků (Fotr, Dědina, Hrůzová, 2003).

3.3 Rozhodovací proces

Rozhodovací proces začíná ve chvíli, kdy je objeven nějaký problém, o jehož řešení je potřeba rozhodnout. Probíhá na základě analýzy informací, kdy je vybírána nejvhodnější varianta ze všech přípustných variant řešení. Cílem rozhodovacího procesu je vybrat takovou alternativu, která se zdá z určitého hlediska nejvýhodnější. V okamžiku rozhodnutí však není jasné, která volba je nejvýhodnější, neboť není známo, jaké důsledky bude daná volba mít. Na průběh rozhodovacího procesu má vliv spousta faktorů. Řadí se do nich rozsah a objem vstupních informací, krátký časový úsek na rozhodování, množství všech přípustných variant řešení a obtížné srovnávání kvalitativních a kvantitativních hodnotících kritérií (Zahradník, Bauer, 1996).

Při rozhodování se uplatňují 3 přístupy: zkušenosti, experimenty a výzkum a analýza. Zkušenosti vycházejí z minulosti, což může být na jedné straně výhoda, ale na druhé straně nevýhoda, neboť se jedná o odhad, který nemusí být v daných podmínkách nejlepší. Dobrá rozhodnutí vycházejí s prognózovaných budoucích podmínek, ale zkušenosti se vztahují k minulosti. Experimenty jsou přístupem, kdy je daná alternativa zkoušena a je sledováno její chování. Experiment však bývá nákladný, dlouhý a jeho uskutečnění nemusí odpovídat podmínkám, které se teprve prognózují. Mezi nejčastěji využívaný přístup se řadí výzkum a analýza. Tento přístup přistupuje k řešení problému prostřednictvím jeho poznání. Nejobsáhlejší výzkumně-analytické přístupy je operační výzkum (Obst a kol., 2006).

3.3.1 Klasifikace rozhodovacího procesu

Základní klasifikace rozhodovacího procesu představuje členění na dobře strukturované problémy a špatně strukturované problémy. Tato klasifikace je členěna z hlediska složitosti problému a možnosti algoritmizace. Dobře strukturované problémy se typicky řeší na operativních úrovních řízení. Existují pro ně rutinní postupy řešení. Příkladem dobře strukturovaného problému je například alokace zaměstnanců na směny, řešení velikosti objednávky a jiné. Špatně strukturované problémy bývají řešeny na vrcholové úrovni řízení a vyznačují se svojí složitostí a nestrukturovaností. Při řešení takových problémů se využívá tvůrčího přístupu, který je založený na zkušenostech, znalostech a intuici. Příkladem špatně strukturovaného problému je například rozhodování o změně organizační struktury či o vytváření podniku (Veber a kol., 2009).

Tabulka č. 1 znázorňuje podrobnější charakteristiku dobře a špatně strukturovaných problémů. Klasifikace představuje spíše okrajové hodnoty a jen málo rozhodovacích problémů patří výhradně do krajních poloh. Například rutinní problém může na základě změn uvnitř či vně organizace přinést nové prvky a při jeho řešení bude potřeba nových, inovativních postupů (Veber a kol., 2009).

Tabulka 1: Charakteristika dobře a špatně strukturovaných problémů

Charakteristika	Dobře strukturované	Špatně strukturované
Frekvence řešení	Opakovaně	Jednorázově
Úroveň řízení	Nižší	Vyšší
Postupy řešení	Rutinní	Inovativní
Využívané proměnné	Kvantifikovatelné	Obtížně kvantifikovatelné
Faktory ovlivňující řešení	Malý počet známých faktorů	Velký počet faktorů (některé z nich jsou neznámé)
Vazby mezi faktory	Jednoduché závislosti	Složité a proměnlivé vazby
Kritérium hodnocení	Jedno kvantitativní kritérium	Více kritérií (většinou kvantitativních)
Charakter prostředí	Stabilní	Proměnlivý
Přístup k informacím	Dobrý přístup	Špatný, obtížná interpretace informací

Zdroj: (Veber a kol., 2009)

Další možné klasifikace rozhodovacích procesů jsou: (Křupka, Kašparová, Máchová, 2012):

- Rozhodovací procesy za jistoty, rizika, nejistoty
- Statické a dynamické rozhodovací procesy
- Jednokriteriální a vícekriteriální rozhodovací procesy
- S individuálním či kolektivním subjektem rozhodování
- Konfliktní a bezkonfliktní rozhodovací procesy
- Strategické, taktické, operativní rozhodovací procesy

3.3.2 Prvky rozhodovacího procesu

Rozhodovací proces se řadí mezi multidisciplinární problémy, neboť řešení je závislé jak na věcné stránce (oblast řešeného problému), tak na procedurální stránce (metody a postupy řešení). Pro tvorbu matematického modelu jsou důležité jednotlivé prvky rozhodovacího procesu (Šubrt a kol., 2015).

Do něj se řadí:

- Objekt rozhodování
- Subjekt rozhodování
- Alternativy rozhodnutí
- Stavy okolností
- Výplata alternativy
- Cíl rozhodování
- Jistota, riziko, nejistota

Objekt rozhodování

Objekt rozhodování neboli o čem je rozhodováno je konkrétní problémová situace, ve které je vybíráno právě jedno z možných rozhodnutí. Toto rozhodování představuje jednorázovou situaci, která se již většinou v budoucnu neopakuje (Šubrt a kol., 2015).

Subjekt rozhodování

Subjekt rozhodování neboli kdo rozhoduje je sám rozhodovatel, který řeší konkrétní problémovou situaci. Vyznačuje se tím, že má cíl, záměr a pravomoc problémovou situaci rozhodnout. Subjektem rozhodování může být jak jednotlivec tsk skupina (Fotr, Dědina, Hrůzová, 2003).

Alternativy rozhodnutí

Alternativy rozhodnutí neboli z čeho je vybíráno jsou existující rozhodnutí pro řešení problémové situace. Vyznačují se tím, že se musí navzájem vylučovat. V případě, že subjekt rozhodování zvolí jednu alternativu, už nemůže současně zvolit žádnou jinou. Je tedy důležité si již na začátku rozhodovacího procesu ujasnit všechny možné alternativy a všechny je zahrnout do rozhodovacího procesu. Do alternativy rozhodnutí se řadí i alternativa nedělat nic (Šubrt a kol., 2015).

Stavy okolností

Stavy okolností neboli budoucí situace popisují situace, za kterých bude daná alternativa realizována. Vyjadřují situace, ve kterých se zvolená alternativa rozhodnutí uskutečňuje. Rozhodovatel nemůže přesně ovlivnit stavy okolností. Tak jako alternativy rozhodnutí, i stavy okolností se musí navzájem vylučovat (Šubrt a kol., 2015).

Výplata alternativy

Výplata alternativy neboli co alternativa přinese je způsob ocenění jejího výsledku při daném stavu okolností. Nejčastěji tím bývá zisk či výnos nebo naopak náklad či ztráta (Šubrt a kol., 2015).

Cíl rozhodování

Cíl rozhodování neboli čeho má být dosaženo je volba nejvýhodnější alternativy, která je dána kritérii rozhodování (Šubrt a kol., 2015).

Správné stanovení cílů je klíčovým faktorem úspěchu. Dobré stanovení cíle je poměrně obtížné, neboť nejde jen o vlastní popis stavu, ale také o vzájemné porozumění obou stran. Musí se určit, co má být vyprodukováno, k čemu to bude sloužit a za jakých podmínek toho bude dosaženo. Stanovení cílů může být formulováno pomocí techniky SMART, kde by měl být cíl:

S: Specifický – odpovídá na otázku „co?“

M: Měřitelný – je možné zpětně určit, zda bylo cíle dosaženo

A: Akceptovaný – obě strany se shodly na adekvátnosti a relevantnosti cíle

R: Realistický – musí odpovídat realitě

T: Termínovaný – jsou stanoveny průběžné a závěrečné termíny

Někdy se k této metodě přidává malé *i* – *SMARTi*, kde *i* značí, že cíl by měl být integrovaný do organizační strategie (Doležal a kol., 2016).

Opakem metody SMART je metoda DUMB, která popisuje cíle, jimž by se mělo při stanovení cílů vyhnout. Cíl by neměl být (Lojda, 2011):

D: Defective – nedokonalý

U: Unrealistic – nereálný

M: Misdirected – s nesprávným zaměřením

B: Bureaucratic – byrokratický

Jistota, riziko, nejistota

Jistota, riziko a nejistota popisuje znalost budoucí situace, ve které bude vybraná alternativa rozhodnutí realizována. Většinou se možnost, že určitá situace nastane, vyjadřuje pomocí pravděpodobnosti. Stanovení pravděpodobnosti se dělí na objektivní a subjektivní. Objektivní pravděpodobnosti jsou určovány z minulých statistických šetření. Subjektivní pravděpodobnosti jsou určovány na základě osobního přesvědčení subjektu rozhodování (Šubrt a kol., 2015). Jedná se o produkt intuice, kdy manažer či expert danému jevu věří nebo nevěří, ale není schopen přesně určit původ této víry. I přesto jsou subjektivní pravděpodobnosti velmi cenné, především v případě formulace scénářů budoucnosti, kdy nejsou stanovení jejich pravděpodobnosti k dispozici. Subjektivní pravděpodobnost lze vyjádřit číselně i verbálně. K číselnému vyjádření se používají hodnoty z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Hodnota 0 (či 0 %) vyjadřuje, že daná situace nenastane. Naopak hodnota 1 (či 100 %) vyjadřuje, že daná situace nastane. Pro tvorbu matematických modelů musí být pravděpodobnosti převedeny do číselné stupnice pomocí následující převodní tabulky (Blažek, 2014).

Tabulka 2: Verbální a číselné vyjádření subjektivní pravděpodobnosti

Verbální	Číselné
Zcela vyloučeno	0
Krajně nepravděpodobné	0,1
Dosti nepravděpodobné	0,2-0,3
Nepravděpodobné	0,4
Pravděpodobné	0,6
Dosti pravděpodobné	0,7-0,8
Nanejvýš pravděpodobné	0,9
Zcela jisté	1

Zdroj: (Blažek, 2014)

3.3.3 Rozhodovací model

Rozhodovací model formalizuje rozhodovací proces. Má obvykle formu tabulky nebo rozhodovacího stromu a slouží k exaktnímu přístupu k výběru řešení. Tabulka č. 3 znázorňuje výplatní matici rozhodovacího modelu.

Tabulka 3: Rozhodovací tabulka – výplatní matice rozhodovacího modelu

		Stavy okolností			
		S_1	S_2	…	S_n
Alternativy	A_1	v_{11}	v_{12}	…	v_{1n}
	A_2	v_{21}	v_{22}	…	v_{2n}
	…	…	…	…	…
	A_m	v_{m1}	v_{m2}	…	v_{mn}

Zdroj: (Šubrt a kol., 2015)

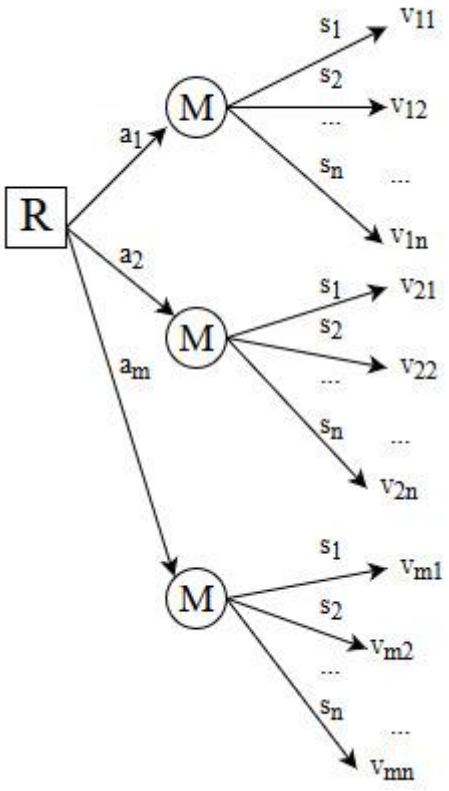
Tabulka obsahuje tyto prvky (Šubrt a kol., 2015):

- Alternativy rozhodnutí A_1-A_m
- Stavy okolností S_1-S_n
- Výplaty v_{ij} pro kombinace A_i a S_j
- Případně může obsahovat pravděpodobnosti realizace jednotlivých stavů okolností p_1-p_n

Rozhodovací tabulka je maticovou formou zápisu daného rozhodovacího modelu. Jedná se o matici o rozměrech *m x n*, kdy *m* jsou alternativy a *n* jsou stavy okolností. Prvky matice jsou jednotlivé výplaty v_{ij}, které odpovídají alternativě A_i a stavu okolností S_j (Šubrt a kol., 2015).

Grafické zobrazení problému se nazývá rozhodovací strom. Rozhodovací stromy se používají zejména na vrcholové úrovni řízení při koncepčním rozhodování, neboť usnadňují chápání složitých procesů. Grafické znázornění nutí rozhodovatele promýšlet každou variantu do všech důsledků a zároveň podněcuje k vyhledávání faktorů nejistoty. Na obrázku č. 1 je znázorněno schéma rozhodovacího stromu. Kořen rozhodovacího stromu je uzel *R*, který odpovídá okamžiku rozhodnutí. Na něj navazují hrany alternativ a_1, a_2…,a_n, které představují jednotlivá rozhodnutí. Uzel *M* je situační neboli možnostní a odpovídá okamžiku realizace vybrané alternativy ovlivněné jedním ze stavů okolností s_1, s_2,…,s_n. Výsledky rozhodovací situace jsou ohodnoceny výplatami v_{ij} pro příslušnou kombinaci alternativa/stav okolností (Šubrt a kol., 2015).

Obrázek 1: Schéma rozhodovacího stromu



Zdroj: (Šubrt a kol., 2015)

Mik Wisniewski uvádí, že využití rozhodovacího stromu je užitečné v situacích, kdy je potřeba udělat řadu rozhodnutí, u kterých je obtížné vyjádřit jejich vzájemné vazby pomocí tabulky. Zároveň je možné sestavit různé scénáře možného vývoje a pro každý z nich vypracovat rozhodovací strom. Tím, že se použije pro aktuální rozhodování ta verze rozhodovacího stromu, která nejvíce odpovídá situaci, bude celý rozhodovací proces urychlen (Wisniewski, 1996).

3.3.4 Etapy rozhodovacího procesu

Každý rozhodovací proces se skládá z několika etap, jejichž počet je závislý na složitosti a povaze řešeného problému. Je nezbytné, aby žádná z etap nebyla podceňována či přeceňována, každé z nich by se měla věnovat stejná pozornost. Jednotlivé etapy se dělí na následující (Zahradník, Bauer, 1996):

- Analýza problému: V první fázi se identifikují obtíže, které bude subjekt rozhodování řešit. Vytvářejí se vzájemné vztahy mezi činiteli, kteří rozhodovací problém vyvolávají.

- Konstrukce rozhodovacího problému: V druhé etapě přichází konstrukce rozhodovacího modelu, který představuje zobrazení a formulaci daného problému.
- Stanovení metody řešení: Subjekt rozhodování určuje metody, kterými bude daný problém řešen. V této etapě jsou také stanoveny kritéria, podle kterých je rozhodovací problém posuzován.
- Volba vhodné varianty: Volba vhodné nebo optimální varianty představuje výsledek řešení.

Další model rozhodovacího procesu interpretoval H. A. Simon, který rozlišil etapy na Intelligence, Design a Choice.

- Intelligence: První fáze se také nazývá analýza či zkoumání. V této fázi se identifikuje problém nebo příležitost. Tyto poznatky jsou získávány na základě naslouchání (zaměstnancům, dodavatelům, zákazníkům), brainstormingu, SWOT analýzy podniku aj (Forman, Selly, 2001).
- Design: Druhá fáze se také nazývá návrh. V této fázi jsou zkoumány cesty, které vedou k vyřešení problému. Analýza různých možností řešení zahrnuje brainstorming, práci s odbornou literaturou, provedení výzkumu či benchmarking (Forman, Selly, 2001).
- Choice: Třetí fáze je nazývána fází volby či řešení. V této fázi je vybírána alternativa řešení (Forman, Selly, 2001).

Možnosti řešení rozhodovacích problémů se provádí pomocí stanovených pravidel. Zahradník zahrnuje mezi nejvýznamnější pravidla tato: pravidlo jednohlasně vybrané varianty, pravidlo většinou hlasů přijaté varianty, pravidlo omezující informace a pravidlo založené na kardinálních stupních užitků (Zahradník, Bauer, 1996).

Šubrt rozděluje metody pro analýzu a řešení rozhodovacích problémů do tří skupin:
Volba dominantní alternativy: dominantní (lepší) alternativa vykazuje lepší výsledky než alternativa dominovaná (horší). Při rozhodování existují tři typy dominancí – dominance podle výplat, dominance podle stavů okolností a dominance podle pravděpodobnosti (Šubrt a kol., 2015).
Volba nejvýhodnější alternativy: Nejvýhodnější alternativa je taková, která slibuje nejlepší očekávanou výplatu. Postup výběru nejvýhodnější alternativy je závislý na charakteru

rozhodovací situace. První charakter rozhodovací situace je rozhodování za jistoty, kdy má rozhodovatel informace o budoucím stavu světa. Druhý charakter je rozhodování za jistoty, při kterém se uplatňují postupy hodnocení výplaty či ztráty jednotlivých alternativ: Waldovo kritérium, Maximaxový přístup, Savageovo kritérum, Bernoulli-Laplaceovo kritérium a Hurwiczovo kritérium. Poslední možností je rozhodování za rizika, při kterém jsou rozhodovateli známy informace o pravděpodobnostech stavů okolností. Pro výběr alternativy se využívá princip očekávané hodnoty výplaty a očekávané možné ztráty (Šubrt a kol., 2015).

Volba alternativy rozhodnutí podle nejvyššího užitku: Výsledky alternativ rozhodnutí jsou převedeny do intervalu 0, 1 pomocí funkce užitku. Alternativa, která má největší užitek je nejvhodnějším řešením rozhodovacího problému (Šubrt a kol., 2015).

3.4 Modely vícekriteriálního rozhodování

Modely vícekriteriálního rozhodování jsou takové rozhodovací problémy, ve kterých se důsledky rozhodnutí posuzují podle kritérií. Jedná se o problémy, kdy je potřeba vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných variant a doporučit je k realizaci. V modelech vícekriteriálního rozhodování je dána konečná množina variant *m*, které jsou hodnoceny podle kritérií *n*. Cílem modelu je nalezení varianty, která je ve všech kritériích hodnocena co nejlépe či kompromisní varianty-. Dalším účelem těchto modelů může být vyloučení neefektivních variant či uspořádání množiny variant (Šubrt a kol., 2015).

Podle Aleny Kolčavové je vícekriteriální rozhodování relativně mladá disciplína operačního výzkumu, která se zabývá rozhodovacími problémy, jež mají více variant řešení. Rozhodovací problémy jsou posuzovány podle více kritérií, která většinou nejsou ve vzájemném souladu. Varianta, která je podle jednoho kritéria hodnocena jako nejlepší tedy nebývá nejlépe hodnocena podle kritéria druhého. Cílem vícekriteriálního rozhodování je řešit konflikty jednotlivých kritérií a výběr takové varianty, která je podkladem pro konečné rozhodnutí (Kolčavová, 2004).

3.4.1 Prvky modelu vícekriteriální analýzy variant

Mezi prvky modelu vícekriteriální analýzy variant patří (Brožová, Houška, Šubrt, 2014):

- Alternativy rozhodnutí: varianty a_i, i=1,…,m
- Kritéria: k_j, j=1,…,n
- Kriteriální hodnoty: v_{ij}, i=1,…,m, j=1,…,n
- Preference kritérií: p_j, j=1,…,n

Varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti, které jsou hodnoceny podle jednotlivých kritérií. Kritéria musí být nezávislá a nesmí jich být příliš mnoho, aby se rozhodovací problém nestal nepřehledným. Pokud je hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, údaje se uspořádají do kriteriální matice *Y* (obrázek č. 2), kde prvek y_{ij} představuje hodnocení i-té varianty podle j-tého kritéria (Šubrt a kol., 2015).

Obrázek 2: Kriteriální matice Y

$$\begin{array}{c} \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} f_1 & f_2 & \cdots & f_k \end{array} \\ \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2k} \\ \vdots & & & \\ y_{p1} & y_{p2} & \cdots & y_{pk} \end{bmatrix} \end{array}$$

Zdroj: (Využití multikriteriální analýzy (MCA) pro hodnocení inteligentních elektroinstalací, 2011)

Typy variant mohou být následující:

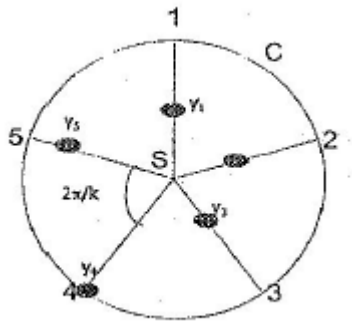
1. Nedominovaná varianta (nebo také efektivní varianta): Varianta a_i dominuje variantu a_j, když platí $(y_{i1}, y_{i2},\ldots,y_{ik}) \geq (y_{j1}, y_{j2},\ldots,y_{jk})$ a zároveň existuje alespoň jedno kritérium f_l, kde $y_{il} \geq {}_{jl.}$ Varianty, pro které tento vztah neplatí, jsou nedominované. (Získal, Havlíček, 2010).
2. Optimální varianta: Tato varianta je relativně jednoznačně doporučena k realizaci. Při výpočtech mohou nastat dva případy; Je-li v množině A jediná nedominovaná varianta, tak je možné ji označit jako optimální. Je-li více nedominovaných variant a $A_N = A$, tak je třeba použit metody, pomocí kterých je možné jednoznačně vybrat optimální variantu (Získal, Havlíček, 2010).
3. Ideální varianta: Taková varianta dosahuje ve všech kritériích nejlepší možné hodnoty (Získal, Havlíček, 2010).
4. Bazální varianta: Tato varianta je opak ideální varianty, tedy dosahuje ve všech kritériích nejhorší možné hodnoty (Získal, Havlíček, 2010).

5. Kompromisní varianta: Je to varianta nedominovaná a zároveň doporučená k řešení daného problému. Kompromisní variantu lze stanovit například tak, že bude nalezena varianta, která má největší součet normalizovaných hodnot ukazatelů. To se odvíjí od způsobu standardizace a normalizace hodnot, protože pro každou metodu je využíván různý postup. Kompromisní varianta může být také definována jako varianta, která má nejmenší vzdálenost od ideální varianty. Dalším způsobem stanoveni kompromisní varianty je odvození pomocí párových porovnání hodnot všech dvojic variant podle všech dostupných kritérií (Šubrt a kol., 2015).

Varianty lze také pro názornou ilustraci znázornit graficky. Existují dva způsoby grafického znázornění: hvězdicovité a polygonální (Získal, Havlíček, 2010).

- Hvězdicovité znázornění: Znázornění je nazýváno soustava hvězdicovitých souřadnic a je zobrazeno na obrázku č. 3. Jsou-li hodnoceny varianty podle *k* kritérií, pak má soustava k poloos. Poloosy začínají v bodě *S* a končí na obvodě kružnice *C*, jejímž středem je bod *S* (Získal, Havlíček, 2010).

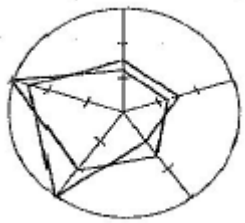
Obrázek 3: Hvězdicovité zobrazení variant



Zdroj: (Získal, Havlíček, 2010)

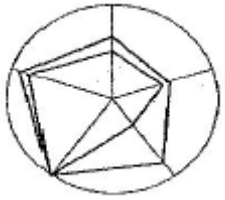
- Polygonální znázornění: Pomocí polygonálního zobrazení lze na první pohled určit, zda jsou varianty dominované či nedominované. Varianty a_1 a_2 jsou nedominované, pakliže se jejich polygonální zobrazení v téže soustavě prolínají (obrázek č. 4). Na obrázku č. 5 je znázorněna situace, kdy varianta a_1 dominuje variantu a_2. Polygon dominující varianty a_1 obsahuje polygon dominované varianty a_2 (Získal, Havlíček, 2010).

Obrázek 4: Polygonální zobrazení – nedominované varianty



Zdroj: (Získal, Havlíček, 2010)

Obrázek 5: Polygonální zobrazení – dominované varianty



Zdroj: (Získal, Havlíček, 2010)

Kritéria, podle kterých je vybírána nejvýhodnější varianta se děli podle dvou hledisek: podle povahy a podle kvantifikovatelnosti. Podle povahy se kritéria dále dělí na (Šubrt a kol., 2015):

- Kritéria minimalizační: Nejlepší varianty mají podle minimalizačního kritéria nejnižší hodnoty.
- Kritéria maximalizační: Nejlepší varianty mají podle maximalizačního kritéria nejvyšší hodnoty.

Podle kvantifikovatelnosti se kritéria rozlišují na (Šubrt a kol., 2015):

- Kritéria kvalitativní: Jednotlivé hodnoty variant nejdou objektivně změřit a často se jedná o hodnoty subjektivně odhadnuté.
- Kritéria kvantitativní: Jednotlivé hodnoty variant lze změřit a jedná se tedy o kritéria objektivní.

Při výpočtech modelu je výhodné pracovat s kriteriální maticí, která má všechna kritéria stejné povahy. Při sestavování modelu tomu tak většinou není, proto se většinou převádí všechna kritéria na maximalizační. Transformace kritérií se neprovádí vždy, neboť

pro některé metody by vyvolala takové zkreslení vstupní informace, která by ovlivnila výsledek výpočtu. Převod lze provést dvěma způsoby (Šubrt a kol., 2015):

1. Vynásobení celého sloupce kriteriální matice -1; podle vzorce:

$$y'_{ij} = -y_{ij} \tag{1}$$

2. Vypočtení hodnot, které udávají zlepšení proti nejhorší hodnotě; podle vzorce:

$$y'_{ij} = y_{ij} - \max(y_{ij}) \tag{2}$$

Soubor kritérií by měl také splňovat určité požadavky. Především by měl být úplný, tedy soubor kritérií by měl umožňovat hodnotit všechny podstatné dopady variant. Dalším požadavkem je operacionalita neboli kritéria musí být jasně definovaná, srozumitelná a musí být stanoven způsob jejich měření. Třetím požadavkem je neredundance, tedy kritéria by se neměla překrývat. Posledním požadavkem je minimální rozsah neboli počet kritérií by měl být co možná nejmenší, jinak se může stát následné hodnocení variant velmi komplikované (Fotr, Dědina, Hrůzová, 2003).

Preference kritérií se stanovuje různými způsoby. Do nich se řadí:

- Aspirační úrovně kritérií: Aspirační úroveň nevyjadřuje preferenci kritérií, ale stanovuje hodnotu kritéria, které má být dosaženo. Pro minimalizační kritérium to je nejnižší možná hodnota a pro maximalizační kritérium nejvyšší přípustná hodnota. Čím přísnější požadavek vyjadřuje aspirační úroveň, tím víc je dané kritérium dílžitější (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).
- Pořadí kritérií: Vyjádřena preference pořadí, pokud je známá ordinální informace (Šubrt a kol., 2015).
- Způsob kompenzace kriteriálních hodnot: Kompenzace kriteriálních hodnot je vyjádřena mírou substituce mezi danými kriteriálními hodnotami (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).
- Váhy jednotlivých kritérií: Váhy kritérií jsou hodnoty od $< 0; 1 >$, které vyjadřují důležitost kritéria. Čím je kritérium důležitější, tím vyšší váhu má. Součet vah všech kritérií se rovná jedné (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).
- Preference kritérií není známá (Šubrt a kol., 2015).

3.4.2 Klasifikace modelů vícekriteriálního rozhodování

Úlohy vícekriteriálního rozhodování lze klasifikovat do dvou skupin: z hlediska pole cíle řešení úlohy a z hlediska podle informace, se kterou úloha pracuje (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).

Úlohy podle cíle řešení se dále dělí do tří dalších okruhů:

- Úlohy, které mají za úkol vybrat kompromisní variantu: Kompromisní varianta je podle zadaných kritérií nejlepší. Pojem nejlepší je ale dosti relativní, neboť záleží na volbě metody pro hodnocení variant. Pro tyto typy rozhodovacích úloh je vhodné použít například metodu TOPSIS nebo ORESTE. Naopak mezi nevhodné metody patří takové metody, které varianty rozdělují do indiferenčních tříd (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).
- Úlohy, jejichž cílem je úplné uspořádání množiny variant: Tato skupina úloh se podobá předchozí skupině. Postupuje se tak, že se určí nejlepší varianta, které je přiřazeno první pořadí a ta je vyloučena z rozhodování. Následně se postup opakuje a další vybrané variantě je přiřazeno další pořadí. Tímto postupem jsou nakonec seřazeny varianty od nejlepší po nejhorší (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).
- Úlohy, které mají za cíl rozdělit množiny variant na efektivní a neefektivní: V této skupině úloh se neřeší pořadí variant, ale posouzení z hlediska „dobré“ a „špatné“ varianty. Jednou z možností řešení je označení těch variant jako „dobré“, které mají lepší než nastavené aspirační hodnoty. Další možností je rozšíření variant o fiktivní variantu. Hodnoty fiktivní varianty odpovídají hraničním variantám. Na vyhodnocení množiny variant se uplatní úplné uspořádání variant. Varianty, které mají lepší umístění, než hraniční varianta jsou označeny jako „dobré“ a zbylé varianty jsou označeny jako špatné (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).

Další skupinou klasifikace úloh je z hlediska podle typu informace, která je rozhodovateli k dispozici. Typ informace může být následující:

- Žádná informace: V tomto případě neexistuje informace o preferencích. Toto je přípustné pouze pro preference kritérií. V případě, že by neexistovala informace o preferencích mezi variantami, neměla by daná úloha řešení, protože by nebylo možné určit horší a lepší variantu (Šubrt a kol., 2015).

- Nominální informace: Tato informace je přípustná pouze pro preference kritérií. Je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní, při kterých může být daná varianta akceptována. Podle kritéria rozděluje varianty na akceptovatelné a neakceptovatelné (Šubrt a kol., 2015).
- Kardinální informace: Tato informace vyjadřuje, o kolik je první hodnocení lepší než druhé. V případě preference kritérií to jsou váhy a v případě ohodnocení variant podle kritéria o konkrétní číselné vyjádření hodnocení. Kardinální informace má jak kvantitativní, tak kvalitativní charakter (Šubrt a kol., 2015).
- Ordinální informace: Tento typ informace zobrazuje pořadí varianty podle jednotlivých kritérií (Fiala, 2013).

3.5 Metody stanovení vah kritérií

Stanovení vah kritérií je výchozím krokem při analýze modelu vícekriteriální analýzy variant. Metody stanovení vah vycházejí podle informace, kterou požadují na vstupu. Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii a jejich výstupy jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Metody stanovení vah kritérií

Informace o preferencích mezi kritérii		
Informace	**Metoda**	**Výstup**
Žádná	Entropická metoda	Vektor vah kritérií
Nominální	Metoda aspiračních úrovní	Aspirační úrovně kritérií
Ordinální	Metoda pořadí	Vektor vah kritérií
	Fullerova metoda	
Kardinální	Bodovací metoda	
	Saatyho metoda	

Zdroj: (Šubrt a kol., 2015)

3.5.1 Stanovení vah kritérií bez informace o preferencích kritérií

Při stanovení vah kritérií bez informace o preferencích kritérií se předpokládá, že sice existuje kriteriální matice kvantifikovaná pomocí kardinálních hodnot, ale rozhodovatel neumí či nechce rozhodnout o důležitosti kritérií pro posouzení jednotlivých variant. V tomto případě se přiřazuje každému kritériu stejná váha podle vzorce (Brožová, Houška, Šubrt, 2014):

$$v_j = \frac{1}{n}; \quad j = 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

Kde n…počet kritérií

V případě, že rozhodovatel nechce přiřadit všem kritériím stejnou váhu, je možné stanovit váhový vektor pomocí entropické metody (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).

Entropická metoda

Entropie je v teorii informace kritériem pro množství neurčitosti představované diskrétním rozdělením. Je mírou očekávaného informačního obsahu zprávy, která je vyjádřena s s pravděpodobnostmi p_j,j=1,…,n, podle (Brožová, Houška, Šubrt, 2014):

$$S(p_1, p_2, \dots, p_n) = -k \sum_{j=1}^{n} p_j \ ln \ p_j \tag{4}$$

Kde k…kladná hodnota

Pokud všechna p_j rovnají, tak $S(p_1, p_2,\dots,p_n)$ dosahuje maximální hodnoty.

Významnost kritérií je určena rozdíly velikostí jednotlivých ohodnocení všech variant podle kritérií. Ohodnocení y_{ij} i-té varianty podle j-tého kritéria lze převést na pravděpodobnostní diskrétní veličiny podle (Brožová, Houška, Šubrt, 2014):

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} y_{ij}}; \quad i = 1, \dots m, \quad j = 1, \dots, n \tag{5}$$

Entropie množiny očekávaných výstupů j-tého kritéria je následně vypočtena podle (Brožová, Houška, Šubrt, 2014):

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln p_{ij}, \quad \forall j, \quad \text{kde } k = \frac{1}{\ln m} \tag{6}$$

Hodnota konstanty *k* zajišťuje, že hodnota E_j leží v intervalu mezi 0 a 1.

Stupeň diversifikace d_j informace poskytované výstupy j-tého kritéria je definován podle (Brožová, Houška, Šubrt, 2014):

$$d_j = 1 - E_j; \quad j = 1, \dots, n \tag{7}$$

Vektor vah je vypočten normalizací vektoru d podle (Brožová, Houška, Šubrt, 2014):

$$v_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^{n} d_j}; \quad j = 1, \dots, n \tag{8}$$

Entropická metoda je v této formě využitelná pro kriteriální matici s kladnými hodnotami kvůli stanovení pravděpodobností p_{ij} a jejich přirozené logaritmy (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).

3.5.2 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií

Při stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií se předpokládá, že řešitel je schopen vyjádřit důležitost jednotlivých kritérií. Vyjádření je možné dvěma způsoby. První je, že řešitel přiřadí všem kritériím pořadová čísla. Druhý způsob je porovnávání dvojic kritérií, kdy řešitel vždy určí to kritérium, které je z vybrané dvojice důležitější. Nejčastěji využívané metody pro stanovení vah tímto způsobem jsou: metoda pořadí a metoda Fullerova trojúhelníku. Obě metody ordinální informaci transformují do podoby váhového vektoru (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).

Metoda pořadí

Tato metoda je založena na tom, že každý expert přiřazuje kritériím pořadí podle jejich důležitosti. Pokud je celkový počet kritérií *s*, nejdůležitější kritérium bude ohodnoceno *s* body. Druhé nejdůležitější kritérium bude ohodnoceno *s-1*, třetí *s-2* a tak dále. Je-li v_{er} číslo, které je přiřazené e-tým expertem r-tému kritériu, pak je všemi experty přiřazen r-tému kritériu součet (Zahradník, Bauer, 1996):

$$v_r = \sum_{e=1}^{q} v_{er} \qquad \text{pro e} = 1,2,\ldots,\text{q} \tag{9}$$

Váha důležitosti r-tého kritéria se pak spočítá podle:

$$\text{p}_\text{r} = \frac{\text{v}_\text{r}}{\sum_{\text{r}=1}^{\text{s}} \text{v}_\text{r}} \qquad \text{pro r} = 1,2,\ldots,\text{s} \tag{10}$$

q…počet expertů
s…počet kritérií

Metoda Fullerova trojúhelníku

Metoda Fullerova trojúhelníku se také nazývá metoda párového srovnávání. Je založena na porovnávání jednotlivých kritérií. Porovnání probíhá pomocí Fullerova trojúhelníku, jehož schéma je vyznačeno v tabulce č. 5. Rozhodovatel má zapsaná kritéria ve stejném pořadí v řádcích a sloupcích tabulky a vždy v pravé horní části nad diagonálou určuje, které z dvojice kritérií považuje za důležitější. V případě, že považuje za důležitější řádkové kritérium, zapíše do příslušného políčka jedničku. V opačném případě do políčka

zapíše nulu. Pro stanovení vah je využit počet preferencí kritéria, který je stanovený jako součet jedniček v řádku a součet nul ve sloupci daného kritéria (Fotr, Dědina, Hrůzová, 2003).

Tabulka 5: Schéma Fullerova trojúhelníku

1 2	1 3	1 4	… …	1 k
	2 3	2 4	… …	
			… …	
			k-2 k-1	k-2 k
				k-1 k

Zdroj: (Šubrt a kol., 2015)

3.5.3 Stanovení vah z kardinální informace o preferencích kritérií

Při stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií se předpokládá, že řešitel je schopen vyjádřit nejen důležitost jednotlivých kritérií, ale také poměr důležitosti mezi dvojicemi kritérií. Nejčastěji využívané způsoby pro stanovení vah jsou: metoda bodovací a Saatyho metoda (Brožová, Houška, Šubrt, 2014).

Bodovací metoda

Bodovací metoda se často využívá kvůli její jednoduchosti, a protože umožňuje agregaci nominálních a ordinálních kritérií. Základem je bodovací stupnice, která bývá nejčastěji pětibodová či desetibodová. Stupnice musí být shodná pro všechna kritéria. Na základě stupnice jsou varianty obodovány podle jednotlivých kritérií (Zahradník, Bauer, 1996).

Tento postup stanovení vah se dělá v případě, že rozhodovatel má již na začátku jasnou představu o tom, jak jsou daná kritéria důležitá (Brožová, Houška,Šubrt, 2014).

Saatyho metoda

Saatyho metoda se využívá k určení vah kritérií v případě, že hodnotí pouze jeden expert. Jedná se o metodu kvantitativního párového porovnávání. Pro ohodnocení párových porovnání se využívá devítibodová stupnice, přičemž je možné používat i mezistupně (Šubrt a kol., 2015).

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 porovnává dvojice kritérií a výsledky se zapisují do Saatyho matice (obrázek č. 6). Matice je čtvercová řádu $n \times n$ a reciproká. Platí tedy, že $s_{ij}=1/s_{ij}$, což vyjadřuje odhad podílů vah i-tého a j-tého kritéria. Na diagonále Saatyho matice jsou vždy jedničky, neboť kritéria jsou si sama sobě rovna (Šubrt a kol., 2015).

Obrázek 6: Saatyho matice

	f_1	f_2	$\cdots$	f_k
f_1	1	s_{12}	$\cdots$	s_{1k}
f_2	$1/s_{12}$	1		s_{2k}
$\vdots$	$\vdots$			
f_k	$1/s_{1k}$	$1/s_{2k}$	$\cdots$	1

Zdroj: (General Outlook of the Saaty Matrix Source, 2018)

Prvky Saatyho matice nebývají dokonale konzistentní, tedy neplatí $s_{hj}=s_{hi} \times s_{ij}$. Konzistence se měří indexem konzistence podle (Šubrt a kol., 2015):

$$I_s = \frac{I_{max} - n}{n - 1} \tag{11}$$

Matice je konzistentní v případě, že $I_s < 0{,}1$. Váhy by se následně odhadly z podmínky, že matice *S* by se měla lišiti co nejméně od matice *V*. To by znamenalo minimalizaci součtu čtverců odchylek stejnolehlých prvků obou matic. Jelikož se jedná o model nekonvexního

kvadratického programování a výpočet je velmi náročný, stanovil Saaty další, početně jednoduché způsoby, pomocí kterých lze odhadnout váhy (Šubrt a kol., 2015). Nejčastěji využívaným postupem je výpočet řádkových součtů prvků Saatyho matice nebo řádkových geometrických průměrů. Váhy se následně vypočítají normalizací hodnot (Fotr, Dědina, Hrůzová, 2003).

3.6 Metody výběru kompromisních variant

Metody výběru kompromisních variant se aplikují podle toho, jakou informaci má rozhodovatel k dispozici. Přehled nejpoužívanějších metod je uveden v tabulce č. 6. Metody se dále dělí na: Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií, vyžadující aspirační úrovně kritérií, vyžadující ordinální informace a metody vyžadující kardinální informace (Šubrt a kol., 2015).

Tabulka 6: Metody zpracování informací o preferencích mezi variantami

	Informace o preferencích mezi kritérii					
	Nominální informace	**Ordinální informace**	**Kardinální informace**			
	Aspirační úrovně	*Pořadí*	*Funkce užitku*	*Vzdálenost variant od ideální a bazální varianty*	*Preferenční relace*	*Mezní míra substituce*
Metoda	PRIAM metoda	Lexikografická metoda	Metoda váženého součtu	TOPSIS metoda	Metoda AHP	Metoda postupné substituce
	Metoda bazické varianty	Metoda ORESTE			Metoda PROMETHEE	
		Permutační metoda			Metoda ELECTRE	

Zdroj: (Šubrt a kol., 2015)

3.6.1 Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií

Bodovací metoda

V případě, že je zadán model pomocí preferencí variant podle jednotlivých kritérií a tyto preference nejsou známy, používá se bodovací metoda. Tato metoda je využívána především kvůli své jednoduchosti. Základem je bodovací stupnice, která má rozsah pěti nebo deseti bodů. Správně zvolená stupnice znamená kvalitnější rozhodovací proces. Čím větší má kritérium počet bodů, tím je ohodnoceno lépe. Výsledná váha kritéria je vypočtena podle (Synek, Kopkáně, Kubálková, 2009):

$$W_t = \sum_{r=1}^{s} p_r \times b_{tr} \quad \text{pro } t = 1, 2 \ldots, v; r = 1, 2, \ldots, s \tag{12}$$

Kde: p_r…váha r-tého kritéria

b_{tr}…počet bodů pro t-tou variantu podle r-tého kritéria

s…počet kritérií

v…počet variant

Metoda pořadí

Metoda pořadí je velmi podobná bodovací metodě. Každá varianta je ohodnocena podle všech kritérií číslem b_{ij}. Číslo je vybíráno z množiny 1 až *m* tak, aby nejlepší ohodnocení bylo *m* (kdy m=počet variant). Celkové ohodnocení variant se vypočte jako součet dílčích hodnot podle (Šubrt a kol., 2015):

$$b_i = \sum_{j=1}^{k} b_{ij} \tag{13}$$

Následně jsou varianty uspořádány podle hodnot b_i, kdy je kompromisní varianta určena podle (Šubrt a kol., 2015):

$$a_I : b_I = \max_{i=1,\ldots,s}(b_i) \tag{14}$$

V případě, že je vybíráno více kompromisních variant, je vybráno více variant s nejvyšší hodnotou b_i.

3.6.2 Metody vyžadující aspirační úrovně kritérií

Tyto metody využívají nominální informace o preferencích mezi kritérii. Netransformují informaci o důležitosti kritérií do váhového vektoru, ale do aspiračních

úrovní kritérií. Využívají se metody: Konjunktivní a disjunktivní metoda a metoda bazické varianty. Obě metody se vyznačují porovnáváním kriteriálních hodnot všech variant s aspiračními úrovněmi kritérií. Výsledkem je rozdělení variant na dvě skupiny: varianty, které mají lepší hodnoty, než nastavené meze (říká se jim efektivní, dobré či akceptované varianty) a varianty, které mají horší hodnoty, než nastavené meze (neefektivní, špatné či neakceptované varianty). Pokud jsou aspirační úrovně nastaveny dostatečně přísně, zůstane v množině efektivních variant pouze jedna varianta, která je označena jako varianta kompromisní. Může také nastat situace, kdy jsou aspirační úrovně nastaveny až příliš přísně a žádná varianta není vyhovující. V takovém případě je nutné některé aspirační úrovně uvolnit (Šubrt a kol., 2015).

Konjunktivní a disjunktivní metoda

Pokud jsou známy aspirační úrovně kritérií, je dále určena množina akceptovaných variant podle. V případě konjunktivní metoda podle:

$$M = \{a_i | y_{ij} \geq z_j \quad \text{pro všechna } j = 1, \dots, n\} \tag{15}$$

Kde z_j…minimální požadované hodnocení varianty podle j-tého kritéria

V případě disjunktivní metody jsou vybrány varianty, které splňují alespoň jeden požadavek podle (Šubrt a kol., 2015):

$$M = \{a_i | y_{ij} \geq z_j \quad \text{pro alespoň jedno } j = 1, \dots, n\} \tag{16}$$

Metoda aspiračních úrovní se také využívá pro zmenšení počtu variant při použití metod, které využívají kardinální informace (Šubrt a kol., 2015).

Metoda bazické varianty

Bazická varianta je taková, která má nejlepší hodnoty z hlediska všech kritérií. Metoda spočívá ve třech krocích (Šubrt a kol., 2015):

1. Je-li označeno y_j^B hodnotou j-tého kritéria v bazické variantě, platí pro užitek kritéria výnosového typu:

$$u_{ij} = \frac{y_{ij}}{y_j^B} \tag{17}$$

A pro užitek kritéria nákladového typu platí:

$$u_{ij} = \frac{y_j^B}{y_{ij}} \tag{18}$$

2. Ohodnocení jednotlivých variant se vypočítá jako vážený součet dílčích hodnot užitku podle:

$$u_i = \sum_{j=1}^{k} v_j u_{ij} \tag{19}$$

3. Posledním krokem je uspořádání variant podle hodnot b_i. Následně je vybrána kompromisní varianta podle:

$$a_I : u_I = \max_{i=1,\ldots,s}(u_i) \tag{20}$$

Podstatné pro tuto metodu je, že dílčí funkce utility jsou u kritérií výnosového typu lineární a u kritérií nákladového typu nelineární. Tedy s rostoucí hodnotou těchto kritérií méně klesá dílčí ohodnocení (Fotr, Dědina, Hrůzová, 2003).

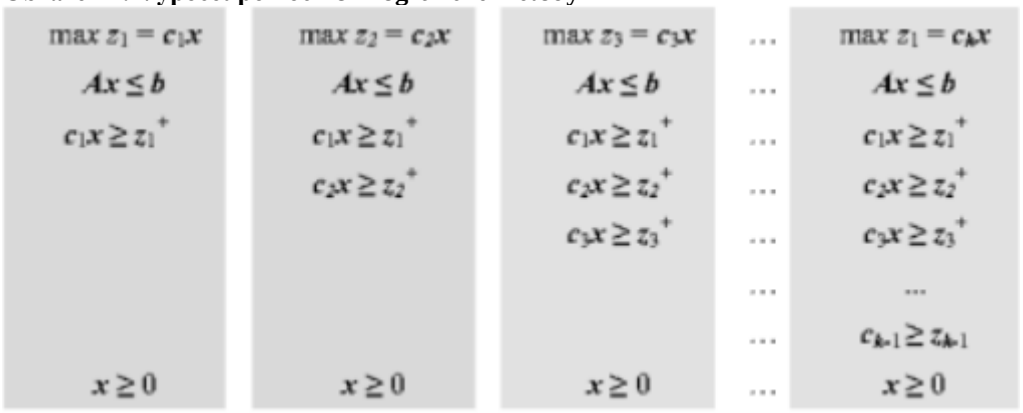
3.6.3 Metody vyžadující ordinální informace

Metody, které pracují s ordinálními informacemi o kritériích, vyžadují, aby bylo zadané pořadí důležitosti kritérií a pořadí variant podle kritérií. Řadí se sem metoda ORESTE a permutační metoda. Nejčastěji využívaná metoda však je lexikografická (Šubrt a kol., 2015).

Lexikografická metoda

V lexikografické metodě určuje rozhodovatel pořadí významnosti účelových funkcí. Funkce $z_1(x)$ je nejdůležitější, poté následuje $z_2(x)$ až nakonec je $z_k(x)$. Metoda řeší posloupnosti úloh s jedním kritériem ve tvaru, zobrazeném na obrázku č. 7 (Gros, 2009):

Obrázek 7: Výpočet pomocí lexikografické metody



Zdroj: (Gros, 2009)

U každého kroku je podmínkou, že hodnota v předchozím kroku optimalizovaného kritéria neklene pod její hodnotu z_1^+. K dalšímu kroku se přechází jen v případě, že má úloha více než jedno řešení. V praxi je tedy lexikografická metoda modifikována a v každém dalším kroku je připuštěna předem stanovená odchylka od získané hodnoty kritéria v předchozím kroku. Z toho vyplívá, že v k-tém kroku je řešeno (Gros, 2009):

$$\max z_k = c_k x$$
$$A_x \leq b \qquad (21)$$
$$c_1 x \geq z_1^* - \delta z_1 \quad c_2 x \geq z_2^* - \delta z_2 \quad c_{k-1} x \geq z_{k-1}^* - \delta z_{k-1} \quad x \geq 0$$

Metoda ORESTE

Při použití této metody je požadováno od rozhodovatele úplné kvaziuspořádání kritérií a úplné kvaziuspořádání variant podle jednotlivých kritérií. Metoda ORESTE se skládá z šesti kroků (Fiala, 2013):

1. Prvním krokem je určení vzdálenosti každé varianty podle každého kritéria od fiktivního počátku s pořadovým číslem 0. Kvaziuspořádání důležitostí kritérií je vyjádřeno pomocí vektoru pořadových čísel kritérií q = (q_1, q_2,…,q_k). Taktéž je vyjádřeno kvaziuspořádání variant pomocí matice (Fiala, 2013):

$P=(p_{ij})$, $i=1,2,\ldots,p$; $j=1, 2,\ldots,k$ (22)

2. Při znalosti vektoru q a matice P je vypočtena matice vzdálenosti od fiktivního počátku (Fiala, 2013):

$D=(d_{ij})$ $i=1,2,\ldots,p$; $j=1, 2,\ldots,k$

$$d_{ij} = (1/2(p_{ij})^r + 1/2(q_{ij})^r)^{1/r} \quad (23)$$

Kde r…reálné číslo, které se obvykle pohybuje kolem hodnoty 3

3. Vzdálenosti d_{ij} jsou uspořádány vzestupně a následně ohodnoceny pořadovými čísly r_{ij} (kdy i=1, 2,…,p; j=1, 2,…,k). Tím vznikne matice pořadových čísel R, u které jsou vypočteny její řádkové součty podle (Fiala, 2013):

$$r_i = \sum_{j=1}^{k} r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (24)$$

4. Čtvrtý krok výpočtu obsahuje výpočet hodnot preferenčních intenzit podle (Fiala, 2013):

$$c_{ij} = \sum_{h \in K} (r_{jh} \times r_{ih}) \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (25)$$

Kde K…množina indexů kritérií, podle nichž je varianta a_i lepší než varianta a_j.

Preferenční intenzita může dosáhnout maximální hodnoty podle:

$$c^{max} = k^2(p-1) \quad (26)$$

A normalizované preferenční intenzity podle:

$$c_{ij}^n = \frac{c_{ij}}{c^{max}} \quad i, j = 1, 2, \dots, p \quad (27)$$

Hodnoty se využívají k identifikaci preference P, nesrovnalosti N a indiference I mezi variantami. Proto zadává rozhodovatel prahy α, β a γ. Také se předpokládá, že platí (Fiala, 2013):

$$c_{ij}^n \geq c_{ji}^n \quad (28)$$

5. Pátým krokem je test indiference podle (Fiala, 2013):

$$c_{ij}^n \leq \alpha \text{ a } c_{ij}^n - c_{ji}^n \leq \beta \quad (29)$$

Jestliže předchozí rovnice platí, jsou varianty α, β a γ indiferentní. V případě, že ne, nastává vtah preference nebo nesrovnatelnosti.

6. Šestým krokem je test nesrovnatelnosti podle (Fiala, 2013):

$$\frac{c_{ij}^n}{c_{ij}^n - c_{ji}^n} \geq \gamma \quad (30)$$

Jestliže rovnice platí, tak jsou varianty a_i a a_j vzájemně nesrovnatelné. To znamená, že na základě vstupních informací nejde rozhodnout o indiferenci či preferenci variant. Jestliže rovnice neplatí, pak varianta a_i preferuje variantu a_j.

Výsledek preferenční analýzy je značně ovlivněn volbou prahů α, β a γ. Pro horní meze prahů se dají odvodit tyto hodnoty (Fiala, 2013):

$$\alpha \leq \frac{1}{2(p-1)}, \quad \beta \leq \frac{1}{k(p-1)} \tag{31}$$

Pro práh γ se určuje dolní mez podle:

$$\gamma \geq \frac{k-2}{4} \tag{32}$$

Výsledky lze zachytit v matici, kde řádky a sloupce matice odpovídají jednotlivým variantám. Prvky matice přinášejí informaci o vzájemném vztahu pro dvojici daných variant. *I* se značí indiference variant, *N* se značí nesrovnatelnost variant, > značí, že a_i P a_j a < značí, že a_j P a_i (Fiala, 2013).

3.6.4 Metody vyžadující kardinální informace

Metody vyžadující kardinální informace o kritériích je mnoho. Dělí se tedy dále podle přístupu k hodnocení variant (Šubrt a kol., 2015):

1. podle maximalizace užitku
2. podle minimalizace vzdálenosti od ideální varianty
3. podle preferenční relace

Metody založené na funkci užitku

Metoda maximalizace užitku předpokládá možnost vyčíslení užitku, který by daná varianta přinesla na škále od nuly do jedné. Pro stanovení celkového užitku, který přinese realizace varianty, se nejprve stanovují dílčí funkce užitku. Kardinální hodnocení variant podle jednotlivých kritérií bude nahrazeno hodnotami dílčích funkcí užitku podle (Šubrt a kol., 2015):

$$u_{ij} = u_j(y_{ij}), \quad j = 1,2, \dots, n \tag{33}$$

Kde $u_j(y_{ij})$…funkční závislost mezi hodnotami dílčí funkce užitku a hodnotami v původní kriteriální matici,

$u_j \in < 0; 1 >$…hodnoty dílčí funkce užitku

Platí, že hodnota dílčí funkce užitku pro kritérium *j* je pro variantu rovna jedné, pokud varianta nabývá podle tohoto kritéria ideální hodnotu. Pro variantu, která nabývá podle kritéria *j* bazální hodnotu, se rovná nule. Hodnoty dílčí funkce užitku pro ostatní varianty jsou určeny podle dílčí funkce užitku. Ty se dělí na tři základní typy (Šubrt a kol., 2015):

1. Lineární funkce užitku, která předpokládá zvyšování užitku, když se zlepšují kriteriální hodnoty

2. Progresivní funkce užitku, která vyjadřuje neproporcionální vztah mezi kriteriálními hodnotami. Při zlepšování kriteriální hodnoty se tempo růstu užitku neustále zvyšuje.

3. Degresivní funkce užitku, která vyjadřuje neproporcionální vztah mezi kriteriálními hodnotami jako progresivní funkce užitku. Liší se ale tím, že při zlepšování kriteriální hodnoty se tempo růstu užitku snižuje.

Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu neboli WSA je speciálním případem metody funkce užitku, která vychází z principu maximalizace užitku. Dosáhne-li varianta a_i podle kritéria f_j určité hodnoty, kdy $y_{ij}=f_j(a_i)$, tak přináší rozhodovateli určitý užitek. Tento užitek se dá vyjádřit podle funkční hodnoty dílčí funkce užitku $u_{j(}a_i)$. Funkční hodnoty tohoto užitku leží v intervalu <0;1> a platí, že čím je varianta výhodnější, tím je hodnota funkce užitku vyšší. Vícekriteriální funkce užitku je získána agregací dílčích funkcí užitku podle (Získal, Havlíček, 2010):

$$u(a_i) \sum_{i=1}^{k} v_j u_j(a_i) \qquad (34)$$

Kde $u_j a_i$…dílčí funkce užitku kritérií

v_j…váhy kritérií

Metoda AHP

Metoda AHP neboli analytický hierarchický proces vychází při modelování preferencí expertů z posloupnosti párových srovnání stanovených částí systémů. Řešení se skládá ze tří kroků (Fiala, 2004):

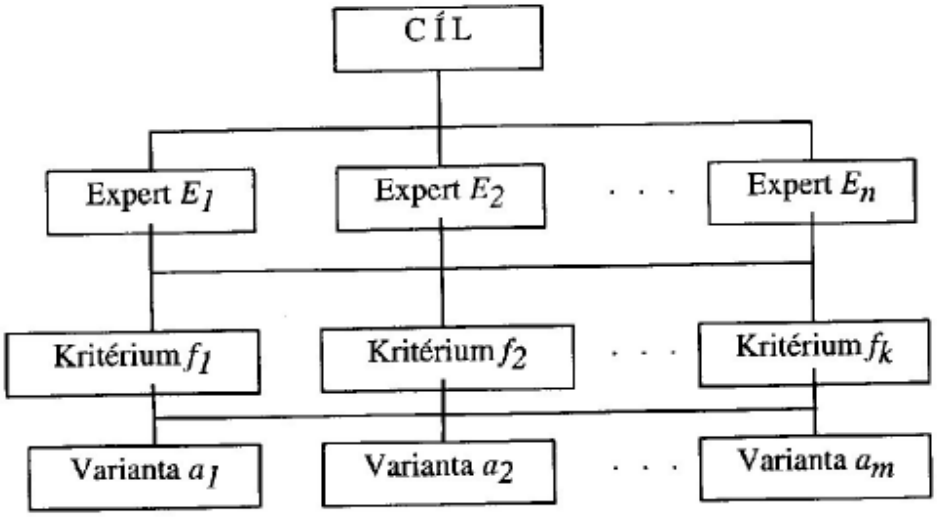
1. Prvním krokem je vytvoření hierarchické struktury cílů, kritérií, expertů a rozhodovacích variant v několika různých úrovních s rostoucí prioritou (Fiala, 2004).

2. Druhým krokem je na každé úrovni hierarchie provést párové srovnání části systému. Začíná se nejvyšší úrovní, od které se postupuje dolů. Tím se vytváří matice párových srovnání, podle které se odhaduje vektor vah (Fiala, 2004).

3. Posledním krokem je kombinace odhadnutých vah jednotlivých částí systémů, která vede k získání agregovaných vah. Následně je vybrána varianta, která má nejvyšší agregovanou váhu (Fiala, 2004).

Na obrázku č. 8 je znázorněna hierarchická struktura se čtyřmi úrovněmi. Na každé úrovni hierarchie je prováděno párové srovnání části systému.

Obrázek 8: Metoda AHP – hierarchická struktura



Zdroj: (Fiala, 2004)

Při vytváření párových srovnání se používá stupnice 1,2,…,9 a reciprocké hodnoty. Prvky matice s_{ij} jsou interpretovány jako odhady podílu vah i-té a j-té části. Vzniklá matice je nazývána Saatyho. Metoda, která se používá pro odhad vah se nazývá metoda geometrického průměru. Ta určuje odhady pomocí minimalizace kvadratické formy (Fiala, 2004):

$$F = \sum_{i} \sum_{j>1} [\ln s_{ij} - (\ln v_i - \ln v_j)]^2 \quad \rightarrow \min \tag{35}$$

za podmínky, že

$$\sum_{i=1}^{p} v_i = 1 \tag{36}$$

Řešením by byl normalizovaný geometrický průměr řádků matice, kdy (Fiala, 2004):

$$v_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^{p} R_i} = \frac{[\prod_{j=1}^{p} s_{ij}]^{1/p}}{\sum_{j=1}^{p} [\prod_{j=1}^{p} s_{ij}]^{1/p}}; \qquad i = 1,2, \dots, p \tag{37}$$

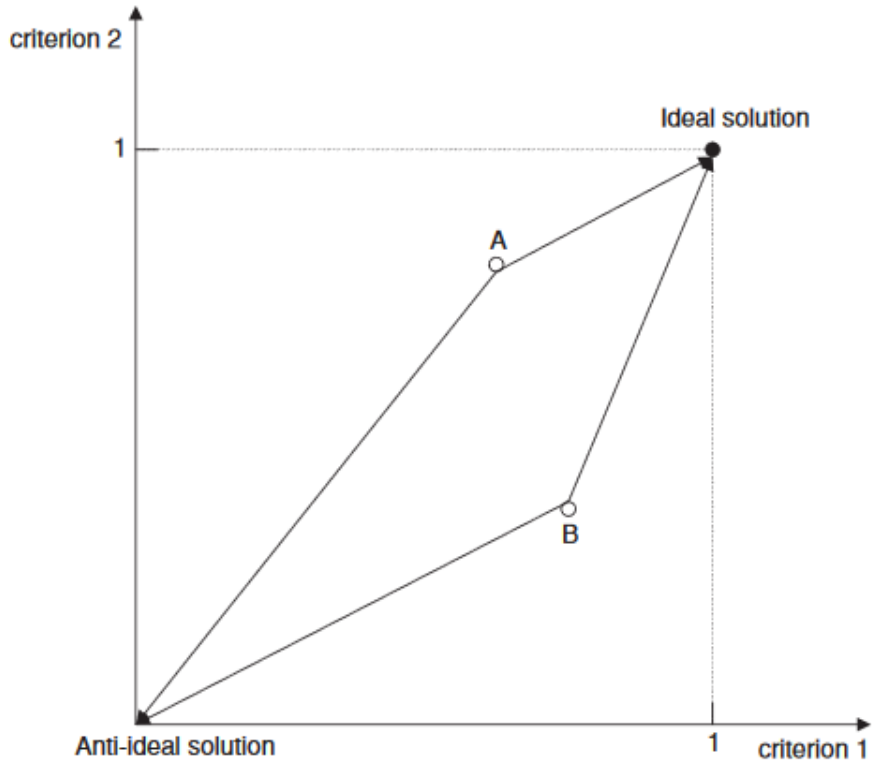
Metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty

Další metody, které pracují s kardinální informací o kritériích, jsou metody požadující, aby kompromisní varianta byla co nejblíže ideální variantě. Mezi tyto metody se řadí metoda TOPSIS (Šubrt a kol., 2015).

Metoda TOPSIS

Metoda TOPSIS požaduje minimální počet vstupů od rozhodovatele. Metoda je založená na tom, že nejlepší řešení je takové, které je nejblíž ideálnímu řešení a nejdále od nejhoršího řešení (bazální varianty). Graficky je tato metoda znázorněna na obrázku č. 9. Z obrázku je patrné, že varianta A je blíž ideální variantě než varianta B a vzdálenější od bazální varianty v případě, že kritéria jsou rovnocenná. Výsledkem metody TOPSIS by v tomto případě byla varianta A (Ishiazaka, Nemery, 2013).

Obrázek 9: Znázornění metody TOPSIS



Zdroj: (Ishiazaka, Nemery, 2013).

Metody založené na preferenční relaci

Metoda PROMETHEE

Metoda PROMETHEE využívá pro vyjádření síly preference takzvané preferenční funkce. Ty jsou definovány pro dvojice variant pro každé kritérium P: A x A → 0,1∞. Výsledkem porovnání je získání intenzity preference mezi jednotlivými dvojicemi variant (Fiala, 2013).

Metoda ELECTRE I

Při použití metody ELECTRE I musí znát rozhodovatel kriteriální matici a vektor normalizovaných vah. Cílem této metody je rozdělení množinu variant na efektivní a neefektivní varianty. Efektivní varianty jsou takové, do jejichž uzlů nesměřuje orientovaná hrana a zároveň z nich vychází alespoň jedna hrana orientovaná (Fiala, 2013).

Dalšími metodami, které jsou založené na preferenční relaci jsou například metoda MAPPAC a AGREPREF Postatou metody MAPPAC je párové porovnvání variant z hlediska dvojice dílčích kritérií. Nevyžaduje zadávání párových hodnot, neboť při výpočtu základního indexu preerence využívá vektor vah a normalizované hodnoty kritérií (Fiala, 2013).

4 Vlastní práce

4.1 Intelligence

Ve fázi Intelligence neboli ve fázi analýzy proběhne identifikace rozhodovacího problému. Bude sestaven profil rozhodovatele, který definuje daný problém. Dále bude identifikován cílový stav řešení daného problému. Následně budou definována jednotlivá kritéria, která mají na rozhodovací problém vliv.

4.1.1 Profil rozhodovatele

Pivovarský podnik, jehož název nebude z důvodu zachování interních dat zveřejněn, vaří vlastní pivo. V pivovaru se vaří několik druhů piv, která jsou vařena po 20 hl. Následně jsou jednotlivá piva dále distribuována do podniků. Majitel pivovaru vykazuje dlouhodobě velmi vysoké náklady, a proto se rozhodl ke snížení nákladů pivovaru tím, že jedno z piv vyřadí z výroby. Rozhoduje se na základě 5 kritérií, které stanovil spolu s hlavním sládkem a marketingovým expertem. Cílem rozhodovacího problému je snížení nákladů tím, že se jedno pivo přestane vyrábět.

4.1.2 Stanovení kritérií

Kritéria, která jsou důležitá pro daný rozhodovací problém sestavil majitel pivovaru, hlavní sládek a marketingový expert. Jednotlivá kritéria jsou spolu s jejich povahou, jednotkami a funkcemi zobrazena v tabulce č. 7. Podnik se rozhoduje na základě 5 kritérií, která mají kvantitativní povahu a nabývají jak maximalizačních, tak minimalizačních povah.

Tabulka 7: Kritéria

Kritérium	**Povaha**	**Jednotky**	**Funkce**
Cena	kvantitativní	Kč/0,5 l	maximalizační
Chmelové náklady	kvantitativní	Kč/20 hl	minimalizační
Sladové náklady	kvantitativní	Kč/20 hl	minimalizační
Cena PET	kvantitativní	Kč/0,5 l	maximalizační
Prodej	kvantitativní	hl/rok	maximalizační

Zdroj: Vlastní zpracování, 2018

Cena za 0,5 l piva v Kč – Jedná se o cenu, která je stanovená pro odběratele. Kritérium je kvantitativní povahy a jeho funkce je maximalizační. Pro rozhodovatele je důležité, aby se zisk z prodeje maximalizoval

Chmelové náklady v Kč na 20 hl piva – Kritérium je kvantitativní povahy a jeho funkce je minimalizační. Pro rozhodovatele je výhodné, pokud mají varianty podle tohoto kritéria co nejnižší hodnoty

Sladové náklady v Kč na 20 hl piva – Kritérium je kvantitativní povahy a zároveň se jedná o minimalizační kritérium, pro rozhodovatele je tudíž důležité, aby byly náklady co nejnižší

Cena PET láhve za 1,5 l v Kč – Jedná se kvantitativní a maximalizační kritérium. Rozhodovatel chce maximalizovat své zisky z prodeje PET láhví piva.

Prodej piva v hl za rok – Kritérium má maximalizační funkci a kvantitativní povahu. Pro rozhodovatele je zásadní, zda je o daný druh piva zájem.

4.2 Design

Fáze Design neboli fáze návrhu se soustředí na hledání a rozvíjení alternativních směrů řešení. Bude identifikován soubor dostupných variant, na jejichž základě bude sestrojen model reprezentující realitu. Dále budou stanoveny váhy kritérií na základě preferencí rozhodovatele. Ke stanovení budou použity dvě metody: bodovací metoda a Saatyho metoda a poté bude vybrána jedna z těchto metod, jejíž výsledné váhy budou dále použity při výpočtech.

4.2.1 Soubor variant

Souborem variant je nabídka 6 druhů piv, které pivovarský podnik pravidelně vaří. Základem každého druhu piva je chmel a slad. Požadované množství chmele a sladu pro výrobu 20 hl piva je uvedeno v příloze I: *Požadované množství sladu a chmele pro výrobu 20 hl piva.* Následně byly získány od pivovarského podniku informace o cenách jednotlivých chmelů a sladů. Cenové ohodnocení se nachází v tabulkách Příloha II: *Ceny*

sladu a Příloha III: *Ceny chmele*. Jelikož byly ceny uvedeny v Kč na 1000 kg v případě sladu a v Kč na 1 kg v případě chmele, musely být následně ceny přepočítány na požadované množství chmele a sladu při výrobě konkrétního druhu piva. Tyto výpočty jsou znázorněny v tabulkách Příloha IV: *Rozpočítaná cena sladu* a Příloha V: *Rozpočítaná cena chmele*. Tyto údaje jsou přeneseny do vstupní tabulky.

Varianty jsou následující:

11° světlá – Spodně kvašené pivo s cenou pro odběratele 21 Kč/0,5 l a 90 Kč za PET láhev 1,5 l. Chmelové náklady činí 1974 Kč/20 hl a Sladové náklady 4822 Kč/20 hl. Tohoto druhu piva se ročně prodá 420 hl, tedy nejvíce z celé nabídky variant.

10° tmavá – Tmavé pivo, které stojí 19,9 Kč/0,5 l a je nejlevnějším pivem ze souboru variant. Chmelové náklady nejsou příliš vysoké (880 Kč/20 hl). Naproti tomu sladové náklady jsou vyšší. Na výrobu 20 hl piva 4598 Kč. Cena PET láhve 1,5 l je 85 Kč, což je nejnižší cena v tomto souboru variant. Ročně se tohoto tmavého piva prodá pouze 30 hl, tedy druhá nejmenší hodnota ze všech variant.

12° IPL – neboli India Pale Ale je 12° pivo, které stojí 24 Kč/0,5 l. Chmelové náklady na 20 hl jsou 1110 Kč. Sladové náklady dosahují k nejvyšší částce z variant, a to 5410 Kč/20 hl. Cena PET láhve činí 95 Kč/1,5 l a roční prodej dosahuje 60 hl.

11° pšeničná – Pšeničné pivo stojí 22 Kč/0,5 l. PET láhve o objemu 1,5 l má určenou cenu 90 Kč. Chmelové náklady tohoto piva činí 1223 Kč/20 hl a 4281 Kč jě výše sladových nákladů na 20 hl. Roční prodej pšeničného piva činí 55 hl, což je třetí nejmenší rozsah prodeje ze všech variant.

12° světlá – Světlá 12° je prodávána jako jedno z nejdražších piv, a to za 24 Kč/0,5 l. Chmelové náklady tohoto piva jsou nejvyšší z variant, a to 2000 Kč/20 hl. Sladové náklady patří také k vyšším, a to 5166 Kč/20 hl. Cena PET láhve je 95 Kč/1,5 l a ročně se tohoto piva prodá 115 hl.

13° bylinný speciál – Speciální pivo, jehož hořkost tvoří byliny má sladové náklady 2967 Kč/20 hl a chmelové náklady 855 Kč/20 hl. Toto pivo se prodává za 21 Kč/0,5 l. Cena láhve je 85 Kč/1,5 l. Bylinný speciál je sice velmi oblíbený, ale ročně se ho prodá nejméně, a to18 hl.

Uvedené údaje přenesené do tabulky č. 8 tvoří kriteriální matici.

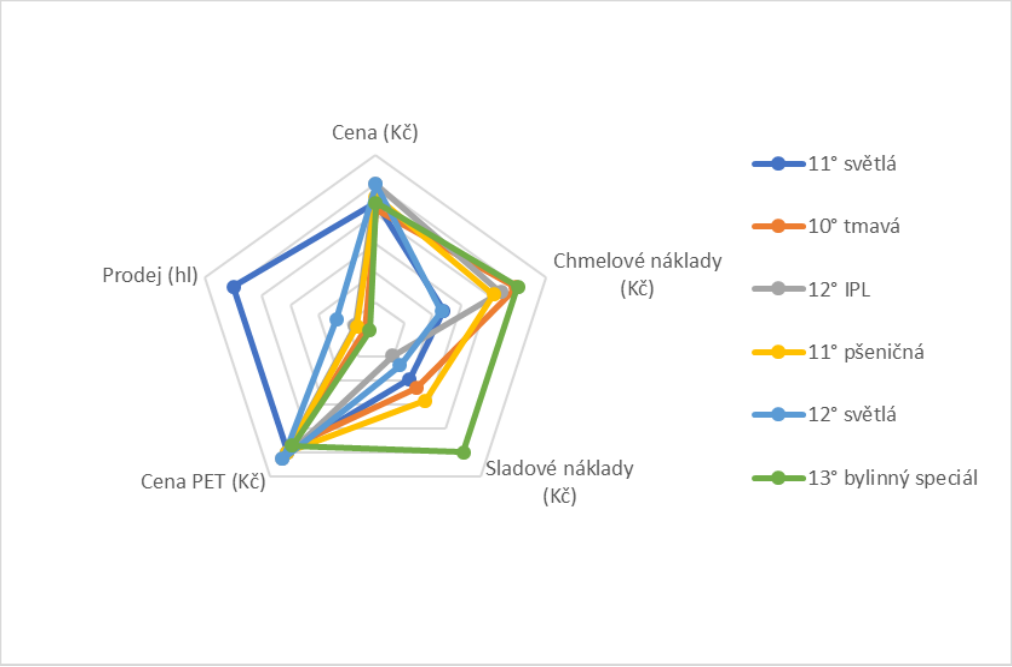
Tabulka 8: Vstupní tabulka s údaji

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	21	1974	4822	90	420
10° tmavá	19,9	880	4598	85	30
12° IPL	24	1110	5410	95	60
11° pšeničná	22	1223	4281	90	55
12° světlá	24	2000	5166	95	115
13° bylinný speciál	21	855	2967	85	18

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Pro lepší znázornění celého problému jsou vstupní údaje znázorněné graficky v grafu č. 1. Je patrné, že žádná z variant není dominovaná jinou variantou, protože jejich polygonální zobrazení se prolínají.

Graf 1: Polygon pro varianty



Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

4.2.2 Stanovení vah kritérií

Stanovení vah provádí rozhodovatel na základě svých preferencí. Jelikož se jedná o model s kardinální informací bude využita bodovací metoda a Saatyho metoda. Následně bude vybrána z těchto metod jedna, s jejímiž hodnotami vah se bude počítat při aplikaci rozhodovacích metod.

Bodovací metoda

Tato metoda se používá v případě, že kritéria hodnotí více expertů. Své preference stanovovali 3 experti: majitel podniku, hlavní sládek a marketingový expert. Každý z nich ohodnotil důležitost kritérií na stupnici 1-10. Čím více je kritérium pro rozhodovatele důležitější, tím vyšší má bodové ohodnocení. Dílčí váha významnosti kritérií je určena ze vzorce:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^{n} b_j}, j = 1,2,\dots,n \tag{38}$$

V tabulce č. 9 lze vidět, že nejdůležitější kritérium představuje prodej daného druhu piva, tudíž má největší váhu ze souboru kritérií. Velmi podobné váhy mají kritéria chmelové náklady, sladové náklady a cena. Naopak nejméně preferované kritérium představuje cena PET, které má výslednou váhu 0,07.

Tabulka 9: Stanovení vah o preferencích kritérií bodovací metodou

	Počet bodů				
Kritérium	**Majitel podniku**	**Hlavní sládek**	**Marketingový expert**	**b_j**	**Váha**
Cena	6	5	7	18	0,19
Chmelové náklady	7	6	7	20	0,21
Sladové náklady	6	8	8	22	0,23
Cena PET	2	2	3	7	0,07
Prodej	10	9	10	29	0,30
Suma	-			96	1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Saatyho metoda

Další metodou ke stanovení vah o preferencích kritérií je Saatyho metoda. Rozhodovatel (majitel podniku) ohodnotil preference jednotlivých kritérií pomocí devítibodové stupnice, kde 1 znamená rovnocennost kritérií *i* a *j* a 9 znamená absolutně preferované kritérium *i* před *j*. Výsledkem je čtvercová, reciproká matice řádu *n x n* v tabulce č. 10. Hodnoty b_i jsou vypočteny podle vzorce:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} s_{ij}} \tag{39}$$

Samotné váhy jsou vypočteny jako normalizace hodnot b_i.

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^{n} b_i} \tag{40}$$

Tabulka 10: Stanovení vah o preferencích kritérií Saatyho metodou

	K1	K2	K3	K4	K5	b_i	v_i
K1	1	0,333	1	5	0,2	0,80	0,11
K2	3	1	3	7	0,333	1,84	0,25
K3	1	0,333	1	5	0,2	0,80	0,11
K4	0,2	0,143	0,2	1	0,111	0,23	0,03
K5	5	3	5	9	1	3,68	0,50
Suma						7,35	1,00

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Kde: K1 = Cena, K2 = chmelové náklady, K3 = sladové náklady, K4 = Cena PET a K5 = Prodej

Zhodnocení a výběr metody

Výsledky obou metod byly předány hodnotitelům, kteří zpětně zhodnotili své preference stanovení vah a konečný výsledek jednotlivých vah. Na základě hodnocení bude vybrána 1 metoda, která určí váhy o preferencích kritérií.

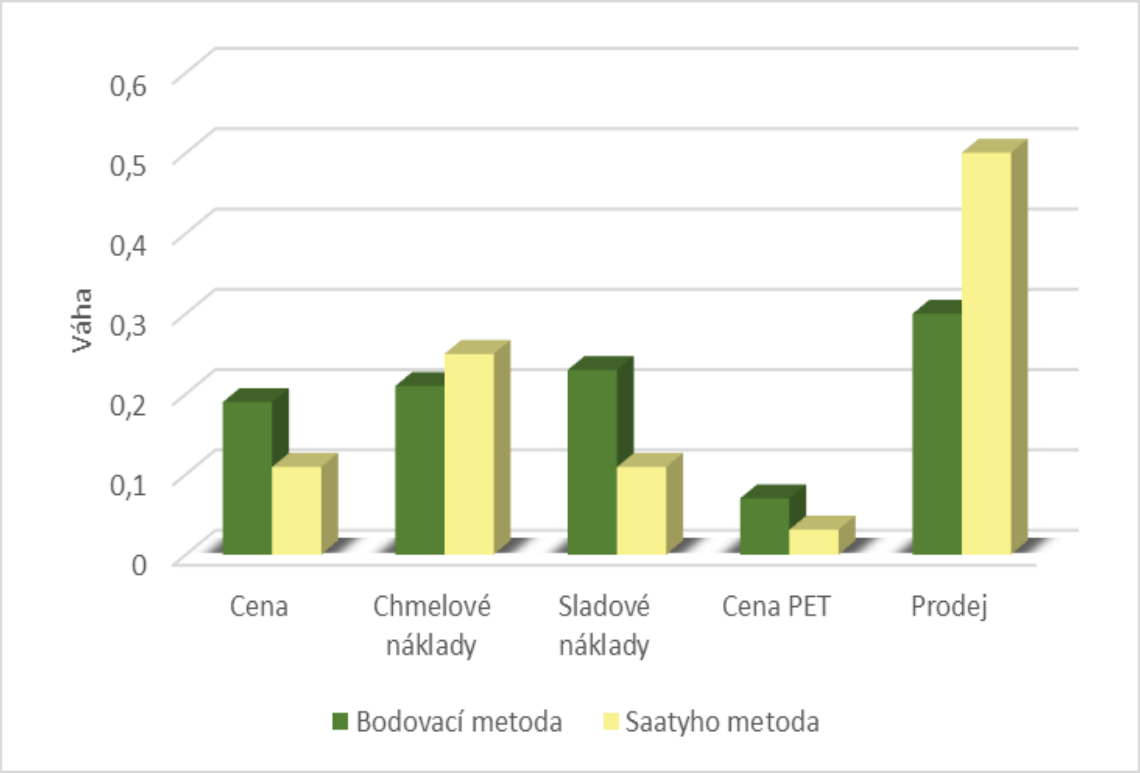
- Bodovací metoda – Tato metoda předpokládá, že rozhodovatel je schopen ohodnotit důležitost jednotlivých kritérií. Metoda se používá v případě, že kritéria hodnotí sice expertů. V tomto případě ohodnocovali 3 experti (majitel podniku, hlavní sládek a marketingový specialista) každé kritérium určitým počtem bodů ze stupnice 1-10. Nejvyšší váhu získalo kritérium prodej, které získalo váhu 0,3.

Podobnými vahami byla ohodnocena kritéria cena (0,19), chmelové náklady (0,21) a sladové náklady (0,23). Nejmenší váhu získalo touto metodou kritérium cena PET, a to 0,07.

- Saatyho metoda – Při použitý této metody hodnotí pouze 1 rozhodovatel (majitel podniku). Rozhodovatel porovnává všechny dvojice kritérií a těm určuje velikost preference pomocí stupnice 1-9. Jako nejvíce preferované kritérium se ukázalo K5 neboli prodej, které získalo váhu 0,5. Vysokou váhu má také K2 (chmelové náklady), a to 0,25. Váhu 0,11 získala kritéria K1 a K3, tedy cena a sladové náklady mají v tomto případě pro rozhodovatele stejnou váhu. Zanedbatelnou váhu získalo K4 neboli Cena PET, a to pouhých 0,03.

V grafu č. 2 lze vidět porovnání výsledků, které byly vypočteny při použití bodovací metody a Saatyho metody. Největší rozdíl je patrný na kritériu prodej, kde jsou váhy značně rozdílné. Naopak chmelové náklady a cena PET se při použití rozdílných metod příliš váhami příliš neliší. U kritérií cena a sladové náklady získalo dané kritérium vždy větší váhu stanovením bodovací metodou. Metody stanovují váhy o preferencích kritérií odlišným způsobem a rozhodovatelé se shodli, že jejich požadavkům odpovídají více váhy, které byly získány, když se všichni 3 účastnili stanovování preferencí. Pro další výpočty bude tedy počítáno s váhami, které byly získány bodovací metodou.

Graf 2: Porovnání metod stanovení vah



Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

4.3 Choice

Ve fázi Choice neboli ve fázi volby řešení bude vybírána varianta, která bude doporučena pro realizaci.

4.3.1 Aplikace rozhodovacích metod

Rozhodovací model má za úkol určit pořadí jednotlivých variant. Jedná se o 6 variant, které jsou hodnoceny podle 5 kritérií. Stanovené vektory vah bodovací metodou vypovídají o preferencích rozhodovatelů. Dané hodnoty tvoří kriteriální matici.

Aplikace rozhodovacích metod bude probíhat pomocí tří metod: Metoda váženého součtu neboli WSA, metoda TOPSIS a metoda analytického hierarchického procesu neboli AHP. Kriteriální matice má stanovená jak minimalizační, tak maximalizační kritéria. Použité metody využijí pro výpočty upravenou kriteriální matici. Nejprve musí být stanoveny hodnoty ideální a bazální varianty. Kriteriální matice je zobrazena v tabulce č. 11.

Tabulka 11: Kriteriální matice

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	21	1974	4822	90	420
10° tmavá	19,9	880	4598	85	30
12° IPL	24	1110	5410	95	60
11° pšeničná	22	1223	4281	90	55
12° světlá	24	2000	5166	95	115
13° bylinný speciál	21	855	2967	85	18
Povaha	max	min	min	max	max
H	24	855	2967	95	420
D	19,9	2000	5410	85	18

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Následně musí být převedeny minimalizační kritéria na maximalizační. K tomu bude využit následující vzorec:

$$y_{ij} = \max_{i=1\ldots m}\left(y_{ij}\right) - y_{ij} \tag{41}$$

Sloupec kritéria, který prošel změnou, obsahuje hodnotu 0. Upravená kriteriální matice, která má všechny kritéria maximalizační se nachází v tabulce č. 12.

Tabulka 12: Upravená kriteriální matice

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	21	26	588	90	420
10° tmavá	19,9	1120	812	85	30
12° IPL	24	890	0	95	60
11° pšeničná	22	777	1129	90	55
12° světlá	24	0	244	95	115
13° bylinný speciál	21	1145	2443	85	18
Povaha	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

4.3.2 Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu vychází z principu maximalizace užitku a její výpočet se skládá ze tří kroků. Prvním krokem je určení ideální (H) a bazální (D) varianty upravené kriteriální matice (tabulka č. 13).

Tabulka 13: Kriteriální matice pro výpočet WSA

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	21	26	588	90	420
10° tmavá	19,9	1120	812	85	30
12° IPL	24	890	0	95	60
11° pšeničná	22	777	1129	90	55
12° světlá	24	0	244	95	115
13° bylinný speciál	21	1145	2443	85	18
Váhy	0,19	0,21	0,23	0,07	0,3
Povaha	max	max	max	max	max
H	24	1145	2443	95	420
D	19,9	0	0	85	18

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Druhým krokem je vypočtení standardizované kriteriální matice R (tabulka č. 14), která představuje matici hodnot funkce užitku z i-té varianty podle j-tého kritéria. Ideální variantě odpovídá hodnota 1 a bazální variantě hodnota 0. Prvky matice byly získány pomocí vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \tag{42}$$

Tabulka 14: Standardizovaná kriteriální matice

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	0,268293	0,022707424	0,240687679	0,5	1
10° tmavá	0	0,978165939	0,332378223	0	0,029851
12° IPL	1	0,777292576	0	1	0,104478
11° pšeničná	0,512195	0,67860262	0,462136717	0,5	0,09204
12° světlá	1	0	0,0998772	1	0,241294
13° bylinný speciál	0,268293	1	1	0	0

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Posledním krokem je stanovení hodnoty agregované funkce užitku pro každou variantu, pomocí vzorce:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^{n} v_j r_{ij} \tag{43}$$

Na základě výpočtu je v tabulce č. 15 určeno pořadí variant Čím vyšší je celkový užitek, tím má varianta lepší pořadí.

Tabulka 15: Pořadí variant metodou WSA

Varianta	Celkový užitek	Pořadí
11° světlá	0,446102335	3
10° tmavá	0,290817062	**6**
12° IPL	0,454574725	2
11° pšeničná	0,408727009	4
12° světlá	0,355359816	5
13° bylinný speciál	0,49097561	1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Z tabulky lze vidět, že největší užitek přináší varianta 13° bylinný speciál, a to 0,49. Tato varianta má nejlepší hodnoty v kritériích chmelové a sladové náklady. Podobných užitků dosahují varianty 11° světlá (0,446) a 12° IPL (0,454). Naopak jako nejhorší varianta vyšla varianta 10° tmavá, která dosahuje užitku 0,29, tedy skoro o polovinu menší než užitek z vítězné varianty. Podle metody váženého součtu se pivo 10° tmavá jeví jako varianta, kterou by měl rozhodovatel vyřadit z výroby.

4.3.3 Metoda TOPSIS

Další metodou pro výběr varianty piva je metoda TOPSIS. Tato metoda je založená na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty. Požadavek je co nejbližší vzdálenost kompromisní varianty od ideální varianty. Výchozí maticí pro výpočet je tabulka č. 16.

Tabulka 16: Podkladová matice pro výpočet TOPSIS

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	21	26	588	90	420
10° tmavá	19,9	1120	812	85	30
12° IPL	24	890	0	95	60
11° pšeničná	22	777	1129	90	55
12° světlá	24	0	244	95	115
13° bylinný speciál	21	1145	2443	85	18
Povaha	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Postup výpočtu se skládá ze 4 kroků. Prvním krokem je sestavení normalizované kriteriální matice R (tabulka č. 17) podle vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\Sigma_{i=1}^{p} y_{ij}^2}} \quad (44)$$

Tabulka 17: Normalizovaná kriteriální matice R

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	0,389	0,013	0,204	0,408	0,945
10° tmavá	0,369	0,563	0,282	0,385	0,068
12° IPL	0,445	0,447	0	0,430	0,135
11° pšeničná	0,408	0,390	0,392	0,408	0,124
12° světlá	0,445	0	0,085	0,430	0,259
13° bylinný speciál	0,389	0,575	0,848	0,385	0,041

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Druhým krokem je vypočtení normalizované vážené kriteriální matice W. Hodnoty matice jsou získány vynásobením příslušné hodnoty matice s váhou v daném sloupci:

$$w_{ij} = v_j r_{ij} \quad (45)$$

Pro normalizovanou váženou kriteriální matici jsou dále stanoveny hodnoty ideální a bazální varianty. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce č. 18.

Tabulka 18: Normalizovaná vážená kriteriální matice W

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	0,07391411	0,002743085	0,046921255	0,02854803	0,283540815
10° tmavá	0,07004242	0,118163656	0,064796019	0,02696202	0,020252915
12° IPL	0,08447327	0,093897905	0	0,03013403	0,040505831
11° pšeničná	0,07743383	0,081976036	0,090092002	0,02854803	0,037130345
12° světlá	0,08447327	0	0,019470725	0,03013403	0,077636176
13° bylinný speciál	0,07391411	0,120801237	0,194946643	0,02696202	0,012151749
Váhy	0,19	0,21	0,23	0,07	0,3
H	0,08447327	0,120801237	0,194946643	0,03013403	0,283540815
D	0,07004242	0	0	0,02696202	0,012151749

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Třetím krokem je výpočet vzdáleností variant od ideální varianty a od bazální varianty (tabulka č. 19). Pro výpočet vzdálenosti variant od ideální varianty byl použit vzorec:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{k} (w_{ij} - h_j)^2} \tag{46}$$

Pro výpočet vzdáleností variant od bazální varianty byl použit vzorec:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{k} (w_{ij} - d_j)^2} \tag{47}$$

Tabulka 19: Vzdálenosti variant od ideální a bazální variant

Varianta	d_i^+	d_i^-
11° světlá	0,189549	0,276083321
10° tmavá	0,294635	0,134955548
12° IPL	0,312735	0,099408249
11° pšeničná	0,271302	0,124507028
12° světlá	0,296737	0,070156967
13° bylinný speciál	0,2722	0,229525598

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Posledním krokem je vypočtení relativních ukazatelů vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty podle vzorce:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \tag{48}$$

Hodnoty c_j určují pořadí jednotlivých variant. Výsledné pořadí je zobrazeno v tabulce č. 20.

Tabulka 20: Pořadí variant metodou TOPSIS

Varianta	c_i	Pořadí
11° světlá	0,592920706	1
10° tmavá	0,31414898	4
12° IPL	0,241198464	5
11° pšeničná	0,314563056	3
12° světlá	0,19121851	**6**
13° bylinný speciál	0,457472101	2

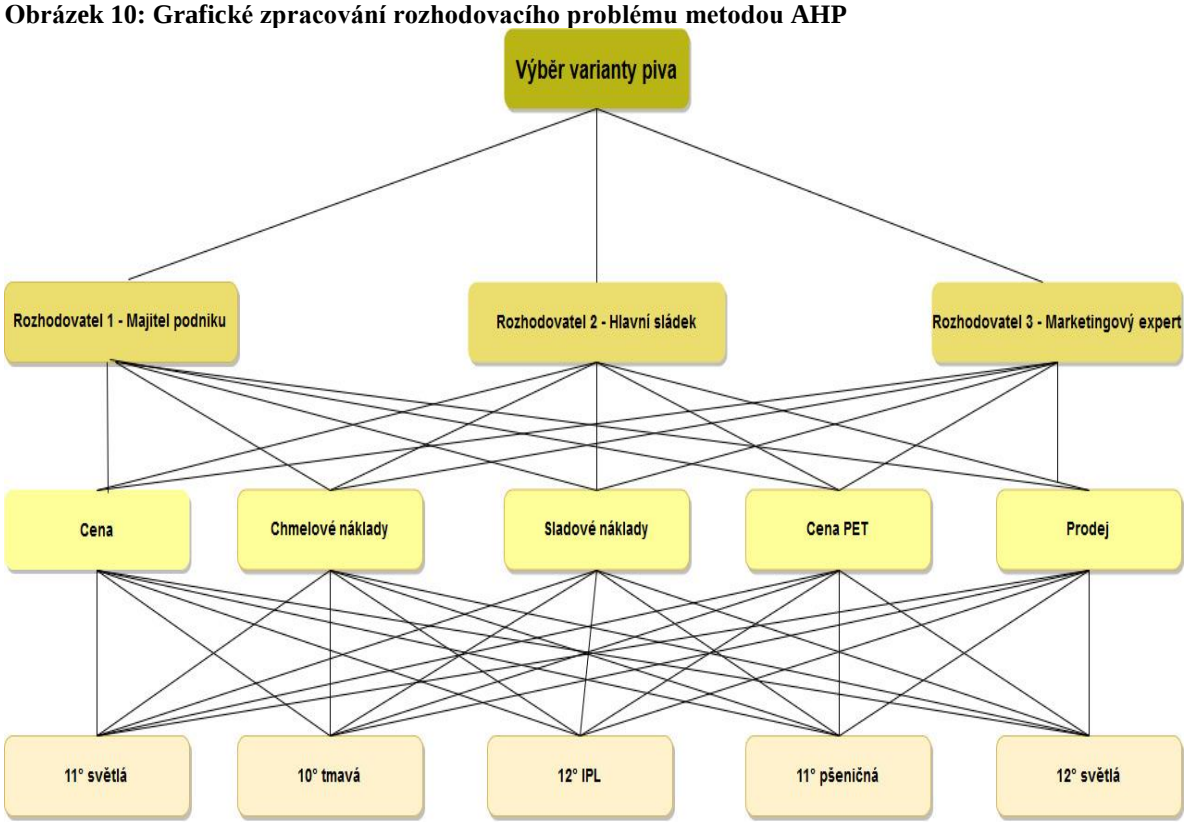
Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Na prvním místě se nachází varianta 11° světlá. Nejhůře se umístily varianty 12° IPL (5. místo) a 12° světlá, která nejméně vzdálená od bazální varianty, a tudíž je na posledním místě. Tato varianta je podle metody TOPSIS doporučena ke stáhnutí z výroby.

4.3.4 Metoda AHP

Poslední metodou, kterou je výběr varianty piva zpracován, je metoda AHP. Rozhodovací problém je znázorněn na obrázku č. 10. Jak lze na obrázku vidět, 3 rozhodovatelé (majitel podniku, hlavní sládek a marketingový expert) hodnotí párové srovnání pro každé z kritérií. Každému z nich byla předložena vstupní tabulka č. 21.

Obrázek 10: Grafické zpracování rozhodovacího problému metodou AHP



Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Tabulka 21: Vstupní tabulka pro metodu AHP

Varianta	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)
11° světlá	21	1974	4822	90	420
10° tmavá	19,9	880	4598	85	30
12° IPL	24	1110	5410	95	60
11° pšeničná	22	1223	4281	90	55
12° světlá	24	2000	5166	95	115
13° bylinný speciál	21	855	2967	85	18
Povaha	max	min	min	max	max
Váhy	0,19	0,21	0,23	0,07	0,3

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Každý z rozhodovatelů následně provedl párové srovnání pomocí Saatyho metody. Pro hodnocení využili Saatyho stupnici hodnocení, kde:

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*

Hodnoty jsou zapsány do čtvercové matice *m x m*. Následně jsou vypočteny hodnoty geometrický průměru R_i, Poté jsou hodnoty normalizovány a tím jsou vypočteny váhy objektů podle jednotlivých kritérií v_i. Nakonec je vypočten užitek i-té varianty podle j-tého kritéria.

Rozhodovatel 1 – Majitel podniku

Prvním rozhodovatelem je majitel podniku. Majitel zná proces výroby a je pro něj nejdůležitější, zda je o daný druh piva zájem. Rovněž má zájem o to, aby byly náklady co nejnižší.

V tabulce č. 22 je znázorněno párové porovnání Saatyho metodou pro kritérium cena. Majitel podniku nevyužil celou Saatyho stupnici hodnocení, ale u některých variant využil velmi silnou preferenci.

Tabulka 22: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Cena

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	3	0,2	0,333	0,2	1	0,5848	0,07	0,013
10° tmavá	0,333	1	0,143	0,333	0,143	0,333	0,3018	0,0361	0,007
12° IPL	5	7	1	3	1	5	2,8403	0,34	0,065
11° pšeničná	3	3	0,333	1	0,333	3	1,2009	0,1438	0,027
12° světlá	5	7	1	3	1	5	2,8403	0,34	0,065
13° bylinný speciál	1	3	0,2	0,333	0,2	1	0,5848	0,07	0,013
							∑8,3529	∑1	∑0,19

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

V tabulce č. 23 je znázorněno párové porovnání Saatyho metodou pro kritérium chmelové náklady. U chmelových nákladů platí, že čím jsou nižší, tím lépe. V tabulce je patrné, že varianta 13° bylinný speciál je z hlediska chmelových nákladů hodnocena jako nejlepší a je před některými variantami absolutně preferovaná.

Tabulka 23: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Chmelové náklady

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	0,111	0,143	0,2	3	0,111	0,3192	0,031	0,007
10° tmavá	9	1	5	7	9	0,333	3,1326	0,305	0,064
12° IPL	7	0,2	1	3	7	0,2	1,3435	0,131	0,027
11° pšeničná	5	0,143	0,333	1	5	0,143	0,7443	0,072	0,015
12° světlá	0,333	0,111	0,143	0,2	1	0,111	0,2213	0,022	0,005
13° bylinný speciál	9	3	5	7	9	1	4,518	0,44	0,092
							∑10,279	∑1	∑0,21

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Kritérium sladové náklady je pro majitele podniku také důležité, ale zde nevyužil celou stupnici hodnocení. Jak lze vidět v tabulce č. 24, opět vyniká varianta 13° bylinný speciál. Naopak varianta 12° IPL se jeví jako nejhorší.

Tabulka 24: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Sladové náklady

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	0,333	3	0,333	3	0,2	0,7647	0,088	0,020
10° tmavá	3	1	3	0,333	3	0,2	1,1029	0,127	0,029
12° IPL	0,333	0,333	1	0,2	0,333	0,143	0,3192	0,037	0,008
11° pšeničná	3	3	5	1	3	0,2	1,7321	0,199	0,046
12° světlá	0,333	0,333	3	0,333	1	0,143	0,5013	0,058	0,013
13° bylinný speciál	5	5	7	5	7	1	4,2774	0,492	0,113
							∑8,6977	∑1	∑0,23

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

V kritériu cena PET neuvádí majitel podniku příliš velké rozdíly. Ceny PET jsou si velmi podobné a majitel preferuje pouze slabě dražší varianty před levnějšíma. Matici preferencí lze vidět v tabulce č. 25.

Tabulka 25: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Cena PET

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	3	0,333	1	0,333	3	1	0,1404	0,010
10° tmavá	0,333	1	0,333	0,333	0,333	1	0,4807	0,0675	0,005
12° IPL	3	3	1	3	1	3	2,0801	0,2921	0,020
11° pšeničná	1	3	0,333	1	0,333	3	1	0,1404	0,010
12° světlá	3	3	1	3	1	3	2,0801	0,2921	0,020
13° bylinný speciál	0,333	1	0,333	0,333	0,333	1	0,4807	0,0675	0,005
							∑7,1217	∑1	∑0,07

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Kritérium prodej je pro majitele podniku velmi důležité, což lze vidět v tabulce č. 26, kde byla použita celá Saatyho stupnice hodnocení. Majitel preferuje varianty, které se prodávají více. Varianta 13° bylinný speciál se prodává nejméně, tudíž má ze všech variant nejhorší hodnoty. Naopak varianta 11° světlá se prodává nejvíce a je ve většině případu absolutně preferovaná před ostatními variantami.

Tabulka 26: Majitel podniku – Saatyho matice pro kritérium Prodej

	11° světlá	**10° tmavá**	**12° IPL**	**11° pšeničná**	**12° světlá**	**13° bylinný speciál**	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	9	9	9	7	9	5,9843	0,5646	0,169
10° tmavá	0,111	1	0,333	0,333	0,2	3	0,4415	0,0417	0,012
12° IPL	0,111	3	1	3	0,2	5	1	0,0943	0,028
11° pšeničná	0,111	3	0,333	1	0,2	5	0,6934	0,0654	0,020
12° světlá	0,143	5	5	5	1	7	2,2361	0,211	0,063
13° bylinný speciál	0,111	0,333	0,2	0,2	0,143	1	0,2441	0,023	0,007
							∑10,599	∑1	∑0,3

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Na základě párového porovnání majitele podniku se jeví jako varianta, která by měla být vyřazena z výroby, varianta 10° tmavá. Tato varianta se prodává za cenu 19,9 Kč/0,5 l, což je nejmenší cena ze všech variant. Chmelové náklady patří k nižším – 880 Kč/20 hl. Naopak velmi vysoké jsou sladové náklady, a to 5410 Kč/20 hl. Cena za 1,5 l PET láhve patří také k nejnižším – 85 Kč. Tohoto druhu piva se prodává velmi málo, pouze 30 hl/rok. Majitel podniku si přál vyřadit pivo, které má vysoké náklady a málo se prodává, což odpovídá výsledkům, že 10° tmavá dopadla jako nejhorší varianta. Výsledná matice je zobrazena v tabulce č. 27.

Tabulka 27: Výsledné pořadí metody AHP – majitel podniku

	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)	Součet preferencí	Pořadí
11° světlá	0,013	0,007	0,020	0,010	0,169	0,219	2
10° tmavá	0,007	0,064	0,029	0,005	0,012	0,117	**6**
12° IPL	0,065	0,027	0,008	0,020	0,028	0,149	4
11° pšeničná	0,027	0,015	0,046	0,010	0,020	0,118	5
12° světlá	0,065	0,005	0,013	0,020	0,063	0,166	3
13° bylinný speciál	0,013	0,092	0,113	0,005	0,007	0,230	1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Rozhodovatel 2 – Hlavní sládek

Druhým rozhodovatelem je hlavní sládek. Sládek má na starost vaření piva, a tudíž zná celý technologický postup výroby, je pro něj tedy nejdůležitější kritérium sladové náklady a kritérium chmelové náklady. Naopak příliš podstatná pro něj není cena.

V tabulce č. 28 lze vidět, že kritérium cena není pro hlavního sládka hlavní. Nebyla zde využita celá hodnotící stupnice. Velmi silně preferované jsou pouze varianty 12° IPL a 12° světlá před variantou 10° tmavá. To je dáno nejvyšším rozdílem v ceně, kdy varianty 12° IPL a 12° světlá se prodávají za 24 Kč/0,5 l a varianta 10° tmavá se prodává za 19,9 Kč/0,5 l.

Tabulka 28: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Cena

	11° světlá	**10° tmavá**	**12° IPL**	**11° pšeničná**	**12° světlá**	**13° bylinný speciál**	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	3	0,333	0,333	0,333	1	0,6934	0,0903	0,017
10° tmavá	0,333	1	0,143	0,333	0,143	0,333	0,3018	0,0393	0,007
12° IPL	3	7	1	3	1	3	2,3956	0,3119	0,059
11° pšeničná	3	3	0,333	1	0,333	3	1,2009	0,1564	0,030
12° světlá	3	7	1	3	1	3	2,3956	0,3119	0,059
13° bylinný speciál	1	3	0,333	0,333	0,333	1	0,6934	0,0903	0,017
							∑7,6806	∑1	∑0,19

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Výše chmelových nákladů je pro hlavního sládka velmi důležitá a jak je patrné z tabulky č. 29, využil k hodnocení celou Saatyho stupnici. Jako nejhorší varianta se jeví 12° světlá, a naopak jako nejlepší varianta 13° bylinný speciál.

Tabulka 29: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Chmelové náklady

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	0,111	0,143	0,2	3	0,111	0,3192	0,03	0,006
10° tmavá	9	1	7	7	9	0,333	3,3133	0,312	0,065
12° IPL	7	0,143	1	5	7	0,143	1,3077	0,123	0,026
11° pšeničná	5	0,143	0,2	1	5	0,143	0,6836	0,064	0,014
12° světlá	0,333	0,111	0,143	0,2	1	0,111	0,2213	0,021	0,004
13° bylinný speciál	9	3	7	7	9	1	4,7786	0,45	0,094
							∑10,624	∑1	∑0,21

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Výše sladových nákladů je pro sládka také důležitá, a i v tomto případě využil celou nabízenou hodnotící stupnici. Jeho hodnocení se nachází v tabulce č. 30.

Tabulka 30: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Sladové náklady

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	0,333	3	0,2	3	0,143	0,664	0,067	0,015
10° tmavá	3	1	3	0,333	3	0,143	1,0428	0,105	0,024
12° IPL	0,333	0,333	1	0,143	0,333	0,111	0,2894	0,029	0,007
11° pšeničná	5	3	7	1	7	0,2	2,2973	0,232	0,053
12° světlá	0,333	0,333	3	0,143	1	0,111	0,4174	0,042	0,010
13° bylinný speciál	7	7	9	5	9	1	5,2033	0,525	0,121
							∑9,9142	∑1	∑0,23

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Cenu PET láhve nevnímá hlavní sládek jako zásadní, jak je patrné z tabulky č. 31. Nejvyšší cenu za PET láhev mají varianty 12° IPL a 12° světlá. Byla ale využita pouze silná preference před některými variantami (10° tmavá a 13° bylinný speciál).

Tabulka 31: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Cena PET

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	3	0,333	1	0,333	3	1	0,1291	0,009
10° tmavá	0,333	1	0,2	0,333	0,2	1	0,4055	0,0524	0,004
12° IPL	3	5	1	3	1	5	2,4662	0,3185	0,022
11° pšeničná	1	3	0,333	1	0,333	3	1	0,1291	0,009
12° světlá	3	5	1	3	1	5	2,4662	0,3185	0,022
13° bylinný speciál	0,333	1	0,2	0,333	0,2	1	0,4055	0,0524	0,004
							∑7,7434	∑1	∑0,07

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Kritérium prodej vnímá hlavní sládek jako důležité, avšak nevyužil pro něj celou nabízenou hodnotící stupnici. Velmi silně preferuje variantu 11° světlá, neboť té se prodá ročně mnohonásobně více než ostatních variant. Jeho hodnocení se nachází v tabulce č. 32.

Tabulka 32: Hlavní sládek – Saatyho matice pro kritérium Prodej

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	7	5	5	5	7	4,2774	0,4878	0,146
10° tmavá	0,143	1	0,333	0,333	0,333	3	0,5013	0,0572	0,017
12° IPL	0,2	3	1	3	0,333	5	1,2009	0,1369	0,041
11° pšeničná	0,2	3	0,333	1	0,333	3	0,7647	0,0872	0,026
12° světlá	0,2	3	3	3	1	5	1,7321	0,1975	0,059
13° bylinný speciál	0,143	0,333	0,2	0,333	0,2	1	0,2932	0,0334	0,010
							∑8,7696	∑1	∑0,3

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Výsledné hodnocení bylo získáno jako součet dílčích hodnocení variant podle jednotlivých kritérií. Pořadí variant je zobrazeno v tabulce č. 33. Na základě párového porovnání hlavního sládka je k vyřazení vhodná také varianta 10° tmavá. Celkově jsou preference hlavního sládka a majitele podniku velmi podobné, protože výsledné pořadí se liší pouze ve třetím a čtvrtém místě. Na třetím místě se podle preferencí hlavního sládka umístila varianta 12° IPL a na čtvrtém místě varianta 12° světlá. První místo obsadila znovu varianta 13° bylinný speciál.

Tabulka 33: Výsledné pořadí metody AHP – hlavní sládek

	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)	Součet preferencí	Pořadí
11° světlá	0,017	0,006	0,015	0,009	0,146	0,1942	2
10° tmavá	0,007	0,065	0,024	0,004	0,017	0,1180	6
12° IPL	0,059	0,026	0,007	0,022	0,041	0,1552	3
11° pšeničná	0,030	0,014	0,053	0,009	0,026	0,1317	5
12° světlá	0,059	0,004	0,010	0,022	0,059	0,1549	4
13° bylinný speciál	0,017	0,094	0,121	0,004	0,010	0,2460	1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Rozhodovatel 3 – Marketingový expert

Třetím rozhodovatelem je marketingový expert, pro kterého je hlavní jak nákladová úspora, tak produkovaný zisk.

Kritérium cena je pro marketingového experta důležitá, avšak pro hodnocení nevyužil celou hodnotící stupnici. Nejvíce bodů udělil variantám 12° IPL a 12° světlá, které ohodnotil silnou preferencí vůči variantám 10° tmavá a 12° světlá. Párové porovnání je znázorněno v tabulce č. 34.

Tabulka 34: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Cena

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	3	0,333	0,333	0,333	1	0,6934	0,093	0,018
10° tmavá	0,333	1	0,2	0,333	0,2	0,333	0,3376	0,0453	0,009
12° IPL	3	5	1	3	1	3	2,2649	0,3038	0,058
11° pšeničná	3	3	0,333	1	0,333	3	1,2009	0,1611	0,031
12° světlá	3	5	1	3	1	3	2,2649	0,3038	0,058
13° bylinný speciál	1	3	0,333	0,333	0,333	1	0,6934	0,093	0,018
							∑7,4552	∑1	∑0,19

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Výše nákladů je pro marketingového experta důležité kritérium a je si vědom velikých rozdílů daných variant. Varianta 13° bylinný speciál je z hlediska chmelových nákladů nejúspornější, a proto využívá velmi silné preference vůči dražším variantám (11° světlá a 12° světlá). Levná varianta je také 10° tmavá, u které také hodnotil velmi silnou preferencí. Hodnocení podle kritéria chmelové náklady se nachází v tabulce č. 35.

Tabulka 35: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Chmelové náklady

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	0,143	0,143	0,2	3	0,143	0,3471	0,038	0,008
10° tmavá	7	1	3	3	7	0,333	2,2973	0,25	0,053
12° IPL	7	0,333	1	3	7	0,2	1,4629	0,159	0,033
11° pšeničná	5	0,333	0,333	1	5	0,2	0,9067	0,099	0,021
12° světlá	0,333	0,143	0,143	0,2	1	0,143	0,2407	0,026	0,006
13° bylinný speciál	7	3	5	5	7	1	3,9283	0,428	0,090
							∑9,1831	∑1	∑0,21

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Dalším důležitým kritériem je pro marketingového experta kritérium sladové náklady. Nevyužívá pro párové srovnání absolutní preferenci, ale variantu 13° bylinný speciál velmi silně preferuje před variantami 12° IPL a 12° světlá. Ostatní varianty se od sebe příliš výší sladových nákladů neliší, a tak často ohodnocuje pouze slabou preferencí, jak je patrné z tabulky č. 36.

Tabulka 36: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Sladové náklady

	11° světlá	**10° tmavá**	**12° IPL**	**11° pšeničná**	**12° světlá**	**13° bylinný speciál**	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	0,333	3	0,333	3	0,2	0,7647	0,088	0,020
10° tmavá	3	1	3	0,333	3	0,2	1,1029	0,127	0,029
12° IPL	0,333	0,333	1	0,2	0,333	0,143	0,3192	0,037	0,008
11° pšeničná	3	3	5	1	3	0,2	1,7321	0,199	0,046
12° světlá	0,333	0,333	3	0,333	1	0,143	0,5013	0,058	0,013
13° bylinný speciál	5	5	7	5	7	1	4,2774	0,492	0,113
							∑8,6977	∑1	∑0,23

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Pro hodnocení kritéria cena využil marketingový expert na rozdíl od prvních dvou rozhodovatelů větší škálu hodnotící stupnice. Varianty, které se prodávají za 95 Kč/1,5 l (12° IPL a 12° světlá) velmi silně preferuje před variantami, které se prodávají za 85 Kč/1,5 l (10° tmavá a 13° bylinný speciál). Hodnocení se nachází v tabulce č. 37.

Tabulka 37: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Cena PET

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	5	0,2	1	0,2	5	1	0,1092	0,008
10° tmavá	0,2	1	0,143	0,2	0,143	1	0,3057	0,0334	0,002
12° IPL	5	7	1	5	1	7	3,2711	0,3574	0,025
11° pšeničná	1	5	0,2	1	0,2	5	1	0,1092	0,008
12° světlá	5	7	1	5	1	7	3,2711	0,3574	0,025
13° bylinný speciál	0,2	1	0,143	0,2	0,143	1	0,3057	0,0334	0,002
							∑9,1536	∑1	∑0,07

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Kritérium prodej vnímá marketingový expert jako naprosto důležité a využil pro něj celou nabízenou hodnotící stupnici. Nejvíce se ročně prodá varianty 11° světlá, a to dokonce mnohonásobně více, což vzal marketingový expert v úvahu při hodnocení, a této variantě udělil absolutní preferenci před čtyřmi z pěti variant.

Tabulka 38: Marketingový expert – Saatyho matice pro kritérium Prodej

	11° světlá	10° tmavá	12° IPL	11° pšeničná	12° světlá	13° bylinný speciál	R_i	v_i	u_{ij}
11° světlá	1	9	9	9	7	9	5,9843	0,5361	0,161
10° tmavá	0,111	1	0,2	0,2	0,143	5	0,3834	0,0343	0,010
12° IPL	0,111	5	1	3	0,143	7	1,0889	0,0975	0,029
11° pšeničná	0,111	5	0,333	1	0,143	7	0,755	0,0676	0,020
12° světlá	0,143	7	7	7	1	9	2,7589	0,2472	0,074
13° bylinný speciál	0,111	0,2	0,143	0,143	0,111	1	0,1922	0,0172	0,005
							∑11,163	∑1	∑0,3

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Nakonec byl proveden součet dílčích variant hodnocení a zapsáno výsledné pořadí variant v tabulce č. 39. Na základě párového porovnání marketingového experta je k vyřazení vhodná také varianta 10° tmavá. Celkové pořadí jednotlivých variant je shodné s výsledky porovnání majitele podniku. Ač oba udělovali jiné preference variantám podle jednotlivých kritérií, jejich názory se velmi shodují.

Tabulka 39: Výsledné pořadí metody AHP – marketingový expert

	Cena (Kč)	Chmelové náklady (Kč)	Sladové náklady (Kč)	Cena PET (Kč)	Prodej (hl)	Součet preferencí	Pořadí
11° světlá	0,018	0,008	0,020	0,008	0,161	0,214	2
10° tmavá	0,009	0,053	0,029	0,002	0,010	0,103	6
12° IPL	0,058	0,033	0,008	0,025	0,029	0,154	4
11° pšeničná	0,031	0,021	0,046	0,008	0,020	0,125	5
12° světlá	0,058	0,006	0,013	0,025	0,074	0,176	3
13° bylinný speciál	0,018	0,090	0,113	0,002	0,005	0,228	1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

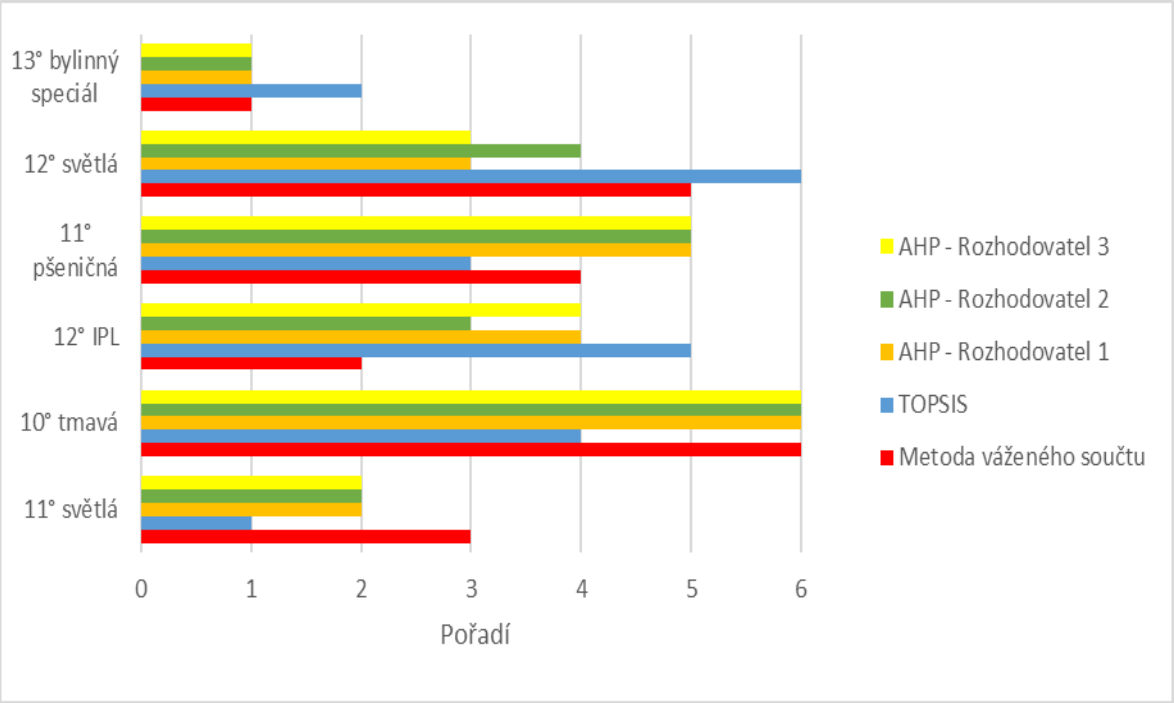
5 Zhodnocení výsledků a doporučení

Metody WSA, TOPSIS a AHP, které byly aplikované při výběru druhu piva, seřadí pořadí variant na základě stanovených kritérií a preferencích rozhodovatele. Preference rozhodovatele byly určeny bodovací metodou.

V grafu č. 3 je vidět porovnání výsledků, které byly danými metodami získány. Varianta 13° bylinný speciál získala pomocí většiny metod nejlepší hodnocení. Pomocí metody WSA se umístila na prvním místě a pomocí metody TOPSIS na druhém místě. Při výpočtu pomocí metody AHP se tato varianta umístila na prvním místě podle párového porovnání všech tří rozhodovatelů. Veliké rozdíly v umístění jsou patrné u varianty 12° světlá. Pomocí výpočtů metodou TOPSIS skončila na posledním místě a pomocí WSA na předposledním místě. Naopak při použití metody AHP se podle prvního a třetího rozhodovatele (majitel podniku a marketingový expert) umístila na třetím místě. Při párovém hodnocení druhého rozhodovatele (hlavní sládek) se 12° světlá umístila na čtvrtém místě. Je tedy zřejmé, že výběr metody má na výsledné hodnocení veliký vliv. Markantní propad je také patrný u varianty 12° IPL, která se nachází na druhém místě (metoda WSA), ale při výpočtu metodou TOPSIS se umístila až na pátém místě. Při výpočtech metodou AHP se tato varianta umístila podle druhého rozhodovatele (hlavní sládek) na třetím místě a podle rozhodovatelů majitel podniku a marketingový expert na čtvrtém místě. 11° pšeničná se při použití metod TOPSIS a WSA drží na středních příčkách, obsadila třetí a čtvrté místo. Naopak při výpočtech pomocí metody AHP se pomocí párového srovnání všech tří rozhodovatelů umístila až na pátém místě. 10° tmavá se jeví jako nejhorší varianta pomocí metody WSA i AHP všech tří rozhodovatelů. Naopak při výpočtech pomocí TOPSIS je čtvrtá v pořadí. Zajímavé rozdíly vykazuje 11° světlá, která se umisťuje působením metody TOPSIS na prvním místě a až na třetím místě působením metody WSA. Pomocí párového srovnávání se 11° světlá zařadila na druhé místo podle všech rozhodovatelů. Z grafu je patrné, že při využití variant WSA a TOPSIS nemá žádná z variant stejné pořadí. Naopak výsledky získané metodou AHP se příliš neliší. Je tedy zřejmé, že metody jsou velmi rozdílné a výsledné pořadí závisí na výběru vhodné metody. Pro rozhodovatele byly vybrány 2 varianty, které se umístily na posledním místě pomocí daných metod. Podle získaných výsledků se jedná o varianty 12° světlá a 10° tmavá. Ke stažení z výroby by byla následně doporučena varianta 10° tmavá, které se ročně prodá pouze 30 hl, což je velmi nízká hodnota v závislosti na tom, jak je váha tohoto

kritéria vysoká (0,3). Tato varianta má také velmi vysoké sladové náklady (4598 Kč/20 hl) a její prodejní cena se řadí k nejnižším z celého souboru variant (19,9 Kč/0,5 l).

Graf 3: Porovnání výsledků získaných metodami WSA, TOPSIS a AHP



Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

6 Závěr

Diplomová práce se zabývala aplikací rozhodovacích metod ve společnosti pivovarského podniku. Potřebná data byla získána na základě konzultací s daným podnikem. Cíle diplomové práce byly splněny prostřednictvím vícekriteriální analýzy variant portfolia podniku.

Nejprve byl identifikován profil rozhodovatele, tedy pivovarský podnik a jeho portfolio produktů. Majitel podniku se z důvodů dlouhodobě vysokých nákladů rozhodl snížit náklady pivovaru tím, že jedno z piv vyřadí z výroby. Rozhodoval se na základě pěti kritérií, která stanovil spolu s hlavním sládkem a marketingovým expertem. Do kritérií zařadily: cena (Kč/0,5 l), chmelové náklady (Kč/20 hl), sladové náklady (Kč/20 hl), cena PET (Kč/1,5 l) a prodej (hl/rok). Poté byly stanoveny váhy kritérií na základě preferencí rozhodovatele. Ke stanovení byly použity dvě metody: bodovací metoda a Saatyho metoda. V případě obou metod získalo nejvyšší váhu kritérium prodej a nejnižší váhu kritérium cena PET. Při porovnání výsledků, které byly získány, byl největší rozdíl patrný na kritériu prodej. U kritérií chmelové náklady, sladové náklady a cena PET se výsledky příliš nelišily. Metody stanovují váhy o preferencích kritérií odlišným způsobem a rozhodovatelé se shodli, že jejich požadavkům odpovídají více váhy, které byly získány bodovací metodou.

Následně byly aplikovány metody vícekriteriálního rozhodování k určení pořadí jednotlivých variant. Byly použity tři metody: metoda váženého součtu, metoda TOPSIS a analytický hierarchický proces. Na základě výsledků se umístila jako první varianta 13° bylinný speciál při použití metody WSA a AHP. Při použití metody TOPSIS se tato varianta umístila jako druhá, ale přesto se jedná o nejlépe hodnocenou variantu z celého souboru variant. Veliké rozdíly v umístění byly patrné u varianty 12° světlá. Ta se pomocí výpočtů metodou TOPSIS umístila až na posledním místě a pomocí výpočtů metodou WSA na předposledním místě. Naopak při použití metody AHP se podle párového srovnání prvního a třetího rozhodovatele (majitel podniku a marketingový expert) umístila na třetím místě. Při párovém hodnocení druhého rozhodovatele (hlavní sládek) se tato varianta umístila na čtvrtém místě. Škála umístění byla tedy v případě varianty 12° světlá velmi pestrá. Markantní propad je patrný i u varianty 12° IPL, která se nachází při použití metody WSA na druhém místě, avšak při použití metody TOPSIS až na pátém místě. Při výpočtech metodou AHP se tato varianta umísila podle druhého rozhodovatele (hlavní

sládek) na třetím místě a podle rozhodovatelů majitel podniku a marketingový expert na čtvrtém místě. Veliký rozdíl při použití daných metod byl zaznamenán i u varianty 11° pšeničná, která se při použití metod TOPSIS a WSA drží na třetím a čtvrtém místě, a naopak při výpočtu pomocí AHP se umístila na místě pátém. Zajímavé rozdíly vykazuje varianta 11° světlá, která se použitím metody TOPSIS umístila na prvním místě, ale až na třetím místě při použití metody WSA. Pomocí párového srovnávání se tato varianta zařadila na druhé místo podle všech rozhodovatelů. Varianta 10° tmavá se jeví jako nejhorší varianta při použití metody WSA i AHP. Při použití TOPSIS se umístila na čtvrtém místě. Z výsledků je patrné, že výsledné hodnocení závisí jak na stanovení preferencí kritérií, tak na výběru metody. Na posledním místě se pomocí daných metod umístily dvě varianty, a to 12° světlá a 10° tmavá, které jsou podle daných kritérií a jejich vah vhodné k odebrání z portfolia produktů pivovarského podniku.

Majiteli pivovarského podniku byly předloženy získané informace z použitých výpočtů. Jako nejhorší varianta ke stažení z výroby byla doporučena varianta 10° tmavá, která byla hodnocena nejhůře podle variant WSA a AHP. Za výsledné hodnocení můžou jak vysoké sladové náklady (4598 Kč/20 hl), tak nízká prodejní cena (19,9 Kč/0,5 l). Tohoto druhu piva se prodá ročně pouze 30 hl, což je vzhledem k vysoké preferenci kritéria velmi nízká hodnota. Jako druhá varianta doporučena ke stažení z výroby byla varianta 12° světlá. Ta se prodává za nejvyšší cenu ze všech variant (24 Kč/0,5 l), ale její chmelové náklady (2000 Kč/20 hl) jsou nejvyšší ze souboru variant. Sladové náklady činí 5166 Kč/20 hl a jsou druhé nejvyšší z variant. Na základě předložených výsledků by majitel podniku dal přednost ke stažení z výroby variantě 10° tmavá, především z důvodu nízkého prodeje a vysokých nákladů.

7 Seznam použitých zdrojů

7.1 Knižní publikace

BĚLOHLÁVEK, František, KOŠŤAN, Pavol a ŠULEŘ, Oldřich, 2001. *Management.* Olomouc: Rubico. ISBN: 80-85839-45-8.

BLAŽEK, Ladislav, 2014. *Management: Organizování, rozhodování, ovlivňování.* 2., rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN: 978-80-247-4429-2.

BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan a ŠUBRT, Tomáš, 2014. *Modely pro vícekrtiteriální rozhodování.* Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta. ISBN: 978-80-213-1019-3.

DĚDINA, Jiří a CEJTHAMR, Václav, 2005. *Management a organizační chování.* Praha: Garda Ozblishing, a.s. ISBN: 80-247-1300-4.

DOLEŽAL, Jan a kolektiv, 2016. *Projektový management: Komplexně, prakticky a podle světových standardů.* Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN: 978-80-271-9066-9.

FIALA, Petr, 2013. *Modely a metody rozhodování.* Vysoká škola ekonomická v Praze: 3. přepracované vydání. ISBN: 978-80-245-1981-4.

FIALA, Petr, 2004. *Projektové řízení: modely, metody, analýzy.* Praha: Professional Publishing. ISBN: 80-86419-24-X.

FORMAN, Ernest H. a SELLY, Mary Ann, 2001. *Decision by objectives: How to convince others that you are right.* London: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. ISBN: 981-02-4142-9.

FOTR, Jiří, DĚDINA, Jiří a HRŮZOVÁ, Helena, 2003. *Manažerské rozhodování.* Praha: Ekopress, s.r.o. ISBN: 80-86119-69-6.

GROS, Ivan, 2009. *Matematické modely pro manažerské rozhodování.* Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN: 978-80-7080-709-5.

ISHIAZAKA, Alessio a NEMERY, Philippe, 2013. *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software.* United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-1-119-97407-9.

KNOOTZ, Harold a WEIHRICH, Heinz, 1993. *Management.* Praha: Victoria Publishing. ISBN: 80-85605-45-7.

KOLČAVOVÁ, Alena, 2004. *Kvantitativní metody v rozhodování: Studijní pomůcka pro distanční stuidum.* Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN: 80-7318-205-X.

KŘUPKA, Jiří, KAŠPAROVÁ, Miloslava a MÁCHOVÁ, Renáta, 2012. *Rozhodovací procesy.* Univerzita Pardubice. ISBN: 978-80-7395-478-9.

LOJDA, Jan, 2011. *Manažreské dovednosti.* Praha: Grada Oublishing, a.s. ISBN: 978-80-247-7229-5.

OBST, Otto a kol., 2006. *Základy obecného managementu.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. ISBN: 80-244-1365-5.

SYNEK, Miloslav, KOPKÁNĚ, Heřman a KUBÁLKOVÁ, Markéta, 2009. *Manažerské výpočty a ekonomická analýza.* Praha: C.H. Beck. ISBN: 978-80-7400-154-3.

ŠUBRT, Tomáš a kol., 2015. *Ekonomicko-matematické metody.* Plzeň: Aleš Čeněk, s.r.o. ISBN: 978-80-7380-563-0.

VEBER, Jaromír a kol., 2009 *Management: Základy, moderní manažerské přístupy, výkonnost a prosperita.* Praha: Management Press, 2. aktualizované vydání. ISBN: 978-80-7261-200-0.

WISNIEWSKI, Mik, 1996. *Metody manažerského rozhodování.* Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN: 80-7169-089-9.

ZAHRADNÍK, Jaroslav a BAUER, Jan, 1996. *Základy managementu.* Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN: 80-01-01413-4.

ZÍSKAL, Jan a HAVLÍČEK, Jaroslav, 2010. *Ekonomicko matematické metody II - Studijní texty pro distanční studium.* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze: Provozně ekonomická fakulta. ISBN: 978-80-213-0664-6.

7.2 Elektronické zdroje

ResearchGate [online]. 2018 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/General-Outlook-of-the-Saaty-Matrix-Source-8_fig1_328340581

Využití multikriteriální analýzy (MCA) pro hodnocení inteligentních elektroinstalací. *Tzbinfo* [online]. 14.7.2011 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/7651-vyuziti-multikriterialni-analyzy-mca-pro-hodnoceni-inteligentnich-elektroinstalaci

8 Přílohy

Příloha I: Požadované množství sladu a chmele pro výrobu 20 hl piva 77
Příloha II: Ceny sladu 78
Příloha III: Ceny chmele 78
Příloha IV: Rozpočítaná cena sladu 79
Příloha V: Rozpočítaná cena chmele 80

Příloha I: Požadované množství sladu a chmele pro výrobu 20 hl piva

VARIANTA	SLAD	CHMEL
11° světlá	Plzeňský 235 kg	Premiant 2000 g
	Mnichovský 130 kg	Sládek 1800 g
	Karamelový 6 kg	ŽPČ 2200 g
10° tmavá	Plzeňský 180 kg	Sládek 1000 g
	Mnichovský slad 100 kg	
	Caramunich II 20 kg	
	Melanoid 20 kg	ŽPČ 1500 g
	Carafa 20 kg	
12° IPL	Plzeňský 400 kg	Columbus 1000 g
	Karamelový 14 kg	Calypso 1600 g
		Call+Cy 1600 g
11° pšeničná	Plzeňský 260 kg	Premiant 2200 g
	Karamelový 6 kg	
	Pšeničný 100 kg	Kazbek 1500 g
12° světlá	Plzeňský 190 kg	Sládek 4000 g
	Mnichovský 100 kg	
	Vídeňský 100 kg	ŽPČ 2000 g
13° bylinný speciál	Plzeňský 230 kg	Pelyněk 500 g
		Máta 1500 g
		Lemongrass 1000 g

Zdroj: Informace z pivovarského podniku, 2019

Příloha II: Ceny sladu

DRUH SLADU	CENA (KČ/1000 KG)
Plzeňský slad	12900
Mnichovský slad	12950
Karamelový slad	17850
Slad Caramunich II	13500
Slad Melanoid	18000
Slad Carafa	17550
Pšeničný slad	13600
Vídeňský slad	14200

Zdroj: Informace z pivovarského podniku, 2019

Příloha III: Ceny chmele

DRUH CHMELE	CENA (KČ/KG)
Chmel Premiant	290
Chmel Sládek	310
Chmel ŽPČ	380
Chmel Columbus	400
Chmel Calypso	380
Chmel Call+Cy	370
Chmel Kazbek	390
Pelyněk	112
Máta	165
Lemongrass	551

Zdroj: Informace z pivovarského podniku, 2019

Příloha IV: Rozpočítaná cena sladu

VARIANTA	DRUH SLADU	ROZPOČÍTANÁ CENA (KČ)	CELKEM (KČ)
11° světlá	Plzeňský slad (235 kg)	3031,5	4822
	Mnichovský slad (130 kg)	1683,5	
	Karamelový slad (6 kg)	107,1	
10° tmavá	Plzeňský slad (180 kg)	2322	4598
	Mnichovský slad (100 kg)	1295	
	Slad Caramunich II (20 kg)	270	
	Slad Melanoid (20 kg)	360	
	Slad Carafa (20 kg)	351	
12° IPL	Plzeňský slad (400 kg)	5160	5410
	Karamelový slad (14 kg)	249,9	
11° pšeničná	Plzeňský slad (260 kg)	3354	4821
	Karamelový slad (6 kg)	107,1	
	Pšeničný slad (100 kg)	1360	
12° světlá	Plzeňský slad (190 kg)	2451	5166
	Mnichovský slad (100 kg)	1295	
	Vídeňský slad (100 kg)	1420	
13° bylinný	Plzeňský slad (230 kg)	2967	2967

Zdroj: Informace z pivovarského podniku, 2019

Příloha V: Rozpočítaná cena chmele

VARIANTA	DRUH CHMELE	ROZPOČÍTANÁ CENA (KČ)	CELKEM (KČ)
11° světlá	Premiant (2000 g)	580	**1974**
	Sládek (1800 g)	558	
	ŽPČ (2200 g)	836	
10° tmavá	Sládek (1000 g)	310	**880**
	ŽPČ (1500 g)	570	
12° IPL	Columbus (1000 g)	400	**1110**
	Calypso (310 g)	117,8	
	Call+Cy (1600 g)	592	
11° pšeničná	Premiant (2200 g)	638	**1223**
	Kazbek (1500 g)	585	
12° světlá	Sládek (4000 g)	1240	**2000**
	ŽPČ (2000 g)	760	
13° bylinný	Pelyněk (500 g)	56	**855**
	Máta (1500 g)	247,5	

Zdroj: Informace z pivovarského podniku, 2019