

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Aplikace vícekritériálního rozhodování pro organizaci

Klára Boudová

© 2022 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Klára Boudová

Ekonomika a management

Název práce

Aplikace vícekriteriálního rozhodování pro organizaci

Název anglicky

Application of multicriteria decision making for an organization

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce je vybrat pro Muzeum Říčany vhodnou formu výuky o klimatické změně, která by co nejvíce oslovila žáky na základních školách v Říčanech, s využitím modelu vícekriteriální analýzy variant.

Metodika

Práce je rozdělena do dvou částí teoretické a praktické.

Teoretická část je založena na studiu odborné literatury, podle které bude popsána problematika rozhodování, vícekriteriálního rozhodování a vícekriteriální analýzy variant.

Praktická část se bude skládat ze tří hlavních částí:

1. Popis problémové situace.
2. Sestavení souboru vhodných kritérií a variant, na základě konzultace s Muzeem Říčany a doporučení vydávaných Ministerstvem životního prostředí a České školní inspekce. Konstrukce modelu vícekriteriální analýzy variant.
3. Výpočet modelu vícekriteriální analýzy variant a výběr kompromisní varianty.

Doporučený rozsah práce

30-40 s.

Klíčová slova

Rozhodování, vícekriteriální rozhodování, vícekriteriální analýza variant, kritéria, varianty

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, H. – ŠUBRT, T. – HOUŠKA, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA OPERAČNÍ A SYSTÉMOVÉ ANALÝZY. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Credit, 2003. ISBN 80-213-1019-7.

FOTR, J. – ŠVECOVÁ, L. *Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje*. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.

JABLONSKÝ, J. – DLOUHÝ, M. *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-49-5.

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

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Roman Kvasnička, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 25. 2. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 2. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Aplikace vícekriteriálního rozhodování pro organizaci" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.3.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Romanu Kvasničkovi, Ph.D. za jeho ochotu a cenné rady.

Dále bych ráda poděkovala Muzeu Říčany za ochotu, vstřícnost a cenná doporučení.

Aplikace vícekriteriálního rozhodování pro organizaci

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá využitím vícekriteriální analýzy variant pro organizaci. Cílem práce je pomocí modelu vícekriteriální analýzy variant vybrat vhodnou formu výuky o klimatické změně. Práce má dvě hlavní části – teoretickou a praktickou. Teoretická část je zaměřena na popis vícekriteriální analýzy variant. V praktické části jsou znalosti nabyté v teoretické části využity pro sestavení a výpočet modelu vícekriteriální analýzy variant. Model je počítán dvěma metodami výběru kompromisní varianty – WSA a TOPSIS. Na základě výsledků získaných těmito metodami je doporučena varianta pro realizaci.

Klíčová slova: rozhodování, vícekriteriální rozhodování, vícekriteriální analýza variant, kritéria, varianty, dominance, váhy, ideální varianta, bazální varianta, kompromisní varianta

Application of multicriteria decision making for an organization

Abstract

The bachelor thesis deals with the use of multicriteria analysis of variants for organization. The aim of the work is to use a model of multicriteria analysis of variants to select a suitable form of teaching about climate change. This thesis has two main parts – theoretical and practical. The theoretical part is focused on the description of multicriteria analysis of variants. In the practical part, the knowledge acquired in the theoretical part is used to compile and calculate a model of multicriteria analysis of variants. The model is calculated by two methods of selecting a compromise variant – WSA and TOPSIS. Based on the results obtained by these methods, a variant for implementation is recommended.

Keywords: decision making, multicriteria decision making, multicriteria analysis of variants, criteria, variants, dominance, weights, ideal variant, basal variant, compromise variant

Obsah

1 Úvod	10
2 Cíl práce a metodika	11
2.1 Cíl práce.....	11
2.2 Metodika.....	11
3 Teoretická východiska	12
3.1 Rozhodování	12
3.2 Vícekriteriální rozhodování	13
3.3 Vícekriteriální analýza variant.....	13
3.3.1 Základní pojmy	14
3.3.2 Prvky modelu vícekriteriální analýzy variant	16
3.3.3 Cíle vícekriteriální analýzy variant	16
3.3.4 Členění úloh vícekriteriální analýzy variant	17
3.4 Metody stanovení vah kritérií	17
3.4.1 Stanovení vah kritérií bez informace o preferenci kritérií	18
3.4.2 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferenci kritérií.....	19
3.4.3 Stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferenci kritérií	20
3.5 Metody výběru kompromisních variant	22
3.5.1 Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií	23
3.5.2 Metody vyžadující aspirační úrovně kritérií	24
3.5.3 Metody vyžadující ordinální informace o kritériích	24
3.5.4 Metody vyžadující kardinální informaci o kritériích	24
4 Vlastní práce	30
4.1 Popis problémové situace	30
4.1.1 Charakteristika organizace	30
4.1.2 Klimatická výuka	31
4.2 Představení souboru kritérií a variant.....	32
4.2.1 Kritéria	32
4.2.2 Stanovení vah kritérií	34
4.2.3 Varianty	34
4.2.4 Dominance	36
4.3 Výpočet modelu vícekriteriální analýzy variant.....	36
4.3.1 Výpočet modelu metodou WSA	37
4.3.2 Výpočet modelu metodou TOPSIS	38
5 Výsledky a diskuse	41
6 Závěr	42

7 Seznam použitých zdrojů	43
8 Seznam tabulek	47

1 Úvod

Denně každý člověk, firma, organizace stojí před různým počtem menších či větších rozhodnutí. Většina z těchto rozhodnutí jsou menší rozhodnutí, která lidský život (firmu, organizaci) neovlivní v takové míře a jedná se spíše o každodenní drobná rozhodnutí, které člověk dělá spíše intuitivně. Pak je ovšem možné setkat se s významnějšími rozhodnutími, která život člověka (firmu, organizaci) ovlivní i na několik let – pro člověka to může být například výběr školy, zaměstnání atd., pro firmu to může být například volba dodavatele a podobně.

Pokud firma či organizace provádí rozhodnutí, které ji může ovlivnit i na několik let do budoucna, je vhodné, aby takováto rozhodnutí nečinila pouze na základě intuice vedoucích pracovníků. Pro větší objektivitu a racionalizaci rozhodnutí je vhodné v takovýchto případech využít exaktních metod.

Pomocí těchto metod je pak možné racionálně ze souboru několika variant vybrat kompromisní variantu, která může být následně zvolena k realizaci.

Metod vícekriteriální analýzy variant bylo pro výběr kompromisní varianty využito i v této závěrečné práci. Konkrétně byly tyto metody využity pro výběr formy klimatické výuky pro příspěvkovou organizaci Muzeum Říčany, která se zaměřuje právě i na environmentální výuku.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce je s využitím vícekriteriální analýzy variant vybrat vhodnou formy výuky o klimatické změně pro Muzeum Říčany. Dílčími cíli jsou: s využitím odborné literatury popsat vícekriteriální analýzu variant, popsat problémovou situaci, sestavit soubor kritérií a variant, výpočet modelu vícekriteriální analýzy variant, nakonec na základě těchto výpočtů doporučit vhodnou variantu k realizaci.

2.2 Metodika

Teoretická část je založena na studiu odborné literatury. Po prostudování odborné literatury je sestavena literární rešerše zaměřená na oblast rozhodování, vícekriteriálního rozhodování a vícekriteriální analýzy variant.

Praktická část je rozdělena do tří částí. Dělit tuto část je možné podle koncepce Simona, který dělí rozhodovací proces do 3 částí (respektive čtyř, ale čtvrtá fáze je kontrolní):

1. Fáze: Intelligence – popis organizace a popis problémové situace
2. Fáze: Design – tvorba souboru kritérií a variant, konstrukce modelu vícekriteriální analýzy variant, volba metod výběru kompromisní varianty
3. Fáze: Choice – výpočet modelu a doporučení kompromisní varianty

3 Teoretická východiska

3.1 Rozhodování

V literatuře se lze setkat s mnoha definicemi rozhodování. Například dle Pruknera a Nováka (2014) je rozhodování možno chápat jako proces nenáhodného výběru alternativy, jehož výsledkem je rozhodnutí, které formuluje závěr o volbě jedné z možných variant řešení. Dudorkin (1989) popisuje proces rozhodování jako „*akt výběru jedné alternativy (varianty) z několika alternativ*“.

Mezi prvky, které charakterizují rozhodovací proces řadí Hron a Traxler (2018) tyto:

- Subjekty rozhodování
- Objekty rozhodování
- Rozhodovací situace

Brožová (2005) jako prvky rozhodovacího procesu definuje tyto:

- Objekt rozhodování
- Subjekt rozhodování
- Cíl rozhodování
- Kritéria rozhodování
- Alternativy rozhodování
- Stavby okolností
- Jistota, riziko, nejistota

Dudorkin (1989) **subjektem rozhodování** (rozhodovatelem) stanovuje člověka (jednomyslně vystupující kolektiv), který provádí výběr alternativ. Dále rozlišuje rozhodovatele racionálního, který se rozhoduje uvědoměle, a neracionálního (neinteligentního), který se nezajímá o následky rozhodování. Volby neracionálního rozhodovatele jsou stavy.

Punker a Novák (2014) definují **objekt rozhodování** jako „*oblast organizační jednotky, v jejímž rámci se problém formuloval, stanovil cíl řešení a jehož se rozhodování týká (dílky, výrobky, služby, technologie, nová organizace)*“.

Rozhodovací situace je soubor vzájemně vázaných podmínek určujících nebo spoluurčujících rozhodnutí. Obsahuje charakteristiky prvků, prostředí a rozhodovacího subjektu. Probíhá-li rozhodovací situace za jistoty, jedná se o deterministické rozhodování, probíhá-li za nejistoty či rizika, jedná se o rozhodování stochastické. (Hron a Traxler, 2018)

Jako výsledek rozhodování (řešení situace) je označován soubor alternativ vybraný rozhodovateli při rozhodování. (Dudorkin, 1989)

Rozhodovací proces může být členěn do jednotlivých etap (fází), což jsou vlastně vzájemně provázané a navazující činnosti, které společně tvoří obsah celého procesu rozhodování. Příkladem členění může být koncepce podle Simona, která dělí rozhodovací proces do čtyř fází (agregovanější členění) (Fotr a Dědina, 1993):

1. **Analýza okolí** (Intelligence activity): zjištění podmínek, identifikace problému, stanovení příčin.
2. **Návrh řešení** (Design activity): hledání a tvorba alternativ.
3. **Volba řešení** (Choice activity): hodnocení alternativ a následná volba výsledné varianty.
4. **Kontrola výsledků** (Review activity): hodnocení výsledku vybrané alternativy a jeho posouzení, může vést k novému rozhodovacímu procesu.

3.2 Vícekriteriální rozhodování

Subjekt rozhodování může alternativy (varianty) hodnotit na základě jednoho kritéria, pak jde o monokriteriální rozhodovací situaci, či více kritérií (charakteristik), pak jde o multikriteriální (vícekriteriální) rozhodovací situaci. (Dudorkin, 1989)

Při vícekriteriálním rozhodování jsou posuzovány rozhodovací varianty podle několika zpravidla navzájem konfliktních kritérií. (Soukopová, 2022)

Vícekriteriální rozhodovací problémy je možno na základě způsobu definování množiny variant dělit na dvě základní skupiny (Jablonský a Dlouhý, 2004):

- **Vícekriteriální hodnocení variant** (VHV) (vícekriteriální analýza variant) – varianty jsou vymezeny konkrétním (konečným) výčtem či seznamem
- **Vícekriteriální programování** – varianty jsou vymezeny soustavou omezujících podmínek. Jsou-li všechny funkce obsažené v modelu lineární, pak se jedná o vícekriteriální lineární programování (VLP).

3.3 Vícekriteriální analýza variant

Vícekriteriální analýza (hodnocení) variant je určena konečným počtem předem vybraných variant. Každá varianta je charakterizována soustavou kritérií. (Hušek a Maňas, 1989) Model vícekriteriální analýzy variant představuje tedy konečná množina m variant hodnocených dle n kritérií. (Brožová a kol., 2007)

Cílem modelu vícekritériální analýzy variant je nalézt kompromisní variantu (dle všech kritérií celkově hodnocena co nejlépe) nebo seřadit varianty podle pořadí od nejlepší po nejhorší, případně vyloučit neefektivní varianty. (Šubrt a kol., 2019)

3.3.1 Základní pojmy

Varianty jsou prvky, které jsou vzájemně porovnávány (přichází v úvahu) v procesu rozhodování. (Ramík, 1999) Jsou tedy předmětem vlastního rozhodování. Variantu, kterou je možné realizovat a není logickým nesmyslem, označujeme jako variantu přípustnou. Varianty jsou hodnoceny na základě jednotlivých kritérií. (Brožová a kol., 2014)

Kritérium slouží k vyhodnocování (porovnávání, uspořádání) variant. (Ramík a Tošenovský, 2013) Kritéria mohou být různé povahy od měřitelných, jako jsou například fyzikální, peněžní jednotky, až po neměřitelné subjektivní, jako je například vzhled. (Ramík, 1999)

Kritériální matice je sestavována, je-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno. Kritériální matice Y obsahuje prvek y_{ij} , který představuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria. Sloupce matice $Y = (y_{ij})$ odpovídají kritériím a řádky variantám. (Šubrt a kol., 2019)

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

Kritéria se dále dělí:

- **Podle povahy na:**
 - Kritéria maximalizační – nejlepší varianty nabývají nejvyšších hodnot
 - Kritéria minimalizační – protiklad maximalizačního kritéria, nejlepší varianty podle minimalizačního kritéria nabývají nejnižších hodnot (Brožová a kol., 2007)
- **Podle kvantifikovatelnosti na:**
 - Kritéria kvantitativní – jinak nazývaná objektivní, hodnoty varianty podle těchto kritérií jsou údaji objektivně měřitelnými

- Kritéria kvalitativní – nejsou objektivně měřitelná, hodnoty jsou většinou subjektivně odhadnuty. Může být využito bodovacích stupnic nebo relativního ohodnocení. (Šubrt a kol., 2019)

Preference kritéria vyjadřuje, zda je kritérium upřednostňováno v porovnání s ostatními kritérii. (Brožová a kol., 2014) Dle Šubrt a kolektivu (2019) může být preference vyjádřena pomocí různých způsobů:

- **aspirační úrovně** (nominální informace) – jde o hodnoty, kterých má být přinejmenším dosaženo
- **pořadí kritérií** (ordinální informace) – kritéria jsou sestavena podle důležitosti od nejlepšího po nejhorší. Není však známo, kolikrát je jedno kritérium významnější než druhé.
- **váhy jednotlivých kritérií** (kardinální informace) – určují relativně vyjádřenou významnost kritérií vůči ostatním kritériím. Nabývají hodnot z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$.
- **kompensace kriteriálních hodnot**
- **preference nemusí být známa**

Dělení informací o preferencích mezi kritérii a variantami (Brožová a kol., 2014):

- **žádná informace**
- **nominální informace** – vyjádřena pomocí aspiračních úrovní, rozděluje varianty podle daného kritéria na přijatelné a nepřijatelné
- **ordinální informace** – informace vyjadřující uspořádání, pořadí
- **kardinální informace** – jedná se o číselně (kvantitativně) vyjádřenou informaci

Dominovaná varianta je Huškou a Maňasem (1989), za předpokladu všech kritérií maximalizačních, definována takto: „*Necht' $X_i \sim (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik})$ a $X_j \sim (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$ jsou dvě varianty. Řekneme, že varianta X_i dominuje variantu X_j , jestliže $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik}) \geq (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$.*“ Jablonský (2004) ještě dodává, že relace \geq mezi vektory $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik}) \geq (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$ vylučuje rovnost obou vektorů. Dále doplňuje, že varianta X_i dominuje variantu X_j , jestliže všechny hodnoty varianty X_i jsou lepší nebo stejné jako hodnoty, které nabývá varianta X_j . Zároveň nesmí být obě varianty hodnoceny podle všech kritérií stejně.

Nedominovaná varianta je Ramíkem (1999) definována jako varianta, ke které v množině rozhodovacích variant neexistuje varianta, která ji dominuje. Množinu všech

nedominovaných variant označuje Ramík (1999) symbolem A_N . Nedominovaná varianta bývá jinak nazývána také jako **paretovská** nebo **efektivní**. (Brožová a kol., 2007)

Ideální varianta je dle Ramíka a Tošenovského (2013) taková, která podle všech kritérií nabývá nejlepšího ohodnocení, které může varianta na patřičné škále nabýt. Někdy bývá ideální varianta nazývána **zenit**.

Bazální varianta je opakem ideální varianty. Je to varianta s nejhorším možným ohodnocením podle všech kritérií, které může varianta na patřičné škále nabýt. Bývá označována také jako **nadir**. (Ramík a Tošenovský, 2013)

Šubrt a kolektiv (2019) píší, že ideální i bazální varianta běžně neexistují, jsou pouze hypotetické. Kdyby totiž ideální varianta existovala, byla by jedinou variantou, která není dominovaná, byla by tak i variantou optimální (dosahovala by optimálních hodnot všech kritérií).

Kompromisní varianta je podle Šubrt a kolektivu (2019) „*nedominovaná varianta doporučená jako řešení problému*“. Ramík a Tošenovský (2013) uvádí, že se pro pojem optimální variantu používá název kompromisní varianta v závislosti na použité metodě výběru optimální varianty (je zapotřebí různých doplňujících informací pro různé metody výběru optimální varianty).

3.3.2 Prvky modelu vícekritériální analýzy variant

Šubrt a kolektiv (2019) uvádí tyto prvky modelu vícekritériální analýzy:

1. **varianty rozhodnutí** $a_i, i = 1, \dots, m$
2. **kritéria** $f_j, j = 1, \dots, n$, podle kterých se varianty hodnotí
3. **ohodnocení variant** podle jednotlivých kritérií $y_{ij}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$
4. **preferenze kritérií** $v_j, j = 1, \dots, n$, která určuje důležitost jednotlivých kritérií

3.3.3 Cíle vícekritériální analýzy variant

Jablonský a Dlouhý (2004) mezi základní cíle vícekritériální analýzy variant řadí:

1. **Výběr jedné varianty** – rozhodovatel vybírá jedinou kompromisní variantu
2. **Uspořádání variant** – obecnější cíl než výběr jediné varianty, cílem je seřazení variant od „nejlepší“ po „nejhorší“
3. **Klasifikace variant** – cílem je rozdělit varianty do několika kategorií (mohou být pouze dvě kategorie)

3.3.4 Členění úloh vícekriteriální analýzy variant

Úlohy vícekriteriální analýzy variant je možno třídit podle dvou hlavních aspektů (Brožová a kol., 2014):

- podle **cíle řešení** úlohy
 - cílem řešení úlohy je výběr jediné kompromisní varianty
 - cílem úlohy je úplné uspořádání (kvaziuspořádání) množiny variant
 - cílem úlohy je rozřazení množiny variant na dobré a špatné
- podle **typu informace**
 - žádná informace
 - nominální informace
 - ordinální informace
 - kardinální informace

3.4 Metody stanovení vah kritérií

Cílem většiny multikriteriálních rozhodovacích procesů je ohodnotit alternativy na přípustné škále (následně vybrat buď jednu alternativu nebo alternativy uspořádat apod.). Alternativy jsou nejprve ohodnoceny podle jednotlivých kritérií, tato ohodnocení jsou poté agregována do celkové preferenční hodnoty alternativy. Tato ohodnocení (kriteriální i agregované ohodnocení) mohou být v ordinálních, intervalových nebo poměrových škálách, přičemž každá škála je vhodná pro jiný účel a volí se na jejich základě různé metody výběru kompromisní varianty. (Choo a kol., 1999)

Pro stanovení vah kritérií bylo navrženo mnoho metod, které jsou následně využity pro agregaci hodnocení specifických priorit. (Choo a kol., 1999)

Váha kritéria (jinak také koeficient významnosti) číselně vyjadřuje důležitost (významnost) daného kritéria. Čím je kritérium významnější, tím vyšší je jeho číselné ohodnocení (váha). To platí i obráceně, čím je kritérium méně významné, tím je jeho váha nižší. (Fotr a kol., 2016)

Obvykle jsou váhy kritérií **normovány**. Děje se tak především kvůli srovnatelnosti vah úhrnu kritérií, které mohou být stanoveny různými metodami. Součet normovaných vah je roven jedné. Normované váhy každého kritéria jsou stanoveny jako podíl jeho váhy a součtu vah všech kritérií. Výsledkem některých metod stanovení vah kritérií jsou již normované váhy (například Saatyho metoda). (Fotr a kol., 2016)

Různí autoři dělí metody stanovení vah kritérií rozdílnými způsoby. Například Fotr a kolektiv (2016) rozdělují metody stanovení vah kritérií do dvou hlavních skupin podle toho, zda je pro stanovení vah kritérií nutná znalost důsledků (dopadů) variant.

Pokud pro stanovení **není nutná znalost dopadů** variant, je možné využít tyto metody (Fotr a kol., 2016):

- metody **přímého stanovení vah**, mezi ty patří:
 - bodová stupnice
 - alokace 100 bodů
 - stanovení vah dle preferenčního pořadí
- metody založené na **párovém porovnání** významnosti kritérií
 - metoda párového porovnání, jinak také Fullerův trojúhelník
 - Saatyho metoda
- **metoda postupného rozvrhu vah** – při velkém počtu kritérií, lze ji kombinovat s ostatními metodami

Pokud **je** pro stanovení vah kritérií **nutná znalost dopadů variant**, pak se využívá **kompENZAČNÍ metoda pro stanovení vah kritérií**. (Fotr a kol., 2016)

Jiným způsobem třídí metody stanovení vah kritérií Brožová a kolektiv (2014), dělí metody podle znalosti informace o preferenci kritérií na:

- stanovení vah kritérií **bez informace** o preferenci kritérií
 - Entropická metoda
- stanovení vah kritérií **z ordinální informace** o preferencích kritérií
 - Metoda pořadí
 - Metoda Fullerova trojúhelníku
- stanovení vah kritérií **z kardinální informace** o preferencích kritérií
 - Bodovací metoda
 - Saatyho metoda

Dále budou popsány metody stanovení vah kritérií podle rozdělení o znalosti informace o preferenci kritérií, jak jsou členěny Brožovou a kolektivem (2014).

3.4.1 Stanovení vah kritérií bez informace o preferenci kritérií

V případě neznalosti informace o preferenci kritérií neví řešitel, jak je které kritérium důležité pro posouzení variant, neumí se rozhodnout o důležitosti kritérií. Pak je možné stanovit stejnou váhu pro všechna kritéria, vypočtenou dle vztahu: (Brožová a kol., 2007)

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

kde n je počet kritérií.

Dále lze (pokud řešitel nechce stejnou váhu pro všechna kritéria) v případě neznalosti informace o preferenci kritérií využít pro stanovení vektoru vah **entropickou metodu**. (Brožová a kol., 2014)

3.4.2 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferenci kritérií

V případě znalosti ordinální informace o kritériích by měl být řešitel schopen uspořádat kritéria podle pořadí, tedy přidělit jednotlivým kritériím pořadová čísla podle jejich významnosti. Nebo je možné z porovnání všech dvojic určit, které kritérium je z dané dvojice významnější. Dvě nebo více kritérií může nabývat stejné důležitosti (rovnocennost kritérií). (Brožová a kol., 2007)

Metoda pořadí

Při využití metody pořadí rozhodovatel uspořádá kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. (Jablonský a Dlouhý, 2004)

Nejdůležitější kritérium je oceněno pořadovým číslem n (n je počet kritérií), druhé nejdůležitější kritérium je oceněno pořadovým číslem $n-1$, nejméně důležité kritérium je ohodnoceno číslem 1. Pokud jsou kritéria rovnocenná, jsou ohodnocena průměrnými pořadovými čísly. (Šubrt a kol., 2019)

Výpočet váhy metodou pořadí, kde j -té kritérium má přiřazenu hodnotu b_j , se provádí na základě vztahu (Šubrt a kol., 2019):

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, \dots, n \quad (3)$$

Výpočtem vah kritérií pomocí tohoto vzorce dochází k normalizaci vah kritérií. (Brožová a kol., 2014)

Metodu pořadí lze využít, pokud hodnotí kritéria více expertů. (Brožová a kol., 2014)

Metoda Fullerova trojúhelníku

Podstatou metody Fullerova trojúhelníku (jinak též metoda párového srovnání nebo pouze Fullerův trojúhelník) je zjistit počet preferencí daného kritéria vůči všem ostatním kritériím souboru. (Fotr a kol., 2016)

Ve schématu Fullerova trojúhelníku jsou pod sebou ve dvou řádcích postupně porovnávány dvojice kritérií. Počet kritérií je 1 až n . Ve dvojici řádků, které jsou porovnávány, se na prvním řádku nachází opakovaně vždy stejné kritérium (s nejnižším číslem označení), v druhém řádku jsou pak vypsána všechna ostatní kritéria (kritéria s vyššími čísly označení). Takto jsou ve schématu zobrazeny všechny dvojice kritérií. Z každé porovnávané dvojice je pak významnější kritérium nějakým způsobem označeno (např. barevně, tučně, ...). (Ramík, 1999) Počet provedených srovnání je

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (4)$$

kde n je počet porovnávaných kritérií. (Šubrt a kol., 2019)

Následně se určí kolikrát bylo dané kritérium preferováno nad ostatními. (Ramík, 1999) Je-li počet označení j -tého prvku n_j , pak lze váhu kritéria vypočítat podle vzorce (Šubrt a kol., 2019)

$$v_j = \frac{n_j}{N}, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Nevýhodou metody Fullerova trojúhelníku je, že pokud některé z kritérií není preferováno ani jednou, tudíž je jeho preference nulová, pak bude nulová i váha tohoto kritéria. To by ovšem znamenalo, že je toto kritérium bezvýznamné, ačkoliv tomu tak být nemusí. (Fotr a kol., 2016) Proto je možné po ukončení porovnání a vyčíslení hodnot n_j všechny hodnoty zvýšit o jednu. (Brožová a kol., 2014)

3.4.3 Stanovení vah kritérií z kardinální informace o preferenci kritérií

Rozhodovatel by měl být schopen při stanovení vah kritérií z kardinální informace o jejich preferenci určit pořadí preference kritérií a také poměr důležitosti mezi všemi dvojicemi kritérií. Nejpoužívanějšími metodami pro stanovení vah z kardinální informace o kritériích jsou bodovací metoda a Saatyho metoda. (Brožová a kol., 2007)

Bodovací metoda

Rozhodovatel, který využívá bodovací metodu, si nejprve stanoví bodovací stupnici (např. 1 až 10), následně podle této stupnice ohodnotí významnost kritérií určitým počtem bodů. Významnější kritérium bude ohodnoceno vyšším počtem bodů než kritérium méně významné.

Poté jsou vypočteny váhy obdobně jako u metody pořadí, tedy podle vztahu (3). (Jablonský, 2004)

Bodovací metodu lze, obdobně jako metodu pořadí, využít, hodnotí-li kritéria více expertů. (Šubrt a kol., 2019)

Saatyho metoda

Autoři Nemeček a Janata (2010) označují Saatyho metodu jako jednu z nejpoužívanějších metod odhadu vah kritérií. Při aplikaci Saatyho metody pro výpočet vah kritérií, jsou porovnávány všechny dvojice kritérií, přičemž úroveň preference jednoho kritéria před druhým je ohodnocena na stupnici od 1 do 9, kde hodnota 1 vyjadřuje rovnocennost a hodnota 9 vyjadřuje, že jedno z porovnávaných kritérií absolutně převyšuje druhé. (Nemeček a Janata, 2010)

Jedná se tedy o kvantitativní porovnání, při kterém je využita 9-ti bodová stupnice (možno využít mezistupňů: 2,4,6,8) (Brožová a kol., 2014):

- 1 – kritéria i a j jsou rovnocenná
- 3 – kritérium i je slabě preferováno před j
- 5 – kritérium i je silně preferováno před j
- 7 – kritérium i je velmi silně preferováno před j
- 9 – kritérium i je absolutně preferováno před j

Z hodnot získaných párovým porovnáním kritérií je možné sestavit Saatyho matici $S = (s_{ij})$. (Nemeček a Janata, 2010) Matice S bývá také označována jako matice párových porovnání, kde prvek s_{ij} vyjadřuje poměr významností kritérií f_i a f_j (poměr vah v_i a v_j): (Ramík a Tošenovský, 2013)

$$s_{ij} = \frac{v_i}{v_j}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Pro matici S platí

$$s_{ii} = 1, \quad (7)$$

z čehož plyne, že na diagonále jsou pouze hodnoty 1. Dále pro matici platí

$$s_{ij} = 1/s_{ji}, \quad (8)$$

z čehož plyne, že prvky symetrické podle hlavní diagonály jsou převrácenými hodnotami. (Nemeček a Janata, 2010) Saatyho matice je reciproká. (Ramík a Tošenovský, 2013)

Saatyho matice je čtvercová matice řádu $n \times n$ a lze ji zapsat ve tvaru (Brožová a kol., 2007)

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1n} & 1/s_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Při znalosti Saatyho matice lze stanovit váhy kritérií **exaktními** nebo **aproximativními** způsoby. Pro výpočet vah **exaktními** přístupy mohou být použity postupy, jako je **metoda nejmenších čtverců** nebo postup založený na výpočtu vlastního **vektoru** matice **relativních důležitostí**. Tyto exaktní způsoby výpočtu vah se řadí mezi početně náročné. (Fotr a kol., 2016)

Aproximativní způsoby stanovení vah kritérií jsou oproti exaktním jednodušší. Získat hrubý odhad vah kritérií aproximativním způsobem je možné například **sečtením prvků** v každém řádku Saatyho matice a následným vydělením součtem všech prvků matice. Přesnější odhady vah kritérií je možné získat výpočtem **geometrických průměrů** řádků Saatyho matice. Geometrické průměry řádků této matice jsou následně ještě znormovány. (Fotr a kol., 2016)

3.5 Metody výběru kompromisních variant

Metod výběru kompromisní varianty je velké množství. Jablonský a Dlouhý (2004) řadí mezi nejpoužívanější metody vícekriteriálního hodnocení variant metodu váženého součtu, metodu funkce užitku, metodu AHP, metody třídy PROMETHEE a ELECTRE a metodu TOPSIS. Mezi méně používané metody řadí tito autoři metody ORESTE, MAPPAC a PRAGMA. Sabaei a kolektiv (2015) píší, že na základě průzkumu databáze Scopus, jsou v publikacích nejpoužívanějšími metodami AHP, ELECTRE a PROMETHEE.

Mardani a kolektiv (2015) se ve své práci zabývají tím, jaké techniky a metody vícekriteriálního rozhodování patří mezi nejpoužívanější v článcích různých periodik, dostupných přes databázi Web of Science, v období let 2000 až 2014. Četnost jednotlivých metod třídí podle pole působnosti (například managementu cestovního ruchu, managementu dodavatelského řetězce a další). Z této studie vyplývá, že nejpoužívanější metodou byla metoda AHP na druhé místo se zařadily hybridní techniky multikriteriálního rozhodování. Dalšími často využívanými metodami byly TOPSIS, ANP, PROMETHEE, ELECTRE, DEMATEL a VIKOR.

Vzhledem k tomu, že existuje velké množství metod výběru kompromisní varianty, lze se v literatuře setkat s různými způsoby jejich třídění. Různí autoři dělí tyto metody různě například podle toho, jaká informace o kritériích je pro tvorbu modelu potřebná.

Rozdělení metod výběru kompromisní varianty podle informace o preferenci mezi kritérii pak vypadá následovně: (Brožová a kol., 2007)

- metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií
- metody vyžadující aspirační úrovně kritérií
- metody vyžadující ordinální informace o kritériích
- metody vyžadující kardinální informace o kritériích

Jiné dělení metod vícekritériálního hodnocení variant volí Fotr a kolektiv (2016), který je dělí podle přístupu k vícekritériálnímu hodnocení variant vedoucí k převodu na bezrozměrné vyjádření, na:

- vícekritériální funkce užítka a jistoty
- jednoduché metody stanovení hodnoty variant
- metody založené na párovém srovnání variant

Dále budou popsány některé vybrané metody výběru kompromisních variant.

3.5.1 Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií

Jedná se o velmi jednoduché metody výběru kompromisní varianty, které se v prosté formě bezmála nepoužívají. Do této kategorie patří metoda bodovací a metoda pořadí. Jedná se v podstatě o obdobu metod (bodovací a pořadí) pro stanovení vah kritérií, které byly představeny výše. (Brožová a kol., 2007)

Bodovací metoda a metoda pořadí

Postup se skládá ze tří kroků: (Brožová a kol., 2014)

1. Prvním krokem je ohodnocení každé varianty podle každého kritéria číslem b_{ij} . Pokud je využito **bodovací metody**, je každá varianta ohodnocena body z dané stupnice (například 1 až 10), nejlepší hodnocení je nejvyšší číslo stupnice. Jedná-li se o **metodu pořadí** je každá varianta ohodnocena číslem ze stupnice 1 až m (m je počet variant), nejlepší varianta má hodnotu m .
2. Pro celkové ohodnocení každé varianty je využito vztahu:

$$b_i = \sum_{j=1}^k b_{ij} \quad (10)$$

3. Následně je vybrána varianta s maximální hodnotou b_{ij} .

3.5.2 Metody vyžadující aspirační úrovně kritérií

Tyto metody je možné využít v případě znalosti nominálních informací o kritériích, které jsou vyjádřeny pomocí aspiračních úrovní kritérií, a znalosti kardinálního ocenění variant. (Brožová a kol., 2007) Podstatou takovýchto metod je porovnávání jednotlivých kriteriálních hodnot s aspiračními úrovněmi. (Šubrt a kol., 2019) Mezi metody vyžadující aspirační úrovně kritérií se řadí **konjunktivní** a **disjunktivní** metoda, metoda **PRIAM**. (Brožová a kol., 2014)

3.5.3 Metody vyžadující ordinální informace o kritériích

Pro využití metod vyžadujících ordinální informace o kritériích, je nutné znát pořadí důležitosti kritérií a pořadí variant podle jednotlivých kritérií. Do této kategorie se řadí například **lexikografická metoda** nebo metoda **ORESTE**. (Brožová a kol., 2014)

Lexikografická metoda

Lexikografická metoda staví na tom, že hlavní vliv na výběr kompromisní varianty má nejdůležitější kritérium. Pokud podle tohoto nejdůležitějšího kritéria není vybrána jediná varianta (existuje více stejně ohodnocených variant), přistupuje se k hodnocení variant podle druhého nejdůležitějšího kritéria. Takto se postupuje, dokud není nalezena kompromisní varianta (popřípadě kompromisní varianty). (Šubrt a kol., 2019)

3.5.4 Metody vyžadující kardinální informaci o kritériích

Pro využití těchto metod je potřebné znát váhy, které představují kardinální informace o kritériích, a kriteriální matici s kardinálními hodnotami, která představuje informaci o variantách. (Šubrt a kol., 2019)

Brožová a kolektiv (2014) určují tři přístupy, podle kterých jsou varianty vyhodnocovány, jsou to: maximalizace užitku, minimalizace vzdálenosti od ideální varianty, preferenční relace.

Metody založené na maximalizaci užitku

Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu neboli metoda WSA (Weighted Summ Approach) je metoda, jejíž podstatou je lineární funkce užitku s hodnotami 0 až 1. (Kampf, 2003) Varianta jejíž užitek se rovná nule je nejhorší, varianta s užitekem rovným jedné je nejlepší. (Nemeček a Janata, 2010)

Postup metody váženého součtu podle Šubrt a kolektivu (2019) probíhá ve **3** základních **krocích**:

- 1. Krok:** Určení ideální varianty H , která má hodnoty (h_1, \dots, h_n) , a bazální varianty D , která má hodnoty (d_1, \dots, d_n) .

Ideální varianta dosahuje nejlepších hodnot podle daného kritéria (při maximalizaci nejvyšší) a bazální varianta dosahuje nejhorších hodnot podle daného kritéria (při maximalizaci nejnižších). (Kampf, 2003)

- 2. Krok:** Stanovení standardizované kritériální matice \mathbf{R} . Prvky matice \mathbf{R} jsou vypočteny podle vztahu:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \quad (11)$$

- 3. Krok:** Následně je pro každou z variant vypočtena agregovaná funkce užítku podle vztahu:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij} \quad (12)$$

kde v_j jsou váhy kritérií.

Poté je možné varianty seřadit podle vypočtených hodnot agregované funkce užítku sestupně nebo zvolit jedinou variantu s nejvyšším ohodnocením.

Metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty

Metoda TOPSIS

TOPSIS (the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) je metoda, která vznikla v 80. letech minulého století. Podstatou této metody je vybrat takovou alternativu, která má nejmenší vzdálenost od ideálního varianty a největší vzdálenost od bazální varianty. (Triantaphyllou a kol., 1998)

Šubr a kolektiv (2019) uvádí 4 kroky výpočtu metodou TOPSIS:

- 1. Krok:** Konstrukce normalizované matice $\mathbf{R}=(r_{ij})$, pomocí vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p y_{ij}^2}} \quad (13)$$

- 2. Krok:** Výpočet normalizované vážené kritériální matice $\mathbf{W}=(w_{ij})$, pomocí vztahu

$$w_{ij} = v_j r_{ij} \quad (14)$$

Určení ideální (H) a bazální (D) varianty vzhledem k matici \mathbf{W} .

- 3. Krok:** Výpočet vzdálenosti od ideální varianty (d_i^+) a od bazální varianty (d_i^-), podle vztahů

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2} \quad (15)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2} \quad (16)$$

4. Krok: Výpočet relativních ukazatelů vzdálenosti od bazální varianty, podle vztahu

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (17)$$

Hodnoty c_i jsou z intervalu $\langle 0,1 \rangle$, přičemž bazální varianta je rovna 0 a ideální varianta je rovna 1.

Následně jsou hodnoty c_i seřazeny, varianta nabývající nejvyšší hodnoty c_i je vybrána jako řešení. (Šubrt a kol., 2019)

Podle Velasqueze a Hestera (2013) bývá metoda TOPSIS využívána v logistice, v oblasti lidských zdrojů, v oblastech obchodního a marketingového managementu a dalších oblastech.

Metody založené na vyhodnocování preferenční relace

ELECTRE

Jedná se o třídu metod založených na preferenčních vztazích. Tyto metody jsou realizovány za pomoci párového porovnání alternativ podle každého kritéria. (Triantaphyllou a kol., 1998)

Metody třídy ELECTRE bývají využívány například v oblastech energetiky, vodního hospodářství, dopravy nebo životního prostředí. (Velasquez a Hester, 2013)

PROMETHEE

Metody třídy PROMETHEE jsou (podobně jako metody třídy ELECTRE) založeny na vyhodnocování preferenční relace. Jako první z této třídy metod byly v roce 1982 představeny PROMETHEE I. a PROMETHEE II. (Velasquez a Hester, 2013)

Metody PROMETHEE I. a II. byly vytvořeny J. P. Bransem (1982). O několik let později vytvořil J. P. Brans společně s B. Mereschalem metody PROMETHEE III. a PROMETHEE IV. Tito dva společně na počátku devadesátých let minulého století představili také metody PROMETHEE V. a PROMETHEE VI. Brans s Mereschalem také v roce 1988

navrhli modul GAIA, který je grafickou podporou metod PROMETHEE. (Brans a De Smet, 2016)

Pomocí PROMETHEE I. je možné získat částečné uspořádání variant, PROMETHEE II. poskytuje úplné uspořádání alternativ. Dalšími metodami z této třídy jsou PROMETHEE III. (intervalové ohodnocení), PROMETHEE IV. (pracuje se spojitou množinou alternativ), PROMETHEE V. a PROMETHEE VI. (Brans a De Smet, 2016)

Podstatou metod PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) je využití takzvané preferenční (prioritní) funkce $p_h(d)$, která nabývá hodnot z intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Porovnávají se všechny dvojice alternativ podle každého z kritérií. Vyšší hodnota $p_h(d)$ odpovídá lepší variantě. Pokud je rozdíl (mezi hodnotami kritéria) d nižší než stanovená kritická hodnota q , pak $p_h(d) = 0$. Pokud je hodnota d větší než maximální hodnota s , pak $p_h(d) = 1$. (Vinogradova, 2019)

V praxi je využíváno šesti ($h=6$) základních preferenčních funkcí $p_h(d)$ (Vinogradova, 2019):

- Preferenční funkce č.1

$$p_1(d) = \begin{cases} 0, & \text{pokud } d \leq 0 \\ 1, & \text{pokud } d > 0 \end{cases} \quad (18)$$

- Preferenční funkce č.2

$$p_2(d) = \begin{cases} 0, & \text{pokud } d \leq q \\ 1, & \text{pokud } d > q \end{cases} \quad (19)$$

- Preferenční funkce č.3

$$p_3(d) = \begin{cases} 0, & \text{pokud } d \leq 0 \\ \frac{d}{s}, & \text{pokud } 0 < d \leq s \\ 1, & \text{pokud } d > s \end{cases} \quad (20)$$

- Preferenční funkce č.4

$$p_4(d) = \begin{cases} 0, & \text{pokud } d \leq q \\ 0,5, & \text{pokud } q < d \leq s \\ 1, & \text{pokud } d > s \end{cases} \quad (21)$$

- Preferenční funkce č.5

$$p_5(d) = \begin{cases} 0, & \text{pokud } d \leq q \\ \frac{d-q}{s-q}, & \text{pokud } q < d \leq s \\ 1, & \text{pokud } d > s \end{cases} \quad (22)$$

- Preferenční funkce č.6

$$p_6(d) = \begin{cases} 0, & \text{pokud } d \leq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma^2}\right), & \text{pokud } d > 0 \end{cases} \quad (23)$$

Metody PROMETHEE I. a II. lze popsat v pěti krocích (respektive čtyřech): první krok souvisí s preferenčními funkcemi (výše), ve druhém kroku je porovnávána daná alternativa s preferenční funkcí, třetím krokem je sestavení matice z výsledků předešlých porovnání, čtvrtým krokem je částečné uspořádání variant (PROMETHEE I.), pátým krokem je úplné uspořádání variant (PROMETHEE II.) (Sabaei a kol., 2015)

Metody třídy PROMETHEE jsou využívány především v oblasti životního prostředí, obchodním a finančním managementu, zemědělství, logistice a dopravě, vodohospodářství a mnoha dalších oblastech. (Velasquez a Hester, 2013)

Metoda AHP

V roce 1980 představil Saaty metodu AHP (Analytic Hierarchy Proces). (Brožová a kol., 2014) Tato metoda spočívá v dekompozici rozhodovací situace do hierarchické struktury, přičemž ve finálním kroku metody AHP se pracuje s maticí typu $m \times n$ (m je počet variant a n je počet kritérií). (Triantaphyllou a kol., 1998)

Saaty (2008) definuje metodu AHP jako „*teorii měření prostřednictvím párového porovnání, která při odvození stupnice priorit spoléhá na úsudky odborníků.*“

Rozhodování za pomoci analytického hierarchického procesu popisuje Saaty (2008) v několika základních krocích:

1. **Krok:** Uspořádání hierarchie rozhodování – nejprve na obecně (cíl rozhodnutí), přes střední úroveň (kritéria), až po nejnižší úroveň (obvykle varianty).
2. **Krok:** Sestavení matic pro párové porovnání. Pro sestavení matic je každý z prvků na vyšším stupni hierarchie využit pro porovnání prvků na nejbližší nižší úrovni hierarchie.
3. **Krok:** Hodnoty získané z tohoto porovnání jsou využity k váhovému ocenění každé z priorit na nejbližší nižší úrovni. Celková preference každého prvku je získána pomocí sečtení vážených hodnot.

Velasquez a Hester (2013) řadí mezi pole využití metody AHP například řízení zdrojů, firemní politiku a strategii, veřejnou politiku a strategii a plánování. Saaty (2008) uvádí několik příkladů využití metody AHP v minulosti – například ve sportu (1995 Superbowl), ve vojenské

a politické sfěře. AHP využily v minulosti také významné firmy jako například British Airways, IBM nebo Ford Motor Company (Saaty, 2008)

4 Vlastní práce

V praktické části práce jsou vědomosti popsané v teoretické části využity k sestavení a následnému výpočtu modelu vícekriteriální analýzy variant.

4.1 Popis problémové situace

Muzeum Říčany by rádo zařadilo do svých výukové programů, které pořádá pro žáky, i problematiku klimatické změny. Muzeum chce zvolit takovou formu výuky o klimatické změně, která by žáky zaujala a oslovila je co nejvíce. Pro podporu rozhodování o výběru formy výuky o klimatické změně byl sestaven model vícekriteriálního rozhodování.

4.1.1 Charakteristika organizace

Muzeum Říčany je příspěvková organizace se sídlem v Rýdlově ulici v Říčanech, jehož zřizovatelem je Město Říčany. Organizace je certifikovaným poskytovatelem environmentální výchovy, je také členem Asociace muzeí a galerií České republiky a členem Sítě středisek ekologické výchovy Pavučina. (Muzeum Říčany, 2021)

Mezi hlavní činnosti muzea patří pořádání nejrůznějších výstav, akcí pro veřejnost, především pak pořádání výukových programů pro školy, vzdělávacích programů pro pedagogy. Muzeum pořádá i příměstské tábory (jednodenní i týdenní), vzdělávací programy pro různé dospělé účastníky a také vede kroužky pro děti. (Muzeum Říčany, 2021)

Muzeum Říčany se ve své práci snaží navázat nejen na déle než sto let trvající tradici (k založení došlo již roku 1908), ale snaží svými vzdělávacími programy i výstavami oslovit a vzdělávat jak školy a pedagogy tak širokou veřejnost. (Boukal, 2019) (Muzeum Říčany, 2021)

Muzeum Říčany v současné době působí v šesti objektech (Muzeum Říčany, 2021):

- Muzeum Říčany a zahrada – hlavní budova Rýdlova ulice
- Dvorek naproti
- Říčanská hájovna
- Výuková místnost
- Geopark Říčany
- Depozitář

V souvislosti s pandemií covidu-19 pokles Muzeu Říčany počet návštěvníků. Především v roce 2020 byl pokles razantní – oproti roku 2019 klesl počet návštěvníků o více než o polovinu. Počet návštěvníků za rok 2019 byl 20 536 návštěvníků/rok, zatímco za rok 2020 muzeum navštívilo pouze 7 769 návštěvníků. (Muzeum Říčany, 2021)

4.1.2 Klimatická výuka

Klimatická změna je v současné době ve společnosti stále více rozebíraným tématem, o čemž svědčí i programy jako jsou například – Cíle udržitelného rozvoje OSN nebo Zelená dohoda pro Evropu, ke kterým se hlásí i Česká republika. (Daniš a kol, 2021)

Daniš a kolektiv (2021) charakterizují klimatické vzdělávání jako takové, díky kterému je možné pochopit probíhající změnu klimatu, s jejími příčinami i důsledky, přírodními i společenskými. Zároveň motivuje zapojit se a podporovat ochranu klimatu. Zároveň tito autoři zdůrazňují, že se jedná o multioborovou disciplínu, která zahrnuje znalosti z přírodních věd, ekonomiky, politiky, etiky, psychologie a dalších oborů.

Daniš a kolektiv (2021) také definují čtyři základní a klíčové principy, které by mělo správné klimatické vzdělávání dodržovat:

1. Přesnost a kritičnost – rozvoj kritického myšlení
2. Blízkost a hmatatelnost
3. Práce se sociální a emoční složkou
4. Aktivní zapojení

Česká školní inspekce a Ministerstvo životního prostředí vydaly v roce 2020 (ČŠÍ) a 2021 (MŽP) tematickou a souhrnnou zprávu, ve kterých se zaměřují na to, jaká je environmentální gramotnost českých žáků a jaké aspekty ji ovlivňují.

Z tematické zprávy České školní inspekce (2020) například vyplývá, že vyšších výsledků z testu dosáhli ti žáci, kteří navštěvují kroužek zaměřený na environmentální témata. Dále z této zprávy například plyne, že měli žáci potíže s řešením úloh zabývajících se postupy pro dosahování energetických úspor, které mají dále dopad právě na klimatickou změnu. Zpráva ČŠÍ také zmiňuje, že školy věnují spíše základním konceptům ekologie méně často pak představení environmentálních politik.

Ministerstvo životního prostředí (2021) v souhrnné zprávě například doporučuje aktivity, díky kterým měli žáci, kteří se jich zúčastnili, prokazatelně vyšší hodnoty sledovaných proměnných, jsou jimi například: pobytové programy environmentální výchovy,

příslušnost ke školnímu ekotýmu (či jinému environmentálně zaměřenému kroužku) nebo pravidelná docházka do volnočasového oddílu zaměřeného na přírodu.

4.2 Představení souboru kritérií a variant

4.2.1 Kritéria

Na základě prostudování literatury (Klima se mění – a co my?, Tematická zpráva ČŠÍ, Souhrnná zpráva MŽP) bylo zvoleno šest kritérií, podle nichž budou varianty posuzovány. Tato kritéria lze rozdělit na kvalitativní a kvantitativní. Kvalitativními kritérii jsou: posílení vědomí vlastní účinnosti a naděje, blízkost a hmatatelnost, aktivní zapojení žáků, sociální interakce žáků – práce se sociální a emocionální složkou. Kvantitativními kritérii jsou: délka, intenzita.

Kvalitativní kritéria

Kvalitativní kritéria jsou nejprve ohodnocena slovně, slovní ohodnocení je následně převedeno na bodové hodnocení.

Slovní hodnocení kvalitativních kritérií je následující:

Tabulka 1 – Škála kvalitativních kritérií

Škála kritérií			
špatný	špatný	≤	průměrný
průměrný	průměrný	≤	dobry
dobry	dobry	≤	velmi dobrý
velmi dobrý	velmi dobrý	≤	výborný

Zdroj: Vlastní

Kvantifikace slovních kritérií pomocí bodů je znázorněno v tabulce:

Tabulka 2 – Kvantifikace slovních kritérií

Slovní hodnocení	Body
Výborný	9
Velmi dobrý	7
Dobry	5
Průměrný	3
Špatný	1

Zdroj: Vlastní

Posílení vědomí vlastní účinnosti a naděje – K1

Toto kritérium vychází z doporučení Daniše a kolektivu (2021). Posílí-li se u žáků vědomí vlastní účinnosti, tedy pocitu, že oni sami něco zmůžou a změní, mají pak větší

ochotu se sami angažovat v ochraně klimatu. I naděje může motivovat k tomu chovat se zodpovědně vůči životnímu prostředí.

Jedná se o kritérium **maximalizační**.

Blížkost a hmatatelnost – K2

I toto kritérium vychází z doporučení Daniše a kolektivu (2021), podle nichž by neměla být změna klimatu vnímána jako vzdálený problém. Čím bližší je problém žákům, tím spíše se o něj budou zajímat. Jako nejhmatatelnější se bere to, co mohou žáci pro životní prostředí udělat sami. Čím bližší a hmatatelnější problém je, tím lépe – **maximalizační** kritérium.

Aktivní zapojení žáků – K3

Aktivní zapojení žáků je založené na osobní zkušenosti a souvisí s předchozími dvěma kritérii – povědomím vlastní účinnosti a blízkosti a hmatatelnosti. Pokud se žák zapojí a osobně se zúčastní aktivit, které vedou k pozitivní změně (i pouze malé), zvyšuje se pravděpodobnost, že se žák sám zapojí do ochrany klimatu. (Daniš a kol., 2021)

Jde o **maximalizační** kritérium.

Sociální interakce žáků – K4

Žáci se ve skupině mohou navzájem podporovat a vzájemně se motivovat, což může vést k větší angažovanosti v ochraně klimatu a životního prostředí. Daniš a kolektiv (2021) označují práci s emocemi a nadějí, sdílení pocitů ve skupině jako zásadní součásti klimatického vzdělávání.

Jedná se o **maximalizační** kritérium.

Kvantitativní kritéria

Délka – K5

Kritérium délka stanovuje, v kolika dnech výuka probíhá. Jako jeden den se počítá i takový, kdy výuka probíhá například pouze dvě vyučovací hodiny – jeden den je zkrátka takový, ve kterém alespoň po nějakou dobu výuka probíhá. Kritérium je tedy počítáno ve dnech.

Kritérium je **maximalizační**.

Intenzita – K6

Kritérium intenzita je počítáno ve vyučovacích hodinách za den, tedy kolik konkrétně vyučovacích hodin (45 minut) daný program v jeden den probíhá.

Kritérium je **maximalizační**.

4.2.2 Stanovení vah kritérií

Váhy jsou stanoveny pomocí metody pořadí (viz. teoretická část výše).

Nejprve je kritériím přiřazeno pořadí, na základě pořadí jsou kritériím přiřazeny body, nakonec jsou vypočítány váhy kritérií, jako podíl počtu bodů daného kritéria a celkové sumy bodů všech kritérií.

Například váha kritéria K1 (vlastní účinnost a naděje) byla vypočítána jako: pořadí – 3., počet bodů $b_1 = 4$, $\sum b_j = 21$, váha K1 = $4/21$.

Tabulka 3 – Výpočet vah kritérií

Kritéria	Pořadí	Body (b _j)	Váha (v _j)
VI. účinnost	K1 3.	4	0,1905
Blížkost	K2 1.	6	0,2857
Aktiv. zapojení	K3 2.	5	0,2381
Soc. interakce	K4 5.	2	0,0952
Délka	K5 4.	3	0,1429
Intenzita	K6 6.	1	0,0476
		<hr/> 21	

Zdroj: Vlastní

4.2.3 Varianty

Výuková vycházka

Výuková vycházka zaměřená na klimatickou výuku je jednorázový výukový program, který má délku přibližně 4 vyučovací hodiny (po 45 minutách). Vycházka je založena spíše na frontální formě výuky. Jedná se o vycházku po nejbližším okolí s komentářem týkající se klimatické změny právě v daném místě (například jaké klimatické změny zde probíhají, co je ovlivňuje, jak je možné přispět ke změně atd.).

Pobytový program environmentální výchovy

Pobytový program environmentální výchovy se zaměřením na klimatickou změnu je vícedenní jednorázový program. Program probíhá jeden týden, tedy 5 školních dní (jeden školní den je cca 6 vyučovacích hodin). Program je založen na skupinové spolupráci žáků, žáci plní různé praktické i vědomostní úkoly. Získají tak praktické zkušenosti pro podporu ochrany klimatu, které si osvojí a mohou je praktikovat i doma. Dále získají i teoretické znalosti týkající se klimatické změny. Zároveň je zde výrazná sociální interakce žáků.

Vlastní projekty žáků zaměřené na klimatickou změnu

Jedná se o program zaměřený především na vlastní práci žáků. Program probíhá po celý školní rok, kdy jednou za měsíc dochází do dané školy lektor – cca deset návštěv lektora za školní rok, vždy na cca dvě školní hodiny (deset návštěv po 2 školních hodinách). Žáci sami (s doporučeními lektora) vypracovávají projekt, ve kterém navrhují například různá zlepšení, týkající se klimatické změny, která by mohla být provedena v okolí jejich školy (bydliště). Na konci školního roku je možné vyhlásit vítězný projekt. Tento program je založen především na aktivním zapojení a sociální interakci žáků.

Jednorázový výukový program pro třídu

Jde o program vedený lektorem, kterého se účastní vždy jedna třída. Program probíhá celý den, tedy cca šest vyučovacích hodin. V programu jsou zařazeny jak skupinové aktivity žáků, tak je zařazeno i vysvětlení témat klimatické změny. Program probíhá jak venku, tak uvnitř (zázemí).

Zážitkový program pro třídu s výukovými materiály pro učitele

Program založený především na praktických ukázkách s minimem teoretické výuky. Žáci spolupracují jak ve skupinách, tak na některých aktivitách pracují samostatně (sociální interakce o něco nižší než u pobytového programu a vlastních projektů). Po skončení programu učitelé obdrží výukové materiály, kterými se mohou řídit při běžné školní výuce. Program probíhá jeden školní den (cca 6 vyučovacích hodin).

Soubor kritérií a variant – kritériální matice

Kritériální matice se slovními ohodnoceními variant (kvalitativních kritérií):

Tabulka 4 – Kritériální matice se slovním ohodnocením

	K1	K2	K3	K4	K5 (dny)	K6 (vyučovací hodiny/den)
Kritéria/Varianty						
Výuková vycházka	dobry	výborný	průměrný	průměrný	1	4
Pobytový program	výborný	výborný	velmi dobrý	výborný	5	6
VI. projekty žáků	výborný	velmi dobrý	výborný	výborný	10	2
Jednorázový výukový program	dobry	průměrný	dobry	dobry	1	6
Zážitkový program	velmi dobrý	výborný	výborný	dobry	1	6

Zdroj: Vlastní

Kritériální matice s bodovým ohodnocením kvalitativních kritérií:

Tabulka 5 – Kriteriaální matice s kvantitativním hodnocením

	K1	K2	K3	K4	K5 (dny)	K6 (vyučovací hodiny/den)
Kritéria/Varianty						
Výuková vycházka	5	9	3	3	1	4
Pobytový program	9	9	7	9	5	6
Vl. projekty žáků	9	7	9	9	10	2
Jednorázový výukový program	5	3	5	5	1	6
Zážitkový program	7	9	9	7	1	6
Váhy	0,19048	0,28571	0,23810	0,09524	0,14286	0,04762
Povaha	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní

4.2.4 Dominance

Byla zjištěna dominance (pravidla dominance viz. teoretická část) – Varianta výuková vycházka je dominována variantami zážitkový program a pobytový program. Varianta jednorázový výukový program je dominována variantami zážitkový program, vlastní projekty žáků a pobytový program. Tyto dominované varianty budou vyloučeny z dalších výpočtů.

Kriteriaální matice pak vypadá následovně:

Tabulka 6 – Kriteriaální matice bez dominovaných variant

	K1 (body)	K2 (body)	K3 (body)	K4 (body)	K5 (dny)	K6 (vyučovací hodiny/den)
Kritéria/Varianty						
Pobytový program	9	9	7	9	5	6
Vl. projekty žáků	9	7	9	9	10	2
Zážitkový program	7	9	9	7	1	6
Váhy	0,19048	0,28571	0,23810	0,09524	0,14286	0,04762
Povaha	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní

4.3 Výpočet modelu vícekritériální analýzy variant

Model vícekritériální analýzy variant bude vypočítán nejprve pomocí metody váženého součtu (patřící mezi metody založené na maximalizaci užítku) a poté ještě

metodou TOPSIS (patřící mezi metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty).

4.3.1 Výpočet modelu metodou WSA

Podstatou metody WSA je výběr kompromisní varianty na základě funkce užitku. Hodnoty funkce užitku se pohybují od 0 do 1, přičemž varianta s hodnotou funkce užitku rovna 1 je nejlepší. (více viz. teoretická část) Všechna kritéria jsou maximalizační, proto není třeba žádných převodů.

Krok 1 – Určení ideální (H) a bazální (D) varianty

Z kritériální matice (Tabulka 6) je určena ideální (nejlepší hodnoty) a bazální (nejhorší hodnoty) varianta.

Tabulka 7 – ideální a bazální varianta

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6
H	9	9	9	9	10	6
D	7	7	7	7	1	2

Zdroj: Vlastní

Krok 2 – Stanovení standardizované matice R

Prvky matice R jsou vypočteny podle vztahu (11) (viz. teoretická část). Například prvek r_{23} je vypočten následovně:

$$r_{23} = \frac{9-7}{9-7} \quad (24)$$

Tabulka 8 – Standardizovaná matice R

Kritéria/Varianty	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Pobytový program	1	1	0	1	0,44444	1
Vl. projekty žáků	1	0	1	1	1	0
Zážitkový program	0	1	1	0	0	1
Váhy	0,19048	0,28571	0,23810	0,09524	0,14286	0,04762

Zdroj: Vlastní

Krok 3 – Výpočet agregované funkce užitku

Agregovaná funkce užitku se pro jednotlivé varianty vypočte pomocí vztahu (12). Konkrétně tedy například pro variantu vlastní projekty žáků je agregovaná funkce užitku vypočtena následovně:

$$u(a_2) = 1 * 0,19048 + 0 * 0,28571 + 1 * 0,23810 + \dots + 0 * 0,04762 \quad (25)$$

Tabulka 9 – Celkový užitek a pořadí variant

Varianta	Užitek	Pořadí
Pobytový program	0,682539683	1.
VI. projekty žáků	0,666666667	2.
Zážitkový program	0,571428571	3.

Zdroj: Vlastní

Na základě celkové funkce užítu bylo určeno pořadí jednotlivých variant. Z vypočtených hodnot agregovaných funkcí užítu je patrné, že nejlépe hodnocená (nejvyšší užitek) je varianta pobytový program, těsně za ní se umístila varianta vlastní projekty žáků a jako poslední se umístila varianta zážitkový program.

4.3.2 Výpočet modelu metodou TOPSIS

Podstatou metody TOPSIS je nalézt takovou variantu, která je nejméně vzdálená od ideální varianty (ideální varianta nabývá hodnoty 1). (viz. teoretická část) Všechna kritéria jsou maximalizační.

Krok 1 – Konstrukce normalizované matice R

Výpočet normalizované matice R probíhá podle vztahu (13). Například prvek r_{12} matice R vypadá následovně:

$$r_{12} = \frac{9}{\sqrt{9^2 + 7^2 + 9^2}} \quad (26)$$

Tabulka 10 – Normalizovaná matice R

Kritéria/Varianty	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Pobytový program	0,61959	0,61959	0,4819	0,789352	0,44544	0,68825
VI. projekty žáků	0,61959	0,4819	0,61959	0,789352	0,89087	0,22942
Zážitkový program	0,4819	0,61959	0,61959	0,613941	0,08909	0,68825

Zdroj: Vlastní

Krok 2 – Výpočet normalizované vážené matice W

Normalizovaná vážená kritériální matice je vypočtena podle vztahu (14). Například prvek w_{32} je vypočten následovně:

$$w_{32} = 0,61959 * 0,28571 \quad (27)$$

Následně je poté z matice W určena ideální (H) a bazální (D) varianta.

Tabulka 11 – Normalizovaná vážená matice W s ideální a bazální variantou

Kritéria/Varianty	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Pobytový program	0,11802	0,17702	0,11474	0,075176	0,06363	0,03277
Vl. projekty žáků	0,11802	0,13769	0,14752	0,075176	0,12727	0,01092
Zážitkový program	0,09179	0,17702	0,14752	0,058471	0,01273	0,03277
H	0,11802	0,17702	0,14752	0,075176	0,12727	0,03277
D	0,09179	0,13769	0,11474	0,058471	0,01273	0,01092

Zdroj: Vlastní

Krok 3 – Výpočet vzdálenosti od ideální a bazální varianty

Vzdálenost od ideální varianty d_i^+ je vypočtena podle vztahu (15), vzdálenost od bazální varianty d_i^- je vypočtena podle vztahu (16). Pro usnadnění výpočtu jsou v tabulce nejprve vypočteny rozdíly prvků matice w a ideální (resp. bazální) varianty a umocněny na druhou. Následně jsou vypočteny hodnoty d_i^+ a d_i^- .

Například d_1^+ se podle vztahu (15) vypočítá následovně:

$$d_1^+ = \sqrt{(0,11802 - 0,1182)^2 + \dots + (0,03277 - 0,03277)^2} \quad (28)$$

Například d_1^- se podle vztahu (16) vypočítá následovně:

$$d_1^- = \sqrt{(0,11802 - 0,09179)^2 + \dots + (0,03277 - 0,01092)^2} \quad (29)$$

Tabulka 12 – Vzdálenost od ideální varianty

(wij-hj)^2						di+
0	0	0,00107	0	0,004049	0	0,07158
0	0,00155	0	0	0	0,00048	0,045
0,00069	0	0	0,00028	0,01312	0	0,11869

Zdroj: Vlastní

Tabulka 13 – Vzdálenost od bazální varianty

(wij-dj)^2						di-
0,00069	0,00155	0	0,00028	0,002592	0,00048	0,07472
0,00069	0	0,00107	0,00028	0,01312	0	0,12313
0	0,00155	0,00107	0	0	0,00048	0,05567

Zdroj: Vlastní

Krok 4 – Výpočet relativních ukazatelů vzdálenosti

Relativní ukazatele vzdálenosti od bazální varianty c_i jsou vypočteny podle vztahu (17). Hodnoty c_i se nachází na intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Hodnota bazální varianty je rovna 0 a hodnota ideální varianty je rovna 1. (viz. teoretická část)

Například hodnota c_1 je vypočtena následovně:

$$c_1 = \frac{0,07472}{(0,07158 - 0,07472)} \quad (30)$$

Tabulka 14 – Relativní ukazatele vzdálenosti a pořadí variant

Varianta	c_i	Pořadí
Pobytový program	0,51073128	2.
Vl. projekty žáků	0,73235435	1.
Zážitkový program	0,31930478	3.

Zdroj: Vlastní

Na základě vypočtených hodnot c_i bylo určeno pořadí variant. Nejlépe hodnocenou variantou na základě vzdálenosti od ideální varianty se stala varianta vlastní projekty žáků, jejíž vzdálenost od ideální varianty je nejmenší (nejvíce se blíží hodnotě 1). Druhou variantou v pořadí se stala alternativa pobytový program a třetí se umístila varianta zážitkový program.

5 Výsledky a diskuse

Na základě konzultace s Muzeem Říčany, doporučeními vydanými Ministerstvem životního prostředí a České školní inspekce je sestaven soubor kritérií a variant.

Váhy kritérií jsou stanoveny metodou pořadí. Následně je model vícekriteriální analýzy variant, pro větší objektivitu výběru kompromisní varianty, počítán dvěma způsoby – metodou WSA a metodou TOPSIS.

Nejprve je pro výpočet modelu a určení kompromisní varianty zvolena metoda váženého součtu (WSA), jejíž podstatou je výběr kompromisní varianty na základě agregované funkce užitku. Touto metodou byla jako kompromisní varianta určena alternativa pobytový program s hodnotou funkce užitku 0,68254. Těsně za variantou pobytový program se umístila varianta vlastní projekty žáků, která za první variantou zaostávala s hodnotou funkce užitku pouze o pár setin. Užitek alternativy vlastní projekty žáků se rovná 0,66667.

Následně byl model vícekriteriální analýzy přepočítán ještě metodou TOPSIS, jejíž podstatou je určení kompromisní varianty na základě vzdálenosti (respektive minimalizace vzdálenosti) od ideální varianty. Metodou TOPSIS byla jako kompromisní varianta určena alternativa vlastní projekty žáků, která dosahovala nejvyšší hodnoty c_i , konkrétně 0,73235, což je zároveň nejbližší ideální variantě s hodnotou 1. Rozdíl mezi první a druhou variantou je pomocí metody TOPSIS výraznější oproti výpočtu metodou WSA. Metodou TOPSIS je v pořadí druhou variantou alternativa pobytový program s hodnotou relativní vzdálenosti 0,51073.

Varianta zážitkový program byla pomocí obou metod určena v pořadí jako třetí.

Jako kompromisní varianta by mohla být doporučena alternativa **vlastní projekty žáků**. Metodou WSA byla tato alternativa stanovena jako druhá v pořadí, ale rozdíl funkce užitku v pořadí první (pobytový program) a druhé (vlastní projekty žáků) varianty byl minimální. Oproti tomu metodou TOPSIS byla tato varianta (vlastní projekty žáků) stanovena jako jasně první v pořadí, s již poměrně zřetelným rozdílem hodnot relativních vzdáleností mezi první (vlastní projekty žáků) a druhou (pobytový program) stanovenou variantou.

6 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo doporučit Muzeu Říčany pomocí vícekriteriální analýzy variant vhodnou formu výuky o klimatické změně, která by co nejvíce oslovila žáky základních škol.

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí – teoretické a praktické.

Teoretická část je věnována rozhodování, vícekriteriálnímu rozhodování a vícekriteriální analýze variant. Jsou zde popsány základní pojmy vícekriteriální analýzy variant, způsoby určení vah kritérií a vybrané metody výběru kompromisní varianty.

Druhou hlavní část práce tvoří část praktická, která se skládá ze tří částí – popis problémové situace, popis souboru kritérií a variant, výpočet modelu vícekriteriální analýzy variant a výběr kompromisní varianty.

V části popisu problémové situace je nejprve představena příspěvková organizace Muzeum Říčany, dále je pak představena klimatická výuka. V části popis souboru kritérií a variant jsou nejprve představena a charakterizována kritéria podle kterých budou následně jednotlivé varianty hodnoceny. Dále je představen a charakterizován soubor variant. Dále je sestavena kriteriální matice, kde jsou kvalitativní kritéria převedena na body. Následně jsou na základě zjištění dominance dvě varianty z dalších výpočtů vyloučeny.

Posledním dílem praktické části je výpočet modelu vícekriteriální analýzy pomocí dvou metod výběru kompromisní varianty – jsou jimi metody: WSA a TOPSIS. Metoda WSA přiřadí každé z variant hodnotu agregované funkce užitku. Varianty s nejvyššími hodnotami funkce užitku mohou být doporučeny jako kompromisní. Metoda TOPSIS určuje kompromisní variantu na základě vzdálenosti od ideální varianty. Varianty s nejvyššími hodnotami relativní vzdálenosti (nejvíce se blíží ideální variantě s hodnotou 1) mohou být doporučeny jako kompromisní.

Na základě výsledků z obou metod výběru kompromisní varianty (WSA a TOPSIS) byla doporučena kompromisní varianta pro realizaci. Toto doporučení může Muzeu Říčany pomoci usnadnit rozhodování o volbě formy klimatické výuky.

7 Seznam použitých zdrojů

BROŽOVÁ, Helena. *Rozhodovací modely*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2005. ISBN 80-213-1390-0.

BROŽOVÁ, Helena, Tomáš ŠUBRT a Milan HOUŠKA. *Modely pro řízení znalostí a podporu rozhodování*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1633-1.

BROŽOVÁ, Helena, Tomáš ŠUBRT a Milan HOUŠKA. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Vydání 1., 2. dotisk. Praha: Credit, 2014, ISBN 978-80-213-1019-3.

DANIŠ, Petr, Romana BŘEZOVSKÁ, Jan ČINČERA, et al. *Klima se mění - a co my?: proč a jak se učit o změně klimatu : doporučení Pracovní skupiny pro klimatické vzdělávání Rady vlády pro udržitelný rozvoj ČR*. [Praha]: Ministerstvo životního prostředí, 2021. ISBN 978-80-7212-652-1.

DUDORKIN, Jiří. *Systémová analýza: určeno pro stud. fak. elektrotechn.* 2. vyd. Praha: ČVUT, 1989. 324 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-01-00030-3.

FOTR, Jiří a Jiří DĚDINA. *Manažerské rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1993. ISBN 80-7079-939-0.

FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. Třetí, přepracované vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.

HRON, Jan a Arnošt TRAXLER. *Dovednosti v řízení*. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2018. ISBN 978-80-213-2833-4.

HUŠEK, Roman a Miroslav MAŇAS. *Matematické modely v ekonomii: celostátní vysokoškolská příručka pro stud. ekonomických fakult*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vyd. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-42-8.

JABLONSKÝ, Josef a Martin DLOUHÝ. *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-49-5.

NEMEČEK, Alojz a Jiří JANATA. *Oceňování majetku v pojišťovnictví*. V Praze: C.H. Beck, 2010. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-114-7.

RAMÍK, Jaroslav. *Vícekriteriální rozhodování - analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná: Slezská univerzita, 1999. ISBN 80-7248-047-2.

RAMÍK, Jaroslav a Filip TOŠENOVSKÝ. *Rozhodovací analýza pro manažery: moderní metody rozhodování*. Karviná: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2013. ISBN 978-80-7248-843-8.

ŠUBRT, Tomáš a kolektiv. *Ekonomicko-matematické metody*. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.

Internetové zdroje:

BOUKAL, Jan. 111 let Muzea Říčany. *Věstník Asociace muzeí a galerií*. Roč. 2019, čís. 6, s. 12. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: https://www.cz-museums.cz/UserFiles/file/2019/Vestnik/6_19_komplet_mensi.pdf

BRANS, Jean-Pierre; DE SMET, Yves. PROMETHEE methods. In: *Multiple criteria decision analysis*. Springer, New York, NY, 2016. p. 187-219. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Yves-De-Smet/publication/297791312_PROMETHEE_methods/links/5b3f3733aca27207851cc6d6/PROMETHEE-methods.pdf

CHOO, Eng U.; SCHONER, Bertram; WEDLEY, William C. Interpretation of criteria weights in multicriteria decision making. *Computers & Industrial Engineering*, 1999, 37.3: 527-541. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.584.2636&rep=rep1&type=pdf>

ČŠI (2020). *Environmentální výchova na základních školách ve školním roce 2019/2020: Tematická zpráva*. Praha: Česká školní inspekce, 2020. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z:

https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF_el._publikace/Tematick%C3%A9%20zpr%C3%A1vy/TZ_Environmentalni-vychova-na-ZS-2019-2020.pdf

KAMPF, Rudolf. Vícekriteriální rozhodování-metoda WSA. Scientific papers of the University of Pardubice. Series B, The Jan Perner Transport Faculty. 8 (2002), 2003. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/32111/CL377.pdf?sequence=1>

MARDANI, Abbas, et al. Multiple criteria decision-making techniques and their applications—a review of the literature from 2000 to 2014. Economic research-Ekonomika istraživanja, 2015, 28.1: 516-571. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1331677X.2015.1075139>

Muzeum Říčany (2021). *Výroční zpráva za rok 2020*. Říčany: Muzeum Říčany, 2021. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: https://muzeumricany.cz/wp-content/uploads/2021/05/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD-zpr%C3%A1va_Muzeum-%C5%98%C3%AD%C4%8Dany-2020.pdf

MŽP (2021). *Metodický rámec pro environmentální gramotnost ve školách: Souhrnná zpráva*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2021. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni_vzdelavani_poradenstvi/\\$FILE/OFDN-Souhrnna_zprava_TITSMZP804-20210415.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni_vzdelavani_poradenstvi/$FILE/OFDN-Souhrnna_zprava_TITSMZP804-20210415.pdf)

PRUKNER, Vítězslav a Jaromír NOVÁK. *Základy managementu* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014 [cit. 2022-01-31]. ISBN 978-80-244-4182-5. Dostupné z: <https://publi.cz/books/189/Cover.html>

SAATY, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 2008, 1.1: 83-98. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJSSci.2008.01759>

SABAEI, Davood; ERKOYUNCU, John; ROY, Rajkumar. A review of multi-criteria decision making methods for enhanced maintenance delivery. Procedia CIRP, 2015, 37: 30-35. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115009403>

SOUKOPOVÁ, Jana. *Vícekriteriální metody hodnocení* [online]. [cit. 2022-02-01]. Dostupné z:

https://is.muni.cz/el/econ/jaro2013/MKV_VZVP/um/33149329/Studijni_text_metody_vice_kriterialniho_rozhodovani.txt

TRIANAPHYLLOU, Evangelos, et al. Multi-criteria decision making: an operations research approach. Encyclopedia of electrical and electronics engineering, 1998, 15.1998: 175-186. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.471.4670&rep=rep1&type=pdf>

VELASQUEZ, Mark; HESTER, Patrick T. An analysis of multi-criteria decision making methods. International journal of operations research, 2013, 10.2: 56-66. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.402.1308&rep=rep1&type=pdf>

VINOGRADOVA, Irina. Multi-attribute decision-making methods as a part of mathematical optimization. Mathematics, 2019, 7.10: 915. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2227-7390/7/10/915>

8 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Škála kvalitativních kritérií.....	32
Tabulka 2 – Kvantifikace slovních kritérií	32
Tabulka 3 – Výpočet vah kritérií	34
Tabulka 4 – Kriteriaální matice se slovním ohodnocením	35
Tabulka 5 – Kriteriaální matice s kvantitativním hodnocením	36
Tabulka 6 – Kriteriaální matice bez dominovaných variant.....	36
Tabulka 7 – ideální a bazální varianta	37
Tabulka 8 – Standardizovaná matice R	37
Tabulka 9 – Celkový užitek a pořadí variant	38
Tabulka 10 – Normalizovaná matice R	38
Tabulka 11 – Normalizovaná vážená matice W s ideální a bazální variantou	39
Tabulka 12 – Vzdálenost od ideální varianty	39
Tabulka 13 – Vzdálenost od bazální varianty	39
Tabulka 14 – Relativní ukazatele vzdálenosti a pořadí variant	40