



Ekonomická
fakulta
Faculty
of Economics

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Ekonomická fakulta
Katedra aplikované matematiky a informatiky

Diplomová práce

Vícekriteriální rozhodování a analýza obalu dat

Vypracovala: Bc. Michaela Brabcová
Vedoucí práce: doc. RNDr. Jana Klicnarová, Ph.D.

České Budějovice 2021/2022

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Ekonomická fakulta

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Michaela BRABCOVÁ
Osobní číslo: E20392
Studijní program: N0311A050030 Analýza v ekonomické a finanční praxi
Studijní obor: Analýza v ekonomické a finanční praxi
Téma práce: Vícekriteriální rozhodování a analýza obalu dat
Zadávající katedra: Katedra aplikované matematiky a informatiky

Zásady pro vypracování

Studentka se detailně seznámí s principy a metodami vícekriteriálního hodnocení variant (VHV) a metodami analýzy obalu dat (DEA). Na vhodných modelových příkladech ukáže odlišnost těchto metod. Součástí práce bude také diskuze stability řešení úloh vícekriteriálního hodnocení variant vůči volbě vah jednotlivých kritérií.

Metodický postup:

1. Studentka se detailně seznámí s různými metodami VHV (především s důrazem na jejich specifické vlastnosti) a s DEA.
2. Na vhodných modelových případech studentka porovná řešení úloh s využitím metod VHV a DEA.
3. Na zvolených úlohách studentka diskutuje stabilitu řešení metodami VHV v závislosti na volbě vah.
4. Získané výsledky studentka vyhodnotí, vysvětlí, shrne a navrhne závěr.

Rozsah pracovní zprávy: 50 – 60 stran
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

1. Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2000). *Data envelopment analysis*. Handbook on data envelopment analysis, 1-40.
2. Fiala, P. (2013). *Modely a metody rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická, Oeconomica.
3. Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods. In *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*, pp. 5-21. Boston: Springer.

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jana Klicnarová, Ph.D.
Katedra aplikované matematiky a informatiky

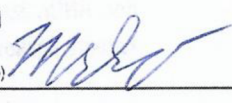
Datum zadání diplomové práce: 25. ledna 2021
Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2022

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
EKONOMICKÁ FAKULTA
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
EKONOMICKÁ FAKULTA
Studentská 13 (26)
370 05 České Budějovice



doc. Dr. Ing. Dagmar Škodová Parmová
děkanka



doc. RNDr. Tomáš Mrkvička, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to - v nezkrácené podobě - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 12. dubna 2022

Bc. Michaela Brabcová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí práce doc. RNDr. Janě Klicnarové, Ph.D. za vstřícný přístup, cenné rady a trpělivost při odborných konzultacích a vypracování této diplomové práce.

Obsah

1 Úvod.....	3
2 Klíčové pojmy	5
3 Přehled řešené problematiky	6
4 Vícekriteriální rozhodování.....	7
4.1 Metody založené na ordinálních informacích.....	7
4.1.1 Metoda ORESTE	7
4.2 Metody založené na kardinálních informacích.....	11
4.2.1 Metoda váženého součtu – WSA.....	11
4.2.2 Metoda bazické varianty	12
4.2.3 TOPSIS	13
4.2.4 AGREPREF	14
4.2.5 PROMETHEE.....	15
5 Analýza obalu dat.....	18
5.1 CCR (Charles, Cooper, Rhodes) model.....	18
6 Propojení DEA a vícekriteriálního rozhodování	21
6.1 Spearmanův koeficient	22
7 Stabilita řešení metodami vícekriteriálního rozhodování	23
7.1 Intervaly stability vah	23
8 Využití metod v praxi.....	27
8.1 Zadání praktické úlohy propojení DEA a vícekriteriálního rozhodování	27
8.2 Řešení úlohy – CCR model orientovaný na vstupy.....	30
8.2.1 Pořadí dle efektivity.....	31
8.2.2 Pořadí dle ORESTE.....	33
8.2.3 Pořadí dle WSA	35
8.2.4 Pořadí dle metody bazické varianty.....	37
8.2.5 Pořadí dle metody TOPSIS.....	39
8.2.6 Pořadí dle metody AGREPREF.....	41
8.2.7 Pořadí dle metody PROMETHEE	43

8.2.8 Spearmanův koeficient.....	45
8.3 Řešení úlohy – CCR model orientovaný na výstupy.....	47
8.3.1 Pořadí dle efektivity.....	48
8.3.2 Pořadí dle ORESTE.....	50
8.3.3 Pořadí dle WSA.....	52
8.3.4 Pořadí dle metody bazické varianty.....	54
8.3.5 Pořadí dle TOPSIS.....	56
8.3.6 Pořadí dle AGREPREF.....	58
8.3.7 Pořadí dle PROMETHEE.....	60
8.3.8 Spearmanův koeficient.....	62
8.4 Řešení úlohy – Interval stability vah.....	64
8.4.1 Metoda vážených součtů.....	64
8.4.2 Metoda PROMETHEE.....	65
9 Výsledky práce.....	66
9.1 Výsledky propojení DEA a vícekriteriálního rozhodování.....	66
9.1.1 Výsledky CCR modelu orientovaného na vstupy.....	66
9.1.2 Výsledky CCR modelu orientovaného na výstupy.....	68
9.1.3 Výsledky porovnání CCR modelů.....	70
9.2 Výsledky intervalů stability vah.....	71
10 Závěr.....	72
I Summary and keywords.....	74
II Seznam použitých zdrojů.....	75
III Seznam obrázků a tabulek.....	77
IV Seznam příloh.....	80
V Přílohy.....	81

1 Úvod

Má diplomová práce Vícekriteriální rozhodování a analýza obalu dat se zabývá propojením CCR modelu DEA s metodami vícekriteriálního hodnocení variant. Cílem je zjistit, zda se využitím vah získaných z DEA aplikovaných na metody vícekriteriálního hodnocení získá odlišné pořadí než podle efektivity analýzy obalu dat. K porovnání jsem použila CCR model orientovaný na vstupy a CCR model orientovaný na výstupy. Mezi použité vícekriteriální metody patří metody ORESTE, WSA, bazická metoda, TOPSIS, AGREPREF a PROMETHEE.

Popsaná metodika je aplikována na konkrétní případ porovnání rozvoje malých a středních podniků v zemích Evropské unie. Úloha obsahuje 28 produkčních jednotek, které se zároveň považují za varianty, kterými je všech 27 států Evropské unie (dále jen EU) a fiktivní jednotka EU27, která je sestavena jako průměr zemí EU. Konkrétní vstupy a výstupy, které lze považovat za nákladová a výnosová kritéria, vychází z ročního průzkumu „*Survey on the access to finance of enterprises (SAFE)*“ vedeného Evropskou komisí. Za vstupy modelu DEA byly zvoleny úroková sazba za úvěrový rámec, mzdové náklady a ostatní náklady (materiál, energie, jiné). Za výstupy modelu byly vybrány obrat, čistý zisk a inovační procesy.

Druhým cílem práce je diskuze stability řešení úloh vícekriteriálního hodnocení variant vůči volbě vah jednotlivých kritérií. V teoretické části je popsán postup, jak získat intervaly stability vah pro aditivní metody (metoda vážených součtů a metoda PROMETHEE), které uživatelé poskytují hlubší znalosti o studovaném problému. Podle šířky intervalů stability lze určit, zda by v případě odchylky zvolených vah od skutečnosti došlo k odlišným výsledkům pořadí oproti realitě. Postup jsem aplikovala na data z mé bakalářské práce, která porovnává jihočeské okresy, konkrétně České Budějovice, Český Krumlov, Jindřichův Hradec, Písek, Prachatice, Strakonice a Tábor, podle cen bytů, nezaměstnanosti, lékařské péče, průměrné mzdy, kriminality a kvality ovzduší. Konkrétní hodnoty jsou čerpány ze statistických ročenek Jihočeského kraje vydávaných Českým statistickým úřadem v letech 2016, 2017 a 2018. Původní váhy, které představují preference jednotlivců, byly získány na bázi dotazníku.

Práce je rozdělena na dvě základní části, teoretickou a praktickou. První část se zabývá metodikou a obsahuje klíčové pojmy, přehled řešené problematiky, metody stanovení vah, vícekriteriální metody, analýzu obalu dat, propojení DEA s vícekriteriálním rozhodováním a metodiku intervalů stability vah. Druhá, praktická část, obsahuje relevantní data týkající se

zemí Evropské unie a samotné použití analýzy obalu dat a vícekritériálních metod. Hlavním prvkem porovnání výsledků je Spearmanův koeficient. V této části se navíc vyskytují výsledky hledání intervalů stability vah vybrané úlohy.

Cílem této práce je seznámit čtenáře s modely analýzy obalu dat a metodami vícekritériálního hodnocení, ukázat způsob, jak lze řešení úloh pomocí takových dvou odlišných přístupů propojit a porovnat, a představit postup hledání intervalů stability vah pro aditivní vícekritériální metody. Přínosem této práce je neobvyklé propojení analýzy obalu dat a metod vícekritériálního hodnocení variant a porovnání výsledků pomocí Spearmanova koeficientu. Takové propojení je výhodné použít pro nalezení nejlepšího pořadí jednotky za vah, které dávají její nejlepší efektivnost.

Dalším přínosem je samotné určení efektivity rozvoje malých a středních podniků států Evropské unie. Část, kde se zabývám stabilitou vah, je užitečná pro situace, kdy je zapotřebí určit, jak přísný musí být proces zjišťování preferencí. Pokud jsou intervaly stability úzké, tak je získání správných výsledků nutné věnovat větší pozornost a zároveň je potřeba více informací při získávání vah. V případě, že jsou intervaly stability široké, je možné zvolit méně přesné metody stanovení vah. Všechny zmíněné postupy se snažím pochopitelně představit a jejich funkčnost ověřit na tomto praktickém příkladu.

2 Klíčové pojmy

Vícekritériální rozhodování je disciplínou operačního výzkumu, která se zabývá analýzou rozhodovacích situací, ve kterých jsou rozhodovací varianty posuzovány podle několika konfliktních kritérií. Zadavatel se snaží najít optimální variantu, která se nazývá kompromisní řešení, nebo seřadit soubor variant od nejlepší po nejhorší.

Ideální varianta je hypotetická či reálná varianta, která nabývá nejlepších možných hodnot pro všechna daná kritéria.

Bazální varianta je hypotetická či reálná varianta, která je opakem ideální varianty. Její hodnoty jsou ve všech kritériích nejhorší.

Rozhodovací matice, též kritériální, je matice $X = (x_{ij})^{m \times k}$, která představuje množinu m variant o k kritériích. Prvek x_{ij} značí hodnotu i -té varianty podle kritéria j .

Ordinální informace poskytují údaje o pořadí objektů, např. varianta i je nejlepší, varianta j druhá nejlepší. Neudává, o kolik je první varianta lepší než druhá.

Kardinální informace kvantifikují rozdíly mezi dvěma objekty. V této práci jsou takovými objekty většinou váhy kritérií a hodnoty variant. Kardinální informace mohou vypadat následovně: kritérium i je dvakrát důležitější než j , hodnota i -té varianty dle j -tého kritéria je o 5 bodů větší než pro variantu h .

Analýza obalu dat (DEA) je přístupem hodnocení efektivity množiny produkčních jednotek použitím matematického programovacího modelu.

(Cooper et al., 2011) [4], (Friebešová & Klicnarová, 2007) [5]

3 Přehled řešené problematiky

Tato diplomová práce čerpá z odborných knih, vědeckých časopisů a diplomových prací. Hlavním zdrojem informací o vícekriteriálním rozhodování byla skripta „*Rozhodovací modely pro ekonomy*“ od českých autorek Friebelové a Klicnarové (2007) [6]. Užitečným zdrojem informací k tomuto tématu byly také internetové články doktorky Sekničkové (2013) [14].

Ze článku „*Constructing an outranking relation with ORESTE*“ od belgických autorů Pastijna a Leysena (1989) [12] jsem získala přehled o metodě ORESTE. O metodě TOPSIS jsem se dozvěděla v knize „*Multiple Attribute Decision Making*“ od tchajwanských akademiků Tzenga a Huanga (2011) [16]. Metoda PROMETHEE se kromě předešlé knihy vyskytla také v publikaci „*Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*“ od Branse a Mareschala (2005) [2]. V části vícekriteriálního rozhodování jsem navíc navázala na odbornou práci od Kaspera (2018) [9].

Stěžejními zdroji o analýze obalu dat byl článek „*Measuring the Efficiency of Decision Making Units*“ od Charnese, Coopera a Rhodese (1978) [3] a druhé vydání sbírky autorů Coopera, Seiforda a Zhu „*Handbook on Data Envelopment Analysis*“ (2011) [4]. Analýzou obalu dat se v českém prostředí zabývali autoři Dlouhý a Jablonský (2004) [8] v knize „*Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*“.

Při porovnávání pořadí variant (produkčních jednotek), které lze získat z výsledků metod vícekriteriálního rozhodování a DEA, jsem se inspirovala českými autorkami Dvořákovou a Klicnarovou (2017) [5], které se ve článku „*On the differences between DEA and selected MCDM methods*“ tímto tématem zabývaly. Použila jsem k tomu koeficient od Charlese Spearmana, který byl představen ve článku „*The proof and measurement of association between two things*“ (1904) [15]. Informace o stabilitě intervalů vah jsem čerpala ze článku „*Weight stability intervals in multicriteria decision aid*“ od belgického akademika Mareschala (1988) [11]. Data jsem čerpala z průzkumu „*Survey on the access to finance of enterprises (SAFE)*“ (2021) [10], který zadává každá rok Evropská komise, a z mé bakalářské práce „*Metody vícekriteriálního hodnocení variant*“ (2020) [1].

4 Vícekriteriální rozhodování

Tato disciplína je součástí operačního výzkumu a zabývá se analýzou rozhodovacích situací, ve kterých se porovnává několik variant podle několika často konfliktních kritérií. Úlohy, které je možné považovat za vícekriteriální, obsahují množinu variant, množinu hodnotících kritérií, řadu vazeb mezi kritérii a variantami a preferenci zadavatele o důležitosti jednotlivých kritérií. Pokud je zadaná konečná množina přípustných variant, řeší se úloha pomocí metod vícekriteriálního hodnocení variant (VHV). Tyto metody obsahují obecný postup, jsou nezávislé na hodnotách variant a je možné je užít ke stanovení preferenčního uspořádání variant. (Friebelová & Klicnarová, 2007, s. 45) [5]

4.1 Metody založené na ordinálních informacích

Metody založené na znalosti ordinálních informací vyžadují pouze pořadí důležitosti kritérií a pořadí variant dle jednotlivých kritérií. To může být výhodou v případě, že má zadavatel o kritériích málo informací. V případě, kdy jsou k dispozici kardinální informace, může dojít použitím metody založené na ordinálních informacích k poklesu vypovídající hodnoty. V této práci je z těchto metod popsána metoda ORESTE, která je schopná určit pořadí velkého množství variant. Mezi další metody založené na ordinálních informacích patří lexikografická metoda a permutační metoda. Blíže jsem je nepředstavila, jelikož se k použití v této práci nehodí. První z nich je kvůli zvláštnímu použití vah vhodná jen v ojedinělých případech, druhá metoda není vhodná pro velký počet variant.

4.1.1 Metoda ORESTE

V roce 1979 byla belgickým matematikem Marcem Roubensem představena metoda ORESTE, která byla o deset let později rozšířena autory Hugem Pastijnem a Janem Leysenem. Pro řešení úlohy, která obsahuje m variant a k kritérií, je nutné pro každou variantu znát v daném kritériu preferenci či indiferenci oproti ostatním variantám. Metoda je založená na využití ordinálních informací.

V první fázi metody zadavatel sestaví vektor pořadí kritérií $q = (q_1, q_2, \dots, q_k)$, kde q_j je pořadí důležitosti j -tého kritéria, a matici $P = (p_{ij})^{m \times k}$, kde p_{ij} je pořadí i -té varianty podle j -tého kritéria. Pokud je zadavatel indiferentní k několika kritériím, udává se jejich průměrné pořadí. Takové pořadí lze obdobně určit i pro varianty. Průměrné pořadí pro b indiferentních prvků, které následují za více preferovanými a prvky, se rovná: $a + (b+1) / 2$.

Následně je vytvořena matice vzdáleností od fiktivního počátku $D = (d_{ij})^{m \times k}$. Pro vzdálenosti v této matici vždy platí:

1. pokud je pro j -té kritérium a -tá varianta preferována před variantou b , tak $d_{aj} < d_{bj}$,
2. pokud se p_{a1} rovná p_{b2} a první kritérium je důležitější než druhé, tak $d_{aj} < d_{bj}$.

Existuje několik možností, jak tyto vzdálenosti určit. Jednou z nich je lineární šikmá projekce, pro kterou platí $d_{ij} = \alpha * p_{ij} + (1 - \alpha) * q_j$ a zároveň $\alpha \in \langle 0, 1 \rangle$. Parametr α se určí dotazem na zadavatele, jak moc je ochoten snížit důležitost kritéria (zvýšení q_j), aby udržel stejnou celkovou vzdálenost od fiktivního počátku (stejně D), pokud se hodnocení varianty p_{ij} snižuje (například o jednu).

Nejflexibilnější se pro metodu ORESTE zdá obecná metrika, která se chová dle vzorce:

$$d_{ij} = \left[\frac{(p_{ij})^r}{2} + \frac{(q_j)^r}{2} \right]^{1/r}.$$

Pro následující hodnoty r jsou nalezeny konkrétní metriky:

$r = 1$: průměrné pořadí (aritmetický průměr),

$r = 2$: euklidovská metrika,

$r = 3$: Dujmovičova metrika (obvykle používána).

Dalším krokem je sestavení matice $R = (r_{ij})$, která udává celkové pořadí všech hodnot z matice D . Pro každou variantu i je vypočten součet r_i :

$$r_i = \sum_{j=1}^k r_{ij}.$$

Na základě hodnot r_i lze sestavit pořadí variant tak, že varianta s menší r_i je preferována před variantou s větším. Pokud se takové hodnoty dvou variant rovnají, pak jsou varianty indiferentní. Výsledné pořadí je však nestabilní, proto jsou v další fázi metody ORESTE zaváděny prahy indiference a nesrovnatelnosti.

V druhé fázi metody ORESTE se zjišťuje, jakou intenzitou je i -tá varianta preferována před j -tou, jelikož hodnoty r_{ij} mají čistě ordinální interpretaci. Preferenční intenzity se získají dle vzorce:

$$c_{ij} = \sum_{h \in I_{ij}} (r_{jh} - r_{ih}),$$

kde I_{ij} je množina, pro kterou je i -tá varianta preferovaná před variantou j . Maximální preferenční intenzita $c^{\max} = k^2 (m - 1)$ slouží k normalizování preferenčních intenzit, které odpovídají hodnotám $c_{ij}^k = \frac{c_{ij}}{c^{\max}}$. Pro tyto hodnoty platí, že $0 \leq c_{ij}^k \leq 1$ a $0 \leq c_{ij}^k - c_{ji}^k \leq 1$.

Intenzity preferencí se využívají k identifikaci konfliktních situací. Pomocí těchto hodnot lze rozlišit indiferenci a nesrovnatelnost. Když se normalizovaná preferenční intenzita c_{ij}^k téměř rovná c_{ji}^k a obě intenzity jsou malé, nastává indiference. Konfliktní situace (nesrovnatelnost) se objeví v případě, že jsou obě intenzity velké. Varianta i je lepší než j v jedné podmnožině kritérií, zatímco varianta j dosahuje lepších hodnot než i v jiné podmnožině kritérií. Zavedeny jsou proto prahové hodnoty α , β a γ , které jsou použity v indifferenčních testech a testech nesrovnalosti.

Horní mezi indifferenčního prahu β lze odvodit dle vzorce: $\beta \leq \frac{1}{k(m-1)}$. Indifferenční práh α odděluje inferenci od nesrovnatelnosti za předpokladu následující referenční situace pro varianty i a j :

Kritéria	1	2	3	...	k-2	k-1	k
Varianta i	1	1	1	...	2	2	2
Varianta j	2	2	2	...	1	1	1

kde k je sudé a všechna kritéria jsou stejně důležitá. Varianta i je v prvních $k / 2$ kritériích první a ve zbylých $k / 2$ kritériích na druhé pozici. Varianta j je v prvních $k / 2$ kritériích druhá, naopak v ostatních $k / 2$ kritériích dominuje. Taková situace je nazývána „dokonalým konfliktem prvního stupně“. Pokud zadavatel zmíněnou situaci vyhodnotí jako nesrovnatelnost, je snadné dokázat, že $\alpha \leq \frac{1}{2(m-1)}$. Stejně tak by byl „dokonalým konfliktem druhého stupně“ následující případ:

Kritéria	1	2	3	...	k-2	k-1	k
Varianta i	1	1	1	...	3	3	3
Varianta j	3	3	3	...	1	1	1

Obecně platí, že pokud je „dokonalý konflikt stupně d “ zadavatelem hodnocen jako nesrovnatelnost, pak indifferenční práh α musí být omezen horní hranicí $\frac{d}{2(m-1)}$, pro $d = 1, \dots, (m - 1)$.

Při testování indiference je nutné brát ohled na dvě podmínky. První z nich udává, že normované preferenční intenzity musí být dostatečně malé: $c_{ji}^n \leq c_{ij}^n \leq \alpha$. Další podmínka

určuje, že rozdíl normovaných preferenčních intenzit je dostatečně malý: $c_{ij}^n - c_{ji}^n \leq \beta$. Pokud dojde ke splnění obou podmínek, pak je prokázána indiference variant i a j .

Čistá relativní intenzita preference páru variant i a j vypadá následovně: $\frac{c_{ij}^n - c_{ji}^n}{c_{ji}^n} = \frac{4}{k-2}$. Z předchozího plyne, že pro práh nesrovnalosti γ existuje dolní mez $\gamma \geq \frac{k-2}{4}$. Další interpretací prahu γ je, že funguje jako parametr rizika. Čím větší je hodnota γ , tím větší je riziko, že zadavatel vybere variantu i proti jiné variantě j , aniž by si byl vědom konfliktní situace a následně implicitně zdůrazňoval důležitost podmnožiny kritérií, kde je varianta i lepší oproti jiné podmnožině, kde je lepší varianta j .

Test nesrovnatelnosti lze provádět, pokud byla vyloučena indiference. Podmínkou nesrovnatelnosti jsou dostatečně velké preferenční intenzity společně s jejich malým rozdílem. Takový stav lze vyjádřit jako: $\frac{c_{ij}^n}{c_{ij}^n - c_{ji}^n} \leq \gamma$. Pokud tato podmínka platí, lze konstatovat, že nelze srovnat zkoumané varianty. Pokud podmínka neplatí, lze určit preferenci i -té varianty před variantou j .

Metoda ORESTE je vhodná pro použití v nejasném kontextu, kdy zadavatel není ochoten nebo schopen poskytnout číselná data nebo váhy kritérií. Metoda jasně poukazuje na možnost nesrovnatelnosti některých variant. Všechny technické parametry jsou snadno interpretovatelné a volbu jejich hodnot lze snadno vést pomocí snadno srozumitelných referenčních situací. Metoda se může přizpůsobit i méně běžným znalostem o datech tím, že upraví postup agregace podle osobních pocitů zadavatele. Analýzu výsledků lze snadno standardizovat. Všechny tyto argumenty činí metodu ORESTE velmi atraktivní metodou. Při výskytu kardinálních vstupních dat se však při použití této metody část informací ztratí. (Pastijn & Leysen, 1989) [9]

4.2 Metody založené na kardinálních informacích

Většina metod vícekritériálního hodnocení variant je založena na znalosti kardinálních informací kritérií (jejich vah) a variant, které jsou většinou zapsány do kritériální matice jako kardinální hodnoty. Takové metody jsou často velmi komplexní. V této práci jsou představené metody, které patří do třech kategorií: maximalizace užitku (WSA, metoda bazické varianty), minimalizace vzdálenosti od ideální varianty (TOPSIS) a vyhodnocení preferenční relace (AGREPREF, PROMETHEE). Každá skupina těchto metod zachází se vstupními daty jiným způsobem, a proto jsem z každé uvedla několik zástupců.

4.2.1 Metoda váženého součtu – WSA

Metoda váženého součtu (Weighted Sum Approach) je podobná bodovací metodě (viz 4.5) a je založena na konstrukci lineární funkce užitku. Je nutné nalézt ideální variantu $H = (h_1, h_2, \dots, h_n)$ a bazální variantu $D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$. Užitek ideální varianty se rovná jedné a užitek bazální varianty je nulový. Celkové užitky variant i dílčí užitky jednotlivých kritérií se pohybují v tomto rozmezí. Následně je nutné upravit původní kritériální matici standardizovanou maticí $R = (r_{ij})^{m \times k}$, která představuje dílčí užitky i -té varianty pro kritérium j . Matici lze získat prostřednictvím vztahu:

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

Celkový užitek i -té varianty lze získat jako vážený součet dílčích užiteků podle jednotlivých kritérií:

$$u_i = \sum_{j=1}^k w_j * r_{ij},$$

kde w_j je váha kritéria j . Čím vyšší je celkový užitek varianty, tím lepší je její pořadí.

(Friebeľová & Klicnarová, 2007, s. 45) [5]

4.2.2 Metoda bazické varianty

Tato metoda se používá pro hodnocení variant s kritérii výnosového a nákladového typu. Jednotlivé varianty se porovnávají s tzv. bazickou variantou. Tato fiktivní varianta může být představována:

- ideální variantou (s nejlepšími hodnotami kritérií),
- bazální variantou (s nejhorsími hodnotami kritérií),
- variantou tvořenou z předem stanovených hodnot (např. průměr),
- reálnou variantou ze zkoumaného souboru.

Pro maximalizační (výnosové) kritérium j , dílčí variantu i a bazickou variantu b platí:

$$u_j^i = \frac{x_j^i}{x_j^b}$$

Pro minimalizační (nákladové) kritérium i se dílčí užitek vypočítá dle vzorce:

$$u_j^i = \frac{x_i^b}{x_j^i}$$

Celkový užitek i -té varianty se získá váženým aritmetickým průměrem dílčích užiteků u_j^i a vah w_j :

$$u^i = \sum_{j=1}^m u_j^i w_j$$

Varianty se následně seřadí sestupně podle celkových užiteků. Negativní stránkou této metody je odlišný tvar funkcí užitku pro výnosové a nákladové kritérium. Křivka popisující výnosy má lineární tvar, pro který platí, že při růstu hodnot dochází ke stále stejnému přírůstku výnosů. Nákladová křivka má hyperbolický tvar a značí degresivní pokles nákladů za stálého růstu hodnot. Minimalizační kritéria se však většinou nechovají podle nákladové křivky, proto dochází k nepřesným výsledkům. V takových případech lze problém zmírnit převedením minimalizačního kritéria na maximalizační a použitím pouze výnosové křivky. (Kasper, 2018, s. 21) [8]

4.2.3 TOPSIS

Metoda TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) byla navržena autory Hwangem a Yoonem v roce 1981. Hlavní myšlenka vzešla z konceptu kompromisního řešení. Jako nejlepší se označuje varianta s nejmenší euklidovskou vzdáleností od ideálního řešení a největší vzdáleností od bazálního řešení. Pro úlohy obsahující m variant a k kritérií lze získat z rozhodovací matice matici normalizovaných hodnot R :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}},$$

kde x_{ij} značí původní hodnotu j -tého kritéria i -té varianty a jmenovatel je geometrickým průměrem hodnot všech variant pro kritérium j . Tato úprava zajistí kompenzování řádově odlišných hodnot mezi kritérii.

V dalším kroku se hodnoty matice R přepočítají pomocí vah w_j a vznikne nová matice T ($t_{ij} = r_{ij} * w_j$). Z hodnot matice T se sestaví ideální (t_j^+) a bazální varianty (t_j^-). Pro každou variantu i lze určit euklidovskou vzdálenost od ideální varianty D_i^+ a euklidovskou vzdálenost od bazální varianty D_i^- :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (t_{ij} - t_j^+)^2}, \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (t_{ij} - t_j^-)^2}.$$

Pro každou variantu i se získá relativní vzdálenost od bazální varianty $C_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-)$, podle které se varianty sestupně seřadí. Nevýhodou této metody je, že nebere ohled na preferenci zadavatele při pohledu na rozdíl v důležitosti vzdáleností od ideální a od bazální varianty. (Tzeng & Huang, 2011, s. 69) [16]

4.2.4 AGREPREF

Pro každou dvojici variant lze definovat stupeň preference. Hodnota $s_{ij} \in \langle 0,1 \rangle$ reprezentuje míru upřednostnění i -té varianty před variantou j . Pro všechny varianty i, j jsou nalezeny množiny indexů:

- $I_{ij} : h \in I_{ij}$, jestliže je podle h -tého kritéria i -tá varianta preferována před variantou j ,
- $I_{ji} : h \in I_{ji}$, jestliže je podle h -tého kritéria j -tá varianta preferována před variantou i ,
- $I_{i-j} : h \in I_{i-j}$, jestliže je podle h -tého kritéria i -tá varianta indiferentní k variantě j .

Stupeň preference s_{ij} varianty i před j lze získat dle vzorce:

$$s_{ij} = \sum_{h \in I_{ij}} w_h.$$

Stupeň preference s_{ji} varianty j před variantou i lze získat dle vzorce:

$$s_{ji} = \sum_{h \in I_{ji}} w_h.$$

Stupeň indiference variant i, j lze získat dle vzorce:

$$s_{i-j} = \sum_{h \in I_{i-j}} w_h.$$

Pokud je součet vah w_h všech kritérií roven jedné, pak součet s_{ij} , s_{ji} a s_{i-j} musí být také roven jednotce. V případě, že s_{ij} je větší než s_{ji} , tak lze určit preferenci varianty i před variantou j . Varianty i a j jsou indiferentní, pokud $s_{ij} = s_{ji}$ nebo $s_{i-j} = 1$.

Metoda AGREPREF je založena na zobecnění pravidla většiny. V této metodě jsou použity dva prahy citlivosti (práh indiference α a práh preference β). Práh indiference α ukazuje, jak velký by měl být stupeň indiference s_{i-j} , aby mohly být varianty i a j považovány za indiferentní. Práh preference β ukazuje, jak velký by měl být rozdíl stupňů preferencí ($s_{ij} - s_{ji}$), aby mohla být i -tá varianta preferována před variantou j . Koeficienty α a β pochází z intervalu $\langle 0;1 \rangle$.

Každá dvojice variant i, j je nejprve testována na indiferenci. Pokud není prokázána, testuje se preference i před j . Pokud je taková preference zamítnuta, je nutné testovat upřednostnění varianty j před i . V případě, že není prokázána ani tato preference, jsou

varianty i, j považovány za nesrovnatelné. Ze zjištěných poznatků je nutné sestavit matici preferencí P , pro kterou platí:

- $p_{ij} = 1$, jestliže je preferována varianta i před j ,
- $p_{ij} = 0$, pokud preference neplatí.

Získaná neúplná preferenční relace nemusí být nutně tranzitivní. Pokud je porušena tranzitivita ($p_{hi} = p_{ij} = 1, p_{hj} = 0$), je nutné sestavit tranzitivní uzávěr. Je nutné upravit matici P změnou některých nul na jedničky s cílem dosažení schodovitého tvaru matice. K úpravě matice lze použít index d_h , který udává rozdíl mezi počtem variant d_h^+ , před kterými je varianta h preferována, a počtem variant d_h^- , které jsou preferované před variantou h . Indexy lze získat vzorci: $d_h = d_h^+ - d_h^-$, kde $d_h^+ = \sum_{j=1}^P P_{hj}$, $d_h^- = \sum_{i=1}^P P_{ih}$.

Řádky a sloupce se seřadí dle klesajících hodnot d_h . V případě, že je alespoň jeden prvek na diagonále a pod diagonálou roven jedné, existuje zde cyklus a je třeba nahradit jedničky nulami. Finální matice je maticí semiuspořádání variant. (Hradílek et al., 2006) [7], (Sekničková, 2013) [14]

4.2.5 PROMETHEE

Metoda PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) byla poprvé zmíněna autorem J. P. Bransem v roce 1982 a dále rozšířena ve spolupráci s B. Mareschalem v letech 1988, 1992 a 1994. Metoda je aplikovatelná v mnoha oborech, kterými jsou např. bankovníctví, plánování pracovních sil, vodní zdroje, investice, lékařství, chemie, zdravotnictví, cestovní ruch a etika. Metoda je založena na párovém porovnání všech variant pomocí preferenčních funkcí, které popisují sílu preference varianty v rámci kritéria.

Nejdříve je nutné spočítat všechny vzdálenosti mezi variantami. Vzdálenost mezi variantami a a b pro kritérium j se značí $d_j(a,b)$ a získá se jako rozdíl vstupních hodnot těchto variant. Preferenční funkce P_j , která popisuje kritérium j , je funkčně závislá na vzdálenosti d_j : $P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)]$.

Pro každé kritérium je možné zvolit z několika různých typů preferenčních funkcí:

a) Klasické kritérium se používá v případě, kdy jakýkoliv rozdíl mezi variantami značí absolutní preferenci: $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$.

b) Kritérium ve tvaru U se chová podobně jako klasické kritérium, obsahuje navíc tzv. indifferenční oblast. Šíře oblasti q značí, do jaké míry je hodnota rozdílu mezi variantami zanedbatelná:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$$

c) Kritérium ve tvaru V lineárně stoupá mezi nulou a zvolenou hodnotou p :

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$$

d) Úrovňové kritérium rozlišuje pouze tři stavy. Jedná se o absolutní preferenci, poloviční preferenci a situaci, kde k preferenci nedochází. Parametr q je horní hranicí indifferenční oblasti a parametr p horní hranicí oblasti poloviční:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$$

e) Kritérium ve tvaru V s indifferenční oblastí je propojením kritéria ve tvaru U a kritéria ve tvaru V:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$$

f) Gaussovo kritérium je nejpřesnějším vyjádřením síly preference a počítá s parametrem s , který značí směrodatnou odchylku. Toto kritérium bere v potaz i velmi malé rozdíly mezi variantami:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}}, & d > 0 \end{cases}$$

Metoda **PROMETHEE I** je založena na párovém srovnání variant. Nejdříve je nutné spočítat hodnotu preferenčního indexu π , který měří sílu preference varianty a před variantou b . Hodnoty indexu se vyskytují mezi 0 a 1 a získají se pomocí vzorce:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b)w_j, \quad \pi(a, a) = 0,$$

kde w_j značí váhu j -tého kritéria.

Každá varianta a se porovnává s $n - 1$ alternativami a definují se pro ni výstupní a vstupní toky:

- výstupní (kladný) tok $\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$,
- vstupní (záporný) tok $\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$,

kde A je množinou všech zkoumaných variant.

Výstupní tok ϕ^+ vyjadřuje, o kolik varianta a převyšuje hodnocení ostatních variant x . Čím je výstupní tok vyšší, tím je varianta a lepší. Vstupní tok ϕ^- vyjadřuje, jak je varianta a převyšena ostatními a představuje nevýhodu. Metoda PROMETHEE I je schopná určit, zda mezi dvěma variantami nastane preference, indiference nebo nesrovnatelnost. Jejím rozšířením je metoda PROMETHEE II, která srovnává varianty podle čistých toků $\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$. Čím větší má varianta a čistý tok, tím je její postavení lepší.

(Brans et al., 2005) [2], (Tzeng & Huang, 2011, s. 95) [16]

5 Analýza obalu dat

Analýza obalu dat, anglicky Data Envelopment Analysis (DEA), je přístup k datům zaměřený na hodnocení efektivity množiny produkčních jednotek, které přeměňují několik vstupů na několik výstupů. Produkčními jednotkami mohou být pobočky potravinářských řetězců, průmyslové firmy, pobočky bank, nemocnice, školy, úřady atd. Analýzu obalu dat lze použít i v případech, kdy je vztah mezi vstupy a výstupy komplexní nebo neznámý. Tato analýza také může poskytnout nový náhled na aktivity, které byly dříve zhodnoceny jinými metodami, a najít mnoho zdrojů neefektivnosti, například při procesu benchmarking.

Studium analýzy obalu dat bylo přestaveno v prvním článku o DEA Charnes et al. (1978), kde americký matematik tento přístup popsal jako „matematický programovací model aplikovaný na pozorovaná data, který poskytuje nový způsob získávání empirických odhadů o vztazích, jako jsou produkční funkce a efektivní povrchy produkčních možností, které jsou základním kamenem moderní ekonomiky.“ Produkční jednotka je zcela efektivní v případě, že není možné zlepšit některý vstup či výstup bez zhoršení jiných vstupů či výstupů. (Charnes et al., 1978) [3], (Cooper et al., 2011) [4]

Výhodou DEA je možnost vyjádření vstupů a výstupů v různých jednotkách bez potřeby dodatečné normalizace nebo jiné úpravy. Není nutné hledat jakoukoli funkční závislost mezi vstupy a výstupy. Analýza obalu dat je vhodná, pokud zadavatel úlohy nezná žádné vyjádření preferencí. DEA poskytuje nejen míru efektivity, ale i cílové hodnoty vstupů a výstupů pro dosažení efektivity. (Jablonský & Dlouhý, 2004) [6]

5.1 CCR (Charles, Cooper, Rhodes) model

Předpokládá se, že existuje n produkčních jednotek. Každá z nich využívá různé množství m vstupů na produkci různých výstupů. Produkční jednotka U_j spotřebuje x_{ij} množství vstupu i a vyprodukuje y_{rj} výstupu r . Předpokládá se nezápornost vstupů a výstupů. Každá jednotka má alespoň jeden kladný vstup a výstup. Konstrukci CCR modelu je možné interpretovat jako eliminaci více vstupů či výstupů pro každou jednotku na úlohu s jedním virtuálním vstupem a výstupem. Míru efektivity jednotky lze vyjádřit jako podíl váženého součtu výstupů a váženého součtu vstupů, který má být maximalizován:

$$\max h_o(u, v) = \frac{\sum_r u_r y_{ro}}{\sum_i v_i x_{io}}$$

kde proměnnými jsou váhy výstupů u_r a váhy vstupů v_i pro jednotku U_0 . Aby efektivita každé jednotky nepřesáhla hodnotu jedna, je nutná začlenit následující omezení:

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1 \text{ pro } j = 1, \dots, n,$$

$$u_r, v_i \geq 0 \text{ pro všechna } i, r.$$

Charnes a Cooper transformovali v roce 1962 původní model na úlohu řešitelnou pomocí lineárního programování. Nového modelu orientovaného na vstupy dosáhli předpokladem rovnosti váženého součtu vstupů hodnotě jedna a ekvivalentní úpravou jedné podmínky řešení:

$$\begin{aligned} \max z &= \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} &= 1, \quad u_r, v_i \geq 0 \text{ pro všechna } i, r. \end{aligned}$$

Dalším podobným modelem, který je často označován jako tzv. „Farrellův model“, lze zjistit, které produkční jednotky tvoří množinu peer jednotek zkoumané neefektivní jednotky, a zároveň je možné získat koeficienty λ_j , které tvoří virtuální efektivní jednotku ke zkoumané jednotce:

$$\theta^* = \min \theta,$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{i0} \quad \text{pro } i = 1, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0} \quad \text{pro } r = 1, \dots, s,$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \text{pro } j = 1, \dots, n.$$

Alternativně je možné sestavit model orientovaný na výstupy, což by změnilo hlavní cíl účelové funkce z nalezení maxima na nalezení minima:

$$\min h_o(u, v) = \frac{\sum_r v_i x_{io}}{\sum_i u_r y_{ro}},$$

$$\frac{\sum_r v_i x_{ij}}{\sum_i u_r y_{rj}} \geq 1 \text{ pro } j = 1, \dots, n,$$

$$u_r, v_i \geq 0 \text{ pro všechna } i, r.$$

Charnes-Cooperovy transformace na model lineárního programování lze dosáhnout tím, že je vážený součet výstupů roven jedné a minimalizuje se vážený součet vstupů:

$$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} = 1, u_r, v_i \geq 0 \text{ pro všechna } i, r.$$

Nový model je s původním modelem ekvivalentní. (Cooper et al., 2011, str. 7-18) [4]

6 Propojení DEA a vícekriteriálního rozhodování

Analýza obalu dat a vícekriteriální rozhodování jsou dvě disciplíny, které porovnávají několik možností a vybírají z nich přijatelné, nebo nalézají tu nejlepší. Disciplíny jsou navíc podobné tím, že jsou vstupy analýzy obalu dat nákladovými kritérii a výstupy kritérii výnosovými. Srovnáním DEA analýzy a specifických metod vícekriteriálního rozhodování nebo problémy v implementaci těchto metod se již v minulosti zabývalo mnoho autorů, mezi které patří Stewart (1996), Sarkis (1997), Li a Reeves (1998), Bouyssou (1999) a Opricovic a Tzeng (2003). V Čechách se již otázkou, zdali je možné porovnat výsledky obou disciplín, zaobíraly autorky Markéta Dvořáková a Jana Klicnarová. Jejich studie obsahovala metody WSA, TOPSIS a CCR model orientovaný na výstupy. V mé diplomové práci jsem se inspirovala jejich poznatky a rozhodla zmíněný výzkum dále rozvést. Položila jsem si otázky, zdali je možné porovnat výsledky DEA a vícekriteriálního rozhodování, jestli záleží na zvolené metodě vícekriteriálního hodnocení a jestli se výsledky změní při použití různých modelů DEA.

Nejdříve je nutné si zvolit úlohu, která obsahuje produkční jednotky a lze na ni proto aplikovat model DEA. Následně jsou získány efektivní jednotky a příslušné váhy, pod kterými je jednotka nejlépe hodnocena. Takové váhy však nejsou normalizované, je nutné je upravit následovně:

$$u_i' = \frac{u_i}{\sum_{i=1}^l u_i + \sum_{j=1}^k v_j} \text{ a } v_j' = \frac{v_j}{\sum_{i=1}^l u_i + \sum_{j=1}^k v_j},$$

kde u_i' značí upravenou váhu i -tého vstupu (nákladového kritéria), l je počet vstupů, v_j' značí upravenou váhu j -tého výstupu (výnosového kritéria) a k je počet výstupů. Model najde váhy, pod kterými produkční jednotka dopadne nejlépe, a nejsou zde vůbec zohledněny preference zadavatele. Takové váhy následně použiji v různých metodách vícekriteriálního hodnocení variant a jejich výsledky porovná s výsledky DEA. (Dvořáková & Klicnarová, 2017) [5]

6.1 Spearmanův koeficient

Spearmanův koeficient pořadové korelace, značený ρ , je bezrozměrná hodnota, která udává statistickou závislost mezi dvěma veličinami. Pohybuje se stejně jako Pearsonův korelační koeficient v intervalu od -1 do 1. Spearmanův koeficient se využívá k porovnání dvou náhodných veličin X a Y o n pozorováních s neznámým pravděpodobnostním rozdělením. Je nutné určit pořadí náhodných veličin $R(X_i)$ a $R(Y_i)$. Jejich difference $d_i = R(X_i) - R(Y_i)$ jsou použity k sestrojení Spearmanova koeficientu ρ :

$$\rho = 1 - \frac{\sum_i^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}.$$

(Spearman, 1904) [15]

7 Stabilita řešení metodami vícekriteriálního rozhodování

Zásadním problémem metod vícekriteriálního hodnocení variant je posouzení důležitosti jednotlivých kritérií. U některých metod jsou vyžadovány kvantitativní váhy a potřebné informace je mnohdy obtížné získat. Tyto parametry nemají jasný ekonomický význam, ale více či méně ovlivňují výsledky analýzy v závislosti na použité metodě. Některé metody, jakou je například ORESTE, jsou navrženy tak, že vyžadují jen pořadí důležitosti kritérií. Takové metody eliminují problém stanovení kardinálních vah, ale při použití menšího množství informací mohou vést k méně realistickým závěrům. Pokud zná zadavatel preference, musí je použít, aby dostal správné řešení.

Použití kardinálních vah dává příležitost blíže modelovat skutečné aspekty rozhodovacích úloh, zároveň je však nutné si ověřit, jestli tyto váhy byly správně odhadnuty. Pro širokou škálu metod, které se nazývají „aditivními“ a zahrnují aditivní užitek funkce a metody založené na vyhodnocování preferenčních relací, jakou je např. PROMETHEE, lze definovat intervaly stability pro váhy různých kritérií. Ty obsahují hodnoty, které mohou nabývat váhy jednoho kritéria, aniž by se změnila výsledky dané počáteční sadou vah, přičemž všechny ostatní váhy zůstávají konstantní. (Mareschal, 1988) [11]

7.1 Interval stability vah

Interval stability vah představují hodnoty, kterých může nabývat váha jednoho kritéria, aniž by se změnila výsledky pořadí variant dané počáteční sadou vah, přičemž všechny ostatní váhy zůstávají konstantní. Při konstrukci těchto intervalů vah jsou nejprve definovány úpravy původních vah. Předpokládá se, že původní váhy pro k kritérií jsou normalizované a jejich suma je rovna 1:

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1.$$

Zkoumají se změny v pořadí variant, kromě jednoho kritéria i zůstanou všechny váhy kritérií konstantní. Váha kritéria w_i může být zvýšena či snížena ze své původní hodnoty. Hranice, ve kterých je dosaženo stability, tvoří interval stability váhy. Modifikovaná váha i -tého kritéria se udává jako: $w_i' = (1+\beta) w_i$, $\beta \geq -1$.

Aby upravená sada vah zůstala normalizovaná, je nutné proměnit ostatní váhy. Změna důležitosti váhy kritéria i je zajištěna úpravou zbylých vah podle vzorce: $w_j' = \alpha w_j$, $i \neq j$. Parametry α a β jsou na sobě závislé a jsou omezené tak, aby byly upravené váhy nezáporné a jejich součet roven jedné:

$$\alpha = \frac{1-(1+\beta)w_i}{1-w_i}, -1 \leq \beta \leq \frac{1-w_i}{w_i}, 0 \leq \alpha \leq \frac{w_i}{1-w_i}.$$

Je nutné definovat, že vícekritériální metoda je aditivní metodou řádu r , pouze pokud existuje r reálných funkcí tvaru:

$$V_e(a) = \sum_{j=1}^k w_j V_{ej}(f_j(a), f_j(A)),$$

kde $a \in A$, jež je množina všech variant, a $f_j(a)$ značí hodnotu varianty a v j -tém kritériu. Parametr $f_j(A)$ značí možnou závislost dílčí funkce V_{ej} na všech ostatních variantách. Funkce V_{ej} je dílčí funkcí řádu e patřící ke kritériu j . Parametr k značí počet kritérií a řád $e = 1, \dots, r$. Celková funkce $V_e(a)$ značí výsledný užitek a -té varianty podle zvolené metody.

Pro všechny varianty $a, b \in A$ a $e = 1, \dots, r$ lze určit:

- a je preferováno před b , pokud $V_e(a) \geq V_e(b)$ a nerovnost je alespoň jednou ostrá,
- a je indiferentní k b , pokud $V_e(a) = V_e(b)$,
- a je nesrovnatelné s b , pokud neplatí preference ani indiference.

Zápis $V_{ej}(f_j(a), f_j(A))$ ukazuje závislost nejen na hodnotě $f_j(a)$, ale také možnou závislost na hodnocení ostatních variant. Pro $r = 1$ platí, že lze určit úplné uspořádání a pro větší r lze určit částečné uspořádání.

Celkovou aditivní funkci užitku prvního řádu $V_1(a)$ pro variantu a lze definovat pomocí dílčích funkcí užitku u_j , která je závislá na kritériu j a může se podle zvolené vícekritériální metody počítat různým způsobem (např. preferenční funkce u metody PROMETHEE) vzorcem:

$$V_1(a) = \sum_{j=1}^k w_j V_{1j}(f_j(a), f_j(A)) = \sum_{j=1}^k w_j u_j(a).$$

Předpokládá se, že pokud je varianta a preferovaná před variantou b , pak platí vztah: $V_1(a) > V_1(b)$. Pokud jsou varianty indiferentní, pak $V_1(a) = V_1(b)$.

Aditivní funkce užitku variant a a b s upravenými vahami jsou označeny jako $V'(a)$ a $V'(b)$. Obecně pro aditivní funkci užitku řádu e , kde se primárně modifikuje kritérium i , platí: $V_e' = \alpha V_e(a) + (1 - \alpha) V_{ei}(a)$.

Pokud by modifikací vah došlo ke změně preferencí mezi variantami a a b , tak nastane situace: $[V(a) - V(b)] \cdot [V'(a) - V'(b)] < 0$.

Dále se za předpokladu prvního řádu označí:

$\Delta(a, b) = V(a) - V(b)$, které značí rozdíl původních aditivních funkcí;

$\Delta_i(a, b) = V_i(a) - V_i(b)$, které značí rozdíl dílčích částí původních aditivních funkcí, která náleží ke kritériu i .

Předpoklad stability, kdy se nemění preference dvou variant a nestává se z nich indiference, lze vyjádřit vztahem: $\Delta(a, b) \Delta'(a, b) > 0$, kde Δ' je ekvivalentem Δ pro upravené váhy. Použitím předešlých vzorců lze určit podmínku:

$$\Delta(a, b) [\alpha \Delta(a, b) + (1-\alpha) \Delta_i(a, b)] > 0.$$

Úpravou předešlé podmínky lze získat interval omezení parametru α zajišťujícího stabilitu pro varianty a a b , který lze nakonec upravit na koeficient β .

Za podmínky, že platí $\Delta(a, b) \Delta_i(a, b) > \Delta^2(a, b)$, lze horní hranici stability získat vzorcem:

$$\max(\alpha, 1) < \frac{\Delta(a, b) \Delta_i(a, b)}{\Delta(a, b) \Delta_i(a, b) - \Delta^2(a, b)} = 1 + \frac{\Delta^2(a, b)}{\Delta(a, b) \Delta_i(a, b) - \Delta^2(a, b)}.$$

Jestliže platí $\Delta(a, b) \Delta_i(a, b) < 0$, dolní hranice je určena nerovnicí:

$$\min(\alpha, 1) > \frac{\Delta(a, b) \Delta_i(a, b)}{\Delta(a, b) \Delta_i(a, b) - \Delta^2(a, b)} = 1 + \frac{\Delta^2(a, b)}{\Delta(a, b) \Delta_i(a, b) - \Delta^2(a, b)}.$$

V případě, že $0 \leq \Delta(a, b) \Delta_i(a, b) \leq \Delta^2(a, b)$, nedochází k žádné změně preferencí variant a a b . Jsou-li varianty a a b indiferentní, tak $\Delta(a, b) = 0$. Indiference je zachována za upravených vah právě tehdy, když $\Delta'(a, b) = 0$. Stabilita je v prvním případě získána, pokud nastane $\Delta_i(a, b) = 0$, a důsledkem je, že pro α nelze najít žádné omezení (varianty a a b zůstanou vždy indiferentní). Ve druhém případě, kde se α rovná jedné, nelze váhu w_i upravit, aniž by se indiference změnila na preferenci.

Pro definování úplné stability intervalu váhy daného kritéria, kde se nemění pořadí preferencí žádné dvojice variant a, b ani indiference variant v celé množině A , je nutné zavést následující množiny:

$$\Omega^0 = \{ (a, b) \in A \times A, \Delta(a, b) = 0 \text{ a zároveň } \Delta_i(a, b) \neq 0 \},$$

$$\Omega^- = \{ (a, b) \in A \times A, \Delta(a, b) \Delta_i(a, b) < 0 \},$$

$$\Omega^+ = \{ (a, b) \in A \times A, \Delta(a, b) \Delta_i(a, b) > \Delta^2(a, b) \}.$$

Pokud se množina Ω° nerovná prázdné množině, tak se α rovná jednotce a původní váhy nelze upravit, protože by u indiferentní dvojice nastala preference. Pokud je Ω° prázdnou množinou, tak je řešení stabilní pro: $\alpha_i^- < \alpha < \alpha_i^+$.

$$\alpha_i^- = \max_{(a,b) \in \Omega^-} \frac{\Delta(a, b) \Delta_i(a, b)}{\Delta(a, b)\Delta_i(a, b) - \Delta^2(a, b)},$$

$$\alpha_i^+ = \min_{(a,b) \in \Omega^+} \frac{\Delta(a, b) \Delta_i(a, b)}{\Delta(a, b)\Delta_i(a, b) - \Delta^2(a, b)}.$$

Jelikož jsou koeficienty α a β závislé, platí mezi nimi vztah: $\beta = \frac{1-w_i}{w_i} (1 - \alpha)$ a pro interval stability vah platí: $\beta_i^- < \beta < \beta_i^+$. Hranice intervalu se tak vypočítají podle vzorců:

$$\beta_i^- = \frac{1 - w_i}{w_i} (1 - \alpha_i^+),$$

$$\beta_i^+ = \frac{1 - w_i}{w_i} (1 - \alpha_i^-).$$

Interval stability vah pro kritérium i , lze definovat jako (w_i^-, w_i^+) , kde: $w_i^- = (1 + \beta_i^-) w_i$ a $w_i^+ = (1 + \beta_i^+) w_i$. (Mareschal, 1988) [11]

8 Využití metod v praxi

8.1 Zadání praktické úlohy propojení DEA a vícekriteriálního rozhodování

Malé a střední podniky (MSP) představují prvek prosperity a podporují zaměstnanost. Generují velký počet pracovních míst, podporují konkurenční prostředí a přicházejí s důležitými inovacemi. Je také všeobecně známo, že malé a střední podniky čelí jiným výzvám než velké podniky. Rozvoj a nárůst počtu MSP je podstatnou součástí sféry každého státu, na podpoře tohoto procesu se podílí v evropském prostředí Evropská unie svými dotacemi, kterými pomáhá členským státům v tomto sektoru. Tématem praktické části mé diplomové práce jsem proto zvolila porovnání členských států Evropské unie dle prosperity jejich malých a středních podniků.

Data, která jsem využila k porovnání zemí podle prosperity MSP, vychází z ročního průzkumu „*Survey on the access to finance of enterprises (SAFE)*“ vedeného Evropskou komisí ve spolupráci s Evropskou centrální bankou. Průzkum je zaměřen primárně na způsoby financování MSP, ale jeho součástí jsou zároveň data zaměřená na podniky samotné. Právě taková data byla vybrána pro srovnání prostřednictvím metod vícekriteriálního rozhodování a analýzy obalu dat. (Kwaak et al., 2021) [10]

Otázky, na které se Evropská komise dotazovala malých a středních firem a z nichž lze získat vstupy a výstupy potřebné k použití metod DEA, zněly následovně:

- Jak se ve společnosti vyvíjely v posledních 6 měsících ostatní náklady (materiál, energie, jiné)? Snížily se, zůstaly neměnné, nebo vzrostly?
- Jak se vyvíjely v posledních 6 měsících mzdové náklady včetně sociálních příspěvků? Snížily se, zůstaly neměnné, nebo vzrostly?
- Jaká úroková sazba byla účtována za úvěrový rámec nebo kontokorent, o který jste požádali?
- Jak se ve společnosti vyvíjel v posledních 6 měsících obrát? Snížil se, zůstal neměnný, nebo vzrostl?
- Jak se ve společnosti vyvíjel v posledních 6 měsících čistý zisk po zdanění? Snížil se, zůstal neměnný, nebo vzrostl?
- Zavedli jste ve vaší firmě v posledních 12 měsících nový nebo výrazně vylepšený výrobní proces či metodu?

Kromě průměrné úrokové míry získané údaje ukazují, kolik procent podniků zaznamenalo čistý narůst/pokles v dané sféře. Tázané podniky informovaly o tom, jestli byly zmíněné veličiny rostoucí, stabilní nebo klesající. Analýza obalu dat většinou zpracovává absolutní velikosti vstupů a výstupů, ale v tomto případě byly k dispozici pouze údaje o relativním počtu podniků, kde dochází ke zvýšení či snížení. Nejsou typickými vstupy a výstupy, ale splňují předpoklady, že vstupy musí být minimalizovány a výstupy maximalizovány. Údaje je nutné upravit, aby splnili další předpoklad DEA, protože model umí zpracovat pouze data obsahující nezáporné hodnoty. Původní údaje (viz příloha 1) u obrátu a čistého zisku, ve kterých se vyskytovaly záporné hodnoty, byly proto upravené odečtením absolutního minima daného výstupu.

Produkční jednotky	Vstupy			Výstupy		
	Materiál, energie, jiné	Osobní náklady	Průměrná úroková míra	Obrat	Čistý zisk	Inovace
EU27	72.27%	45.83%	2.51%	21.82%	24.02%	26.41%
Belgie	66.78%	45.53%	1.78%	22.86%	31.17%	17.05%
Bulharsko	82.03%	58.52%	2.88%	3.02%	0.00%	26.98%
Česká republika	72.49%	41.04%	2.33%	12.17%	29.67%	37.39%
Chorvatsko	68.77%	48.71%	2.61%	23.68%	28.55%	29.17%
Dánsko	54.42%	54.67%	3.14%	47.79%	52.21%	25.79%
Estonsko	70.85%	56.12%	3.33%	36.11%	30.78%	21.79%
Finsko	70.10%	50.50%	2.99%	31.14%	35.83%	45.56%
Francie	74.23%	34.48%	1.63%	17.30%	20.73%	20.07%
Irsko	80.67%	55.38%	4.57%	24.52%	30.52%	29.45%
Itálie	69.21%	30.61%	2.39%	24.03%	20.34%	29.89%
Kypr	76.20%	51.11%	2.92%	17.78%	8.02%	34.39%
Litva	81.19%	52.20%	3.45%	8.79%	11.30%	35.17%
Lotyšsko	72.67%	47.17%	6.53%	0.00%	4.36%	20.56%
Lucembursko	60.29%	35.95%	1.52%	17.11%	16.07%	20.84%
Maďarsko	74.31%	49.76%	2.14%	19.67%	30.14%	18.71%
Malta	58.31%	44.32%	3.64%	7.02%	12.26%	25.42%
Německo	72.16%	51.42%	2.34%	24.11%	28.13%	24.00%
Nizozemsko	54.49%	45.93%	2.41%	33.88%	42.94%	20.34%
Polsko	87.46%	67.97%	3.66%	11.45%	17.73%	26.35%
Portugalsko	68.76%	44.53%	1.76%	25.37%	19.54%	32.14%
Rakousko	66.44%	56.63%	1.67%	35.29%	39.33%	30.89%
Řecko	67.08%	26.57%	4.18%	26.82%	12.85%	26.73%
Rumunsko	83.14%	63.83%	2.98%	25.34%	29.11%	38.77%
Slovensko	64.72%	50.31%	4.93%	7.90%	10.50%	28.51%
Slovinsko	75.86%	47.77%	2.28%	15.26%	25.90%	29.80%
Španělsko	75.98%	41.80%	2.40%	17.89%	14.35%	26.75%
Švédsko	57.88%	34.99%	5.00%	32.53%	34.36%	24.97%

Tabulka 1: Upravené údaje o nárůstu/poklesu vstupů a výstupů dle jednotlivých států, inovace za období září 2020 až září 2021, ostatní za období od dubna do září roku 2021

8.2 Řešení úlohy – CCR model orientovaný na vstupy

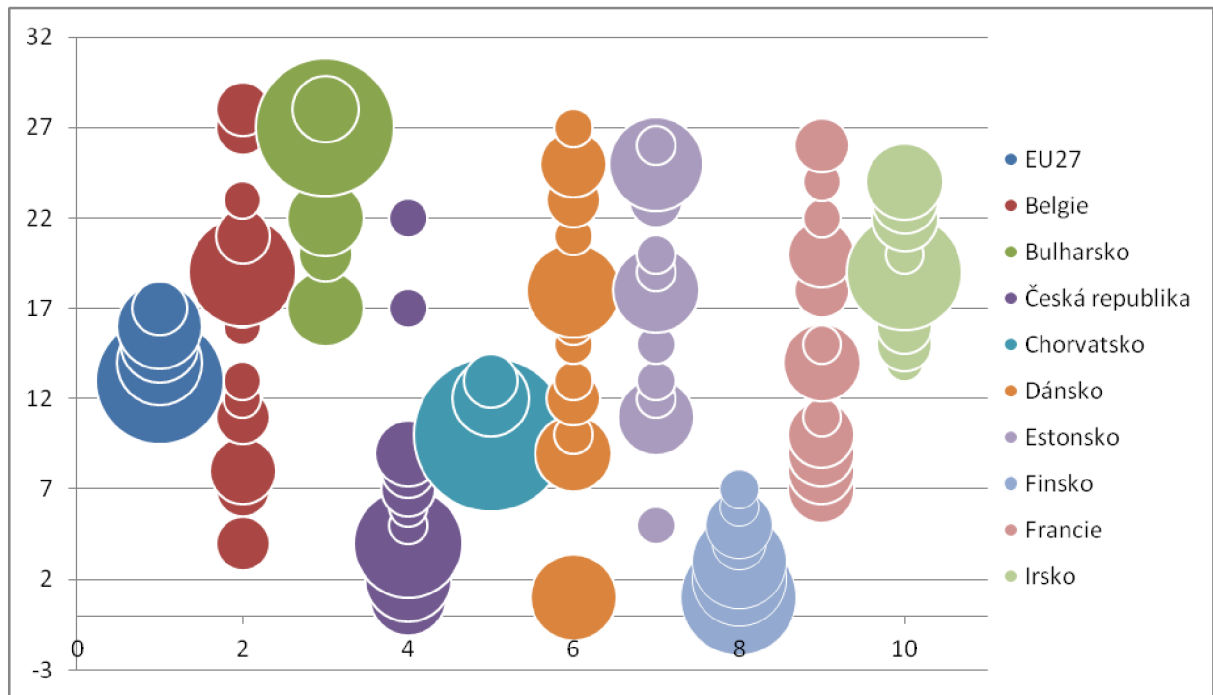
Ke zpracování zadané úlohy jsem použila software Microsoft Excel a software R s balíčkem deaR, který byl vyvinut k řešení problémů analýzy a obalu dat. Vypočítala jsem hodnoty efektivity produkčních jednotek a příslušné váhy za použití vstupně orientovaného CCR modelu. Původní váhy nebyly normované a je možné je nalézt v příloze 2. Pro použití metod vícekritériálního rozhodování je však většinou nutné pracovat s normovanými vahami.

	Produkční jednotky	Materiál, energie, jiné	Osobní náklady	Průměrná úroková míra	Obrat	Čistý zisk	Inovace
1	EU27	0	0.0777341	0.75786365	0.066475	0.03505	0.062878
2	Belgie	0	0.0325924	0.88300685	0	0.084401	0
3	Bulharsko	0.015801	0.0009939	0.89880394	0	0	0.084401
4	Česká republika	0.009806	0.0669226	0.76385887	0	0.093816	0.065597
5	Chorvatsko	0	0.0783612	0.76243278	0.011175	0.088012	0.060019
6	Dánsko	0.467627	0	0	0.532373	0	0
7	Estonsko	0	0.0674982	0.78103963	0.101607	0	0.049855
8	Finsko	0.371310	0	0	0.181379	0	0.447311
9	Francie	0	0.0783612	0.76243280	0.011175	0.088012	0.060019
10	Irsko	0.013791	0.248054	0.36957153	0	0.225738	0.142845
11	Itálie	0.039946	0.2315341	0.32133201	0.179604	0.052452	0.175132
12	Kypr	0.007804	0.0177784	0.88464736	0	0	0.089771
13	Litva	0.042356	0.398425	0.04919223	0	0	0.510026
14	Lotyšsko	0.048950	0.4153491	0	0	0	0.535701
15	Lucembursko	0	0.0536942	0.81339863	0.061467	0.002663	0.068777
16	Maďarsko	0	0.0716013	0.78125442	0	0.096354	0.050791
17	Malta	0.393908	0	0	0	0	0.606092
18	Německo	0	0.0783612	0.76243275	0.011175	0.088012	0.060019
19	Nizozemsko	0.014021	0.0167108	0.88400739	0	0.085261	0
20	Polsko	0.016963	0	0.89800320	0	0	0.085034
21	Portugalsko	0.015801	0.0009939	0.89880391	0	0	0.084401
22	Rakousko	0.065888	0	0.76105755	0.068702	0	0.104353
23	Řecko	0.128780	0.2753935	0	0.292212	0	0.303614
24	Rumunsko	0.015801	0.0009939	0.89880393	0	0	0.084401
25	Slovensko	0.393908	0	0	0	0	0.606092
26	Slovinsko	0	0.0170069	0.90572056	0	0.010497	0.066776
27	Španělsko	0	0.0372869	0.86193806	0.009100	0	0.091675
28	Švédsko	0.135668	0.2664353	0	0.296642	0	0.301254

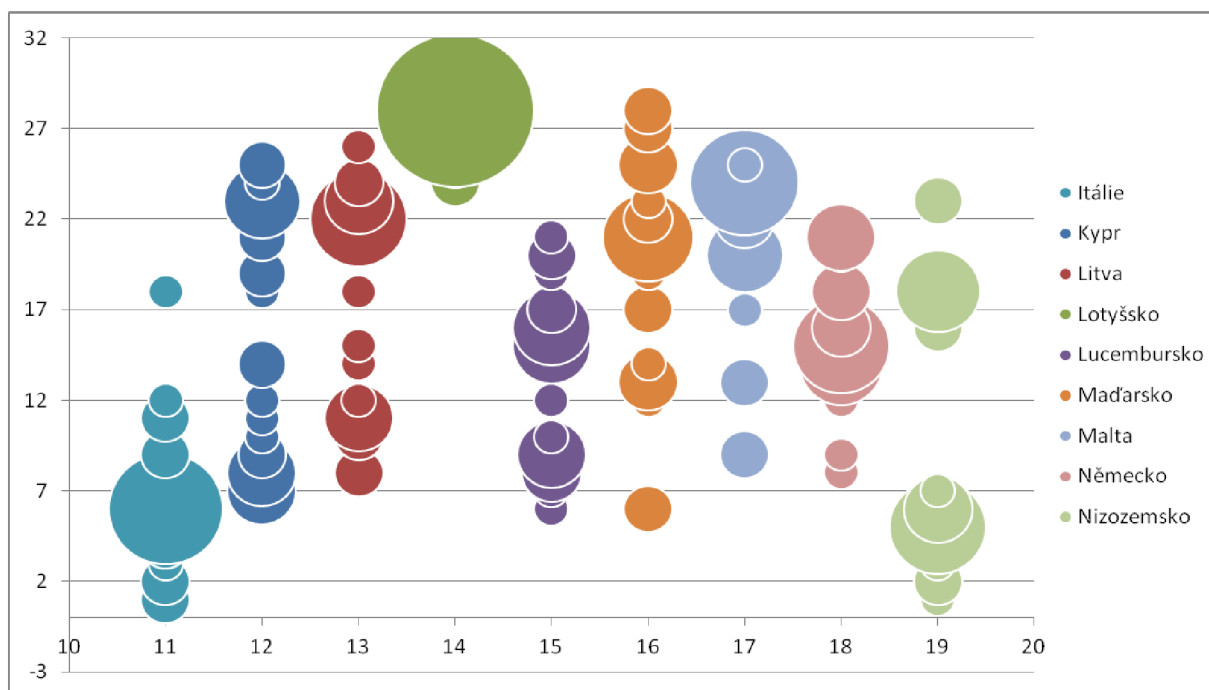
Tabulka 2: Vstupně orientovaný model – normované váhy

8.2.1 Pořadí dle efektivity

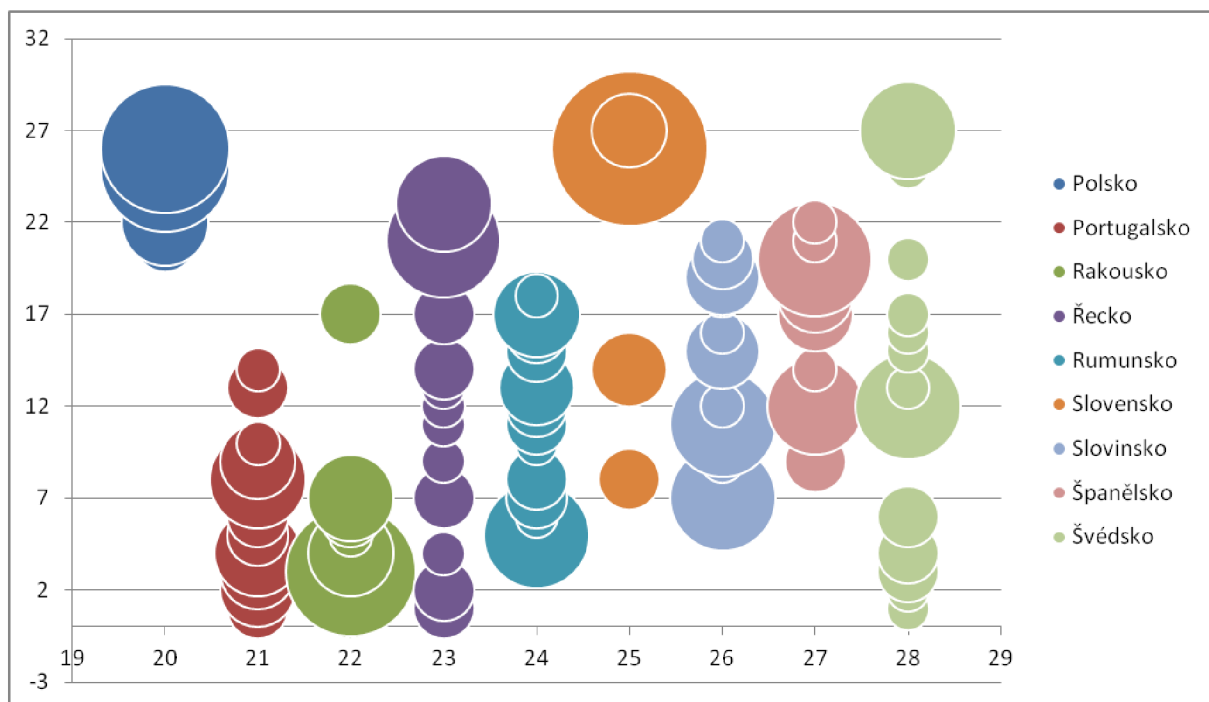
V předešlé tabulce jsem získala pro každou produkční jednotku váhy, za kterých má jednotka maximální možnou efektivitu. Každou takovou váhu jsem použila ke zjištění efektivity všech produkčních jednotek a určila jsem jejich pořadí, viz příloha 3. Kromě jednotek EU27 (obsahuje průměry vstupů a výstupů všech zemí Evropské unie), Chorvatska, Lotyšska a Polska vykazuje většina zemí EU vysokou variabilitu.



Obrázek 1: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 3



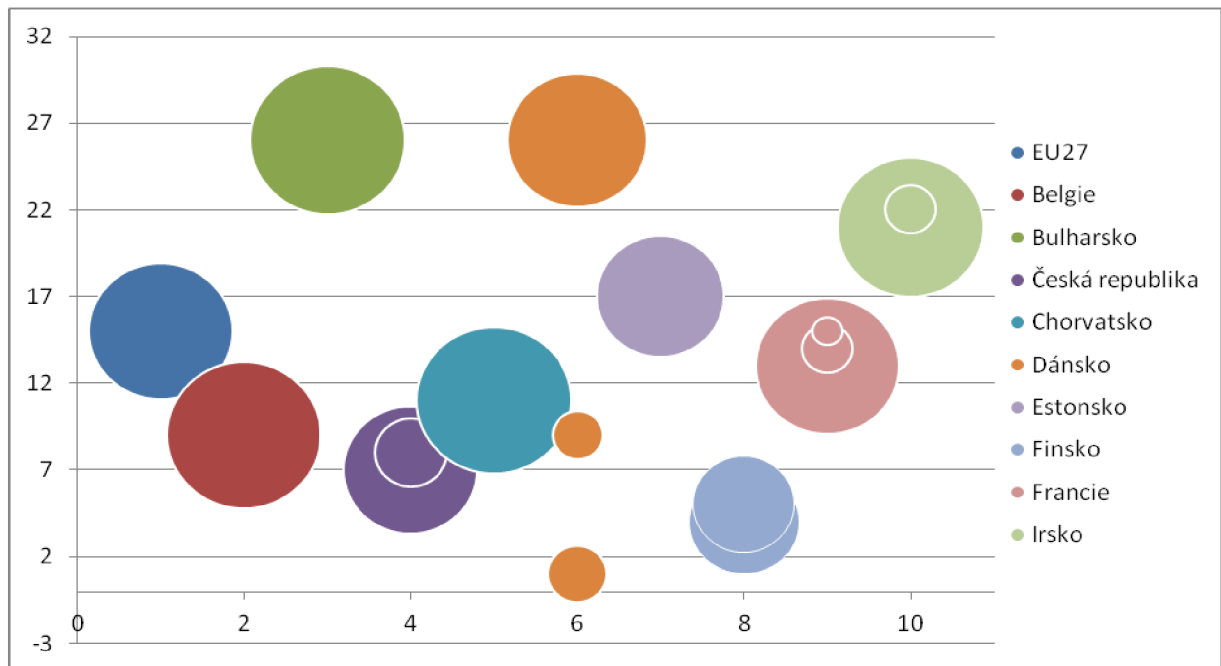
Obrázek 2: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 3



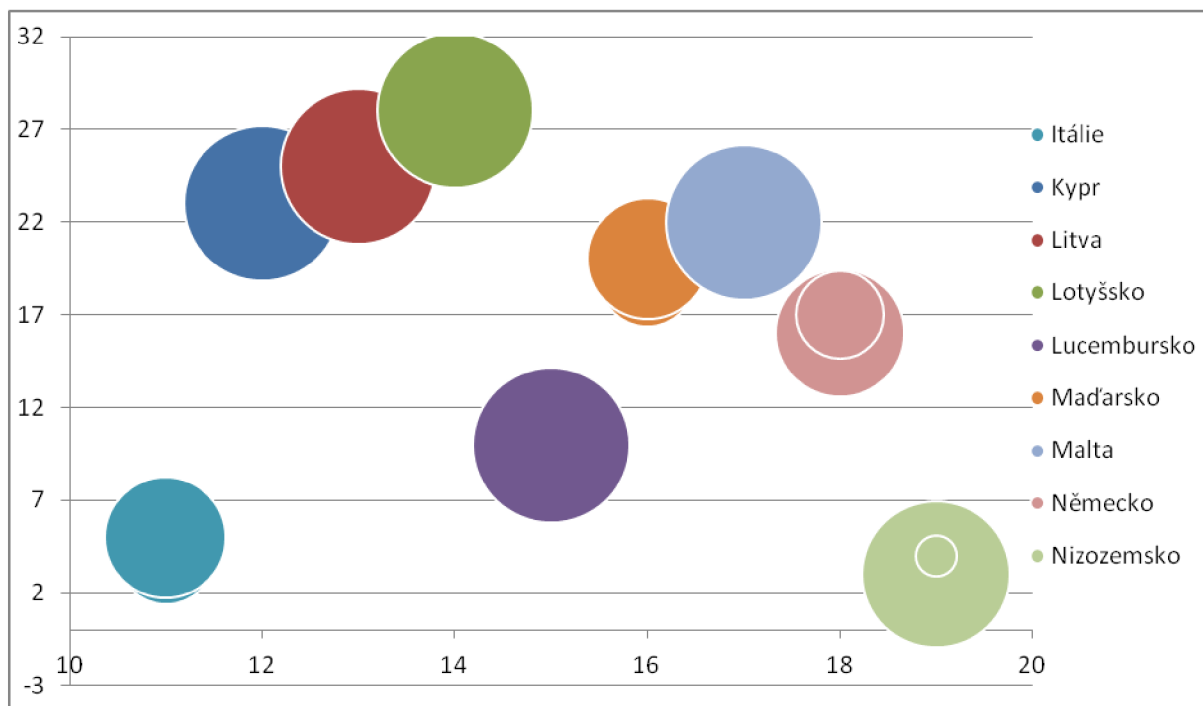
Obrázek 3: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 3

8.2.2 Pořadí dle ORESTE

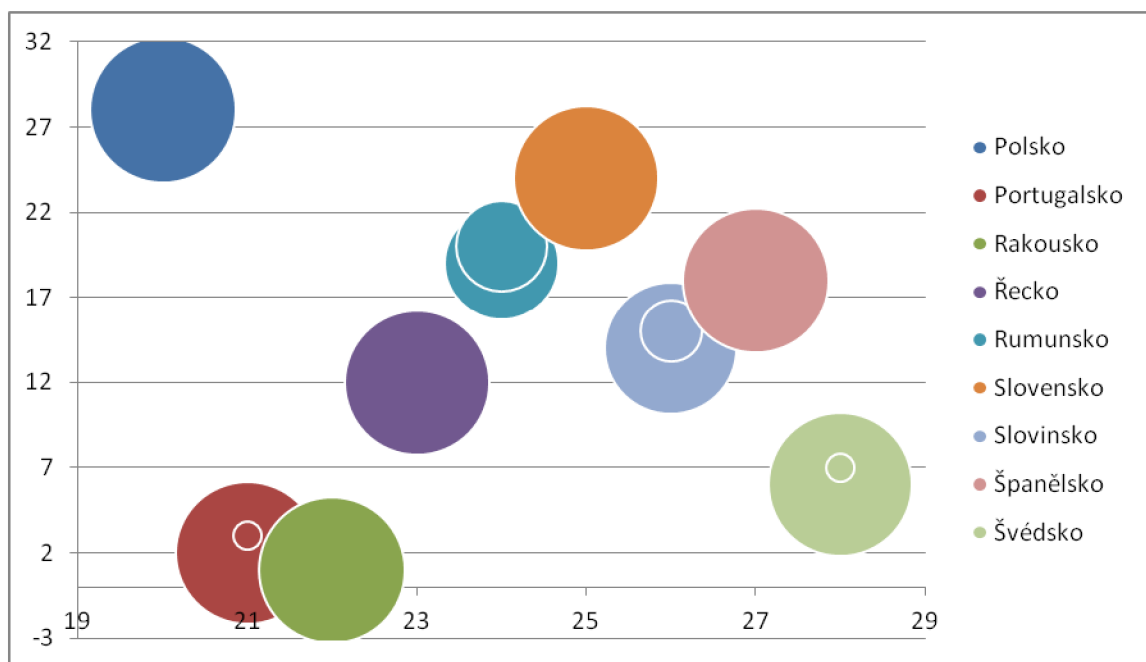
Ke zpracování původních dat jsem použila postup z teoretické části pro metodu ORESTE a zvolila jsem použití Dujmovičovy metriky. Pro každou sadu vah z tabulky 2 jsem aplikovala metodu na všechny produkční jednotky, a získala tak 28 různých pořadí. Na grafech lze vidět, že tato metoda dává nízkou variabilitu pořadí jednotlivých zemí. Nízká variabilita je způsobena tím, že kardinální váhy a data jsou převedena na ordinální. Kritéria, která měla původně nulovou váhu a jejich data se nebrala v potaz, se v metodě ORESTE započítávají.



Obrázek 4: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 4



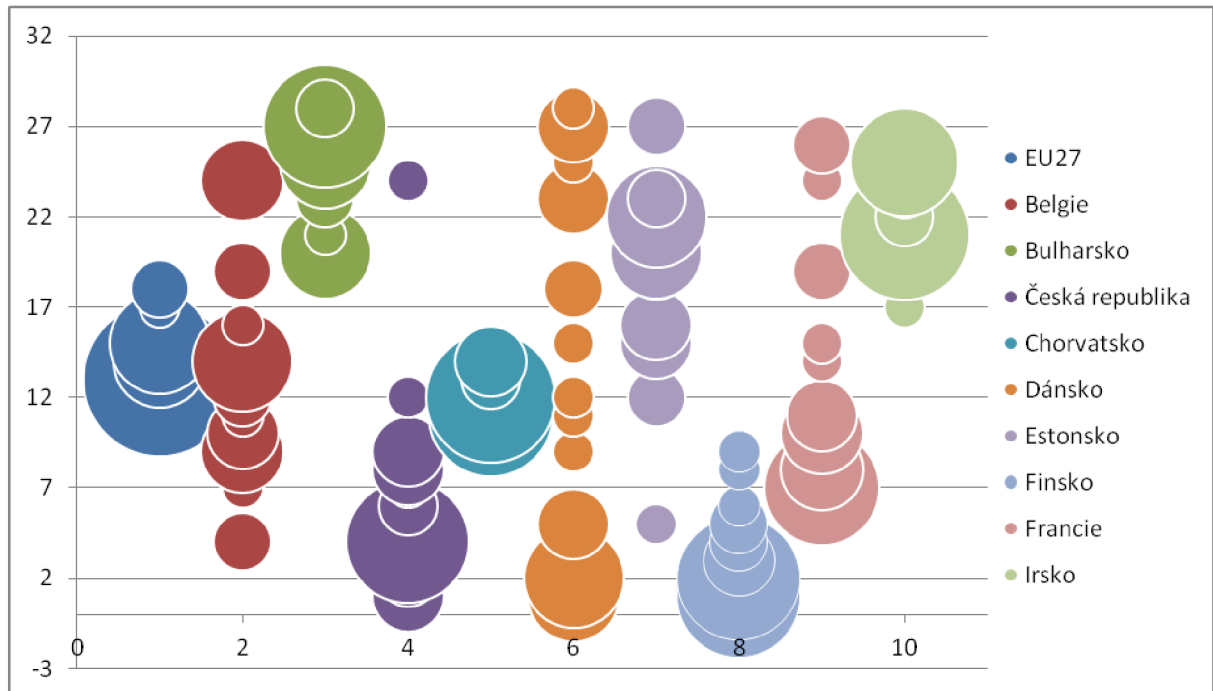
Obrázek 5: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 4



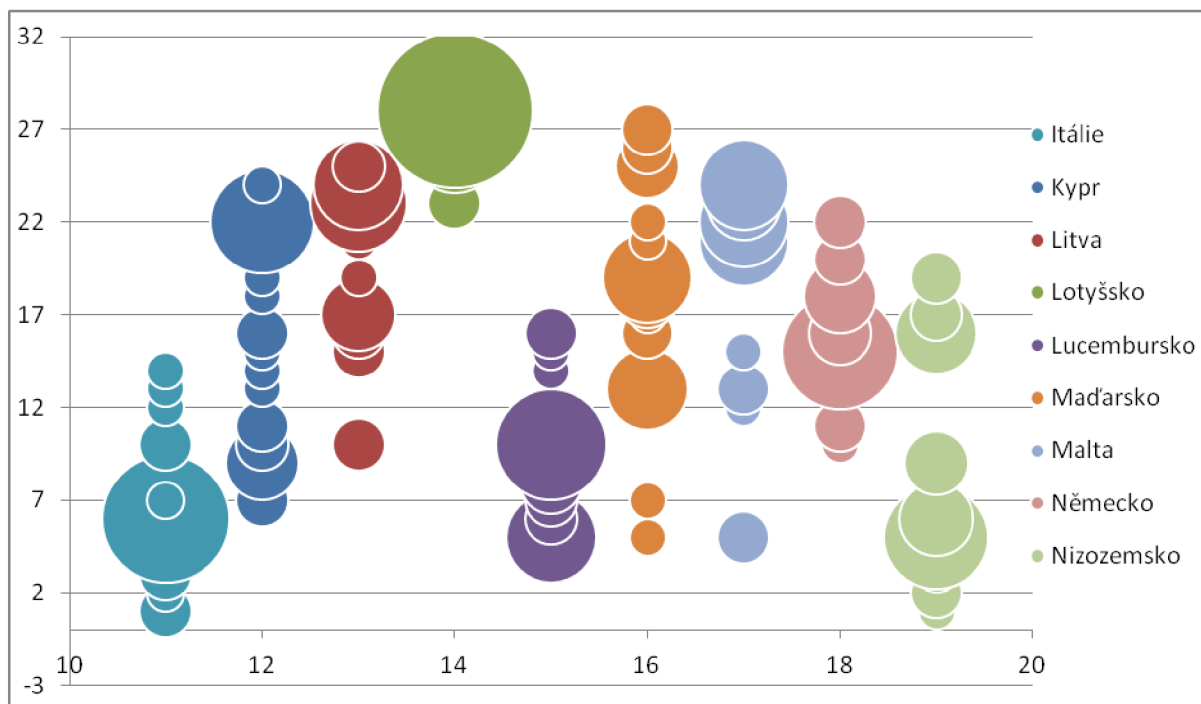
Obrázek 6: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 4

8.2.3 Pořadí dle WSA

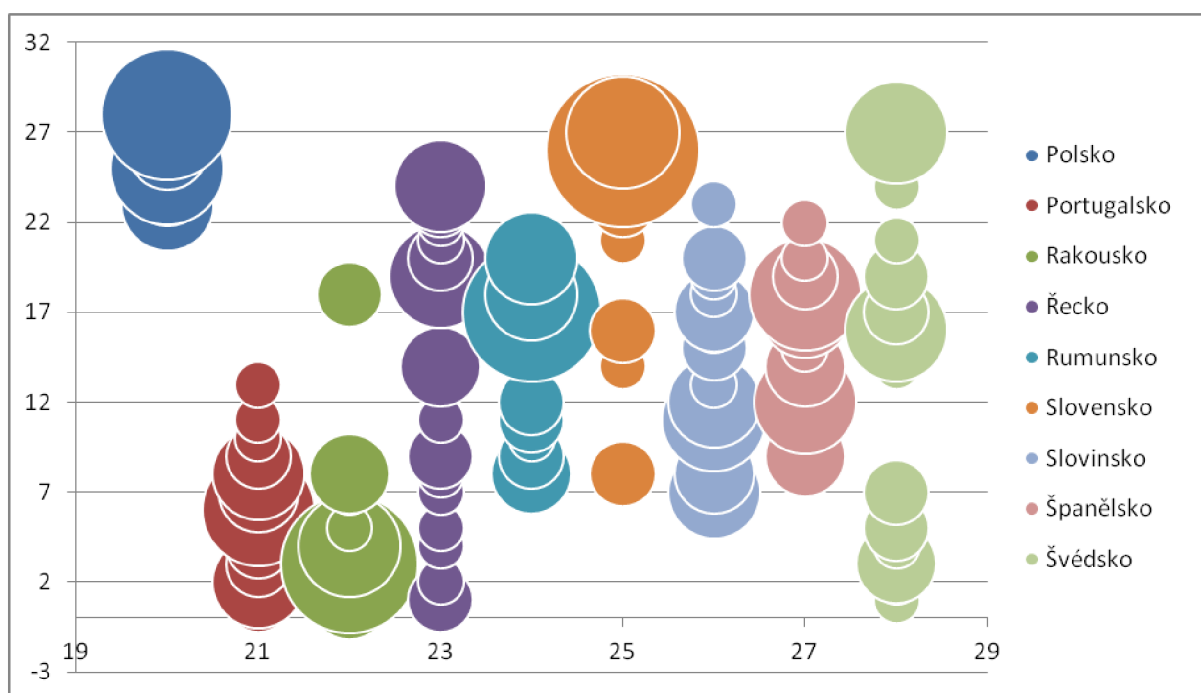
Metodu váženého součtu jsem aplikovala na data ze zadání. Pro každou skupinu vah z tabulky 2 jsem pro všechny produkční jednotky spočetla vážené užítky a srovnala je podle sestupných hodnot. Na grafu lze vidět, že má většina produkčních jednotek, kromě EU27, Chorvatska, Lotyšska a Polska, větší variabilitu pořadí.



Obrázek 7: Bublínový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 5



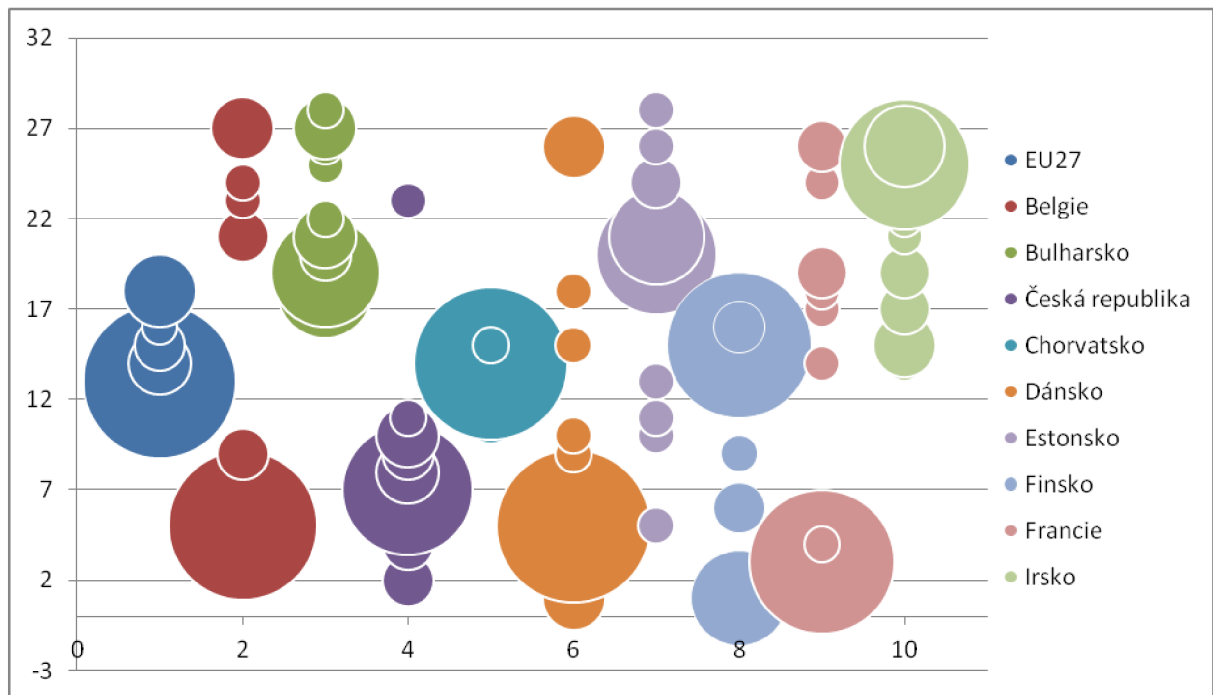
Obrázek 8: Bublínový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody WSA (svíslá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 5



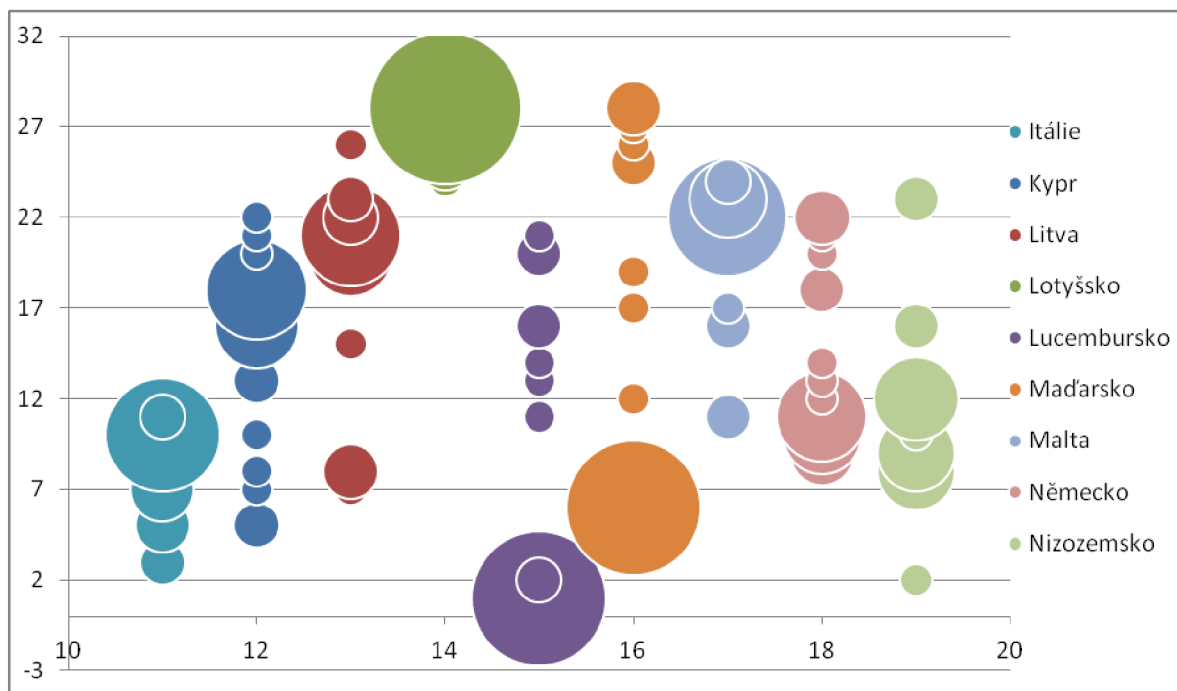
Obrázek 9: Bublínový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody WSA (svíslá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 5

8.2.4 Pořadí dle metody bazické varianty

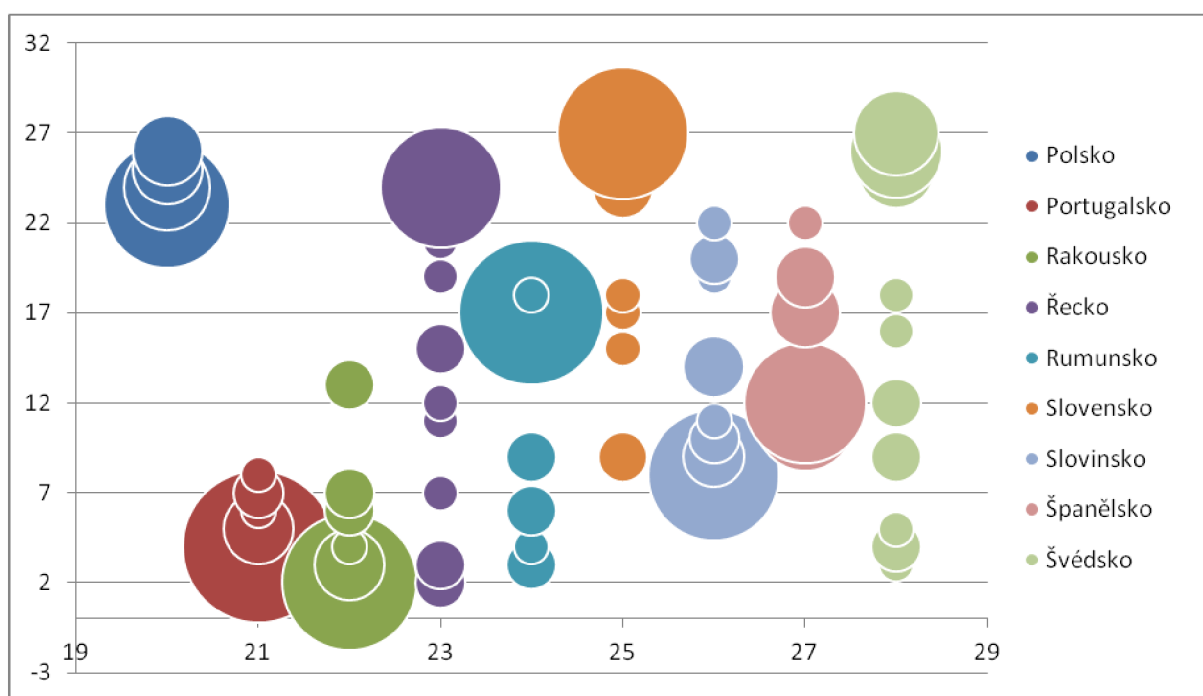
Z postupu výpočtu pořadí podle metody bazické varianty jsem zjistila pořadí produkčních jednotek pro každou sadu vah získaných analýzou obalu dat orientovaných na vstupy. Z grafů lze pozorovat, že většina produkčních jednotek obsahuje jedno pořadí s velkou četností a mnoho dalších pořadí s četnostmi jedna nebo dva.



Obrázek 10: Bublínový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 6



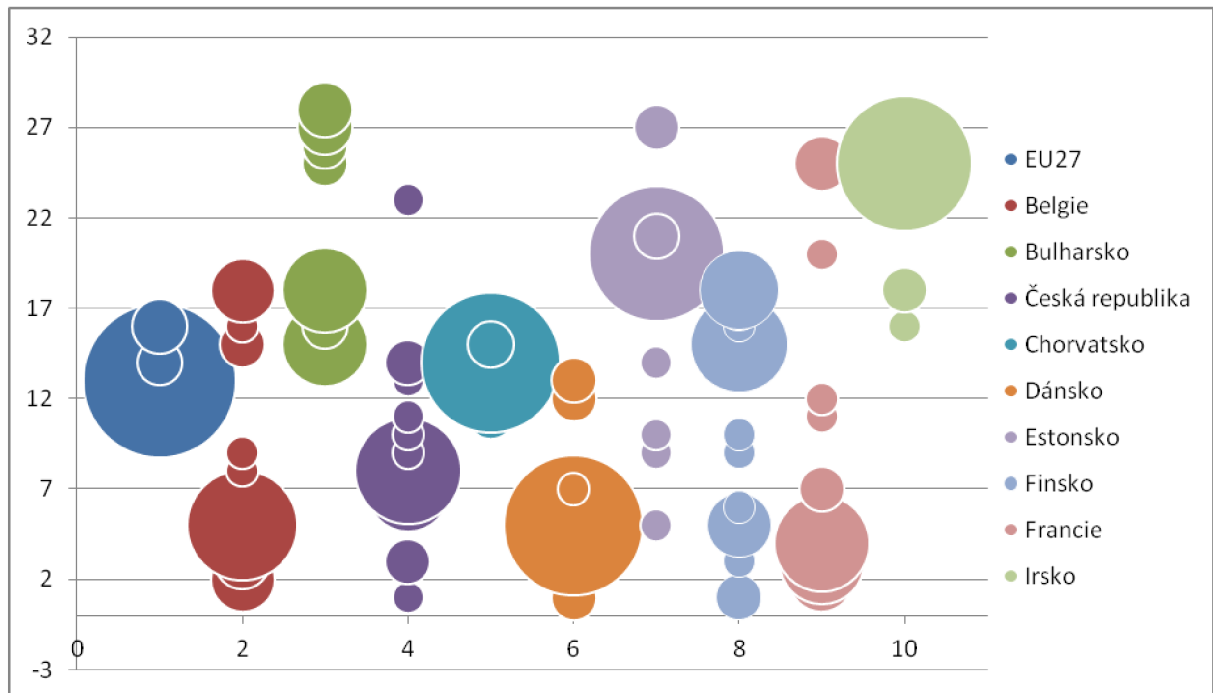
Obrázek 11: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 6



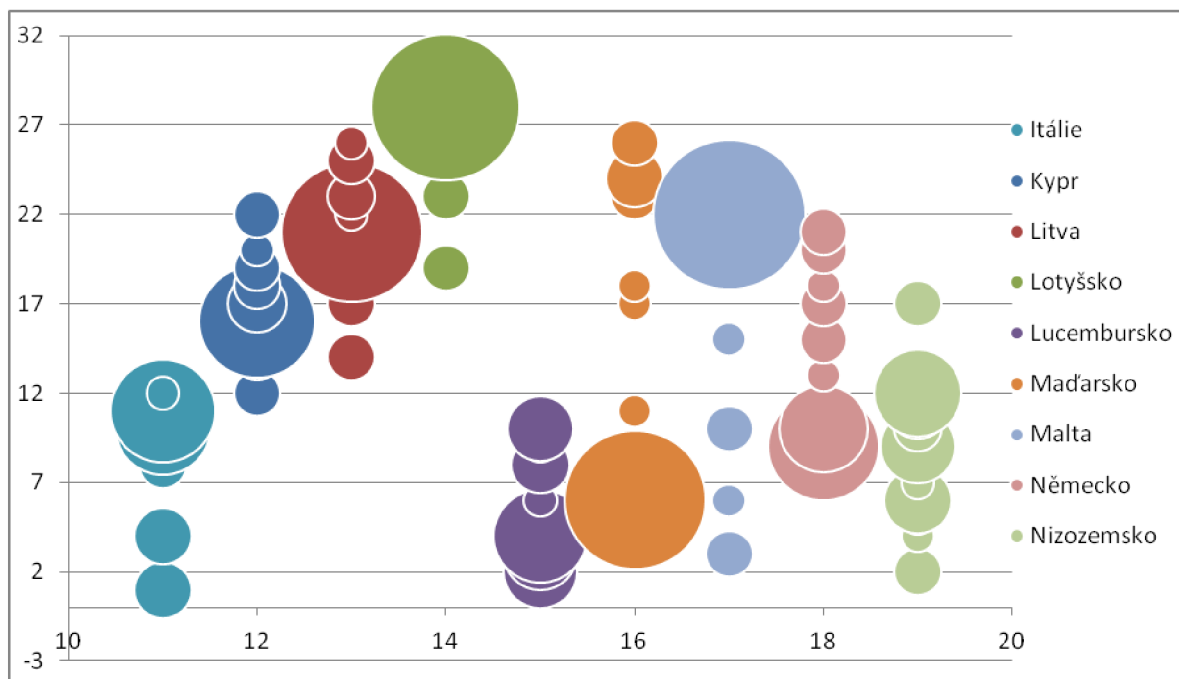
Obrázek 12: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 6

8.2.5 Pořadí dle metody TOPSIS

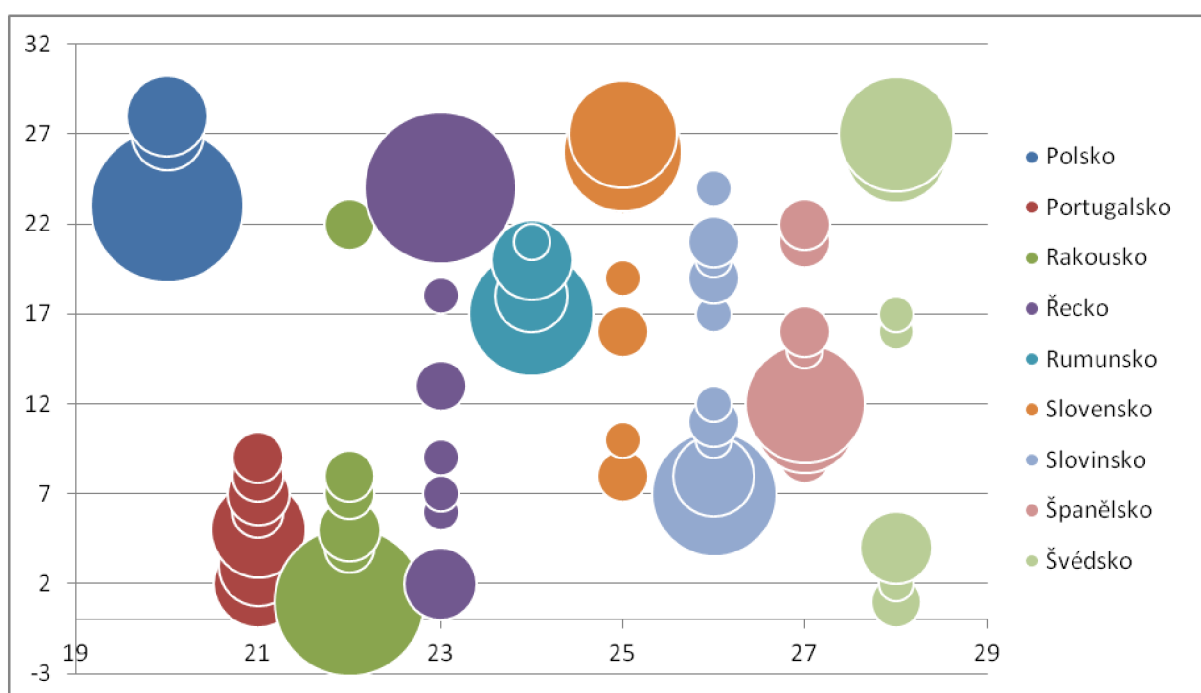
Použitím metody TOPSIS jsem získala relativní vzdálenosti od bazální varianty všech produkčních jednotek. Z těchto vzdáleností lze získat pořadí pro každý soubor vah z tabulky 2. Tato metoda se chová podobně jako metoda bazické varianty. Většina produkčních jednotek obsahuje jedno nejčastější pořadí a mnoho pořadí s velmi malými četnostmi.



Obrázek 13: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 7



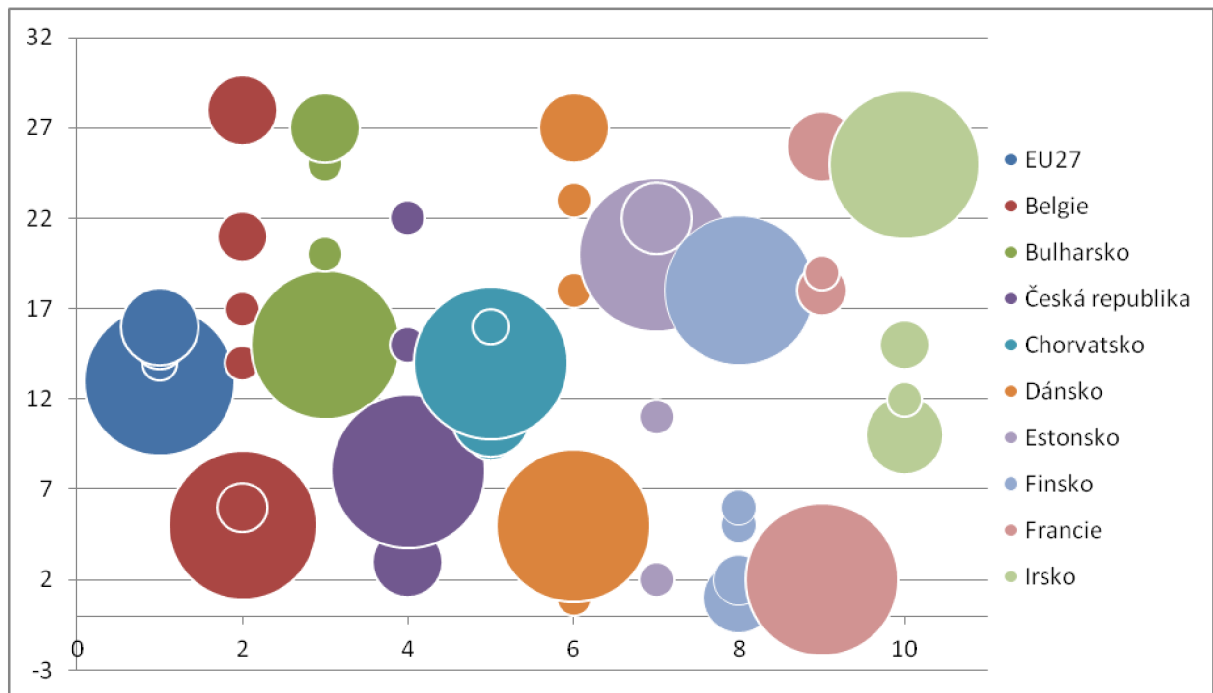
Obrázek 14: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 7



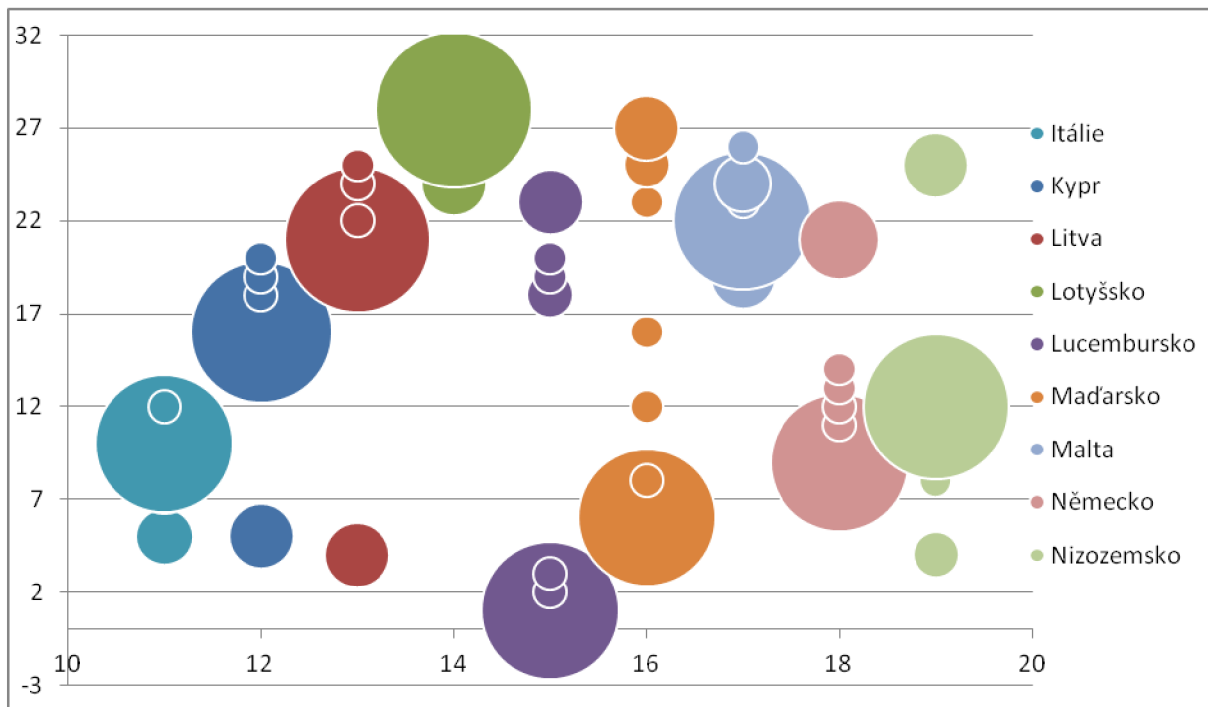
Obrázek 15: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 7

8.2.6 Pořadí dle metody AGREPREF

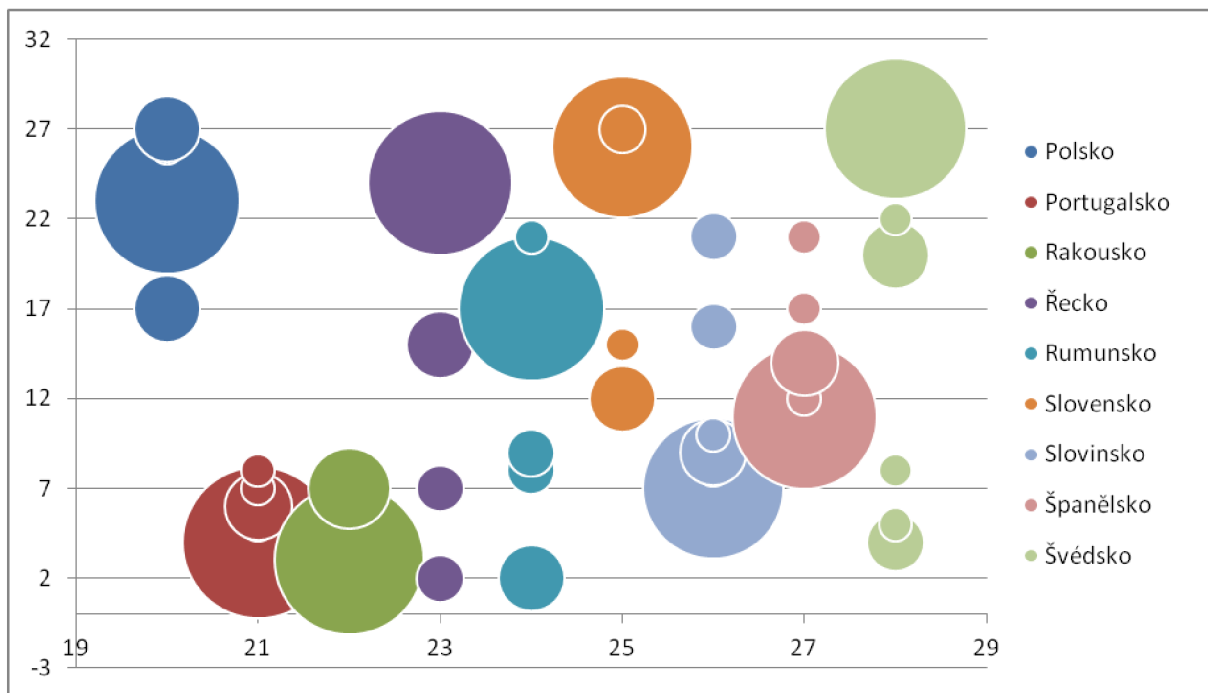
Použitím metody AGREPREF jsem zjistila parametr d_h , který je rozdílem počtu variant, před kterými variantu h preferuji, a počtem variant preferovaných před h -tou variantou. Produkční jednotky, které jsou pro řešení ztotožněné s variantami, jsem seřadila sestupně podle parametru d_h . Tento postup jsem použila pro každou sadu vah. Metoda AGREPREF vykazuje nízkou variabilitu, protože součástí postupu je matice preferencí P , která obsahuje pouze binární hodnoty, a ztratí se zde kardinální informace o preferencích mezi každými dvěma jednotkami.



Obrázek 16: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 8



Obrázek 17: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 8



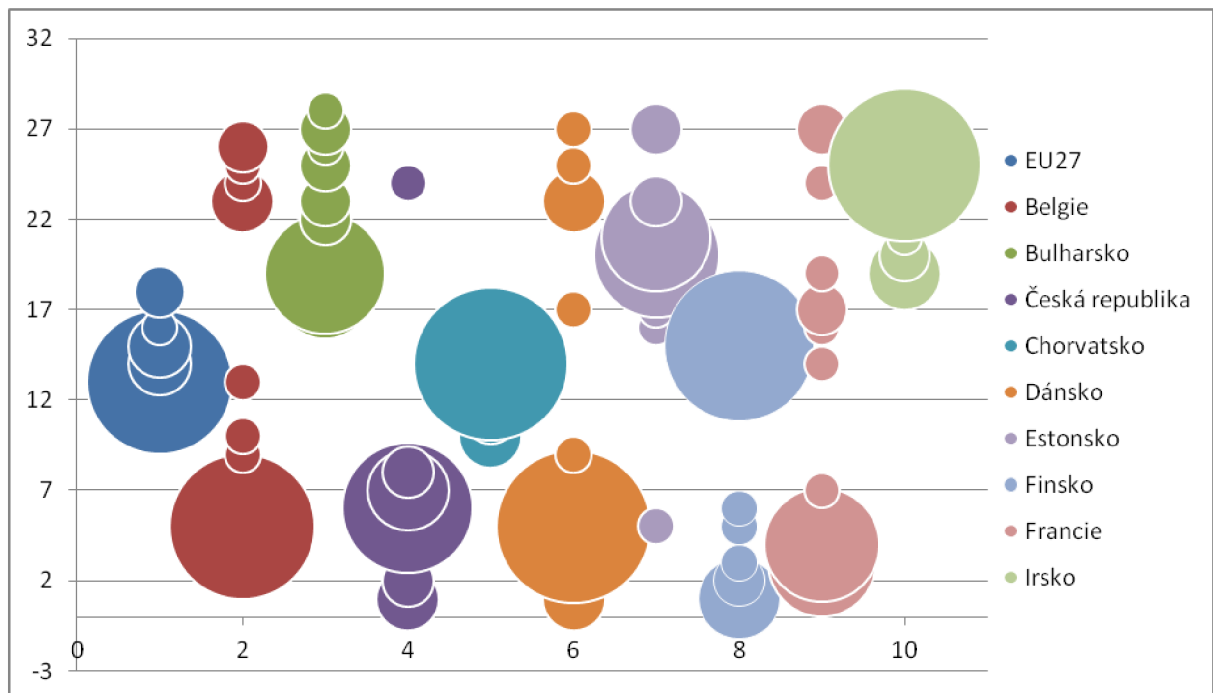
Obrázek 18: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 8

8.2.7 Pořadí dle metody PROMETHEE

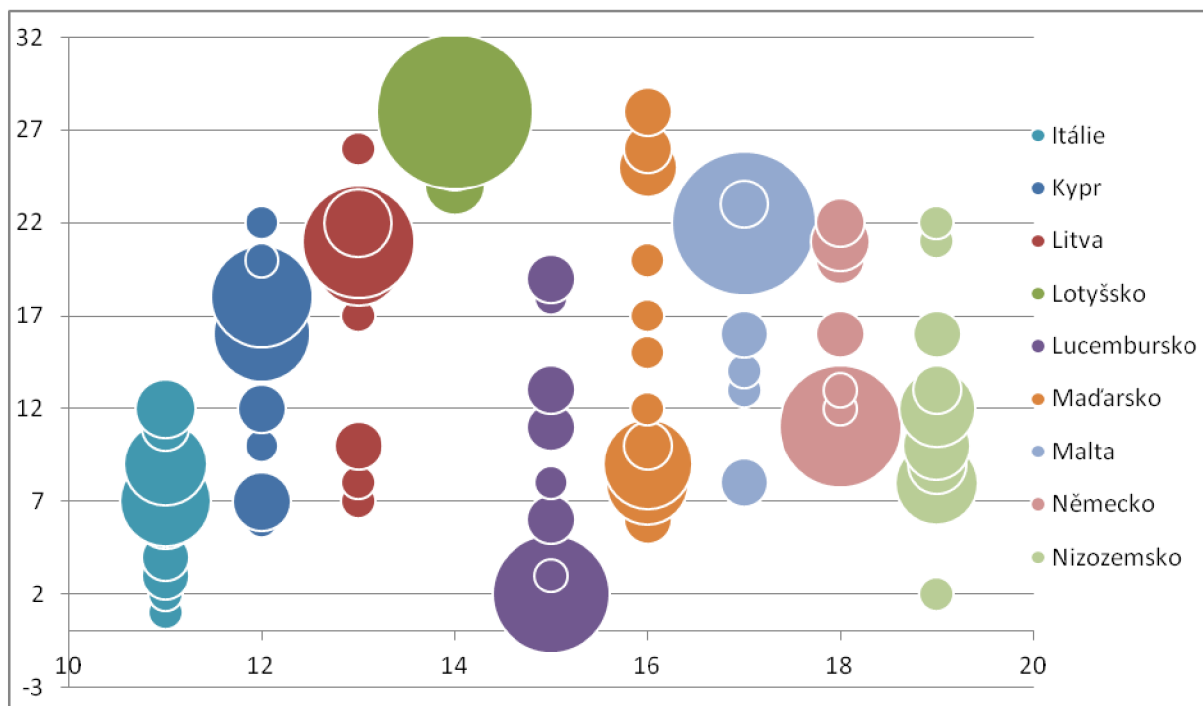
Na vstupní data jsem použila metodu PROMETHEE. Pro všechna kritéria jsem zvolila preferenční funkci podle Gaussova kritéria:

$$P_j(d) = 1 - e^{-\frac{d^2}{2*s^2}}.$$

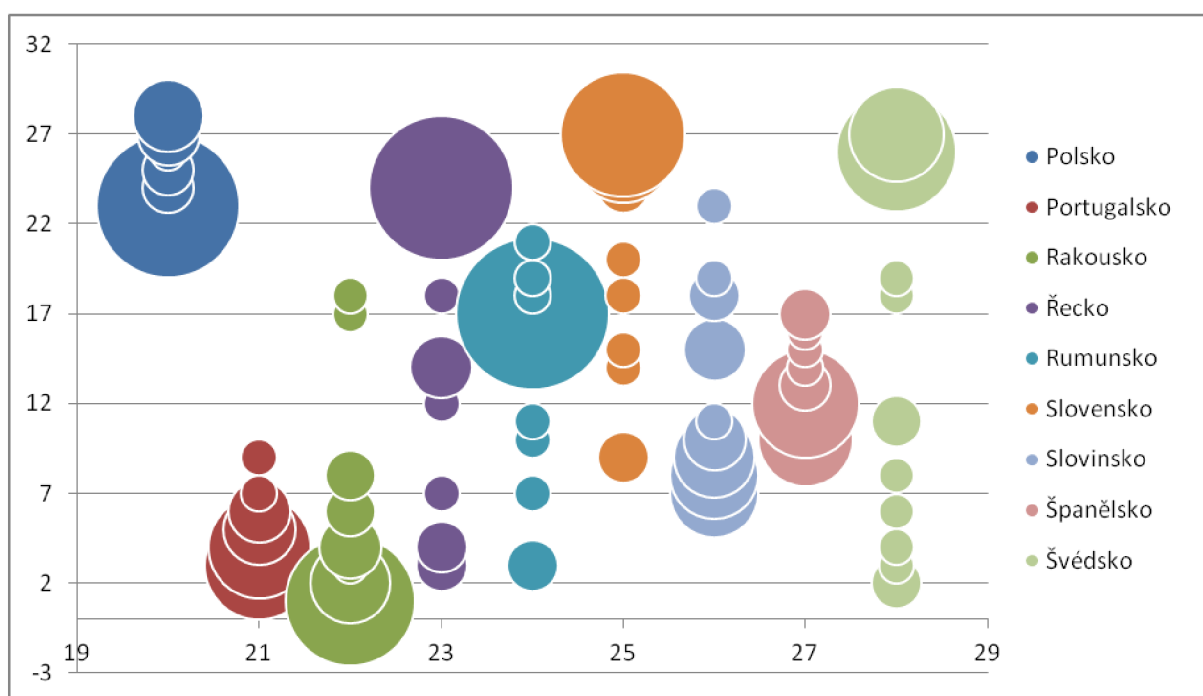
Vypočítala jsem preferenční indexy π , výstupní, vstupní a čisté toky. Z čistých toků jsem pak určila pořadí produkčních jednotek pro každý soubor vah. Na grafech lze vidět poměrně velkou variabilitu pořadí produkčních jednotek.



Obrázek 19: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 9



Obrázek 20: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 9



Obrázek 21: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 9

8.2.8 Spearmanův koeficient

Z předchozích grafů již bylo vidět, že se pořadí dle efektivity a podle příslušné vícekritériální metody hodnocení variant, které jsem získala použitím sady vah náležející k dané zemi, od sebe lišila. Takové rozdíly jsem se pokusila kvantifikovat. Pro zjištění závislosti jsem použila Spearmanův koeficient. Kritická hodnota, které bylo nutné dosáhnout k prokázání závislosti na hladině 5 %, se rovná 0,318. Všechny získané hodnoty jsou větší než kritická hodnota, lze tedy prokázat pozitivní korelační závislost.

Produkční jednotky	ORESTE	WSA	Bazická	TOPSIS	AGREPREF	PROMETHEE
EU27	0.941845	0.975917	0.644226	0.5429666	0.496442255	0.663929940
Belgie	0.775588	0.957854	0.728517	0.6934866	0.616858238	0.733990148
Bulharsko	0.483990	0.960591	0.660646	0.6349206	0.618500274	0.694033935
Česká republika	0.885468	0.964423	0.646415	0.6305419	0.534756431	0.673782157
Chorvatsko	0.895868	0.977559	0.692939	0.6644773	0.577996716	0.706622879
Dánsko	0.796114	0.934319	0.984674	0.9288451	0.971538041	0.915708812
Estonsko	0.895320	0.957307	0.594417	0.5276409	0.419266557	0.581828134
Finsko	0.712096	0.960591	0.987411	0.8117132	0.914340449	0.951286262
Francie	0.890394	0.978654	0.689655	0.6590038	0.574712644	0.703338807
Irsko	0.875616	0.977559	0.700055	0.7476738	0.428297756	0.743295019
Itálie	0.866585	0.949644	0.758621	0.7531472	0.588259442	0.768472906
Kypr	0.500411	0.961138	0.664477	0.6392994	0.623973727	0.707717570
Litva	0.335112	0.939245	0.952381	0.8286809	0.705528188	0.971538041
Lotyšsko	0.334702	0.936508	0.978654	0.8199234	0.720853859	0.985769020
Lucembursko	0.884921	0.970443	0.692392	0.6299945	0.595511768	0.702244116
Maďarsko	0.884373	0.980843	0.712096	0.6973180	0.606458675	0.729064039
Malta	0.403667	0.931582	0.990148	0.7947455	0.774493706	0.992884510
Německo	0.894773	0.978654	0.683087	0.6513410	0.565955118	0.695675972
Nizozemsko	0.712781	0.948002	0.662288	0.6283525	0.536945813	0.669950739
Polsko	0.486864	0.963328	0.667761	0.6442255	0.626710454	0.701696771
Portugalsko	0.483443	0.962233	0.659551	0.6338259	0.617952928	0.692939245
Rakousko	0.794335	0.951834	0.438971	0.4198139	0.336617406	0.519978106
Řecko	0.808155	0.960591	0.988506	0.9168035	0.914750958	0.957307061
Rumunsko	0.487274	0.960591	0.672687	0.6513410	0.633825944	0.707170224
Slovensko	0.403667	0.931582	0.990148	0.7947455	0.774493706	0.992884510
Slovinsko	0.604680	0.970991	0.787083	0.7536946	0.748221128	0.811165846
Španělsko	0.590038	0.973727	0.715380	0.6841817	0.671592775	0.755883963
Švédsko	0.818008	0.962781	0.988506	0.9206349	0.907909141	0.962780515

Tabulka 3: Spearmanovy koeficienty za použitých vah dané země podle metod vícekritériálního rozhodování

Z následující tabulky lze vidět, že všechny metody dosahují významné pozitivní korelace s analýzou obalu dat. Výsledky pořadí dle metody vážených součtů se nejvíce blížily pořadí dle efektivity, jež lze vidět i na podobnosti jejich bublinkových grafů. Shodovaly se v průměru v 96 % případů. Metodu WSA následovaly metody PROMETHEE, bazické varianty a TOPSIS, které se průměrně shodovaly ve zhruba 75 % případů. Nejmenší shodu s pořadím dle efektivity zaznamenaly metody ORESTE (69 %) a AGREPREF (64 %). Grafické znázornění Spearmanových koeficientů lze vidět v kapitole 9.1.1.

	ORESTE	WSA	Bazická	TOPSIS	AGREPREF	PROMETHEE
Průměr	0.694503	0.959946	0.761846	0.703691	0.64652729	0.7747478302
Maximum	0.941845	0.980843	0.990148	0.928845	0.97153804	0.9928845101
Minimum	0.334702	0.931582	0.438971	0.419814	0.33661741	0.5199781062
Směr. odchylka	0.198815	0.014701	0.150993	0.117738	0.15120734	0.1321576780

Tabulka 4: Průměr, maximum, minimum a směrodatná odchylka Spearmanových koeficientů

8.3 Řešení úlohy – CCR model orientovaný na výstupy

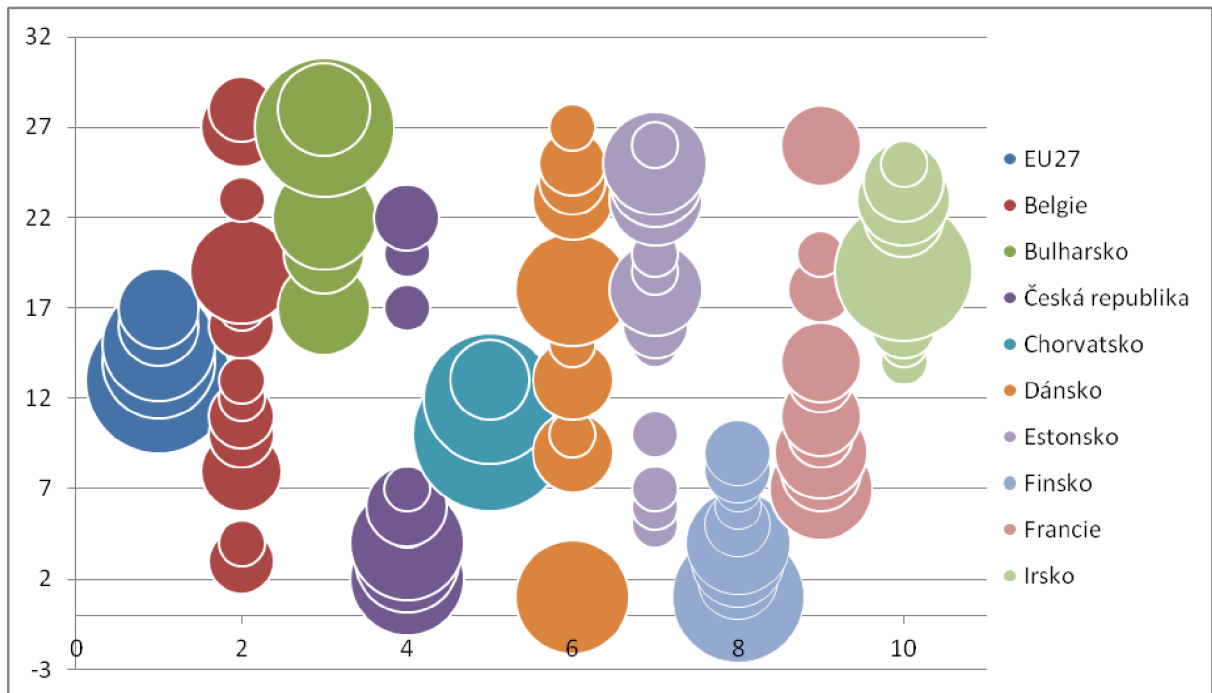
Úlohu jsem zpracovala opět pomocí softwarů Microsoft Excel a R s balíčkem deaR. Vypočítala jsem efektivitu produkčních jednotek a příslušné váhy za použití modelu CCR orientovaného na výstupy. Původní váhy jsem musela znormovat a lze je nalézt v příloze 10. Váhy se oproti CCR modelu orientovaného na vstupy liší jen pro země, které dosahují plné efektivnosti. Předpokládám proto, že budou výsledky závislosti pořadí vícekriteriálních metod a DEA analýzy podobné u výstupového modelu jako v předchozím modelu.

	Produkční jednotky	Materiál, energie, jiné	Osobní náklady	Průměrná úroková míra	Obrat	Čistý zisk	Inovace
1	EU27	0	0.0777341	0.7578636	0.06648	0.035050	0.062878
2	Belgie	0	0.0325924	0.8830069	0	0.084401	0
3	Bulharsko	0.015801	0.0009939	0.8988039	0	0	0.084401
4	Česká republika	0.007877	0.0128693	0.8926108	0	0.007862	0.078780
5	Chorvatsko	0	0.0783612	0.7624328	0.01118	0.088012	0.060019
6	Dánsko	0.467627	0	0	0.53237	0	0
7	Estonsko	0	0.0674982	0.7810396	0.10161	0	0.049855
8	Finsko	0.393908	0	0	0	0	0.606092
9	Francie	0	0.0783612	0.7624328	0.01118	0.088012	0.060019
10	Irsko	0.013791	0.2480541	0.3695714	0	0.225738	0.142845
11	Itálie	0	0.4825909	0	0	0.072668	0.444741
12	Kypr	0.007804	0.0177784	0.8846473	0	0	0.089771
13	Litva	0.042356	0.3984250	0.0491923	0	0	0.510026
14	Lotyšsko	0.048949	0.4153491	0	0	0	0.535701
15	Lucembursko	0	0.0536942	0.8133986	0.06147	0.002663	0.068777
16	Maďarsko	0	0.0716013	0.7812544	0	0.096354	0.050791
17	Malta	0.393908	0	0	0	0	0.606092
18	Německo	0	0.0783612	0.7624328	0.01118	0.088012	0.060019
19	Nizozemsko	0	0	0.9127557	0	0.087244	0
20	Polsko	0.016963	0	0.8980032	0	0	0.085034
21	Portugalsko	0	0.0014719	0.9447537	0	0	0.053774
22	Rakousko	0	0	0.9592782	0	0.040722	0
23	Řecko	0	0.5024344	0	0.49757	0	0
24	Rumunsko	0.015801	0.0009939	0.8988039	0	0	0.084401
25	Slovensko	0.393908	0	0	0	0	0.606092
26	Slovinsko	0	0.0170068	0.9057206	0	0.010497	0.066776
27	Španělsko	0	0.0372869	0.8619381	0.00910	0	0.091675
28	Švédsko	0	0.4837910	0	0.44495	0.071264	0

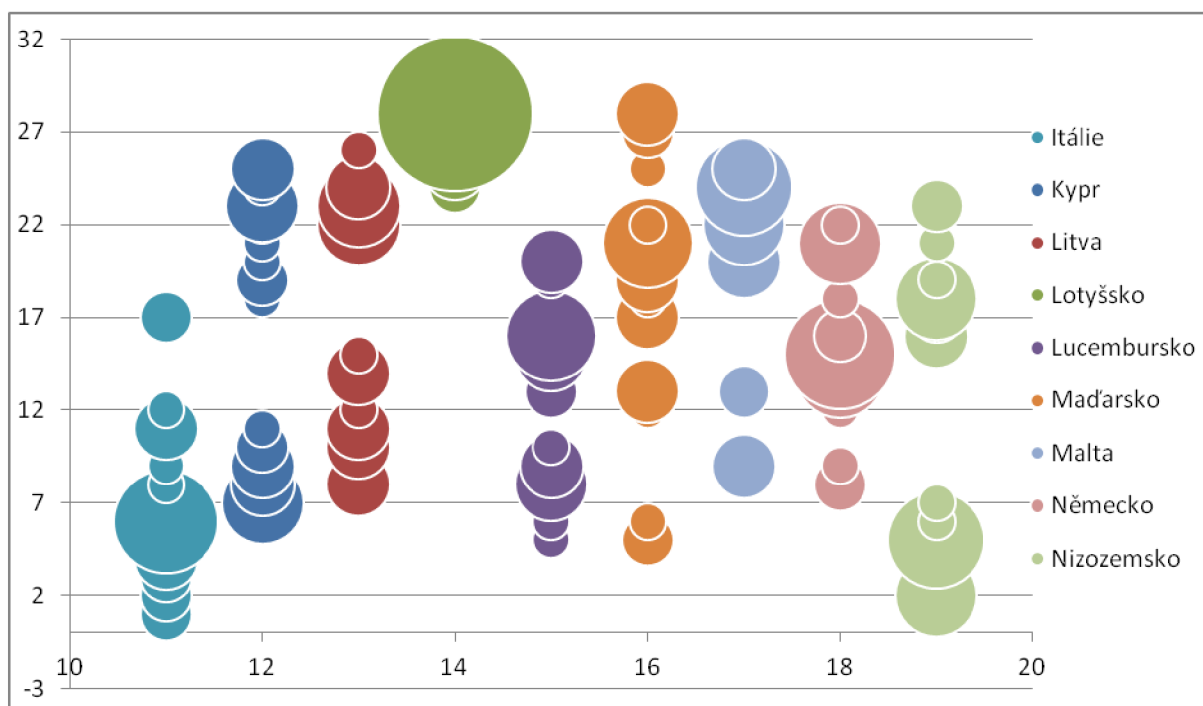
Tabulka 5: Výstupově orientovaný model – normované váhy

8.3.1 Pořadí dle efektivity

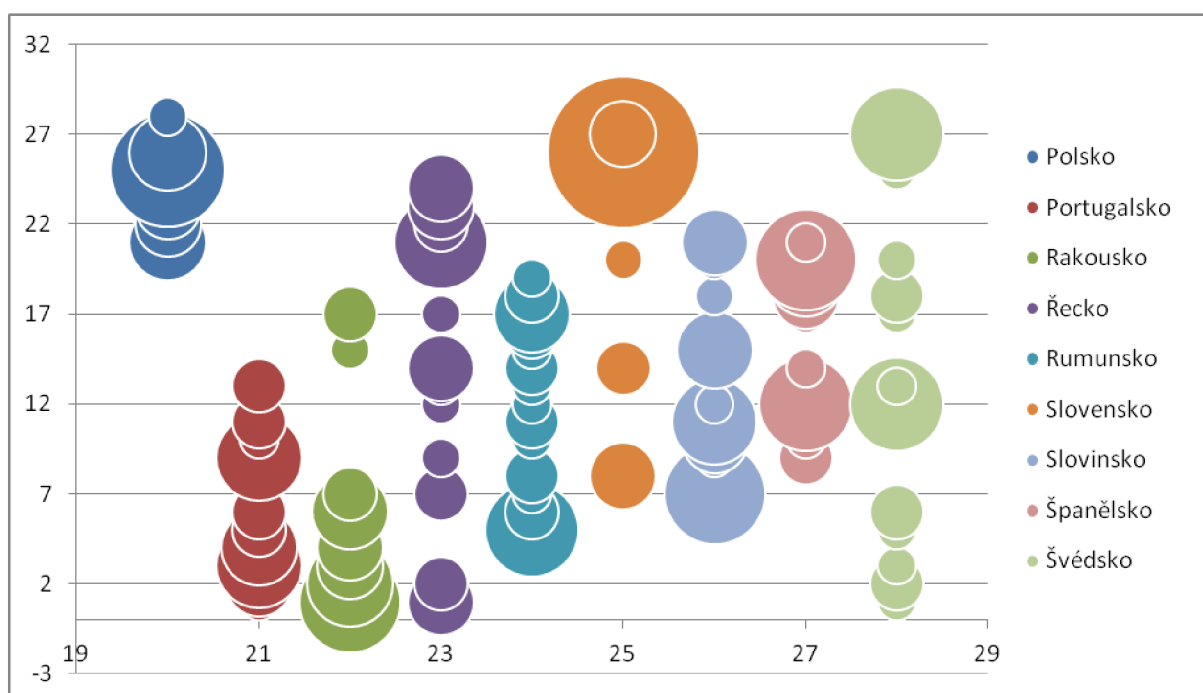
Při zjišťování maximální efektivity každé produkční jednotky nám CCR model určí váhy. Pomocí takových vah lze určit efektivitu všech ostatních jednotek a následně je seřadit. Na grafech lze pozorovat vysokou variabilitu pořadí pro většinu jednotek.



Obrázek 22: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 11



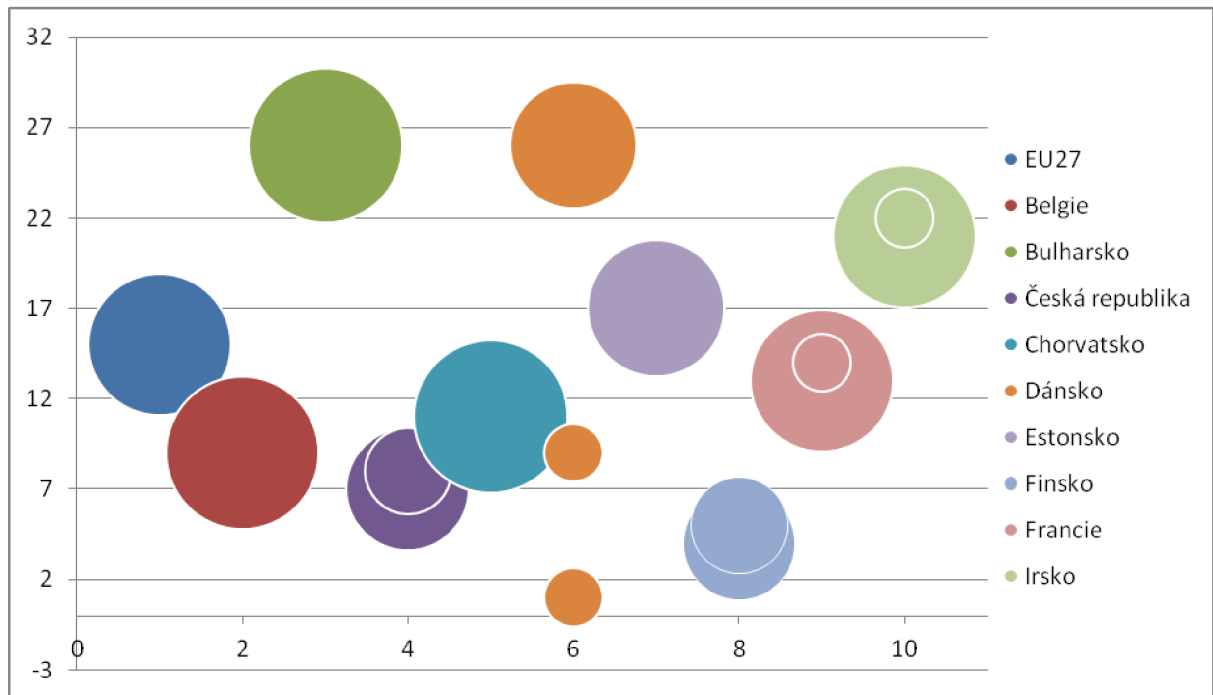
Obrázek 23: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 11



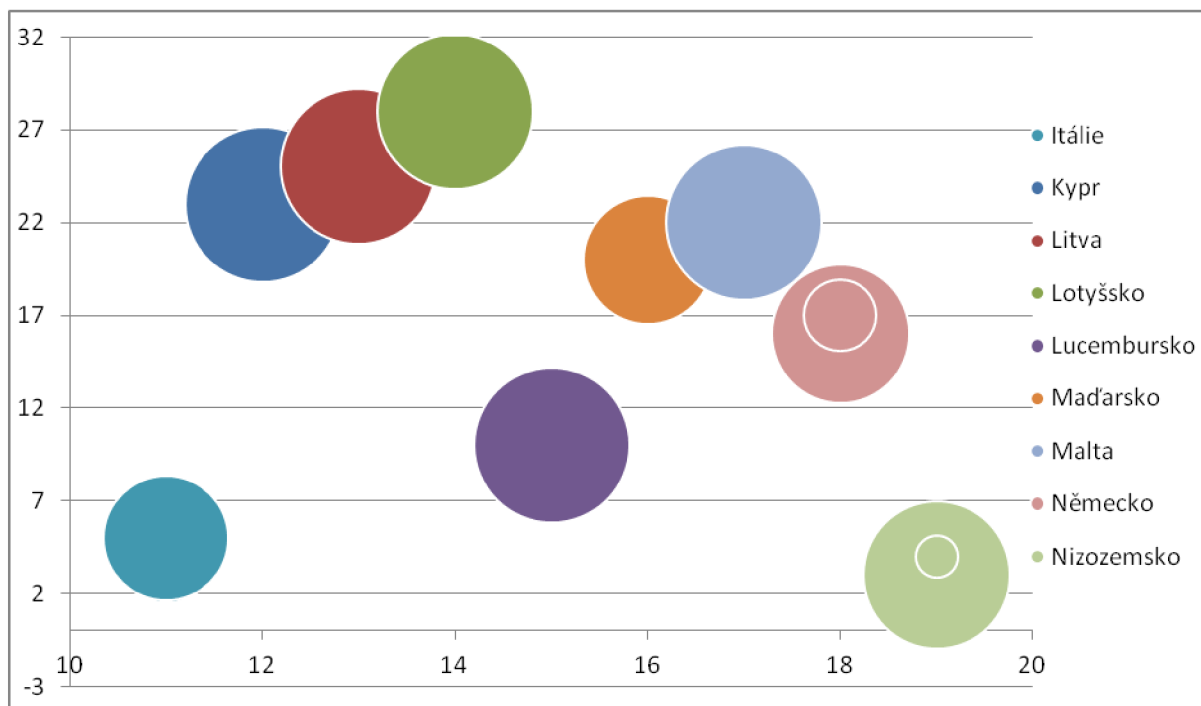
Obrázek 24: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 11

8.3.2 Pořadí dle ORESTE

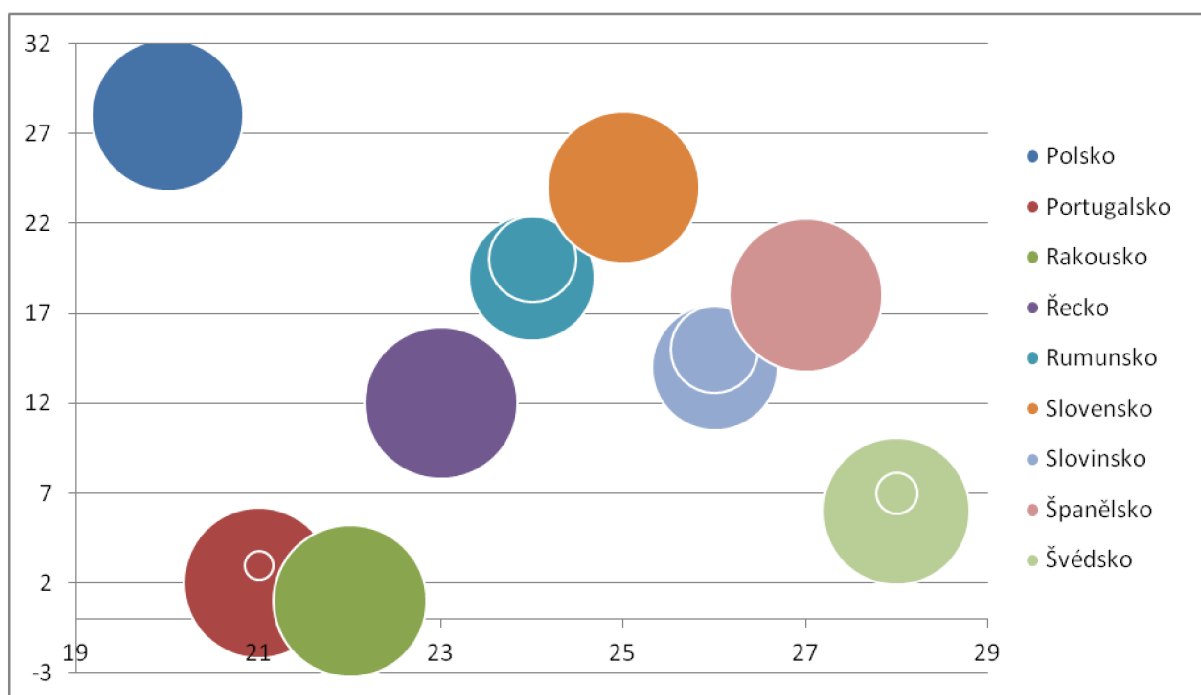
Na data ze zadání této úlohy jsem použila metodu ORESTE a zvolila Dujmovičovu metriku. Pro každou skupinu vah z tabulky 5 jsem určila za pomoci této metody pořadí produkčních jednotek. Z grafů lze vyzorovat velmi nízkou variabilitu pořadí, která je způsobena ordinálním pohledem na váhy. V případě původních nulových se dané kritérium za metody ORESTE přesto do výsledného pořadí započítává.



Obrázek 25: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 12



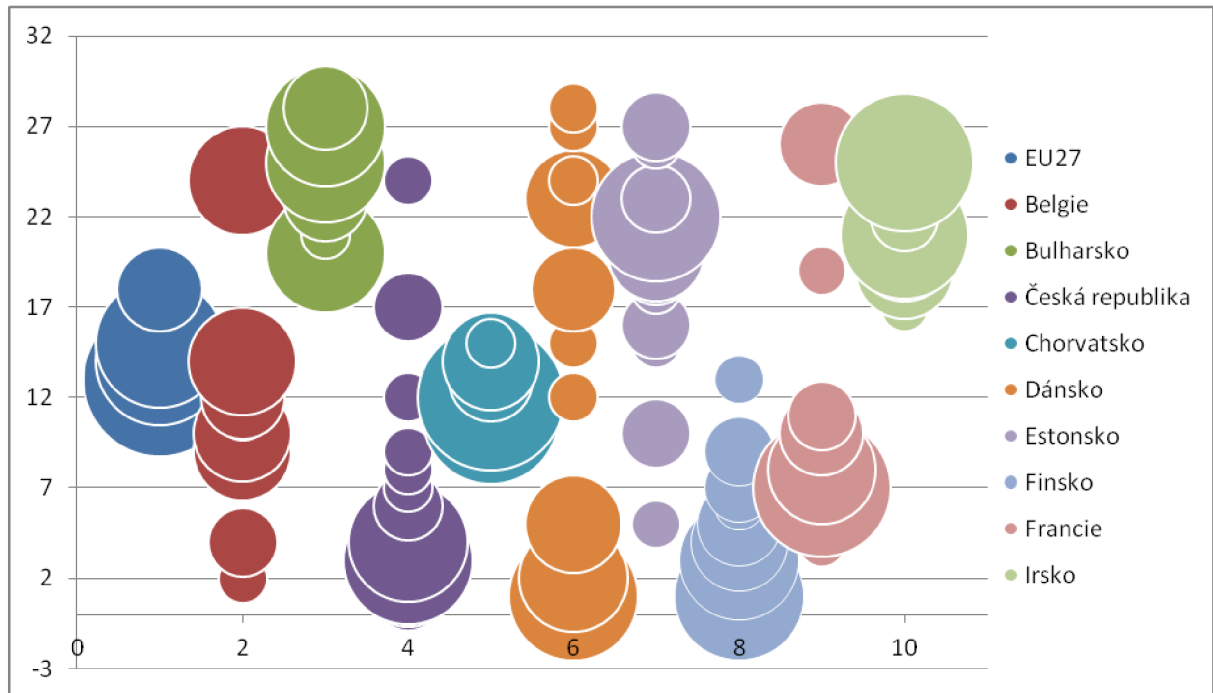
Obrázek 26: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 12



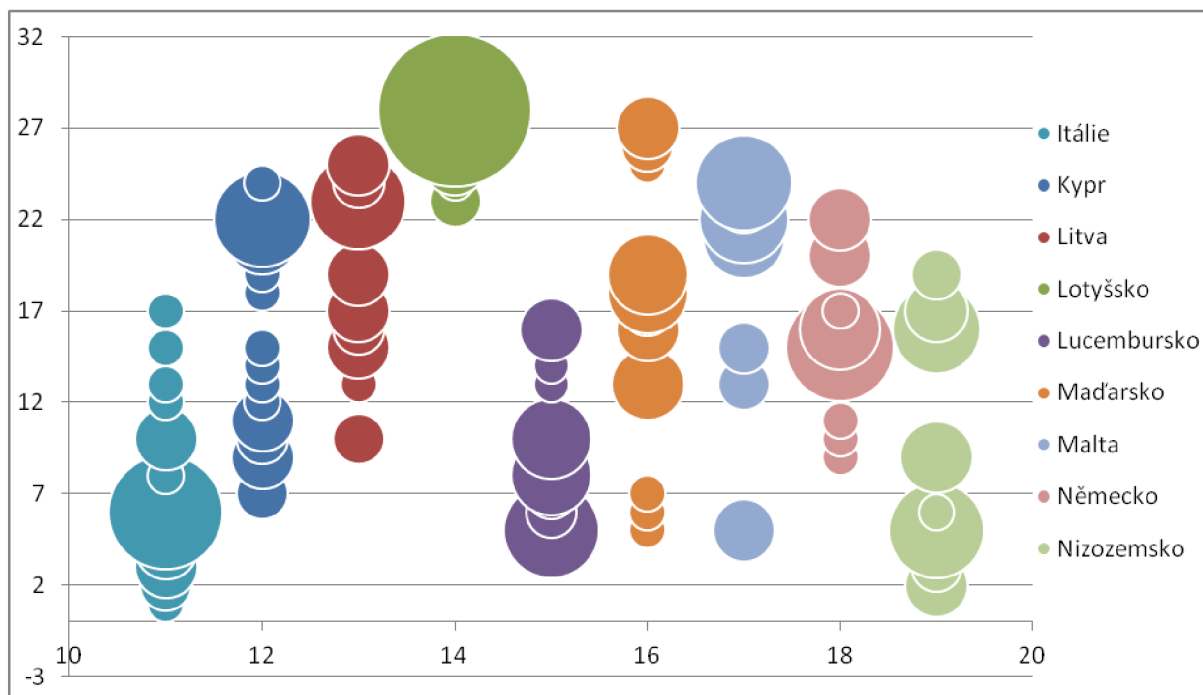
Obrázek 27: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 12

8.3.3 Pořadí dle WSA

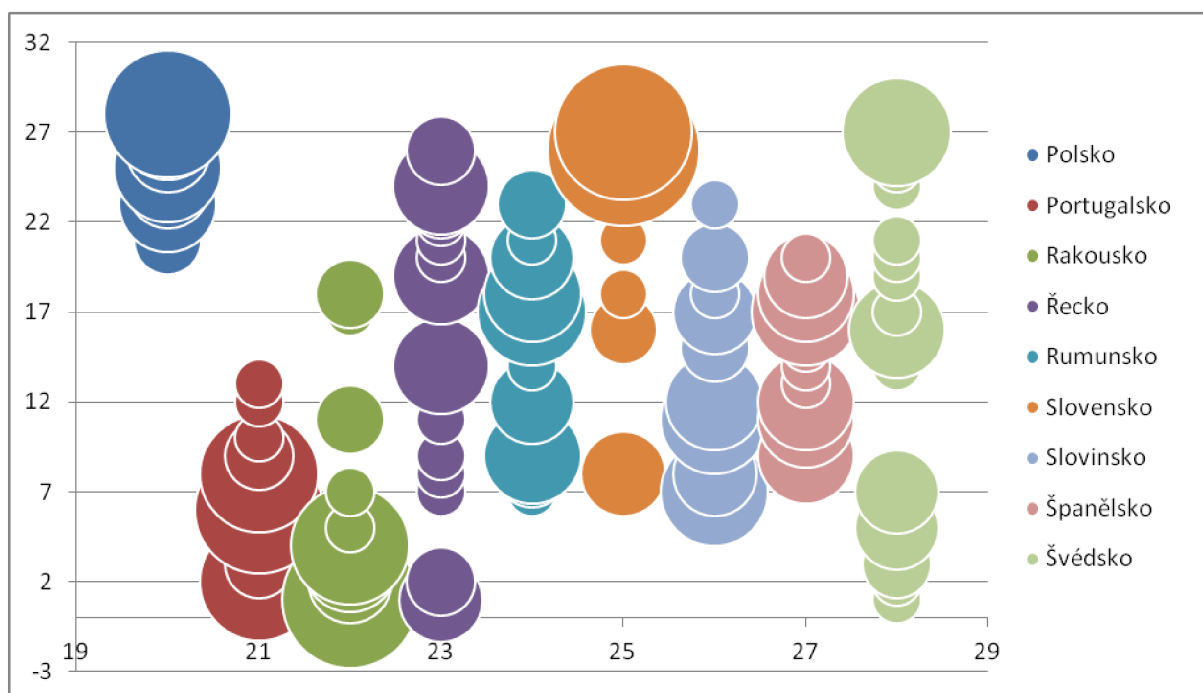
Na data ze zadání jsem aplikovala metodu váženého součtu. Pro každou sadu vah získaných z CCR modelu orientovaného na výstupy jsem pro všechny produkční jednotky spočetla celkové užítky a určila podle nich pořadí všech jednotek. Produkční jednotky mají podle metody vážených součtů vysokou variabilitu pořadí.



Obrázek 28: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 13



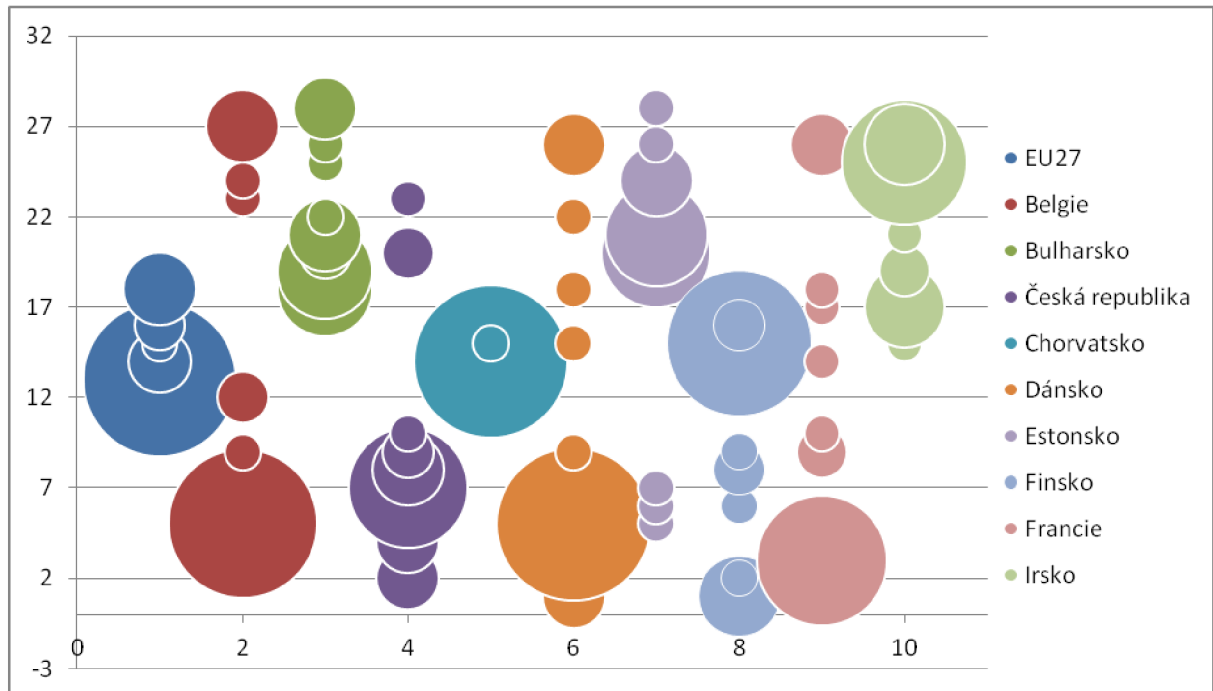
Obrázek 29: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 13



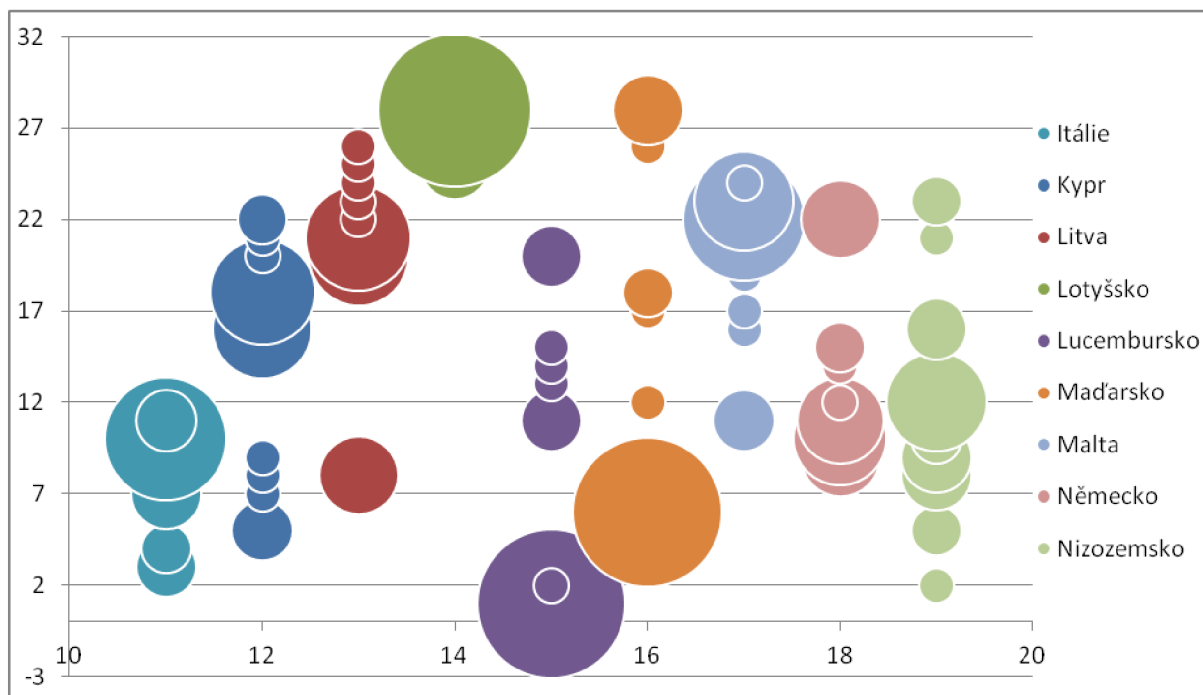
Obrázek 30: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 13

8.3.4 Pořadí dle metody bazické varianty

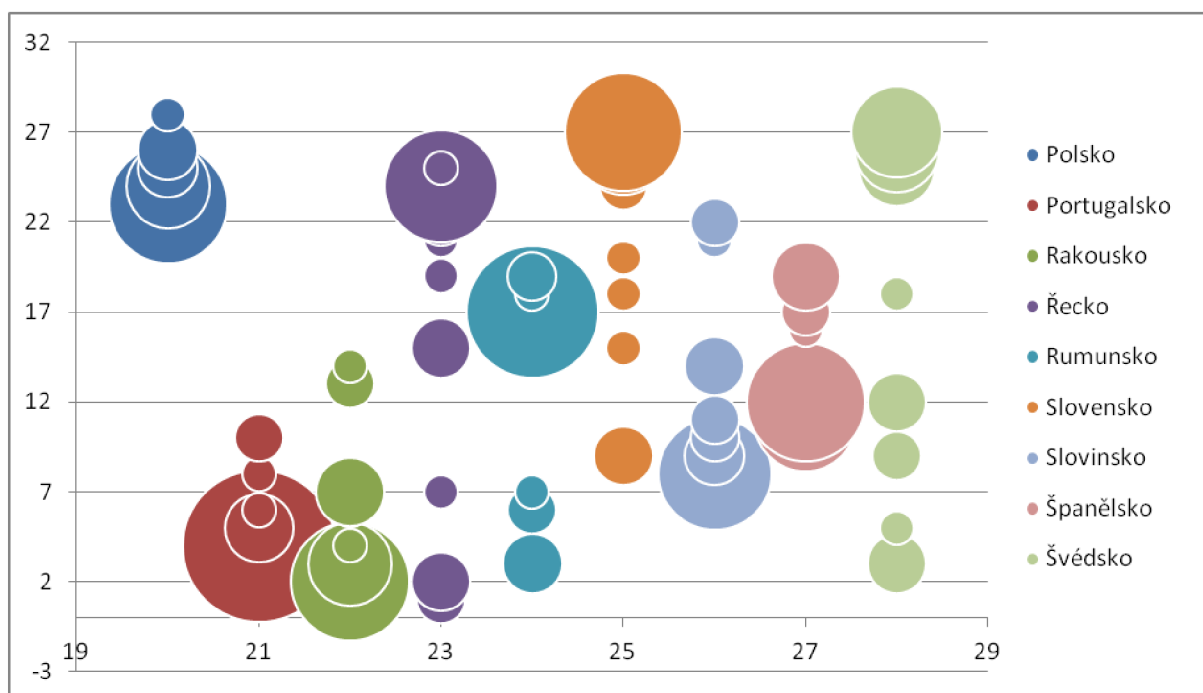
Podle postupu z teoretické části jsem našla bazickou variantu a spočetla dílčí užítky pro výnosová (výstupy) a nákladová (vstupy) kritéria. Pro každou sadu vah jsem podle celkového užítku zjistila pořadí produkčních jednotek. Pořadí zemí vykazuje nízkou variabilitu a odchylky od modu mají nízkou četnost.



Obrázek 31: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 14



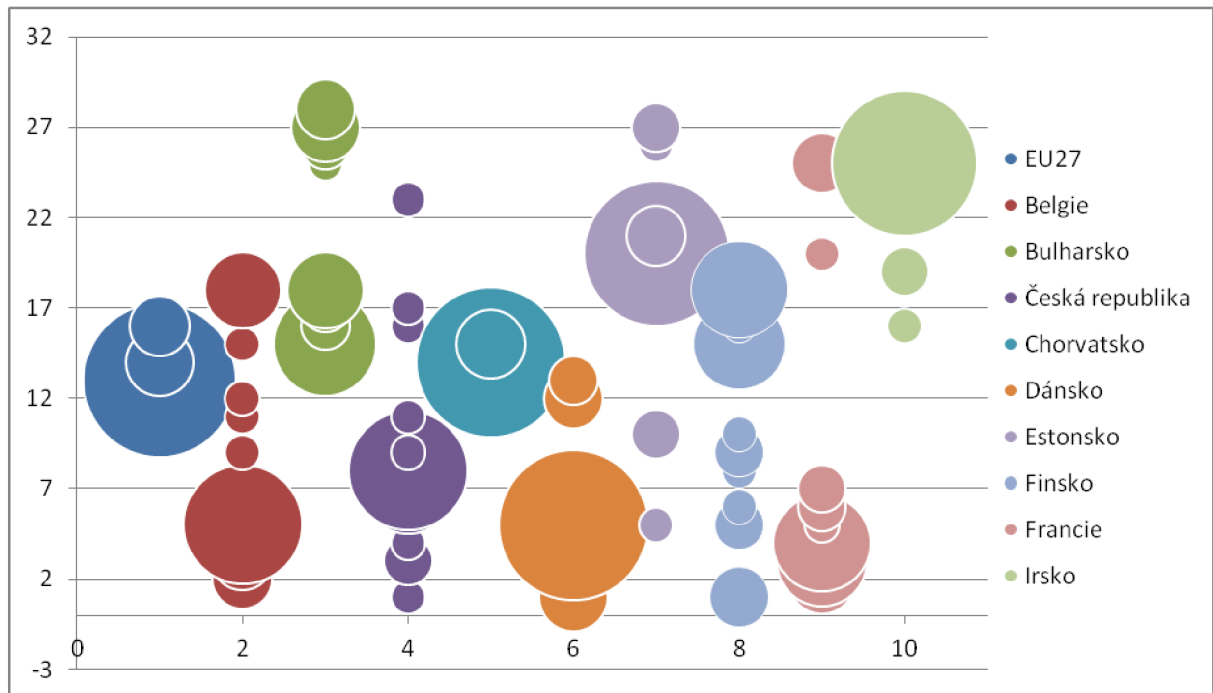
Obrázek 32: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 14



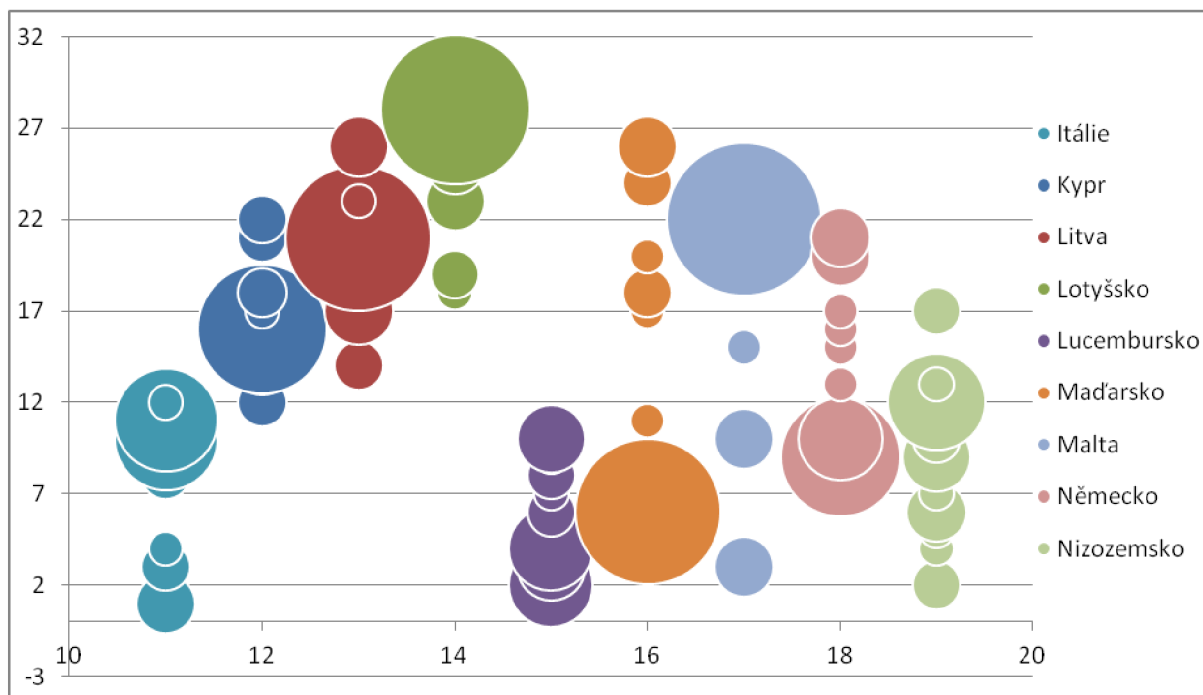
Obrázek 33: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 14

8.3.5 Pořadí dle TOPSIS

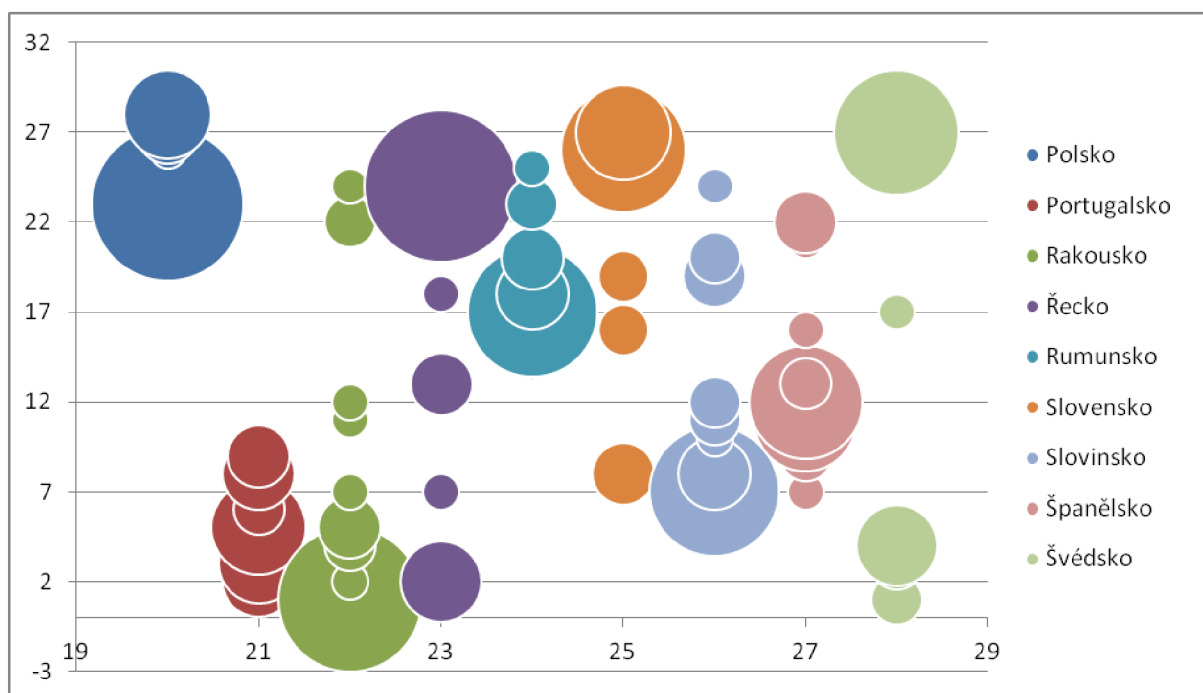
Postupem metody TOPSIS jsem ze zadaných dat získala ideální a bazální varianty. Podle relativních vzdáleností od bazální varianty jsem určila pořadí pro každou sadu vah. Tato metoda již vykazuje vyšší variabilitu pořadí.



Obrázek 34: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 15



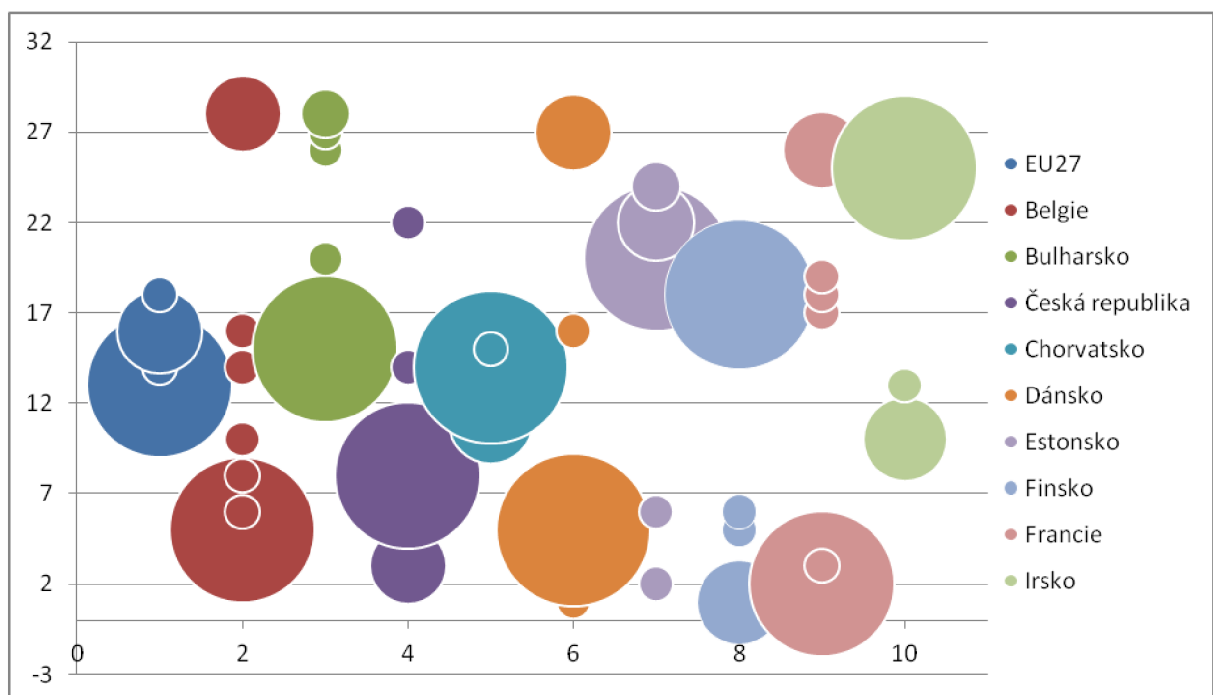
Obrázek 35: Bublínový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 15



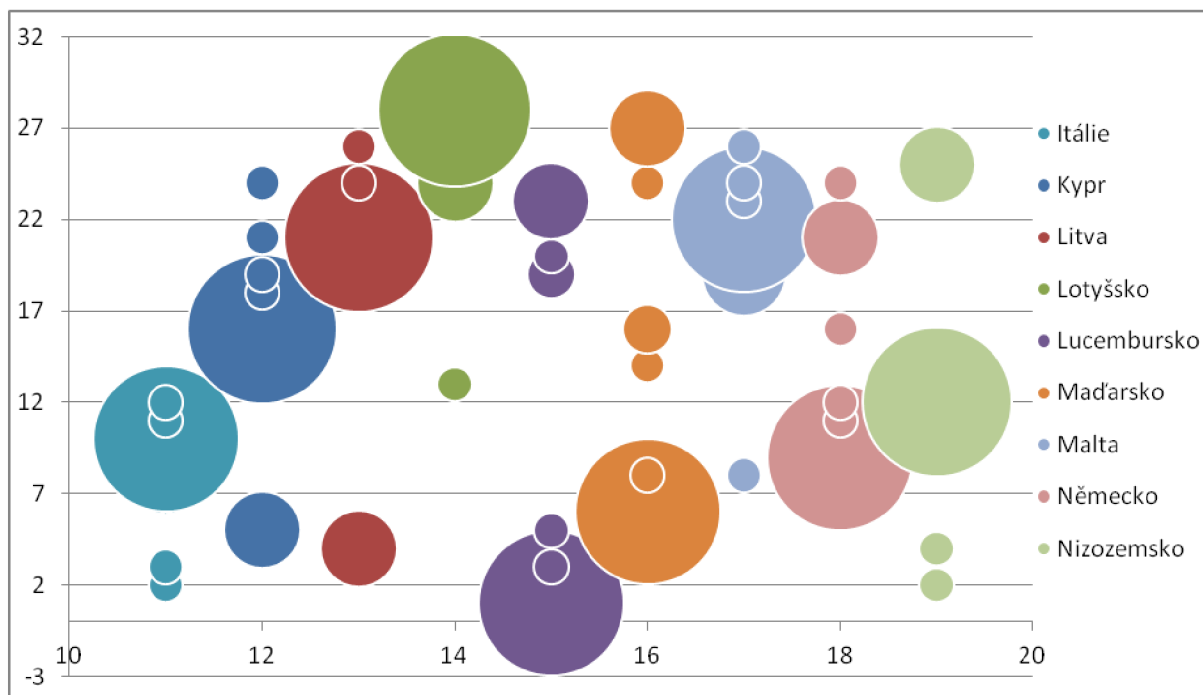
Obrázek 36: Bublínový graf pořadí zemí (20 – 28) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 15

8.3.6 Pořadí dle AGREPREF

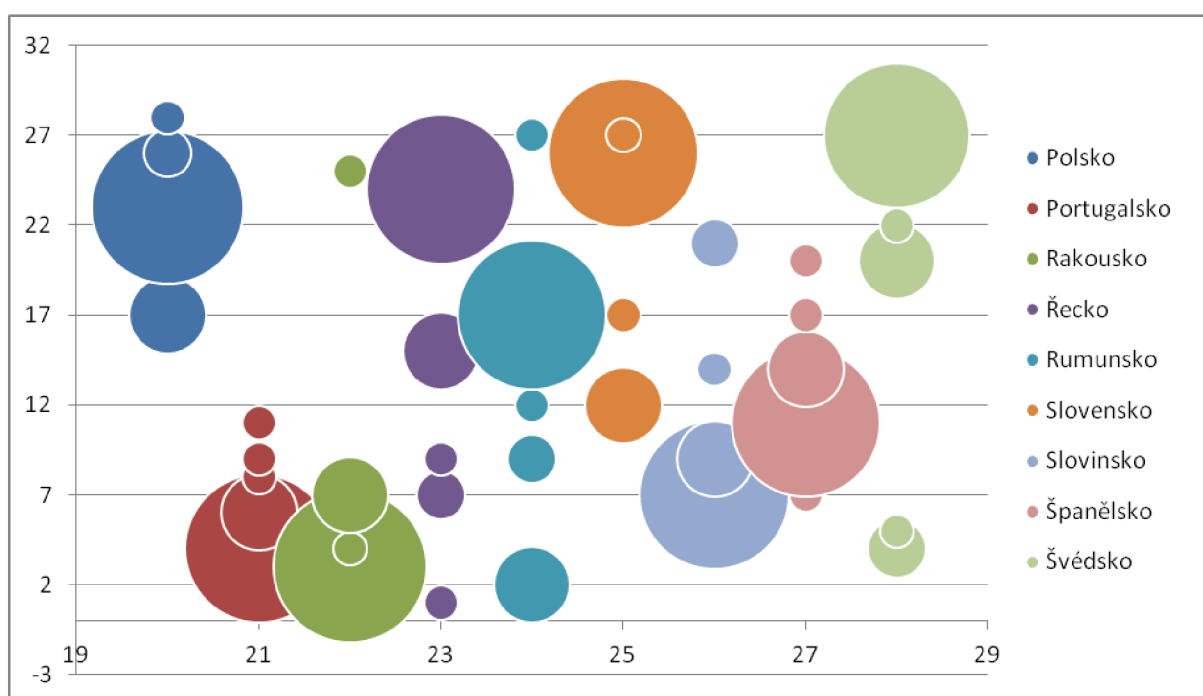
Pro každý soubor vah jsem použila metodu AGREPREF a zjistila pro všechny produkční jednotky parametr d_h , který značí čistý počet jednotek, před kterými je preferována jednotka h . Produkční jednotky (varianty) jsou seřazené sestupně podle parametru d_h . Na grafu lze pozorovat nízkou variabilitu. Většina jednotek obsahuje jedno pořadí s velkou četností a několik pořadí s velmi malou četností. Nízká variabilita je způsobena binárním charakterem hodnot v matici preferencí P , ze které jsou získány hodnoty d_h . Matice preferencí říká pouze, jestli je jednotka i preferována před jednotkou j . Ztrácí se zde informace o kolik, což vede k nízké variabilitě pořadí.



Obrázek 37: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 16



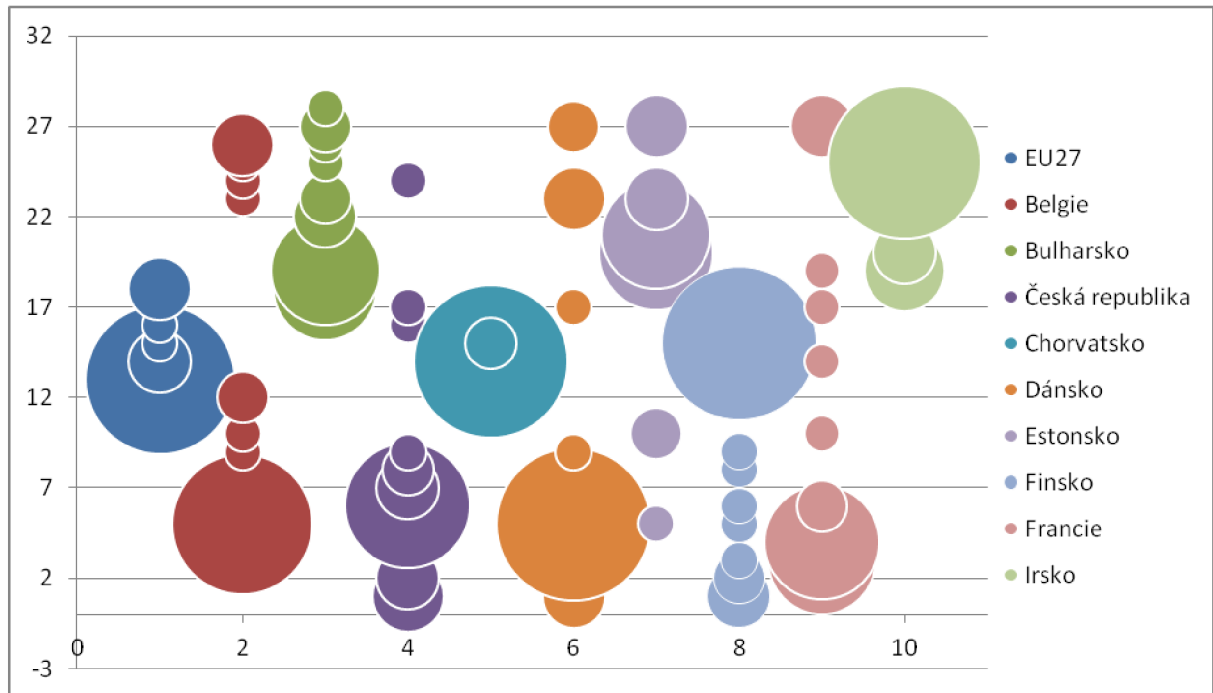
Obrázek 38: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 16



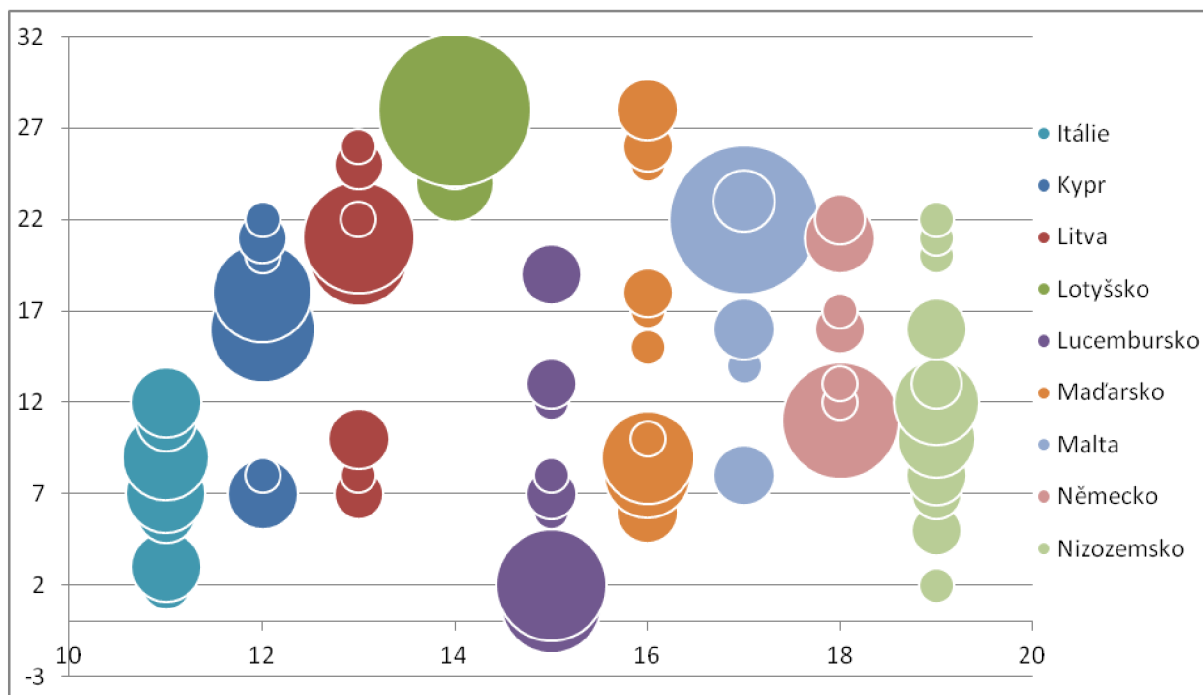
Obrázek 39: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 16

8.3.7 Pořadí dle PROMETHEE

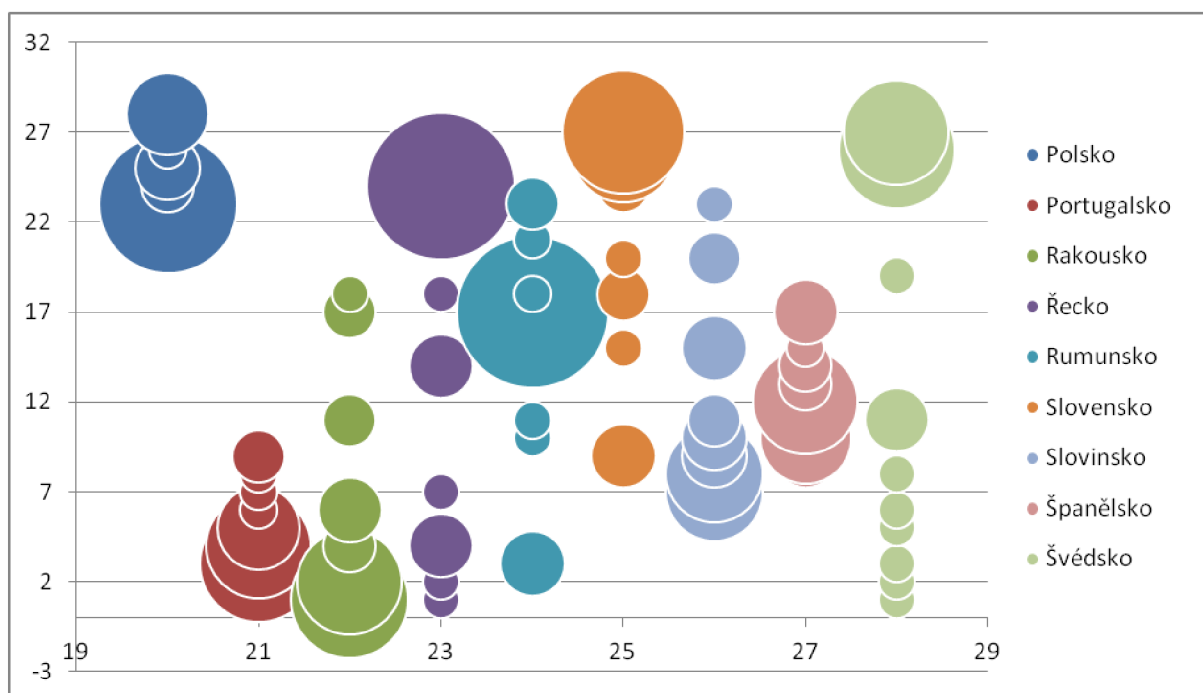
Zadaná vstupní data byla zpracována postupem, který představuje metodu PROMETHEE. Zvolila jsem, že se všechny vstupy a výstupy chovají podle Gaussova kritéria. Pro každou sadu vah jsem vypočetla čisté toky a seřadila podle nich produkční jednotky. Pro tuto metodu mají pořadí vysokou variabilitu.



Obrázek 40: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 17



Obrázek 41: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 17



Obrázek 42: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 17

8.3.8 Spearmanův koeficient

Pro každou metodu jsem zjistila pomocí Spearmanova koeficientu závislost mezi pořadím dle efektivity a pořadím podle metody při použití vah, které patří k dané produkční jednotce.

Produkční jednotky	ORESTE	WSA	Bazická	TOPSIS	AGREPREF	PROMETHEE
EU27	0.949507	0.97209	0.657362	0.558840	0.51067323	0.663929940
Belgie	0.776683	0.95785	0.731801	0.698413	0.62178435	0.733990148
Bulharsko	0.486180	0.96169	0.667761	0.644226	0.62671045	0.694033935
Česká republika	0.568555	0.97099	0.741653	0.714286	0.70169677	0.598248495
Chorvatsko	0.899152	0.97920	0.695676	0.667761	0.58073344	0.706622879
Dánsko	0.796114	0.93432	0.984674	0.928845	0.97153804	0.915708812
Estonsko	0.894773	0.95785	0.592228	0.525452	0.41817187	0.581828134
Finsko	0.403667	0.93158	0.990148	0.794745	0.77449371	0.805692392
Francie	0.889299	0.97920	0.691297	0.657909	0.57635468	0.703338807
Irsko	0.876710	0.97646	0.701697	0.756979	0.44499179	0.743295019
Itálie	0.508758	0.91352	0.979748	0.725233	0.79337712	0.536398467
Kypr	0.500411	0.96114	0.664477	0.639299	0.62397373	0.707717570
Litva	0.335112	0.93924	0.952381	0.828681	0.70552819	0.971538041
Lotyšsko	0.334702	0.93651	0.978654	0.819923	0.72085386	0.985769020
Lucembursko	0.878352	0.97044	0.679256	0.609195	0.57690203	0.702244116
Maďarsko	0.886563	0.98084	0.711002	0.696223	0.60426929	0.729064039
Malta	0.403667	0.93158	0.990148	0.794745	0.77449371	0.992884510
Německo	0.894226	0.97920	0.689655	0.656814	0.57361795	0.695675972
Nizozemsko	0.716475	0.98632	0.784346	0.754242	0.67542419	0.672140120
Polsko	0.485222	0.96278	0.660646	0.634921	0.61850027	0.701696771
Portugalsko	0.506158	0.96990	0.784893	0.768473	0.76409414	0.680350301
Rakousko	0.716475	0.91024	0.733990	0.699507	0.67542419	0.384236453
Řecko	0.811166	0.93268	0.985769	0.938150	0.30925014	0.793103448
Rumunsko	0.483443	0.96223	0.659551	0.633826	0.61795293	0.707170224
Slovensko	0.403667	0.93158	0.990148	0.794745	0.77449371	0.992884510
Slovinsko	0.611248	0.97044	0.791461	0.753695	0.75369458	0.811165846
Španělsko	0.588670	0.97482	0.709360	0.684182	0.66392994	0.755883963
Švédsko	0.832512	0.94472	0.985222	0.781062	0.90216201	0.798576902

Tabulka 6: Spearmanovy koeficienty za použitých vah dané země podle metod vícekritériálního rozhodování

	ORESTE	WSA	Bazická	TOPSIS	AGREPREF	PROMETHEE
Průměr	0.658481	0.95641	0.79232	0.7200133	0.65553894	0.741613887
Maximum	0.949507	0.98632	0.99015	0.9381500	0.97153804	0.992884510
Minimum	0.334702	0.91024	0.59223	0.5254516	0.30925014	0.384236453
Směr. odchylka	0.200790	0.02126	0.13679	0.0956006	0.13732391	0.137242647

Tabulka 7: Průměr, maximum, minimum a směrodatná odchylka Spearmanových koeficientů

Očekávání podobných výsledků při porovnávání pro modely orientovaných na vstupy a na výstupy se potvrdilo. Bublinové grafy porovnání jednotlivých vícekriteriálních metod s DEA analýzou jsou pro oba modely podobné. Tabulky Spearmanových koeficientů (3 a 6) a tabulky průměrů, maxim a minim (4 a 7) obsahují obdobná čísla, a proto jsou si jejich grafy v kapitolách 9.1.1 a 9.1.2 podobné. Ze zjištěných informací lze usoudit, že CCR model orientovaný na vstup a CCR model orientovaný na výstup se ve spojení s vícekriteriálními metodami chovají podobně.

8.4 Řešení úlohy – Interval stability vah

V této části jsem na ukázkou hledání intervalů stability zvolila úlohu, kterou jsem již řešila v mé bakalářské práci. Tato úloha nazvaná „Kvalita života v okresech Jihočeského kraje“ porovnává okresy Jihočeského kraje podle šesti kritérií, která ovlivňují ochotu mladých lidí se do okresů stěhovat. Zvolená kritéria jsou průměrná cena bytů (Kč/m², 2017), průměrná nezaměstnanost (% , 2018), počet obyvatel na lékaře, průměrná mzda (Kč, 2018), trestné činy na 1000 obyvatel (2018) a množství znečišťujících látek v ovzduší (t/km², 2016). Základní hodnoty a váhy získané dotazníkovým šetřením jsou v následující tabulce. (Brabcová, 2020) [1]

	Cena bytů	Nezaměstnanost	Lékařství	Průměrná mzda	Kriminalita	Kvalita ovzduší
České Budějovice	26 300	1,92	176,2	32 504	15,2	7,09
Český Krumlov	14 786	3,64	324,4	30 981	15,9	3,45
Jindřichův Hradec	15 533	2,04	278,7	30 804	12,2	4,25
Písek	16 754	1,86	244,5	31 351	14,5	4,96
Prachatice	9 082	2,25	323,8	31 266	12,2	3,39
Strakonice	13 513	2,84	283,3	31 615	15,0	5,91
Tábor	15 970	2,92	283,6	31 713	10,9	6,52
Váhy	0,1699729	0,15284039	0,1780883	0,16501352	0,1636609	0,1704238

Tabulka 8: Data a váhy pro měření kvality života okresů Jihočeského kraje

8.4.1 Metoda vážených součtů

Použitím postupu z části 7.1, který jsem použila současně s metodou vážených součtů, jsem získala koeficienty β_i^- , β_i^+ a intervaly stability (w_i^- , w_i^+).

Kritérium	beta dolní	beta horní	w' dolní	w' horní
Cena bytů	-0.21989690	0.19450686	0.13259642	0.20303385
Nezaměstnanost	-0.25600977	0.46804912	0.11371176	0.22437721
Lékařská péče	-0.16412298	0.18350241	0.14885997	0.21076801
Průměrná mzda	-0.28598020	0.14614814	0.11782292	0.18912995
Kriminalita	-0.10918413	0.14586937	0.14579178	0.18753408
Kvalita ovzduší	-0.21094042	0.67122871	0.13447454	0.28481716

Tabulka 9: Koeficienty β_i^- , β_i^+ a upravené váhy w_i^- a w_i^+ pro metodu WSA

8.4.2 Metoda PROMETHEE

Pro metodu PROMETHEE jsem získala pomocí Mareschalova postupu koeficienty β_i^- , β_i^+ a intervaly stability (w_i^- , w_i^+).

Kritérium	beta dolní	beta horní	w' dolní	w' horní
Cena bytů	-0.15028495	0.20093314	0.14442857	0.20412615
Nezaměstnanost	-0.30555145	1.28307504	0.10613979	0.34894610
Lékařská péče	-0.19672519	0.19224438	0.14305390	0.21232486
Průměrná mzda	-0.32783436	0.13502027	0.11091642	0.18729370
Kriminalita	-0.20377698	0.18173568	0.13031062	0.19340399
Kvalita ovzduší	-0.19164578	0.61710850	0.13776280	0.27560938

Tabulka 10: Koeficienty β_i^- , β_i^+ a upravené váhy w_i^- a w_i^+ pro metodu PROMETHEE

Dolní a horní váhy intervalů stability se mezi metodami WSA a PROMETHEE zásadně neliší. Spearmanův koeficient všech vah dosáhl hodnoty 0,93706 a značí, že váhy se pro obě metody odchyľují pouze v 6 % případů. Zjistila jsem, že všechna kritéria ovlivňují pořadí okresů, jelikož žádnému kritériu nevychází nulová dolní hranice. Nejširší intervaly stability jsem našla pro kvalitu ovzduší a nezaměstnanost, nejužší interval pro kritérium kriminality. Další zhodnocení se vyskytne v kapitole 9.2.

9 Výsledky práce

9.1 Výsledky propojení DEA a vícekriteriálního rozhodování

Základním výsledkem analýzy obalu dat jsou efektivity všech zemí Evropské unie, z nichž vyplývá celkové pořadí, které vypovídá o zlepšení malých a středních podniků dané země oproti ostatním státům EU v loňském roce (2021). Plně efektivními produkčními jednotkami jsou státy Česká republika, Dánsko, Finsko, Itálie, Nizozemsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko a Švédsko. Nejhuře se v této sféře daří Slovensku, Irsku, Maltě, Bulharsku, Lotyšsku a Polsku.

Produkční jednotky	Efektivita	Produkční jednotky	Efektivita	Produkční jednotky	Efektivita
Česká republika	1	Belgie	0.86122	Litva	0.73495
Dánsko	1	Francie	0.81715	EU27	0.72354
Finsko	1	Rumunsko	0.80684	Španělsko	0.72099
Itálie	1	Lucembursko	0.79846	Německo	0.72017
Nizozemsko	1	Slovinsko	0.78607	Slovensko	0.67780
Portugalsko	1	Chorvatsko	0.77995	Irsko	0.67107
Rakousko	1	Kypr	0.75548	Malta	0.67077
Řecko	1	Estonsko	0.74448	Bulharsko	0.57753
Švédsko	1	Maďarsko	0.73649	Lotyšsko	0.47578
				Polsko	0.46971

Tabulka 11: Efektivity států EU

Největším rozdílem mezi analýzou obalu dat a vícekriteriálním rozhodováním je přístup k vahám. Ve vícekriteriálním hodnocení variant jsou váhy pevně dané a následně lze s jejich užitím zjistit pořadí variant, v DEA váhy hledáme tak, aby efektivita byla co největší. Proto se většinou používají na jiný typ úloh.

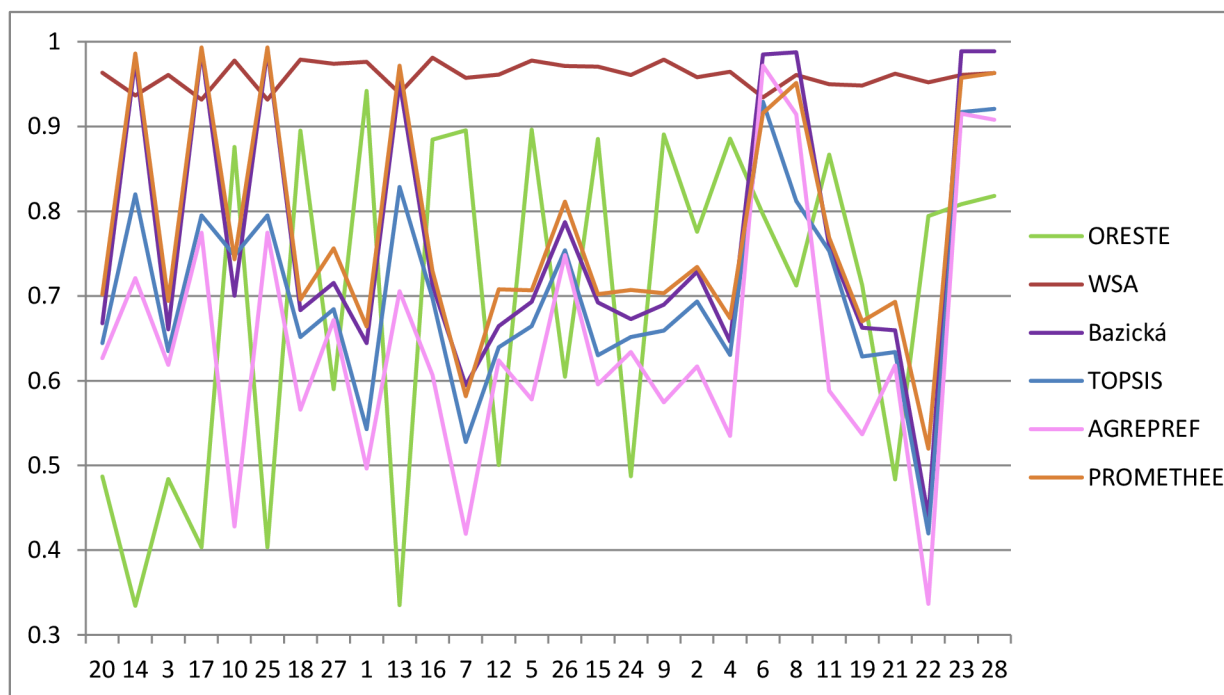
9.1.1 Výsledky CCR modelu orientovaného na vstupy

Výsledky použitím metody vážených součtů s využitím vah, pod kterými se jednotky jeví nejlepšími, se nejvíce podobají výsledkům DEA, protože jejich účelové funkce jsou si podobné. Výsledky DEA porovnané s metodou ORESTE se na druhou stranu výrazně liší. Spearmanovy koeficienty této metody se navíc chovají velmi odlišně oproti ostatním vícekriteriálním metodám. Hlavním důvodem je přístup metody ORESTE k vahám. Nahlíží na ně jako na vektor pořadí, a proto čím více je použito nulových vah, tím víc se výsledky ORESTE liší od výsledků analýzy obalu dat. Tato metoda je navíc založená na ordinálních

informacích a její použití ve spojení s analýzou obalu dat, které zachází s kardinálními daty, není zcela vhodné.

Spearmanovy koeficienty metody PROMETHEE a bazické metody se chovají velmi podobně. Jejich výsledky se po metodě WSA nejvíce blíží závěrům z DEA. Následuje pak metoda TOPSIS. Nejvíce se od analýzy obalu dat liší metoda AGREPREF, kde pořadí variant pro všechny sady vah vykazuje nízkou variabilitu. Největší rozdíly lze pozorovat v případech, kdy je použita sada vah s jednou vysokou a ostatními nízkými hodnotami.

Spearmanovy koeficienty vykazují vysokou volatilitu oproti průměru v případech, když jsou váhy pro osobní náklady a čistý zisk nulové. Metoda ORESTE se v takových případech většinou chová opačně oproti metodám PROMETHEE a bazické varianty, kdy má ORESTE nízký Spearmanův koeficient, zbylé metody mají vysoký a naopak. Tyto výchyly lze vidět u výsledků s vahami zemí Malta (17), Slovensko (25), Dánsko (6) a Rakousko (22). Celkově má nejnižší volatilitu Spearmanových koeficientů předvídatelně metoda WSA, kterou následuje metoda TOPSIS. Nejvyšší volatilitu vykazuje metoda ORESTE.

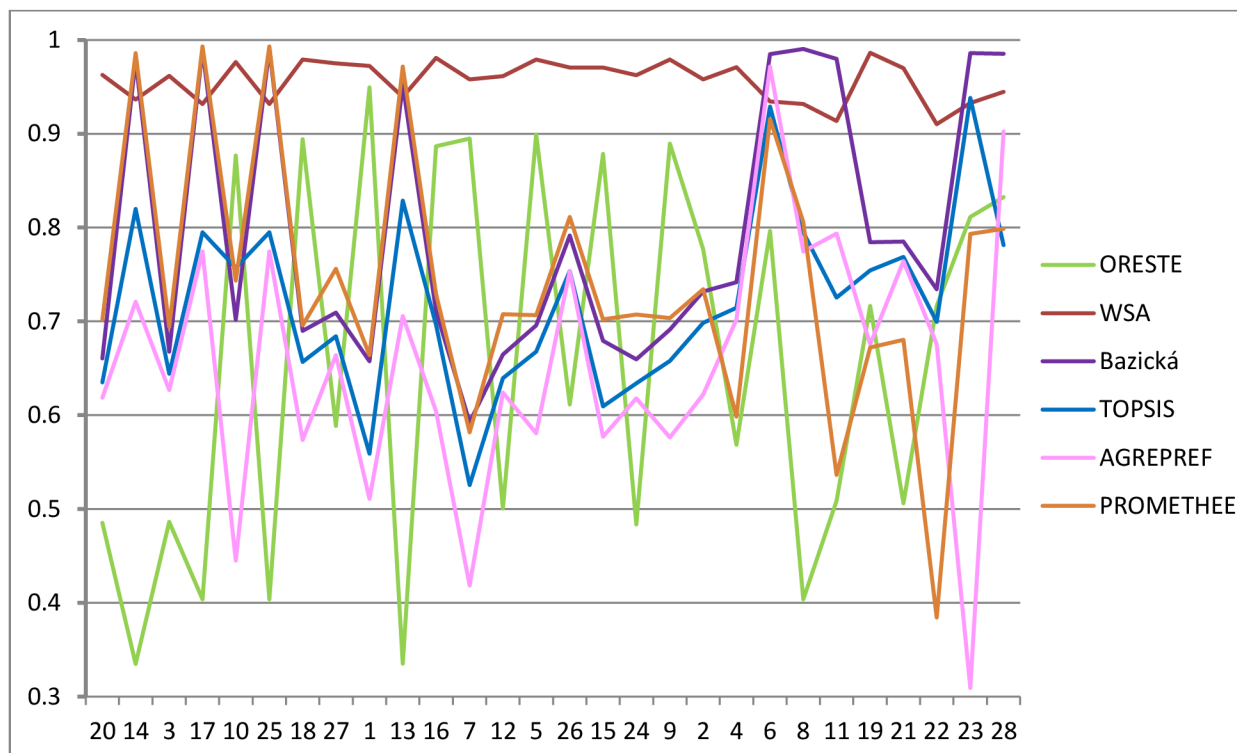


Obrázek 43: Graf Spearmanových koeficientů v závislosti na sadě vah států z modelu orientovaného na vstupy srovnaných dle efektivity (vodorovná osa)

9.1.2 Výsledky CCR modelu orientovaného na výstupy

Z modelu orientovaného na výstupy jsem pro jednotky, které nebyly plně efektivní, získala stejné váhy jako pro vstupně orientovaný model. Vyplnilo se proto očekávání, že pro takové jednotky získám totožné výsledky pro oba modely. Modely se částečně liší pro plně efektivní jednotky. Je vidět rozdíl například u jednotek Rakousko (22) a Řecko (23), které mají pro vstupní model pouze dvě nulové váhy, ale pro model orientovaný na výstupy obsahují čtyři nulové váhy.

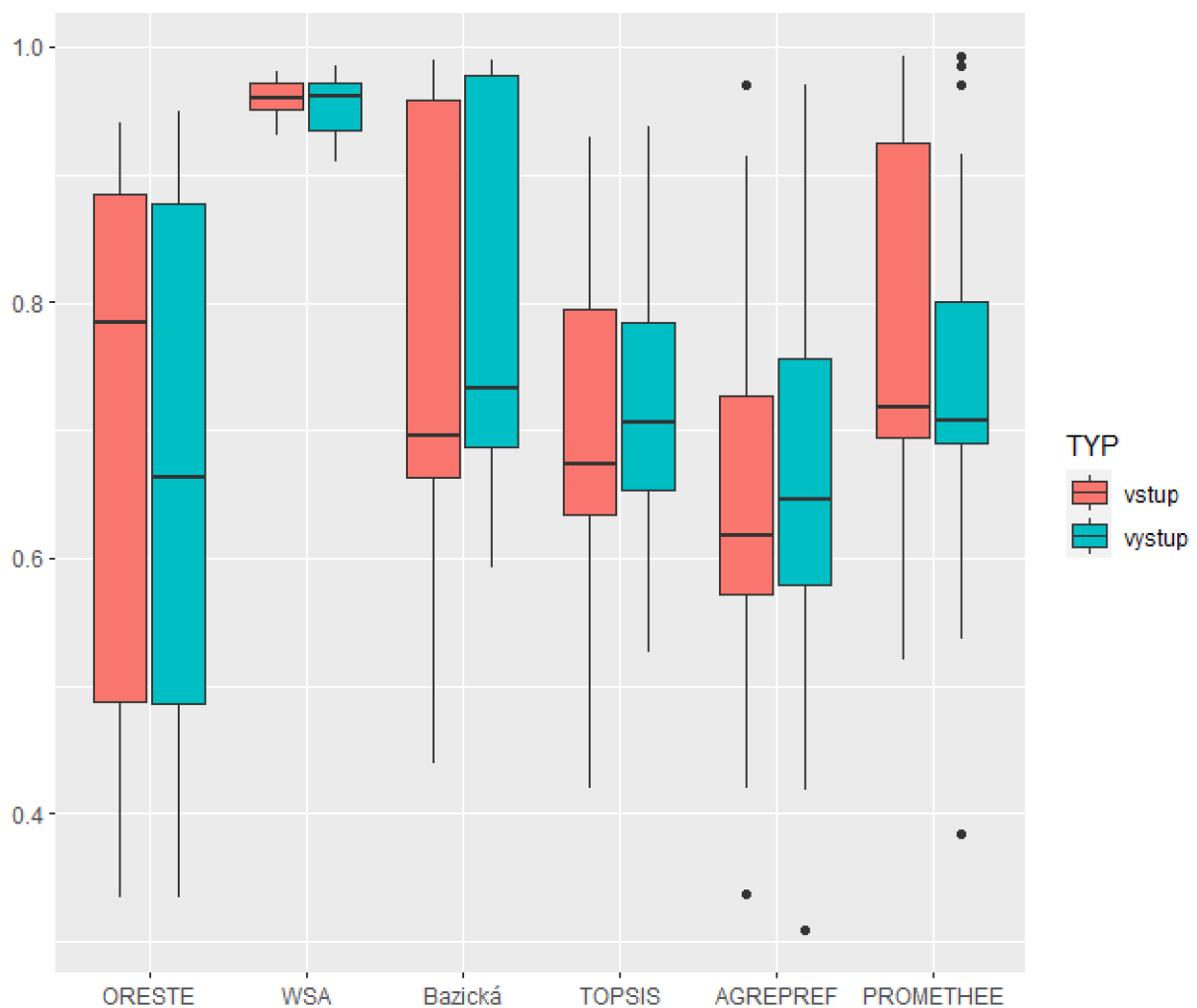
Výsledky metody WSA se dle předpokladu nejvíce podobají výsledkům CCR modelu orientovaného na výstupy, jelikož jsou jejich účelové funkce podobné. Více se následovně liší metody bazické varianty, PROMETHEE a TOPSIS. Očekávání, že metoda ORESTE dává velmi odlišné výsledky oproti DEA, se také potvrdilo. Spearmanovy koeficienty pro tuto metodu navíc výrazně kolísají v souvislosti s počtem nulových vah. Používání metody ORESTE ve spojení s DEA není zcela vhodné, protože první z nich se dívá na ordinální data, druhá na kardinální. Výsledky získané metodou AGREPREF jsou nejméně podobné výsledkům analýzy obalu dat, a to převážně v případech, kdy je jedna hodnota sady vah výrazně vyšší než ostatní. Je nutné zmínit, že metoda TOPSIS má po metodě vážených součtů druhou nejmenší volatilitu a nejvyšší volatilitu má metoda ORESTE.



Obrázek 44: Graf Spearmanových koeficientů v závislosti na sadě vah států z modelu orientovaného na výstupy srovnaných dle efektivity (vodorovná osa)

9.1.3 Výsledky porovnání CCR modelů

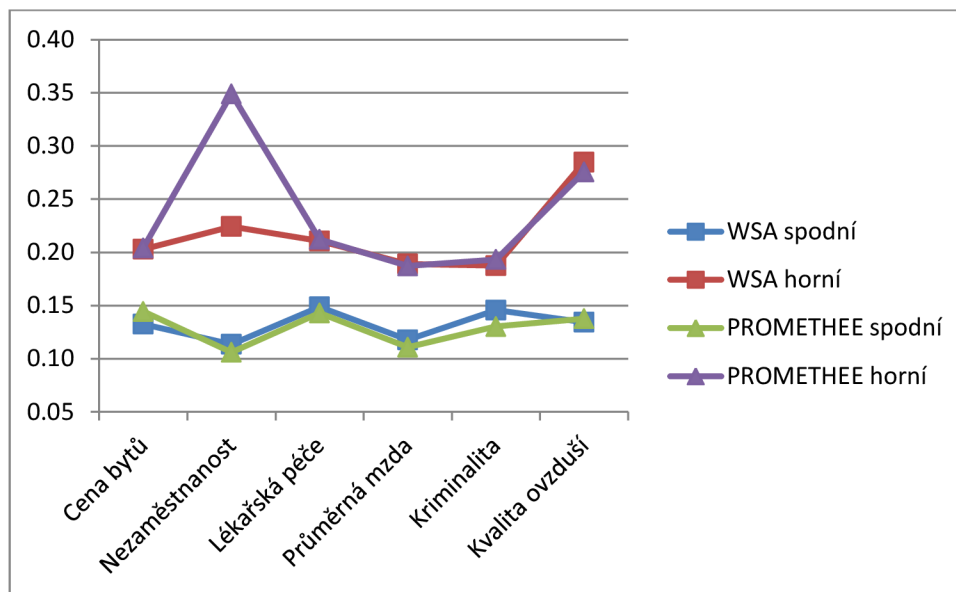
Předpokládala jsem, že výsledky pro CCR modely orientované na vstupy a na výstupy budou vypadat obdobně. Předěšlé obrázky 43 a 44 zobrazující grafy Spearmanových koeficientů pro jednotlivé modely jsou pro produkční jednotky, které nejsou zcela efektivní, totožné. Mezi výsledky obou modelů se nachází malé odchylky u zemí s efektivitou rovnou jedné. Na následujícím obrázku lze vidět grafické srovnání obou modelů, kde lze pozorovat jejich podobnost.



Obrázek 45: Krabicový graf Spearmanových koeficientů, porovnání vstupně a výstupově orientovaných modelů

9.2 Výsledky intervalů stability vah

Z mých výpočtů vyplývá, že intervaly stability podle metod WSA a PROMETHEE vypadají pro zadanou úlohu podobně. Velký rozdíl se nachází při zkoumání nezaměstnanosti. Vysoký koeficient β_i^+ a horní hranice intervalu stability w_i^+ při použití metody PROMETHEE jsou v tomto případě způsobené malou směrodatnou odchylkou hodnot tohoto kritéria a následným použitím Gaussova kritéria pro nezaměstnanost.



Obrázek 46: Horní a dolní hranice intervalů stability pro metody WSA a PROMETHEE

10 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo propojení vícekriteriálních metod a analýzy obalu dat. Nejprve jsem proto představila některé metody vícekriteriálního hodnocení variant, vysvětlila CCR model analýzy obalu dat a představila intervaly stability vah. V praktické části jsem zpracovala úlohu o rozvoji malých a středních podniků v Evropské unii, kterou lze řešit pomocí DEA analýzy. Po aplikaci vstupně a výstupově orientovaných CCR modelů analýzy obalu dat jsem zjistila celkovou efektivitu států EU a určila jejich pořadí. Plně efektivními produkčními jednotkami vyšly země Česká republika, Dánsko, Finsko, Itálie, Nizozemsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko a Švédsko. Nejhorší vývoj malých a středních podniků postihl Slovensko, Irsko, Maltu, Bulharsko, Lotyšsko a Polsko. Ostatní členové Evropské unie dosáhli efektivit nad 70 %.

Prvním dílčím cílem práce bylo porovnání pořadí podle vícekriteriálních metod a podle efektivit, která vychází z modelu DEA. Metody vícekriteriálního hodnocení variant vyžadují ke srovnání sadu vah, kterou jsem získala při zjišťování maximální efektivit každé produkční jednotky. Pro každou sadu vah jsem získala pořadí podle vybrané vícekriteriální metody. Taková pořadí jsem porovnávala pomocí Spearmanových koeficientů s výsledky pořadí podle efektivit. Odhalila jsem, že porovnávání DEA s metodou ORESTE není zcela vhodné, jelikož ORESTE pracuje s ordinálními daty a DEA s daty kardinálními. Předpoklad, že se výsledky budou výrazně lišit, se naplnil z důvodu rozdílného náhledu na váhy. Neočekávaným závěrem bylo zjištění, že porovnání metody AGREPREF s výsledky DEA vyšlo podobně jako u metody ORESTE. Dochází zde ke značným rozdílům pozorovatelných hlavně v případech, kde je použit soubor vah s jednou vysokou hodnotou. Výsledky AGREPREF se odlišují od DEA kvůli tomu, že postup řešení obsahuje matice preference binárních hodnot, která zjednodušuje preferenční vztahy. Na druhou stranu jsem správně předpokládala velkou podobnost metody vážených součtů s analýzou obalu dat. Výsledky se díky podobným účelovým funkcím liší jen velmi málo. Dle Spearmanových koeficientů se metoda bazické varianty a metoda PROMETHEE shodují s DEA v 76 % případů, chovají se velmi podobně. Metoda TOPSIS vychází zhruba o pět procent hůře.

Dále jsem zjišťovala, zda lze nalézt rozdíly při porovnání s použitím CCR modelů orientovaných na vstupy nebo na výstupy. Z výsledků lze vyvodit, že pro jednotky, které nejsou plně efektivní, se výsledky chovají zcela totožně a rozdíly pro zcela efektivní jednotky

jsou pro různé modely velmi malé. Rozdíly jsou způsobené odlišným počtem nulových vah například u produkčních jednotek Rakousko a Řecko.

Druhým dílčím cílem byl bližší pohled na stabilitu vah, které jsou součástí všech vícekritériálních metod. Na datech z mé bakalářské práce o kvalitě života na území Jihočeského kraje jsem ukázala výpočet intervalů stability vah. Zvolené aditivní metody WSA a PROMETHEE se celkově chovaly velmi podobně, ale vyskytl se zde jeden větší rozdíl způsobený odlišností výpočtů mezi metodami a použitím Gaussova kritéria s nízkou variabilitou. Váhy se pro obě metody odchylují pouze v 6 % případů.

Na moji diplomovou práci lze navazovat různými způsoby. Jednou z možností je použití BCC modelu, jinak nazvaného též model s variabilními výnosy z rozsahu. Existují navíc různé modifikace DEA modelů. Některé umí efektivní jednotky seřadit, jiné využívají pouze nenulové váhy. Také je možné použít k porovnání namísto Spearmanova koeficientu jiný součinitel. Téma propojení analýzy obalu dat a vícekritériálních metod není hluboce prozkoumané a lze najít další zajímavé způsoby, jak na problematiku v budoucnu nahlížet. Hlavním přínosem této práce je představení možností, jak použít vícekritériální metody, pokud jsou váhy kritérií zjištěné pomocí analýzy obalu dat.

I Summary and keywords

Summary

This thesis explores methods of multiple-criteria decision making in connection with CCR model of Data Envelopment Analysis on data gathered by the European Commission. The main aim is to describe different methods of multiple-criteria decision analysis and functioning of Data Envelopment Analysis. The task is to compare all 27 countries of the European Union and their average based on the growth of their small and medium-sized enterprises. The selected decision criteria used in this evaluation consist of material costs, labour costs, interest rate as inputs, and turnover, net profit and innovation as outputs. First the CCR model is applied on all Decision-Making Units, which calculates the maximum efficiencies of each unit and the respective weights. Using these weights, we can apply multiple-criteria methods ORESTE, Weighted Sum Approach, TOPSIS, AGREPREF and PROMETHEE on original data. Another part of this thesis is an instruction on how to find weight stability intervals for additive methods.

The outcome includes country rankings from best to worst based on efficiencies from CCR model and comparison of results from Data Envelopment Analysis and all previously described multiple-criteria decision making methods using Spearman's rank correlation coefficient. The thesis also contains practical example of finding weight stability intervals for methods ORESTE and PROMETHEE.

Keywords

Multiple-criteria decision making, Data Envelopment Analysis, methods, criteria, alternatives, evaluation, ordinal scale, cardinal, Decision-Making Unit, input, output, efficiency, weights, ranking, Spearman's rank correlation coefficient

II Seznam použitých zdrojů

- [1] Brabcová, M. (2020). *Metody vícekritériálního hodnocení variant*. (Bakalářská práce). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta
- [2] Brans, J., Mareschal, B. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_5
- [3] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. L. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operations Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [4] Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis* (2nd ed.). Springer Science+Business Media. https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=fBbrAjpSpLYC&oi=fnd&pg=PR3&dq=data+envelopment+analysis&ots=vchA9pNvY_&sig=QLAhQEw6KaeuMB7R5EJdPZcJh5A&redir_esc=y#v=onepage&q=data%20envelopment%20analysis&f=false
- [5] Dvořáková, M., & Klicnarová, J. (2017). On the differences between DEA and selected MCDM methods. *The International Scientific Conference INPROFORUM 2017*, 338-343, ISBN 978-80-7394-667-8 <http://ocs.ef.jcu.cz/index.php/inproforum/INP2017/paper/viewFile/958/644>
- [6] Friebešová, J., & Klicnarová, J. (2007). *Rozhodovací modely pro ekonomy*. České Budějovice, Česko: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Ekonomická fakulta
- [7] Hradílek, Z., Juřica, L., Gurecký, J., & Krejčí, P. (2006). New method Agrepref for the priority location of remote controlled disconnectors in the distribution network. *Proceedings of PEA*, 506(7), 506
- [8] Jablonský, J., & Dlouhý, M. (2004). *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. Česko: Professional Publishing
- [9] Kasper, V. (2018) *Využití metod vícekritériálního rozhodování při realizaci projektu*. (Bakalářská práce). VŠB – Technická univerzita Ostrava. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/129537/KAS0057_FS_B2341_2301R040_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [10] Kwaak, T., Clarke, M., Kok, J., Snijders, J., Tollenaar, S., Galesloot, S., & Sadilek, M. O. (2021). *Survey on the access to finance of enterprises (SAFE)*. Penteia
https://ec.europa.eu/growth/access-finance-smes/data-and-surveys-safe_en
- [11] Mareschal, B. (1988). Weight stability intervals in multicriteria decision aid. *European Journal of Operations Research*, 33(1), 54-56. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(88\)90254-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(88)90254-8)
- [12] Pastijn, H., & Leysen, J. (1989). Constructing an outranking relation with ORESTE. *Mathematical and Computer Modelling*, 12(10-11), 1255-1268. [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(89\)90367-1](https://doi.org/10.1016/0895-7177(89)90367-1)
- [13] R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- [14] Sekničková, J. (2013). <http://jana.kalcev.cz/vyuka/>. Vysoká škola ekonomická v Praze. <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Ordinalni.pdf>
- [15] Spearman, CH. (1904). The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*, 15(1), 72-101. <https://doi.org/10.2307/1412159>
- [16] Tzeng, G., & Huang, J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making*. Boca Raton, Spojené státy americké: CRC Press

III Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 3	31
Obrázek 2: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 3	32
Obrázek 3: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 3	32
Obrázek 4: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 4	33
Obrázek 5: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 4	34
Obrázek 6: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 4	34
Obrázek 7: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 5	35
Obrázek 8: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 5	36
Obrázek 9: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 5	36
Obrázek 10: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 6	37
Obrázek 11: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 6	38
Obrázek 12: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 6	38
Obrázek 13: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 7	39
Obrázek 14: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 7	40
Obrázek 15: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 7	40
Obrázek 16: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 8	41
Obrázek 17: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 8	42
Obrázek 18: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 8	42

Obrázek 19: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 9.....	43
Obrázek 20: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 9.....	44
Obrázek 21: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 9.....	44
Obrázek 22: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 11	48
Obrázek 23: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 11	49
Obrázek 24: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 11	49
Obrázek 25: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 12	50
Obrázek 26: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 12	51
Obrázek 27: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 12	51
Obrázek 28: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 13	52
Obrázek 29: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 13	53
Obrázek 30: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 13	53
Obrázek 31: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 14.....	54
Obrázek 32: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 14.....	55
Obrázek 33: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 14.....	55
Obrázek 34: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 15.....	56
Obrázek 35: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 15.....	57
Obrázek 36: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 15.....	57
Obrázek 37: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 16.....	58
Obrázek 38: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 16.....	59

Obrázek 39: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 16.....	59
Obrázek 40: Bublinový graf pořadí zemí (1 - 10) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 17.....	60
Obrázek 41: Bublinový graf pořadí zemí (11 - 19) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 17.....	61
Obrázek 42: Bublinový graf pořadí zemí (20 - 28) dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), velikost bublin značí četnost pořadí, viz příloha 17.....	61
Obrázek 43: Graf Spearmanových koeficientů v závislosti na sadě vah států z modelu orientovaného na vstupy srovnaných dle efektivity (vodorovná osa)	67
Obrázek 44: Graf Spearmanových koeficientů v závislosti na sadě vah států z modelu orientovaného na výstupy srovnaných dle efektivity (vodorovná osa)	69
Obrázek 45: Krabicový graf Spearmanových koeficientů, porovnání vstupně a výstupově orientovaných modelů	70
Obrázek 46: Horní a dolní hranice intervalů stability pro metody WSA a PROMETHEE.....	71

Seznam tabulek

Tabulka 1: Upravené údaje o nárůstu/poklesu vstupů a výstupů dle jednotlivých států, inovace za období září 2020 až září 2021, ostatní za období od dubna do září roku 2021	29
Tabulka 2: Vstupně orientovaný model – normované váhy	30
Tabulka 3: Spearmanovy koeficienty za použitých vah dané země podle metod vícekriteriálního rozhodování	45
Tabulka 4: Průměr, maximum, minimum a směrodatná odchylka Spearmanových koeficientů	46
Tabulka 5: Výstupově orientovaný model – normované váhy	47
Tabulka 6: Spearmanovy koeficienty za použitých vah dané země podle metod vícekriteriálního rozhodování	62
Tabulka 7: Průměr, maximum, minimum a směrodatná odchylka Spearmanových koeficientů	63
Tabulka 8: Data a váhy pro měření kvality života okresů Jihočeského kraje	64
Tabulka 9: Koeficienty β_i^- , β_i^+ a upravené váhy w_i^- a w_i^+ pro metodu WSA	64
Tabulka 10: Koeficienty β_i^- , β_i^+ a upravené váhy w_i^- a w_i^+ pro metodu PROMETHEE	65
Tabulka 11: Efektivity států EU	66

IV Seznam příloh

Příloha 1: Původní data vstupů a výstupů DEA modelu z průzkumu Evropské komise	81
Příloha 2: Původní váhy a efektivty z modelu CCR orientovaného na vstupy	82
Příloha 3: Pořadí zemí dle efektivty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2.....	83
Příloha 4: Pořadí zemí dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2.....	84
Příloha 5: Pořadí zemí dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2.....	85
Příloha 6: Pořadí zemí dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2.....	86
Příloha 7: Pořadí zemí dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2.....	87
Příloha 8: Pořadí zemí dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2.....	88
Příloha 9: Pořadí zemí dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2.....	89
Příloha 10: Původní váhy a efektivty z modelu CCR orientovaného na výstupy	90
Příloha 11: Pořadí zemí dle efektivty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5.....	91
Příloha 12: Pořadí zemí dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5.....	92
Příloha 13: Pořadí zemí dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5.....	93
Příloha 14: Pořadí zemí dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5.....	94
Příloha 15: Pořadí zemí dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5.....	95
Příloha 16: Pořadí zemí dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5.....	96
Příloha 17: Pořadí zemí dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5.....	97

V Přílohy

Produkční jednotky	Vstupy			Výstupy		
	Materiál, energie, jiné	Osobní náklady	Průměrná úroková míra	Obrat	Čistý zisk	Inovace
EU27	72.27%	45.83%	2.51%	14.49%	-6.08%	26.41%
Belgie	66.78%	45.53%	1.78%	15.53%	1.07%	17.05%
Bulharsko	82.03%	58.52%	2.88%	-4.31%	-30.10%	26.98%
Česká republika	72.49%	41.04%	2.33%	4.84%	-0.43%	37.39%
Chorvatsko	68.77%	48.71%	2.61%	16.35%	-1.55%	29.17%
Dánsko	54.42%	54.67%	3.14%	40.46%	22.11%	25.79%
Estonsko	70.85%	56.12%	3.33%	28.78%	0.68%	21.79%
Finsko	70.10%	50.50%	2.99%	23.81%	5.73%	45.56%
Francie	74.23%	34.48%	1.63%	9.97%	-9.37%	20.07%
Irsko	80.67%	55.38%	4.57%	17.19%	0.42%	29.45%
Itálie	69.21%	30.61%	2.39%	16.70%	-9.76%	29.89%
Kypr	76.20%	51.11%	2.92%	10.45%	-22.08%	34.39%
Litva	81.19%	52.20%	3.45%	1.46%	-18.80%	35.17%
Lotyšsko	72.67%	47.17%	6.53%	-7.33%	-25.74%	20.56%
Lucembursko	60.29%	35.95%	1.52%	9.78%	-14.03%	20.84%
Maďarsko	74.31%	49.76%	2.14%	12.34%	0.04%	18.71%
Malta	58.31%	44.32%	3.64%	-0.31%	-17.84%	25.42%
Německo	72.16%	51.42%	2.34%	16.78%	-1.97%	24.00%
Nizozemsko	54.49%	45.93%	2.41%	26.55%	12.84%	20.34%
Polsko	87.46%	67.97%	3.66%	4.12%	-12.37%	26.35%
Portugalsko	68.76%	44.53%	1.76%	18.04%	-10.56%	32.14%
Rakousko	66.44%	56.63%	1.67%	27.96%	9.23%	30.89%
Řecko	67.08%	26.57%	4.18%	19.49%	-17.25%	26.73%
Rumunsko	83.14%	63.83%	2.98%	18.01%	-0.99%	38.77%
Slovensko	64.72%	50.31%	4.93%	0.57%	-19.60%	28.51%
Slovinsko	75.86%	47.77%	2.28%	7.93%	-4.20%	29.80%
Španělsko	75.98%	41.80%	2.40%	10.56%	-15.75%	26.75%
Švédsko	57.88%	34.99%	5.00%	25.20%	4.26%	24.97%

Příloha 1: Původní data vstupů a výstupů DEA modelu z průzkumu Evropské komise

Vstupně orientovaný model a váhy							
Produkční jednotky	Materiál, energie, jiné	Osobní náklady	Průměrná úroková míra	Obrat	Čistý zisk	Inovace	Efektivita
EU27	0	1.4224530	13.868122	1.216426	0.64137	1.150596	0.72354
Belgie	0	1.066615	28.897207	0	2.762093	0	0.86122
Bulharsko	0.400754	0.025208	22.795657	0	0	2.140594	0.57753
Česká republika	0.187241	1.277852	14.585491	0	1.791364	1.252536	1
Chorvatsko	0	1.349444	13.12972	0.192448	1.515637	1.033574	0.77995
Dánsko	1.83762	0	0	2.09205	0	0	1
Estonsko	0	1.056498	12.225026	1.590383	0	0.780341	0.74448
Finsko	1.426502	0	0	0.696822	0	1.718481	1
Francie	0	1.986514	19.328228	0.283302	2.231165	1.521521	0.81715
Irsko	0.083385	1.499843	2.234591	0	1.364912	0.863706	0.67107
Itálie	0.376149	2.180219	3.025792	1.691222	0.493909	1.649113	1
Kypr	0.190965	0.435059	21.648431	0	0	2.1968	0.75548
Litva	0.173545	1.632448	0.201553	0	0	2.089707	0.73495
Lotyšsko	0.211451	1.794218	0	0	0	2.314114	0.47578
Lucembursko	0	1.695603	25.686221	1.941064	0.08411	2.171886	0.79846
Maďarsko	0	1.367803	14.924347	0	1.840648	0.970258	0.73649
Malta	1.714972	0	0	0	0	2.638765	0.67077
Německo	0	1.347935	13.115035	0.192233	1.513942	1.032418	0.72017
Nizozemsko	0.382872	0.456333	24.140228	0	2.328289	0	1
Polsko	0.355595	0	18.825035	0	0	1.782586	0.46971
Portugalsko	0.582502	0.036641	33.133849	0	0	3.111388	1
Rakousko	1.166434	0	13.473294	1.216253	0	1.847403	1
Řecko	0.807114	1.725993	0	1.8314	0	1.902864	1
Rumunsko	0.389615	0.024508	22.162097	0	0	2.081101	0.80684
Slovensko	1.545117	0	0	0	0	2.377416	0.6778
Slovinsko	0	0.591037	31.476396	0	0.364804	2.320641	0.78607
Španělsko	0	1.027967	23.762903	0.25088	0	2.527404	0.72099
Švédsko	0.789915	1.551292	0	1.72717	0	1.75402	1

Příloha 2: Původní váhy a efektivita z modelu CCR orientovaného na vstupy

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	11	12	13	11	11	16	11	16	11	12	12	13	12	12	12	12	16	11	13	13	13	14	12	13	16	13	12	13
2	5	4	4	5	5	8	5	8	5	9	11	4	11	11	5	5	8	5	4	4	4	4	10	4	8	4	5	9
3	22	17	18	21	22	26	20	26	22	26	26	18	26	26	19	22	26	22	18	18	18	20	26	18	26	17	18	26
4	6	7	9	6	6	17	6	17	6	6	6	7	6	6	6	6	17	6	8	9	9	12	8	9	17	8	6	8
5	14	14	14	14	14	11	15	11	14	14	14	14	15	15	14	15	11	14	14	14	14	9	15	14	11	14	14	15
6	20	18	15	19	20	1	19	1	20	22	20	17	21	21	20	19	1	20	15	15	15	6	13	15	1	18	19	12
7	23	23	20	23	23	14	23	14	23	24	24	21	24	24	22	23	14	23	21	20	20	18	23	20	14	20	23	23
8	17	16	16	17	17	13	17	13	17	16	16	16	18	18	17	17	13	17	16	16	16	17	18	16	13	16	16	17
9	1	2	3	2	1	19	1	19	1	3	4	2	5	5	2	1	19	1	2	3	3	7	5	3	19	2	2	5
10	26	26	25	26	26	24	26	24	26	25	25	26	25	25	26	26	24	26	26	26	25	27	25	25	24	25	26	25
11	3	5	8	3	3	12	3	12	3	2	2	6	2	2	3	3	12	3	6	8	8	8	3	8	12	6	4	3
12	16	15	17	18	16	23	16	23	16	18	18	15	20	20	16	16	23	16	17	17	17	19	21	17	23	15	15	21
13	21	22	22	22	21	25	21	25	21	21	23	22	22	22	21	21	25	21	22	22	22	24	24	22	25	21	21	24
14	28	28	28	28	28	18	28	18	28	19	21	28	13	13	28	28	18	28	28	28	28	28	28	16	28	18	28	16
15	2	1	1	1	2	5	2	5	2	4	3	1	4	4	1	2	5	2	1	1	1	1	4	1	5	1	1	4
16	12	9	7	12	12	20	10	20	12	15	15	8	17	17	9	11	20	12	9	7	7	10	19	7	20	7	9	19
17	18	20	21	16	18	4	18	4	18	11	10	20	8	8	18	18	4	18	19	21	21	13	7	21	4	22	20	7
18	15	13	10	15	15	15	14	15	15	17	17	12	19	19	13	14	15	15	12	10	10	11	20	10	15	12	13	20
19	9	11	6	8	9	2	8	2	9	10	8	9	9	9	11	9	2	9	7	6	6	2	6	6	2	11	11	6
20	27	24	23	27	27	28	27	28	27	28	28	24	28	28	25	27	28	27	24	23	23	26	28	23	28	24	25	28
21	4	3	5	4	4	10	4	10	4	8	9	3	10	10	4	4	10	4	3	5	5	5	9	5	10	3	3	10
22	13	6	2	13	13	7	13	7	13	23	22	5	23	23	8	13	7	13	5	2	2	3	22	2	7	5	7	22
23	8	19	24	9	8	9	12	9	8	1	1	23	1	1	15	8	9	8	23	24	24	21	1	24	9	23	17	1
24	24	21	19	24	24	27	24	27	24	27	27	19	27	27	23	24	27	24	20	19	19	23	27	19	27	19	22	27
25	25	27	27	25	25	6	25	6	25	20	19	27	16	16	27	25	6	25	27	27	27	25	14	27	6	27	27	14
26	10	10	11	10	10	21	9	21	10	13	13	10	14	14	10	10	21	10	10	11	11	15	17	11	21	9	10	18
27	7	8	12	7	7	22	7	22	7	7	7	11	7	7	7	22	7	11	12	12	16	11	12	22	10	8	11	
28	19	25	26	20	19	3	22	3	19	5	5	25	3	3	24	20	3	19	25	25	26	22	2	26	3	26	24	2

Příloha 3: Pořadí zemí dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	15	15	15	15	15	14	15	14	15	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15
2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	7	8	7	7	7	8	7	8	7	7	7	7	7	7	6	7	8	7	8	7	7	7	7	7	8	7	7	7
5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
6	8	7	8	8	8	7	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	7	8	8	8	8	8	7	8	8	8
7	16	17	17	17	17	16	16	16	17	17	16	17	17	17	16	17	17	17	17	17	17	17	16	16	17	17	17	16
8	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	3	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	3	5	4
9	13	13	13	13	13	14	13	15	13	13	13	13	13	13	13	13	14	13	13	13	13	13	13	13	14	13	13	13
10	21	21	21	21	21	22	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	22	21	21	21	21	21	21	21	22	21	21	21
11	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5
12	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
13	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
14	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
16	19	19	20	19	19	20	19	20	19	19	19	20	20	20	20	19	20	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20
17	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
18	17	16	16	16	16	17	17	17	16	16	17	16	16	16	17	16	16	16	16	16	16	16	17	17	16	16	16	17
19	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3
20	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
21	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
24	20	20	19	20	20	19	20	19	20	20	20	19	19	19	19	20	19	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19
25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
26	14	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	14	14	14	14	14	15	14	14	15	14	14	14	14	15
27	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
28	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Příloha 4: Pořadí zemí dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	13	15	13	14	14	14	13	17	14	15	13	13	15	15	13	15	18	14	15	13	13	13	13	13	18	13	13	13
2	10	4	14	7	9	9	10	23	9	11	16	14	24	24	12	8	24	9	4	14	14	12	19	14	24	10	14	19
3	25	26	20	27	27	28	25	27	27	28	27	19	25	25	25	27	23	27	26	20	20	26	27	20	23	20	21	27
4	7	6	4	1	4	24	12	8	1	4	9	3	4	4	8	2	3	4	6	4	4	8	9	4	3	1	2	9
5	12	14	11	12	12	11	11	10	12	10	12	12	14	14	10	12	13	12	12	11	11	9	11	11	13	11	12	11
6	3	3	18	4	3	1	3	2	4	1	2	20	21	21	6	4	2	1	1	18	18	1	4	18	2	18	20	3
7	19	16	22	20	20	5	15	16	20	21	15	23	27	27	20	19	22	20	16	22	22	15	12	22	22	21	23	12
8	4	9	3	2	1	6	5	1	2	3	1	2	3	1	2	5	1	2	8	2	1	2	2	1	1	4	1	2
9	8	5	10	8	7	19	8	24	7	9	11	8	11	11	7	7	26	7	7	10	10	19	14	10	26	7	7	15
10	22	20	25	21	21	17	22	20	21	19	21	25	20	20	23	21	21	21	20	25	25	24	21	25	21	25	25	21
11	1	13	6	6	6	12	1	7	6	6	3	5	2	3	4	6	10	6	14	6	6	6	5	6	10	6	4	5
12	21	22	9	22	22	22	21	13	22	24	19	10	7	7	18	22	11	22	22	9	9	14	16	9	11	15	10	16
13	23	24	17	24	23	25	23	21	23	23	24	16	10	10	22	24	15	23	25	17	17	23	24	17	15	19	16	24
14	28	28	28	28	28	26	28	26	28	26	26	28	23	23	28	28	25	28	28	28	28	28	26	28	25	28	28	26
15	9	8	5	10	10	10	7	15	10	14	10	6	8	8	5	10	16	10	9	5	5	7	10	5	16	5	6	10
16	18	7	19	13	13	16	19	25	13	16	22	18	26	26	19	13	27	13	5	19	19	21	25	19	27	17	18	25
17	24	23	21	23	24	15	24	12	24	22	23	21	13	13	24	23	5	24	21	21	21	22	22	21	5	22	22	22
18	16	11	15	15	15	13	16	18	15	17	18	15	22	22	16	14	20	15	10	15	15	11	18	15	20	14	15	18
19	5	1	16	5	5	2	6	5	5	5	6	17	19	19	9	3	9	5	2	16	16	5	6	16	9	16	17	6
20	27	25	23	25	25	27	26	28	25	27	28	24	28	28	26	25	28	25	24	23	23	27	28	23	28	24	26	28
21	6	10	2	9	8	8	4	6	8	13	7	1	6	6	1	9	6	8	11	3	2	4	7	2	6	2	3	7
22	2	2	1	3	2	4	2	4	3	7	8	4	18	18	3	1	4	3	3	1	3	3	8	3	4	3	5	8
23	11	21	24	19	19	7	9	9	19	8	5	22	1	2	14	20	14	19	23	24	24	20	1	24	14	23	19	4
24	20	17	8	17	18	18	20	11	18	20	20	9	17	17	17	17	12	18	17	7	8	10	17	8	12	9	11	17
25	26	27	26	26	26	21	27	14	26	25	25	26	16	16	27	26	8	26	27	26	26	25	23	26	8	27	27	23
26	15	12	7	11	11	23	18	19	11	12	17	7	12	12	15	11	17	11	13	8	7	16	20	7	17	8	8	20
27	17	18	12	18	17	20	14	22	17	18	14	11	9	9	11	18	19	17	18	12	12	18	15	12	19	12	9	14
28	14	19	27	16	16	3	17	3	16	2	4	27	5	5	21	16	7	16	19	27	27	17	3	27	7	26	24	1

Příloha 5: Pořadí zemí dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
1	13	13	13	13	13	14	13	18	13	15	15	13	16	18	13	13	18	13	13	13	13	13	14	13	18	13	13	14	
2	5	4	5	5	5	9	5	23	5	5	9	5	24	27	5	5	27	5	4	5	5	5	21	5	27	5	5	21	
3	20	19	18	19	19	28	20	27	19	26	25	18	22	21	19	19	21	19	19	18	18	19	27	18	21	18	18	27	
4	8	9	7	7	7	23	10	8	7	6	10	7	4	4	8	7	2	7	9	7	7	7	10	7	2	7	7	11	
5	14	14	14	14	14	11	14	11	14	13	12	14	15	12	14	14	13	14	14	14	14	14	14	12	14	13	14	14	12
6	16	15	19	16	16	1	16	2	16	10	7	19	20	20	18	16	6	16	15	19	19	16	2	19	6	19	19	2	
7	19	20	21	20	20	5	19	13	20	20	20	21	28	26	20	20	24	20	20	21	21	20	11	21	24	21	21	10	
8	15	16	15	15	15	6	15	1	15	9	6	15	1	1	15	15	1	15	16	15	15	15	1	15	1	15	15	1	
9	3	3	3	3	3	18	3	24	3	3	4	2	14	17	3	3	26	3	3	3	3	3	19	3	26	2	2	19	
10	26	25	25	25	26	15	26	14	26	21	22	25	19	19	25	25	17	26	25	25	25	25	15	25	17	25	25	15	
11	7	11	10	10	10	10	7	9	10	7	5	9	3	3	7	10	10	10	11	10	10	10	5	10	10	9	9	5	
12	18	18	16	18	18	20	18	10	18	22	21	16	7	8	17	18	5	18	18	16	16	18	13	16	5	16	16	13	
13	21	21	20	21	21	26	22	15	21	23	23	20	8	7	21	21	8	21	21	20	20	21	22	20	8	20	20	22	
14	28	28	28	28	28	27	28	28	28	28	28	28	25	24	28	28	25	28	28	28	28	28	28	28	28	25	28	28	28
15	1	1	1	1	1	13	1	21	1	2	2	1	11	14	1	1	20	1	1	1	1	1	16	1	20	1	1	16	
16	6	6	6	6	6	17	6	26	6	12	19	6	27	28	6	6	28	6	6	6	6	6	25	6	28	6	6	25	
17	23	23	22	22	22	21	23	16	22	24	24	22	17	16	23	22	11	22	22	22	22	22	22	23	22	11	22	22	23
18	11	10	9	11	11	12	11	20	11	14	13	10	21	22	10	11	22	11	10	9	9	11	18	9	22	10	10	18	
19	10	8	12	9	9	2	8	7	9	8	8	12	23	23	11	9	16	9	7	12	12	9	8	12	16	12	12	8	
20	24	22	23	23	24	25	24	25	24	25	26	23	26	25	24	23	23	24	23	23	23	23	26	23	23	23	23	26	
21	4	5	4	4	4	8	4	6	4	4	3	4	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	7	4	4	4	4	7	
22	2	2	2	2	2	4	2	3	2	1	1	3	13	13	2	2	7	2	2	2	2	2	6	2	7	3	3	6	
23	22	24	24	24	23	7	21	12	23	19	11	24	2	2	22	24	15	23	24	24	24	24	3	24	15	24	24	3	
24	17	17	17	17	17	16	17	4	17	16	18	17	6	6	16	17	3	17	17	17	17	17	9	17	3	17	17	9	
25	27	27	26	27	27	24	27	17	27	27	27	26	18	15	27	27	9	27	27	26	26	27	24	26	9	26	27	24	
26	9	7	8	8	8	22	9	19	8	11	14	8	10	10	9	8	14	8	8	8	8	8	20	8	14	8	8	20	
27	12	12	11	12	12	19	12	22	12	17	17	11	12	11	12	12	19	12	12	11	11	12	17	11	19	11	11	17	
28	25	26	27	26	25	3	25	5	25	18	16	27	9	9	26	26	12	25	26	27	27	26	4	27	12	27	26	4	

Příloha 6: Pořadí zemí dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	13	13	13	13	13	14	13	16	13	14	13	13	13	13	13	16	13	13	13	13	13	13	13	13	16	13	13	13
2	5	2	5	2	3	9	5	15	3	5	8	5	18	18	5	2	18	3	2	5	5	5	16	5	18	5	5	15
3	17	16	15	18	18	28	18	27	18	25	25	15	26	26	16	18	27	18	17	15	15	18	28	15	27	15	15	28
4	9	8	8	7	7	23	11	13	7	1	10	8	3	3	8	7	7	7	8	8	8	8	14	8	7	8	8	14
5	14	14	14	14	14	11	14	12	14	13	14	14	15	15	14	14	12	14	14	14	14	14	12	14	12	14	14	11
6	19	19	19	19	19	1	19	1	19	9	12	19	25	25	19	19	2	19	19	19	19	19	3	19	2	19	19	3
7	20	20	20	20	20	5	20	14	20	19	19	20	27	27	20	20	21	20	20	20	20	20	10	20	21	20	20	9
8	16	15	18	15	15	6	15	3	15	10	9	18	5	5	17	15	1	15	15	18	18	15	5	18	1	18	17	5
9	2	3	4	3	2	20	4	25	2	3	3	4	7	7	4	3	25	2	3	4	4	4	11	4	25	3	4	12
10	25	25	25	25	25	16	25	23	25	24	24	25	23	23	25	25	24	25	25	25	25	25	18	25	24	25	25	18
11	8	11	10	11	11	12	8	11	11	4	1	10	1	1	9	11	11	11	11	10	10	10	4	10	11	10	10	4
12	15	18	16	17	16	22	16	17	16	22	20	16	12	12	15	17	14	16	18	16	16	16	19	16	14	16	16	19
13	21	21	21	21	21	26	21	22	21	23	23	21	14	14	21	21	17	21	21	21	21	21	25	21	17	21	21	25
14	28	28	28	28	28	25	28	26	28	28	28	28	19	19	28	28	23	28	28	28	28	28	26	28	23	28	28	26
15	1	4	2	4	4	10	3	8	4	6	4	3	8	8	3	4	10	4	4	2	2	3	9	2	10	2	3	10
16	6	6	6	6	6	17	6	24	6	11	18	6	24	24	6	6	26	6	6	6	6	6	23	6	26	6	6	23
17	22	22	22	22	22	15	22	6	22	21	22	22	10	10	22	22	3	22	22	22	22	22	22	22	3	22	22	22
18	10	9	9	10	10	13	9	18	10	15	15	9	21	21	10	10	20	10	9	9	9	9	17	9	20	9	9	17
19	11	10	12	9	9	2	7	4	9	2	5	12	17	17	11	9	6	9	10	12	12	11	6	12	6	12	6	
20	23	23	23	23	23	27	23	28	23	26	27	23	28	28	23	23	28	23	23	23	23	23	27	23	28	23	23	27
21	3	5	3	5	5	8	2	7	5	8	2	2	6	6	2	5	9	5	5	3	3	2	7	3	9	4	2	7
22	4	1	1	1	1	4	1	5	1	7	7	1	22	22	1	1	5	1	1	1	1	1	8	1	5	1	1	8
23	24	24	24	24	24	7	24	9	24	18	6	24	2	2	24	24	13	24	24	24	24	24	2	24	13	24	24	2
24	18	17	17	16	17	18	17	19	17	20	21	17	20	20	18	16	15	17	16	17	17	17	20	17	15	17	18	20
25	27	26	26	27	27	19	27	10	27	27	26	26	16	16	26	27	8	27	26	26	26	27	24	26	8	26	26	24
26	7	7	7	8	8	24	10	20	8	12	17	7	11	11	7	8	19	8	7	7	7	7	21	7	19	7	7	21
27	12	12	11	12	12	21	12	21	12	16	11	11	9	9	12	12	22	12	12	11	11	12	15	11	22	11	11	16
28	26	27	27	26	26	3	26	2	26	17	16	27	4	4	27	26	4	26	27	27	27	26	1	27	4	27	27	1

Příloha 7: Pořadí zemí dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
1	13	13	13	13	13	15	13	15	13	14	16	13	16	16	13	13	16	13	13	13	13	13	12	13	16	13	13	12	
2	5	5	5	5	5	14	5	17	5	6	6	5	28	28	5	5	28	5	5	5	5	5	21	5	28	5	5	21	
3	15	15	15	15	15	27	15	27	15	20	25	15	13	13	15	15	13	15	15	15	15	15	27	15	13	15	15	27	
4	8	8	8	8	8	22	8	15	8	6	8	8	3	3	8	8	3	8	8	8	8	8	7	8	3	8	8	7	
5	14	14	14	14	14	13	14	11	14	14	16	14	11	11	14	14	11	14	14	14	14	14	10	14	11	14	14	10	
6	19	19	19	19	19	1	19	1	19	18	18	19	18	18	19	19	18	19	19	19	19	19	12	19	18	19	19	12	
7	20	20	20	20	20	2	20	11	20	21	20	20	22	22	20	20	22	20	20	20	20	20	19	20	22	20	20	19	
8	18	18	18	18	18	6	18	5	18	15	16	18	1	1	18	18	1	18	18	18	18	18	2	18	1	18	18	2	
9	2	2	2	2	2	19	2	25	2	1	2	2	26	26	2	2	26	2	2	2	2	2	18	2	26	2	2	18	
10	25	25	25	25	25	10	25	12	25	24	24	25	10	10	25	25	10	25	25	25	25	25	15	25	10	25	25	15	
11	10	10	10	10	10	12	10	9	10	9	5	10	8	8	10	10	8	10	10	10	10	10	5	10	8	10	10	5	
12	16	16	16	16	16	18	16	19	16	16	20	16	5	5	16	16	5	16	16	16	16	16	15	16	5	16	16	15	
13	21	21	21	21	21	24	21	25	21	20	22	21	4	4	21	21	4	21	21	21	21	21	21	21	4	21	21	21	
14	28	28	28	28	28	28	28	27	28	28	28	28	24	24	28	28	24	28	28	28	28	28	28	28	28	24	28	28	28
15	1	1	1	1	1	20	1	19	1	3	2	1	23	23	1	1	23	1	1	1	1	1	18	1	23	1	1	18	
16	6	6	6	6	6	16	6	23	6	8	12	6	27	27	6	6	27	6	6	6	6	6	25	6	27	6	6	25	
17	22	22	22	22	22	26	22	21	22	24	23	22	19	19	22	22	19	22	22	22	22	22	24	22	19	22	22	24	
18	9	9	9	9	9	11	9	13	9	12	14	9	21	21	9	9	21	9	9	9	9	9	21	9	21	9	9	21	
19	12	12	12	12	12	4	12	4	12	11	8	12	25	25	12	12	25	12	12	12	12	12	12	12	25	12	12	12	
20	23	23	23	23	23	23	23	27	23	26	27	23	17	17	23	23	17	23	23	23	23	23	27	23	17	23	23	27	
21	4	4	4	4	4	8	4	7	4	4	5	4	6	6	4	4	6	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4	4	
22	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	7	7	3	3	7	3	3	3	3	3	7	3	7	3	3	7	
23	24	24	24	24	24	7	24	7	24	24	14	24	15	15	24	24	15	24	24	24	24	24	2	24	15	24	24	2	
24	17	17	17	17	17	9	17	9	17	17	21	17	2	2	17	17	2	17	17	17	17	17	8	17	2	17	17	8	
25	26	26	26	26	26	25	26	15	26	27	27	26	12	12	26	26	12	26	26	26	26	26	24	26	12	26	26	24	
26	7	7	7	7	7	21	7	21	7	8	10	7	9	9	7	7	9	7	7	7	7	7	16	7	9	7	7	16	
27	11	11	11	11	11	17	11	21	11	11	12	11	14	14	11	11	14	11	11	11	11	11	9	11	14	11	11	9	
28	27	27	27	27	27	5	27	4	27	22	8	27	20	20	27	27	20	27	27	27	27	27	4	27	20	27	27	4	

Příloha 8: Pořadí zemí dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	13	13	13	13	13	14	13	15	13	13	12	12	15	16	13	13	18	13	13	13	13	15	14	13	18	13	12	14
2	5	4	5	5	5	10	5	23	5	9	13	5	24	25	5	5	26	5	4	5	5	5	23	5	26	5	5	23
3	19	19	18	19	19	28	19	26	19	25	25	18	23	23	19	19	22	19	19	18	18	19	27	18	22	18	18	27
4	7	8	6	6	6	24	7	5	6	1	5	6	1	1	7	6	2	6	8	6	6	6	7	6	2	6	6	7
5	14	14	14	14	14	11	14	11	14	12	10	14	12	12	14	14	13	14	14	14	14	14	10	14	13	14	14	10
6	16	16	19	16	16	1	16	2	16	11	9	19	20	20	18	16	5	16	16	19	19	16	5	19	5	19	19	5
7	20	20	21	20	20	5	20	20	20	21	21	21	27	27	20	20	23	20	20	21	21	20	17	21	23	21	21	16
8	15	15	15	15	15	6	15	1	15	5	3	15	2	2	15	15	1	15	15	15	15	13	1	15	1	15	15	1
9	3	3	4	3	3	19	4	24	3	3	7	4	14	17	4	3	27	3	3	4	4	4	16	4	27	4	4	17
10	25	25	25	25	25	18	25	21	25	24	24	25	19	19	25	25	20	25	25	25	25	25	19	25	20	25	25	19
11	6	11	9	7	7	12	6	9	7	2	1	8	3	3	6	7	12	7	11	9	9	7	4	9	12	9	7	4
12	18	18	16	18	18	22	17	10	18	20	17	16	6	7	16	18	7	18	18	16	16	18	12	16	7	16	16	12
13	21	21	20	21	21	26	21	17	21	22	22	20	7	8	21	21	10	21	21	20	20	21	22	20	10	20	20	22
14	28	28	28	28	28	25	28	28	28	28	28	28	25	24	28	28	24	28	28	28	28	28	26	28	24	28	28	26
15	2	1	2	2	2	8	2	18	2	6	6	1	13	13	1	2	19	2	2	2	2	3	11	2	19	1	1	11
16	10	6	8	10	9	17	9	25	9	15	20	9	26	26	9	8	28	9	6	8	8	12	25	8	28	8	9	25
17	22	22	22	22	22	16	22	13	22	23	23	22	16	14	22	22	8	22	22	22	22	22	21	22	8	22	22	21
18	11	10	11	11	11	13	11	22	11	16	16	11	21	22	12	11	21	11	10	11	11	10	20	11	21	10	11	20
19	8	7	12	9	10	2	8	8	10	8	8	13	22	21	11	10	16	10	7	12	12	8	9	12	16	12	13	9
20	24	23	23	23	23	27	24	27	23	26	27	23	28	28	23	23	25	23	23	23	23	23	28	23	25	23	23	28
21	4	5	3	4	4	9	3	6	4	7	2	3	5	5	3	4	4	4	5	3	3	2	6	3	4	3	3	6
22	1	2	1	1	1	4	1	3	1	4	4	2	17	18	2	1	6	1	1	1	1	1	8	1	6	2	2	8
23	23	24	24	24	24	7	23	12	24	18	14	24	4	4	24	24	14	24	24	24	24	24	3	24	14	24	24	3
24	17	17	17	17	17	21	18	7	17	17	19	17	11	10	17	17	3	17	17	17	17	17	15	17	3	17	17	15
25	27	27	26	27	27	20	27	14	27	27	26	26	18	15	27	27	9	27	27	26	26	27	24	26	9	26	26	24
26	9	9	7	8	8	23	10	19	8	10	15	7	10	11	8	9	15	8	9	7	7	9	18	7	15	7	8	18
27	12	12	10	12	12	15	12	16	12	14	11	10	9	9	10	12	17	12	12	10	10	11	13	10	17	11	10	13
28	26	26	27	26	26	3	26	4	26	19	18	27	8	6	26	26	11	26	26	27	27	26	2	27	11	27	27	2

Příloha 9: Pořadí zemí dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 2

Výstupově orientovaný model a váhy							
Produkční jednotky	Materiál, energie, jiné	Osobní náklady	Průměrná úroková míra	Obrat	Čistý zisk	Inovace	Efektivita
EU27	0	1.965964	19.167054	1.68122	0.886434	1.590233	0.72354
Belgie	0	1.238492	33.553783	0	3.207184	0	0.86122
Bulharsko	0.693907	0.043648	39.47079	0	0	3.706449	0.57753
Česká republika	0.247794	0.40483	28.078805	0	0.247325	2.478186	1
Chorvatsko	0	1.730167	16.834048	0.24674	1.943248	1.325179	0.77995
Dánsko	1.83762	0	0	2.09205	0	0	1
Estonsko	0	1.419103	16.42083	2.13623	0	1.048165	0.74448
Finsko	1.426502	0	0	0	0	2.194908	1
Francie	0	2.431019	23.653144	0.34669	2.730415	1.861979	0.81715
Irsko	0.124256	2.235006	3.329896	0	2.033937	1.28706	0.67107
Itálie	0	3.266906	0	0	0.491929	3.01068	1
Kypr	0.252773	0.575872	28.655217	0	0	2.907822	0.75548
Litva	0.236132	2.221169	0.274241	0	0	2.843332	0.73495
Lotyšsko	0.444428	3.771094	0	0	0	4.863813	0.47578
Lucembursko	0	2.123603	32.169861	2.43102	0.105341	2.720107	0.79846
Maďarsko	0	1.85719	20.264135	0	2.499215	1.317407	0.73649
Malta	2.556705	0	0	0	0	3.93391	0.67077
Německo	0	1.87169	18.211027	0.26693	2.102201	1.433575	0.72017
Nizozemsko	0	0	24.358718	0	2.328289	0	1
Polsko	0.757051	0	40.077867	0	0	3.795066	0.46971
Portugalsko	0	0.085163	54.663453	0	0	3.111388	1
Rakousko	0	0	59.88024	0	2.541942	0	1
Řecko	0	3.763643	0	3.72717	0	0	1
Rumunsko	0.482889	0.030375	27.467679	0	0	2.579314	0.80684
Slovensko	2.279602	0	0	0	0	3.507541	0.6778
Slovinsko	0	0.751886	40.042653	0	0.464085	2.9522	0.78607
Španělsko	0	1.425776	32.958804	0.34797	0	3.505472	0.72099
Švédsko	0	2.857959	0	2.62848	0.420986	0	1

Příloha 10: Původní váhy a efektivita z modelu CCR orientovaného na výstupy

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	14	14	13	13	16	15	14	17	16	14	14	14	15	15	13	15	17	16	15	13	13	15	13	13	17	13	13	13
2	12	4	19	18	8	11	13	27	8	11	23	19	28	28	17	7	27	8	3	19	16	3	10	19	27	16	19	10
3	27	28	17	20	27	27	27	22	27	28	26	16	22	22	26	27	22	27	28	17	17	28	27	17	22	20	20	27
4	7	5	4	2	3	22	17	2	2	1	3	2	4	4	6	3	2	4	6	4	3	6	22	4	2	3	1	20
5	9	10	10	9	10	10	12	13	10	8	11	10	12	12	10	11	13	10	12	10	11	12	12	10	13	10	12	12
6	4	3	16	16	4	1	1	3	1	4	17	17	20	20	5	4	3	1	4	16	20	4	3	16	3	18	16	3
7	17	15	25	24	18	5	10	23	18	20	24	26	25	25	19	18	23	18	16	25	23	16	6	25	23	24	24	7
8	3	7	2	4	1	6	5	1	4	3	4	1	3	1	2	5	1	3	9	1	4	9	8	1	1	4	2	8
9	8	8	14	11	7	20	9	26	7	10	13	13	18	18	9	8	26	7	7	14	9	7	11	14	26	9	10	11
10	22	19	24	23	19	14	22	18	19	15	18	23	19	19	22	19	18	19	19	24	25	19	16	24	18	23	23	16
11	1	12	6	5	6	9	3	11	6	6	2	5	2	3	1	6	11	6	17	6	8	17	4	6	11	5	4	4
12	21	25	8	10	23	19	19	7	23	24	9	9	7	7	18	23	7	23	25	8	10	25	20	8	7	11	9	22
13	23	24	11	14	22	26	23	10	22	22	8	12	8	8	23	22	10	22	23	11	14	23	24	11	10	15	14	24
14	28	27	28	28	28	28	28	25	28	27	27	28	24	24	28	28	25	28	27	28	28	27	28	28	25	28	28	28
15	10	16	9	8	15	16	8	20	15	19	16	8	16	16	8	16	20	15	13	9	5	13	14	9	20	7	6	15
16	20	6	21	19	13	17	21	28	13	17	25	22	27	27	21	12	28	13	5	21	18	5	19	21	28	19	21	17
17	24	23	20	21	24	25	24	9	24	23	19	20	13	13	24	24	9	24	22	20	22	22	25	20	9	22	22	25
18	16	9	15	15	14	12	15	21	14	18	22	15	21	21	16	14	21	14	8	15	15	8	15	15	21	14	15	14
19	5	2	18	17	5	2	6	16	5	5	21	18	23	23	7	2	16	5	2	18	19	2	5	18	16	17	18	5
20	25	21	22	25	25	23	25	24	25	26	28	24	26	26	25	25	24	25	21	22	21	21	23	22	24	25	26	23
21	6	13	3	1	9	8	4	4	9	13	6	3	5	5	3	10	4	9	11	3	2	11	9	2	4	2	3	9
22	2	1	1	3	2	4	2	6	3	7	15	4	17	17	4	1	6	2	1	2	1	1	7	3	6	1	5	6
23	13	22	23	22	21	7	7	14	21	9	1	21	1	2	12	21	14	21	24	23	24	24	1	23	14	21	17	2
24	15	18	5	6	17	13	16	5	17	16	12	6	11	10	11	17	5	17	14	5	7	14	18	5	5	8	8	19
25	26	26	26	26	26	24	26	8	26	25	20	25	14	14	27	26	8	26	26	26	26	26	26	26	8	27	27	26
26	18	11	7	7	11	21	20	15	11	12	7	7	10	11	15	9	15	11	10	7	6	10	21	7	15	6	7	21
27	19	20	12	12	20	18	18	19	20	21	10	11	9	9	14	20	19	20	20	12	12	20	17	12	19	12	11	18
28	11	17	27	27	12	3	11	12	12	2	5	27	6	6	20	13	12	12	18	27	27	18	2	27	12	26	25	1

Příloha 11: Pořadí zemí dle efektivity (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	15	15	15	15	15	14	15	14	15	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15
2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	7	8	7	7	7	8	7	8	7	7	7	7	7	7	6	7	8	7	8	7	7	8	8	7	8	7	7	8
5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
6	8	7	8	8	8	7	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	7	8	8	7	7	8	7	8	8	7
7	16	17	17	17	17	16	16	17	17	17	17	17	17	17	16	17	17	17	17	17	17	17	17	16	17	17	17	16
8	5	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	3	5	4
9	13	13	13	13	13	14	13	14	13	13	13	13	13	13	13	13	14	13	13	13	13	13	13	13	14	13	13	13
10	21	21	21	21	21	22	21	22	21	21	21	21	21	21	21	21	22	21	21	21	21	21	21	21	22	21	21	21
11	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
12	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
13	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
14	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
16	19	19	20	20	19	20	19	20	19	19	20	20	20	20	20	19	20	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19
17	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
18	17	16	16	16	16	17	17	16	16	16	16	16	16	16	17	16	16	16	16	16	16	16	17	16	16	16	16	17
19	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3
20	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
21	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
24	20	20	19	19	20	19	20	19	20	20	19	19	19	19	19	20	19	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20
25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
26	14	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	14	14	15	14	14	14	14	15	15	15	15	15	14	14	14	15
27	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
28	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6

Příloha 12: Pořadí zemí dle metody ORESTE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	13	15	13	14	14	14	13	18	14	15	12	13	15	15	13	15	18	14	15	13	15	14	14	13	18	13	13	13
2	10	4	14	13	9	9	10	24	9	11	23	14	24	24	12	8	24	9	4	14	10	2	12	14	24	10	14	12
3	25	26	20	20	27	28	25	23	27	28	27	19	25	25	25	27	23	27	25	20	18	20	27	20	23	20	21	28
4	7	6	4	2	3	24	12	3	2	2	3	1	4	4	8	3	3	4	6	4	3	9	17	4	3	2	1	17
5	12	14	11	10	12	11	11	13	12	10	11	12	14	14	10	12	13	12	11	11	12	12	15	11	13	11	12	14
6	1	3	18	18	4	1	1	2	1	4	19	20	21	21	6	4	2	1	2	18	20	7	4	18	2	18	20	3
7	19	16	22	22	20	5	15	22	20	21	26	23	27	27	20	19	22	20	16	22	21	18	10	22	22	21	23	10
8	2	9	3	4	1	6	5	1	4	1	4	3	3	1	3	5	1	3	7	2	5	13	9	1	1	4	3	7
9	8	5	10	8	7	19	8	26	7	9	7	8	11	11	7	7	26	7	8	10	6	4	6	10	26	7	7	6
10	22	20	25	25	21	17	22	21	21	19	20	25	20	20	23	21	21	21	19	25	25	24	19	25	21	25	25	19
11	4	13	6	6	6	12	3	10	6	6	2	5	2	3	1	6	10	6	17	6	8	15	3	6	10	6	4	4
12	21	22	9	12	22	22	21	11	22	24	14	10	7	7	18	22	11	22	22	9	13	19	21	9	11	15	10	21
13	23	24	17	19	23	25	23	15	23	23	13	16	10	10	22	24	15	23	23	17	19	22	25	17	15	19	16	25
14	28	28	28	28	28	26	28	25	28	26	24	28	23	23	28	28	25	28	28	28	28	28	26	28	25	28	28	26
15	9	8	5	5	10	10	7	16	10	14	8	6	8	8	5	10	16	10	13	5	4	5	7	5	16	5	6	8
16	18	7	19	17	13	16	19	27	13	16	25	18	26	26	19	13	27	13	5	19	16	6	18	19	27	17	18	18
17	24	23	21	21	24	15	24	5	24	22	15	21	13	13	24	23	5	24	24	21	22	23	22	21	5	22	22	22
18	16	11	15	15	15	13	16	20	15	17	22	15	22	22	16	14	20	15	9	15	14	10	16	15	20	14	15	16
19	5	2	16	16	5	2	6	9	5	5	16	17	19	19	9	2	9	5	3	16	17	3	5	16	9	16	17	5
20	27	25	23	24	25	27	26	28	25	27	28	24	28	28	26	25	28	25	21	23	23	21	28	23	28	24	26	27
21	6	10	2	1	8	8	4	6	8	13	6	2	6	6	2	9	6	8	12	3	2	8	8	2	6	3	2	9
22	3	1	1	3	2	4	2	4	3	7	17	4	18	18	4	1	4	2	1	1	1	1	11	3	4	1	5	11
23	11	21	24	23	19	7	9	14	19	8	1	22	1	2	14	20	14	19	26	24	24	26	1	24	14	23	19	2
24	20	17	8	9	18	18	20	12	18	20	21	9	17	17	17	17	12	18	14	7	9	16	23	8	12	9	11	23
25	26	27	26	27	26	21	27	8	26	25	18	26	16	16	27	26	8	26	27	26	26	27	24	26	8	27	27	24
26	15	12	7	7	11	23	18	17	11	12	10	7	12	12	15	11	17	11	10	8	7	11	20	7	17	8	8	20
27	17	18	12	11	17	20	14	19	17	18	9	11	9	9	11	18	19	17	18	12	11	17	13	12	19	12	9	15
28	14	19	27	26	16	3	17	7	16	3	5	27	5	5	21	16	7	16	20	27	27	25	2	27	7	26	24	1

Příloha 13: Pořadí zemí dle metody WSA (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	13	13	13	13	13	14	13	18	13	15	16	13	16	18	13	13	18	13	13	13	13	13	14	13	18	13	13	14
2	5	4	5	5	5	9	5	27	5	5	23	5	24	27	5	5	27	5	4	5	5	5	12	5	27	5	5	12
3	20	19	18	18	19	28	20	21	19	26	25	18	22	21	19	19	21	19	19	18	17	17	28	18	21	18	18	28
4	8	9	7	7	7	23	10	2	7	6	4	7	4	4	8	7	2	7	9	7	8	8	20	7	2	7	7	20
5	14	14	14	14	14	11	14	13	14	13	13	14	15	12	14	14	13	14	14	14	14	14	14	13	14	13	14	13
6	16	15	19	19	16	1	16	6	16	10	18	19	20	20	18	16	6	16	15	19	19	19	2	19	6	19	19	1
7	19	20	21	21	20	5	19	24	20	20	24	21	28	26	20	20	24	20	20	21	21	20	6	21	24	21	21	7
8	15	16	15	15	15	6	15	1	15	9	2	15	1	1	15	15	1	15	16	15	15	15	8	15	1	15	15	8
9	3	3	3	2	3	18	3	26	3	3	10	2	14	17	3	3	26	3	3	3	2	2	9	3	26	2	2	9
10	26	25	25	25	26	15	26	17	26	21	17	25	19	19	25	25	17	26	24	25	25	25	17	25	17	25	25	16
11	7	11	10	9	10	10	7	10	10	7	3	9	3	3	7	10	10	10	11	10	10	11	4	10	10	9	9	4
12	18	18	16	16	18	20	18	5	18	22	9	16	7	8	17	18	5	18	18	16	16	18	21	16	5	16	16	22
13	21	21	20	20	21	26	22	8	21	23	8	20	8	7	21	21	8	21	21	20	20	21	25	20	8	20	20	24
14	28	28	28	28	28	27	28	25	28	28	27	28	25	24	28	28	25	28	28	28	28	28	27	28	25	28	28	27
15	1	1	1	1	1	13	1	20	1	2	15	1	11	14	1	1	20	1	1	1	1	1	11	1	20	1	1	11
16	6	6	6	6	6	17	6	28	6	12	26	6	27	28	6	6	28	6	6	6	6	6	18	6	28	6	6	18
17	23	23	22	22	22	21	23	11	22	24	19	22	17	16	23	22	11	22	23	22	22	23	23	22	11	22	22	23
18	11	10	9	10	11	12	11	22	11	14	22	10	21	22	10	11	22	11	10	9	9	9	15	9	22	10	10	15
19	10	8	12	12	9	2	8	16	9	8	21	12	23	23	11	9	16	9	8	12	12	10	5	12	16	12	12	5
20	24	22	23	23	24	25	24	23	24	25	28	23	26	25	24	23	23	24	22	23	23	22	26	23	23	23	23	26
21	4	5	4	4	4	8	4	4	4	4	6	4	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	10	4	4	4	4	10
22	2	2	2	3	2	4	2	7	2	1	14	3	13	13	2	2	7	2	2	2	3	3	7	2	7	3	3	6
23	22	24	24	24	23	7	21	15	23	19	1	24	2	2	22	24	15	23	25	24	24	24	1	24	15	24	24	2
24	17	17	17	17	17	16	17	3	17	16	7	17	6	6	16	17	3	17	17	17	18	16	19	17	3	17	17	19
25	27	27	26	26	27	24	27	9	27	27	20	26	18	15	27	27	9	27	27	26	26	27	24	26	9	26	27	25
26	9	7	8	8	8	22	9	14	8	11	11	8	10	10	9	8	14	8	7	8	7	7	22	8	14	8	8	21
27	12	12	11	11	12	19	12	19	12	17	12	11	12	11	12	12	19	12	12	11	11	12	16	11	19	11	11	17
28	25	26	27	27	25	3	25	12	25	18	5	27	9	9	26	26	12	25	26	27	27	26	3	27	12	27	26	3

Příloha 14: Pořadí zemí dle metody bazické varianty (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	13	13	13	13	13	14	13	16	13	14	11	13	13	13	13	16	13	13	13	13	13	13	14	13	16	13	13	14
2	5	2	5	5	3	9	5	18	3	5	15	5	18	18	5	2	18	3	2	5	5	4	12	5	18	5	5	11
3	17	16	15	15	18	28	18	27	18	25	27	15	26	26	16	18	27	18	17	15	15	15	28	15	27	15	15	28
4	9	8	8	8	7	23	11	7	7	1	4	8	3	3	8	7	7	7	8	8	8	8	17	8	7	8	8	16
5	14	14	14	14	14	11	14	12	14	13	14	14	15	15	14	14	12	14	14	14	14	14	15	14	12	14	14	15
6	19	19	19	19	19	1	19	2	19	9	22	19	25	25	19	19	2	19	19	19	19	19	4	19	2	19	19	5
7	20	20	20	20	20	5	20	21	20	19	26	20	27	27	20	20	21	20	20	20	20	20	10	20	21	20	20	10
8	16	15	18	18	15	6	15	1	15	10	9	18	5	5	17	15	1	15	15	18	18	18	8	18	1	18	17	9
9	2	3	4	4	2	20	4	25	2	3	5	4	7	7	4	3	25	2	3	4	3	3	6	4	25	3	4	6
10	25	25	25	25	25	16	25	24	25	24	23	25	23	23	25	25	24	25	25	25	25	25	19	25	24	25	25	19
11	8	11	10	10	11	12	8	11	11	4	1	10	1	1	9	11	11	11	11	10	10	10	3	10	11	10	10	3
12	15	18	16	16	16	22	16	14	16	22	16	16	12	12	15	17	14	16	18	16	16	16	21	16	14	16	16	21
13	21	21	21	21	21	26	21	17	21	23	17	21	14	14	21	21	17	21	21	21	21	21	26	21	17	21	21	26
14	28	28	28	28	28	25	28	23	28	28	18	28	19	19	28	28	23	28	28	28	28	28	25	28	23	28	28	25
15	1	4	2	2	4	10	3	10	4	6	6	3	8	8	3	4	10	4	4	2	1	2	9	2	10	2	3	7
16	6	6	6	6	6	17	6	26	6	11	20	6	24	24	6	6	26	6	6	6	6	6	18	6	26	6	6	18
17	22	22	22	22	22	15	22	3	22	21	10	22	10	10	22	22	3	22	22	22	22	22	22	22	3	22	22	22
18	10	9	9	9	10	13	9	20	10	15	21	9	21	21	10	10	20	10	9	9	9	9	16	9	20	9	9	17
19	11	10	12	12	9	2	7	6	9	2	13	12	17	17	11	9	6	9	10	12	12	11	5	12	6	12	12	4
20	23	23	23	23	23	27	23	28	23	26	28	23	28	28	23	23	28	23	23	23	23	23	27	23	28	23	23	27
21	3	5	3	3	5	8	2	9	5	8	8	2	6	6	2	5	9	5	5	3	4	5	7	3	9	4	2	8
22	4	1	1	1	1	4	1	5	1	7	24	1	22	22	1	1	5	1	1	1	2	1	11	1	5	1	1	12
23	24	24	24	24	24	7	24	13	24	18	2	24	2	2	24	24	13	24	24	24	24	24	2	24	13	24	24	2
24	18	17	17	17	17	18	17	15	17	20	25	17	20	20	18	16	15	17	16	17	17	17	23	17	15	17	18	23
25	27	26	26	26	27	19	27	8	27	27	19	26	16	16	26	27	8	27	26	26	26	26	24	26	8	26	26	24
26	7	7	7	7	8	24	10	19	8	12	12	7	11	11	7	8	19	8	7	7	7	7	20	7	19	7	7	20
27	12	12	11	11	12	21	12	22	12	16	7	11	9	9	12	12	22	12	12	11	11	12	13	11	22	11	11	13
28	26	27	27	27	26	3	26	4	26	17	3	27	4	4	27	26	4	26	27	27	27	27	1	27	4	27	27	1

Příloha 15: Pořadí zemí dle metody TOPSIS (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	13	13	13	13	13	15	13	16	13	14	16	13	16	16	13	13	16	13	13	13	13	13	11	13	16	13	13	18
2	5	5	5	5	5	14	5	28	5	6	16	5	28	28	5	5	28	5	5	5	5	5	10	5	28	5	5	8
3	15	15	15	15	15	27	15	13	15	20	28	15	13	13	15	15	13	15	15	15	15	15	26	15	13	15	15	28
4	8	8	8	8	8	22	8	3	8	6	2	8	3	3	8	8	3	8	8	8	8	8	6	8	3	8	8	14
5	14	14	14	14	14	13	14	11	14	14	11	14	11	11	14	14	11	14	14	14	14	14	15	14	11	14	14	14
6	19	19	19	19	19	1	19	18	19	18	13	19	18	18	19	19	18	19	19	19	19	19	22	19	18	19	19	1
7	20	20	20	20	20	2	20	22	20	21	24	20	22	22	20	20	22	20	20	20	20	20	24	20	22	20	20	6
8	18	18	18	18	18	6	18	1	18	15	1	18	1	1	18	18	1	18	18	18	18	18	18	18	1	18	18	5
9	2	2	2	2	2	19	2	26	2	1	17	2	26	26	2	2	26	2	2	2	2	2	3	2	26	2	2	18
10	25	25	25	25	25	10	25	10	25	24	13	25	10	10	25	25	10	25	25	25	25	25	23	25	10	25	25	9
11	10	10	10	10	10	12	10	8	10	9	3	10	8	8	10	10	8	10	10	10	10	10	2	10	8	10	10	11
12	16	16	16	16	16	18	16	5	16	16	21	16	5	5	16	16	5	16	16	16	16	16	19	16	5	16	16	24
13	21	21	21	21	21	24	21	4	21	20	20	21	4	4	21	21	4	21	21	21	21	21	21	21	4	21	21	26
14	28	28	28	28	28	28	28	24	28	28	27	28	24	24	28	28	24	28	28	28	28	28	13	28	24	28	28	27
15	1	1	1	1	1	20	1	23	1	3	19	1	23	23	1	1	23	1	1	1	1	1	5	1	23	1	1	19
16	6	6	6	6	6	16	6	27	6	8	24	6	27	27	6	6	27	6	6	6	6	6	16	6	27	6	6	14
17	22	22	22	22	22	26	22	19	22	24	19	22	19	19	22	22	19	22	22	22	22	22	8	22	19	22	22	23
18	9	9	9	9	9	11	9	21	9	12	24	9	21	21	9	9	21	9	9	9	9	9	20	9	21	9	9	16
19	12	12	12	12	12	4	12	25	12	11	9	12	25	25	12	12	25	12	12	12	12	12	12	12	25	12	12	2
20	23	23	23	23	23	23	23	17	23	26	26	23	17	17	23	23	17	23	23	23	23	23	28	23	17	23	23	23
21	4	4	4	4	4	8	4	6	4	4	5	4	6	6	4	4	6	4	4	4	4	4	9	4	6	4	4	11
22	3	3	3	3	3	3	3	7	3	3	6	3	7	7	3	3	7	3	3	3	3	3	25	3	7	3	3	4
23	24	24	24	24	24	7	24	15	24	24	9	24	15	15	24	24	15	24	24	24	24	24	1	24	15	24	24	7
24	17	17	17	17	17	9	17	2	17	17	9	17	2	2	17	17	2	17	17	17	17	17	27	17	2	17	17	12
25	26	26	26	26	26	25	26	12	26	27	24	26	12	12	26	26	12	26	26	26	26	26	17	26	12	26	26	26
26	7	7	7	7	7	21	7	9	7	8	7	7	9	9	7	7	9	7	7	7	7	7	14	7	9	7	7	21
27	11	11	11	11	11	17	11	14	11	11	13	11	14	14	11	11	14	11	11	11	11	11	7	11	14	11	11	20
28	27	27	27	27	27	5	27	20	27	22	4	27	20	20	27	27	20	27	27	27	27	27	4	27	20	27	27	4

Příloha 16: Pořadí zemí dle metody AGREPREF (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
1	13	13	13	13	13	14	13	18	13	13	14	12	15	16	13	13	18	13	12	13	13	13	14	13	18	13	12	13	
2	5	4	5	5	5	10	5	26	5	9	23	5	24	25	5	5	26	5	4	5	5	4	12	5	26	5	5	12	
3	19	19	18	18	19	28	19	22	19	25	26	18	23	23	19	19	22	19	19	18	18	17	27	18	22	18	18	27	
4	7	8	6	6	6	24	7	2	6	1	1	6	1	1	7	6	2	6	9	6	6	8	17	6	2	6	6	16	
5	14	14	14	14	14	11	14	13	14	12	13	14	12	12	14	14	13	14	14	14	14	14	14	15	14	13	14	14	15
6	16	16	19	19	16	1	16	5	16	11	21	19	20	20	18	16	5	16	16	19	19	19	4	19	5	19	19	4	
7	20	20	21	21	20	5	20	23	20	21	27	21	27	27	20	20	23	20	20	21	21	20	10	21	23	21	21	10	
8	15	15	15	15	15	6	15	1	15	5	3	15	2	2	15	15	1	15	15	15	15	15	9	15	1	15	15	8	
9	3	3	4	4	3	19	4	27	3	3	10	4	14	17	4	3	27	3	3	4	4	3	6	4	27	4	4	6	
10	25	25	25	25	25	18	25	20	25	24	19	25	19	19	25	25	20	25	25	25	25	25	19	25	20	25	25	19	
11	6	11	9	9	7	12	6	12	7	2	2	8	3	3	6	7	12	7	11	9	9	11	3	9	12	9	7	3	
12	18	18	16	16	18	22	17	7	18	20	8	16	6	7	16	18	7	18	18	16	16	18	21	16	7	16	16	21	
13	21	21	20	20	21	26	21	10	21	22	7	20	7	8	21	21	10	21	21	20	20	21	25	20	10	20	20	25	
14	28	28	28	28	28	25	28	24	28	28	24	28	25	24	28	28	24	28	28	28	28	28	26	28	24	28	28	26	
15	2	1	2	1	2	8	2	19	2	6	12	1	13	13	1	2	19	2	2	2	1	1	7	2	19	1	1	7	
16	10	6	8	8	9	17	9	28	9	15	25	9	26	26	9	8	28	9	6	8	7	6	18	8	28	8	9	18	
17	22	22	22	22	22	16	22	8	22	23	16	22	16	14	22	22	8	22	23	22	22	23	22	22	8	22	22	22	
18	11	10	11	10	11	13	11	21	11	16	22	11	21	22	12	11	21	11	10	11	10	9	16	11	21	10	11	17	
19	8	7	12	12	10	2	8	16	10	8	20	13	22	21	11	10	16	10	7	12	12	10	5	12	16	12	13	5	
20	24	23	23	23	23	27	24	25	23	26	28	23	28	28	23	23	25	23	22	23	23	22	28	23	25	23	23	28	
21	4	5	3	3	4	9	3	4	4	7	6	3	5	5	3	4	4	4	5	3	3	5	8	3	4	3	3	9	
22	1	2	1	2	1	4	1	6	1	4	17	2	17	18	2	1	6	1	1	1	2	2	11	1	6	2	2	11	
23	23	24	24	24	24	7	23	14	24	18	4	24	4	4	24	24	14	24	24	24	24	24	1	24	14	24	24	2	
24	17	17	17	17	17	21	18	3	17	17	15	17	11	10	17	17	3	17	17	17	17	16	23	17	3	17	17	23	
25	27	27	26	26	27	20	27	9	27	27	18	26	18	15	27	27	9	27	27	26	26	27	24	26	9	26	26	24	
26	9	9	7	7	8	23	10	15	8	10	11	7	10	11	8	9	15	8	8	7	8	7	20	7	15	7	8	20	
27	12	12	10	11	12	15	12	17	12	14	9	10	9	9	10	12	17	12	13	10	11	12	13	10	17	11	10	14	
28	26	26	27	27	26	3	26	11	26	19	5	27	8	6	26	26	11	26	26	27	27	26	2	27	11	27	27	1	

Příloha 17: Pořadí zemí dle metody PROMETHEE (svislá osa) s použitím vah konkrétní země (vodorovná osa), číslování viz tabulka 5