

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky



BAKALÁRSKA PRÁCA

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky



Výuka operačního výskumu na vysokých školách v ČR a SR – viackriteriálne hodnotenie

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Kvantitatívne metódy v ekonomike

Študijný obor: Matematické metódy v ekonómii

Autor: Zuzana Lóchová

Vedúci bakalárskej práce: Ing. Martina Kuncová, Ph.D.

Praha, máj 2019

Prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu „Výuka operačného výskumu na vysokých školách v ČR a SR – viackriteriálne hodnotenie“ vypracovala samostatne za použitia v práci uvedených prameňov a literatúry.

V Prahe dňa 3. mája 2019

.....

Zuzana Lochová

Pod'akovanie

Týmto by som sa chcela poďakovať Ing. Martine Kuncovej, Ph.D. za vedenie mojej bakalárskej práce, za jej podnety, inšpiratívne rady, cenné pripomienky a v neposlednom rade za jej ochotu, ktoré mi pomohli pri spracovaní práce.

Abstrakt

Názov práce: Výuka operačného výskumu na vysokých školách v ČR a SR – viackriteriálne hodnotenie

Autor: Zuzana Lochová

Katedra: Katedra ekonometrie

Vedúci práce: Ing. Martina Kuncová, Ph.D.

Cieľom tejto bakalárskej práce je porovnanie výuky operačného výskumu na verejných vysokých školách v Českej a Slovenskej republike. Pomocou metód viackriteriálneho hodnotenia bol zostavený rebríček škôl. Údaje o jednotlivých školách boli získané z internetových stránok škôl.

V teoretickej časti sa nachádza charakteristika, disciplíny a história operačného výskumu. Praktická časť je zameraná na popis a problémy zberu dát o školách, využitie metódy váženého súčtu a základného variantu pri hodnotení škôl a porovnanie vývoja počtu študentov na najlepších školách vyučujúcich operačný výskum v jednotlivých krajinách a v rámci oboru.

Kľúčové slová

operačný výskum, porovnanie výuky, viackriteriálne hodnotenie

JEL klasifikácia

C44

Abstract

Title: Tuition of the operational research at universities in the Czech Republic and Slovakia – multi-criteria evaluation

Author: Zuzana Ločková

Department: Department of Econometrics

Supervisor: Ing. Martina Kuncová, Ph.D.

The aim of this bachelor thesis is to compare operational research tuition at public universities in the Czech Republic and Slovakia. Multi-criteria decision-making methods were used to create school ranking. Data of individual schools were retrieved from their websites.

The theoretical part presents definition, discipline and history of operational research. The practical part deals with description of data collection process and its problems, the use of weighted sum method and basic variant method in the evaluation of school and comparison of development of the number of students in the best schools which provide tuition of operational research in both countries and in the field.

Keywords

operational research, comparison of the tuition, multi-criteria evaluation

JEL Classification

C44

Obsah

Úvod	8
1 Operačný výskum.....	9
2 Disciplíny operačného výskumu.....	12
2.1 Matematické programovanie	12
2.2 Teória grafov	14
2.3 Teória zásob	15
2.4 Teória hromadnej obsluhy.....	15
2.5 Markovské rozhodovacie procesy	16
2.6 Simulácie.....	16
2.7 Teória hier.....	17
2.8 Viackriteriálne rozhodovanie	17
3 História	21
4 Výber kritérií.....	22
5 Vyhľadávanie a dostupnosť údajov.....	25
6 Porovnávanie výuky.....	28
6.1 Odhad váh	29
6.2 Metóda váženého súčtu.....	31
6.3 Korekcia kritérií	33
6.4 Metóda základného variantu.....	36
6.5 Vzájomné hodnotenie krajín.....	37
7 Počty študentov	39
Záver	42
Použitá literatúra	43
Internetové zdroje	44
Zoznam obrázkov a tabuliek.....	46
Prílohy	I
Príloha A: Normalizovaná tabuľka českých škôl metódou WSA.....	I
Príloha B: Normalizovaná tabuľka slovenských škôl metódou WSA.....	I
Príloha C: Tabuľka priebežných výpočtov škôl v ČR metódou základného variantu	II
Príloha D: Tabuľka priebežných výpočtov škôl v SR metódou základného variantu	II
Príloha E: Normalizovaná tabuľka spoločného hodnotenia metódou WSA	III

Úvod

Uchádzači o štúdium na vysokých školách stoja rok čo rok pred ťažkým rozhodnutím – akú školu si vybrať? Po vybratí študijného oboru si hovoria, že výber konkrétnej školy je už formalita, no potom zisťujú, že trh s vysokými školami obsahuje množstvo škôl, medzi ktorými je ťažké sa zorientovať a zistiť ich hlavné študijné priority. Ako si spomedzi tejto ponuky vybrať to pravé, ktoré bude spĺňať všetky predstavy mladého človeka?

Aj s týmito otázkami sa stretávajú budúci študenti operačného výskumu. Zistiť kvalitné informácie o štúdiu je častokrát náročné, študenti odkladajú rozhodnutie na poslednú chvíľu a vyberajú si školu podľa jedného kritéria, ktoré je mnohokrát nepodstatné.

Táto bakalárska práca využíva metódy viackritériálneho hodnotenia variant na zostavenie poradia najlepších škôl, ktoré vyučujú operačný výskum v Českej a Slovenskej republike.

Prvé tri kapitoly sú zamerané na teoretický popis operačného výskumu. V prvej kapitole je popísaný jeho význam. Druhá kapitola je zameraná na jednotlivé disciplíny operačného výskumu, ktoré sú stručne vysvetlené v osobitných podkapitolách. Správne poznanie týchto disciplín bolo dôležitou súčasťou pri získavaní údajov o množstve vyučovaných predmetov na vysokých školách. Tretia kapitola rozoberá históriu tohto oboru.

V štvrtej a piatej kapitole sú vymedzené kritéria a opísaný proces zbierania údajov pre neskoršie porovnávanie škôl. Taktiež sú tu vykreslené problémy a nástrahy spojené so zberom informácií zo školských informačných systémov a stránok škôl a nie stále dokonalú možnosť ich získania.

V ďalšej časti nasleduje vymedzenie váh potrebných pri rozhodovaní. Pomocou metódy váženého súčtu a metódy bázičného variantu sú dané školy konfrontované.

Posledná kapitola je zameraná na štatistické hodnotenie najlepších škôl z hľadiska počtu študentov. Nachádzajú sa tu grafy s vývojom počtu študentov za posledné roky v oboch krajinách, najlepších školách a obore samotnom. Celkovo sa porovnáva záujem o štúdium na vysokých školách so záujmom o štúdium operačného výskumu.

Celá práca je obsahovo zhrnutá v závere, kde sú jednotlivé výsledky zrekapitulované.

1 Operačný výskum

Operačný výskum, anglickým názvom operations research, operational research alebo management science, sa snaží poskytnúť kvantitatívny základ pre rozhodnutie tým, ktorí riadia organizované systémy. Nie je samostatnou vedou, je to skôr súbor relatívne samostatných disciplín. Tieto disciplíny sa sústreďujú na skúmanie rôznych typov rozhodovacích problémov. Vo veľkej miere sa používajú staršie disciplíny, ako napríklad matematika, logika, štatistika, medzi novšie patrí teória rozhodovania alebo teória organizácie. (1, 13)

Operačný výskum možno vyjadriť aj slovným spojením výskum operácií. Z toho názvu sa dá usudzovať, že operačný výskum je potrebný na miestach, kde sa určité operácie uskutočňujú a následne skúmajú, analyzujú a koordinujú. Jednotlivé operácie sa nachádzajú v rámci jedného systému. V týchto systémoch zohráva ľudské správanie väčšinou dôležitú úlohu a preto existuje rozdiel medzi operačným výskumom a systémovým inžinierstvom, kde dôležitú úlohu zohrávajú systémy. (1, 13)

Je nevyhnutný na miestach, kde je potrebné nájsť optimálne riešenie daného problému. Na tento problém má však vplyv veľké množstvo obmedzení a operačný výskum sa snaží všetky dané obmedzenia rešpektovať. Medzi obmedzenia môžu patriť zdroje, ktoré sú v priebehu operácií čerpané, vykonávanie iných operácií a pod. (1)

Je pritom potrebné zaistiť najlepšie fungovanie celého systému pri určitých úrovniach a vzťahoch daných operácií. Túto funkciu zaisťujú kritéria, ktoré hodnotia, na akej úrovni funkčnosti sa daný systém nachádza. (1)

Matematické modelovanie je základný nástroj operačného výskumu. Pri analýze systému sa využíva jeho model, no tento model je iba zjednodušené zobrazenie daného systému. Takýto model, hoci je zjednodušený, má podľa Jablonského (1) niekoľko výhod:

- použitie matematických modelov umožňuje štrukturalizáciu systému a bližšie určenie všetkých možných variant stavu systému, ktorých je vo väčšine prípadov nekonečné množstvo,
- prostredníctvom modelov sa analýzy chovania systémov skrátiť – v počítačových simuláciách proces predstavuje zlomok sekundy na rozdiel od reálneho systému, kde môže trvať dni, ale aj roky,
- zaobchádzanie s modelom je jednoduché a experimenty sa vykonávajú pomocou zmien jeho parametrov,
- náklady pri realizácii modelu sú stále nižšie v porovnaní s experimentovaním s reálnym systémom.

„Matematické modely, možno rozdeliť podľa rôznych kritérií:

- *podľa povahy predpokladaných vzťahov medzi veličinami*
 - *deterministické (vzťahy a hodnoty sú presne určené)*
 - *stochastické (vzťahy a hodnoty sú náhodné veličiny)*

- *podľa vývoja v čase*
 - *statické*
 - *dynamické*
- *podľa povahy použitých matematických prostriedkov*
 - *lineárne*
 - *nelineárne*
- *podľa povahy vzťahov medzi subjektmi*
 - *nekonfliktné (v modeli sa berie do úvahy jediný subjekt)*
 - *konfliktné (rozhodovanie subjektu je ovplyvnené inými subjektmi, ktoré konajú protichodne)“ (2, s. 10)*

Riešenie reálneho rozhodovacieho problému je možné rozdeliť do fáz, ktoré so sebou sekvenčne súvisia. (1)

1. Rozoznanie problému a jeho definícia.
2. Formulácia ekonomického modelu daného problému, ktorý zobrazuje reálny systém v zjednodušenej podobe, t. j. obsahuje iba najdôležitejšie stránky, prvky a väzby daného problému. Zahrňovať by mal predovšetkým cieľ analýzy (napr. maximalizácia zisku, minimalizácia rizika,...), popis procesov prebiehajúcich v systéme (proces predstavuje reálnu aktivitu s určitou intenzitou, ktorá práve prebieha v danom systéme, kde daná intenzita ovplyvňuje cieľ analýzy), popis činiteľov (činitele v reálnych úlohách ovplyvňujú procesy, ktoré nemôžu mať neobmedzenú intenzitu), popis vzájomného vzťahu medzi procesmi, činiteľmi a cieľom analýzy.
3. Formulácia matematického modelu. Pri tejto formulácii sa z nejakého slovného vyjadrenia model pretransformuje na model, ktorý je riešiteľný určitými zaužívanými spôsobmi. Obsahuje rovnaké prvky ako model ekonomický, avšak s inými podstatami. Cieľ analýzy predstavuje lineárnu alebo nelineárnu funkciu n premenných. Premenné matematického modelu vyjadrujú procesy a hodnoty týchto premenných sú intenzity procesov. V podobe lineárnych alebo nelineárnych rovníc alebo nerovníc sú v modeli zobrazované činitele matematického problému a v tvare parametrov, ktorých hodnoty užívateľ nie je schopný ovplyvniť, sa v modeli nachádzajú väzby medzi procesmi, činiteľmi a cieľom analýzy.
4. Riešenie matematického modelu. V tejto fáze sa užívateľ pomocou rôznych programov navrhnutých pre dané modely snaží nájsť optimálne riešenie problému. Postupy a metódy riešenia vyberie užívateľ podľa odvetvia operačného výskumu, z ktorého problém pochádza.
5. Interpretácia a overenie výsledkov patrí medzi najdôležitejšie časti riešenia. Overenie výsledkov zohráva významnú úlohu pri zisťovaní či bol model správne ekonomicky a matematicky zostavený. Pri vynechaní niektorých dôležitých stránok

systému môže byť riešenie modelu optimálne v rámci daného problému, no v praxi môže vykazovať nedostatky a byť nepoužiteľné.

6. Poslednou fázou je implementácia výsledkov v rámci analyzovaného reálneho systému. Táto fáza nasleduje až po úspešnom overení výsledkov a danému systému má pomôcť zlepšiť jeho fungovanie s ohľadom na v modeli sledovaný a definovaný cieľ.

2 Disciplíny operačného výskumu

Podstatou tejto práce je porovnanie výuky operačného výskumu na slovenských a českých vysokých školách. Aby sa toto porovnanie dalo uskutočniť, bolo potrebné zozbierať od vysokých škôl údaje o ich výuke. Údaje však museli byť relevantné, to znamená, že dané predmety museli obsahovať aspoň nejakú disciplínu operačného výskumu. V tejto kapitole sú jednotlivé disciplíny operačného výskumu uvedené a bližšie charakterizované.

2.1 Matematické programovanie

Následný popis matematického programovania je podľa Lagovej a Jablonského (3), ktorí tvrdia, že podstatou matematického programovania je riešenie optimalizačných úloh. V daných úlohách množina lineárnych alebo nelineárnych rovníc alebo nerovníc, ktoré predstavujú obmedzujúce podmienky, obsahuje kritérium. Podstatou úlohy je nájdenie extrémum daného kritéria, ktoré je funkciou n premenných.

Všeobecne sa teda nejaká reálna situácia pretransformuje na úlohu lineárneho programovania s matematickým modelom, v ktorom sa nachádza účelová funkcia, ktorá sa podľa potreby reálnej situácie maximalizuje alebo minimalizuje, a podmienkami, ktoré sú funkciami premenných. Pokiaľ je účelová funkcia lineárna a pokiaľ sa v podmienkach nachádzajú lineárne rovnice alebo nerovnice, úloha je charakterizovaná ako úloha lineárneho programovania. V prípade výskytu nelineárnej účelovej funkcie a nelineárnych rovníc alebo nerovníc v modeli ide o nelineárne programovanie. V praxi je častejšie využívané lineárne programovanie. Súvisí to s faktom, že tieto úlohy sa pri riešení nestretávajú s toľkými problémami ako úlohy nelineárneho programovania. Existuje aj zopár charakteristických úloh, ktoré sú ďalej zľahka predstavené.

1. Úlohy výrobného plánovania

Tieto úlohy sú tiež nazývané kapacitné alebo úlohy s problémom alokácie zdrojov. V týchto úlohách vo väčšine prípadov ide o minimalizáciu nákladov alebo maximalizáciu zisku tak, aby boli rešpektované obmedzujúce podmienky na strane vstupov a výstupov.

2. Úlohy finančného plánovania

Zmyslom tejto úlohy je maximalizovať výnos, respektíve minimalizovať riziko investičných variant, kde objemy investícií predstavujú premenné a investičné stratégie predstavujú obmedzujúce podmienky. Iný názov pre tieto úlohy je optimalizácia portfólia.

3. Plánovanie reklamy

Typickým cieľom tejto úlohy je maximalizovať priemerné stretnutie diváka s danou reklamou pri obmedzenom rozpočte, určitej cieľovej skupine, reklamnej stratégii a pod.

4. Zmiešavacia úloha

V úlohách tohto typu je potrebné z dostupných zložiek vytvoriť najlepší možný produkt s danými vlastnosťami. Typickým cieľom je minimalizácia nákladov. Za zmiešavacie úlohy sa považujú aj predošlé dva typy úloh a taktiež aj úloha o výžive, v ktorej je potrebné nakombinovať jednotlivé komponenty výživy s rôznou škálou výživových látok v špecifickom pomere, s cieľom minimalizovať cenu dennej dávky výživy.

5. Úloha o delení materiálu

Úloha o delení materiálu spočíva v snahe rozdeliť väčšie kusy celkov na menšie pri rešpektovaní požiadaviek na ich veľkosť. Jednorozmerná úloha sa zaoberá delením jedného rozmeru materiálu, napr. tyče, pásy konštantnej šírky. Pri dvojrozmernej úlohe sa jedná o plochy, z ktorých sa vyrezávajú menšie diely a tieto úlohy sa považujú za zložitejšie. Cieľom je minimalizácia odpadu.

6. Rozvrhovanie pracovníkov

Úlohy tohto typu, s ktorým sa v praxi dá ľahko stretnúť, rozvrhujú pracovníkov na zmeny s veľkým množstvom obmedzujúcich podmienok, ktoré určujú vzdelanie zamestnanca, množstvo požadovaných pracovníkov na zmene a pod.

7. Distribučné úlohy

Tieto úlohy patria medzi bežné úlohy lineárneho programovania, no majú trochu špecifické vlastnosti. Medzi základné typy distribučných úloh patrí:

- dopravný problém, kde s cieľom minimalizovať celkové náklady sa plánuje rozvoz tovaru od dodávateľov k odberateľom,
- kontajnerový dopravný problém, ktorý je obdobný ako dopravný problém s rozdielom, že daný tovar je prevážaný v kontajneroch s určitou kapacitou a náklady sa teda vzťahujú na jeden kontajner,
- všeobecný distribučný problém, ktorý sa líši od dopravného problému v tom, že kapacity požiadaviek a zdrojov odberateľov nie sú v rovnakých jednotkách,
- priradovací problém, v ktorom je snaha nájsť najefektívnejšiu dvojicu jednotiek z dvoch skupín jednotiek,
- okružný dopravný problém, ktorý je podobný ako priradovací problém a spočíva v nájdení najkratšieho okruhu, zahrňujúc všetky ostatné miesta, končiac a začínajúc v tom istom bode.

Simplexová metóda – patrí medzi metódy riešenia úloh LP. Jej cieľom je nájdenie extrémnej danej funkcie (maxima alebo minima). Pomocou základnej vety lineárneho programovania sa hľadá optimálne riešenie, v prípade neprítomnosti sa hľadá základné prípustné riešenie. Podľa spôsobu úpravy matematického modelu úlohy existuje jednofázová a dvojfázová simplexová metóda.

Dualita úloh lineárneho programovania – každému primárnemu problému možno priradiť duálny problém, medzi ktorými je rovnocenný vzťah. Duálny problém môže byť symetrický

alebo nesymetrický podľa formulácie rovníc a nerovníc v probléme. Pri týchto združených problémoch sa využívajú poznatky o základných vlastnostiach, ktoré sú formulované do tzv. viet. Medzi najdôležitejšie patrí veta o dualite a veta o rovnováhe.

Postoptimalizačná analýza – zaoberá sa analýzou citlivosti a postoptimalizačnou zmenou pravých strán obmedzení a cenových koeficientov. Pri analýze citlivosti je možné nahradiť jedno optimálne číslo celým intervalom optimálnych riešení. Postoptimalizačné zmeny skúmajú hypotetické zmeny alebo skutočné zmeny v reálnom systéme, pri ktorých sa nemusí celé riešenie prepočítavať od začiatku, ale stačí vychádzať z optimálneho riešenia. V úlohách sa dá stretnúť aj s parametrickými zmenami, pri ktorých ide o viacnásobnú zmenu parametru t. j. spojitú zmenu. Riešenie spočíva vo viacerých úlohách LP.

2.2 Teória grafov

Pomocou grafov sú znázornené rôzne reálne systémy, kde uzly grafu predstavujú reálne objekty a hrany grafu nejaké spojenia medzi objektmi. Teória grafov zahŕňa množstvo optimalizačných úloh napr.:

- optimálne spojenie – v týchto úlohách je potrebné navzájom spojiť všetky uzly, ale zároveň je požadovaný minimálny súčet ohodnotenia všetkých spojených miest,
- optimálny tok – tok predstavuje množstvo substrátu prechádzajúceho cez hranu a tento tok sa musí podľa potreby úlohy minimalizovať, maximalizovať, minimalizovať náklady jeho prechodu a pod.,
- optimálna cesta – pri týchto úlohách je nutné nájsť najkratšiu, poprípadе najdlhšiu cestu medzi dvojicou uzlov alebo medzi všetkými dvojicami uzlov, kde sú hrany orientované, to znamená, kde je naznačený smer pohybu, a kde medzi všetkými hranami nemusí existovať priame spojenie. (4)

S touto disciplínou operačného výskumu sa v praxi dá najčastejšie stretnúť v oblasti analýzy a riadenia projektov. Pre charakterizáciu projektu existuje viacero poňatí, jedným z nich je, že projekt je jednorazový proces, ktorý sa usiluje doceliť stanovené ciele počas prebiehajúcich etáp a fáz, pričom v jednotlivých etapách sa menia organizácie, zdroje aj úlohy. Pojem riadenie projektov teda môže predstavovať množinu spôsobov, prostriedkov, modelov a techník potrebných pre riadenie a plánovanie projektov s rôznymi druhmi analýz. Existuje časová, nákladová, riziková alebo zdrojová analýza. (4)

Jestvujú rôzne metódy, ktorými sú jednotlivé analýzy vykonávané. Najrozšírenejšou je metóda CPM, ktorá sa zaoberá časovou analýzou projektu. Pomocou výpočtu v tabuľke, matici alebo v grafe sa vypočítajú najskôr a najneskôr možné termíny uzlov, na základe ktorých sa stanovujú rezervy. Tieto rezervy slúžia časovej optimalizácii projektu. Ďalšou metódou je metóda PERT, ktorá je miernym rozšírením metódy CPM. Trvanie jednotlivých činností nie je presne dané ako v predchádzajúcej metóde a na záver projektu je možné určiť pravdepodobnosť realizácie projektu v danom termíne alebo termín realizácie s určitou pravdepodobnosťou. Pre nákladovú analýzu sa používa metóda CPM/COST, ktorá vychádza z CPM metódy, s cieľom minimalizovať dobu projektu pri minimálnych nákladoch. Pre analýzu zdrojov sa používa metóda rozvrhovania zdrojov, ktorej cieľom je s minimálnym

časom a neprekročenou kapacitou zdrojov (ľudí, surovín, výrobkov, finančných prostriedkov, zariadení a pod.) zrealizovať projekt. (4)

2.3 Teória zásob

Riadenie a modelovanie zásob sa využíva vo výrobnej a obchodnej sfére. Cieľom je zoptimalizovať veľkosť objednávky, dodávkový cyklus (doba medzi príchodom tovaru a jeho vyčerpaním) aj hladinu objednania (množstvo tovaru v sklade, pri ktorom automaticky nastáva nová objednávka tovaru). Všetko súvisí s minimalizáciou celkových nákladov. Tie sú tvorené nákladmi na skladovanie jednej jednotky, nákladmi na jednu objednávku tovaru, nákladmi na nákup tovaru a náklady spojené s nedostatkom tovaru. Preto sa rozlišujú 3 typy optimalizačných modelov zásob: nákladovo orientované, bez nákladovej orientácie a zmiešané. (2, 5)

Modely teórie zásob sa rozdeľujú na deterministické a stochastické. Za deterministické sú pokladané v prípade, že všetky premenné v modeli (intenzita čerpania zásob, dodacia lehota) nie sú náhodné veličiny. Pokiaľ aspoň jedna premenná je náhodná veličina, model je považovaný za stochastický. (2)

2.4 Teória hromadnej obsluhy

Modely hromadnej obsluhy sa využívajú tam, kde sa nachádzajú požiadavky a ich obslužné linky. Požiadavky sa môžu hromadiť v rade, preto je dôležité sledovať kvalitu a efektívnosť systému hromadnej obsluhy a v prípade potreby predchádzať možnostiam vzniku front zväčšením kapacity obslužného zariadenia. (5)

S modelmi hromadnej obsluhy sa v praxi dá najčastejšie stretnúť v obchodoch, kde sa zákazníci (zdroje požiadaviek) zaradzuju do jednej alebo viacerých front, aby boli následne obslužení obslužným zariadením (pokladňa). Iný príklad je pošta, kde sa tvorí jeden rad a zákazníci sú následne vyberaní k obslužným zariadeniam. Podobný príklad môže predstavovať čakanie na telefónnej linke. Zložitý systém obsluhy nastáva vo výrobných podnikoch, v ktorých výrobok prechádza rôznymi obslužnými zariadeniami (strojmi). (5)

Pri popise obslužného zariadenia sa vychádza z charakteristík: priemerná doba čakania v rade a jej priemerná dĺžka, priemerná doba v systéme, vyťaženosť zariadenia obsluhy, počet požiadaviek čakajúcich na obsluhu a pod. Optimalizácia môže nastávať v snahe minimalizovať celkové straty. To sa dá doceliť zmenou intenzity obsluhy alebo zmenou počtu obslužných zariadení. (5)

Systém hromadnej obsluhy sa skladá z viacerých prvkov, ktoré sú predmetom skúmania pre optimálne fungovanie systému. Prvým je vstupný prúd požiadaviek, ktorý je stochastickým procesom. Tento prúd ovplyvňuje činnosti systému svojou intenzitou a vlastnosťami. Druhým prvkom je doba trvania obsluhy, ktorá je ovplyvňovaná náhodnými faktormi. Tretí prvok predstavuje čakanie vo fronte, preto sa systémy môžu deliť na systémy bez čakania a systémy s čakaním. Štvrtým prvkom je režim fronty, ktorý určuje v akom poradí budú požiadavky obslužené. Požiadavky môžu byť obsluhované podľa vstupu požiadavku do systému (FIFO), v obrátenom poradí vstupu do systému (LIFO), v náhodnom poradí

(SIRO) alebo podľa rôznych priorít. Posledným prvkom systému hromadnej obsluhy je režim obsluhy, ktorý ovplyvňuje efektívnosť celého systému hromadnej obsluhy. V tejto kategórii možno systémy rozdeliť na systémy s jednoduchou obsluhou, v ktorých sa obsluhuje iba jedna požiadavka a na systémy s viacnásobnou obsluhou. (5)

Existuje Kendallova klasifikácia systému hromadnej obsluhy. Táto klasifikácia využíva päťmiestny kód typu $A/B/s/x/y$. Intervaly medzi príchodmi zobrazuje písmeno A . Písmeno B znamená rozdelenie dôb trvania obsluhy. Počet obslužných zariadení v systéme označuje písmeno s , maximálny počet miest v systéme písmeno x a režim fronty označuje písmeno y . V niektorých prípadoch môže písmeno x udávať počet miest v rade a písmeno y veľkosť zdroja požiadavku. Pri zápise systému hromadnej obsluhy existuje možnosť vynechania charakteristiky x alebo y . V tom prípade je ich hodnota nekonečne veľká. (5)

2.5 Markovské rozhodovacie procesy

Markovské rozhodovacie procesy slúžia na popis stochastických procesov, ktoré náhodne a s určitou pravdepodobnosťou menia svoje stavy. Cieľom je získať predstavu o budúcom stave. Najjednoduchší typ markovských procesov sú Markovove reťazce, ktoré pracujú s pravdepodobnosťou prechodu. Tie predpokladajú spočetné množstvo stavov, diskrétny čas a markovskú vlastnosť, pri ktorej súčasný stav nezávisí na minulom stave. V opačnom prípade ide o markovské procesy so spojitým časom, pomocou ktorých je možné dopracovať sa k prechodovej funkcii. So stochastickými procesmi je možné sa stretnúť pri modeloch riadenia zásob, modeloch hromadnej obsluhy, modeloch obnovy a pod. (3, 5)

2.6 Simulácie

Ako už slovo simulácia naznačuje, táto disciplína sa zaoberá napodobňovaním, resp. analyzovaním chovania systému. Pre veľké systémy je veľmi zložitá vypočítať nejaký neznámy parameter, keďže všeobecné vzorce pre nich neexistujú. Problém vyrieši simulácia, kde sa pomocou experimentovania zisťuje priebeh chovania pravdepodobnostného a dynamického systému. Pod pojmom systém je ukrytá reálna časť sveta, ktorá je predmetom záujmu a pomocou simulácie sa sledujú zmeny (udalosti) v jej chovaní pri zmenách nejakých parametrov. Simulácie sú vykonávané na počítači pomocou simulačného modelu, ktorý obsahuje potrebné údaje o systéme. V systéme sa nachádzajú entity (dynamické prvky, ktoré sú v systéme prítomné), atribúty (vlastnosti entít), zdroje, ktoré entity v priebehu času využívajú a aktivity (stavy medzi dvomi udalosťami). (6)

„Medzi vďačné oblasti aplikácie simulačných metód patria:

- *riadenie rozsiahlych projektov,*
- *optimalizácia výrobných procesov,*
- *online plánovanie,*
- *riadenie zásobovacích procesov,*
- *všetky druhy systémov hromadnej obsluhy,*
- *dopravné systémy,*
- *počítačové a komunikačné systémy.“* (6, s. 14, vlastný preklad)

2.7 Teória hier

Táto disciplína sa pôvodne zaoberala spoločenskými hrami, no v dnešnom ponímaní to nie je iba o stolových hrách. Pomocou teórie hier je zachytená konfliktná situácia v matematickom modeli. Optimalizáciou a riešením týchto modelov sa riešiteľ snaží nájsť najlepšiu stratégiu pre danú rozhodovaciu situáciu. Hra predstavuje konfliktnú situáciu medzi jedincami, podnikmi, politickými stranami, atď. Každý hráč si zvolí konkrétnu alternatívu, čiže stratégiu zo svojho strategického priestoru, ktorá obsahuje všetky hráčove alternatívy. Hráč sa snaží vybrať optimálnu stratégiu, t. j. najvýhodnejšiu stratégiu, ktorá mu poskytne najlepší úžitok (výplatnú funkciu). Úžitok je subjektívny pojem, a to, čo pre jedného hráča môže byť maximálne, pre druhého môže byť minimálne. Pokiaľ má hráč dokonalé informácie a dosahuje maximálneho zisku, je pokladaný za inteligentného hráča. Pri konfliktných situáciách záleží, či sú záujmy protikladné alebo zhodné. Pokiaľ sú zhodné, hráči sa môžu dohadovať na stratégiách a tým zvyšovať svoju možnosť výhry. Existujú rôzne typy hier: hry s konštantným súčtom, nekonštantným súčtom, neúplnou informáciou, opakované hry a pod. Svojou rôznorodosťou je možné teóriu hier uplatniť v rôznych reálnych sférach. (7)

2.8 Viackriteriálne rozhodovanie

Pri úlohách viackriteriálneho rozhodovania sa rozhoduje, ktorý variant je najlepší. Keďže jednotlivé varianty sú ohodnotené viacerými kritériami, pri jednom kritériu môže byť variant považovaný za najlepší, v inom naopak ako najhorší. Táto disciplína operačného výskumu sa preto snaží nájsť najlepší variant na základe protichodných kritérií. Hodnoty jednotlivých variant sú zapísané v kriteriálnej matici. Riadky tejto matice vyjadrujú hodnoty jednotlivých variant a stĺpce jednotlivé kritériá. (1)

Základné ciele úloh viackriteriálneho rozhodovania sú:

- výber kompromisného variantu, ktorý predstavuje kompromis medzi jednotlivými kritériami,
- usporiadanie variantov od najlepších po najhoršie, avšak dôležitá je definícia najlepšieho resp. najhoršieho variantu,
- klasifikácia variantov do skupín podľa potrieb rozhodujúceho. (1)

Odhad váh kritérií

Pri viackriteriálnom rozhodovaní je dôležité určenie váh jednotlivých kritérií a platí, že výška váhy odráža dôležitosť kritéria. Nie vždy je priradenie váh jednoduché, preto existujú rôzne metódy odhadu váh. Niektoré metódy počítajú s tým, že rozhodujúci je už na začiatku schopný váhy zoradiť resp. obodovať (metóda poradia, bodovacia metóda), iné zase porovnávajú všetky možné dvojice kritérií (Fullerov trojuholník, Saatyho metóda). (1, 8)

1. Metóda poradia

Pri tejto metóde je potrebné zoradiť kritéria a tomu najdôležitejšiemu priradiť číslo k , ktoré vyjadruje počet kritérií. Druhému najdôležitejšiemu sa priradzuje číslo $k - 1$ a najmenej dôležitému číslo 1. Váhy sa vypočítajú nasledujúcim vzťahom:

$$v_j = \frac{a_j}{\sum_{j=1}^k a_j}, \quad j = 1, 2, \dots, k, \quad (2.1)$$

kde

v_j vyjadruje váhu daného kritéria j

a_j je číselné ohodnotenie kritéria j

k označuje počet kritérií. (9)

2. Bodovacia metóda

Táto metóda vyžaduje od užívateľa kvantitatívne ohodnotenie dôležitosti kritérií, tzn. každému kritériu priradzuje body z určitého bodového intervalu. Platí, že najdôležitejšie kritérium dostáva najvyšší počet bodov, avšak môžu existovať aj varianty s rovnakým bodovým ohodnotením. Váhy sa vypočítajú obdobným vzťahom ako pri predchádzajúcej metóde, s rozdielom, že a_j bude vyjadrovať bodové ohodnotenie kritéria j . (9)

3. Metóda párového porovnávania kritérií

Základom je porovnanie každej dvojice kritérií medzi sebou. Porovnáva sa cez tzv. Fullеров trojuholník, kde sú jednotlivé dvojice kritérií zapísané a užívateľ musí rozhodnúť, ktoré kritérium je pre neho z jednotlivých dvojíc dôležitejšie. Váha jednotlivého kritéria sa vypočíta ako podiel počtu zakrúžkovaného kritéria s celkovým počtom dvojíc kritérií. V prípade, že by sa vyskytlo kritérium, ktoré užívateľ pri rozhodovaní ani raz nezakrúžkoval, je potrebné všetky počty zakrúžkovaných kritérií zvýšiť o jednotku aby sa predišlo nulovým váham. (9)

4. Metóda kvantitatívneho párového porovnávania

Táto metóda pracuje, podobne ako Fullеров trojuholník, s porovnávaním dvojíc kritérií. Dôležitosť kritéria v dvojici užívateľ ohodnotí hodnotou z celočíselného intervalu 1 až 9. Číslo 1 vyjadruje rovnakú dôležitosť kritérií, číslo 9 absolútnu dôležitosť jedného kritéria pred druhým. Pre menej dôležité kritérium z dvojice sa volí prevrátená hodnota čísla z uvedeného intervalu. Tieto informácie sa zapisujú do Saatyho matice, kde jednotlivé prvky vyjadrujú odhady podielu váh i -tého a j -tého kritéria. Všeobecne pre maticu platí, že na diagonále sú jednotky a prvky symetrické podľa hlavnej diagonály sú prevrátené hodnoty. Váhy sa následne vypočítajú sústavou rovníc, ktoré sa vytvoria zo Saatyho matice. (1)

Metódy viackritériálneho hodnotenia variant

Po odhadnutí váh sa pristupuje k hodnoteniu variant na základe rôznych metód. V nasledujúcej časti budú popísané niektoré z nich.

1. Metóda váženého súčtu

Metóda WSA je založená na princípe konštrukcie lineárnej funkcie úžitku na stupnici 0 až 1. Z toho vyplýva, že pôvodné hodnoty y_{ij} z kritériálnej matice sú nahradené novými prvkami y'_{ij} . Pokiaľ sú kritéria maximalizované, hodnoty y'_{ij} sú vypočítané nasledujúcim vzťahom:

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}, \quad (2.2)$$

kde

D_j predstavuje najnižšiu hodnotu kritériálnej matice kritéria $j, j = 1, \dots, k$,

H_j je najvyššia hodnota kritériálnej matice kritéria j .

Ak je kritérium minimalizované, hodnoty sa prepočítavajú pozmeneným vzťahom:

$$y'_{ij} = \frac{H_j - y_{ij}}{H_j - D_j}, \quad (2.3)$$

Týmito vzťahmi sa docieli, že najlepší variant daného kritéria bude mať úžitok jedna a naopak, najhorší variant bude nulový.

Pokiaľ sú vypočítané prvky y'_{ij} , je možné vypočítať celkový úžitok variantu X_i . Ten sa počíta ako vážený súčet čiastočných úžitkov podľa jednotlivých kritérií:

$$u(X_i) = \sum_{j=1}^k v_j y'_{ij}. \quad (2.4)$$

Keďže najlepší celkový úžitok je ten maximálny, varianty s maximálnymi hodnotami sú najlepšie. (1)

2. Metóda TOPSIS

Cieľom tejto metódy je nájsť variant, ktorý sa bude najviac podobať tzv. ideálnemu variantu a najmenej tzv. bazálnemu variantu. Ideálny variant je zložený z vektora, ktorý obsahuje najlepšie kritériálne hodnoty. Presný opak je bazálny variant. Podobne ako v metóde WSA sa kritériálne hodnoty prepočítajú a z týchto prepočítaných hodnôt sa vypočítajú prvky váženej kritériálnej matice, z ktorej sa určí ideálny a bazálny variant. Neskôr sa vypočítajú vzdialenosti od ideálneho a bazálneho variantu, z ktorých sa spočíta relatívna vzdialenosť od bazálneho variantu, ktorá sa nachádza v intervale $< 0, 1 >$. Najvyššia hodnota vyjadruje víťazný variant. (1)

3. Metóda AHP

Základom je hierarchická štruktúra problému, ktorá sa skladá z 3 úrovní. Prvou je cieľ vyhodnocovania, na druhej úrovni sa nachádzajú kritéria potrebné na vyhodnocovanie cieľa a na tretej úrovni sú varianty. Numerický výpočet je založený na Saatyho metóde. (1)

4. Metóda bazického variantu

Táto metóda porovnáva hodnoty jednotlivých variantov s hodnotami tzv. bazického variantu. Pod pojmom bazický variant je myslený variant, ktorý dosahuje najlepšie hodnoty kritérií z daného súboru variantov alebo môže predstavovať variant s cieľovými, predom stanovenými hodnotami. Pri kritériách výnosového (maximalizujúceho) typu sa prvky kritériálnej matice prepočítajú ako podiel kritériálnej hodnoty s bazickou hodnotou. V prípade kritéria nákladového typu prepočet spočíva v podiely bazickej hodnoty s kritériálnou hodnotou. Celkový úžitok variantu sa vypočíta podľa vzťahu (2.4). (10)

3 História

História operačného výskumu nie je veľmi dlhá. O operačnom výskume ako takom sa začína rozprávať v 30. rokoch 20. storočia. Keďže samotný operačný výskum používa aj poznatky z iných odvetví ako je matematika a štatistika, tak za úplných zakladateľov by mohli byť považovaní napr. Girolamo Cardano, ktorý sa už v 16. storočí zaoberal teóriou hazardných hier, Sir Isaac Newton s jeho extrémnymi funkciami alebo Brook Taylor so svojím Taylorovým radom. (11)

Pri pohľade na históriu jednotlivých disciplín by sa za najstaršiu mohla považovať oblasť teórie grafov, ktorá vznikla z rekreačnej matematiky, za pomoci Leonharda Eulera, ktorý v roku 1736 formuloval úlohu o siedmych königsberských mostoch. Za disciplínu s historickým predchodcom by sa dalo považovať aj viackriteriálne rozhodovanie, kde Vilfredo Pareto okolo roku 1896 vyjadril viackriteriálny problém pri posudzovaní stavov ekonomických systémov. (4, 9)

Ako uvádza Britannica, každá snaha spojiť vedu s manažmentom sa dá považovať za predchodcu operačného výskumu. Dnešná podoba operačného výskumu sa začala formovať s 2. svetovou vojnou. V roku 1937 Sir Robert Watson-Watt prišiel s prvými dvoma operačnými štúdiami o radare vyvinutom na lokalizáciu nepriateľského lietadla. Okrem leteckej zložky britských ozbrojených síl, to začali používať aj pozemné a námorné sily britského vojska. Boli vytvárané špeciálne tímy na rozvoj stratégií a taktík. Okrem Británie rozvoj paralelne prebiehal aj v Austrálii, Kanade, Francúzsku a Amerike. (11, 13)

Po vojne sa operačný výskum začal využívať v bežných odvetviach spoločenského života, akým bola infraštruktúra a energetický priemysel. K rozvoju operačného výskumu prispel aj rozvoj počítačov. Za významné osobnosti operačného výskumu sú považovaní laureáti Nobelovej ceny za ekonómiu L.V. Kantorovič alebo G.B. Dantzig. (1, 13)

V roku 1948 bol v Británii založený spolok „Operational Research Club of Britain“, neskôr premenovaný na „Operational Research Society“, ktorý v roku 1952 vznikol aj v Amerike. V roku 1957 sa na Oxfordskej univerzite konala prvá medzinárodná konferencia operačného výskumu a v tom istom roku vznikla medzinárodná organizácia operačného výskumu „International Federation of Operational Research Societies“. Prvý vedecký časopis vyšiel v roku 1950 v Británii, neskôr premenovaný na „Journal of the Operational Research Society“, ktorý vychádza dodnes. (13)

4 Výber kritérií

Všetky údaje použité v praktickej časti boli zozbierané z voľne dostupných internetových stránok škôl. Do porovnávania boli vybrané verejné školy nachádzajúce sa na území Českej a Slovenskej republiky podľa zoznamov Ministerstiev školstva (14, 15). Zber bol zameraný na predmety, ktoré obsahujú aspoň jeden okruh operačného výskumu, vyučované na bakalárskej alebo magisterskej úrovni v dennej alebo externej forme v akademickom roku 2018/2019.

V nasledujúcich tabuľkách (Tabuľka 4.1 a Tabuľka 4.2) sú uvedené české a slovenské vysoké školy, ktoré boli prvotne zahrnuté do výskumu. Pôvodne sa na území Českej republiky nachádza 26 a na území Slovenskej republiky 20 verejných vysokých škôl, avšak nepracovalo sa so všetkými školami. V tabuľke nie sú uvedené 4 české a 3 slovenské umelecké školy, jedna veterinárno-farmaceutická škola v ČR a jedna v SR, keďže na týchto školách sa predpokladá iný druh výuky. Ostatné školy boli v porovnávaní ponechané, keďže predpokladám, že operačný výskum má uplatnenie v rôznych sférach a zvyšné školy by mohli vyučovať aspoň nejakú disciplínu operačného výskumu.

Tabuľka 4.1 Zoznam českých vysokých škôl prvotne zahrnutých do porovnávania

Názov školy	Skrátený názov školy	Počet žiakov ak. rok 2017/2018
Česká zemědělská univerzita v Praze	ČZU	19 401
České vysoké učení technické v Praze	ČVUT	18 253
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích	JU	9 384
Masarykova univerzita	MU	30 457
Mendelova univerzita v Brně	MENDELU	8 700
Ostravská univerzita	OU	8 355
Slezská univerzita v Opavě	SU	4 766
Technická univerzita v Liberci	TUL	5 782
Univerzita Hradec Králové	UHK	6 195
Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem	UJEP	7 596
Univerzita Karlova	UK	45 955
Univerzita Palackého v Olomouci	UP	19 823
Univerzita Pardubice	Upa	7 111
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně	UTB	8 657
Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava	VŠB-TUO	12 688
Vysoká škola ekonomická v Praze	VŠE	13 919
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze	VŠCHT	3 943
Vysoká škola polytechnická Jihlava	VŠPJ	2 265
Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích	VŠTE	3 615
Vysoké učení technické v Brně	VUT	18 728
Západočeská univerzita v Plzni	ZČU	10 722

Tabuľka 4.2 Zoznam slovenských vysokých škôl prvotne zahrnutých do porovnávania

Názov školy	Skrátený názov školy	Počet žiakov ak. rok 2017/2018
Univerzita Komenského v Bratislave	UK BA	20 795
Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach	UPJŠ	6 660
Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici	UMB	6 725
Trnavská univerzita v Trnave	TRUNI	4 509
Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre	UKF	7 174
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre	SPU	6 497
Slovenská technická univerzita v Bratislave	STU	10 951
Žilinská univerzita v Žiline	ŽU	7 385
Technická univerzita v Košiciach	TUKE	8 230
Technická univerzita vo Zvolene	TUZVO	2 564
Ekonomická univerzita v Bratislave	EUBA	7 103
Prešovská univerzita v Prešove	UNIPO	8 329
Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne	TNUNI	1 973
Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave	UCM	5 571
Katolícka univerzita v Ružomberku	KU	3 460
Univerzita J. Selyeho v Komárne	UJS	1 686

Pre lepšiu predstavu veľkosti škôl je v tabuľke uvedený aj počet študentov študujúcich na daných školách v akademickom roku 2017/2018, získaných z internetových stránok Českého štatistického úradu (16) a Centra vedecko-technických informácií SR (17).

Následne boli vybrané kritéria, ktoré mali pomôcť v zostavení rebríčka škôl. Pri prvých školách boli najprv zbierané všetky dostupné informácie. Neskôr sa ujasnilo, ktoré informácie sú dostupné stále a ktoré neposkytujú všetky školy.

Kritéria pre porovnanie jednotlivých vysokých škôl, ktoré boli vybrané:

- Celkový počet predmetov (**K1**) - obsahuje súčet všetkých predmetov, ktoré mali v sylabe alebo informačnom liste aspoň jednu disciplínu operačného výskumu. Jednotlivé školy sa líšili v prístupe množstva predmetov. Niektoré vyučovali predmet s jednotným sylabom osobitne pre rôzne typy oborov, programov a fakúlt. Iné zase tieto rozdiely nerobili a jeden daný predmet poskytovali všetkým študentom. Tento fakt bol vo výskume hodnotený kladne, to znamená čím viac predmetov, tým viac bodov. Toto kritérium bolo maximalizované, z dôvodu predpokladu, že čím viac predmetov, tým môžu byť jednotlivé disciplíny vo výuke viac špecifikované resp. jeden predmet sa môže zamerať iba na pár disciplín a tým pádom s väčšou časovou náplňou je možné študentom lepšie vysvetliť problematiky daných disciplín.
- Celkový počet kreditov (**K2**) - každý predmet je ohodnotený kreditmi ECTS, ktoré odrážajú náročnosť a záťaž jednotlivého predmetu. ECTS je európsky kreditový systém, ktorý uľahčuje porovnanie predmetov. Vznikol aby uľahčil študentom pohyb medzi univerzitami a zvýšil transparentnosť predmetov. (18) Maximalizácia

tohto kritéria by mala zaistiť vyššiu kvalitu poskytovaných informácií v jednotlivých predmetoch.

- Priemerný počet kreditov na jeden predmet **(K3)** – keďže školy sa líšia množstvom predmetov, predmety svojimi kreditmi a náročnosťou, priemerný počet kreditov môže pomôcť vo všeobecnej orientácii medzi školami. Aj toto kritérium bolo maximalizované z dôvodu kvality predmetov.
- Počet prednášok na týždeň **(K4)** a počet cvičení na týždeň **(K5)** - podobne ako ECTS odrážajú náročnosť predmetu a množstvo preberanej látky. Pri kombinovanej forme štúdia boli údaje prepočítané na týždňovú záťaž. Aj tieto kritéria boli maximalizované, keďže s väčším časovým priestorom si študenti môžu jednoduchšie osvojiť vyučované disciplíny operačného výskumu.
- Počet predmetov ukončených skúškou **(K6)** – skúška môže pôsobiť na študentov ako hnací motor a teda budú motivovaní viac sa danými problematikami zaoberať a tým sa aj zvýši ich kvalita, preto je toto kritérium maximalizované.
- Počet predmetov v anglickom jazyku **(K7)** a počet kreditov predmetov v anglickom jazyku **(K8)** – súvisí to s väčšou šancou uplatnenia študenta na domacom aj zahraničnom trhu práce. Za optimálne hodnoty boli považované nejaké stredné hodnoty, ktoré by našli rovnováhu medzi počtom predmetov a kreditov v anglickom a domacom jazyku, keďže niektorým študentom výuka v cudzom jazyku môže komplikovať pochopenie a zvyšovať stres.
- Počet predmetov s anglickou literatúrou **(K9)** – väčšinou si každá vysoká škola vydáva svoje skriptá a učebnice k vyučovaným predmetom, aby sa študenti ľahšie zorientovali v preberanej látke, no nie je na škodu, aby študenti boli oboznámení aj s literatúrou zahraničných vedcov. Pri tomto kritériu bolo cieľové nájsť nejakú rovnováhu medzi množstvom zahraničnej a domácej literatúry, preto sa hľadala nejaká optimálna stredná hodnota.
- Dátum dňa otvorených dverí **(K10)** – Deň otvorených dverí predstavuje jednoduchý spôsob propagácie študijných oborov. Školy sa týmto spôsobom snažia nalákať študentov. Budúci študenti môžu získať informácie, ktoré sa nedozvedeli na internetových stránkach a osobný prístup môže uchádzačov ovplyvniť pri výbere školy. Pri tomto kritériu bola hľadaná nejaká stredná hodnota považovaná za cieľovú.
- Posledný dátum podania prihlášky **(K11)** – častokrát študenti stredných škôl nie sú dostatočne včas rozhodnutí, na aký typ štúdia sa hodia a čo by ich bavilo študovať. Toto kritérium bolo maximalizované, keďže čím má študent viac času na rozmyslenie, tým si môže vybrať obor a školu, ktorá mu bude najviac vyhovovať.

Typ kritéria, t. j. či je kritérium maximalizované alebo bola hľadaná cieľová hodnota, bol určený zo subjektívneho predpokladu, ako študenti stredných škôl, ktorí majú hlavný alebo vedľajší záujem štúdiom operačného výskumu, môžu nazerať na jednotlivé kritéria a aj na základe subjektívnych skúseností pri výbere vysokej školy.

5 Vyhľadávanie a dostupnosť údajov

Veľká časť českých škôl používa informačné študijné systémy, ktoré umožňujú prezerať zoznamy predmetov a ich náplň aj užívateľom bez registračných údajov. Pokiaľ školy nemali tieto informácie na voľne dostupných študijných systémoch, údaje o predmetoch sa dali vyhľadať na internetových stránkach škôl. V každom prípade každá z českých škôl poskytovala aspoň najzákladnejšie informácie o vyučovaných predmetoch.

Pri vyhľadávaní údajov zo slovenských vysokých škôl bolo hľadanie zložitejšie. Študijné systémy málokedy obsahovali návštevnícke prehliadanie. Alternatívou študijných systémov boli stránky škôl, no informácie tam boli častokrát striedme a neúplné. Našli sa aj školy, ktoré neposkytovali informácie o predmetoch verejnosti. Tieto školy neboli spolu so školami, kde sa operačný výskum nevyučuje, zahrnuté do porovnávania

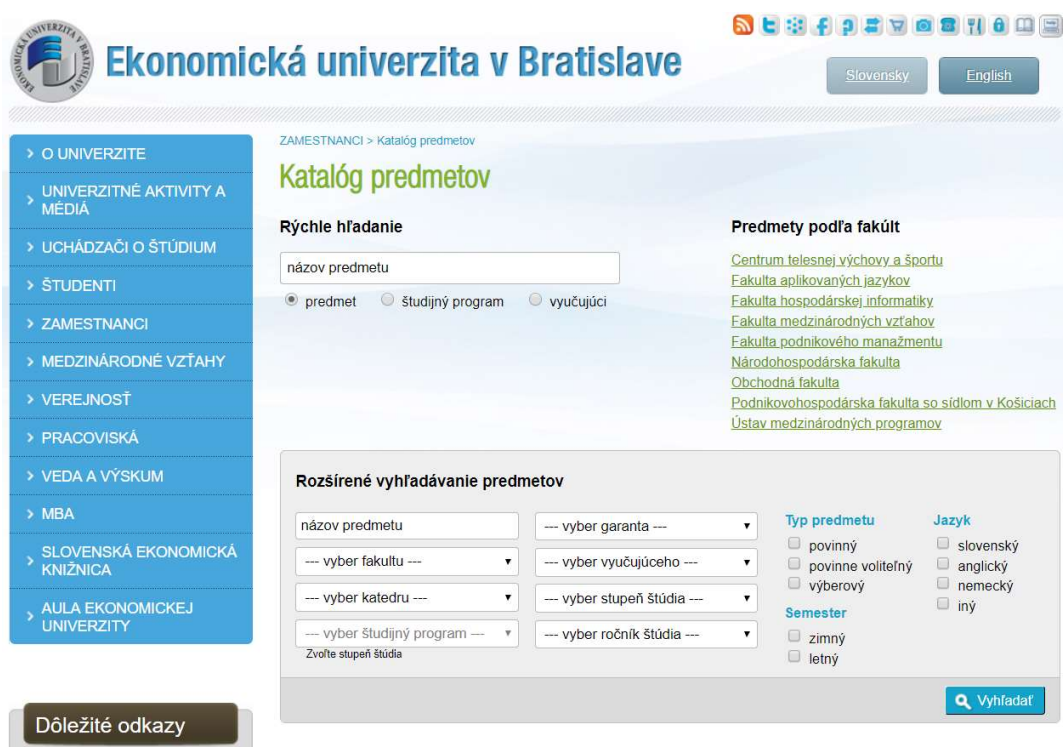
Ako prvý príklad je uvedený portál ČZU (Obrázok 5.1). Po zadaní prvotných údajov bol dostupný katalóg predmetov. V tomto katalógu je možné zvoliť fakultu, garantujúce pracovisko, respektíve katedru, ktorá tento predmet zastrešuje a obdobie výuky. Následne na to, systém predstaví všetky predmety, ktoré daná katedra vyučuje. Po kliknutí na jednotlivé predmety sa otvorí stránka, ktorá obsahuje potrebné informácie.



Obrázok 5.1 Katalóg predmetov z informačného systému ČZU (zdroj: (19))

Prehľadnou alternatívou prístupných informačných systémov boli sylaby resp. informačné listy na stránkach škôl alebo na stránkach katedrií. Ako príklad je uvedená Ekonomická univerzita v Bratislave a České vysoké učení technické v Prahe.

Portál predmetov Ekonomickej univerzity (Obrázok 5.2) pripomína informačný systém ČZU. Študent sa pomocou rýchlej voľby, kde zadá buď názov predmetu, študijný program alebo vyučujúceho, môže dopracovať pohodlne k potrebným informáciám. V tomto prípade sa však informácie o predmetoch ešte iba získavali, preto bolo potrebné sa sústrediť na spodnú časť s rozšíreným vyhľadávaním, kde je možnosť výberu fakúlt a katedier a následne na to sa užívateľ dostáva k potrebným informáciám.



Obrázok 5.2 Katalóg predmetov Ekonomickej univerzity v Bratislave (zdroj: (50))

České vysoké učení technické malo taktiež informácie prístupné na internetových stránkach školy, avšak každá fakulta obsahovala vlastný katalóg predmetov. Rozdiel oproti Ekonomickej univerzite bol minimálny.

Niektoré katedry poskytovali rovno zoznamy predmetov, bez prvotnej možnosti triedenia predmetov podľa stupňa štúdia, oboru atď. Bolo veľmi dôležité, aby tieto zoznamy obsahovali presmerovanie na obsah výuky. Pokiaľ škola uvádzala iba zoznam predmetov, nebolo možné iba podľa názvu zaradiť predmet do tohto porovnávania.

Nasledujúci Obrázok 5.3 zobrazuje informačný systém Slezskej univerzity, na ktorom je zobrazený popis predmetu. Pri výbere vhodných predmetov bolo najprv potrebné pozrieť obsah predmetu. Ten sa väčšinou nachádzal v spodnej časti popisu. Ak bol obsah relevantný, následne sa skontrolovala záložka študijný program. Ak bol predmet vyučovaný na bakalárskom alebo magisterskom stupni, bolo ho možné považovať za vhodný. Niektoré školy neuvádzali presné informácie o študijnom programe, ale o doporučenom ročníku štúdia. Časť predmetov sa vyučovala aj na bakalárskom aj na magisterskom stupni, preto bolo upustené od prvotného plánu zahrnúť do porovnávania samostatne predmety vyučované na bakalárskom a samostatne na magisterskom stupni štúdia.

Z popisu predmetu sú získané informácie o počte kreditov, prednášok, cvičení aj o potrebnej literatúre. Informácie o dni otvorených dverí a o dátume podávanie prihlášok obsahujú stránky škôl. Po zozbieraní boli informácie vložené do tabuľky, ktorá bola následne prepočítavaná.

Obrázok 5.3 Informačný systém Slezskej univerzity (zdroj: (25))

Je potrebné konštatovať, že získavanie informácií z webových stránok škôl bolo častokrát zdĺhavé a časovo náročné. Niektoré stránky boli nepriehľadné a to spôsobovalo problémy s hľadaním informácií. Školy síce poskytovali informácie o ponúkaných oboroch a charakteristiku oborov, ale málokedy spolu s charakteristikou obsahovali aj zoznam predmetov, nehovoriac o ich popise. Odkazy na informačné systémy školy obsahovali sporadicky. Ak sa ale užívateľ dopracoval k verejnému informačnému systému školy a následne zisťoval informácie zo systému inej školy, určite si všimol, že väčšina škôl používa podobné platformy informačných systémov, čo mu mohlo orientáciu zjednodušiť. Ak ale informačný systém neobsahoval možnosť určitej charakterizácie vyhľadávaných predmetov, vyhľadávanie trvalo dlhšie a to mohlo na neho pôsobiť odrádzajúco. Náročnosťou a nepriehľadnosťou informačných serverov sa školy veľmi ľahko môžu pripraviť o potenciálnych študentov.

6 Porovnávanie výuky

V predchádzajúcej kapitole bol popísaný postup získavania údajov dôležitých pre porovnanie výuky. Všetky zistené informácie boli zapisované do tabuľky, ktorá sa označuje aj ako kritériálna matica. Jednotlivé školy predstavujú rozhodovacie varianty a v riadku každej školy sa nachádzajú kritériálne hodnoty.

Nasledujúce tabuľky (Tabuľka 6.1 a Tabuľka 6.2) zobrazujú kritériálne matice. Údaje o českých a slovenských školách boli zapisované do vlastných tabuliek. Prvotný zámer zahrnúť do porovnávania všetky školy okrem umeleckých a veterinárno-farmaceutických zlyhal pri slovenských školách. Keďže nie všetky slovenské školy mali voľné dostupné údaje o predmetoch, boli školy s neprístupnými údajmi spolu so školami, kde sa operačný výskum nevyučuje, vyradené z porovnávania. Školy boli prioritne porovnávané v rámci krajiny. Každá krajina, hoci má školy s podobným zameraním, má iný počet študentov na školách a tým aj iný počet predmetov a to by mohlo ovplyvniť aj medzinárodné poradie škôl, ktoré môžu byť na domácej pôde kvalitné.

Tabuľka 6.1 Kritériálna matica s pôvodnými údajmi českých škôl

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
VŠE	22	114	5,18	36,15	37	22	6	24	1	13.03.2019	30.04.2019
ČZU	21	105	5	31,53	18,21	21	3	15	7	22.03.2019	31.03.2019
SU	22	100	4,55	27,58	19	16	4	19	15	25.01.2019	30.04.2019
JU	17	94	5,53	24	24	16	5	27	11	12.01.2019	31.03.2019
MU	19	77	4,05	40	26	18	3	14	12	16.01.2019	28.02.2019
Upa	17	70	4,12	26	26	17	5	20	12	08.02.2019	31.03.2019
UP	18	64	3,56	32	26	8	1	4	15	19.01.2019	30.04.2019
UJEP	14	59	4,21	19,54	17,54	10	2	10	0	30.01.2019	31.03.2019
UK	13	58	4,46	26	14	13	6	29	7	23.01.2019	31.03.2019
UHK	13	57	4,38	21,69	14	9	4	18	8	12.01.2019	31.03.2019
ČVUT	18	51	2,83	27,97	21,43	5	1	3	0	16.03.2019	31.03.2019
VUT	11	49	4,45	27	12	11	2	9	7	21.02.2019	31.03.2019
ZČU	8	41	5,13	21	9	8	1	6	4	30.01.2019	31.03.2019
TUL	8	35	4,38	16	14	8	0	0	6	15.02.2019	30.04.2019
MENDELU	6	34	5,67	12	10	6	2	12	3	01.03.2019	20.03.2019
UTB	8	33	4,13	10,85	10	3	2	9	6	07.02.2019	31.03.2019
VŠCHT	7	31	4,43	13	12	6	0	0	3	26.01.2019	31.03.2019
VŠTE	5	29	5,80	10	14	4	0	0	0	25.02.2019	30.04.2019
OU	4	24	6	5,5	6,83	4	0	0	4	09.02.2019	31.03.2019
VŠB-TUO	4	24	6	8,77	6	4	0	0	4	25.01.2019	31.03.2019
VŠPJ	3	14	4,67	4,46	4,77	3	0	0	0	20.01.2019	15.05.2019

Tabuľka 6.2 Kriteriálna matica s pôvodnými údajmi slovenských škôl

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
EUBA	32	175	5,47	56,46	38	32	4	21	24	08.02.2019	31.03.2019
UPJŠ	20	98	4,9	46	24	0	10	49	8	01.03.2019	31.03.2019
ŽU	7	33	4,71	12	14	7	0	0	2	15.02.2019	31.03.2019
TUKE	7	25	3,57	12	11,23	3	0	0	5	27.02.2019	30.04.2019
SPU	6	36	6	15	9	6	0	0	4	15.03.2019	02.04.2019
STU	5	22	4,4	9	9	4	0	0	2	21.02.2019	30.04.2019
UCM	1	5	5	2	2	1	0	0	1	27.03.2019	30.04.2019
TRUNI	1	3	3	2	1	1	0	0	0	23.01.2019	28.02.2019

Z dát českých škôl sa dá predpokladať, že najlepšou školou vyučujúcou OP by mohla byť VŠE, keďže pri maximalizujúcich kritériách K1, K2, K4, K5, K6 má najvyššie hodnoty a kritéria K3, K11 obsahujú vysoké hodnoty. Zvyšné kritéria, kde je hľadaný nejaký optimálny stred hodnôt, kolíšu buď príliš vysoko alebo príliš nízko, avšak predpokladám, že svojimi váhami neprevýšia zvyšné kritéria. Najhoršou českou školou by mohla byť VŠPJ. Okrem maximalizujúceho kritéria K11, kde je jeho hodnota spomedzi ostatných variant paradoxne najvyššia, dosahujú hodnoty zvyšných kritérií najhoršie hodnoty. Rozdiel medzi najlepšou a najhoršou školou je teda 19 predmetov, čo napríklad predstavuje počet všetkých predmetov OP vyučovaných na MU.

Z dát slovenských škôl by sa dalo predvídať, že najlepšia škola bude EUBA, keďže dosahuje najoptimálnejšie hodnoty vo všetkých kritériách, okrem K11. Naopak za najhoršiu by bolo možné považovať TRUNI, kde sa disciplína operačného výskumu vyskytla iba v jednom predmete. Medzi najlepšou a najhoršou školou je teda 31 kreditový rozdiel. Za povšimnutie stoja väčšie rozdiely medzi školami na Slovensku ako v Česku, kde počet predmetov resp. kreditov klesá postupne bez nejakých veľkých rozdielov.

Pri vzájomnom porovnaní českých a slovenských škôl sa javí ako najlepšia škola slovenská EUBA. Za druhú najlepšiu školu by sa podľa týchto tabuliek dala považovať česká VŠE a za najhoršiu školu v rámci ČR a SR slovenská TRUNI. V týchto predpokladoch slovenská EUBA presahuje českú VŠE o 10 predmetov. Druhé miesta v oboch krajinách by mohli kolísať okolo 20 kreditov. Veľký rozdiel nastáva v predpokladoch tretieho miesta. V prípade českých škôl sa dajú na treťom mieste predpokladať školy ČZU, SU možno MU, ktoré so svojimi predmetmi stále kolíšu okolo 20. MU by mohlo byť akýmsi tichým favoritom, keďže zopár jej kritérií má spomedzi týchto troch škôl najoptimálnejšie hodnoty. Ak by boli tretie najlepšie školy na Slovensku SPU alebo ŽU, tak na české tretie miesto strácajú okolo 13 predmetov resp. cca 64 kreditov.

6.1 Odhad váh

Na odhad váh boli použité dve metódy a následne bolo porovnané či voľba metódy odhadu váh ovplyvní poradie porovnávaných škôl. Prvá metóda bola bodovacia. Čím viac bolo dané kritérium pokladané za dôležitejšie, tým vyššie ohodnotenie mu bolo z bodovacej stupnice 1 až 10 pridelené. Druhá použitá metóda sa nazýva Fullerov trojuholník. Váhy boli následne vypočítané obdobným spôsobom ako vo vzťahu (2.1).

Tabuľka 6.3 zobrazuje Fullero trojuholník pre dané kritéria. Z každej dvojice kritérií bolo vybrané jedno kritérium, ktoré bolo považované za dôležitejšie a ktoré je vyznačené tučným písmom.

Tabuľka 6.3 Fullero trojuholník mojich kritérií

K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	K1 K6	K1 K7	K1 K8	K1 K9	K1 K10	K1 K11
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	K2 K6	K2 K7	K2 K8	K2 K9	K2 K10	K2 K11
		K3 K4	K3 K5	K3 K6	K3 K7	K3 K8	K3 K9	K3 K10	K3 K11
			K4 K5	K4 K6	K4 K7	K4 K8	K4 K9	K4 K10	K4 K11
				K5 K6	K5 K7	K5 K8	K5 K9	K5 K10	K5 K11
					K6 K7	K6 K8	K6 K9	K6 K10	K6 K11
						K7 K8	K7 K9	K7 K10	K7 K11
							K8 K9	K8 K10	K8 K11
								K9 K10	K9 K11
									K10 K11

Nasledujúca Tabuľka 6.4 zobrazuje bodové ohodnotenie jednotlivých kritérií, váhy určené bodovacou a Fullеровou metódou a počet vyznačení jednotlivých kritérií vo Fullеровom trojuholníku.

Tabuľka 6.4 Bodové ohodnotenie a váhy jednotlivých kritérií

<i>Kritéria</i>	<i>Body</i>	<i>Váhy bodovacou metódou</i>	<i>Počet vyznačení</i>	<i>Váhy Fullеровou metódou</i>
Celkový počet predmetov (K1)	10	0,14	10	0,18
Celkový počet kreditov (K2)	9	0,13	9	0,16
Priemerný počet kreditov na jeden predmet (K3)	8	0,11	5	0,09
Počet prednášok na týždeň (K4)	7	0,10	6	0,11
Počet cvičení na týždeň (K5)	7	0,10	8	0,15
Počet predmetov ukončených skúškou (K6)	7	0,10	3	0,05
Počet predmetov v anglickom jazyku (K7)	6	0,08	5	0,09
Počet kreditov predmetov v anglickom jazyku (K8)	6	0,08	4	0,07
Počet predmetov s anglickou literatúrou (K9)	5	0,07	3	0,05
Dátum dňa otvorených dverí (K10)	4	0,06	1	0,02
Posledný dátum podania prihlášky (K11)	3	0,04	1	0,02

6.2 Metóda váženého súčtu

Pri analýze výuky bola použitá metóda váženého súčtu, ktorá je označovaná aj ako metóda WSA a patrí medzi najpoužívanejšie metódy viackriteriálneho hodnotenia variant. Najprv však bolo potrebné prepočítať normalizované tabuľky.

Príloha A a Príloha B zobrazujú normalizované tabuľky, čiže tabuľky, v ktorých sú hodnoty z kriteriálnej matice prepočítané podľa vzťahov (2.2) a (2.3). Kritéria K1 až K6 spolu s K11 boli maximalizované. Avšak pri kritériách počet predmetov v anglickom jazyku (K7), počet kreditov predmetov v anglickom jazyku (K8), počet predmetov s anglickou literatúrou (K9) a dátum dňa otvorených dverí (K10) nebolo určenie typu kritéria jednoznačné. Pri týchto štyroch kritériách by sa dalo predpokladať, že optimálna hodnota je nejaká stredná hodnota. Tieto cieľové hodnoty boli vypočítané ako priemer z hodnôt týchto kritérií. Avšak u slovenských škôl kriteriálna matica v kritériách K7 a K8 obsahovala príliš veľa núl a tie by mohli posunúť priemerné hodnoty príliš nízko. Preto boli cieľové hodnoty určené ako priemerné hodnoty z nenulových hodnôt. Následne boli spočítané vzdialenosti jednotlivých hodnôt variantov v daných kritériách od cieľovej hodnoty daného kritéria. Tieto prepočítané hodnoty boli následne minimalizované vzťahom (2.3). Ako D_j bol v danom kritériu vybraný najmenší rozdiel cieľovej a kriteriálnej hodnoty a H_j ako najväčší rozdiel cieľovej a kriteriálnej hodnoty.

Tabuľka 6.5 a Tabuľka 6.6 zobrazuje hodnoty celkových úžitkov jednotlivých škôl a ich následné poradie. Z týchto tabuliek je vidieť, že výber voľby odhadu váh ovplyvnilo poradie škôl iba minimálne.

Medzi prvé tri najlepšie školy v ČR patria VŠE, ČZU a MU. Na Slovensku to je EUBA, UPJŠ a SPU. Podľa výsledkov je zrejmé, že v oboch krajinách medzi školy s najlepšou výukou OP patria ekonomické a poľnohospodárske školy. Celkovo to môže súvisieť s faktom, že v ekonomickej praxi sú rôzne modely optimalizácie potrebné na optimalizáciu súvisiacu s financiami, lokalizáciou zdrojov, na odhadovanie budúceho fungovania systémov a predvídanie chovania jednotiek na ekonomickom trhu z dôvodu maximalizácie úžitku. Existuje veľké množstvo podnikových a finančných sfér, kde sa operačný výskum využíva. V prípade poľnohospodárskej sféry je taktiež vysoká potreba správnej kombinácie kritérií a finančných zdrojov. Operačný výskum je prakticky zameraný obor, preto sa s jeho výukou vo väčšom množstve dá stretnúť na školách, kde je vyššia zameranosť na praktické výpočty, odhady a vlastnosti, v porovnaní so školami, ako je napríklad Karlova univerzita, kde je študijné rozpätie síce široké, ale viac zamerané na humanitné a spoločenské vzdelávanie. Nižšia výuka operačného výskumu na technických školách je spôsobená zrejme tým, že tieto školy sú orientované na fyzikálne a prírodné zákonitosti a experimentovanie s nimi. Úspech Masarykovej univerzity môže súvisieť s Ekonomickou fakultou, ktorá je na tejto škole pomerne veľká. Výsledky naznačujú, že zameranie a orientácia vysokej školy súvisí s množstvom vyučovaných predmetov. Na opačnom konci rebríčka sa vyskytujú školy s väčším rozpätím. Sú to školy, ktoré sú viac zamerané na humanitné, pedagogické alebo banské obory, kde sa nevyskytujú špecializované obory OP a dané predmety sú zvyčajne vyučované ako vedľajšie resp. voliteľné.

Tabuľka 6.5 Celkové úžitky a poradie českých škôl metódou WSA

	Celkové úžitky bodovacou metódou	Poradie bodovacou metódou	Celkové úžitky Fullerovým trojuholníkom	Poradie Fullerovým trojuholníkom
VŠE	0,73	2.	0,77	1.
ČZU	0,74	1.	0,77	2.
SU	0,65	4.	0,66	4.
JU	0,58	5.	0,60	5.
MU	0,67	3.	0,70	3.
Upa	0,57	6.	0,57	7.
UP	0,54	9.	0,58	6.
UJEP	0,56	8.	0,55	8.
UK	0,44	14.	0,42	13.
UHK	0,48	10.	0,48	11.
ČVUT	0,44	15.	0,50	10.
VUT	0,56	7.	0,53	9.
ZČU	0,48	11.	0,43	12.
TUL	0,42	16.	0,37	16.
MENDELU	0,44	12.	0,41	14.
UTB	0,44	13.	0,40	15.
VŠCHT	0,35	18.	0,31	17.
VŠTE	0,35	17.	0,31	18.
OU	0,34	19.	0,27	20.
VŠB-TUO	0,34	20.	0,27	19.
VŠPJ	0,24	21.	0,17	21.

Tabuľka 6.6 Celkové úžitky a poradie slovenských škôl metódou WSA

	Celkové úžitky bodovacou metódou	Poradie Bodovacou metódou	Celkové úžitky Fullerovým trojuholníkom	Poradie Fullerovým trojuholníkom
EUBA	0,84	1.	0,89	1.
UPJŠ	0,63	2.	0,65	2.
ŽU	0,31	4.	0,27	4.
TUKE	0,28	6.	0,23	5.
SPU	0,33	3.	0,29	3.
STU	0,28	5.	0,22	6.
UCM	0,18	7.	0,13	7.
TRUNI	0,05	8.	0,04	8.

VŠPJ je s 3 predmetmi síce najhoršia česká škola, no jej priemerný počet kreditov nie je tak zlý. Jej predmety sú teda vysoko hodnotené ETCS kreditmi, preto možno konštatovať, že síce má málo predmetov, ale podľa medzinárodnej klasifikácie sú kvalitné. V prípade

dátumu podávania prihlášky má ten čas maximálny. Jej posledné miesto paradoxne vylepšujú predmety v anglickom jazyku, ich kredity a anglická literatúra. Tieto kritéria majú síce nulovú hodnotu, no tá je relatívne blízko ku cieľovej hodnote. Na predposledné 2 školy sa vzťahuje to isté, tzn. majú síce málo predmetov, ale vysoko hodnotených. Daňou za vysoko hodnotené predmety, môže byť náročnosť a s tým spojený nezaujem študentov, keďže tieto školy nie sú zamerané na výučbu v tejto oblasti, predmety sa vyučujú skôr ako voliteľné, takže si ich veľa žiakov nevolí. Varianty v tabuľkách sú zoradené podľa počtu predmetov. Toto kritérium disponuje aj najvyššou váhou. Konečné poradie je však oproti tomuto poradiu mierne iné. Kritéria, ktoré toto poprehadzovanie spôsobili, sú hlavne minimalizujúce. Keďže neexistuje žiaden úzus, koľko predmetov v anglickom jazyku by sa malo na školách vyučovať, tak v týchto kategóriách vyhrávali školy, ktoré síce majú predmetov málo, ale dokážu ich vyučovať aj v inom jazyku. Tým pádom zvyšujú svoj prínos na medzinárodnom trhu a môžu prilákať viac zahraničných študentov. Koniec koncov aj tento predpoklad by mohol ovplyvniť záujemcov o štúdium, a to väčšia šanca stretnutia sa so zahraničnými študentmi. V prípade, že by škola zvýšila počet predmetov hoci iba o jeden anglický, tak by sa mohla posunúť aj o 3 miesta vyššie. Kritéria, ktoré sú ľahko školami meniteľné sú posledné dve. Tie síce majú najnižšie váhové ohodnotenie, ale s posunom o 1-2 priečky by mohli pomôcť.

V prípade hodnôt kritériálnej matice slovenských škôl sú viditeľné väčšie skoky medzi jednotlivými variantami. Najčastejšie sa skok vyskytuje medzi EUBOU a UPJŠ pri maximalizujúcich kritériách. Zaujímavou môže byť SPU. K tretiemu miestu jej pomohlo kritérium K3, priemerný počet predmetov, čiže je možné konštatovať kvalitné predmety, ktoré sú zároveň často povinné, preto ich je viac ako v prípade vyššie spomínanej VŠPJ. Napomáhajú jej aj kritéria K2 a K4. Hoci anglické predmety nemá žiadne, toto kritérium, spolu kritériom K8 a K9 škodia všetkým školám okrem najlepších dvoch. Hoci je tretia, jej hodnota celkového úžitku je približne dvakrát menšia ako hodnota úžitku UPJŠ. Na to aby sa posledné dve slovenské školy stali najlepšimi, by museli zmeniť zameranie školy. Ako v Česku, aj tu platí, že posledné školy sú viac orientované na pedagogické, sociálne, filozofické aj prírodné obory, preto nevyučujú viac predmetov OP. Medzi nimi a najlepšimi dvoma školami je vysoký prepád a na zlepšenie by nestačilo pridať jeden alebo dva predmety. V týchto prípadoch by išlo o celkovú zmenu katedry, pridanie oboru a pod.

6.3 Korekcia kritérií

Jednotlivé kritéria by mali nezávisle na sebe ovplyvňovať celkové úžitky variant. Avšak v tomto porovnávaní sa nedá povedať, že všetky kritéria sú nezávislé. Súvisí to s faktom, že v podstate všetky kritéria, okrem kritéria dátum DOD a dátum podania prihlášok, vychádzajú z kritéria celkový počet predmetov. Z tohto dôvodu sa môže vyskytovať zvýšená korelácia medzi hodnotami kritérií. V prípade príliš vysokej korelácie medzi jednotlivými kritériami môže nastať fakt, že určité školy budú viac nadhodnotené, keďže kritérium bude duplicitné. Hodnoty kritéria celkový počet kreditov (K2) sú takpovediac závislé na hodnotách kritéria celkový počet predmetov (K1), keďže platí, že čím viac predmetov, tým viac kreditov. Pomocou funkcie „correl“ v programe Excel bola vypočítaná korelácia medzi jednotlivými kritériami. Korelácia medzi dvoma spomínanými kritériami v ČR je 0,94 a v SR 0,99. Preto kritérium celkový počet kreditov bolo vyradené z porovnávaní. Rovnaká

závislosť platí aj medzi predmetmi v anglickom jazyku (K7) a ich kreditmi (K8). Korelácia medzi českými hodnotami je 0,98 a medzi slovenskými 0,99, a tak aj v tomto prípade bolo kreditové kritérium vyradené. Vyššie hodnoty korelácie sa vyskytli napríklad aj medzi dvojicami počet predmetov s anglickou literatúrou a celkový počet predmetov alebo počet prednášok a počet cvičení. Avšak tieto kritéria pokladám za relevantné pri hodnotení výuky operačného výskumu, z tohto dôvodu ich pri hodnotení nechám. Podrobnejšie informácie o korelácií a korelačnom koeficiente možno nájsť v literatúre (12).

Po vylúčení kritérií, boli váhy prepočítané znovu. Hodnoty váh sa jemne zvýšili, čo je dôsledkom menšej hodnoty menovateľa. Ďalej boli prepočítané celkové úžitky variantov a stanovené nové poradie škôl.

Tabuľka 6.7 Nové váhy po korekcií

Kritériá	Váhy bodovacou metódou		Váhy Fullerovým trojuholníkom	
	Pôvodné váhy	Nové Váhy	Pôvodné váhy	Nové váhy
Celkový počet predmetov (K1)	0,14	0,18	0,18	0,22
Priemerný počet kreditov na jeden predmet (K3)	0,11	0,14	0,10	0,11
Počet prednášok na týždeň (K4)	0,10	0,12	0,11	0,14
Počet cvičení na týždeň (K5)	0,10	0,12	0,15	0,19
Počet predmetov ukončených skúškou (K6)	0,10	0,12	0,05	0,08
Počet predmetov v anglickom jazyku (K7)	0,08	0,11	0,09	0,08
Počet predmetov s anglickou literatúrou (K9)	0,07	0,09	0,05	0,08
Dátum dňa otvorených dverí (K10)	0,06	0,07	0,02	0,03
Posledný dátum podania prihlášky (K11)	0,04	0,05	0,02	0,03

V nasledujúcich tabuľkách (Tabuľka 6.8 a Tabuľka 6.9) sú spočítané nové úžitky škôl a ich poradie. Úžitky a poradie v prípade českých škôl sa jemne zmenili. Prvá trojka sa ustálila a v oboch variantoch je na prvom mieste VŠE, na druhom ČZU a na treťom MU. V prípade slovenských škôl nenastala žiadna zmena poradia. Minimálne sa zmenili iba hodnoty celkových úžitkov.

Tabuľka 6.8 Nové úžitky a poradie českých škôl metódou WSA po korekcií kritérií

	Celkové úžitky bodovacou metódou	Poradie Bodovacou metódou	Celkové úžitky Fullerovým trojuholníkom	Poradie Fullerovým trojuholníkom
VŠE	0,73	1.	0,76	1.
ČZU	0,71	2.	0,70	2.
SU	0,62	4.	0,60	4.
JU	0,59	5.	0,58	5.
MU	0,66	3.	0,67	3.
Upa	0,58	6.	0,57	6.
UP	0,54	8.	0,55	7.
UJEP	0,53	9.	0,49	9.
UK	0,49	10.	0,46	11.
UHK	0,48	12.	0,45	12.
ČVUT	0,43	14.	0,47	10.
VUT	0,55	7.	0,50	8.
ZČU	0,48	11.	0,41	13.
TUL	0,45	13.	0,40	14.
MENDELU	0,43	15.	0,36	15.
UTB	0,43	16.	0,36	16.
VŠCHT	0,36	19.	0,31	17.
VŠTE	0,37	18.	0,31	18.
OU	0,37	17.	0,28	19.
VŠB-TUO	0,36	20.	0,28	20.
VŠPJ	0,25	21.	0,17	21.

Tabuľka 6.9 Nové úžitky a poradie slovenských škôl metódou WSA po korekcií kritérií

	Celkové úžitky bodovacou metódou	Poradie Bodovacou metódou	Celkové úžitky Fullerovým trojuholníkom	Poradie Fullerovým trojuholníkom
EUBA	0,83	1.	0,83	1.
UPJŠ	0,65	2.	0,63	2.
ŽU	0,36	4.	0,32	4.
TUKE	0,33	6.	0,29	5.
SPU	0,39	3.	0,34	3.
STU	0,34	5.	0,28	6.
UCM	0,22	7.	0,17	7.
TRUNI	0,07	8.	0,06	8.

Zopár variantov zaberá rovnakú pozíciu pri použití oboch bodovacích metód. Najväčší rozdiel sú 4 poradové miesta v prípade ČVUT.

6.4 Metóda bázičkého variantu

Druhou metódou bola metóda bázičkého variantu, ktorá sa od WSA líši v prepočte kritériálnej matice. Tabuľky s priebežnými výpočtami sú zobrazené v Prílohe C a Prílohe D.

Táto metóda nespôsobila zásadné zmeny poradia. Výsledky sú zobrazené v nasledujúcich tabuľkách (Tabuľka 6.10 a Tabuľka 6.11). Prvé trojice českých aj slovenských škôl ostali rovnaké, no v českom poradí MU predbehla ČZU. V prípade posledných slovenských škôl sa ich celkové úžitky zvýšili na hodnoty podobné posledných českých škôl. V prípade slovenských škôl je vidieť absolútnu zhodu poradia pri použití obidvoch metód váh.

Tabuľka 6.10 Celkové úžitky a poradie českých škôl metódou bázičkého variantu

	Celkové úžitky bodovacou metódou	Poradie Bodovacou metódou	Celkové úžitky Fullerovým trojuholníkom	Poradie Fullerovým trojuholníkom
VŠE	0,67	1.	0,72	1.
ČZU	0,63	3.	0,63	3.
SU	0,55	6.	0,58	4.
JU	0,55	5.	0,56	6.
MU	0,65	2.	0,66	2.
Upa	0,57	4.	0,57	5.
UP	0,49	10.	0,54	7.
UJEP	0,53	8.	0,51	8.
UK	0,45	11.	0,45	12.
UHK	0,42	15.	0,42	13.
ČVUT	0,45	12.	0,49	9.
VUT	0,52	9.	0,49	10.
ZČU	0,39	16.	0,36	16.
TUL	0,42	14.	0,41	14.
MENDELU	0,43	13.	0,38	15.
UTB	0,54	7.	0,46	11.
VŠCHT	0,32	17.	0,31	17.
VŠTE	0,30	19.	0,29	18.
OU	0,30	18.	0,26	19.
VŠB-TUO	0,29	20.	0,26	20.
VŠPJ	0,20	21.	0,18	21.

Tabuľka 6.11 Celkové úžitky a poradie slovenských škôl metódou bázičného variantu

	Celkové úžitky bodovacou metódou	Poradie Bodovacou metódou	Celkové úžitky Fullerovým trojuholníkom	Poradie Fullerovým trojuholníkom
EUBA	0,82	1.	0,83	1.
UPJŠ	0,59	2.	0,59	2.
ŽU	0,35	5.	0,32	5.
TUKE	0,36	4.	0,33	4.
SPU	0,37	3.	0,34	3.
STU	0,33	6.	0,27	6.
UCM	0,20	7.	0,16	7.
TRUNI	0,20	8.	0,15	8.

Je možné konštatovať, že ani výber odhadu váh ani výber hodnotiacej metódy neovplyvnil výrazne poradie škôl.

6.5 Vzájomné hodnotenie krajín

Každá krajina už má svojich národných víťazov. Pre česko-slovenské porovnanie boli všetky získané údaje zhrnuté, metódou WSA vypočítané nové normalizované hodnoty (Príloha E), spolu s váhami po korekcií dopočítané celkové úžitky a zostavené spoločné česko-slovenské poradie (Tabuľka 6.12).

Podľa výsledkov je najlepšia škola pre operačný výskum na Slovensku. Je ňou EUBA, na druhom mieste česká VŠE a na treťom ČZU. Po spoločnom výpočte je vidieť, že kvalitnejšie školy na výuku OP sa podľa tohto porovnávania nachádzajú v Českej republike.

Slovenská SPU v tomto rebríčku obsadila až 18. miesto. V slovenskom porovnávaní bola síce tretia, no jej hodnoty jej nestačili v porovnaní s českými školami. Ak by pridala 3 predmety, mohla by sa posunúť aj o 5 miest vyššie. Ak by boli k tomu ešte nejaké predmety vyučované v angličtine, mohlo by jej to zaručiť vzostup o ďalšie dve miesta.

Šesť z ôsmych slovenských škôl sa nachádzajú v druhej polovici rebríčka. Celkový úžitok najhoršej slovenskej školy je skoro dvakrát menší ako celkový úžitok českej najhoršej školy. Otázkou ostáva, ako by zvyšné slovenské školy s neverejnými informačnými portálmi ovplyvnili celkové hodnotenie, no keďže sú skôr zamerané na humanitné a pedagogické odbory, predpokladám, že vrchnú časť poradia by zásadne neovplyvnili.

Tabuľka 6.12 Česko-slovenské poradie škôl s celkovými úžitkami

	Váhy bodovacou metódou		Váhy Fullerovým trojuholníkom	
	Poradie škôl	Celkové úžitky	Poradie škôl	Celkové úžitky
1.	EUBA	0,83	EUBA	0,82
2.	VŠE	0,69	VŠE	0,69
3.	ČZU	0,62	ČZU	0,60
4.	SU	0,59	MU	0,58
5.	MU	0,58	JU	0,55
6.	JU	0,57	SU	0,55
7.	Upa	0,57	UPJŠ	0,54
8.	VUT	0,53	Upa	0,54
9.	UP	0,52	UP	0,52
10.	UPJŠ	0,52	VUT	0,47
11.	UJEP	0,51	UJEP	0,46
12.	TUL	0,49	UK	0,45
13.	UK	0,49	ČVUT	0,45
14.	ZČU	0,49	UHK	0,43
15.	MENDELU	0,47	TUL	0,42
16.	UHK	0,46	ZČU	0,42
17.	VŠTE	0,46	MENDELU	0,39
18.	SPU	0,45	SPU	0,39
19.	OU	0,45	VŠTE	0,39
20.	ŽU	0,45	ŽU	0,38
21.	UTB	0,44	UTB	0,37
22.	ČVUT	0,43	VŠCHT	0,36
23.	VŠB-TUO	0,43	OU	0,35
24.	VŠCHT	0,41	VŠB-TUO	0,35
25.	STU	0,40	TUKE	0,33
26.	TUKE	0,39	STU	0,32
27.	VŠPJ	0,35	VŠPJ	0,27
28.	UCM	0,29	UCM	0,23
29.	TRUNI	0,19	TRUNI	0,14

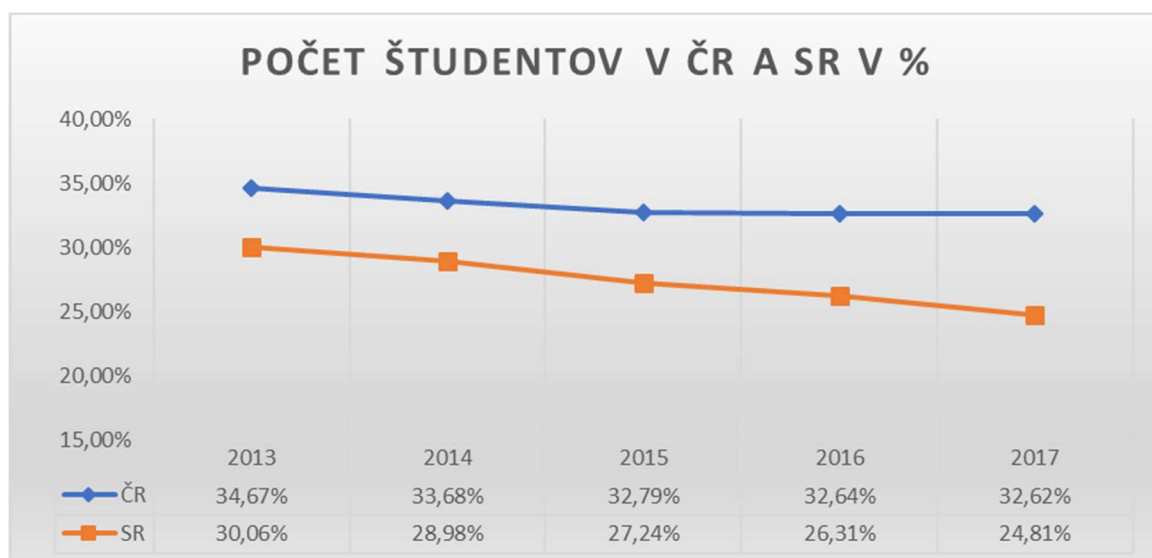
7 Počty študentov

Zdanlivo by si mohol niekto namýšľať, že počty študentov operačného výskumu súvisia s celkovým počtom študentov na jednotlivých školách. To však neplatí. Operačný výskum sa podľa výsledkov najviac vyučuje na školách, ktoré sú ekonomicky a poľnohospodársky orientované a tie nepatria medzi školy s najväčším množstvom študentov. V prípade najlepších troch českých škôl platí opačné poradie v ich veľkosti. Masarykova univerzita, ktorá skončila tretia je druhou najväčšou českou vysokou školou po Univerzite Karlovej. ČZU je štvrtá a VŠE siedma najväčšia. Školy so širším spektrom vyučovaných sfér majú viac fakúlt a tým aj viac študentov. To však neznamená, že sú viac zamerané na operačný výskum. To platí aj v SR, kde druhou najväčšou školou UPJŠ, ktorá je druhá najlepšia aj vo výuke OP v SR. Najväčšou školou na Slovensku je Univerzita Komenského v Bratislave, ale táto škola do porovnávania zapojená nebola z dôvodu nedostatku informácií na webových stránkach. EUBA je počtom študentov v poradí 15. škola, SPU 16. Výuka operačného výskumu teda nesúvisí s veľkosťou školy, ale s jej zameraním. Dá sa tvrdiť, že na ekonomických a poľnohospodárskych školách je väčšia špecializácia a väčší dôraz na výuku disciplín operačného výskumu.

Pomocou funkcie „correl“ v Exceli, ktorá bola použitá taktiež v predchádzajúcej kapitole, bol vypočítaný korelačný koeficient medzi poradím najväčších škôl a škôl s najlepšou výukou OP. Bolo použité poradie WSA s váhami z bodovacej metódy, v ktorom sa nachádzajú školy z oboch krajín. Korelácia ukazuje hodnotu -0,344, ktorá vyjadruje stredne silnú nepriamu závislosť medzi veľkosťou školy a kvalitou výuky operačného výskumu. Je to stredne silná závislosť, nedá sa preto jednoznačne povedať, že malé školy sú viac špecifikované alebo naopak. Opäť sa teda možno prikloniť k vysvetleniu, že nezáleží na veľkosti školy, ale na zameraní školy.

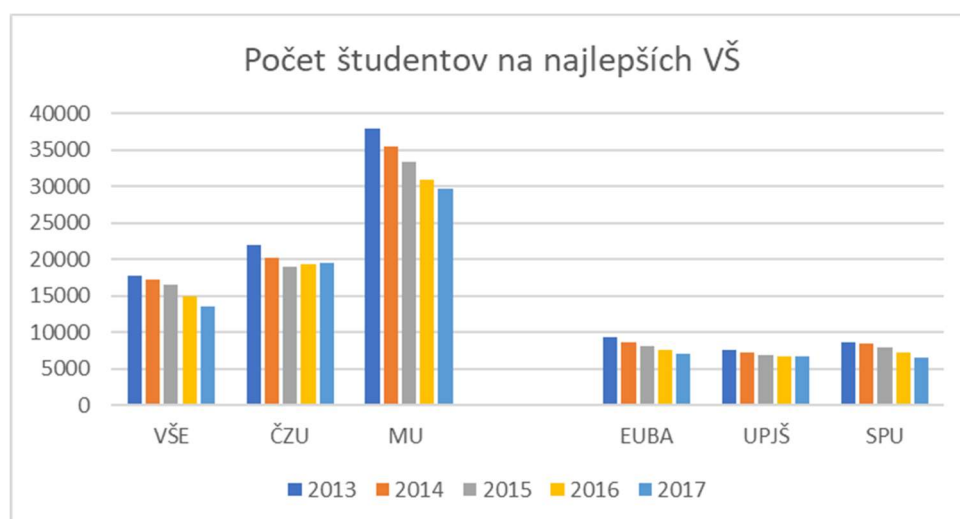
Nasledujúce grafy vyjadrujú počet záujemcov o operačný výskum, vývoj počtu žiakov medzi najlepšími českými a slovenskými školami a či sa celkový trend záujmu o štúdium odráža aj na záujme o dané školy a operačný výskum. Zároveň je to porovnané s oborom, v ktorom sa operačný výskum nevyskytuje. Údaje pomocou ktorých boli grafy vytvorené, boli opäť získané z internetových stránok Českého štatistického úradu (16) a Centra vedecko-technických informácií SR (17). Pri percentuálnych vyjadreniach boli údaje prepočítavané na počet obyvateľov Česka respektíve Slovenska vo veku od 19 do 26 rokov.

Prvý graf (Obrázok 7.1) zobrazuje percentuálne vyjadrenie množstva študentov na vysokých školách od roku 2013 do 2017. Z grafu je zrejím klesajúci trend. Medzi rokom 2013 a 2017 došlo v Českej republike k poklesu študentov o vyše 2 percentuálne body, na Slovensku až o vyše 5 percentuálnych bodov, čo predstavuje 50 000 študentov na Slovensku a 70 000 v Česku.



Obrázok 7.1 Počet študentov v ČR a SR v % medzi rokmi 2013-2017 (zdroj: autorka)

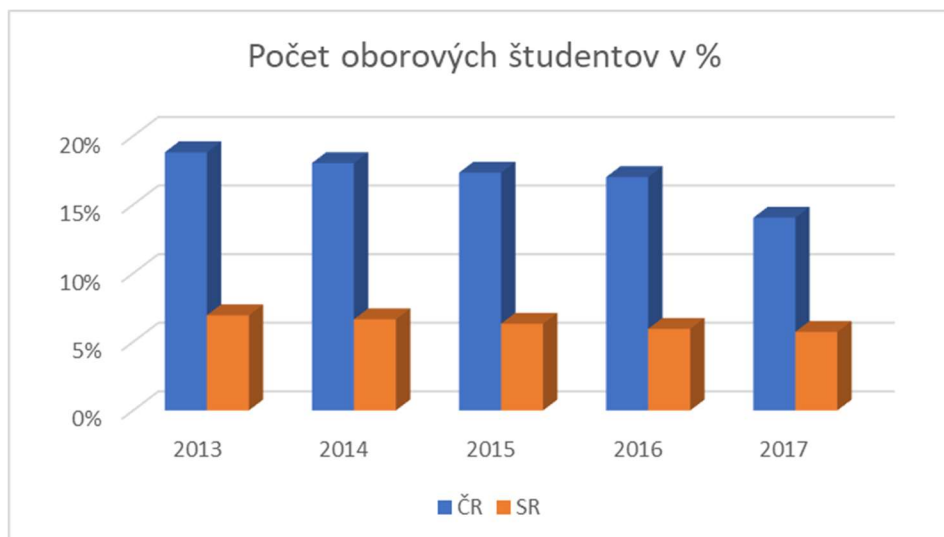
Vyššie zmieňovaný klesajúci trend počtu študentov pocítili aj školy, ktoré v porovnávaní vyšli ako najlepšie školy vyučujúce operačný výskum (Obrázok 7.2). Na Vysokej škole ekonomickej klesol počet študentov medzi rokom 2013 a 2017 o necelé 3 %, na ČZU o vyše 1,5 % a na Masarykovej univerzite to bolo o necelých 6 %. Na slovenských univerzitách bol pokles v relatívnom hodnotení podobný. Na Ekonomickej univerzite to bol pokles o 3,20 %, na Univerzite Pavla Jozefa Šafárika 1,17 % a na Slovenskej poľnohospodárskej univerzite 3%. Malým pozitívom je minimálny vzostup počtu študentov ČZU medzi rokmi 2016-2017, ktorý by mohol znamenať aj vyšší záujem o OP na tejto škole.



Obrázok 7.2 Počet študentov na najlepších vysokých školách OP v ČR a SR v rokoch 2013-2017 (zdroj: autorka)

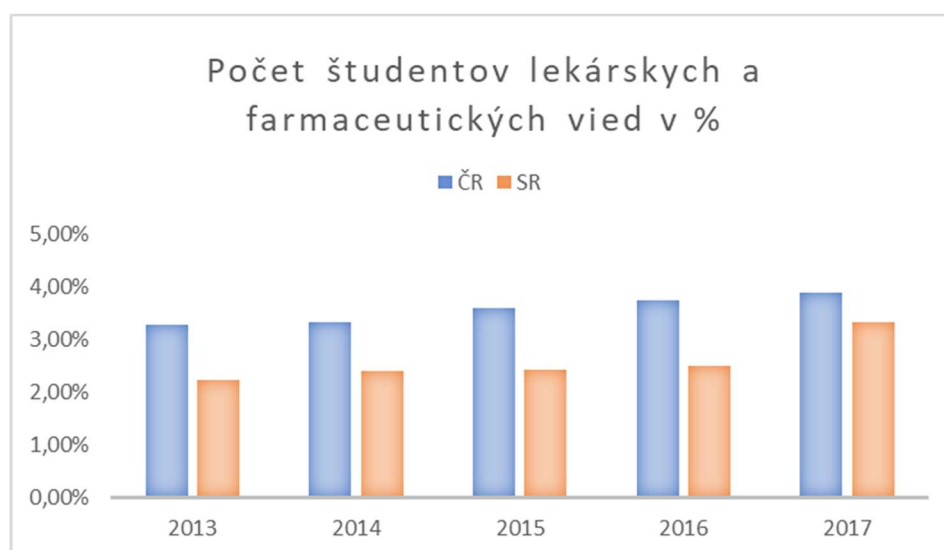
Tretí graf (Obrázok 7.3) zobrazuje relatívny počet študentov študujúci programy ekonómia, prírodné vedy a náuky, technické vedy a náuky, pri ktorých je najväčšia pravdepodobnosť, že sa stretnú s operačným výskumom. Poľnohospodárske programy neboli zahrnuté, keďže agrárne školy majú na výuku OP väčšinou zriadený špeciálny program, ktorý súvisí s ekonomikou. Tieto čísla sú samozrejme skreslené, keďže sa nedá jednoznačne určiť počet

študentov, ktorí sa s témami operačného výskumu stretli. Trend je aj v tomto smere v obidvoch krajinách klesajúci. Menší rozdiel je na Slovensku, kde sa počet študentov medzi rokom 2013 a 2017 zmenšil o 1 percentuálny bod, avšak v Česku je tento rozdiel výraznejší a to až o 5 percentuálnych bodov. Výrazne sa líšia percentá študentov študujúcich dané programy v jednotlivých krajinách. V Česku študovalo dané programy v roku 2013 19 % študentov, na Slovensku necelých 7 %. V roku 2017 bol tento rozdiel už menší. V ČR dané programy študovalo 14 % študentov a na Slovensku 6 %.



Obrázok 7.3 Vývoj počtu študentov operačného výskumu v ČR a SR medzi rokmi 2013-2017 (zdroj: autorka)

Pre porovnanie nasledujúci graf (Obrázok 7.4) relatívne vyjadruje počet študentov medicínskych a farmaceutických programov v Česku a na Slovensku. V tomto programe je jemne rastúci trend. Väčšiu popularitu medicínske programy získavajú na Slovensku, kde bol medzi rokmi 2013 a 2017 nárast študentov o 1,10 percentuálneho bodu. V Česku sa počet týchto študentov dlhodobo drží v rozhraní 3,3 % až 3,9 %.



Obrázok 7.4 Vývoj počtu študentov lekárskeho a farmaceutického vied v ČR a SR v r. 2013-2017 (zdroj: autorka)

Záver

Táto bakalárska práca pomocou metód viackriteriálneho hodnotenia variant porovnávala výuku operačného výskumu na slovenských a českých vysokých školách.

Na začiatku práce bol vymedzený pojem operačný výskum. Bolo konkretizované, že to nie je samostatná veda, ale skôr aplikácia matematiky a štatistiky pri riešení problémovo veľkých systémov. Je potrebný na miestach, kde sa uskutočňujú a analyzujú rôzne operácie.

Ďalej boli charakterizované disciplíny operačného výskumu. Bolo spomínané matematické programovanie, teória grafov, teória zásob, teória hromadnej obsluhy, markovské rozhodovacie procesy, simulácie, teória hier a v neposlednom rade viackriteriálne hodnotenie, ktorého dve metódy boli použité v praktickej časti. Znalosť týchto disciplín bola základným faktorom pre získanie informácií potrebných pre neskoršie skúmanie.

V ďalšej kapitole bola stručne rozobraná história operačného výskumu. Bolo spomenuté, že OP sa začal rozvíjať v 30. rokoch 20. storočia dôsledkom vojenských potrieb v Británii. Paralelne sa vyvíjal aj v iných svetových veľmociach. Dnes je súčasťou rôznych pracovných pozícií. V 50. rokoch sa začali uskutočňovať rôzne konferencie a vychádzať rôzne časopisy, ktoré sú aktívne dodnes.

Neskôr bol okomentovaný výber kritérií. Rovnako tam bol opísaný proces zberu informácií a problémy, ktoré nastávali iba v prípade slovenských škôl. Neverejné informácie spôsobili nízky počet slovenských škôl v porovnávaní.

Po odhade váh bodovacou a Fullеровou metódou boli pomocou metódy WSA školy porovnané. Z výsledkov bolo ďalej usudzované, že metóda odhadu váh nemala na výsledok zásadný vplyv. Objavil sa však predpoklad korelácií kritérií, preto boli vypočítané korelačné koeficienty a určité kritéria vyradené. Po prepočítaní poradia škôl s novými váhami sa poradie škôl nijak zásadne nezmenilo. Druhá metóda, ktorá bola použitá, bola metóda bázičného variantu. Ani s touto metódou výsledky nenabrali iný spád. Metódou WSA sa neskôr vypočítalo vzájomné česko-slovenské poradie. Najlepšou školou sa stala slovenská EUBA, ďalšie miesta obsadili české VŠE, ČZU. Výsledky celkovo ukazujú na vyššiu kvalitu českých škôl, keďže šesť z ôsmich slovenských škôl skončili na chvoste rebríčka. Tento údaj je potrebné považovať za jemne skreslený, keďže sa v porovnávaní nenachádzali všetky slovenské školy, no z hľadiska uchádzača, ktorý si zisťuje informácie z webových stránok, veľmi zásadný. Taktiež sa ukázalo, že výuka operačného výskumu je úzko spojená s výukou ekonomických a poľnohospodárskych disciplín.

V poslednej časti bola skúmaná závislosť medzi veľkosťou školy a možnosťou štúdia operačného výskumu na týchto školách. Výsledkom bola stredne silná negatívna závislosť. Ďalej boli ukázané klesajúce počty študentov na vysokých školách v obidvoch krajinách, ako aj na najlepších školách vyučujúcich OP. Klesajúci trend bol zaznamenaný aj v záujme o štúdium operačného výskumu na rozdiel od farmaceuticko-lekárskych oborov, kde bol zaznamenaný rast počtu študentov.

Použitá literatura

- 1 JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.
- 2 IVANOVIČOVÁ, Zlatica, Ivan BREZINA a Juraj PEKÁR. *Operační výzkum*. Bratislava: IURA Edition, 2002. ISBN 80-89047-43-2.
- 3 LAGOVÁ, Milada a Josef JABLONSKÝ. *Lineární modely*. Vyd. 3. Praha: Oeconomica, 2014. ISBN 978-80-245-2020-9.
- 4 FIALA, Petr. *Řízení projektů*. 3. vyd. Praha: Oeconomica, 2014. ISBN 978-80-245-2061-2.
- 5 KOŘENÁŘ, Václav. *Stochastické procesy*. 2., přeprac. vyd. Praha: Oeconomica, 2010. ISBN 978-80-245-1646-2.
- 6 DLOUHÝ, Martin, Jan FÁBRY a Martina KUNCOVÁ. *Simulace pro ekonomy*. 2., upr. vyd. V Praze: Oeconomica, 2005. ISBN 80-245-0973-3.
- 7 DLOUHÝ, Martin a Petr FIALA. *Úvod do teorie her*. Praha: Oeconomica, 2007. ISBN 978-80-245-1273-0.
- 8 FIALA, Petr. *Operační výzkum: nové trendy*. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-036-2.
- 9 FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS. *Vícekriteriální rozhodování: Určeno pro stud. všech fak.* Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.
- 10 FOTR, Jiří, Jiří DĚDINA a Helena HRŮZOVÁ. *Manažerské rozhodování*. Vyd. 3. upr. a rozš. Praha: Ekopress, 2003. ISBN 80-86119-69-6.
- 11 GASS, Saul I. a Arjang A. ASSAD. *An annotated timeline of operations research: an informal history*. 2. upr. vyd. New York: Kluwer Academic Publishers, 2005. *Ekonomie* (Key Publishing). ISBN 978-1-4020-8116-3.
- 12 BÍLKOVÁ, Diana, Petr BUDINSKÝ a Václav VOHÁNKA. *Pravděpodobnost a statistika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-224-0.

Internetové zdroje

- 13 HOLSTEIN, W. K., S. EILON, M. TANENBAUM a R. L. ACKOFF. *Operations research*. Encyklopaedia Britannica [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/operations-research>
- 14 Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky [online]. [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/vzdelavani/vysoke-skolstvi/prehled-vysokych-skol-v-cr-3>
- 15 Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky [online]. [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: <https://www.minedu.sk/vysoke-skoly-v-slovenskej-republike/>
- 16 Český statistický úřad [online]. [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/>
- 17 Centrum vedecko-technických informací SR: Podpora vedy, výskumu, vývoja, inovácií a vzdelávania [online]. [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: http://www.cvtisr.sk/cvti-sr-vedecka-kniznica/informacie-o-skolstve/statistiky/statisticka-rocenka-publikacia/statisticka-rocenka-vysoke-skoly.html?page_id=9596
- 18 Európska komisia: Vzdelávanie a odborná príprava [online]. [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/education/resources-and-tools/european-credit-transfer-and-accumulation-system-ects_sk
- 19 Česká zemědělská univerzita v Praze [online]. [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.czu.cz/cs/>
- 20 České vysoké učení technické v Praze [online]. [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.cvut.cz/>
- 21 Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích [online]. [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://www.jcu.cz/>
- 22 Masarykova univerzita [online]. [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.muni.cz/>
- 23 Mendelova univerzita v Brně [online]. [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <http://mendelu.cz/>
- 24 Ostravská univerzita [online]. [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/>
- 25 Slezská univerzita v Opavě [online]. [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://www.slu.cz/slu/cz/>
- 26 Technická univerzita v Liberci [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://www.tul.cz/>
- 27 Univerzita Hradec Králové [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://www.uhk.cz/cs-CZ/UHK>
- 28 Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://www.ujep.cz/cs/>
- 29 Univerzita Karlova [online]. [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://cuni.cz/UK-1.html>
- 30 Univerzita Palackého v Olomouci [online]. [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <https://www.upol.cz/>
- 31 Univerzita Pardubice [online]. [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.upce.cz/>
- 32 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně [online]. [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <https://www.utb.cz/>

- 33 *Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava* [online]. [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <https://www.vsb.cz/cs/>
- 34 *Vysoká škola ekonomická v Praze* [online]. [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.vse.cz/>
- 35 *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.vscht.cz/>
- 36 *Vysoká škola polytechnická Jihlava* [online]. [cit. 2019-02-07]. Dostupné z: <https://www.vspj.cz/>
- 37 *Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <http://www.vstecb.cz/>
- 38 *Vysoké učení technické v Brně* [online]. [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/>
- 39 *Západočeská univerzita v Plzni* [online]. [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <https://www.zcu.cz/cs/index.html>
- 40 *Univerzita Komenského v Bratislave* [online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://uniba.sk/>
- 41 *Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach* [online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.upjs.sk/>
- 42 *Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici* [online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.umb.sk/>
- 43 *Trnavská univerzita v Trnave* [online]. [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.truni.sk/>
- 44 *Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre* [online]. [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <https://www.ukf.sk/>
- 45 *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre* [online]. [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.uniag.sk/sk/>
- 46 *Slovenská technická univerzita v Bratislave* [online]. [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://www.stuba.sk/>
- 47 *Žilinská univerzita v Žiline* [online]. [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://www.uniza.sk/>
- 48 *Technická univerzita v Košiciach* [online]. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.tuke.sk/wps/portal>
- 49 *Technická univerzita vo Zvolene* [online]. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.tuzvo.sk/sk/technicka-univerzita-vo-zvolene>
- 50 *Ekonomická univerzita v Bratislave* [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://euba.sk/>
- 51 *Prešovská univerzita v Prešove* [online]. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://www.unipo.sk/>
- 52 *Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne* [online]. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://tnuni.sk/aktuality/>
- 53 *Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave* [online]. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://www.ucm.sk/>
- 54 *Katolícka univerzita v Ružomberku* [online]. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <http://www.ku.sk/>
- 55 *Univerzita J. Selyeho v Komárne* [online]. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://www.ujs.sk/sk>

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 5.1 Katalóg predmetov z informačného systému ČZU (zdroj: (19))	25
Obrázok 5.2 Katalóg predmetov Ekonomickej univerzity v Bratislave (zdroj: (50))	26
Obrázok 5.3 Informačný systém Slezskej univerzity (zdroj: (25))	27
Obrázok 7.1 Počet študentov v ČR a SR v % medzi rokmi 2013-2017 (zdroj: autorka)	40
Obrázok 7.2 Počet študentov na najlepších vysokých školách OP v ČR a SR v rokoch 2013-2017 (zdroj: autorka)	40
Obrázok 7.3 Vývoj počtu študentov operačného výskumu v ČR a SR medzi rokmi 2013-2017 (zdroj: autorka)	41
Obrázok 7.4 Vývoj počtu študentov lekárskeho a farmaceutického vied v ČR a SR v r. 2013-2017 (zdroj: autorka)	41
Tabuľka 4.1 Zoznam českých vysokých škôl prvotne zahrnutých do porovnávania	22
Tabuľka 4.2 Zoznam slovenských vysokých škôl prvotne zahrnutých do porovnávania	23
Tabuľka 6.1 Kriteriálna matica s pôvodnými údajmi českých škôl	28
Tabuľka 6.2 Kriteriálna matica s pôvodnými údajmi slovenských škôl	29
Tabuľka 6.3 Fullerov trojuholník mojich kritérií	30
Tabuľka 6.4 Bodové ohodnotenie a váhy jednotlivých kritérií	30
Tabuľka 6.5 Celkové úžitky a poradie českých škôl metódou WSA	32
Tabuľka 6.6 Celkové úžitky a poradie slovenských škôl metódou WSA	32
Tabuľka 6.7 Nové váhy po korekciách	34
Tabuľka 6.8 Nové úžitky a poradie českých škôl metódou WSA po korekciách kritérií	35
Tabuľka 6.9 Nové úžitky a poradie slovenských škôl metódou WSA po korekciách kritérií	35
Tabuľka 6.10 Celkové úžitky a poradie českých škôl metódou základného variantu	36
Tabuľka 6.11 Celkové úžitky a poradie slovenských škôl metódou základného variantu	37
Tabuľka 6.12 Česko-slovenské poradie škôl s celkovými úžitkami	38

Prílohy

Príloha A: Normalizovaná tabuľka českých škôl metódou WSA

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
VŠE	1	1	0,74	0,89	1	1	0	0,28	0,46	0,21	0,80
ČZU	0,95	0,91	0,68	0,76	0,42	0,95	0,85	0,77	0,89	0	0,41
SU	1	0,86	0,54	0,65	0,44	0,68	0,57	0,55	0	0,74	0,80
JU	0,74	0,80	0,85	0,55	0,60	0,68	0,28	0,11	0,44	0,44	0,41
MU	0,84	0,63	0,39	1	0,66	0,79	0,85	0,83	0,33	0,53	0
Upa	0,74	0,56	0,41	0,61	0,66	0,74	0,28	0,50	0,33	0,98	0,41
UP	0,79	0,50	0,23	0,77	0,66	0,26	0,72	0,67	0	0,60	0,80
UJEP	0,58	0,45	0,44	0,42	0,40	0,37	1	1	0,34	0,86	0,41
UK	0,53	0,44	0,51	0,61	0,29	0,53	0	0	0,89	0,70	0,41
UHK	0,53	0,43	0,49	0,48	0,29	0,32	0,57	0,61	0,78	0,44	0,41
ČVUT	0,79	0,37	0	0,66	0,52	0,11	0,72	0,61	0,34	0,14	0,41
VUT	0,42	0,35	0,51	0,63	0,22	0,42	1	0,94	0,89	0,67	0,41
ZČU	0,26	0,27	0,72	0,47	0,13	0,26	0,72	0,78	0,79	0,86	0,41
TUL	0,26	0,21	0,49	0,32	0,29	0,26	0,43	0,45	1	0,81	0,80
MENDELU	0,16	0,20	0,89	0,21	0,16	0,16	1	0,94	0,68	0,49	0,26
UTB	0,26	0,19	0,41	0,18	0,16	0	1	0,94	1	1	0,41
VŠCHT	0,21	0,17	0,50	0,24	0,22	0,16	0,43	0,45	0,68	0,77	0,41
VŠTE	0,11	0,15	0,94	0,16	0,29	0,05	0,43	0,45	0,34	0,58	0,80
OU	0,05	0,10	1	0,03	0,06	0,05	0,43	0,45	0,79	0,95	0,41
VŠB-TUO	0,05	0,10	1	0,12	0,04	0,05	0,43	0,45	0,79	0,74	0,41
VŠPJ	0	0	0,58	0	0	0	0,43	0,45	0,34	0,63	1

Príloha B: Normalizovaná tabuľka slovenských škôl metódou WSA

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
EUBA	1	1	0,82	1	1	1	1	0,66	0	0,57	0,51
UPJŠ	0,61	0,55	0,63	0,81	0,62	0	1	0,66	0,91	0,87	0,51
ŽU	0,19	0,17	0,57	0,18	0,35	0,22	0	0	0,83	0,80	0,51
TUKE	0,19	0,13	0,19	0,18	0,28	0,09	0	0	1	0,93	1
SPU	0,16	0,19	1	0,24	0,22	0,19	0	0	0,94	0,40	0,54
STU	0,13	0,11	0,47	0,13	0,22	0,13	0	0	0,83	1	1
UCM	0	0,01	0,67	0	0,03	0,03	0	0	0,77	0	1
TRUNI	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,71	0,03	0

Príloha C: Tabuľka priebežných výpočtov škôl v ČR metódou bázičkého variantu

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX
	K1	K3	K4	K5	K6	K7	K9	K10	K11
VŠE	1	0,86	0,90	1	1	0,06	0,01	0,03	0,20
ČZU	0,95	0,83	0,79	0,49	0,95	0,31	0,05	0,02	0,59
SU	1	0,76	0,69	0,51	0,73	0,14	0,01	0,08	0,20
JU	0,77	0,92	0,60	0,65	0,73	0,09	0,01	0,04	0,59
MU	0,86	0,68	1	0,70	0,82	0,31	0,01	0,05	1
Upa	0,77	0,69	0,65	0,70	0,77	0,09	0,01	0,5	0,59
UP	0,82	0,59	0,8	0,70	0,36	0,19	0,01	0,06	0,20
UJEP	0,64	0,70	0,49	0,47	0,45	1	0,01	0,14	0,59
UK	0,59	0,74	0,65	0,38	0,59	0,06	0,05	0,07	0,59
UHK	0,59	0,73	0,54	0,38	0,41	0,14	0,02	0,04	0,59
ČVUT	0,82	0,47	0,70	0,58	0,23	0,19	0,01	0,03	0,59
VUT	0,5	0,74	0,68	0,32	0,50	1	0,05	0,07	0,59
ZČU	0,36	0,85	0,53	0,24	0,36	0,19	0,02	0,14	0,59
TUL	0,36	0,73	0,40	0,38	0,36	0,11	1	0,11	0,20
MENDELU	0,27	0,94	0,30	0,27	0,27	1	0,02	0,04	0,74
UTB	0,36	0,69	0,27	0,27	0,14	1	1	1	0,59
VŠCHT	0,32	0,74	0,33	0,32	0,27	0,11	0,02	0,09	0,59
VŠTE	0,23	0,97	0,25	0,38	0,18	0,11	0,01	0,05	0,20
OU	0,18	1	0,14	0,18	0,18	0,11	0,02	0,33	0,59
VŠB-TUO	0,18	1	0,22	0,16	0,18	0,11	0,02	0,08	0,59
VŠPJ	0,14	0,78	0,11	0,13	0,14	0,11	0,01	0,06	0

Príloha D: Tabuľka priebežných výpočtov škôl v SR metódou bázičkého variantu

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX
	K1	K3	K4	K5	K6	K7	K9	K10	K11
EUBA	1	0,91	1	1	1	1	0,04	0,13	0,49
UPJŠ	0,63	0,82	0,81	0,63	0	1	0,33	0,33	0,49
ŽU	0,22	0,79	0,21	0,37	0,22	0,43	0,20	0,25	0,49
TUKE	0,22	0,60	0,21	0,30	0,09	0,43	1	0,50	0
SPU	0,19	1	0,27	0,24	0,19	0,43	0,43	0,10	0,46
STU	0,16	0,73	0,16	0,24	0,13	0,43	0,20	1	0
UCM	0,03	0,83	0,04	0,05	0,03	0,43	0,16	0,06	0
TRUNI	0,03	0,50	0,04	0,03	0,03	0,43	0,13	0,06	1

Príloha E: Normalizovaná tabuľka spoločného hodnotenia metódou WSA

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX
	K1	K3	K4	K5	K6	K7	K9	K10	K11
EUBA	1	0,83	1	1	1	0,77	0	0,98	0,41
VŠE	0,68	0,74	0,63	0,97	0,69	0,51	0,73	0,33	0,80
ČZU	0,65	0,68	0,54	0,47	0,66	0,90	0,94	0,12	0,41
SU	0,68	0,54	0,47	0,49	0,50	0,77	0,50	0,64	0,80
MU	0,58	0,39	0,70	0,68	0,56	0,90	0,67	0,43	0
JU	0,52	0,85	0,40	0,62	0,50	0,64	0,72	0,33	0,41
Upa	0,52	0,41	0,44	0,68	0,53	0,64	0,67	0,98	0,41
VUT	0,32	0,51	0,46	0,30	0,34	1	0,94	0,81	0,41
UP	0,55	0,23	0,55	0,68	0,25	0,87	0,50	0,50	0,80
UPJŠ	0,61	0,65	0,81	0,62	0	0	0,89	0,62	0,41
UJEP	0,42	0,44	0,32	0,45	0,31	1,00	0,68	0,76	0,41
TUL	0,23	0,49	0,26	0,35	0,25	0,74	1	0,95	0,80
UK	0,39	0,51	0,44	0,35	0,41	0,51	0,94	0,60	0,41
ZČU	0,23	0,72	0,35	0,22	0,25	0,87	0,90	0,76	0,41
MENDELU	0,16	0,89	0,18	0,24	0,19	1	0,84	0,62	0,26
UHK	0,39	0,49	0,36	0,35	0,28	0,77	0,89	0,33	0,41
VŠTE	0,13	0,94	0,15	0,35	0,13	0,74	0,68	0,71	0,80
OU	0,10	1	0,06	0,16	0,13	0,74	0,90	1	0,41
SPU	0,16	1	0,24	0,22	0,19	0,74	0,90	0,29	0,43
ŽU	0,19	0,59	0,18	0,35	0,22	0,74	0,79	0,95	0,41
UTB	0,23	0,41	0,16	0,24	0,09	1	1	0,95	0,41
ČVUT	0,55	0	0,48	0,55	0,16	0,87	0,68	0,26	0,41
VŠB-TUO	0,10	1	0,12	0,14	0,13	0,74	0,90	0,64	0,41
VŠCHT	0,19	0,50	0,20	0,30	0,19	0,74	0,84	0,67	0,41
STU	0,13	0,49	0,13	0,22	0,13	0,74	0,79	0,81	0,80
TUKE	0,19	0,23	0,18	0,28	0,09	0,74	0,96	0,67	0,80
VŠPJ	0,06	0,58	0,05	0,10	0,09	0,74	0,68	0,52	1
UCM	0	0,68	0,00	0,03	0,03	0,74	0,73	0	0,80
TRUNI	0	0,05	0	0	0,03	0,74	0,68	0,60	0