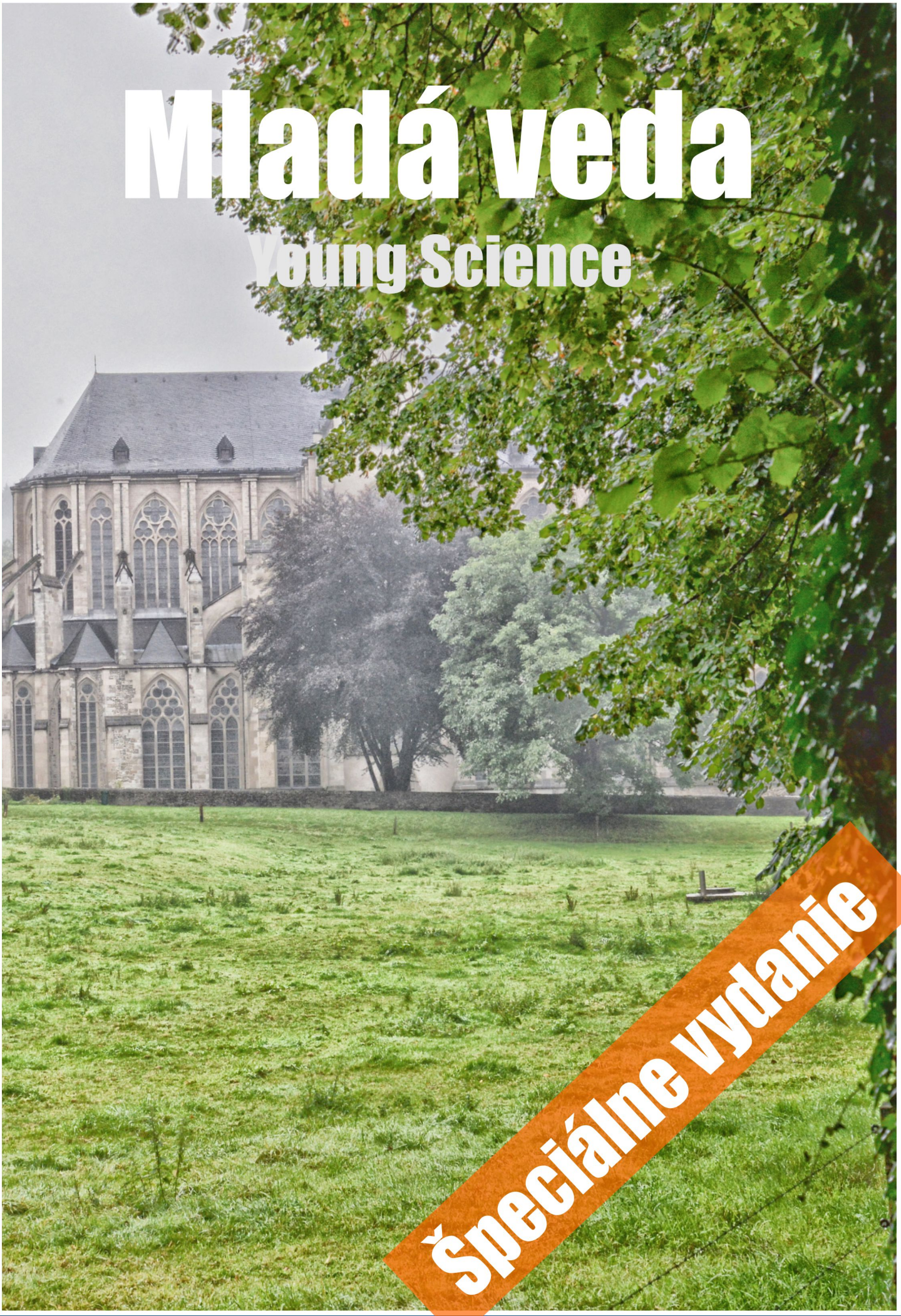
ISSN 1339-3189

September 2017

Mladá veda

Young Science



Špeciálne vydanie

www.mladaveda.sk

Mladá veda
Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

September 2017 (číslo 4)
Ročník piaty
ISSN 1339-3189
Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk
Fotografia na obálke: Altenberger Dom, Nemecko. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišin, PhD.(Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)
prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)
Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)
doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)
prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)
prof. PhDr. Peter Švorc, CSc.,predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)
Mgr. Martin Hajduk (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)
Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)
PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)
Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.
www.universum-eu.sk
Javorinská 26, 080 01 Prešov
Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189

Vol. 5 (4), pp. 28-34

NÁVRH OPTIMALIZACE DOPRAVNÍHO SPOJENÍ ČESKÝCH BUDĚJOVIC A ČESKÉHO KRUMLOVA POMOCÍ METOD OPERAČNÍHO VÝZKUMU

DESIGN OF OPTIMISATION OF THE TRANSPORT LINK BETWEEN ČESKÉ BUDĚJOVICE AND ČESKÝ KRUMLOV USING THE OPERATIONS RESEARCH METHODS

Jiří Čejka[1]

Autor působí jako odborný asistent na katedře Informatiky a přírodních věd Vysoké školy technické a ekonomické v Českých Budějovicích. Vo svém výzkumu se věnuje využití metod operačního výzkumu v praktickém životě při řešení zejména dopravě-technologických problémů.

The author works as a lecturer in the Informatics and Natural Science Department of the Institute of Technology And Business in České Budějovice. In his research, he focuses on the practical utilisation of the operations research methods in addressing especially the transport and technological issues

Abstract

The subject of this article is to evaluate the current public transport connection between Český Krumlov and České Budějovice based on an appropriate selection of criteria and a chosen mathematical method that will check the suitability of the current situation and propose improvements if there are insufficient results. On the findings from the traffic survey and the data of the Czech statistical office, several options were proposed for improvement of the connection between the mentioned cities. As a suitable method for assessing variants, a weighted sum method (i.e., WSA) would be selected. The article furthermore confirms that mathematical methods which addressing transportation problems are not just a purely academic problem, but by their appropriate use in practice in transport planning, they bring a new perspective to the real situation and can prevent traffic problems in the economy or economic aspects.

[1] Adresa pracoviska: Ing. Jiří Čejka, Ph.D. Vysoká škola technická a ekonomické v Českých Budějovicích, Okružní 10, 30701 České Budějovice
E-mail: cejka@mail.vstecb.cz

Key words: Operational research, Multi-criteria analysis, Gravitational model, Weighted Sum Approach, optimalization

Abstrakt
Předmětem tohoto článku je posouzení současné nabídky spojení veřejné dopravy mezi městy Český Krumlov a České Budějovice na základě vhodného výběru kritérií a zvolené matematické metody, která ověří vhodnost současné situace a v případě nedostatečných výsledků navrhne zlepšení. Na základě zjištěných informací z dopravního průzkumu a dat Českého statistického úřadu došlo k návrhu několika variant pro realizaci zkvalitnění spojení výše uvedených měst. Jako vhodná metoda pro posouzení variant, byla vybrána metoda váženého součtu (tzn. WSA). Článek dále potvrzuje, že matematické metody řešící dopravní problémy nejsou jen čistě akademickým problémem, ale jejich vhodným použitím do praxe při dopravním plánován přináší nový pohled na danou situaci a mohou předcházet dopravním problémům v hospodárnosti nebo v ekonomických aspektech.
Klíčová slova: Operační výzkum, Vícekriteriální hodnocení variant, Gravitační model, Metoda váženého součtu, optimalizace,

Úvod

Dopravní spojení mezi významnými dopravními uzly je základem pro rozvoj celého regionu. V rámci tohoto článku dojde k návrhu optimálního dopravního spojení mezi významnými městy Jihočeského kraje. Konkrétně půjde o krajské město a Český Krumlov. Obě města nebyla vybrána náhodně, ale s ohledem na sílu dopravního proudu je tato vazba z celého jihočeského regionu nejsilnější.

Železniční spojení

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny informace o železničních spojích mezi Č. Krumlovem a Č. Budějovicemi a zpět. V dopravním průzkumu byly sledovány údaje o odjezdech a příjezdech, v jaké dny spoje jezdí a dobu jízdy.
Pokud bychom se zaměřili především na dojíždějící do zaměstnání, školy a k lékaři v pracovní dny, je z výše uvedené tabulky zřejmé, že směrem České Budějovice jezdí 9 spojů a zpět na Český Krumlov 10 spojů. Přeprava je zajištěna pouze jedním přepravcem a to Českými drahami, a.s., který stanovil cenu základního jízdného na 51 Kč/ 38 Kč / 26 Kč (dospělý/student/důchodce), ale dále nabízejí celou řadu různých benefitů (viz. Příloha č. 1). Doba jízdy se pohybuje od 43 – 47 minut, což je velmi přijatelná doba jízdy. Doba jízdy po silniční komunikaci je vypočtena internetovým routeplannerem na 29 minut, ale z vlastní praxe vím, že to není reálné z důvodu velmi výrazné kolize dopravy u obce Planá. Pokud si trasu projedeme v ranních či odpoledních hodinách, kdy většina lidí přijíždí či odjíždí ze zaměstnání, skutečná doba jízdy mezi městy odpovídá cca 50 minutám a někdy i déle.

Autobusové spojení

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny autobusová spojení mezi Českým Krumlovem a Českými Budějovicemi. U jednotlivých spojů jsem sledovala, v jaké dny jezdí, jaký dopravce zajišťuje daný spoj, zda je v závazku a čas jízdy. Z níže uvedených tabulek je zřejmé, že

množství autobusových spojů je širší než vlakových. Červeně zvýrazněný text upozorňuje na dopravce v závazku tzn. dotováno veřejným subjektem (stát, kraj nebo obec).

Při dopravním průzkumu autobusových spojení mezi městy Český Krumlov a České Budějovice bylo zjištěno, že spojení zajišťují 4 dopravci, přičemž ČSAD, a.s. je dopravcem v závazku a nabízí dvě autobusové linky. Další tři dopravci provozují dopravu bez dotací.

Pokud se opět zaměříme na autobusové spojení v pracovní dny je z tabulky níže zřejmé, že nejvíce dopravních spojení nabízí právě dopravce v závazku ČSAD, a.s. a poté soukromý dopravce Student agency, k.s (Hampl 1994)

Autobus (linka)	Dopravce	Počet spojů z Č.K. do Č.B.	Počet spojů z Č.B. do Č.K.
autobus linka 320 020	ČSAD, a.s.	29	28
autobus linka 133 109	Student agency, k.s.	13	15
autobus linka 330 111	ČSAD, a.s.	2	2
autobus linka 330 810	RAIL Bus, s.r.o.	2	2
autobus linka 133 110	M express, s.r.o.	1	1

Tabulka č. 1 Seřazení dopravců dle počtu spojů v pracovní dny
Zdroj: vlastní zpracování, 2016

Dojížďka mezi městy Český Krumlov a České Budějovice v souvislosti s gravitačním modelem

Úhrnná bilance dojížďky do zaměstnání a do škol v rámci obce Český Krumlov vychází pasivní, z důvodu převažujícího počtu vyjíždějících nad počtem dojíždějících. Na celkovém saldu tvoří zhruba třetinu podílu dojíždějící do škol. Celkové saldo města České Budějovice je jediné kladné v rámci celého kraje. Počet dojíždějících do zaměstnání a škol převyšuje počet vyjíždějících. V níže uvedené tabulce jsou patrné počty vyjíždějících, dojíždějících a salda dojížďky v rámci měst Český Krumlov a České Budějovice. (Cempírek 2002)

	Vyjíždějící z obce			Dojíždějící do obce			Saldo dojížďky		
	do zaměstnání	do škol	celkem	do zaměstnání	do škol	celkem	do zaměstnání	do škol	celkem
Č.Budějovice	**21401**	**8337**	**29738**	**24864**	**13267**	**38131**	**3463**	**4930**	**8393**
Č.Krumlov	**8790**	**3436**	**12226**	**6060**	**1709**	**7769**	**-2730**	**-1727**	**-4457**

Tabulka č. 2 Počet vyjíždějících, dojíždějících a saldo dojížďky
Zdroj: Český statistický úřad – SLDB, 2011 (zpracování vlastní)

Gravitační model

Gravitační model je nejvíce využíván při plánování přepravních vztahu a v tomto případě bude využit pouze pro zjištění vhodnosti intervalu dojíždění mezi městy Český Krumlov a České Budějovice a to:

$$v_{ij} = \frac{\sqrt{Z_i \times C_j}}{t_{ij}^2} \qquad (1)$$

Z_i - počet obyvatel zdrojového sídla (Český Krumlov 13 000 tis. obyvatel)
C_j - počet obyvatel cílového sídla (České Budějovice 93 000 tis. obyvatel)
t_{ij} - přepravní odpor (čas v minutách strávený na cestě automobilem = 29 min)

Výpočet gravitačního modelu:

$$\mathbf{v_{ij} = \sqrt{13\,000 * 93\,000 / 29^2} = 34\,770 / 841 = 41{,}34}$$

Na základě výsledné silnější relace lze navrhnout, že pro danou oblast by byl vhodný minimálně hodinový interval veřejné dopravy. (Černá 2004)

Aplikace metody vícekriteriálního hodnocení variant - váženého součtu (WSA)
V kriteriální matici budeme sledovat jednotlivé dopravní spojení mezi městy Český Krumlov a České Budějovice, konkrétně jednu vlakovou linku a 5 autobusových linek včetně dopravce.

Kritéria k posouzení jsou:
Kritérium č. 1 Délka přepravy – délka přepravy je uvedena v minutách.

Kritérium č. 2 Cena jízdného – cena jízdného je uvedena v Kč a pro sledování je určena cena jízdného pro dospělého.

Kritérium č. 3 Počet spojů – počet spojů zjištěn na základě dopravního průzkumu a pro sledování je určen počet spojů v pracovní den.

Kritérium č. 4 Vzdálenost k zastávce – vzdálenost k zastávce je uvedena v metrech a pro vzdálenosti z jednoho ze tří sídlišť a to sídliště Špičák.

Kritérium č. 5 Pohodlí – kritérium pohodlí je posuzováno na základě stupnice 1 – 6, přičemž stupeň 1 je nejhorší a stupeň 6 je nejlepší.

Dopravní spojení		**Kritéria**				
vlak / autobus (linka)	**Dopravce**	**Kritérium č. 1 Délka přepravy (min)**	**Kritérium č. 2 Cena jízdného (Kč)**	**Kritérium č. 3 Počet spojů**	**Kritérium č. 4 Vzdálenost k zastávce (m)**	**Kritérium č. 5 Pohodlí**
Vlak	ČD, a.s.	44	51	9	1300	5
autobus linka 320 020	ČSAD, a.s.	45	32	29	200	2
autobus linka 330 111	ČSAD, a.s.	35	36	2	200	3
autobus linka 133 109	Student agency, k.s.	40	40	13	200	6
autobus linka 330 810	RAIL Bus, s.r.o.	30	37	2	200	1
autobus linka	M express, s.r.o.	30	37	1	200	4

133 110						
MIN / MAX	x	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX

Tabulka č. 3 Kriteriální matice
Zdroj: vlastní zpracování, 2016

Výpočet dle metody váženého součtu (WSA)

Metoda váženého součtu je založena na konstrukci lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1. Nejhorší varianta podle daného kritéria bude mít užitek nula a naopak nejlepší varianta bude mít užitek 1. Ostatní varianty budou mít užitek mezi oběma krajními hodnotami. Tato metoda vyžaduje hlavní informace, kriteriální matici a vektor vah kritérií. Umožňuje celkové hodnocení pro každou variantu a tak ji lze použít jak pro hledání jedné nejvýhodnější varianty, tak i pro uspořádání variant od nejlepší po nejhorší. Metoda váženého součtu je speciálním případem metody funkce užitku. Dosáhne-li varianta a_i podle kritéria j určité hodnoty y_{ij}, přináší tak uživateli užitek, který lze vyjádřit pomocí lineární funkce užitku. Celkový užitek varianty je vyjádřen váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku, kde u_j jsou dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií a v_j jsou váhy kritérií. Vypočteme pomocí vztahu (2). (Jablonský 1994)

$$u(a_i) = \sum_{i=1}^{m} v_j \, u_j \, (y_{ij}) \tag{2}$$

Postup metody váženého součtu (WSA) je dán následujícími kroky:

1. Určíme ideální variantu H s ohodnocením (h1, ..., hn) a bazální variantu D s ohodnocením (d1, ..., dn).
2. Vytvoříme standardizovanou kriteriální matici R, jejíž prvky získáme pomocí vzorce (3)

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \tag{3}$$

3. Matice R již představuje matici hodnot funkce užitku z i-té varianty podle j-tého kritéria, protože prvky této matice jsou lineárně transformovanými kriteriálními hodnotami tak, že $r_{ij} \in \langle 1;0 \rangle$. Potom bazální variantě odpovídá hodnota nula a ideální variantě hodnota jedna.

Pro jednotlivé varianty vypočteme pomocí vztahu (4) agregovanou funkci užitku.

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^{n} v_j \, r_{ij} \tag{4}$$

1. Varianty seřadíme sestupně podle hodnoty (a_i) a potřebný počet variant s nejvyšším hodnotami užitku považujeme za řešení problému. Výsledná normalizovaná matice včetně výsledného pořadí je v souborné tabulce č. 4. (Vaněčková 1998)

Dopravní spojení		Kritéria					u (ai)
vlak / autobus (linka)	**Dopravce**	**Kritérium č. 1 Délka dopravy (min)**	**Kritérium č. 2 Cena jízdného (Kč)**	**Kritérium č. 3 Interval spojů**	**Kritérium č. 4 Vzdálenost k zastávce (m)**	**Kritérium č. 5 Pohodlí**	
vlak	ČD, a.s.	0,0667	0	0,2857	0	0,8	0,12762
autobus linka 320 020	ČSAD, a.s.	0	1	1	1	0,2	0,8
autobus linka 330 111	ČSAD, a.s.	0,0667	0,7895	0,0357	1	0,4	0,36447
autobus linka 133 109	Student agency, k.s.	0,3333	0,5789	0,4286	1	1	0,51174
autobus linka 330 810	RAIL Bus, s.r.o.	1	0,7368	0,0357	1	0	0,53532
autobus linka 133 110	M express, s.r.o.	1	0,7368	0	1	0,6	0,52104
MIN / MAX	----------	MIN	MIN	MAX	MIN	MAX	------
VÁHA	*Bodovací metoda*	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	------

Tabulka č. 4 Normalizovaná kriteriální matice dle maximalizačních a minimalizačních kritérií s výpočtem užitku jednotlivých variant
Zdroj: vlastní zpracování, 2016

Vyhodnocení výpočtů metody váženého součtu

Podle metody váženého součtu je tedy nejlepší variantou $u(a_i)$ autobusová linka 320 020 (Č. Budějovice - Č. Krumlov – Větřní), která je zajišťována dopravcem ČSAD, a.s., která nabízí největší počet spojů, nejnižší cenu jízdného a optimální délku přepravy cestujících na trase Český Krumlov – České Budějovice.

Dle metody WSA pořadí 2. – 3. vychází téměř stejně, je to způsobeno shodnou cenou jízdného, délkou přepravy a nízkým počtem nabízených spojů. Čtvrté místo dopravce Student agency, k.s., který jen mírně zaostává ve výpočtu za pořadím 2. – 3., posunutí na čtvrté místo bylo způsobeno vyšší cenou jízdného. Na pátém místě se je nepravidelná linka od ČSAD, a.s. a na posledním místě je vlaková linka od ČD, a.s. Poslední umístění je způsobeno velikou vzdáleností na vlakové nádraží a také nejvyšší cenou jízdného.

Pořadí variant dle metody váženého součtu:

1. autobusová linka 320 020 (Č. Budějovice - Č. Krumlov – Větřní) – ČSAD, a.s.
2. autobusová linka 330 810 (Frymburk-Lipno nad Vltavou - Český Krumlov-Lhenice-Písek-Praha) – RAIL Bus, s.r.o.
3. autobusová linka 133 110 (Praha-Tábor-České Budějovice-Český Krumlov) – M express, s.r.o.
4. autobusová linka 133 109 (Praha - Č. Budějovice - Č. Krumlov) – Student agency, k.s.
5. autobusová linka 330 111 (Č. Krumlov - Č. Budějovice - Písek – Praha) – ČSAD, a.s.
6. vlaková linka (České Budějovice – Český Krumlov) – ČD, a.s.

Závěr

Na základě informací zjištěných dopravním průzkumem a výpočty, lze konstatovat, že zajištění počtu dopravního spojení mezi městy Český Krumlov a České Budějovice je dostatečné, ale přesto by bylo vhodné zamyšlení nad lepším časovým rozvržením daných spojů, aby se předešlo duplicitnosti autobusových spojů a dále nad zrychlením železničního spojení mezi oběma městy.

Z analýzy dále vyplývá, že mezi nejvýznamnější kritéria ovlivňující dopravní spojení veřejné dopravy mezi městy Český Krumlov a České Budějovice je na prvním místě počet jednotlivých spojů veřejné dopravy, dále doba přepravy, cena jízdného a také vzdálenost na vlakové / autobusové nádraží. Obecně lze tedy říci, že cestující preferují autobusovou dopravu před železniční. Tato preference je způsobena především vyšším počtem spojů, nižší cenou jízdného a v případě Českého Krumlova skutečně velikou vzdáleností na vlakové nádraží. Pro další zefektivnění dopravy na lince mezi oběma městy by bylo vhodné zrychlit přepravu zavedením tzv. expresních spojů, které budou vytvářet páteřní spojení v rámci celého dne. Jako doplněk by pak bylo vhodné organizovat dopravu prostřednictvím pomalé regionální linky, která bude zastavovat ve všech nácestných zastávkách. Matematické metody nepřináší pouze nový pohled na danou situaci, ale mohou předcházet dopravním problémům při reálném využití a také je touto cestou možné dosažení vyšší hospodárnosti v ekonomických aspektech při optimalizaci regionálních linek. (Cempírek 2002)

Tento článok odporúčal na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda: Prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.

Děkuji touto cestou projektu Central Europe (CE 55) Rumobil za podporu.

Použitá literatura

1. CEMPÍREK, Václav, Karel PIVOŇKA a Jaromír ŠIROKÝ. *Základy technologie a řízení dopravy*. Vyd. 3., přeprac. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. 120 s. ISBN 80-7194-471-8.
2. ČERNÁ, Anna a Jan ČERNÝ. *Teorie řízení a rozhodování v dopravních systémech*. Vyd. 1. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2004. ISBN 80-86530-15-9.
3. FELDMAN, E. – Lehrer, F.A. – Ray, T.L.: *Warehouse Location under Continuous Economies of Scale*. Management Science 12, 1966, No. 9 s. 670 – 684.
4. HAMPL, Martin. *Geografická organizace společnosti v České republice: transformační procesy a jejich obecný kontext*. Praha: DemoArt, 2005. 138 s. ISBN 80-86746-02-X.
5. JABLONSKÝ, Josef, Miroslav MAŇAS a Petr FIALA. *Vícekriteriální rozhodování*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1994. 316 s. ISBN 80-7079-748-7.
6. JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3.vyd. Praha: Professional Publising, 2007, s. 323 ISBN 978-80-86946-44-3.
7. KVASNIČKA, Michal a Dalibor MORAVANSKÝ. *Ekonomicko-matematické metody : distanční studijní opora*. Vyd. 1. Brno: Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, 2004. 116 s. ISBN 80-210-3477-7.
8. UNČOVSKÝ, L. a kol.: *Operační analýza v riadění podnikov*. Alfa, Bratislava 1985.
9. VANĚČKOVÁ, E. *Ekonomicko – matematické metody*. České Budějovice, ZF JU 1998.