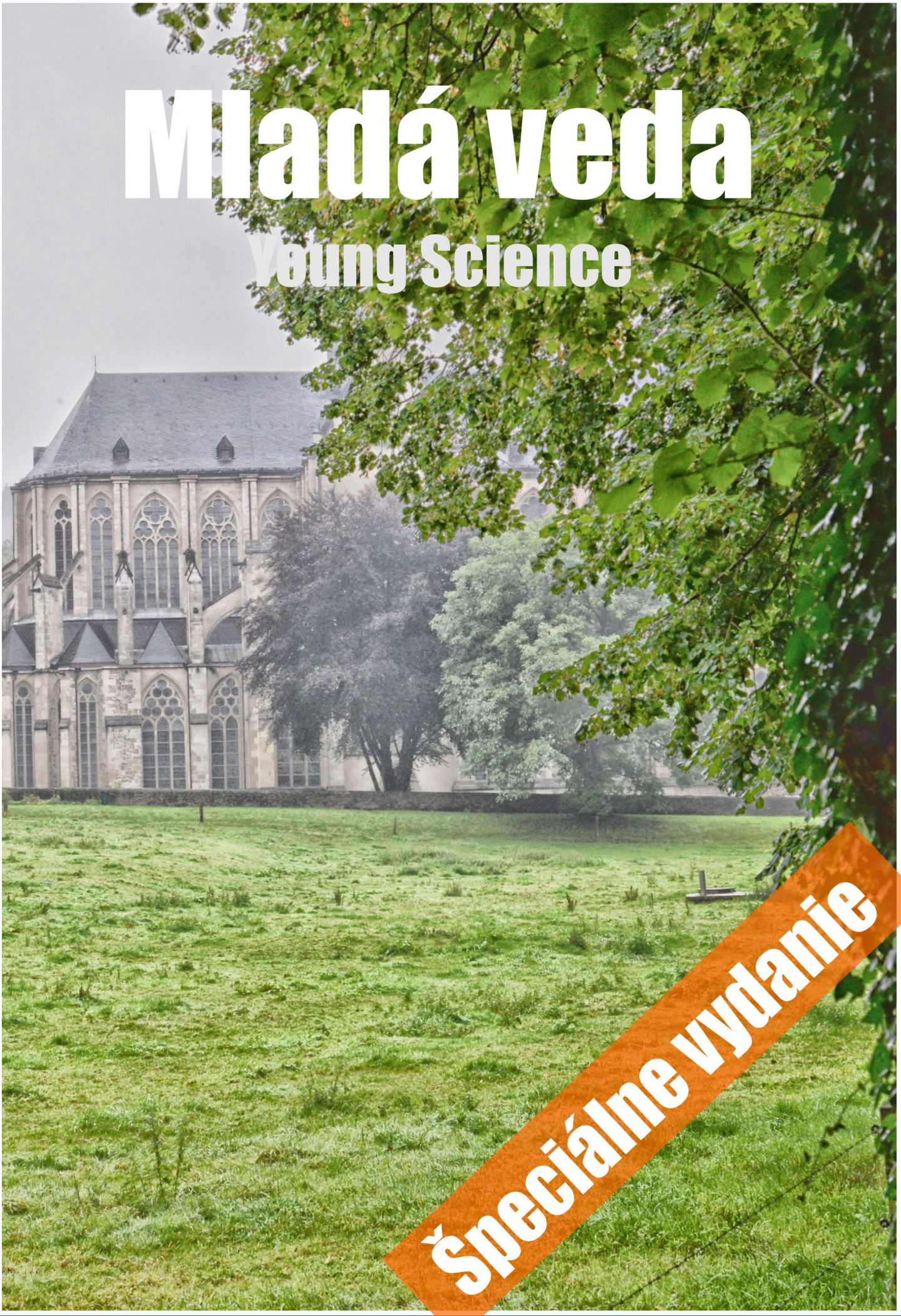
ISSN 1339-3189

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. 53-58

IMPLEMENTACE METODY OPERAČNÍ ANALÝZY V KONTEXTU OPTIMALIZACE OKRUŽNÍCH JÍZD ROZVOZU MATERIÁLU PŘI OMEZUJÍCÍCH PARAMETRECH

IMPLEMENTATION OF THE OPERATIONAL ANALYSIS METHOD IN THE CONTEXT OF VEHICLE-ROUTING PROBLEM OPTIMIZATION OF MATERIAL DELIVERY WHEN LIMITING PARAMETERS

Martina Hlatká[1]

Autorka působí jako asistent na Katedře dopravy a logistiky Vysoké školy technické a ekonomické v Českých Budějovicích. Ve svém výzkumu se věnuje problematice optimalizací a modelací efektivních dopravních sítí s cílem snížení požadovaných hodnot. K tomuto využívá vybrané metody operačního výzkumu.

The author works as an assistant at the Department of Transport and Logistics of the Institute of Technology and Business in České Budějovice. In her research, she deals with the issue of optimizing and modeling the efficient transport networks in order to reduce the required values. For this purpose, she implements particular methods of the operational analysis.

Abstract
The research in this article focuses on the issue of optimizing the vehicle-routing problem of material delivery with limiting parameters. The chosen method of the operational analysis is implemented in the research study of the paper when specifying limiting parameters. In this particular case, the vehicle weight capacity and compliance with the given legislation (driver working time) represent a limiting parameter. Regarding the optimization, data on weekly delivery activities of the vehicle was used. By implementing the chosen method, traveled distance saving relating to the fuel consumption was demonstrated.
Key words: operational analysis, vehicle-routing problem, routes optimization, limiting parameters

[1] Ing. Martina Hlatká, Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, Okružní 517/10, 317 01 České Budějovice
E-mail:hlatka@mail.vstecb.cz

Abstrakt
Výzkum v tomto článku je zaměřen na problematiku optimalizace okružních jízd rozvozu materiálu při omezujících parametrech. V článku je implementována vybraná metoda operační analýzy, při které jsou nastaveny omezujícími parametry. V tomto konkrétním případě je omezujícím parametrem kapacita vozidla a dodržení příslušné legislativy (pracovní doba řidiče). Pro optimalizaci byla použita data týdenního svozu vozidla. Aplikace vybrané metody byla provedena úspora ujeté vzdálenosti, která souvisí se spotřebou pohonných hmot.
Kľúčové slová: operační analýza, okružní problém, optimalizace jízd, omezující parametry

Úvod

V současné turbulentní době je kladen veliký důraz na konkurenční prostředí. Na trhu se nachází mnoho firem, které nabízejí stejné či podobné zboží nebo služby svým zákazníkům. Jelikož se společnost snaží udržet svou konkurence schopnost na vysoké úrovni, nabízí svým odběratelům doprovodné služby (KAMPF et al., 2012). Mezi základní služby zákaznického servisu patří distribuční služby. Touto doprovodnou službou se zavazují k dodání zboží v co nejkratší době a její poskytování je zdarma. Při neustále rostoucích cenách pohonných hmot a hustému provozu může tato služba zákaznického servisu dodavatelskou firmu do značné míry zatížit (SIXTA and MAČÁT, 2005). Z tohoto důvodu, by nákladová položka za přepravu zboží neměla být zanedbávána. Podnikatelské subjekty by měly klást zvýšený důraz na efektivní sestavení dopravních sítí a jejich pravidelnou aktualizaci, která povede ke snížení nákladů nebo zkrácení dopravních vzdáleností (HITKA et al., 2010). Právě k tomuto lze využívat mnohých metod nebo popřípadě modelace pomocí softwarů. Operační výzkum poskytuje při rozhodování v těchto otázkách značné odpovědi a jeho využitím může dojít k optimalizaci rozvozových či svozových tras (STRAKA, 2013).

Clark Wrightova metoda

V tomto výzkumu bude provedena aktualizace příkladné rozvozové trasy pomocí Clark Wrightovi metody. Princip této metody spočívá ve stanovení výchozího místa a postupnému obsloužení ostatních vrcholů konkrétní dopravní sítě (GROS, 1996). Okružní problém je definován na obecné dopravní síti. Tato metoda není založena na komplikovaných výpočtech. Z tohoto důvodu, se řadí mezi jednodušší metody. Počátek a konce cesty začíná ve středisku V0. Přeprava je uskutečňována za podmínek, kdy mohou nastat omezující parametry. Hlavní podmínkou této metody je, že každý zákazník musí být obsloužen v rámci některé trasy jednou a nesmí být překročena omezující kapacita obsluhujících vozidel (CLARK and WRIGHT, 1964), (MAJERČÁKOVÁ and MAJERČÁK, 2015).
Postup této metody se skládá z následujících kroků:

1) Pro danou matici S = (V, H) je sestavena matice vzdáleností D = {d(i,j)}, kde i,j = 0,1,…,n; n = |V|.
2) Vytvoříme počáteční řešení, které představuje soubor elementárních tras (V0 – Vi – V0) pro všechny uzly sítě i = 1,…,n s uvedeným množstvím elementů a dobami přepravy (lze také doplnit doby potřebné k vyložení elementů z vozidla):
3) Z matice vzdáleností sestavíme matici výhodnostních koeficientů Z = {zij}, kde i,j = 1,…,n podle vztahu zij = d0i + d0j – dij (DEIF and BODIN, 1984).

4) 4) V matici Z najdeme největší kladný prvek zij a sdružíme, je-li to možné, trasy (V0 – Vi – V0) a (V0 – V j – V0) do sdružené trasy (V0 – V i–V j – V0). V opačném případě přejdeme na krok 5).
5) Zkontrolujeme, zda sdružením tras (V0 – Vi – V0) a (V0 – Vj – V0) vznikne přípustná trasa. Pokud přípustná trasa nevznikne, tak položíme zij = 0 a přejdeme na krok 4). V opačném případě pokračujeme krokem 6).
6) Aktualizujeme množinu uzlů V vyjmutím uzlů i a j, pokud sdružením tras přestaly být krajními uzly trasy. Položíme zij = 0. Aktualizujeme množinu tras vyjmutím sdružených tras a vložením nové trasy. Současně také aktualizujeme ostatní sledované parametry (dobu přepravy, množství elementů, délku trasy aj.). Není-li krok 4) a 5) možný, najdeme nejblíže menší nebo stejně velký prvek a sdružíme trasy obsahující uzly Vs a Vt; mohou to být elementární trasy nebo trasy, vzniklé předchozím sdružováním.
7) Postup opakujeme, pokud není matice Z vyčerpána nebo pokud není zřejmé, že kapacity vozidel jsou vyčerpány a další řešení nemá smysl (ČERNÝ, 1993).

Aplikace Clark Wrightovi metody na konkrétním příkladu rozvozu

Omezující parametry jsou v tomto případě stanoveny kapacitou vozu, která je stanovena K=15 manipulačních jednotek. Během těchto rozvozu je nutné obsloužit 7 rozvozových míst a rozvést celkem 42 ks manipulačních jednotek. Dalším omezujícím parametrem je platná legislativa. Jelikož rozvoz je aplikován na vozidla do 3,5t není nutné sledovat dodržování povinných přestávek řidičů. Ale nesmí být překročena zákonem stanovená pracovní doba (SVOBODA, 2004). V současnosti probíhají tři rozvozové trasy o délce 474 km. Popis jednotlivých tras ukazuje tabulka č. 1.

současné trasy			
trasa	Obslužná místa	přepravené množství	délka
1	Hradec Králové - Pardubice - Kutná Hora - Poděbrady - HK	14	187
2	Hradec Králové - Chlumec nad Cidlinou - Jičín - Hradec K.	15	147
3	Hradec Králové - Mladá Boleslav - Trutnov - HK	13	140
celkem		42	474

Tabulka 1- Popis tras
Zdroj: autor

V prvním kroku dojde k sestavení počátečních tras a označení vrcholů rozvozových míst. Toto hodnoty ukazuje tabulka č. 2.

	trasa	délka [km]	množství [qi]		vrchol	místo
1	V0-V1-V0	60	6		V1	Chlumec nad Cidlinou
2	V0-V2-V0	98	3		V2	Jičín
3	V0-V3-V0	124	8		V3	Kutná Hora
4	V0-V4-V0	166	5		V4	Mladá Boleslav
5	V0-V5-V0	40	4		V5	Pardubice
6	V0-V6-V0	110	7		V6	Poděbrady
7	V0-V7-V0	96	9		V7	Trutnov
					V0	HRADEC KRÁLOVÉ

Tabulka 2 - Počáteční trasy a označení jednotlivých vrcholů
Zdroj: autor

V následujícím kroku doje k sestavení matice D (matice vzdáleností) do které bude zapsána vzdálenost mezi jednotlivými body na trase. Města jsou řazena podle abecedy a označena čísly jak ukazuje tabulka č. 3.

D	V0	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V0	X	30	49	62	83	23	55	48
V1	30	X	39	33	58	29	26	68
V2	49	39	X	65	35	66	42	51
V3	62	33	65	X	66	47	30	101
V4	83	58	35	66	X	87	39	85
V5	23	29	66	47	87	X	55	69
V6	55	26	42	30	39	55	X	90
V7	48	68	51	101	85	69	90	X

Tabulka 3 - Matice vzdáleností
Zdroj: autor

Na základě vztahu z_{ij} = d0i + d0j – d_{ij} dojde k sestavení matice Z (matice výhodnostních koeficientů) kterou znázorňuje tabulka č. 3. Na základě sestavení matice výhodnostní koeficientů může dojít k aplikaci kroku 4 dle výše uvedené metodiky a začít vyhledáváním nejvhodnějších řešení.

Z	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1	X	40	59	55	24	59	10
V2		X	56	97	6	62	46
V3			X	79	38	87	9
V4				X	19	99	46
V5					X	23	2
V6						X	13
V7							X

Tabulka 4 - Matice výhodnostních koeficientů
Zdroj: autor

1.Iterace = max z_{ij} = $z_{4;6}$ = 99. Sdružíme proto trasy V0-V4-V0 a V0-V6-V0. Podle kroku 6 dojde ke kontrole vhodnosti trasy. Jelikož nedojde k překročení kapacity (q4+q6 = 12) ani pracovní doby řidiče aktualizujeme trasu a vznikne nová trasa V0-V4-V6-V0 o celkovém množství 12 manipulačních jednotek a délce 177 km. Nově vzniklá trasa je zapsána do pomocné tabulky. Nadále pokračujeme opět krokem 4 a je vyhledáno další nejvyšší kladné číslo.

trasa	qi[MJ]	délka[km]	čas vykládky [min]	celkový čas[min]
V0-V4-V6-V0	12	177	30	170

2. Iterace – max z_{ij} = $z_{4;2}$ = 97. Sdruží se trasa vzniklá z první iterace s trasou V0-V2-V0 a tím vznikne nová trasa. Jelikož již je kapacita vozidla značně omezena je nutné provést kontrolu kapacity (q2+q4+q6 =15) tudíž z kapacitního hlediska je možné tuto trasu sloučit a vznikne trasa V0-V2-V4-V6-V0. Opět je nutné provést optimalizaci a provést zápis do pomocné tabulky.

trasa	qi[MJ]	délka[km]	čas vykládky [min]	celkový čas[min]
V0-V2 -V4-V6-V0	15	178	45	187

3.Iterace - max z_{ij} = $z_{3;6}$ = 87. Toto sloučení nelze provést, neboť by došlo k překročení kapacit vozidla K, která byla stanovena na 15 manipulačních jednotek. V tomto případě je nutné opět pokračovat aplikací kroku 4.
4. Iterace - max z_{ij} = $z_{4;3}$ = 79 – nelze provést a sloučit vzniklou trasu s dalším vrcholem.
5. Iterace - max z_{ij} = $z_{2;6}$ = 62 – opět není možné sloučit. Daná trasa je již vzniklá z předchozích iterací.
6. iterace - max z_{ij} = $z_{1;3}$ = 59. Toto sloučení je možné provést, neboť doposud nebyly obslouženy vrcholy V1 a V3. Sloučí se trasa V0-V1-V0 s trasou V0-V3-V0. Po provedení optimalizace množství (q1+q3 = 14) z hlediska kapacitního je možné sloučení tras. Vznikne tím trasa V0-V1-V3-V0 o délce 125 km. Nová trasa je zapsána do tabulky již vzniklých tras.

trasa	qi[MJ]	délka[km]	čas vykládky [min]	celkový čas[min]
V0-V-2 -V4-V6-V0	15	177	45	178
V0-V1-V3-V0	14	125	30	120

7. Iterace - max z_{ij} = $z_{1;4}$ = 55. Nelze provést neboť tímto krokem by muselo dojít ke sloučení dvou výše uvedených tras a vzhledem ke kapacitě vozidla to není možné. Pokračuje se proto opět krokem 4. Tento postup je opakován do možného vyčerpání dalších možností. Následně je zjištěno, že je možné provést až iteraci kde max z_{ij} = 2.
8. Iterace - max z_{ij} = $z_{5;7}$ = 2. Vyhledáním $max_{5;7}$ sloučíme trasu V0-V5-V0 s trasou V0-V7-V0. Opět je nutné provést aktualizaci omezujících parametrů čím, dojde ke zjištění, že kapacita nebude překročena (q5+q7 = 13). Vznikne nová trasa V0-V5-V7-V0 o vzdálenosti 140 kilometrů. Poslední aktualizace je zapsána do tabulky č. 5 (PERNICA, 1998).

trasa	qi[MJ]	délka[km]	čas vykládky [min]	celkový čas[min]
V0-V-2 -V4-V6-V0	15	177	45	178
V0-V1-V3-V0	14	125	30	120
V0-V5-V7-V0	13	140	30	135

Tabulka 5 - Optimalizované trasy
Zdroj: autor

Po aplikaci Clark Wrightovi metody došlo ke snížení ujeté vzdálenosti. Původně byly tři trasy o celkové délce 474 kilometrů. Po aplikaci metody došlo k optimalizaci rozvozových tras a snížení ujeté vzdálenosti o 41 kilometrů. Výsledné a původní parametry ukazuje tabulka č. 6. Se snížením ujeté vzdálenosti souvisí i snížení času stráveného na cestách. Úspora nákladů na pohonné hmoty není vyčíslena, neboť toto nebylo hlavním cílem tohoto výzkumu, avšak je patrné, že k úspoře pohonných hmot dojde.

trasa	qi[MJ]	délka [km]	počet tras [ks]	celkový čas[min]
původní	42	474	3	460
optimalizovaná	42	433	3	433

Tabulka 6 - přehled výsledků
Zdroj: autor

Záver

V dnešní době je snaha podniků o snižování nákladů na všech jejich úrovních. Ve většině případů se společnosti zaměřují na hlavní činnost svého podnikání a na mnohých místech dochází ke zbytečnému navyšování nákladů. Jelikož je v současnosti trendem poskytnout svým odběratelům co nejlepší zákaznický servis, stává se nutností zaměření zejména na tyto nákladové položky. Tento výzkum měl poukázat na to, že i když společnosti nabízejí dopravu svým zákazníků zdarma, že i zde je prostor pro snížení nákladů. Byla aplikována náhodně vybraná metoda operačního výzkumu, která měla zjistit, zda dojde ke snížení ujeté vzdálenosti. Původní tři trasy byly o délce 474 kilometrů. Po aplikaci Clark Wrightovi metody došlo ke snížení o 41 kilometrů. Jelikož hlavním cílem bylo snížení ujeté vzdálenosti, nebylo provedeno ekonomického zhodnocení (ŠTŮSEK, 2007). Že dojde k úspoře nákladů za pohonné hmoty je však patrné z výsledku snížení ujeté vzdálenosti rozvozových tras.

Tento článek doporučil na publikování ve vědeckém časopisu Mladá veda: Ing. Ondrej Stopka, PhD.

Použitá literatúra

1. CLARK, G. and J. WRIGHT, 1964. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. In: *Operations Research*, Vol. 12, No. 4, pp. 568-581. DOI:10.1287/opre.12.4.568.
2. ČERNÝ, Jan. 1993. *Operační výzkum pro managery.* Jindřichův Hradec: Jihočeská univerzita. ISBN 80-704-0088-9.
3. DEIF, I. and L. BODIN, 1984. Extension of the Clarke and Wright algorithm for solving the vehicle routing problem with backhauling. In: *Proceedings of the Babson conference on software uses in transportation and logistics management*. pp. 75-96. Babson Park, MA.
4. GROS, Ivan, 1996. *Logistika.* Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-262-6.
5. HITKA, M., M. KOTLÍNOVÁ and L. ŠTÍPALOVÁ, 2010. Optimization of the stock in the company Continental Automotive Systems Slovakia, LTD. In: *Logi - Scientific Journal on Transport and Logistics*, Vol. 1, No. 1, pp. 53-60. ISSN 1804-3216.
6. KAMPF, R., J. LIZBETIN and L. LIZBETINOVA, 2012. Requirements of a transport system. In: *Communications*, Vol. 14, No. 4, pp. 106-108. ISSN 1335-4205.
7. MAJERČÁKOVÁ, E. and P. MAJERČÁK, 2015. Application of Clarke-Wright method for solving routing problem in distribution logistics. In: *Logi - Scientific Journal on Transport and Logistics*, Vol. 6, No. 1, pp. 90-99. ISSN 1804-3216.
8. PERNICA, Petr, 1998. *Logistický management.* Praha: Radix. 660 p. ISBN 80-86031-13-6.
9. SIXTA, Josef a Václav MAČÁT, 2005. *Logistika teorie a praxe.* Brno: Computer Press, a.s. 315 s. ISBN 80-251-0573-3.
10. STRAKA, Martin. 2013. *Logistika a distribúcie.* Ružomberok : Epos. 400 p. ISBN 978-80-562-0015-5.
11. SVOBODA, Vladimír. 2004. *Dopravní logistika.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2004. 80-01-02914-X.
12. ŠTŮSEK, Jaromír, 2007. *Řízení provozu v logistických řetězcích.* Praha: C.H.Beck. 227 p. ISBN 978-80-7179-534-6.