

MATEMATICKÝ MODEL POHODLÍ CESTUJÍCÍCH NA LINCE VEŘEJNÉ HROMADNÉ DOPRAVY

Jaroslav Kleprlík ¹

Anotace: Článek uvádí algoritmus pro přiřazení dopravních prostředků na linky s cílem dosáhnout maximální pohodlí cestujících.

Klíčová slova: osobní doprava, linka, cestovní pohodlí, optimalizace.

Summary: The paper shows algorithm for line mount assignment with the aim of maximal comfort of passengers.

Key words: passenger transport, transport line, traveling comfort, optimization.

1. ÚVOD

Na dopravní síti S s množinou vrcholů (zastávek) V a úseků U (spojnice mezi sousedními zastávkami) je vytvořena množina linek veřejné linkové osobní dopravy L . Z přepravního průzkumu je pro každé $u \in U$ známa celková hodinová intenzita dopravy q_u . Vozový park má d -druhů dopravních prostředků, je tedy heterogenní. Počet míst v dopravním prostředku j -tého druhu je P_j . Úlohou řešení je rozdělit dopravní prostředky na linky tak, aby minimální pohodlí cestujících bylo maximální. Jde o problematiku tzv. „Minimaxu“.

2. ALGORITMUS ŘEŠENÍ

Pro hodnocení pohodlí cestujících využívajících dopravní prostředky veřejné linkové osobní dopravy (např. městské hromadné dopravy) lze využít matematický model a řešit jej jako úlohu lineárního programování.

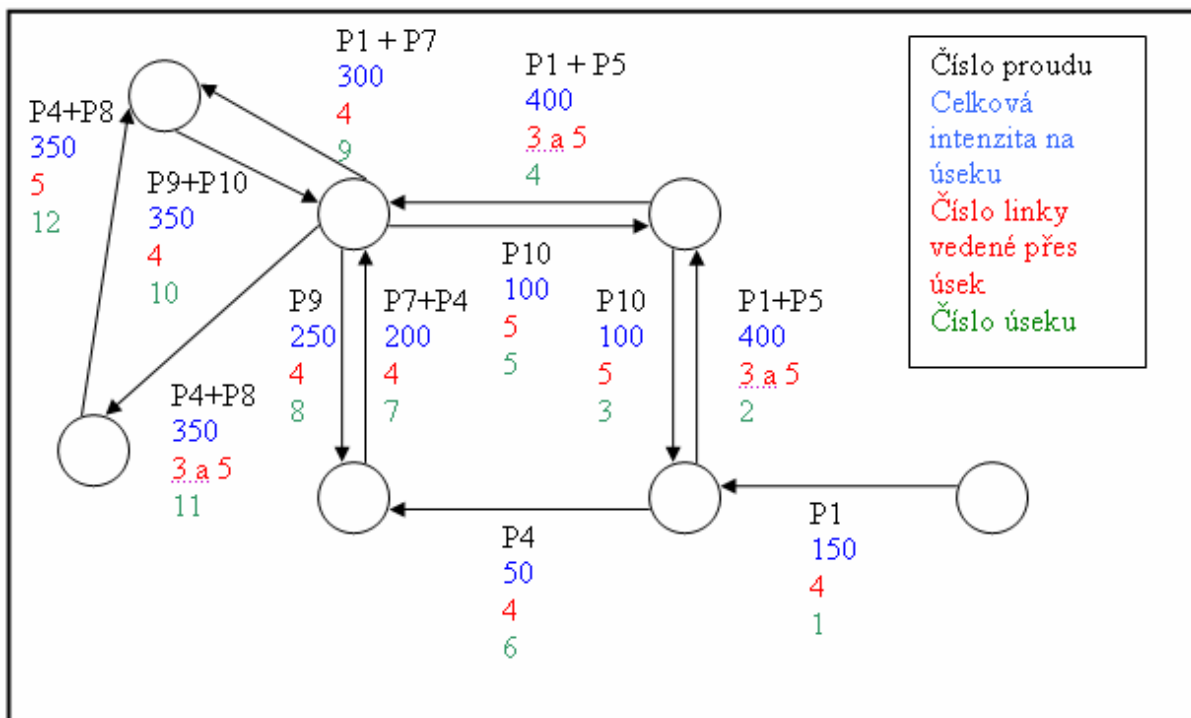
Postup řešení:

1. Nakreslí se náhradní schéma dopravní sítě s orientovanými a hranově ohodnocenými hranami (úseky). Vrcholy se zvolí na konečné linky, v místech začátku a konce přepravních proudů cestujících a v místech možných přestupů cestujících z linky na linku. Orientace hran je stanovena dle směrů proudů cestujících. Příklad části náhradního schéma dopravní sítě je na obrázku číslo 1.
2. Ohodnocení na každém úseku tvoří:
 - a. pořadové číslo úseku,

¹ Jaroslav Kleprlík, Doc., Ing., Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, ČR, tel.: +420 603 6431, fax: +420 603 6303, Jaroslav.Kleprlik@upce.cz

- b. číslo přepravního proudu cestujících,
 - c. celková intenzita proudu cestujících pro daný úsek,
 - d. číslo linky, která je vedena přes daný úsek.
3. Při přiřazování čísla linky k úseku se musí přihlížet na orientaci linky. Například u okružní linky nebudeme předpokládat, že cestující, kteří chtějí cestovat na sousední zastávku proti směru okružní linky, by cestovali kolem celého města.
 4. Sestaví se účelová funkce pro maximalizaci cestovního pohodlí cestujících y a omezující podmínky pro řešení.
 5. Stanoví se počet míst přidělených na linku podle vztahu 6.

Pro sestavení nerovnic podmínek prvního typu dle vztahu 1 se vychází z náhradního schéma dopravní sítě (viz. obrázek 1) a z jeho tabulkové podoby (viz. Tabulka 1).



Obrázek 1: Příklad části náhradního schéma dopravní sítě

Tabulka 1: Přehled úseků z náhradního schéma dopravní sítě

u	Proudy	q_u	L_u
1	P1	150	4
2	P1+P5	400	3 a 5
...			
m			

u pořadové číslo úseku,
Proudy..čísla přepravních proudů cestujících na úseku,
 q_u celková hodinová intenzita přepravního proudu cestujících na u -tém úseku sítě [osob/h],

L_u číslo linky, která je vedena přes daný úsek,
 mpočet úseků.

Pro sestavení nerovnic podmínek druhého typu dle vztahu 2 se vychází z obsaditelnosti dopravních prostředků na zadaných linkách z tabulky číslo 2 a z počtu obrátů dopravního prostředku na lince z tabulky číslo 3.

Tabulka 2: Obsaditelnost dopravních prostředků na zadaných linkách

j	P_j	L_j
Autobus		
Trolejbus		

jdruh dopravního prostředku,
 P_j ... počet míst v dopravním prostředku j -tého druhu [míst],
 L_j ... číslo linky, na které je provozně nasazen j -tý druh dopravního prostředku.

Tabulka 3: Počet obrátů dopravního prostředku na e -té lince za hodinu

e			
N_e			

e číslo linky,
 N_e počet obrátů dopravního prostředku na e -té lince za hodinu [obratů/h].

Sestavená účelová funkce pro maximalizaci pohodlí cestujících y a omezující podmínky pro řešení mají tvar:

$$\max y$$

Za podmínky:
$$\sum_{i \in L_u} x_i - q_u * y \geq 0 \quad (1)$$

$$\sum_{i \in L_j} \frac{x_i}{N_e} \leq P_j \quad (2)$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$x_i \text{ je celé číslo; } i = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$y \in \langle 0, 1 \rangle \quad (5)$$

Kde:

yvyjadřuje minimální pohodlí cestujících, které chceme dosáhnout maximální,

L_u číslo linky, která je vedena přes daný úsek,
 q_u celková hodinová intenzita přepravního proudu cestujících na u -tém úseku sítě [osob/h],
 x_i přidělený počet míst na příslušnou linku za hodinu [míst/h],
 N_e počet obrátů dopravního prostředku na e -té lince za hodinu [obratů/h],
 L_j ... číslo linky, na které je provozně nasazen j -tý druh dopravního prostředku,
 P_j ... počet míst v dopravním prostředku j -tého druhu [míst],
 n počet linek v systému.

Úlohy omezujících podmínek:

- První podmínka (1) zajistí obsluhu všech cestujících,
- Druhá podmínka (2) ošetřuje, že nebude překročena obsaditelnost dopravních prostředků,
- Třetí podmínka (3), že počet míst bude kladný,
- Čtvrtá podmínka (4), že počet míst bude na celá místa,
- Pátá podmínka (5) přeneseně stanoví pohodlí cestujících. Po vyjádření v procentech od 0 do 100 %.

Počet nerovnic podmínek prvního typu (vztah 1) je roven počtu úseků v dopravní síti.

Počet nerovnic podmínek druhého typu (vztah 2) je roven počtu kombinací nasazených dopravních prostředků.

Pro vlastní řešení úlohy lze využít Simplexová metoda. Pro usnadnění práce je možné řešení v tabulkovém procesoru Excel pomocí nástroje Řešitel.

Na závěr se stanoví počet míst přidělených na linku podle vztahu 6.

$$p_m = \frac{x_e}{N_e} \quad (6)$$

p_m počet přidělených míst na linku pro jeden obrát [míst/obrat],
 x_e počet míst za hodinu na lince [míst/h],
 N_e počet obrátů dopravního prostředku na e -té lince za hodinu [obratů/h].

3. ZÁVĚR

Úlohou veřejné hromadné dopravy je zajistit především základní dopravní obslužnost a to s „maximálním“ pohodlím cestujících. Přitom je třeba vycházet

z přepravních průzkumů a optimalizovat provozní nasazení heterogenního parku dopravních prostředků s ohledem na využití jejich obsaditelnosti.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DUDIRKIN, J. *Operační výzkum*, ČVUT Praha 2002, ISBN 80-01-02469-5.
- [2] VOLEK, J. *Operační výzkum I*, Univerzita Pardubice 2002, ISBN 80-7194-410-6.

Příspěvek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu MSM 0021627505 „Teorie dopravních systémů“ Univerzity Pardubice.

Recenzent: doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.
Univerzita Pardubice