

SCIENTIFIC PAPERS
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE
Series B
The Jan Perner Transport Faculty
5 (1999)

**POZNÁMKA K VYUŽÍVÁNÍ HOMOGENNÍHO PARKU VOZIDEL
V OSOBNÍ DOPRAVĚ**

Jan ČERNÝ

Fakulta managementu VŠE, Jindřichův Hradec

1. ÚVOD

Článek se zabývá homogenním parkem v tom smyslu, že všechny dopravní jednotky (vozidla), které mohou být nasazeny na jednotlivé spoje mají (alespoň přibližně) stejnou kapacitu. Například v autobusové dopravě to mohou být „standardní“ autobusy pro cca 80 cestujících, v tramvajové dopravě „standardní“ tramvaj pro cca 120 cestujících, v příměstské vlakové dopravě pantografová jednotka apod.

Tato problematika se může jevit jako zastaralá. Je přece známo, že dopravní věda poměrně jednoznačně preferuje formování parků heterogenních, z nichž se snadněji vybírají dopravní jednotky odpovídající kapacity – viz např. [1]. Ale praxe je složitější, někteří dopravci považují nevýhody přechodu na heterogenní park za tak závažné, že i v současnosti pracují s parkem homogenním. Je tomu tak například u mnoha příměstských autobusových dopravců, kteří používají výhradně standardní „Karosy“. I pro ně je pak důležité využívat svůj park co nejefektivněji a tím se budeme v dalším zabývat.

Rozlišují se dva plánovací horizonty:

- **krátkodobý**, v němž je již dána množina spojů v dosavadním jízdním řádu (včetně jejich obsazenosti), případně i prognóza poptávky cestujících na

nastávající období a problémem je navrhnout množinu spojů, která se bude provozovat v příštím období a přiřadit konkrétní vozidla spojům,

- **dlouhodobý** (na více let dopředu), kdy se ještě vůbec neví jaké a jak obsazené spoje se budou provozovat, ale je nutné se rozhodnout, zda do budoucna počítat spíše s redukcí, stagací, nebo doplňováním homogenního parku.

2. KRÁTKODOBÝ HORIZONT

Předpokládáme, že máme danou výchozí množinu spojů S , přičemž každý spoj $s \in S$ je zadán ve formě

$$r, n, m$$
$$z_1, z_2, \dots, z_m$$
$$t_1, t_2, \dots, t_m$$
$$p_1, \dots, p_{m-1}$$

kde v záhlaví r je číslo linky, n číslo spoje, m je počet zastávek na trase, pak v prvním řádku jsou čísla zastávek, ve druhém odjezdy z nich (kromě posledního údaje, jenž znamená příjezd na konečnou) a posléze ve třetím řádku je p_i průměrný počet cestujících na spoji v úseku mezi zastávkami z_i a z_{i+1} . Číslo p_i vlastně představuje poptávku po službě spoje s na úseku $z_i - z_{i+1}$.

Dále předpokládáme, že máme danou mapu sítě, po které jsou spoje provozovány a po které se mohou „naprázdno“ přesunovat dopravní jednotky mezi jednotlivými spoji (pokud cílová stanice předešlého spoje není totožná s výchozí stanicí spoje následujícího). Mapa se obvykle zadává ve formě grafu $G = (V, H, d, t)$, kde V je množina vrcholů (uzlů) sítě, tj. zastávek a křižovatek, H je množina hran (úseků) spojující sousední vrcholy, $d(h)$ je délka hrany ve stovkách metrů a $t(h)$ je doba průjezdu dopravní jednotky hranou h bez zastávky v minutách, nebo v sekundách.

Posléze předpokládáme, že máme danou homogenní „flotilu“, neboli park stejných, nebo zaměnitelných vozidel, nebo dopravních jednotek, jejichž homogenita je zejména v tom, že do každé z nich se vejde zhruba stejný počet cestujících k . V dalším budeme rozlišovat dvě možné situace: v první je pro každý spoj a každý úsek poptávka $p_i \leq k$ (neboli nabídka míst v jedné standardní jednotce postačuje) a ve druhé existují spoje a úseky, kde platí opak (převis poptávky nad nabídkou míst, pokud by daný úsek daného spoje obsluhovala jen jedna standardní jednotka).

V prvním případě možno za hlavní optimalizační problém považovat přiřazení vozidel jednotlivým spojům tak, aby celkové náklady na realizaci všech spojů z množiny S byly minimální. O tom, jak se problém řeší, si řekneme v části 2.1.

V druhém případě je primárním problémem rozhodnutí o tom, zda po trasách některých spojů, nebo po jejich částech, pojedou více, než jedna dopravní jednotka, případně, zda se navrhnou některé další spoje, jež odbřemení spoje z množiny S od převisu poptávky. Tímto problémem se zabývá část 2.2.

2.1. Příklad bez převisu poptávky

V tomto případě se řeší problém rozkladu množiny S na podmnožiny S_1, \dots, S_q takové, že pro všechny i všechny spoje $s \in S_i$ je možné obsloužit (realizovat) jednou dopravní jednotkou, neboli pořadí prvků množiny S_i možno zapsat formou posloupnosti $S_i = (s_{i1}, \dots, s_{ij})$ kde platí, že dopravní jednotka, přidělená množině S_i , bezprostředně po spoji s_{ij} obslouží spoj s_{ij+1} . Množinám (přesněji posloupnostem) S_i se obvykle říká turnusy a jejich sestava S_1, \dots, S_q se považuje za optimální, dosahuje-li se minimum určité účelové funkce. Tou nejčastěji bývá

- potřebný počet jednotek, rovnající se počtu turnusů q ,
- počet „prázdných“ kilometrů, najetých jednotkami při přesunech naprázdno mezi spoji,
- kombinace těchto dvou ukazatelů, vyjadřující náklady.

Dosti často se též používá takový postup, že se nejdříve minimalizuje počet turnusů q a pak se hledá minimální počet prázdných kilometrů při tomto počtu turnusů, anebo dokonce se někdy hledá minimální počet prázdných kilometrů při počtu turnusů $q + 1, q + 2$ apod.

Jedním z neúspěšnějších postupů k řešení těchto problémů je „klasická“ metodika KASTOR, vytvořená v Žilíně kolektivem pod vedením S. Palúcha [2].

Zvláštní variantu problému dostaneme tehdy, připustíme-li nějaké limitované časové posuny odjezdu spojů, čímž je nezdědká možné ušetřit na počtu turnusů a na nákladech. Toto je schopna řešit i přímo metodika KASTOR, anebo lze použít některou variantu krosovací heuristiky, při které se začátky jedněch turnusů kombinují s konci jiných.

2.2. Úsekové převisy poptávky

Je-li na spoji s v úseku $z_i - z_{i+1}$ poptávka $p_i > k, p_i \leq 2k$ a chceme-li přepravit všechny cestující, musíme na tomto úseku přidat přepravní kapacitu, k čemuž máme v podstatě dvě možnosti:

- a) vést úsekem $z_i - z_{i+1}$ posilový spoj s' ve stejnou dobu, jako s ; u kolejové dopravy to znamená spřaženou jízdu obou jednotek,
- b) vést úsekem $z_i - z_{i+1}$ jiný spoj s'' v jinou dobu, než s (obvykle o 5-10 min. před ním).

Řešení b) je na první pohled lákavější, spoje se tím „zahustí“ a protože časové ztráty cestujících závisí od intervalů mezi spoji, i ony se zkrátí. Proti tomuto řešení se však uvádějí dvě námitky:

- volba předstihu spoje s'' před spojem s není snadná; má-li být zkrácení časových ztrát cestujících nezanedbatelné, musí to být kolem 10 min., nebo i více, ale tam pak je zase problém s vytížením spoje,

- je-li spoj s'' , jako zvláštní spoj s jinou časovou polohou, než s , jednou uveden v jízdním řádu, musí jet, i když mohou pro některý den vzniknout okolnosti, v době sestavování jízdního řádu nepředvídané, které sníží počet cestujících, převis poptávky vymizí a spoj s'' jede zbytečně (chřipkové, nebo děkanské volno na některé škole, nucená odstávka některého závodu apod.)
- přijme-li se v autobusové, příp. vodní dopravě řešení a), mohou řidiči spojů s a s' jet společně, usměrňovat nástup cestujících tak, aby byly obě jednotky rovnoměrně vytíženy,
- přijme-li se v kolejové dopravě řešení a), na spřaženou soupravu stačí jeden řidič a rovněž na kapacitu tratě jsou nároky menší.

Ať se kompetentní rozhodnou v konkrétních případech pro alternativu a), nebo b), vždy to bude znamenat jen to, že se původní množina S rozroste o několik dalších spojů a s takto rozšířenou množinou spojů pak postupujeme dle 2.1.

3. DLOUHODOBÝ HORIZONT

Chceme-li předpovědět potřebný počet dopravních jednotek pro období o několik let dopředu, zcela přirozeně vycházíme z prognózy vývoje poptávky. Ale pozor! Pokles poptávky o třeba 20% vůbec nemusí znamenat stejný pokles nároků na homogenní vozový park. Jsou dokonce možné situace, ve kterých poptávka poklesne, ale množina provozovaných turnusů, ba někdy dokonce i spojů zůstane nezměněna, např.:

- vzhledem k poklesu počtu školoupovinných žáků jich pojedou spojením s z obce do města místo 40 jen 32
- vzhledem k propuštění části zaměstnanců v nějakém podniku se podobný úbytek dostaví u nějakého dělnického spoje
- nějaký spoj se sice zruší jako nepotřebný, ale žádný turnus tím nelze ušetřit.

Z těchto důvodů musíme být velmi opatrní při rozhodování o výhledové redukci počtu jednotek. Analogicky tomu může být i v případě opačném, kdy poptávka narůstá, i když tam častěji jde o nárůst skokem (nová škola, fabrika, nebo hypermarket apod.) a tam potřeba nových spojů pravděpodobně vznikne, zda však přibude i počet turnusů se z toho s jistotou odvozovat nedá.

I když dosud jsme jen poukazovali na potíže při řešení problému dlouhodobé prognózy potřebného počtu dopravních jednotek, nevyplývá z toho, že by tento problém byl neřešitelný. Doporučujeme tento postup:

1. Ve stávajícím řešení turnusů o počtu n určit kritické období, které o tomto počtu rozhoduje, kdežto v ostatních obdobích by bylo možné množinu spojů obsloužit menším počtem turnusů. Obvykle je tímto obdobím pondělní ranní špička ve dnech školního vyučování.
2. Strukturovat poptávku v období, určeném v bodě 1. (např. běžný provoz všedního dne, návoz studentů, bydlicích ve studentských domovech, dělníků

Jan Černý:

a zaměstnanců, bydlicích přes týden na ubytovnách apod.) a určit prognózu jejich vývoje.

3. Udělat si možnou „modelovou“ množinu spojů S v kritickém období a pomocí metody KASTOR vypočítat minimální počet turnusů m pro tuto množinu.

4a) Je-li přibližně $m = n$, pracovat jako dosud.

4b) Je-li jasně $m < n$, počítat s redukcí, ale prozatím na hodnotu o něco větší, než m (například $m + 1$, nebo $m + 2$) a zbytek redukce dokončit až těsně před začátkem cílového období, když už budou známy spoje a vypočteny turnusy.

4c) Je-li jasně $m > n$, počítat s prostředky na přírůstek, ale nákupy uskutečnit až těsně před začátkem cílového období, když už budou známy spoje a vypočteny turnusy.

Lektoroval: Doc. Ing. Jaroslav Vonka, CSc.

Předloženo v březnu 2000.

Poznámka: Článek vznikl za podpory grantu GAČR 103/00/0443.

Literatura

- [1] Černý, J.: Fleet management -- selected optimization problems. Proc. of the 8th Int. IFAC/IFIP/IFORS Symposium „Transportation Systems“, Chania, Grece, June 1997, 607-610
- [2] Palúch S.: Systém KASTOR na optimalizáciu obehových rozvrhov. Zborník prác VÚD Žilina č. 54 (1988).

Resumé

POZNÁMKA K VYUŽÍVÁNÍ HOMOGENNÍHO PARKU VOZIDEL V OSOBNÍ DOPRAVĚ

Jan ČERNÝ

Článek se zabývá problémy optimalizace využívání homogenního parku dopravních jednotek (autobusů, tramvají, pantografových jednotek apod.) pro

- a) blízký horizont bez převisu poptávky nad nabídkou,
- b) blízký horizont a převis poptávky po přepravě některými spoji na některých úsecích,
- c) vzdálený horizont.

Summary

A NOTE TO A HOMOGENEOUS FLEET EXPLOITATION IN PASSENGER TRANSPORT

Jan ČERNÝ

The paper deals with some optimization problems in a homogeneous fleet exploitation in passenger transport for

- a) a short horizon without the supply smaller than the demand,
- b) a short horizon with several cases, when on some segment in some time the supply is smaller than the demand,
- c) a long horizon.