SCIENTIFIC PAPERS
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE
Series B
The Jan Perner Transport Faculty
4 (1998)

SEMIADAPTIVNÍ SYSTÉMY VEŘEJNÉ DOPRAVY A DOPRAVNÍ OBSLUHA MÍST S NIŽŠÍ POPTÁVKOU

Anna ČERNÁ, Jan ČERNÝ

Fakulta managementu, VŠE Jindřichův Hradec

1. ÚVOD

V našich městech i příměstských oblastech se zatím setkáváme pouze s nabídkou služeb veřejné dopravy „tradičního" typu: když je v daném místě a v daném čase dostatečná poptávka cestujících, vede se tam pravidelný spoj veřejné dopravy, když tomu tak není, mají možnost zavolat si taxík. Chceme-li, aby čím dál více cestujících nedávalo přednost jízdě vlastními auty, musíme si položit otázku, zda by nešlo tuto nabídku nějak obohatit. Zatím totiž představuje jen dvě krajní možnosti z cenového i systémového pohledu. Vlakem, nebo autobusem zaplatíte za kilometr necelou korunu, taxíkem téměř dvacetkrát tolik. Ten vás však zaveze přesně odkud, kam a kdy potřebujete, je tedy plně adaptivní. Naopak, vlakové či autobusové spoje jedou podle pevně stanoveného jízdního řádu přes pevně stanovené zastávky, a na vaše individuální přání nejsou způsobilé reagovat ani v nejmenším – jsou absolutně neadaptivní. Uvážíme-li, že celkové náklady na 1km jízdy vlastním automobilem nepřekročí čtyři koruny, je nasnadě, že veřejné dopravě uniká jeden významný segment trhu, samozřejmě se všemi důsledky v ekologii, nehodovosti i časových ztrátách z kongescí.

V dalším si ukážeme, že mezi výše uvedenými možnostmi plně adaptivní taxislužby a absolutně neadaptivní tradiční veřejné dopravy, lze uvažovat i různé mezistupně, umožňující výrazně zkvalitnit dopravní obslužnost území se slabší poptávkou. Náš záměr doplňují i články [2] a [5]. A navíc takovéto systémy mohou poskytnout cenné služby invalidním a starším cestujícím.

2. RŮZNÉ STUPNĚ ADAPTIVITY

Plně adaptivní dopravní systém přepraví cestujícího v požadované době mezi dvěma libovolně zvolenými místy dopravní sítě. Naopak v systému s nulovou adaptivitou se ani časová poloha, ani trasa spoje nepřizpůsobí potřebám cestujících. Mezi těmito krajnostmi existuje řada možných kompromisů. Návštěvníci ruských měst si jistě vzpomínají na systém „maršrutnych taksi", který sice dodržoval pevnou trasu, ale čas, místo nástupu i výstupu do značné míry do značné míry přizpůsoboval přání cestujících (i když trasa může být hodně nepřímá) a čas se od požadovaného lišil o přijatelné hodnoty. Ve vyspělých zemích se do některých měst nebo příměstských oblastí postupně zavádějí systémy „dial-a-ride" resp. „dial-a-bus", které umožňují cestujícímu telefonicky si objednat přepravu buď mezi dvěma libovolnými místy, anebo alespoň mezi tzv. fakultativními zastávkami. I když zde jde zatím jen o jednotlivé pokusy, do budoucna lze očekávat přímo hromadné zavádění těchto semiadaptivních systémů ve městech i příměstských oblastech. V místech řídčeji osídlených půjde o celodenní řešení, v jiných případech se tak pokryje slabý noční, resp. sedlový provoz.

Různými aspekty této problematiky se zabývají i články [2-4].

Ukazuje se, že pravděpodobně převládnou dva základní typy semiadaptivních systémů, jež se budou lišit typem používaných vozidel i mírou adaptivity k požadavku cestujících.

S1: Je dán homogenní park vozidel V a na dopravní síti je dána množina fakultativních zastávek F. Cestující telefonicky požádá dispečink o přepravu z f_1 do f_2 a k tomu udá buď žádoucí odjezd t_1 z f_1, anebo nejpozdější možný příjezd t_2 do f_2. Přitom v prvním případě skutečný odjezd z f_1 nesmí být dříve, než t_1, ve druhém příjezd do f_2 nesmí být později, než t_2.

Vozidla z V jsou ve chvíli příjmu zakázky buď aktivní, tj. už mají přiděleny přepravy k provedení, anebo pasivní, tj. nic zatím přiděleno nemají. Počítač potom rozhodne, kterému vozidlu nově objednanou přepravu přidělí a jak upraví jeho trasu. Zákazníkovi pak oznámí čas, kdy ho vozidlo na nástupní zastávce vyzvedne. V tomto systému se prakticky výhradně počítá jen s přímou jízdou cestujícího (bez přestupu).

S2: Je dán park vozidel V (homogenní, nebo heterogenní) a na dopravní síti jsou dány dvě množiny zastávek: F obsahuje zastávky fakultativní, obsluhované jen na základě telefonních objednávek od cestujících a Q obsahuje zastávky obligatorní, což znamená, že je-li obligatorní zastávka q na nějaké lince L, zastavují na ní všechny spoje linky L. Rozdíl oproti tradiční lince je v tom, že odjezd každého spoje s linky L za zastávky q není určen jedním přesným časovým údajem t_{Lsq}, ale intervalem, zvaným též „časové okno" $<t_{Lsq}, u_{Lsq}>$. Někteří cestující pak využijí systém klasickým způsobem, tzn. jedou z $q_1 \in Q$ do $q_2 \in Q$ v rámci časových oken, určených jízdním řádem. Jiní svůj požadavek na přepravu uplatní telefonicky, přičemž buď výchozí, nebo cílová zastávka, nebo obě, jsou fakultativní. Po vstupu zakázky do počítače tento rozhodne, zda zakázku přijme (což velkou většinou nastane – proč ztrácet zákazníky) a jak ji provede. Má přitom několik možností:

- podobně jako v S1, upraví trasu některého vozidla tak, že cestujícího přepraví mezi požadovanými zastávkami bez přestupu,
- totéž, ale s přestupem na některé zastávce,
- totéž, ale s tím, že s ohledem na časové možnosti vozidla vůči cestujícímu jinou nástupní, nebo výstavní zastávku, než požaduje (nebo změní obě).

Systémy typu S1 a S2 můžeme srovnávat z různých hledisek. Vidíme například, že S1 chybí do plné adaptability typu taxislužby jen to, že cestujícímu nelze zaručit přepravu přesně v čase, kdy ji potřebuje. Naproti tomu S2 je už mnohem bližší tradiční veřejné dopravě – má

linky i jízdní řády a jeho adaptivita se projevuje jen tím, že se trasy , nebo jízdní řády mohou mírně modifikovat dle poptávky cestujících. Rozdílný pravděpodobně bude i typ použitého vozidla. U S1 půjde o mikro- resp. minibus s 10-20 místy pro cestující, u S2 to bude spíš mini- resp. midibus s 20-40 místy. Těmto okolnostem bude zřejmě odpovídat i cena přepravy. U S1 by to mohlo být v průměru cca 8 Kč/km, u S2 spíše kolem 3 Kč/km na jednoho cestujícího, což by (bez dotace) vyžadovalo průměrné obsazení 1,5-2 cestující na vozidlo v S1 a 5-7 v S2. Zde je nutno zdůraznit, že je to průměr, nutno počítat s občasným několikanásobkem tohoto počtu (a nezřídka naopak jízdou prázdného vozidla). Proto jsou uvažované kapacity vozidel plně odůvodněné.

3. KDY A KDE NASADIT SEMIADAPTIVNÍ SYSTÉMY

O zavedení semiadaptivního systému nutno uvažovat všude tam, kde už přestává být tradiční veřejná doprava provozovatelná z ekonomických důvodů, tj. když nároky na dotaci vzrůstají nad únosné meze. Může to být:

- v řídčeji osídlených oblastech, kde ani ve špičce není dostatečná poptávka po tradiční dopravě
- v místech, kde je v některých obdobích, například ve špičkách, poptávka dostatečná pro tradiční provoz, kdežto jindy, zejména v noci, nebo o víkendech, je příliš malá.

Samozřejmě, tato dolní hranice přepravní poptávky, při které tradiční, neadaptivní hromadná doprava přestává být ekonomicky únosnou, je neostrá a může být na každém místě jiná. K jejímu hrubému odhadu můžeme přijít například takto (budeme uvažovat o autobusech, ale při jiných vozidlech se postupuje analogicky): Nechť d (km) je maximální přípustná docházková vzdálenost cestujících na zastávku tradiční dopravy. Budeme-li předpokládat, že z trasy o délce d ujde cestující v průměru stejnou vzdálenost $d/2$ kolmo na směr linky i rovnoběžně s ním, bude maximální vzdálenost sousedních tras tradiční dopravy d. Dále si uvědomíme, že pro každý typ osídlení a každou dobu dne resp. týdne existuje určitá horní hranice únosnosti délky t intervalu mezi spoji, čili dolní hranice frekvence spojů (za hodinu) $f=1/t$, což při minimální ekonomicky únosné kapacitě autobusu c cestujících znamená po jedné trase minimální nabídku fc míst za hodinu a tedy dolní hranici poptávky $pfc/100$ cestujících za hodinu, kde p je minimální ekonomicky únosné vytížení vozidla v %. Je-li pás o šířce d kolem trasy linky schopen vygenerovat alespoň takovýto proud cestujících v uvažovaném směru, je možno ještě uvažovat o tradiční dopravě, pod touto hranicí už nikoliv.

Podobná úvaha je však potřebná i pro adaptivní systém S2. Zde však šířka pásu kolem linky d nebude znamenat docházkovou vzdálenost, ale únosný rádius vybočení na fakultativní zastávku od obligatorní trasy linky.

Při odhadování vhodnosti varianty S1 nutno postupovat jinak, vyjít z počtu vozidel taxislužby, obsluhujících daný okrsek (tedy přesněji, z jejich potřebného počtu, kdyby obsluhovali jen ten okrsek) a uvážit, že kdyby taxíky zlevnily na polovinu, jak by vzrostla poptávka po jejich službách a zase o co by se snížila, kdyby se snížilo pohodlí zákazníků na úroveň systému S1. Tento odhad však bude značně nepřesný a až praxe ukáže, jaká bude skutečná poptávka.

4. PODPORA VÝSLEDKY DOPRAVNÍ VĚDY

Pro řízení systému S1 bude pravděpodobně hlavním problémem optimálně řešit přiřazování zákazníků vozidlům. Zde lze uvažovat dvě varianty:

- statickou, kdy všechny objednávky se uplatňují s dostatečným předstihem (např. půl dne předem). Zde bude možno uplatnit modifikaci „klasické" Clarke-Wrightovy heuristiky spojování tras do jedné [1].
- dynymickou, kdy objednávky budou zařazovány operativně do už probíhající obsluhy. Zde možno očekávat uplatnění heuristiky „greedy" typu (přeprava se přidělí tomu vozidlu, které ji může provést s nejmenší ztrátou.

Kromě toho se v S1 mohou vyskytnout i problémy dlouhodobého plánování, zejména pokud jde o skladbu a dimenzi parku vozidel. Jde o známý problém operačního výzkumu, popsaný např. v [3].

V řízení systému typu S2 se rovněž mohou vyskytovat problémy tohoto typu. Navíc se může objevit úloha optimalizovat linky a jízdní řád. U prvně jmenované půjde pravděpodobně o modifikaci problému linkotvorby - [4], část 5.2 a u druhé o model a metodu typu GOP-1 [4], část 3.2.7.

Poznámka: Článek vznikl za podpory grantu GAČR 103/97/0825.

Lektoroval: Doc. Ing. Jaroslav Vonka, CSc.
Předloženo v listopadu 1998.

Literatura

[1] Clarke,G.-Wright, J.W.: Scheduling of Vehicles from a Central depot to a Number of Delivery Points. Oper. Res. 11 (1963).

[2] Černý, J.: Interaktivní systémy dopravní obsluhy. V tomto výtisku.

[3] Černý, J.: Operační výzkum pro manažery. Skripta Fak. Managementu Jindř. Hradec, 1993.

[4] Černý, J.-Kluvánek,P.: Základy matematickej teórie dopravy. VEĎA, Bratislava, 1991.

[5] Široký, J.: Autobus na zavolání - nová technologie obsluhy regionu veřejnou osobní dopravou. V tomto výtisku.

Resumé

SEMIADAPTIVNÍ SYSTÉMY VEŘEJNÉ DOPRAVY A DOPRAVNÍ OBSLUHA MÍST S NIŽŠÍ POPTÁVKOU

Anna ČERNÁ, Jan ČERNÝ

Článek se zabývá semiadaptivními systémy veřejné dopravy, a to dvou typů: S1 - bez linek, jízdních řádů a obligatorních zastávek, S2 - linky s obligatorními a fakultativními zastávka,i, s jízdními řády s omezeným zpožděním. Prezentují se zde problémy využitelnosti a optimalizace.

Summary

SEMIADAPTIVE PUBLIC TRANSPORT SYSTEM AND TRANSPORT SUPPLY IN AREAS WITH SMALL DEMAND

Anna ČERNÁ, Jan ČERNÝ

The paper deals with the semiadaptive public transport of two two types: S1 - no lines, no time-tables, no obligatorial stops, S2 - lines with obligatorial and optional stops, time-tables with limited delays. The applicability and optimization problems are presented.

Zusammenfassung

DIE SEMIADAPTIVE SYSTEME DES ÖFFENTLICHEN VERKEHRS UND VERKEHRSBEDIENUNG DER GEBIETEN MIT DEM NIEDRIGEREN BEDARF

Anna ČERNÁ, Jan ČERNÝ

Der Beitrag löst die semiadaptive Systeme des öffentlichen Verkehrs, also zwei Systeme: S1 - ohne Linie, ohne Fahrpläne und ohne obligatore Haltestellen, S2 - die Linie mit den obligatoren und fakultativen Haltestellen, mit den Fahrplänen und mit beschränkten Verspätung. Das charakterisiert das Auslastung- und Optimisierungproblem.