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

TAKTOVÝ GRAFIKON VLAKOVÉ DOPRAVY NA RADIÁLNÍCH PŘÍMĚSTSKÝCH TRATÍCH V MONOCENTRICKÝCH AGLOMERACÍCH

Pavel DRDLA

Katedra technologie a řízení dopravy

Úvod

V současném období jsme svědky postupného nárůstu počtu osobních automobilů na jednoho obyvatele, což způsobuje změny v sociálních zvycích obyvatelstva. Obyvatelé sídelních satelitů, nacházející se v širší aglomeraci velkých měst, postupně přecházejí od veřejné dopravy k dopravě individuální, zabezpečované osobními automobily. Toto se týká nejen přepravy ve volném čase, ale především pravidelné přepravy cestujících do zaměstnání a do škol a učilišť.

Toto vše má negativní vliv na životní prostředí ve městech a příměstských aglomeracích. Proto jsou přijímána opatření, zaměřená na významné omezení užívání osobních automobilů nejen v centrech měst (tzv. modrá zóna). Například se budují vysoce kapacitní parkoviště systému Park and Ride (P&R), podporují se systémy Kiss and Ride (K&R), Bike and Ride (B&R), CityBike atd., zavádí se zóny se sníženou rychlostí jízdy (zóny 30), budují se umělé překážky, odrazující automobilisty k vjezdu do centrální městské zóny (zúžení vozovek, „šikany“, omezování počtu parkovacích míst, úpravy povrchu vozovek před křižovatkami – rolety atd.), zavádí se do praxe ekologické překážky (vjezd do center pouze pro tzv. zelené vozidlo, pro vozidla vybraná pro určitý den – podle SPZ), využívají se Citybusy apod.

Na druhou stranu je třeba veřejnou příměstskou dopravu pro její uživatele zatraktivnit a umožnit jejich návrat zpět k dopravě veřejné. K tomuto účelu slouží čtyři skupiny opatření:

1) provozně-organizační,
2) stavebně-rekonstrukční,
3) zdokonalení sdělovacího a zabezpečovacího zařízení,
4) zavádění modernějších vozidel a mechanizačních zařízení.

V tomto příspěvku se zaměřuje pozornost na modelovou aplikaci opatření, spadajících do prvně uvedené skupiny.

1. Výchozí stav

Předmětem analýzy je širší městská aglomerace s radiálními paprsčitými příměstskými tratěmi, vedoucími do centra velkého města. Příměstské vlaky zde slouží jako tzv. kmenový dopravní prostředek, prostřednictvím jednotlivých míst zastavení (stanic a zastávek) zabezpečují obsluhu přilehlých městských satelitů. Důvodem jsou lepší předpoklady kolejové dopravy oproti dopravě silniční, protože splňuje podmínku zajištění hromadnosti a pravidelnosti při pokrytí přepravních požadavků.

Doplňkovou a podpůrnou funkci tomuto systému poskytuje doprava silniční (osobní automobily, autobusy, menší autobusy, svozně-rozvozní „pool“ systémy, motocykly atd.), společně s jízdními koly a pěší dopravou, jinak též tzv. doplňkové dopravní prostředky. V místech zastavení kmenového dopravního prostředku lze využít např. systémů P&R, K&R, B&R atd.

Pro vlastní řešení známe velikosti jednotlivých veličin, které se využijí v dalším postupu. Například se jedná především o jednotlivé druhy kmenových dopravních prostředků a jejich technické a úsekové rychlosti včetně přirážek a dob pobytu v místech zastavení, charakter a hustota osídlení příměstské oblasti, průměrné vzdálenosti jednotlivých míst zastavení a především stanovená požadovaná celková doba na cestu „od dveří ke dveřím“. Rovněž tak jsou známy u doplňkových dopravních prostředků jejich rychlosti, popř. rychlost chůze, průměrná doba čekání na dopravní prostředek, interval příměstských vlaků [1] a jiné veličiny.

2. Postup řešení

V prvním kroku je nutno si určit kritérium, podle kterého se bude určovat velikost obsluhovaného území, nacházející se podél příměstské trati. Při stanovení způsobu pokrytí této oblasti se vyjde z kooperace mezi kmenovými a doplňkovými dopravními prostředky. Velikost daného území je především omezena stanovenou celkovou dobou na cestu „od dveří ke dveřím“. Popřípadě je možné zakomponovat danou radiální příměstskou trať do dalších navazujících kolejových dopravních systémů, ale zde by se již jednalo o známé síťové dopravní systémy [2], což není předmětem řešení.

Dále se musí stanovit, ze kterých variant technologie provozu (schémat taktových grafikonů vlakové dopravy) na radiální příměstské trati se bude vycházet a které vyhovují vstupním podmínkám. Pro každou tuto variantu se v dalších krocích zjistí délky jednotlivých pásem příměstské dopravy a popř. i dostupnosti z jednotlivých míst zastavení (stanic nebo zastávek) do jiných - v rámci těchto pásem.

Vyjde se z celkové doby cesty průměrného cestujícího, tedy „od dveří ke dveřím"; v úvodu se stanoví, jaká je velikost maximální doby cesty. U cest do zaměstnání, do škol atd. zná průměrný cestující čas, kdy vyžaduje dosažení cíle své cesty. Proto, když si od tohoto času odečte dobu potřebnou na přemístění z cílové stanice do cílového místa své cesty a zároveň si odečte subjektivně podle své zkušenosti rezervu na případné zpoždění, zjistí, kdy se potřebuje dostat kmenovým dopravním prostředkem do cílové stanice/ zastávky. Bude-li se v dalším textu vzpomínat celková doba přepravy, myslí se tím doba, od které jsou již odečteny výše dva uvedené časy - tato hodnota bude základem a bude se z ní potom vycházet.

Důležitá je i skutečnost, jaká je rozhodující struktura v dojíždění cestujících příměstskými vlaky [3]. Myslí se tím to, zda cílovou stanicí pro většinu cestujících bude centrum města, nebo zda se rovněž musí počítat i s cestujícími do mezilehlých míst zastavení (na zkoumaném úseku příměstské linie). Zde se bude vyžadovat minimálně dosažitelnost stanice/ zastávky v centru města z mezilehlých míst zastavení v pásmu.

Postup řešení problému vychází z průměrných hodnot, tedy stěžejní je v něm tzv. průměrný cestující. Z veličin, které budou při dalším postupu potřebné, se může jmenovat délka pásem příměstské dopravy, průměrná vzdálenost míst zastavení, úseková rychlost vlaků, průměrné pobyty vlaků v místě zastavení, doba přepravy doplňkovým dopravním prostředkem nebo chůze, průměrná doba čekání z důvodu polohy příměstského intervalového vlaku, průměrná doba čekání na vlak atd.

V úvodu se musí stanovit podmínka pro dosažitelnost míst zastavení z území podél příměstské železnice, rychlodráhy, popř. metra. Pro další výpočty je např. stanovena podmínka, aby izochrony [4], resp. izochronami opisované plochy, pokrývaly minimálně plochu podél trati. Vlastní poloměr izochrony proto udává maximální možnou dosažitelnost určitého místa zastavení při splnění všech stanovených podmínek a předpokladů. Pokud by se vyžadovala jiná podmínka, je možné uvedený postup podle potřeby upravit, tzn. že se stanoví velikost koeficientu, určujícího poměr mezi součtem poloměrů izochron k průměrné vzdálenosti sousedních míst zastavení (v případě, který je uveden na začátku tohoto odstavce, je koeficient roven nebo větší jak 1).

Pro zjišťování časů, které se budou odečítat od celkové doby přepravy, bude rozhodující technologie provozu na zkoumané trati. Zejména bude důležité: velikost intervalu vlaků příměstské dopravy, zesouladění tras zrychlených a zastávkových vlaků mezi sebou, zesouladění jízd vlaků a doplňkových dopravních prostředků, prostoje atd.

Vedle velikostí pásem příměstské dopravy se budou zjišťovat zejména poloměry izochron a plochy opsané izochronami u jednotlivých míst zastavení. Protože ve

výchozím stavu bude více variant technologie dopravy na dané trati, vyjdou pro jednotlivé možnosti různé hodnoty a ty se potom musí porovnat mezi sebou a dále, podle stanovených kritérií, se vybere jedna z nich.

Pochopitelně se nemůže počítat s plochou dostupnosti přímo z centra. Musí se vzít v úvahu ten fakt, že zde již bude cestující volit jiný způsob dopravy, než je příměstská kolejová doprava [5].

Po těchto krocích, kterými se zjistí plochy dostupnosti jednotlivých míst zastavení u různých variant technologie dopravy na příměstské trati, se vždy (zvlášť pro každou variantu) zjistí součin těchto hodnot se vzdáleností místa zastavení od stanice v centru a dále s potenciální poptávkou cestujících z dané plochy dostupnosti za časový okamžik (zde interval *i*). Tato hodnota, označená jako Θ_R, je různá pro jednotlivá místa zastavení; její velikost klesá s rostoucí vzdáleností místa zastavení od místa zastavení v centru města. Proto se musí zjistit průběh diskrétní funkce, udávající změnu hodnot potenciální poptávky cestujících pro jednotlivá místa zastavení. Průběh této funkce se musí zjistit přepravním průzkumem, spojením diskrétních hodnot se zjistí trendy v závislosti na vzdálenosti místa zastavení od centra uvedeného města.

Pokud se toto zjistí pro všechna místa zastavení a pro všechny varianty technologie dopravy na příměstské trati, součiny těchto hodnoty se potom zvlášť pro jednotlivé varianty sečtou a výsledkem je pak přepravní výkon (γ) v osobových kilometrech za stanovený časový odstup (interval *i*).

V dalším kroku je třeba zjistit dopravní výkon (η) ve vlakových kilometrech zvlášť pro všechny varianty - zde se opět vyjde z velikostí pásem příměstské dopravy. Dopravní výkon se zjistí za časový odstup jak pro zastávkové, tak i pro zrychlené příměstské vlaky.

Z již uvedeného postupu vyplývá, že u jednotlivých možností uspořádání technologie provozu (jednotlivá schémata taktového grafikonu vlakové dopravy) jsou známy mj. velikosti pásem příměstské dopravy, přepravní výkon v osobových kilometrech a dopravní výkon ve vlakových kilometrech. Podíl posledních dvou jmenovaných veličin vyjadřuje v podstatě potenciální využití vozového parku cestujícími (koeficient Ψ). Pochopitelně, čím vyjde větší číslo, tím je to lepší.

Podle tohoto ukazatele se pomocí matematického modelu, jenž je uveden v další kapitole, vybere jedna z variant technologie dopravy na příměstské železnici - samozřejmě je zde snaha o co největší pokrytí trati příměstskou dopravou.

U zvolené varianty se nakonec určí, jaký vozový park se zde bude nasazovat. Zpětně se z předcházejících výpočtů zjistí, jaký je přepravní výkon u jednotlivých zastávkových nebo zrychlených vlaků. Podle stanovených kritérií, jak již bylo uvedeno, se uvede, zda se bude vycházet z kapacit vlaků nebo jednotek pouze pro sedící cestující, nebo zda se v některých případech bude moci uvážit i kapacita pro stojící cestující (velikosti kapacit jsou známé údaje) [6].

Ze škály kolejových dopravních prostředků, které jsou k dispozici, se potom vyberou takové, které budou efektivně využívány a budou mít dostatečnou kapacitu.

3. Matematický model

Matematický model, zaměřující se na radiální dopravní systémy v příměstské dopravě, je sestaven pro výběr variant technologie provozu, které nejlépe splňují stanovená kritéria a podmínky. Jedná se především o situaci, kdy je dosahována nejvyšší hodnota koeficientu Ψ a zároveň je pokryt touto technologií provozu co nejdelší úsek příměstské linie, začínající v centru A. Matematický model se dá zapsat následujícím způsobem:

Pro dříve vypočítané veličiny platí:

$$\eta > 0,\ \gamma_R \geq 0,\ L \geq l_{AC} > 0,$$

kde:

L ..... celková délka příměstské linie, se zaváděnými kmenovými dopravními prostředky, začínající v centru A, na které je zaručena dosažitelnost míst zastavení za čas t_P,

l_{AC} ..... délka prvního pásma příměstských vlaků, začínající v centru A (C je pásmová stanice),

γ_R ..... přepravní výkon v místě zastavení R.

Uvedené hodnoty je třeba rozlišit podle toho, pro kterou variantu (ze všech zkoumaných) byly zjištěny (včetně rozdílu ve velikosti délky l_{AC}) a také podle celkové délky L. Pro toto se použije zápis $[var,l_{AC},L]$; uvedeným způsobem se tedy označí i

$$\eta\,(\eta[var,l_{AC},L]) \text{ a } \gamma_R\,(\gamma_R[var,l_{AC},L]).$$

Označení *var* popisuje zadanou variantu technologie provozu na příměstské linii, která je charakteristická kromě jiných veličin především velikostí l_{AC} (kromě varianty se zaváděním pouze zastávkových vlaků) a zjištěnou délkou L – každá varianta je zároveň doplněna příklady s konkrétními hodnotami.

Dále proto platí:

$$\gamma[var,l_{AC},L] = \sum_{R=x}^{L/x} \gamma_R[var,l_{AC},L].$$

Podíl přepravních a dopravních výkonů se označí

$$\Psi[var,l_{AC},L] = \frac{\gamma[var,l_{AC},L]}{\eta[var,l_{AC},L]}.$$

Nejvyšší hodnota koeficientu Ψ pro celkovou délku příměstské linie velikosti L se označí

$$\Psi_L^{MAX} := \max_{var,l_{AC},L} \Psi[var,l_{AC},L].$$

Pokud se dále vyjádří maximální hodnota délky *L*

$$L_{MAX} = \max L,$$

snadno se zjistí velikost koeficientu Ψ pro výslednou variantu technologie provozu

$$\Psi^{VYSL} := \max \Psi_{L_{MAX}}^{MAX}.$$

3.1 Ukázka praktické aplikace

Pro konkrétnější ukázku aplikace je možné uvést následující příklad pro poslední tři uvedené rovnice:

V první části matematického modelu se zjistily následující hodnoty podílu přepravních a dopravních výkonů pro Θ_R = 1 (jak vyplyne z dalšího postupu, nejvýhodnější je varianta s nejvyšší hodnotou podílu):

Např.: Ψ[28-35,4,24]=13,52; 13,10; 12,02; 11,69; 11,35; 11,23; 11,06; 11,00 [oskm/vlkm]

Vyberou se nejvyšší hodnoty pro jednotlivé délky L:

$\Psi_{16}^{MAX} = 19{,}10;\ \Psi_{18}^{MAX} = 17{,}05;\ \Psi_{20}^{MAX} = 15{,}11;\ \Psi_{22}^{MAX} = 14{,}52;\ \Psi_{24}^{MAX} = 13{,}52$ [oskm/vlkm]

Protože je snaha o co nejvyšší pokrytí úseku příměstské trati, tak L_{MAX} = 24 km.

Výsledná varianta je definována koeficientem Ψ^{VYSL} = 13,52 oskm/vlkm.

Závěr

Tento příspěvek se zaměřuje na aplikaci provozně-technologických opatření v širší městské aglomeraci s radiálními paprsčitými příměstskými tratěmi, vedoucími do centra velkého města. Cílem je nalezení modelu technologie příměstské dopravy, který splňuje stanovené podmínky. V rámci výpočtů se zjistí i délka pásem příměstské dopravy a doporučí se řada vlakové soupravy.

Lektoroval :Doc. Ing. Jaroslav Vonka, Csc.
Předloženo v únoru 2000.

Příspěvek vznikl za podpory grantu GA ČR 103/00/0443 „Optimalizace obsluhy územních celků veřejnou dopravou“.

Literatura

[1] Fahl, B. a kol.: Systemtakt. Der Nahverkehr 5/1997.

[2] Stohler, W.: Integrale Taktfahrpläne und S-Bahnen. ETR 1-2/1997.

[3] Schulz, A.: Der Integrale Taktfahrplan in Deutschland. Eisenbahn-Revue-International 9-10/1994.

[4] Kubát, B.: Kolejová doprava v sídlech a regionech. ČVUT Praha 1995.

[5] Strang, K.: Nahverkehrspläne als Teil der räumlichen Planung. Der Nahverkehr 3/1997.

[6] Vonka, J.: Osobní doprava II.. Alfa Bratislava 1982.

Resumé

TAKTOVÝ GRAFIKON VLAKOVÉ DOPRAVY NA RADIÁLNÍCH PŘÍMĚSTSKÝCH TRATÍCH V MONOCENTRICKÝCH AGLOMERACÍCH

Pavel DRDLA

Tento článek se především zabývá problematikou příměstské železniční dopravy.

Výsledkem je nalezení modelu technologie příměstské dopravy, který splňuje dané podmínky a dosahuje nejlepší hodnoty pro stanovené kritéria ze všech zkoumaných modelů. V rámci soustavy výpočtů se rovněž rozhodne, jaké by měly být délky pásem příměstské dopravy a nasazovaný druh dopravního prostředku.

Summary

THE CYCLE TRAIN TRAFFIC DIAGRAM AT THE RADIAL SUBURBAN RAILWAY IN MONOCENTRIC AGGLOMERATION

Pavel DRDLA

This paper will primarily deal with the route of interval suburban services.

The result will be the finding of a model of the technology of suburban services, which will fulfil the stipulated conditions and will produce the best values for the stipulated criteria of all the examined models. Within the framework of calculations it will also be determined what the length of the suburban service should be and the train set series will be suggested.

Zusammenfassung

BILDLICHER TAKTFAHRPLAN AUF DEN STRAHLENFÖRMIGEN NAHVERKEHRSTRECKEN IN STÄDTISCHEN MONOBALLUNGSGEBIETEN

Pavel DRDLA

Dieser Beitrag beschäftigt sich vor allem mit der Problematik des Eisenbahnnahverkehrs.

Das Resultat ist die Befindung des Modell der Technologie des Nahverkehrs, welche festgestellte Bedingungen vollbringt und beste Werte für festgestellte Kriterien aus allen erforschenen Modellen erreicht. Im Rahmen des Berechnungssystems wird es auch entschedet werden, was für eine Länge der Zonen des Nahverkehrs und einsatzer Typ des Verkehrsmittels sein werden.