

ÚVOD DO PROBLEMATIKY ORGANIZACE DOPRAVY PŘI AKCÍCH HROMADNÉHO CHARAKTERU

INTRODUCTION TO ISSUES OF TRANSPORT ORGANIZATION IN COLLECTIVE CHARACTER ACTIONS

Jan Sedunka¹

Anotace: Příspěvek se zabývá úvodním pojednáním o problematice organizování dopravy při akcích hromadného charakteru. První část popisuje možné způsoby organizování dopravy. Závěrečná část se věnuje charakteristice vybraných vstupních údajů pro potřeby plánování kyvadlové dopravy.

Klíčová slova: akce hromadného charakteru, organizace dopravy, kyvadlová doprava

Summary: The paper deals with an introduction to the issue of organizing the transport during the collective character actions. The first part describes possible ways of organizing services. The final part deals with the characteristics of the selected input data for planning shuttle.

Key words: Collective character actions, transport organization, shuttle.

1. ÚVOD

Určitě se každý z nás setkal s organizováním dopravy při akcích hromadného charakteru, jako jsou například festivaly, koncerty, sportovní akce, návštěvy významných osobností, atd. V návaznosti na tyto akce zpravidla vždy dochází k organizaci dopravy za účelem eliminace kongescí, zajištění parkování, pohodlné dopravy až na místo akce ale i pro zajištění bezpečnosti lidí.

2. ZPŮSOBY ORGANIZACE DOPRAVY

Vlastní organizace dopravy vychází z vlastností a nároků plynoucích z jednotlivých druhů dopravy.

2.1 Organizace pěší dopravy

Pěší doprava se nabízí pro cesty do vzdálenosti 1,5 km, kterou při průměrné rychlosti 5 km/h lze překonat za cca 18 min, což je pod hranicí stanoveného standardu kvality časové dostupnosti - 20 min [1]. Proto pokud se v této vzdálenosti nachází potencionální cíle návštěvníků (společensko-obchodní centra, dopravní terminály), je potřeba věnovat tomuto druhu dopravy zvýšenou pozornost.

Důležitá je také dostatečná informační podpora – tedy vyznačení tras (peších koridorů) mezi místem konání akce a nejbližších poptávaných destinací.

¹ Ing. Jan Sedunka, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jan Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Tel.: +420 466 036 121, E-mail: Jan.Sedunka@student.upce.cz

V případě kvalitní infrastruktury se jedná o bezproblémový druh dopravy. Komplikace nastává, pokud infrastruktura nepočítá s pěší dopravou. Následně tedy chodci využívají pozemní komunikace pro silniční vozidla a dochází tak k nežádoucí konfrontaci mezi pěší a silniční dopravou. V tomto případě je proto nutné nejen vyznačit, ale i prostorově zajistit pěší koridory tak, aby nedocházelo ke kolizím s individuální automobilovou dopravou (IAD). Příkladem takové organizace může být provizorní zjednosměrnění ulic a uvolněná kapacita pozemní komunikace (silnice) se využije pro pěší dopravu.

Celkově je pěší doprava vítaná, protože pro organizátora akce nevyžaduje žádné technické zázemí, jako je vymezení parkovacích míst, zastávek kyvadlové dopravy a pod.

2.2 Organizace cyklistické dopravy

Cyklistická doprava, se svojí rychlostí 15 – 25 km/h, je alternativou k pěší dopravě na delší vzdálenosti a k IAD na kratší vzdálenosti, tedy cca 8 km [1]. Její rozšíření je ale velmi limitováno přírodními podmínkami – členitostí terénu v oblasti konání akce.

Základem organizace je opět dostatečná informační podpora, tedy směrové vyznačení místa konání akce. Vhodná je výchozí situace při existenci kvalitní sítě cyklostezek, která zajišťuje bezpečné oddělení cyklistické dopravy od pěší dopravy a IAD. Protože ale ta není často k dispozici ani v cyklisticky frekventovanějších částech aglomerací, lze často v trasách k místu konání akce očekávat smíšený provoz cyklistické dopravy s IAD nebo pěší dopravou. To v obou případech vede často ke kolizním situacím. Jako způsob organizace této dopravy se nabízejí dvě možnosti. Jednak provizorní zjednosměrnění ulic, kde uvolněná kapacita pozemní komunikace následně poslouží k vedení oddělené cyklistické a pěší dopravy nebo zřízením provizorních cyklistických tras, které jsou vedeny po ulicích s menším dopravním zatížením.

Oproti pěší dopravě plynou pro organizátora dané akce povinnosti spojené s cyklistickou dopravou – zajištění bezproblémového odstavení jízdních kol a následné ochrany před krádeží.

2.3 Organizace individuální automobilové dopravy

Organizace IAD spočívá v následujících úkolech:

- operativní řízení provozu,
- zajištění dostatečné kapacity na příjezdových a odjezdových komunikacích,
- zajištění dostatečných parkovacích míst v místě konání akce,
- zajištění dostatečných parkovacích míst v podobě záchytných parkovišť.

2.4 Organizace hromadné dopravy

V tomto případě se jedná o organizaci nepravidelné autobusové dopravy a městské hromadné dopravy (MHD). U nepravidelné autobusové dopravy se jedná o zajištění dostatečných odstavných parkovacích ploch pro autobusy, přivázející návštěvníky akce až na místo konání.

U MHD jde o zajištění dostatečné kapacity a frekvence spojů v potřebných trasách. Tyto trasy, které kopírují nejfrekventovanější přepravní směry spojené s pořádanou akcí, tedy zajišťují spojení místa konání akce s nejlidnatějšími částmi aglomerace a nejvýznamnějšími přestupními terminály. Mezi tyto přestupní terminály patří vlaková a autobusová nádraží, případně letiště, ale je důležité nezapomenout i na záchytná parkoviště!

Způsob zajištění této reorganizované MHD je možný dvěma způsoby – posílením stávajících pravidelných linek MHD nebo zavedením zvláštních linek - nejčastěji kyvadlové dopravy. V případě posílení stávajících linek MHD se jedná o zavedení mimořádných posilových spojů, které zvýší kapacitu nabídky pro požadovaný přepravní proud a zároveň zkrátí interval čekání cestujících. Tento způsob ale často nezajistí efektivní spojení se všemi potřebnými destinacemi a v přijatelné délce doby přepravy, proto se často používá zavedení zvláštní kyvadlové dopravy.

Kyvadlová doprava je zajišťována zvláštními linkami, které mají často specifické trasování, způsob odbavování a režim provozu.

V případě dlouhé doby přepravy se redukuje počty zastávek, kde tato mimořádná doprava zastavuje [2]. Ve výsledku proto tyto linky zastavují pouze na nejvýznamnějších zdrojích cestujících jako jsou přestupní terminály, centra obytných čtvrtí a významné přestupní uzly.

Způsob odbavování může vycházet z běžných tarifních podmínek nebo zavedením zvláštního jízdného, které může být placeno při nástupu předními dveřmi u řidiče vozidla MHD nebo prodejem jízdních dokladů před nástupem (v trafikách, v automatech na jízdenky atd.)

Režim provozu ovlivňuje hlavně začátek a konec dané akce a tedy čas příjezdu a odjezdu návštěvníků, kdy je poptávka po přepravě největší. I v tomto případě je důležité poskytnutí dostatečných informací týkajících se organizace a tarifních podmínek hromadné dopravy na danou akci.

3. CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH VSTUPNÍCH ÚDAJŮ PŘI PLÁNOVÁNÍ KYVADLOVÉ DOPRAVY

Součástí akcí hromadného charakteru bývá i zavedení kyvadlové dopravy, spojující místo konání akce s největšími zdroji návštěvníků, kterými jsou záchytná parkoviště, přestupní terminály a hustě obydlená sídla. Příprava kyvadlové dopravy se skládá ze dvou hlavních činností: trasování a určení počtu linek a následná tvorba jízdních řádů. Při těchto činnostech je nutné sledovat především následující omezující parametry:

- spojení s největšími zdroji návštěvníků – cestujících,
- efektivní využití obsaditelnosti spojů,
- minimalizace počtu ujetých km,
- dostatečná kapacita obratišť vozidel,
- přiměřená a pro cestující přijatelná doba přepravy,
- omezené zdroje vozidel a řidičů.

Doba přepravy by měla být minimální, čehož by se mělo automaticky dosáhnout výběrem trasy s minimalizací počtu ujetých kilometrů. Nicméně nelze pouze minimalizovat

počet ujetých kilometrů, tedy zavést dopravu v nejkratší trase, ale je nutné sledovat i efektivní využití obsaditelnosti spojů, což často vede k trasování, které není nejkratší, ale nabízí spojení co největšímu počtu zájemců. Proto se výsledný čas přepravy dá zkrátit například výběrem zastávek pro zastavení, resp. nezastavení, případně zavedením nových provizorních zastávek. Výběr zastávek a umístění dočasných provizorních zastávek se řeší pomocí lokačních a alokačních úloh operačního výzkumu, konkrétně se může použít iterativní algoritmus [3].

Lokaci zastávek lze provést pomocí kombinatorického počtu

$$C_k(n) = \binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}, \quad (1)$$

kde n je počet uzlů, kde je možné umístit zastávku a k je počet požadovaných zastávek, $C_k(n)$ pak představuje počet řešení lokační úlohy (1). Tento způsob je poměrně časově složitý. Lze použít algoritmus, který neprohledává všechna možná řešení, např. Iterativní algoritmus. Ten spočívá v nalezení množiny dep (uzlů, kde se umístí zastávky) za pomoci výběru množiny s minimální dopravní prací [4]:

$$f(D_k) = \min_{D_k} \{f(D'_k)\}, \quad (2)$$

kde

$$f(D'_k) = \sum_{v \in D_k} \sum_{u \in A^*(v)} 2.d(u,v).w(u) \quad (3)$$

Jako vstupní data poslouží matice vzdáleností, váhy vrcholů, které představují například důležitost vrcholu, počet dep, které chceme umístit na síti a množina vrcholů, ve kterých uvažujeme umístění depa. Nejprve určíme prvotní atrakční obvody jednotlivých dep a vypočítáme dopravní práci pro příslušnou množinu dep (3). Tu pak porovnáváme podle pravidel algoritmu s ostatními hodnotami dop. prací ostatních množin dep. Jak již bylo uvedeno výše algoritmus neprochází všechna možná řešení a výsledkem je vždy optimální rozmístění dep na síti (2).

Pro určení trasování linek slouží metody operačního výzkumu a při návrhu jízdních řádů (JŘ) na těchto linkách je nutné vědět, jak bude vypadat příchod cestujících na zastávky.

3.1 Trasování linek kyvadlové dopravy

Pro trasování těchto linek slouží metody operačního výzkumu, teorie grafů. Jedním z hlavních parametrů pro trasování je nalezení nejkratší cesty mezi místem konání akce hromadného charakteru s největšími zdroji návštěvníků – cestujících, nejčastěji tedy přestupními terminály, záchytnými parkovišti a nejlidnatějšími oblastmi. Jedná se tedy o nalezení nejkratší cesty z daného počátečního vrcholu do daného koncového vrcholu. Pro řešení tohoto typu úloh se používají Dijkstrov algoritmy [3].

3.1.1 Dijkstrův algoritmus

Dijkstrův algoritmus patří mezi grafové algoritmy, kterým se hledají nejkratší cesty. Jedná se buď o nejkratší cesty mezi zdrojovým a koncovým vrcholem nebo mezi zdrojovým vrcholem a všemi ostatními vrcholy.

Na počátku mají všechny vrcholy ohodnocení $t_i = \infty$ a počáteční vrchol $t_0 = 0$. Toto ohodnocení nám udává hodnotu délky nejkratší cesty mezi daným vrcholem a počátečním bodem [5]:

$$t_n = \sum_{h \in m^*(u,v)} o(h). \quad (4)$$

Jednotlivá ohodnocení vrcholů postupně získáme podle vztahu [5]:

$$t_j = t_i + o(v_i, v_j), \quad (5)$$

za podmínky:

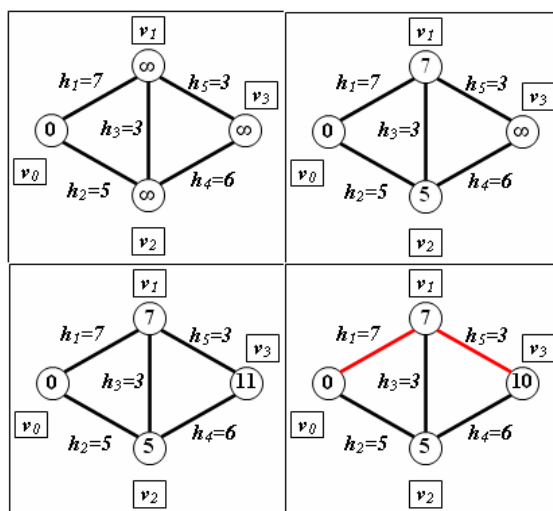
$$t_j - t_i > o(v_i, v_j). \quad (6)$$

Při zpětné rekonstrukci cesty vybíráme takové body, pro které platí [5]:

$$t_{k_i} - t_{k_{i+1}} = o(v_{k_{i+1}}, v_{k_i}), \quad (7)$$

kde v_{k_i} je předchůdce koncového vrcholu.

Na Obr. 1 vidíme názorný postup. Ohodnocení hran je vzdálenost v kilometrech, počáteční vrchol v_0 je železniční stanice a vrchol v_3 je koncový vrchol, kde se pořádá akce hromadného charakteru. Naším úkolem je nalézt mezi nimi nejkratší cestu. Algoritmus začínáme ve v_0 , z kterého vede cesta do v_1 a v_2 , kterým přiřadíme hodnoty $t_1 = 7$ a $t_2 = 5$ podle vztahu (5) a za podmínky (6). Podle stejného vztahu postupně ohodnotíme i zbylé vrcholy. Poté je zřejmé, že nejkratší cesta z železniční stanice (v_0) a akcí hromadného charakteru (v_3) měří 10 km, vyplývající ze vztahu (4). Podle vztahu (7) zjistíme trasování nejkratší cesty, která je znázorněná červenou barvou.



Zdroj: Autor

Obr. 1 - Průběh algoritmu

Při trasování ovšem nelze hledět pouze na nejkratší cestu mezi počátečním a koncovým vrcholem, protože v rámci efektivního využití obsaditelnosti vozidel je často potřeba do této cesty zařadit i významné mezilehlé zastávky. V tomto případě se tedy jedná o nalezení nejkratší cesty z počátečního vrcholu do všech ostatních vrcholů a nalezení minimální cesty mezi dvěma libovolnými vrcholy grafu. Zatímco při hledání nejkratší cesty mezi počátečním vrcholem a ostatními vrcholy používáme opět Dijkstrov algoritmus, pro hledání nejkratší cesty mezi libovolnými body se používá Floydův algoritmus. Jeho výsledkem je distanční

matice (vzdálenosti mezi vrcholy) a s využitím matice přímých vzdáleností lze pak jednoduše určit i minimální cestu mezi dvěma vybranými vrcholy, kde ohodnocení hran vyjadřuje vzdálenost [3].

3.1.2 Floydův algoritmus

Floydův algoritmus se řadí mezi grafové algoritmy k hledání nejkratší cesty. Ovšem na rozdíl od Dijkstrova algoritmu tento hledá nejkratší cestu mezi všemi libovolnými vrcholy.

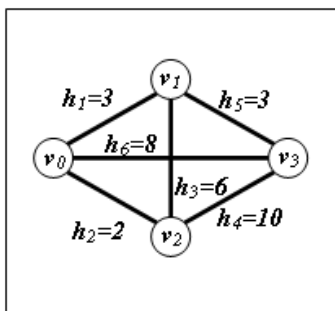
Vstupem Floydova algoritmu je matice délek hran neboli matice přímých vzdáleností. Výsledkem je distanční matice, jejíž hodnoty získáme postupným přepočítáváním jednotlivých hodnot vstupní matice podle vztahu [6]:

$$M(i,j)=M(i,k)+M(k,j), \quad (8)$$

za podmínky:

$$M(i,j)>M(i,k)+M(k,j). \quad (9)$$

Pro demonstraci algoritmu použijeme graf na Obr. 2, kde je vrchol v_0 železniční stanice, v_1 a v_2 přilehlé obce a v_3 místo konání akce hromadného charakteru.



Zdroj: Autor

Obr. 2 - Vstupní graf

Jeho vstupní matice délek hran je v Tab. 1.

Tab. 1 - Vstupní matice

	v_0	v_1	v_2	v_3
v_0	0	3	2	8
v_1	3	0	6	3
v_2	2	6	0	10
v_3	8	3	10	0

Zdroj: Autor

Vstupní matici následně přepisujeme podle vztahu (8) a za podmínky (9) do výsledné distanční matice v Tab. 2, která nám udává nejkratší vzdálenosti mezi libovolnými dvojicemi vrcholů grafu.

Tab. 2 - Distanční matice

	v_0	v_1	v_2	v_3
v_0	0	3	2	6
v_1	3	0	5	3
v_2	2	5	0	8
v_3	6	3	8	0

Zdroj: Autor

3.2 Příchody cestujících na zastávky

Všeobecně můžeme definovat příchod cestujících na zastávku jako Poissonovský vstupní tok se střední hodnotou $\lambda=1$ [7]. Specifickými zastávkami jsou místa u přestupních terminálů a záchytných parkovišť.

Příchod cestujících na zastávku u záchytného parkoviště je odvislý od příjezdu osobních automobilů. I v tomto případě definujeme příjezd osobních automobilů jako Poissonovský vstupní tok [8] z čehož můžeme odvodit, že stejnou definici bude mít i následný příchod zákazníků na zastávku.

Druhým případem je zastávka u přestupních terminálů, tedy u železničních stanic nebo autobusových nádražích. Zde je příchod cestujících odvislý od jednotlivých příjezdů spojů železniční nebo autobusové dopravy. Pokud daný zdroj cestujících disponuje nízkou frekvencí přijíždějících spojů, lze čas jejich čas příchodu na zastávku předem odhadnout a tím i poměrně přesně odhadnout, v jaký konkrétní čas bude poptávka po kyvadlové dopravě. Naopak pokud je tato frekvence přijíždějících spojů vysoká (například pokud se jedná o významné uzly železniční nebo autobusové dopravy, případně pokud železniční a autobusová stanice tvoří jeden celek), lze příchod cestujících zjednodušeně charakterizovat opět jako Poissonovský vstupní tok.

Jak je patrné, ve většině případů lze příchod cestujících na zastávku charakterizovat jako Poissonovský vstupní tok, tedy proces náhodný, který je stacionární a ordinální s nezávislými přírůstky [8]. Proto by se v této většině případů měla kyvadlová doprava plánovat v pravidelných intervalech, pro průběžný odvoz cestujících.

4. ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že při akcích hromadného charakteru je nutné se zabývat velkou škálou druhů doprav a jejich možnostmi organizování, které je ale velmi odvislé od specifických podmínek konkrétních akcí. Jedná se zejména o vzdálenosti mezi místem konání akce a přestupními terminály, frekvence spojení veřejnou dopravou, počet obyvatel obce, kde se pořádá daná akce, počet návštěvníků, kvalita přístupové infrastruktury a zázemí pro parkování.

Plánování kyvadlové dopravy, jako jeden z konkrétních způsobů organizace dopravy, vyžaduje znalosti zejména pro trasování linek, výběr současných nebo provizorních zastávek, k čemu slouží vybrané algoritmy operačního výzkumu – Dijkstrův algoritmus, Floydův algoritmus a Iterativní algoritmus. Další důležitou složkou je sestavování jízdních řádů, k tomu je důležitá znalost příchodů cestujících na zastávky, které jsou ve většině případů charakterizovány jako Poissonovský vstupní tok.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DRDLA, P. *Technologie a řízení dopravy – městská hromadná doprava* [online]. Poslední revize 20. 10. 2009 [cit. 2010-02-02]. Dostupné z: <<http://www.drkla.wz.cz/podklady.htm>>
- [2] *Czech airshow agency, s.r.o.* Poslední revize 20. 1. 2010 [cit. 2010-02-08]. Dostupné z: <<http://www.airshow.cz/clanek-115-CZ-CIAF-09-Doprava.html>>.
- [3] BRÁZDOVÁ, M. Využití některých metod teorie grafů při řešení dopravních problémů. *Perner's contacts* [online]. 2007, roč. 2, č. 1, s. 3 – 8, ISSN 1801-674X. Dostupné z: <http://pernerscontacts.upce.cz/05_2007/Brazdova.pdf>
- [4] BRÁZDOVÁ, M. *Operační výzkum I - úlohy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005. 111 s. ISBN 80-7194-156-65.
- [5] VOLEK, J. *Operační výzkum I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1998. 104 s. ISBN 80-7194-410-6.
- [6] ČERNÁ, A. *Metody operačního managementu*. Jindřichův Hradec: Vysoká škola ekonomická v Praze, nakladatelství Oeconomica, 2008, 213 s. ISBN 978-80-245-1325-6.
- [7] KNĚŽÍNEK, J. Teorie hromadné obsluhy. *Semestrální práce* [online]. Akademický rok 2008/2009 [cit. 2010-02-05]. Dostupné z: <http://www.fd.cvut.cz/departament/k611/PEDAGOG/K611THO_soubory/studenti/knezinek.pdf>.
- [8] LINDA, B. *Stochastické modely operačního výzkumu*. Bratislava: Statis, 2004. 110 s. ISBN 80-85659-33-6.

Příspěvek vznikl v rámci Studentské grantové soutěže SGDFJP01 „Dopravní technika a výzkum v podmínkách rozvinuté společnosti 21. století“.