

МОДЕЛ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА БРОЯ НА ПРЕВОЗНИТЕ СРЕДСТВА ПРИ ДВИЖЕНИЕ ПО ЛИНИИ ОТ ГРАДСКИЯ ПЪТНИЧЕСКИ ТРАНСПОРТ

Силвия Асенова, Мирена Тодорова
silviaboianova@yahoo.com, mirena@vtu.bg

*ВТУ „Тодор Каблешков”
София, ул. „Гео Милев” 158
БЪЛГАРИЯ*

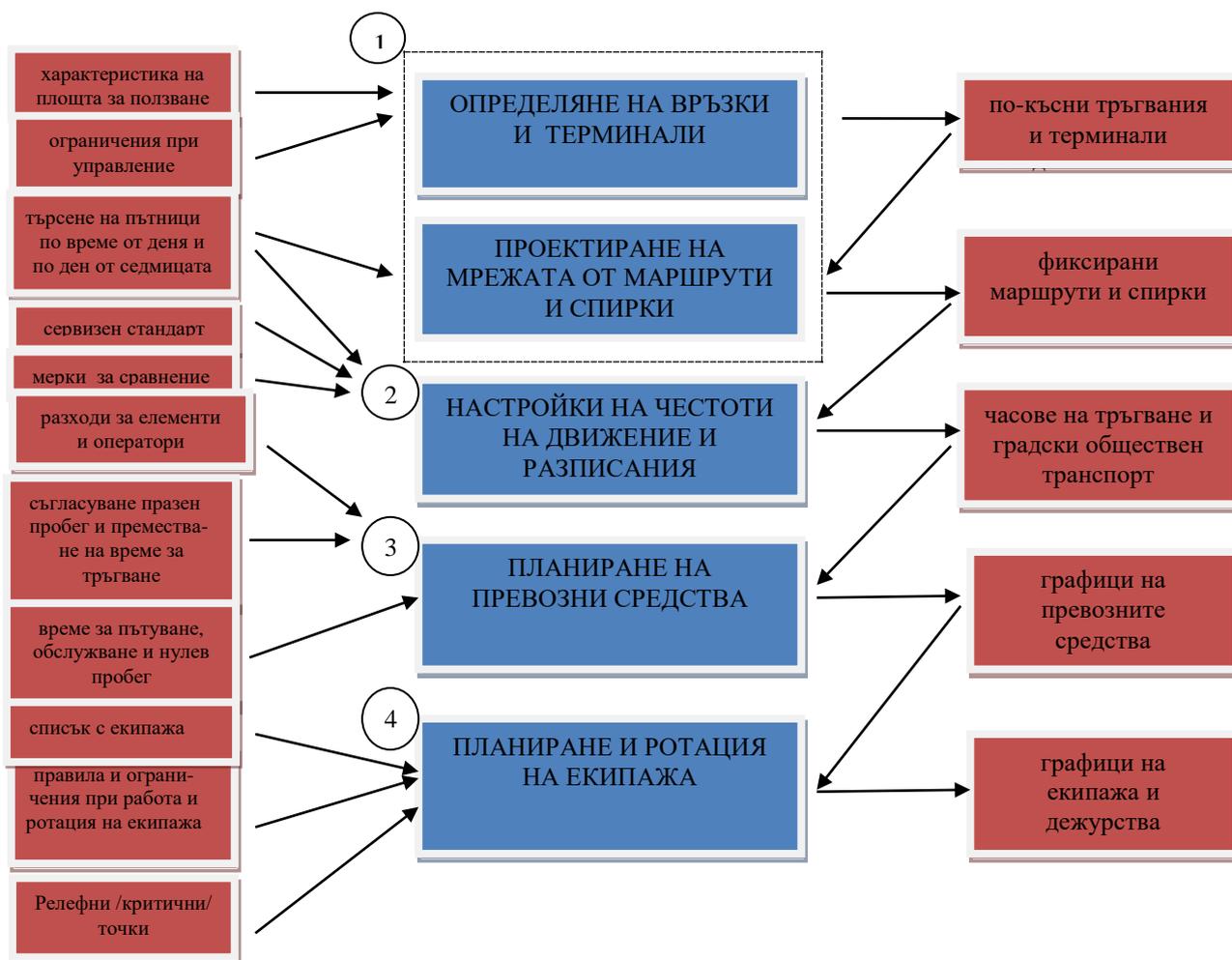
Ключови думи: градски пътнически транспорт, превозни средства, пробег, разписание

Резюме: Автобусният градски пътнически транспорт е основен вид транспорт използван от населението. Това е обусловено от неговата маневреност и различната превозна способност, зависещи от типа на подвижния състав. От страна на общините се задават изискванията за вида на превозните средства, които трябва да се използват за всяка автобусна линия. Това определя броя на линиите, които се обслужват от даден тип подвижен състав и необходимостта от разработване на разписанията му. Имайки следните ограничения – зададено разписание по маршрутната линия, фиксирано време на пристигане и заминаване от всяка спирка по маршрута, вида на подвижния състав, трафика в града, в изследването е разработен е модел, базиран на метода за оптимално планиране на мулти-превозни средства при движение по транзитен маршрут, който да определи необходимия брой превозни средства, движещи се по обслужваните маршрути от градския обществен транспорт. В същия се задават ограничения, които влияят в най-голяма степен на разписанието на подвижния състав със цел минимизиране на броя на превозните средства. В резултат ще се постигне основната задача на изследването – обслужване на дадени линии с минимален брой превозни средства, който е и оптимален.

ВЪВЕДЕНИЕ

Процесът на планиране на операции в градския обществен транспорт включва четири основни операции: [1] проектиране на маршрутна мрежа, [2] разработване на разписания по времето от денонощието и дните от месеца, [3] на разписание на превозните средства и [4] планиране на броя водачи. На фиг. 1 е показана последователността на систематичните решения на тези четири дейности на планиране. Изходът на всяка дейност, разположена по-високо в последователността се превръща във важен вход за решения на по-ниско ниво. Видно е, че независимостта и подредеността на дейностите съществува само в диаграмата (фиг. 1), т.е. взетите решения по-долу ще имат определен ефект при решенията на по-високото ниво. В следствие е желателно и четирите дейности да бъдат планирани едновременно, за да се използват възможностите на системата най-пълно и самата тя да има най-голяма производителност и ефективност. Процесът на планиране при фирми, имащи

среден и голям размер на парка от превозни средства е сложен и тромав и се изисква отделно планиране на всяка дейност, като резултат - изхода от едната е вход към друга. Това изследване се фокусира върху планирането на превозните средства, движещи се по фиксирано разписание. То се основава на отделни стъпки и вследствие минимизиране размера на автопарка. Целта на планирането на разписанията и превозните средства е да отговарят на търсенето на градския обществен транспорт. Дейността на планиране на превозните средства на фиг. 1 е насочена към създаване на вериги от пътувания. Всяка една се нарича график на превозното средство, който е съобразен със зададеното предварително разписание. Този процес се нарича блок на същото (представлява последователност от дейности по приходите и непаричните приходи за отделното превозно средство).



Фиг. 1 Функционална схема на общ процес на планиране на транзитни операции в ГПТ

1. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

В тази част от изследването се разглежда литературата за дейностите, които са свързани по между си: разработка на разписания и планиране на превозни средства, при движение на същите по маршрути.

1.1 Разписания

Проблемът с намирането на най-добра политика за изпращането на превозни средства по фиксирани линии има пряко влияние върху играждането на разписания. Той може да бъде категоризиран в разглежданата литература в четири направления: (1) модели за идеализирана транзитна система, (2) симулационни модели, (3) математически модели за програмиране и (4) модели, базирани на данни.

Първата група е изследвана от Нюел (1971), Де Палма и Линди (2001). Нюел приема дадена норма на пристигане на пътници като линейна функция от време с цел минимизиране на общото време за чакане на пътниците. Де Палма и Линди разработват метод за проектиране на оптимален график за една линия само с две спирки.

Във втората група модели са реализирани изследвания от Адамски (1998), който използва симулационен модел за диспечески контрол в реално време на транзитни превозни средства, като опит за повишаване на надеждността на услугата по отношение на моментното изпълнение. Десойки и др. (1999) ползват симулационен анализ, за да се покаже, каква е ползата от това да се знае местоположението на автобуса и тя е най-значима, когато същия има значително закъснение.

В третата група се предложени методи за математическо програмиране. Фърт и Уилсън (1981) и Гало се стремяха да увеличат нетната социална изгода, в зависимост от ограниченията на общата субсидия, размера на подвижния състав и нивата на натоварване на пътници.

Четвъртата група модели са базирани на данни, описани от Сидир (1986, 2007). Основната цел на авторът е при предоставяне на транзитни услуги да се определят необходимия брой превозни средства за транспортирането на максимален брой пътници по цялата дължина на маршрута за даден период от време.

1.2 Планиране на превозни средства

Планирането на превозните средства се отнася до проблема за определяне на оптималното разпределение на същите, изпълняващи всички пътувания в даден фиксиран график. Към всеки автобус е назначена верига от пътувания, включително евентуални провалени курсове или празни пътувания. Числеността на изпълнимите решения на този проблем е изключително голям, особено когато превозните средства са базирани в множество депа. Затова голяма част от фокуса на литературата е базиран върху изчислителни казуси.

Льобел (1998, 1999) е обсъдил проблема с планирането на превозни средства, тръгващи от различни депа и релаксацията му в линейна програмна формулировка, която може да се реши с помощта на метода на разклоняване и орязване.

Фрелинг и др. (2001) разглеждали случай на превозни средства, тръгващи от едно депо и идентични по вид, като се фокусират върху формулировки за квази задаване и алгоритми на „търг“.

Нюсман и др. (2004) са предложили динамична формулировка на проблема с разписание на превозни средства, тръгващи от различни депа. Традиционно, статичният проблем с планиране на превозни средства, при движение по разписание се предполага, че времената на пътуване са фиксирани и влизат в решението на процедурата само веднъж. Динамичната формулировка разхлабва това предположение, като решава последователност от оптимизационни проблеми за кратки периоди.

2. МОДЕЛ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОПТИМАЛЕН БРОЙ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА

Проблемът с оптималния, но минимален брой на превозните средства може да се намери с или без празни пътуванията до спирката на тръгване по зададеното разписание като се използва метода за оптимално планиране на мулти-превозни средства при движение по транзитен маршрут. Празното пътуване между двете крайни спирки и депото и обикновено се вписва в графика, (1) за да се гарантира, че графикът е балансиран в началото и края на деня и (2) за прехвърляне на превозно средство от една спирка, където не е необходимо, до друга, когато е нужно за обслужване на пътуване от разписанието.

2.1 Отчитане на практическо планиране на операции

Нека маршрут r има две крайни спирки a и b . Тогава T_{ria} и T_{rjb} са средно време за пътуване по маршрут r за превозните средства, заминаващи във времена t_{ia} и t_{jb} , съответно от a и b , като са включени и времената на престой на спирките на пристигане. Нека n_{ia} са

броя заминавания от a , които тръгват във времето t_{ia} и е включено заминаване i_a и време за тръгване $t_{i'a}$, в което заминаването $i'a$ е изключено. Така ia пристига до спирка b , след това продължава с пътуване jb , като последното възможно тръгване от b към a в даден момент е по-голям или равен на $t_{ia} + T_{ria}$. $t_{i'a}$ е първото възможно тръгване от a до b в даден момент по-голям или равен на $t_{jb} + T_{rjb}$. По същия начин можем да определим и тръгванията от b . В случай на празни пътувания, заминаванията от a трябва да се извършват от различни превозни средства, както и тръгванията n_{jb} . Доказването на изложеното по-горе се основава на противоречие. Приемаме, че едно и също превозно средство може да извърши две тръгвания, включени в n_{ia} от спирка a . За да завърши пълното обратно пътуване, включително и времената за пристигане, превозното средство може да вземе само тръгването $i'a$ от спирка a във време t_{ia} , което не е включено в n_{ia} , следователно един автобус не е възможно да извърши две тръгвания в рамките n_{ia} . В случай на преплитания между маршрутите и движение по същите без празни пътувания, минималния размер на подвижния състав, необходимия за маршрут r е:

$$(1) \quad N^r \min = \max \{ \max_i n_{ia}, \max_j n_{jb} \}$$

където: n_{ia} - брой заминавания от спирка a

n_{jb} - брой заминавания от спирка b .

2.2 Пример за определяне на необходимия брой превозни средства за единичен маршрут

Изчисление на n_{ia} $T_{ria} = 15$ мин.			Изчисление на n_{jb} $T_{rjb} = 15$ мин.		
n_{ia}	График при a	График при b	График при a	График при b	n_{jb}
3		5:00	6:00 ←	5:00	3
2		5:30	6:15 ←	5:30	2
3		6:00	6:30 ←	6:00	1
3		6:30	6:45 ←	6:30	2
4		6:50	7:00 ←	6:50	5
4		7:05	7:10 ←	7:05	5
3		7:10	7:20 ←	7:10	4
2		7:15	7:25 ←	7:15	4
2		7:20	7:40 ←	7:20	3
-		7:30	8:00 ←	7:30	3
	7:40		7:40	2	
	8:00		8:00	-	
Мах n_{ia}	4				
Мах n_{jb}			5		
$N^r \max$	max (4, 5) = 5				

Фиг. 2 Пример за определяне на броя на превозните средства при еднопосочен маршрут

На фиг. 2 е онагледено определянето на оптималния брой превозни средства при използване на средно време за пътуване $T_{ria} = T_{rjb} = 15$ мин., което е постоянно през целия

период на изследването и важи за движението от спирка a до b и в обратна посока. Разписанията съдържат 10 отпътувания от a и 12 от b . Изчисленията за n_{ia} и n_{jb} са показани със стрелки на посочената по-горе фигура. Като се започне с първо отпътуване в a за n_{ia} и съответно от спирка b за n_{jb} . Плътната линия на фиг. 2 представлява посоката и първия възможен час на тръгване, а пунктираната линия - първата възможност за тръгване в обратна посока. Това води до определяне, както на n_{ia} , така и на n_{jb} и в крайна сметка на минималния, но оптимален брой на превозните средства, движещи се по маршрут r . Съгласно уравнение (1) $N_{\min} = 5$. Веригите(блокове) могат да се конструират с помощта на правилото „първ вход, първо излизане”. От тук следва, че блокът ще започне в депото за първото планирано пътуване и след това ще осъществи отпътуване от другата крайна спирка, съгласно разписанието. Същият обикновено завършва с пътуване до депото. Тези пътувания обикновено са празни. От фиг. 2 се вижда, че може да се конструират пет блока, като се започне с първо тръгване (5:00) от спирка b и се използва посоченото по-горе правило, след което се изтриват избраните тръгвания и се продължава със следващ блок, докато не се направят всичките отпътувания по зададеното разписание. При всяка стъпка (в b) се прави проверка, за да се види дали следващото тръгване може да бъде направено при неизползвано отпътуване от a и ако е така дали е разрешено. Всеки блок може да започне в спирка a или може да се използва като част от по-голям блок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Често срещана практика при планирането на превозни средства е да се използват диаграми за време и пространство. При планирането на подвижния състав е трудно да се използват различни средни скорости за отделните сегменти на маршрута, при които линиите в диаграмата време-пространство могат да се пресичат една друга. Това говори също за неудобство при използването на тези диаграми с ръчно вмъкване на безпредметни пътувания и/или и промяна на часовете на заминаване. Планирането по този начин е тромаво, в много случаи и невъзможно такъв тип диаграми да се използват за извършване на промени и подобрения при планирането. Тези ограничения ни накараха да разгледаме по-привлекателни подходи. Проучването изследва ефекта от планирането на превозни средства при градски пътнически транспортни линии с фиксирани разписания. В случай, че няма заплитания (между маршрутите) и няма празни пътувания, минималният размер на парка, необходим за маршрут, е максималният заминаващ от крайните автобусни спирки. При практическото планиране на превозните средства в един маршрут, хората, извършващи го трябва да се опитат да разпределят подвижния състав по-възможно най-ефикасно начин, като може да бъде с или без празни пътувания. По такъв начин се намалява големината на парка от превозни средства и необходимите разходи за всяко едно от тях. И накрая, смята се, че благоразумното използване на превозни средства, като се вземат в предвид различните им модели, води до по-икономично пътуване и спестяване на ресурси.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Assenova, Silvia, Optimal single-route vehicle scheduling, Journal Knowledge, Vol. 41 № 4 ISSN 2545-4439, 2020
- [2] Ceder, A., Methods for creating bus timetables. Transportation Research, 21A (1), 59-83, 1986
- [3] Ceder, A., A step function for improving transit operations planning using fixed and variable scheduling. In Transportation and Traffic Theory, (M.A.P. Taylor, ed), 1-21, Elsevier Science, 2002
- [4] Ceder, A, Public Transit Planning and Operation: Theory, Modeling and Practice. 2007 Oxford, UK: Elsevier, Butterworth-Heinemann. This book was translated to Chinese by the Tsinghua publishing press, Beijing, China, June 2010.

- [5] Ceder, A., Public-Transport Vehicle Scheduling with Multi Vehicle-Type". Journal of Transportation Research, 19C (3), 485-497, 2011
- [6] Ceder, A. and Stern, H.I., Deficit function bus scheduling with deadheading trip insertion for fleet size reduction. Transportation Science, 15 (4), 338-363., 1981
- [7] De Palma, A. and Lindsey, R., Optimal timetables for public transportation. Transportation Research, 35B, 789-813, 2001
- [8] Dessouky, M., Hall, R., Nowroozi, A., and Mourikas, K., Bus dispatching at timed transfer transit stations using bus tracking technology. Transportation Research, 7C (4), 187-208.,1999
- [9] Löbel, A., Solving large-scale multiple-depot vehicle scheduling problems. In Computer-Aided Transit Scheduling. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 471 (N. H. M. Wilson, ed.), pp. 193-220, Springer-Verlag, 1999
- [10] Newell, G. F., Dispatching policies for a transportation route. Transportation Science, 5, 91-105, 1971

MODEL FOR DETERMINING THE NUMBER OF VEHICLES FOR URBAN PASSENGER TRANSPORT

Silvia Assenova, Mirena Todorova
silviaboianova@yahoo.com, mirena@vtu.bg

„Todor Kableshov” University of transport
158 Geo Milev street, Sofia
Bulgaria

Key words: *urban passenger transport, vehicles, mileage, schedule*

Summary:*The road urban passenger transport is the main type of transport used by the people. It is conditioned by its maneuverability and different driving ability, depending on the type of rolling stock. The municipalities give the requirements for the type of rolling stock, moving on each bus line. It determines the number of lines, serving by a given type of rolling stock and the need to develop its schedules. By the following restrictions - set schedule on the route line, fixed time of arrival and departure from each stop on the route, the type of rolling stock, traffic in the city, the study investigates the options of vehicles serving given lines. It creates a model for a determination of the schedule and of the required number of vehicles, moving on the serviced routes. It sets limitations with main impact on the rolling stock schedule in order to minimize the number of vehicles. As a result, the main task of the study will be achieved - servicing given lines with minimum number of vehicles, which is optimal variant.*