Механика Транспорт Комуникации

Научно списание

issn 1312-3823

брой 2, 2009 г.

статия № 0352

http://www.mtc-aj.com

МОДЕЛИРАНЕ НА ПЪТНИКОПОТОЦИТЕ В ГРАДСКИЯ ОБЩЕСТВЕН ТРАНСПОРТ

Ставри Димитров
stavri_dimitrov@hotmail.com

Висше транспортно училище "Тодор Каблешков",
ул. "Гео Милев" 158, София 1574, БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *транспортни потребности, транспортно обслужване, пътникопотоци, градски обществен транспорт, маршрут, метод, пътувания, таксиметров транспорт, транспортни райони, матрица на пътническите кореспонденции.*

Резюме: *Настоящата публикация описва нов метод за определяне на пътникопотоци, при който е доразвита представената в [4] концепция. Разработеният метод [3] дава възможност на базата на информацията за пътуванията на пътниците с такси да се определят пътническите кореспонденции с градски обществен транспорт между транспортните райони, както и кореспонденциите между районите по нов или съществуващ маршрут на обществения транспорт и моделира очаквания или получи действителния пътникопоток по участъците му в отделните направления.*

1. Увод

Осигуряването на бърз, удобен и икономически изгоден транспорт в градовете е една от главните задачи на общинските структури. В стратегически план това се постига с определяне на параметрите и насоките в транспортната част на градоустройствения план на населените места, а в оперативен план – с определяне и осигуряване на необходимите транспортни средства за обществен превоз на пътници и условия на движение за транспортните и пешеходните потоци. За тези цели е необходимо да се създаде и поддържа база от данни, съдържаща данни както за транспортните потребности на населението, така и за транспортното му обслужване. За определяне на транспортните потребности и оценка на транспортното обслужване на населението е необходимо да се провеждат систематични наблюдения, даващи възможност да се получат данни за закономерностите и особеностите на формиране на пътникопотоците, както и на данни за появата на транспортно търсене от страна на населението [2].

Пътникопотоците зависят от различни фактори и са променливи във времето. За установяване на настъпилите изменения в направленията и мощността им е необходимо периодично същите да се подлагат на проучване. Получените данни позволяват редовно да се извършват корекции на превозните възможности на градския обществен транспорт така, че той да отговори на

новите транспортни потребности на населението. Корекции се правят по всички маршрути и най-вече по новооткритите, при които първоначално пътникопотоците са непостоянни. Колкото по-често се прави проучване и актуализиране на данните, толкова по-добро ще бъде използването на превозните средства и по-високо ще е нивото на транспортното обслужване.

2. Предпоставки и начини за разрешаване на проблема

Най-широко използваните методи и модели за определяне на очакваните или реализирани пътникопотоци в масовия градски транспорт са различните видове анкети сред населението и натурни преброявания (таблични, талонни, окомерни и др.) по маршрути или спирки [1,7]. Недостатъкът на тези методи се изразява в това, че са скъпи и трудоемки за систематично провеждане, което е и основната причина рядко да се прилагат в град София.

В последните няколко десетилетия са разработени и няколко основни групи математически модели за определяне и прогнозиране на пътникопотоците:

1. Детерминирани, разглеждащи придвижванията във вид на функция от определящи фактори, даваща еднозначно решение (гравитационен модел, модел на електростатична аналогия и др.);

2. Вероятностни, разглеждащи придвижванията във вид на стохастически величини, подчиняващи се на статистически закономерности (модели на множествена регресия, имитационни модели, ентропийни и др.);

3. Евристични, определящи динамиката в ръста на обема придвижвания на основата на евристично прогнозиране (методи на динамичните редове, методи с коефициент на растежа и др.) [5].

Гореспоменатите методи и модели не могат да се прилагат непосредствено за определяне на транспортните потребности и пътувания в гр. София, тъй като се базират на сериозни статистически изследвания за конкретни градове или региони, характеризиращи се със специфични транспортни условия, структура и подвижност на градското население.

3. Решение на проучения проблем

За решаване на задачата за определяне на транспортните потребности и избягване на недостатъците на познатите до този момент методи за проучване на пътникопотоците е разработен нов метод [3]. Основно в разработения метод е приемането, че потребността от пътуване на пътника от местоживеене до месторабота не зависи от вида транспорт за нейното удовлетворяване. Това дава основание да се приеме, че транспортните потребности на пътниците, ползващи таксиметров транспорт съответстват на транспортните потребности на частта от населението, пътуваща с градски обществен транспорт. Целта на метода е да се използват данните за превоза на пътниците с таксиметров транспорт и въз основа на тях да се определят транспортните потребности, в частност пътникопотоците по линиите на масовия градски обществен транспорт.

Тъй като метода се основава на изследвания върху пътуванията на пътниците с такси, за прилагането му трябва да са изпълнени следните условия:

- в града да има добре развит таксиметров транспорт;
- таксиметровите автомобили да са оборудвани с GPS, което предоставя възможност да се извлича информация за началната и крайната точка на пътуване, извършения от такситата пробег и определяне на скорост на движение;

- да е осигурен достъп до информацията за извършените от таксиметровите автомобили курсове по дни и часове, позволяваща да се установят направленията на пътуване на пътниците с такси;

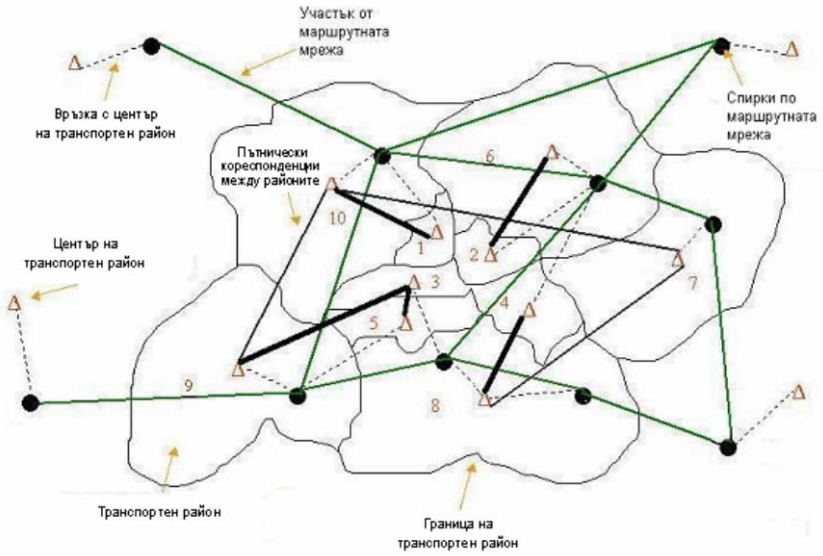
- да са събрани статистически данни за общия брой извършени пътувания с градски обществен транспорт (ГОТ) без прекачване (еднократни пътувания) и броят на пътуванията на пътниците с таксиметров транспорт.

Разработеният метод дава възможност да се решат следните две задачи:

1. Определяне на пътническите кореспонденции с обществен транспорт между транспортните райони на града.

2. Определяне на кореспонденциите между районите по нов или по съществуващ маршрут на линия на градския обществен транспорт и моделиране на очаквания или получаване на действителния пътникопоток по участъците му в отделните направления.

За да се определят направленията на пътуване на пътниците е необходимо да са извърши разделяне на територията на града на *n* на брой транспортни райони (фиг. 1) при положение, че са известни транспортната мрежа на града и маршрутна мрежа на обществения транспорт.



Фиг. 1 Транспортни райони

При обособяване на граници, големина и брой на транспортните райони (ТР) е препоръчително да се спазват следните правила [6,7,8,9,11]: (1) Транспортният район трябва да е обособен като самостоятелна единица и да притежава собствен притегателен център за пътниците. (2) Площта на всеки ТР се определя в зависимост от разположението му спрямо централната градска част. (3) В зависимост от неговата големина, в границите на един ТР могат да влизат един или няколко жилищни комплекси (квартали). (4) ТР не трябва да се пресича от естествени препятствия като железопътни линии, канали, реки и др. (5) Обикновено реките, водохранилищата и парковете служат за граници на ТР. В останалите случаи границите на транспортните райони се прокарват през точки, равноотдалечени от главната улична мрежа, която се обслужва от линиите на масовия градски транспорт. (6) Границите им не трябва да се намират до спирки с голям пътникооборот, както и в непосредствена близост до предприятия с голяма численост на работниците. (7) Границите на ТР трябва да се прокарват

така, че да не разделят територията на даден жилищен комплекс, жилищен блок, паркове и др. (8) За центрове на транспортните райони са избират места, в които се формира или се поглъща голям пътникопоток - спирки на ГОТ или места на съсредоточаване на трудова активност. (9) В случаите на равномерно застроена площ в жилищните комплекси е възможно центъра на ТР да съвпада с неговия геометричен център. (10) През центъра на ТР трябва да преминава главна улица, която осъществява връзка с други ТР, посредством минаващи през нея маршрутни линии. (11) Номерирането на ТР се извършва в произволно избран ред. (12) Изобразяването на транспортните райони се извършва върху мащабирана работна карта на града.

Входната за целите на метода информация са поръчките за пътуване на пътниците с таксиметров транспорт, съдържащи ден и час на поръчване на такси, начален и краен за пътуването пунктове. С постъпилата информация за извършените след поръчване на такси по телефон курсове се запълва масив "курсове между транспортните райони". Курсовете, започващи от жилищни комплекси от съответния район се присвояват към центъра му. Аналогично присвояване се прави и на завършващите в жилищните комплекси от друг транспортен район курсове. Последователно чрез описания способ се проследяват всички извършени курсове за разглеждания часови интервал, в резултат на което се получава наслагване на информацията за курсовете по отделните направления. Процесът по натрупване и съхраняване на данните е непрекъснат, което позволява да се извършва актуализиране на базата от данни. С информацията за курсовете, извършени след поръчване на такси по телефон се запълва матрица на курсовете между транспортните райони $\{Tij_{тел}\}$ (табл. 1). Матрицата е симетрична и отразява броя на извършените таксиметрови курсове след поръчване на такси по телефон между всяка двойка транспортни райони (i,j), където $i = 1,\ldots,n - 1$, а $j = 2,\ldots,n$. В началния си вид стойностите в клетките на получената матрица изразяват общия брой извършени курсове от такситата за периода на събиране и натрупване на данните. Данните в матрицата могат да се сортират по часове, дни и желани периоди.

Таблица 1 Матрица на курсовете между транспортните райони

Начални райони *i* \ Крайни райони *j*	1	2	3	.	.	.	n	Общо курсове	%
1									
2									
3									
.									
.									
.									
n									
Общо курсове									
%									

Матрицата на курсовете между транспортните райони $\{Tij_{тел}\}$ съдържа само курсовете, извършени от таксита след поръчване по телефон. За определяне на общия брой курсове между районите, извършени от всички таксита, работещи в пределите на града по време на изследвания часови интервал е извършена корекция на стойностите в $\{Tij_{тел}\}$ чрез използване на зависимостта:

(1) $$Tij = Tij_{тел}.K_1.K_2,$$

където: T_{ij} – курсове между районите i и j, извършени от всички таксита;

K_1 – коефициент, отчитащ влиянието на извършените таксиметрови курсове с неизвестно назначение;

K_2 – коефициент, отчитащ отношението на общия брой таксиметрови курсове към броя на тези, извършени след поръчване на такси по телефон.

С така коригираните стойности матрицата на курсовете между районите се преобразува в матрица на курсовете, извършени от всички таксита $\{T_{ij}\}$.

Броят на превозените пътници с такси между районите i и j за разглеждания часови интервал се определя като за отделните курсове T_{ij} от матрицата на извършените от всички таксита курсове $\{T_{ij}\}$ се отчете влиянието на средното напълване на таксиметровите автомобили:

(2) $$K_{ij_m} = T_{ij}.П_m,$$

където: K_{ij_m} - кореспонденции на пътниците с такси между районите i и j;

$П_m$ - среден брой пътници в такси за един курс. В резултат на това се получава матрица на кореспонденциите на пътниците пътуващи с такси $\{K_{ij_m}\}$ между районите, имаща вид и размерност идентични с матриците $\{T_{ij_{тел}}\}$ и $\{T_{ij}\}$.

Въз основа на направеното приемане, че целта на пътуване на пътника не зависи от способа за неговото осъществяване, стойностите от матрицата на кореспонденциите на пътниците пътуващи с такси $\{K_{ij_m}\}$ се трансформират в кореспонденции на пътниците с градски обществен транспорт.

За определяне на матрицата на пътническите кореспонденции с градски обществен транспорт $\{K_{ij_{гот}}\}$ от районите на местозараждане и отправяне i към районите на назначение j стойността на всяка клетка от матрицата $\{K_{ij_m}\}$ се умножава с коефициент K_3, отразяващ отношението на броят на извършените с градски обществен транспорт пътувания без прекачване (еднократни пътувания) към броят на пътуванията на пътниците с такси. Използва се формулата:

(3) $$K_{ij_{гот}} = K_{ij_m}.K_3$$

Потребността от пътувания се удовлетворява в една или друга степен от съществуващите маршрути на ГОТ, преминаващи през съответните транспортни райони. За определяне на очаквания пътникопоток по отделни маршрути – съществуващи или новооткрити – се установяват броят и номерата на маршрутните линии на градския обществен транспорт, които осъществяват връзка по участъците между всеки два транспортни района (табл. 2).

Таблица 2

Обща номерация	Вид транспорт	№ по ред	Маршрут	Нач. район	Междинни райони	Краен район
1	Трамвай	1	1	5	6,7,10,32,27,20,18	15
2	Трамвай	2	6	...	...	...
3	Тролейбус	1	9	...	...	...
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
n - 2	Автобус	18	9	...	...	...
.	.	.	.	.	.	.
n	Автобус	20	84	...	...	...

Въз основа на информацията за маршрутите се попълва матрица на маршрутните връзки между транспортните райони, указваща броя на връзките между районите, която има размерност като на матрицата на пътническите кореспонденции с ГОТ. В случаите, когато един или повече маршрути осъществяват връзка между два района, в клетката получена от пресичането на реда и стълба, отговарящи на тези номера на райони и представляваща участъка

между тях се вписва броят на обслужващите маршрути. Ако между два района няма директен маршрут, в клетките на матрицата се вписва 0.

Пътническите кореспонденции между транспортните райони е възможно да се удовлетворят по два начина:

- с извършване на пътувания без прекачване;
- с извършване на пътувания с прекачване.

Методът позволява разглеждане при условие, че всички райони са транспортно достъпни в условия на извършване на пътуване с едно прекачване.

След като се получи матрицата на пътническите кореспонденции между транспортните райони и се състави матрицата на маршрутните връзки се извършва пренасочване на пътниците към съществуващата маршрутна мрежа на ГОТ и тяхното усвояване. Това се постига чрез сравнение на съдържанието на клетките от матрицата на пътническите кореспонденции със съответстващите им клетки от матрицата на маршрутните връзки. Възможни са следните събития:

- между два района няма кореспонденции и участъците между районите не се обслужват от нито един маршрут;
- между два района няма кореспонденции, но участъците между районите се обслужват от поне един маршрут;
- между два района съществуват кореспонденции, но участъците между районите не се обслужват от нито един маршрут;
- между два района съществуват кореспонденции и участъците между районите се обслужват от поне един маршрут.

В зависимост от това кои от горните събития се сбъдват и като се ползват стойностите от клетките на матрицата на кореспонденциите се съставят матрица на пътуванията без прекачване и матрица на пътуванията с прекачване между транспортните райони.

За определяне на кореспонденциите по маршрут на градския обществен транспорт, кореспонденциите от матрицата на пътническите кореспонденции $\{Kij_{гот}\}$ се разпределят съобразно матрицата на маршрутните връзки в матрица на пътуванията без и с прекачване между районите. Пътуванията с прекачване от едноименната матрица се разпределят по участъците на дублиращи или свързващи транспортните райони маршрути. Получените стойности представляват еднократните пътувания, получени след разпределяне на пътуванията с прекачване. С една част от тези пътувания и с част от еднократните пътувания от матрицата на пътуванията без прекачване се запълва матрица на кореспонденциите между районите от разглеждания маршрут (табл.3), която е с размерност, отговаряща на броя на транспортните райони по маршрута.

Таблица 3 Матрица на кореспонденциите между районите от разглеждания маршрут

	До / От	Транспортни райони *j*								
		1	**2**	**3**	.	.	.	**n - 1**	**n**	**Общо тръгнали (качили се) $A\,i_к$**
Транспортни райони *i*	**1**		$K12_м$	$K13_м$	.	.	.	$K1n\text{-}1_м$	$K1n_м$	$A\,1_к$
	2									$A\,2_к$
	3									$A\,3_к$
	.									.
	.									.
	.									.
	n - 1									$A\,n\text{-}1_к$
	n									*0*
	Общо пристигнали (слезли) $A\,j_{сл}$	$A\,1_{сл}$	$A\,2_{сл}$	$A\,3_{сл}$	.	.	.	$A\,n\text{-}1_{сл}$	*0*	**Общо превозени пътници по маршрута**

Броят на тръгналите от и пристигналите в даден транспортен район *i* пътници (пътникообмена в районите) се получава от формулите:

(4) $$A_{i_к} = \sum_{j=1}^{n} K_{ij_м} ,$$

където: $A_{i_к}$ – тръгнали (качили се) пътници от транспортен район *i*;

$K_{ij_м}$ – кореспонденции между районите *i* и *j* от маршрута.

(5) $$A_{j_{сл}} = \sum_{i=1}^{n} K_{ij_м} ,$$

където: $A_{j_{сл}}$ – пристигнали (слезли) пътници в транспортен район *j*.

Сумарният брой на превозените пътници *A* по маршрута е равен на:

(6) $$A = \sum_{i=1}^{n} A_{i_к} = \sum_{j=1}^{n} A_{j_{сл}},$$

където: $\sum_{i=1}^{n} A_{i_к}$ – общ брой пътници, тръгнали (качили се) от район *i*;

$\sum_{j=1}^{n} A_{j_{сл}}$ – общ брой пътници, пристигнали (слезли) в район *j*.

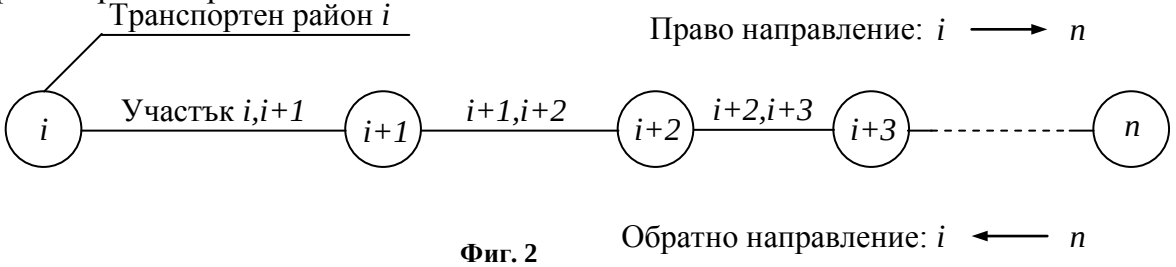
Кореспонденциите в матрицата представляват потребностите от пътувания между транспортните райони от маршрута и формират очаквания пътникопоток по участъците и направленията на този маршрут.

Пътникопотокът по участъците и направленията на маршрута (фиг. 2) се определя като се ползва зависимостта [10]:

(7) $A_{i,i+1} = A_{i-1,i} + A_{i_k} - A_{j_{сл}}$, за $j = i$,

където: $A_{i,i+1}$ – брой превозени пътници в участъка от маршрута между транспортните райони *i* и *i+1*;

$A_{i-1,i}$ – брой превозени пътници в участъка от маршрута между транспортните райони *i-1* и *i*.



Фиг. 2

4. Заключение

В сравнение с познатите методи за определяне на пътническите кореспонденции и проучване на пътникопотоците разработеният метод притежава следните предимства:

1. Методът е универсален и може да се прилага за всички градове с развит таксиметров транспорт. Получаваните данни за пътническите кореспонденции отразяват транспортните потребности на населението от извършване на пътувания с градски обществен транспорт между районите на града и не зависят от съществуващата маршрутна мрежа, организация на движение и брой транспортни средства, извършващи превозите.

2. Тъй като информацията за извършените таксиметрови курсове по часове на денонощието постъпва автоматизирано, същата може да се допълва и актуализира, което премахва необходимостта от ангажиране на преброители и изработване на анкети и талони за проучване на потребността от превози.

3. Методът позволява да се определи коефициента на прекачване на пътниците $К_{прек}$ с помощта, на който да се оцени целесъобразността на маршрутната схема на градския обществен транспорт.

4. Методът може да послужи за оценяване и оптимизиране на маршрутната схема чрез промяна на действащи и съставяне на нови маршрути, както за масовия градски, така и за допълнителния маршрутен транспорт.

5. Методът дава възможност да се определят основните характеристики на пътническите потоци за всеки маршрут и оцени транспортното обслужване.

5. Литература

[1] АФАНАСЬЕВ, Л. Л., ВОРКУТ, А. И. и др., "Пассажирские автомобильные перевозки", Москва, "Транспорт", 1986 г.

[2] ГОЛОВАНЕНКО, С.Л., КРАМАРЕНКО, И.Г. и др.,"Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом", Киев, "Техника", 1981 г.

[3] ДИМИТРОВ, С. Д., "Изследване на параметрите на индивидуалния и обществения пътнически транспорт в градовете", Дисертация, Технически Университет – София, 2006 г.

[4] ДИМИТРОВ, С. Д., "Метод за определяне на пътникопотоците в градския обществен транспорт", доклад изнесен на Младежки форум 2004, Научно-технически съюз по транспорта, гр. София, 20 Май 2004 г.

[5] ЕФРЕМОВ, И. С., КОБОЗЕВ, В. М., ЮДИН, В. А., "Теория городских пассажирских перевозок", М.: Высшая Школа 1980 г.

[6] ИВАНОВА, Д., КАЛИНОВ, Ив., ЯНАКИЕВА, Е., "Методика за проучване на пътникопотоците в градския пътнически транспорт", Институт по експлоатация на автомобилния транспорт, Сборник доклади,София, 1981г.

[7] КАЧАУНОВ, Т. Т., СТАМЕНОВ, В. Н., "Градски пътнически транспорт", София, 1994 г.

[8] МАРИНОВ, Й. И, "Изграждане на рационални маршрутни схеми на масовия градски пътнически транспорт", Дисертация, ВТУ "Ангел Кънчев", Русе, 1985 г.

[9] МИТАИШВИЛИ, Р. Л. "Система показателей хозяйственной деятелности на пассажирском автомобильном транспорте",Москва, "Транспорт",1987г.

[10] СИМЕОНОВ, Д. Г. "Ръководство за упражнения по технология и организация на автомобилните превози", Русе, 1992 г.

[11] ЮДИН, В. А., САМОИЛОВ, Д. С., "Городской транспорт", Москва, "Стройиздат", 1975 г.