

УДК 656:004

Т.Ю. БАЗЮК

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ПАССАЖИРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

По данным о количестве вошедших и вышедших пассажиров на каждой остановке всего маршрута предложен метод определения пассажирских корреспонденций расчётным способом. Метод основан на гипотезе, теоретическое обоснование которой осуществлено с позиций теории информации. Рассмотрен метод формирования информационного обеспечения задачи по выбору оптимальной системы маршрутов и их количества в зависимости от пассажиропотока, в связи с этим предложен метод решения задачи оптимального распределения подвижного состава по маршрутам.

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимальность распределения, пассажиропоток, матрица корреспонденций.

Введение. Под математическим моделированием понимается такой способ моделирования, при котором математическая модель того или иного объекта (или системы объектов) представляется в виде некоторых аналитических зависимостей. Такой подход к моделированию позволяет получать результаты в наглядном виде, применять модели одних объектов (например, в сети городского пассажирского транспорта) при создании модели других объектов (органов планирования и управления) [1].

Математическое моделирование позволяет использовать богатый набор оптимизационных методов, доказать корректность применения этих методов. Кроме того, намного упрощается анализ получаемых результатов.

Основным недостатком математического моделирования является ограничение на число факторов, которые можно учесть в модели. При большом числе факторов модель усложняется настолько, что теряется всякая наглядность получаемых результатов.

Постановка задачи. При описании модели мы будем рассматривать задачи, решаемые на стадии текущего планирования и управления транспортными процессами, а именно:

- 1) выбор оптимальной системы маршрутов;
- 2) оптимальное распределение подвижного состава по маршрутам;
- 3) составление оптимального расписания и др.

Основные методы. В данной статье рассматриваются методы формирования информационного обеспечения перечисленных задач, а также предлагается метод решения задачи оптимального распределения подвижного состава по маршрутам.

Для формирования информационного обеспечения необходимо рассмотреть теорию расчетов пассажиропотоков, в том числе методы оценки существующих матриц корреспонденций [3].

Модель восстановления матрицы корреспонденций. Наиболее полно методы формирования и оценки матриц корреспонденций рассмотрены в отчете IIASA [5]. Методы оценки существующих матриц корреспонденций предлагается классифицировать следующим образом:

- методы, основанные на моделировании распределения транспортных потоков (Traffic modeling based approaches);
- статистические методы (Statistical Interference approaches);
- градиентный метод (Gradient based solution techniques).

Автор этого отчета Т. Abrahamson считает, что в наиболее общем виде модель обновления матрицы корреспонденций формулируется как

$$\min F(g, v) = \gamma_1 F_1(g, \hat{g}) + \gamma_2 F_2(v, \hat{v}), \quad (1)$$

$$v, g \geq 0, v = \text{assign}(g),$$

где $\mathcal{G}$ – новая матрица корреспонденций; $\hat{\mathcal{G}}$ – матрица корреспонденций, полученная по результатам предшествующих исследований; $v, \hat{v}$ – вектора значений наблюдаемых потоков – новый и прежний; F_1, F_2 – некоторые меры расстояния, например, евклидова норма, или минимум информации (максимум энтропии); $\text{assign}(g)$ – распределение потоков V по сети, разделяющее матрицу корреспонденций g_{ij} на потоки, следующие разными маршрутами.

В случаях, когда отсутствует “старая” матрица, используют методы, основанные на моделировании распределения потоков. В этих методах наиболее сложным является установление маршрутов, по которым следуют корреспонденции g_{ij} из зоны i в зону j . Такая информация представляется в виде матрицы P , элементы p_{ij}^a которой являются долей корреспонденций между зоной i и зоной j , использующих дугу a

$$0 \leq p_{ij}^a \leq 1. \quad (2)$$

Соответственно интенсивность движения v_a на данной дуге a

$$v_a = \sum_{ij} p_{ij}^a g_{ij}, \quad a \in A. \quad (3)$$

В задачах восстановления матриц корреспонденций выделяют два типа распределения потоков

1. *Пропорциональное распределение.* В этом случае потоки v_a и доли p_{ij}^a считаются независимыми друг от друга. Значения p_{ij}^a могут задаваться до начала моделирования распределения. В том числе допускается применение принципа “все или ничего” (all-or-nothing), при этом предполагается, что корреспонденции используют пути минимальной стоимости.

2. *Равновесное распределение.* Моделирование выполняется в соответствии с принципами Водропы [4], т.е. значения p_{ij}^a зависят от величин потоков на всех дугах $p_{ij}^a = p_{ij}^a(v)$ и не могут определяться заранее.

Отсутствие предварительной информации о маршрутах движения требует представить исходные данные для оценки матрицы корреспонденций так, чтобы каждая пара взаимно корреспондирующих пунктов была связана одним маршрутом. Это можно осуществить разделением матрицы корреспонденций участка дорожной сети на группу матриц корреспонденций, каждая из которых будет представлять “отдельный маршрут”. Аналогом является модель оценки межстаночных корреспонденций отдельного маршрута.

В модели изолированного маршрута рассматривается одно из двух направлений движения и используются данные о количестве входящих и

выходящих пассажиров на остановочных пунктах (ОП); межостановочная матрица корреспонденций X является треугольной с нулевой диагональю,

$$\begin{array}{ccccccc} 0 & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1,n} & & \\ & 0 & x_{23} & \dots & x_{2,n} & & \\ & & & \dots & & & \\ & & & & 0 & x_{n-1,n} & \\ & & & & & 0 & \end{array} \quad (4)$$

где x_{ij} – количество пассажиров, проехавших между i и j остановочными пунктами, $x_{ij} \geq 0$.

Сумма элементов i -й строки матрицы соответствует количеству пассажиров, вошедших на i -ом остановочном пункте, а сумма элементов j -го столбца матрицы соответствует количеству пассажиров, вышедших на j -ом остановочном пункте

$$a_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad b_j = \sum_{i=1}^j x_{ij}, \quad i, j = \overline{1, \dots, n}, \quad (5)$$

при этом a_i и b_j удовлетворяют условию

$$\sum_{j=1}^n a_i = \sum_{i=1}^j b_j. \quad (6)$$

Для матрицы X , максимизирующей взвешенную энтропию и отвечающей условию

$$H(x) = \sum_{ij} x_{ij} \ln \frac{a_i}{x_{ij}} \rightarrow \max, \quad (7)$$

было получено решение в следующем виде:

$$x_{12} = b_2;$$

$$x_{ij} = \begin{cases} \left(a_i - \sum_{m=i+1}^{j-1} x_{im} \right) b_j / C_{j-1}, & \text{если } C_{i-1} > 0; \\ 0, & \text{если } C_{i-1} = 0; \end{cases} \quad (8)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} \frac{a_{j-1} b_j}{C_{j-1}}, & \text{если } C_{i-1} > 0; \\ 0, & \text{если } C_{i-1} = 0; \end{cases} \quad (9)$$

где $C_{j-1} = \sum_{k=1}^{j-2} \left(a_k - \sum_{r=k+1}^{j-1} x_{kr} \right) + a_{j-1}$.

Определенные положения рассмотренной модели оценки межостановочной матрицы корреспонденций изолированного маршрута могут быть использованы в модели восстановления матрицы корреспонденций транспортных потоков.

Проведение эксперимента. Апробация модели проходила на предприятии МУП ПО «Электроавтотранс» г. Усолье-Сибирское. В городе существует

три маршрута: №1 – 11,9 км, №2 – 18,5 км, №3 – 12,8 км. Маршрут №2 в межпиковые часы движется по укороченному маршруту. В будние дни на линию выходят 32 вагона, в выходные – 28. Интервал движения составляет 5 минут в будние дни.

В силу относительной простоты и малой трудоёмкости способ наблюдений сегодня представляется наиболее практичным. Он даёт возможность многократных повторов и быстрой обработки результатов. Обследования этого типа не требуют вхождения в контакт с пассажирами. Практиковались следующие наблюдения:

- подсчёт посадок и высадок пассажиров на остановочных пунктах учёточниками, находящимися в подвижном составе;
- глазомерная оценка водителями, кондукторами или специальными учёточниками наполнения подвижного состава на перегонах (в сечениях).

В условиях города Усолье-Сибирского с учетом указанных оценок и реальных возможностей было решено использовать наблюдение. Наблюдение с целью глазомерной оценки наполнения подвижного состава можно производить внутри подвижного состава или извне. Целесообразно использовать сочетание этих способов. Мы использовали наблюдение внутри подвижного состава. В результате была получена следующая матрица пассажирских корреспонденций (табл. 1).

Таблица 1

Элементы межостановочной матрицы пассажирских перевозок

Номер остановки входа	Номер остановки выхода				
		0	1	2...	n
		b_0	b_1	$b_{2...}$	b_n
0	a_0	x_{00}	x_{01}	$x_{02...}$	
1	a_1		x_{11}	$x_{12...}$	
2	a_2			$x_{22...}$	
·	·			...	
·	·			...	
·	·			...	
n	a_n				

В табл.1: a_i – число пассажиров, вошедших в трамвай на i -й остановке; b_j – число пассажиров, вышедших из трамвая на j -й остановке; x_{ij} – элементы межостановочной матрицы пассажирских корреспонденций, показывающие число пассажиров, проехавших от i -й до j -й остановок.

Тогда сумма всех элементов в i -й строке соответствует числу пассажиров, вошедших в трамвай на i -й остановке (a_i), сумма всех элементов в j -ом столбце соответствует числу пассажиров, вышедших из трамвая на j -ом остановочном пункте (b_j).

Визуальный метод позволяет вначале получить элементы матрицы корреспонденций пассажиров, а затем, суммируя их по строчкам (столбцам), получаем величины вошедших (вышедших) пассажиров на каждом остановочном пункте всего маршрута (табл.2).

Таблица 2

Сводная таблица обследования пассажиропотока на маршруте №1
(прямое направление)

Название	Название остановки выхода
----------	---------------------------

остановки входа		Трампарк	Загородная	Кристалл	Юбилейный	Гостиница	Ленина	Институт	Магистральная	оборудованияБаза	9-я столовая	Кольцо
Трампарк (кольцо)												
Загородная	36				3	2	4	10	6	5	4	2
Кристалл	22				5		1	8		7	1	
Юбилейный	18					2	3	7	1	3	1	1
Гостиница	12						6	5		1		
Ленина	15							4		8	1	2
Институт	3									2		1
Магистральная	5										1	4
База оборудования	3											3
9-я столовая	1											1
Кольцо												
Общее кол-во	115											

Схожие данные получаются и при обследовании пассажиропотока на обратном направлении.

По данным о количестве вошедших и вышедших пассажиров на каждой остановке всего маршрута был предложен метод определения пассажирских корреспонденций расчётным способом. Метод основан на гипотезе, теоретическое обоснование которой осуществлено с позиций теории информации.

Пусть P_{ij} – вероятность того, что пассажиры, вошедшие в трамвай на i -й остановке, выйдут на остановке j , т.е.

$$\sum_{j=i+1}^n P_{ij} = 1, \quad P_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (10)$$

где n – число остановок на маршруте.

Предполагая, что x_{ij} – попарно независимы и $\sum_{j=i+1}^n x_{ij} = a_i$, можно определить энтропию распределения вероятностей P_{ij} относительно i -й остановки

$$H_i = -a_i \sum_{j=i+1}^n P_{ij} \log_2 P_{ij}. \quad (11)$$

Суммарная же энтропия равна

$$H = \sum_{i=1}^{n-1} H_i = - \sum_{i=1}^{n-1} a_i \sum_{j=i+1}^n P_{ij} \log_2 P_{ij}; \quad (12)$$

P_{ij} – неизвестны, тогда максимизация суммарной энтропии определяет некоторое множество

$$Q: \left\{ P_{ij}; \sum_{i=1}^{n-1} a_i P_{ij} = b_j; P_{ij} \geq 0; \sum_{j=i+1}^n P_{ij} = 1, i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, n} \right\}, \quad (13)$$

которое задаёт такую структуру искомой матрицы корреспонденций, когда известна лишь информация о количестве вошедших и вышедших пассажиров на каждой остановке всего маршрута.

Так как $x_{ij} = a_i P_{ij}$, то

$$H = - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_{ij} \log_2 \frac{x_{ij}}{a_i} \rightarrow \max \quad (14)$$

при ограничениях (5), (6).

Предложенная методика основана на решении системы линейных уравнений вида

$$\sum_{i=1}^{j-1} \frac{a_i g_i}{\sum_{k=i+1}^{n-1} g_k} = b_j, \quad j = \overline{i+1, n}, \quad (15)$$

где g_i – некоторые неотрицательные числа. При этом элементы матрицы пассажирских корреспонденций определяются следующим образом:

$$x_{ij} = \frac{a_i g_i}{\sum_{k=i}^n g_k}, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad j = \overline{i+1, n}. \quad (16)$$

С учетом этих обоснований построены следующие рекуррентные соотношения:

$$x_{ij} = \begin{cases} \frac{\left(a_i - \sum_{m=i+1}^{j-1} x_{im} \right) b_j}{C_j}, & \text{если } C_j > 0; \\ 0 & , \text{ если } C_j = 0; \end{cases} \quad (17)$$

$$x_{i,i+1} = \begin{cases} \frac{a_i b_{i+1}}{C_{i+1}}, & \text{если } C_{i+1} > 0; \\ 0 & , \text{ если } C_{i+1} = 0; \end{cases} \quad (18)$$

где $C_i = \sum_{k < i-1} \left(a_k - \sum_{m=k+1}^{j-1} x_{km} \right) + a_{i-1}$.

Если предположить, что выход на j -й остановке любого пассажира из перевозочной единицы из всех подъехавших (Q_j) есть независимое со-

бытие, вероятность которого равна $\frac{I}{Q_j}$, то для определения пассажир-

ских корреспонденций расчётным способом можно предложить следующие формулы:

а) условное математическое ожидание случайных величин λ_{ij} при выполнении условия $a_{ij} = a_i - \sum_{m=i+1}^{j-1} x_{im}$ - усреднение по вероятности:

$$x_{ij} = M(\lambda_{ij}) = \sum_k \frac{k C_{a_{ij}}^k C_{Q_j - a_{ij}}^{b_j - k}}{C_{Q_j}^{b_j}}, \quad (19)$$

где $k_{ij} = \begin{cases} b_j \cdot k, & \text{если } a_{ij} \geq b_j; \\ a_{ij} \cdot k, & \text{если } a_{ij} < b_j; \end{cases} \quad k = \begin{cases} \frac{b_j - \min[b_j, (Q_j - a_{ij})]}{b_j}, & \text{если } a_{ij} \geq b_j; \\ \frac{a_{ij} - \min[a_{ij}, (Q_j - b_j)]}{a_{ij}}, & \text{если } a_{ij} < b_j; \end{cases}$

б) среднее арифметическое значение числа пассажиров, имеющих возможность проехать с некоторой вероятностью между двумя любыми остановками

$$x_{ij} = \frac{k_1 + k_2}{2}, \quad (20)$$

где $k_1 = b_j - \min[b_j, (Q_j - a_{ij})], k_2 = b_j, \text{ если } a_{ij} \geq b_j;$
 $k_1 = a_{ij} - \min[a_{ij}, (Q_j - b_j)], k_2 = a_{ij}, \text{ если } a_{ij} \leq b_j;$

с) те значения k , вероятность которых наибольшая:

$$x_{ij} = \max_k \frac{C_{a_{ij}}^k C_{Q_j - a_{ij}}^{b_j - k}}{C_{Q_j}^{b_j}}, \quad (21)$$

где k определяется так же, как в пункте а).

Полученные формулы (14) – (21) позволяют определить величины x_{ij} . По этим данным проводились экспериментальные расчёты, в результате которых выяснилось, что отклонение численных значений колеблется в достаточных пределах, удовлетворительных для большинства практических расчётов.

Программное обеспечение. По результатам эксперимента создана программа, которая позволяет рассчитать потребное количество трамваев, их марку и вместимость для заданного пассажиропотока как на маршруте в целом (максимальное количество транспорта), так и по часам суток (потребное количество транспорта на каждый час). Исходными данными для расчета являются:

- а) максимальный объем перевозки пассажиров в час «пик», пас/ч;
- б) суточный объем перевозки пассажиров, пас;
- в) количество часов работы трамвая на данном маршруте за сутки, ч;
- г) время оборота, ч.

Основным критерием при выборе типа транспортного средства для перевозки пассажиров на заданном маршруте является целесообразный интервал движения, который определяется по результатам анализа пасса-

жиропотока. Кроме интервала движения, учитывается номинальная вместимость подвижного состава, которая соответствует числу мест для сидящих пассажиров и числу мест для стоящих из расчета 5 человек на 1м² свободной площади салона. При выборе типа трамвая (по рациональному использованию пассажироместимости) задается три значения интервала, соответствующие рангу маршрута (табл.3), прибавляется одна минута и определяется вместимость.

Таблица 3

Ранжирование маршрута

Ранг маршрута	Интервал движения, мин.	Пассажиропоток, пас/ч.
I	До 2	Свыше 3000
II	3...5	1500...2500
III	6...10	600...1000
IV	11...20	300...500
V	21...80	До 300

Затем отнимается одна минута и расчет повторяется. Расчетная пассажироместимость сравнивается с общей вместимостью (см.табл.3), и выбирается транспорт, вместимость которого будет использоваться более рационально. А, следовательно, будет наблюдаться снижение себестоимости перевозок.

В результате обработки данных о маршруте на экран выводятся (рис.1): марка транспорта; вместимость, пас; максимальное количество транспорта для часа «пик».

Рис.1. Определение потребности в подвижном составе

При работе с программным обеспечением в справочные таблицы вводятся все марки транспорта, в частности значения b_j , которые суще-

ствуют на автотранспортном предприятии (рис.2), а также таблицы коэффициентов a_{ij} – суммарное количество пассажиров, перевозимое всеми транспортными средствами на каждом маршруте для каждого временного интервала. Кроме параметров a_{ij} , для каждого временного интервала указываются значения q_{ij} , s_i (рис.3). Значения s_i – это оценки стандартов величин q_i (точности их определения), они требуют для оценки качества решения – точностей определения параметров модели коэффициентов корреляции между ними. Коэффициенты характеризуют взаимовлияние параметров – возможность увеличения одного за счет уменьшения другого.

1	Интервалы времени			
2	Код интервала	Промежутки времени, ч		
3	1	6-7, 21-24		
4	2	7-10, 16-19		
5	3	10-16, 18-21		
6				
11	Транспортные средства (1..... j..... n)			
12	Код тр. ср-ва	Наименование	Максимальная вместимость	Кол-во (b_j)
13	1	Трамвай 71-619 КТ	184	2
14	2	Трамвай 71-605 РМ2	176	2
15	3	Трамвай 71-605	211	38
16				
17				
18				
19				
20				
31	Маршруты (1..... i..... m)			
32	Код маршрута	Название		
33	1	9 столовая - Трампарк		
34	2	9 столовая - РМЗ - Привокзальная		
35	3	9 столовая - Привокзальная		
36	4	Трампарк - Привокзальный		
37				

Рис.2. Лист «Справочные таблицы»

1	А	В	С	Д	Е	Г	Н	И	К	Л	М
2	Коэффициенты a_{ij} для временного интервала, максимальные количества q_i перевозимых пассажиров на маршрутах и соответствующие стандарты s_i							Начиная со строки 21 - Статистическое моделирование для оценки качества решения			
3	1	250	244	265		q_i	s_i				
4	2	287	280	308		8000	600				
5	3	275	220	290		6000	450				
6						7000	520				

Рис.3. Исходные параметры модели a_{ij} , q_{ij} , s_i ($i = 1, 2, 3$, $j = 1, 2, 3$)

При работе с программой надо перейти на рабочий лист (рис.4), выбрать временной интервал и выполнить вычисления, нажав кнопку «Выполнить вычисления».

Расчет оптимального числа транспорта типа j ($j=1...n$) на маршруте i ($i=1...m$) для заданного времени

Выбор интервала

2

Выполнить вычисления

☒ С оценкой качества решения

$F = 12447.92$

Значения X_{ij} - см. постановку задачи

Шаги Жордановых исключений

	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	r	s	F
1													
2													
3	1	0,0	0,0	0,0							2	6	6385
4	2	0,0	2,0	17,7							6	9	11393
5	3	2,0	0,0	20,3							4	7	11943
6	4										5	5	12470

Средние значения оценок параметров, их стандарты и коэффициенты корреляции, характеризующие взаимовлияние параметров X_{ij}

	Средние	0,0	0,2	0,2	0,0	1,8	17,7	2,1	0,1	20,3			
22													
23	Стандарты	0,03	0,53	0,53	0,03	0,56	1,18	0,03	0,03	1,35			
24	1 - J	1 - 1	1 - 2	1 - 3	2 - 1	2 - 2	2 - 3	3 - 1	3 - 2	3 - 3	-1		
25	1 - 1	1,00	-0,22	-0,19	0,08	0,18	-0,05	0,02	-0,20	0,13			
26	1 - 2	-0,22	1,00	0,72	0,18	-0,92	0,09	0,01	0,27	-0,37			
27	1 - 3	-0,19	0,72	1,00	0,13	-0,83	0,12	-0,01	0,18	-0,45			
28	2 - 1	0,08	0,18	0,13	1,00	-0,20	0,00	-0,03	0,06	-0,02			
29	2 - 2	0,18	-0,92	-0,83	-0,20	1,00	-0,07	-0,11	-0,27	0,34			
30	2 - 3	-0,05	0,09	0,12	0,00	-0,07	1,00	-0,10	-0,06	-0,93			
31	3 - 1	0,02	0,01	-0,01	-0,03	-0,11	-0,10	1,00	0,08	0,14			

Постан. задачи / Справ. т-цы / Раб. лист / Инт. 1 / Инт. 2 / Инт. 3 / Инт. 4 / Инт. 5 /

Рис.4. Рабочий лист

Программа сама подберет, учитывая заданные параметры, необходимое количество транспортных единиц на каждый маршрут. Сравнивая два интервала: 1-й и 2-й (см.рис.2), получаем сравнительные таблицы расчетов (рис.5).

Выбор интервала													
1													
Выполнить вычисления													
$F = 4950$													
Значения X_{ij} - см. постановку задачи													
1	J	1	2	3	4	5	6	7	8				
2	1	0,0	0,0	10,5									
3	2	0,0	0,0	7,0									
4	3	0,0	2,0	5,3									

Выбор интервала													
2													
Выполнить вычисления													
$F = 12447.92$													
Значения X_{ij} - см. постановку задачи													
1	J	1	2	3	4	5	6	7	8				
2	1	0,0	0,0	0,0									
3	2	0,0	2,0	17,7									
4	3	2,0	0,0	20,3									

Рис.5. Сравнительные таблицы расчетов на разных временных интервалах

Из рис.5 видим, что в часы пик количество транспортных средств значительно увеличивается, а в первый временной интервал можно не выпускать на линию трамвай марки 71-619 КТ; это хорошо видно и на диаграмме, которая построена по результатам исследований (рис.6).

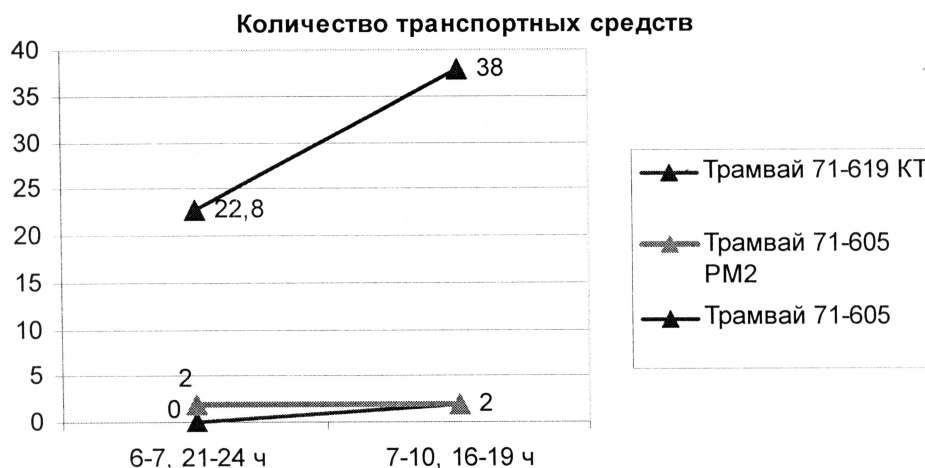


Рис.6. Результаты исследований

Выводы. С помощью разработанной программы определения потребности подвижного состава можно судить об оптимальности парка подвижного состава города и возможности прогнозирования требуемого парка подвижного состава города с точки зрения технико-эксплуатационных показателей, о выборе оптимальной системы маршрутов, оптимального распределения подвижного состава по маршрутам и о составлении оптимального расписания.

Библиографический список

1. Антошвили М.Е. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ. / М.Е. Антошвили, Г.А. Варелопуло, М.В. Хрущев. – М.: Транспорт, 1974. – 104 с.
2. Артынов А.П. Автоматизация управления транспортными системами. / А.П. Артынов, В.Н. Ембулаев, А.В. Пупышев, В.В. Скалецкий. – М.: Наука, 1984. – 272 с.
3. Артынов А.П. Автоматизация процессов планирования и управления транспортными системами. / А.П. Артынов, В.В. Скалецкий. – М.: Наука, 1981. – 280 с.
4. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
5. http://www.iiasa.ac.at/docs/IIASA_Publications.html

Материал поступил в редакцию 24.04.09.

T.U. BAZUK

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES OF MANAGEMENT OF URBAN PASSENGER TRANSPORT

On the data on quantity of the including and left passengers at each stop of all route the method of definition of the passenger correspondence by a settlement way and on the basis of the received researches the software is offered.

БАЗЮК Татьяна Юрьевна, ст. преподаватель кафедры «Информатика» кибернетического факультета Иркутского государственного технического университета. Окончила Иркутский государственный педагогический университет, математический факультет (1998).

Сфера научных интересов: оптимизация процессов, языки программирования, базы данных.

Автор 5 научных статей и 2 учебных пособий.

Bazuk@rambler.ru