

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.072

М.Е.Корягин

СОСТАВЛЕНИЕ НОВЫХ МАРШРУТОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ

Введение

В настоящее время происходят значительные изменения в работе городского пассажирского транспорта. Это следствие быстрого изменения уровня жизни городского населения, увеличения конкуренции различных пассажирских предприятий. Возникает необходимость в создании новых рентабельных транспортных маршрутов, эффективно удовлетворяющих потребности населения в перевозках.

Но при составлении таких маршрутов необходимо учитывать такие факты, как случайность потока пассажиров, большое количество пассажиропотоков, перевозимых на одном маршруте, конкуренция уже существующих маршрутов за пассажиропотоки. Число вариантов маршрутов даже при малом количестве остановочных пунктов велико [1].

Обычная схема составления маршрутов предполагает три этапа [1,3]:

1) составление избыточного числа маршрутов, кратчайшим способом попарно связывающих все конечные остановочные пункты;

2) отбрасывание наименее эффективных маршрутов;

3) распределение подвижного состава по маршрутам.

Основным недостатком данного метода является то, что между начальным и конечным пунктами может быть построено множество маршрутов и необходимо, чтобы путь был не только кратчайшим, но и «за-

хватывал» как можно больший пассажиропоток.

Ниже предлагается следующий подход к построению нового маршрута между заданным начальным и конечным пунктами.

Во-первых, фиксируется интенсивность потока транспорта на всех эксплуатируемых в данный момент маршрутах. Фиксируется и интенсивность потока транспорта на составляемом маршруте. В предположении пуассоновской природы потоков пассажиров [2, 3] и транспорта (при числе маршрутов 4 и более) [3], для фиксированной интенсивности движения транспорта по маршрутам строим марковский процесс и определяем потенциальную долю каждого пассажиропотока на составляемом маршруте.

Во-вторых, с помощью метода ветвей и границ происходит составление маршрута, прибыль от которого максимальна. Последняя задача является комбинаторной задачей. Чтобы ограничить перебор всех возможных маршрутов, вместо ограничения на прямолинейность пути введено ограничение на количество поворотов на маршруте.

Описание параметров и переменных

Рассматривая задачу составления маршрута между фиксированными конечным и начальным пунктами, введем ряд параметров:

N – количество остановочных пунктов на маршруте;

$\lambda(i,j)$ – интенсивность пуассоновского потока пассажиров, прибывающих на остановочный пункт $L_k=i$, чтобы переместиться на остановочный пункт j ($i, j = \overline{1, N}$);

$\mu(i,j)$ – интенсивность пуассоновского потока транспорта, конкурирующего за пассажиров, передвигающихся между остановочными пунктами i и j ;

μ – интенсивность пуассоновского потока транспорта на составляемом маршруте;

β – стоимость проезда на составляемом маршруте;

$a(i,j)$ – себестоимость передвижения транспортного средства между остановочными пунктами;

$g(i,j)$ – суммарный градус поворотов на участке дороги между остановочными пунктами;

G – максимальный суммарный градус поворотов на маршруте;

b, e – начальный и конечный пункты маршрута.

Математическая постановка задачи

Сначала определим маршрут передвижения транспорта.

Пусть L – связанный маршрут – последовательность индексов составляющих пунктов: $L_k=i$, если k -м по порядку остановочным пунктом является пункт i ($k = \overline{1, K}$, $K \in \mathbb{N}$); $L_1=b$, $L_K=e$.

В предположении о пуассон-

новости потоков пассажиров и конкурирующего транспорта [2,3], для поиска распределения пассажиропотоков между маршрутами построим марковский случайный процесс.

Например, составляемый маршрут способен перевезти пассажиропоток между остановочными пунктами, тогда суммарная интенсивность потоков транспорта, перевозящего пассажиропоток, равна $\mu + \lambda(i,j)$.

Все пассажиры, находящиеся на остановочном пункте, осуществляют посадку в первое транспортное средство, способное перевезти их до необходимого пункта. Независимо от числа пассажиров на остановке, вероятность того, что первым придет транспортное средство какого-либо маршрута (из-за независимости пуассоновских потоков транспорта на маршрутах), пропорциональна интенсивности движения транспорта на данном маршруте. Поэтому пассажиропоток распределяется пропорционально этой интенсивности, т.е. среднее количество пассажиров, которое «забирает» составляемый маршрут от пассажиропотока равно

$$\frac{\mu\lambda(i,j)}{\mu + \lambda(i,j)}.$$

Доходы одного рейса определяются как разность доходов, полученных от продажи билетов и расходов на транспортировку:

$$F(\mu, L, K) = \beta \sum_{k=1}^K \sum_{m=k+1}^K \frac{\lambda(L_k, L_m)}{\mu + \lambda(L_k, L_m)} - \sum_{k=1}^{K-1} a(L_k, L_{k+1}) \rightarrow \max_{\mu, L, K} \quad (1)$$

при ограничении на суммарный градус поворота на маршруте:

$$\sum_{k=1}^{K-1} g(L_k, L_{k+1}) \leq G. \quad (2)$$

При фиксированном (заданном заранее) интервале движе-

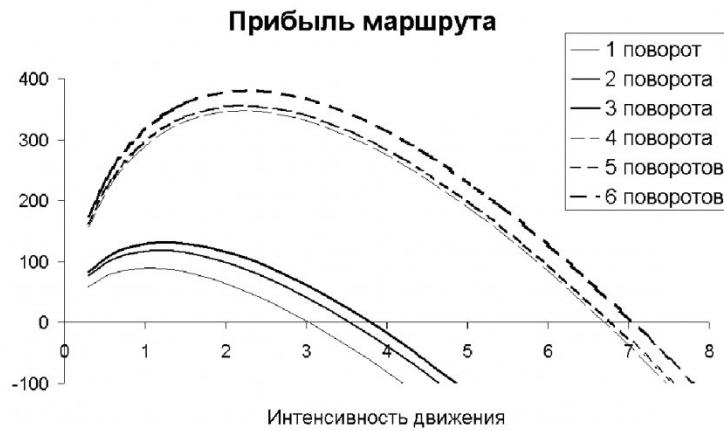


Рис. 1. Эффективность поиска маршрутов при увеличении количества поворотов

ния транспорта на составляемом маршруте, построим задачу дискретного программирования.

Пусть

$$\eta(i, j) = \beta \frac{\lambda(i, j)}{\mu + \lambda(i, j)}$$

— возможный доход составляемого маршрута, если он сможет обеспечить перевозку.

Тогда целевая функция принимает вид:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{m=k+1}^K \eta(L_k, L_m) - \sum_{k=1}^{K-1} a(L_k, L_{k+1}) \rightarrow \max_{L, K} \quad (3)$$

Один из способов поиска маршрутов — перебор всех возможных вариантов. Наиболее часто используемый подход — ограничение прямолинейности пути или количества остановочных пунктов на маршруте. Однако, это приведет к тому, что количество вариантов перебора резко возрастет и задачу будет сложно решить даже при нескольких десятках остановочных пунктов. Но чем больше число этих пунктов на маршруте, тем больше он может перевезти пассажиропотоков

(для маршрута из K пунктов количество пассажиропотоков составит $(K-1)K/2$).

Итак, ограничение количества остановочных пунктов сокращает возможный доход маршрута, а даже незначительный его рост резко увеличивает количество вариантов маршрутов.

Предлагаемый подход — ограничение на суммарный градус поворота — обусловлен тем, что поворот как таковой снижает скорость движения транспорта, увеличивает время движения по маршруту, и, соответственно, экономическую невыгодность как для пассажиров, так и для транспорта.

Еще один аргумент применения этого ограничения: уже при незначительном количестве поворотов маршрут способен значительно увеличить количество перевозимых пассажиропотоков, которые составляемый маршрут способен перевезти.

Численный пример

Проведем для иллюстрации работы построенной модели ряд экспериментов. Рассмотрим часть городских кварталов с

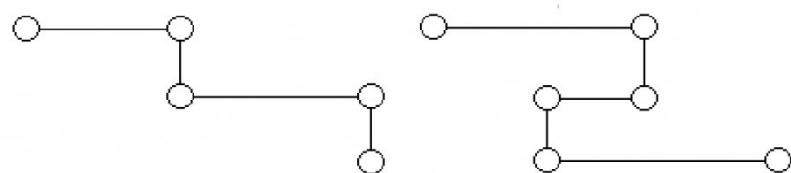


Рис. 2. Маршрут для трех и четырех поворотов

Таблица

Характеристики решений

Средние характеристики	Количество поворотов					
	1	2	3	4	5	6
Число остановочных пунктов	28	28	28	38	37.89	37.95
Прямолинейность пути	1.15	1.15	1.15	1.56	1.56	1.56
Прибыль маршрута	89.87	118.04	131.41	347.02	355.55	381.12
Интенсивность движения	1.34	1.48	1.55	2.5	2.53	2.59
Время расчета, сек	0.004	0.021	0.075	0.896	3.158	27.129

манхэттенской метрикой, т.е. улицы расположены параллельно или перпендикулярно друг к другу.

Пусть в городе имеется 5 параллельных улиц в одном направлении и 25 – в другом (перпендикулярном).

Остановочные пункты находятся рядом с каждым перекрестком (всего перекрестков и остановочных пунктов 125). Начальная и конечная точки маршрута расположены в противоположных углах рассматриваемого участка города.

Допустим, что между каждыми остановочными пунктами поток пассажиров составляет 1 человек в час. Зададим с помощью экспоненциального распределения со средним 50 в час интенсивность потока конкурирующего транспорта, перевозящего каждый пассажиропоток.

Пусть стоимость проезда квартала в любом направлении

составит 7 рублей. За единицу измерения поворотов введем число поворотов на 90 градусов. Стоимость проезда положим равной 7 руб.

В этих условиях для каждого интервала движения рассчитаем оптимальный по прибыли маршрут при изменении ограничения на количество поворотов G от 1 до 6.

На рис. 1 показано: чем больше поворотов разрешено, тем выше прибыль маршрута.

Отметим здесь, что имеется разрыв между маршрутами в 3 и 4 поворота. Это объясняется тем, что возрастает количество остановочных пунктов именно с 4 поворотами, что в свою очередь приводит к росту пассажиропотока на маршрутах с четырех поворотами (рис. 2).

В таблице показаны средние характеристики маршрутов, полученные при ограничениях на количество поворотов.

Отметим, что минимальное количество остановочных пунктов 28. Если использовать вместо ограничения на количество поворотов ограничение на количество остановочных пунктов на маршруте (или на прямолинейность маршрута), то уже при ограничении в 30 пунктов (1,23 – прямолинейность) время расчета будет выше, чем при ограничении в 6 поворотов, а результат хуже, чем при четырех поворотах (т.к. меньше пассажиропоток).

В заключение отметим, что разработанные математическая модель и метод расчета позволяют эффективно решать задачу построения новых маршрутов городского пассажирского транспорта в условиях случайных потоков пассажиров и транспорта и конкуренции между маршрутами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антошвили М.Е., Варелопуло Г.А., Хрущев М.В. Организация автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ. М.: Транспорт, 1974. 103 с.
2. Лигум Ю.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами пассажирского автомобильного транспорта. К.: Техника, 1989.
3. Лопатин А.П. Моделирование перевозочного процесса на городском пассажирском транспорте. М.: Транспорт, 1985. 200 с.

□ Автор статьи:

Корягин
Марк Евгеньевич
– канд. техн. наук, доц.
каф. автомобильных
перевозок