

# 出租车合乘模式的探讨

覃运梅<sup>1,2</sup>, 石 琴<sup>1</sup>

(1. 合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009; 2. 广西工学院 汽车工程系, 广西 柳州 545006)

**摘 要:** 文章针对城市交通拥挤以及出租车所占交通量大而载客量却很小的现状, 提出了出租车合乘运营模式, 在考虑了司机和乘客双方利益的基础上建立相应的数学模型, 建立乘客合乘查询系统, 求出最佳行驶路线, 确定各个乘客的费率, 计算合理费用。

**关键词:** 出租车; 合乘; 最佳路线; 费率; 费用

**中图分类号:** U469.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-5060(2006)01-0077-04

## Research on the combined taxi mode

QIN Yun mei<sup>1,2</sup>, SHI Qin<sup>1</sup>

(1. School of Machinery and Automobile Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009 China; 2. School of Automobile Engineering, Guangxi University of Technology, Liuzhou 545006, China)

**Abstract:** The combined taxi mode is brought forward to solve the problem of traffic congestion and large road occupancy of taxis which carry a small amount of passengers in cities. By taking into account the benefits of both the taxi driver and passengers, a mathematical model is established and a trip guidance flowchart by combined taxi is given to seek the optimum route and determine the rational rate and fare of every passenger.

**Key words:** taxi; combine; optimum route; rate; fare

## 0 引 言

随着中国经济的迅猛发展, 全国各城市的出租车行业也得到了极快的发展, 给城市交通带来了活力, 为人们的出行带来了方便, 对经济发展起到了积极作用。然而, 许多城市出租车盲目发展, 超出了道路负荷, 使城市道路交通更加拥挤不堪, 造成交通阻塞。由于出租车载客容量小, 而且大多数时候载的是单个乘客, 行驶的时候每辆出租车所占的路面虽然只有公交车(按标准载客量为 60 的普通客车)的一半, 每个乘客所占的路面却是公交车中每个乘客的 30 倍<sup>[1]</sup>。

2002 年 6 月蚌埠市交通调查表明, 20 个交叉

口中, 出租车交通量占总交通量超过 30% 的占了 65%, 而且出租车交通量比例大于 40% 的路口均在城市中心或交通主干道, 然而从居民出行方式调查结果得知, 出租车出行比例不到百分之一<sup>[2]</sup>。由此看来, 提高出租车利用率, 控制出租车数量是解决城市交通拥挤的关键。因此, 本文提出了采用出租车合乘的运营模式的解决方法。

出租车的合乘模式可以分为静态组合模式和动态组合模式。本文仅探讨静态组合模式。

## 1 合乘查询模式

为了使出租车合乘得到普遍发展, 必须建立一个有效的合乘出行查询系统, 以便乘客上车前

收稿日期: 2005-01-07; 修改日期: 2005-03-08

作者简介: 覃运梅(1976-), 女, 广西贵港人, 合肥工业大学硕士生。

就在出租车停靠站查询, 组合满意的合乘对象。  
查询模式流程, 如图 1 所示。

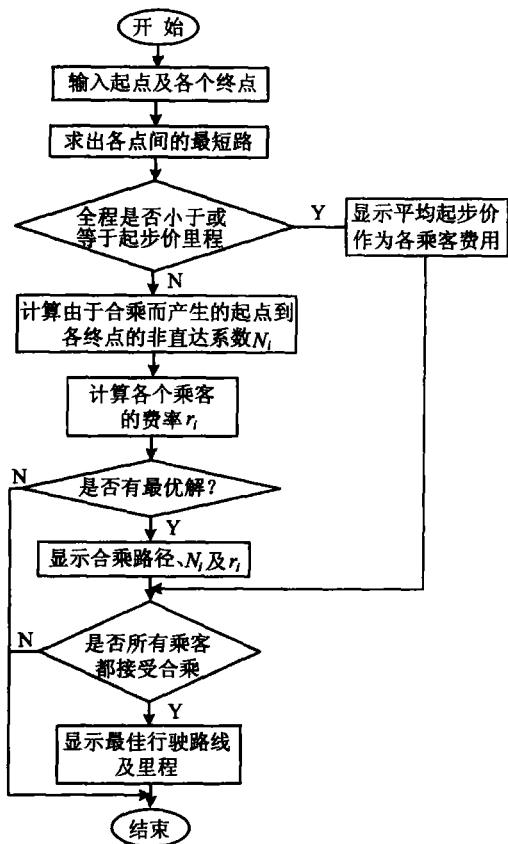


图 1 查询模式流程

相同起点

## 2 最短路算法

求解最短路问题的有效算法有 Dijkstra 算法、逐次逼近算法和 Floyd 算法。其中 Dijkstra 算法适合于求某一点到其他各点的最短路问题, 逐次逼近法适合于网络中有负权的问题, 而 Floyd 算法适用于整个网络中任意两点间的最短路问题。

本文涉及到的是多个点之间无负权的最短路问题, 如果用 Dijkstra 算法则需要多次改变算法的起点进行计算, 而用 Floyd 算法则可一次性求出任意两点间的最短路。因此, 文中采用 Floyd 算法求解<sup>[3]</sup>。

令网络的权矩阵为

$$D = (d_{ij})_{n \times n}$$

$$d_{ij} = \begin{cases} l_{ij} & \text{当 } (v_i, v_j) \in E \\ \infty & \text{其他} \end{cases}$$

式中  $l_{ij}$  ——  $v_i$  点到  $v_j$  的距离

$E$  —— 网络中所有边的集合。

算法基本步骤为:

(1) 输入权矩阵  $D$ 。

(2) 计算  $D^{(k)} = (d_{ij}^{(k)})_{n \times n}$  ( $k=1, 2, 3, \dots, n$  为所考虑的中间点), 其中  $d_{ij}^{(k)} = \min[d_{ij}^{(k-1)}, d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)}]$  表示从  $v_i$  点到  $v_j$  点, 或有直接边或借  $v_k$  点为中间点时的最短路长。记下下标信息  $d_{ik} + d_{kj} = d_{ikj}$ 。

(3)  $D^{(n)} = (d_{ij}^{(n)})_{n \times n}$  中元素  $d_{ij}^{(n)}$  就是  $v_i$  到  $v_j$  的最短路长, 每个  $d$  的下标如  $ikj$  就是对应两点  $i$  到  $j$  之间的最短路径。

## 3 合乘费率的计算

吸引乘客合乘的关键是费用的减少, 而费用减少的办法就是降低费率。所以, 制定一个合理的合乘费率标准是合乘模式得以实现的保证。制定这个费率所考虑的目标, 就是要在不减少(或略有提高)司机按正常费率跑完全程所得收入的前提下, 使每个乘客的费率降到最低<sup>[4, 5]</sup>。

### 3.1 参数设定

设定各主要参数:  $C_0$  为起步价(元);  $L_0$  为起步价行程(km);  $r_0$  为正常费率(元/km);  $n$  为合乘乘客数(一般不超过 4);  $r_i$  为第  $i$  个乘客的费率(元/km);  $S_i$  为按合乘路线第  $i$  个乘客的路程( $i$  是按所达目的地的先后顺序由小到大编号,  $S_n$  为第  $n$  个乘客的路程, 亦为司机按合乘路线运送  $n$  个乘客完毕时的总行程);  $S'_i$  为按单乘路线第  $i$  个乘客的直达最短路程;  $R_1$  为司机因合乘运营而增加的最小收入百分比(建议取 0~20%);  $R_2$  为乘客因合乘而得以减少的最小费用百分比(建议取 20%~30%);  $N_i$  为第  $i$  个乘客的非直达系数,  $N_i = S_i / S'_i$ 。

### 3.2 模型建立

目标函数为

费率和最小, 乘客少花钱

$$\min Z = \sum_{i=1}^n r_i \quad \text{司机收入增加}$$

$$\text{乘客花费减少 st: } \begin{cases} \sum_{i=1}^n [r_i(S_i - L_0)] + C_0 \geq (1 + R_1)[r_0(S_n - L_0) + C_0] \\ r_i(S_i - L_0) + C_0 / n \leq (1 - R_2)[r_0(S'_i - L_0) + C_0] \\ r_i / r_{i+1} = N_{i+1} / N_i \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \end{cases}$$

若  $S_i - L_0 \leq 0$ , 则该项取 0, 同时  $r_i = 0$ , 该乘

客应付费用  $C_i = C_0/n$ 。

如上模型中,变量为  $r_i$ ,其他参数均为已知或在上一步已用 Floyd 算法求出,该模型为典型的线性规划问题,而且变量不多,用运筹学中的单纯型法求解即可。这一步可以编程计算,或调用运筹学软件输入相关参数求得最优解,然后按计费表上的实际行程计算每个乘客的费用,即  $C_i = C_0/n + r_i \times L_i$ ,其中  $L_i$  为到达第  $i$  个乘客目的地时计费表显示的里程。这里不按理论行程,而是按实际行程记价,目的是为了直观、公正<sup>[6,7]</sup>。

#### 4 应用实例

设有3个乘客( $n=3$ )需要合乘出租车,道路网络如图2所示。

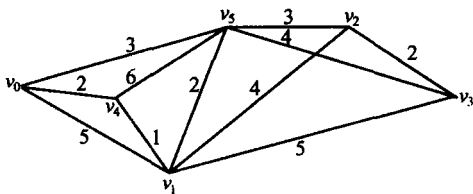


图2 道路网络图

图2中  $v_0$  为起点,  $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$  分别为3个目的地,  $v_4$ 、 $v_5$  为路网中的其他节点,直线旁边的数字为对应两点间的距离,此路网均为双向交通。

##### 4.1 采用 Floyd 算法求解最短路径

###### (1) 输入权矩阵为

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} v_0 & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_0 \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 5 & \infty & \infty & 2 & 3 \\ 5 & 0 & 4 & 5 & 1 & 2 \\ \infty & 4 & 0 & 2 & \infty & 3 \\ \infty & 5 & 2 & 0 & \infty & 4 \\ 2 & 1 & \infty & \infty & 0 & 6 \\ 3 & 2 & 3 & 4 & 6 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

###### (2) 迭代计算(此处共6个点,需迭代6次)为

$$D^{(0)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} v_0 & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_0 \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 5 & \infty & \infty & 2 & 3 \\ 5 & 0 & 4 & 5 & 1 & 2 \\ \infty & 4 & 0 & 2 & \infty & 3 \\ \infty & 5 & 2 & 0 & \infty & 4 \\ 2 & 1 & \infty & \infty & 0 & \textcircled{5}_{405} \\ 3 & 2 & 3 & 4 & \textcircled{5}_{504} & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

其中,  $d_{ij}^{(0)}$  表示考虑  $v_0$  点为中间点时  $v_i$  到  $v_j$  的最

短路程。打圈的数字表示该数字为这次迭代最新更新的,下标表示路径。继续迭代,最后得

$$D^{(5)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 3_{041} & \textcircled{6}_{052} & \textcircled{7}_{053} & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 3_{140} \\ \textcircled{6}_{250} \\ \textcircled{7}_{350} \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 4 & 5 & 1 & 2 \\ 4 & 0 & 2 & 5_{214} & 3 \\ 5 & 2 & 0 & 6_{314} & 4 \\ 1 & 5_{412} & 6_{413} & 0 & 3_{415} \\ 2 & 3 & 4 & 3_{514} & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

至此,已考虑完  $v_0$  到  $v_5$  所有点作为中间点所得的路线,  $D^{(5)}$  中数字  $d_{ij}^{(5)}$  即任意两点  $v_i$  到  $v_j$  的最短路程,对应下标为路径<sup>[8]</sup>。

当  $S'_1=3$ , 路径为  $v_0 \rightarrow v_4 \rightarrow v_1$ ;  $S'_2=6$ , 路径为  $v_0 \rightarrow v_5 \rightarrow v_2$ ;  $S'_3=7$ , 路径为  $v_0 \rightarrow v_5 \rightarrow v_3$ 。

按照由近到远原则,最优合乘路径为  $v_0 \rightarrow v_4 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_3$ 。由起点到各个终点的路程为:

$$S_1 = S'_1 = 3$$

$$S_2 = S_1 + d_{12}^{(5)} = 3 + 4 = 7$$

$$S_3 = S_2 + d_{23}^{(5)} = 7 + 2 = 9$$

各点非直达系数为:

$$N_1 = S_1/S'_1 = 3/3 = 1$$

$$N_2 = S_2/S'_2 = 7/6 = 1.17$$

$$N_3 = S_3/S'_3 = 9/7 = 1.29$$

##### 4.2 计算费率

(1) 参数取值。本文结合合肥市出租车行业设定以下值:  $C_0=5$ ;  $L_0=3$ ;  $r_0=1.2$ ;  $R_1=0.1$ (为鼓励乘客合乘,此处取偏低值);  $R_2=0.3$ 。

(2) 建立模型。即  $\min Z = r_2 + r_3$ 。

$$\begin{cases} (3-3) \times r_1 + (7-3) \times r_2 + (9-3) \times r_3 + 5 \geq (1+0.1) \times [1.2 \times (9-3) + 5] \\ 0 \times r_1 + 5/3 \leq (1-0.3) \times (0+5) \\ (7-3) \times r_2 + 5/3 \leq (1-0.3) \times [1.2 \times (6-3) + 5] \\ (9-3) \times r_3 + 5/3 \leq (1-0.3) \times [1.2 \times (7-3) + 5] \\ r_2/r_3 = 1.29/1.17 \end{cases}$$

整理模型得

$$\begin{cases} \min Z = r_2 + r_3 \\ 4 \times r_2 + 6 \times r_3 \geq 8.42 \\ 4 \times r_2 \leq 4.35 \\ 6 \times r_3 \leq 5.19 \\ r_2/r_3 = 1.102 \end{cases}$$

(下转第101页)

表 1 几种计算方法比较

$H/\text{m}$	极限分析法		力多边形法	等代内摩擦角法/ $(^{\circ})$		
	$c=0$	$c=10$		30	35	40
5	127.17	51.72	55.29	127.18	99.69	76.5
6	173.55	87.37	88.27	173.57	137.65	107.12
7	225.99	129.05	130.29	225.99	180.63	141.86
8	284.33	176.76	178.25	284.35	228.51	180.62
9	348.57	230.33	232.07	348.59	281.24	223.33
10	418.58	289.82	291.7	418.65	338.78	269.97

4 结 论

基于塑性流动理论的极限分析法运用与土压力计算已被证明是一种可靠、有效的计算方法。随着公路运输建设的大规模开展,大量的挡土结构物出现,要求在设计时经济与安全并重。因此,要不断探索新的计算方法,本文对路堤挡土墙土压力计算新方法的提出,是对已有的计算方法的一种补充。

[参 考 文 献]

[1] 洪毓康. 土质学与土力学[ M ]. 北京: 人民交通出版社, 1999. 172- 173.  
[2] 陈忠达. 公路挡土墙设计[ M ]. 北京: 人民交通出版社,

2001. 57- 62.  
[ 3 ] 方左英. 路基工程[ M ]. 北京: 人民交通出版社, 1999. 128- 145.  
[ 4 ] 交通部第二公路勘察设计院. 公路设计手册. 路基[ M ]. 北京: 人民交通出版社, 2001. 554- 591.  
[ 5 ] 沈珠江. 理论土力学[ M ]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000. 201- 207.  
[ 6 ] 赖焕枫. 非饱和膨胀土强度理论在极限分析中的应用[ D ]. 合肥: 合肥工业大学土木建筑工程学院, 2004.  
[ 7 ] 陈祖煜. 土力学经典问题的极限分析上、下限解[ J ]. 岩土工程学报, 2002, 24( 1): 1- 11.  
[ 8 ] 高印立. 极限分析法计算有限范围土体土压力[ J ]. 建筑结构, 2001, 31( 8): 66- 68.

(责任编辑 朱华新)

(上接第 79 页)

用单纯型法求得最优解为  $r_1 = 0, r_2 = 0.89, r_3 = 0.81$ 。

4.3 计算费用

根据最优费率,到达各个目的地时,按计费表的实际行程  $L_i$  计算每个乘客费用为:  $C_i = C_0/n + r_i \times L_i$ , 得

$$\begin{aligned} C_1 &= C_0/n = 5/3 = 1.7 \\ C_2 &= C_0/n + r_2 \times (L_2 - L_0) = \\ &1.7 + 0.89 \times (L_2 - 3) \\ C_3 &= C_0/n + r_3 \times (L_3 - L_0) = \\ &1.7 + 0.81 \times (L_3 - 3) \end{aligned}$$

5 结束语

本文提出了出租车合乘模式,并建立相应的数学模型,在保证司机和乘客利益“双赢”的前提下,对具体的合乘模式求出了最佳费率,给出出租车合乘模式的实现提供了前提和保证,为解决城市交通拥挤问题提供了可行的方法,具有一定的现

实意义。

[参 考 文 献]

[ 1 ] 杨树森. 公交车、出租车[ J ]. 北京成人教育, 1996 ( 5 ): 48- 50.  
[ 2 ] 陈 盛, 陆 建. 出租车交通调查分析及对策[ J ]. 交通标准化, 2003, ( 5 ): 41- 44.  
[ 3 ] 胡运权, 郭耀煌. 运筹学教程[ M ]. 北京: 清华大学出版社, 1998. 241- 242.  
[ 4 ] 朱培清. 出租车记价器计算机管理系统的开发[ J ]. 中国计量, 2001, ( 3 ): 35- 36.  
[ 5 ] 王德念. 出租车客运管理[ J ]. 中南汽车运输, 1998, 3( 1 ): 43- 44.  
[ 6 ] 马卫民, 徐青川. 局外 k 出租车问题及其动态规划求法[ J ]. 系统工程学报, 2001, 12( 6 ): 481- 485.  
[ 7 ] 袁祥东, 施以勇. 运用价格杠杆促进出租车市场健康发展[ J ]. 中国物价, 2003, ( 9 ): 42- 43.  
[ 8 ] 张建勇, 郭耀煌. 基于顾客满意度的多目标模糊车辆优化调度问题研究[ J ]. 铁道学报, 2003, 4( 2 ): 15- 17.

(责任编辑 吕 杰)