

文章编号:1000-582X(2005)10-0099-05

方式划分与路网配流联合模型*

陈义华,吴红兵

(重庆大学数理学院,重庆 400030)

摘要:利用方式划分和交通分配联合模型将公交OD在轨道交通和普通公交路网形成的广义路网上进行分配.构造了广义旅行费用函数,利用惩罚系数模拟乘客的心理行为,改进了BPR路段经验阻抗函数,对公交的拥挤条件进行描述,讨论乘客平均等车时间.基于广义旅行费用在广义公交路网上提出了满足用户平衡(UE)的方式划分与交通分配的联合模型和多路径增量分配法来近似模拟用户平衡状态的分配算法,提高了分配算法的效率.并给出简单的算例说明该联合模型能够实时地反映公交线路的实际客流量对旅行时间以及公交服务水平的影响.

关键词:联合模型;广义旅行费用;用户平衡;客流分配

中图分类号:U12;O221.2

文献标识码:A

目前城市交通需求预测理论与方法国内外通常采用以集聚分析思想为指导,运用“四阶段”法进行需求预测^[1].用四阶段法进行轨道交通客流预测,将公交OD分割成普通公交和轨道交通站间OD之后在各自独立的路网上进行分配会遇到许多问题.常规公交和轨道交通之间的方式划分是一次性完成,方式划分时的参数一般通过经验获得,这些都不能实时地反映公交线路的实际流量对旅行时间以及公交服务水平的影响.轨道交通属于干线交通,需要大量的其他交通线路与各交通小区相连,这给客流在轨道网中的分配带来困难^[1].因此许多学者研究了四阶段预测组合模型,Murchland和Tomlin等学者首先进行了尝试,Evans在1976年提出了交通分布与交通分配的组合模型,并给出了求解算法,1992年Huang和Lam等人对该算法进行了优化改进,文献[2]、[3]重点研究了运量分布与交通分配的联合模型,给出了相应的算法和最优化条件.由于出行者在进行交通方式选择时也完成对出行路线的选择,即方式划分和交通分配是同时进行的,这为方式划分和交通分配联合模型的提出提供了可能性.文献[1]介绍了方式划分和交通分配联合模型,但并未深入探讨.考虑在拥挤条件下的公交,通过构造合理的广义旅行费用函数和路段阻抗函数,利用该联合模型实现在公交OD下轨道客流量的预测,可以解决上述问题.

1 路网描述与Wardrop用户平衡原则

城市道路网络一般包括:OD终始点,代表客流量的产生地和吸收地,节点,代表公交车站和交叉路口主要路段连接着节点和中心节点,公交线路由这些节点和路段组成.为便于分析公交的走行时间,需将公交路网和轨道线路结合起来产生一种适合分析的广义公交路网.广义公交路网只包含节点和路段,节点对应于中心节点和换乘站在内的所有公交车站,而路段代表公交车行驶路段、步行路段和换乘路段.

在路网假设前提下,1952年Wardrop提出了用户均衡原则,即当网络达到平衡状态,在考虑拥挤对走行时间影响的网络中,每组OD对间被使用的各条路径具有相等且最小的出行费用,没有被使用的路径的出行费用大于或等于最小出行费用.1956年Beckman等将用户均衡最优问题转化为式(1)所示的数学规划,该数学规划问题的解为相应路网上均衡状态下的流量;1975年LeBlanc等学者运用Frank-Wolf算法成功地求解数学规划问题(1),详见文献[1].用户平衡路网分配模型可转化为变分问题,详见文献[4].式(1)中目标函数意义在于路网上的出行者知道路网状态的前提下,试图选择最短路径出行使总的出行费用最少.

* 收稿日期:2005-05-21

作者简介:陈义华(1957-),男,重庆人,重庆大学教授,主要从事运筹与控制、数学模型等方面的研究.

$$\left. \begin{aligned} \min Z(x_a) &= \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega, \\ \text{s. t.} \quad \sum_k f_k^r &= q_r \quad \forall r, s, \\ f_k^r &\geq 0 \quad \forall r, s, k, \\ x_a &= \sum_r \sum_k f_k^r \delta_{ak}^r \quad \forall a. \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

式(1)中, t_a 为路段 a 上的出行时间; f_k^r 为 OD 对 $r-s$ 之间第 k 条路径上普通公交的流量; q_r 为 OD 对 $r-s$ 的交通需求量; x_a 为路段 a 上客流量; δ_{ak}^r 为 0-1 变量, 若路段 a 在从起点 r 到终点 s 之间的第 k 条路径上, 取值为 1, 否则为 0; r 为起点站, s 为终点站。

2 广义旅行费用

交通费用的表现形式有多种, 采用广义出行费用形式来表示综合出行费用, 能够较好地反映出行费用、出行时间以及舒适程度等因素对出行者选择交通方式的综合影响。

2.1 路段阻抗函数

路段阻抗函数反映出行时间与客流量之间的关系。它体现路网的拥挤效应和乘客的不舒适程度, 是交通分配中的一项重要指标。具体表现为路段上的出行时间, 主要包括从起始点到车站以及从车站到目的地的步行时间、车站平均等车的时间、换乘时间(若存在换乘)、车内乘车时间。由于篇幅所限, 假设 OD 对有直达线路, 换乘时间不予考虑, 若起始点与终点间无直达线路, 对于平均换乘时间粗略的考虑为一个常数, 记为 t_a^0 。且设出行者到车站和从车站到目的地的步行时间为常数, 不妨设为 5 min。

2.1.1 乘车时间

文献[1]描述了美国公路局开发的 BPR 函数式(2), 它是路段自由走行时间与路段客流量的函数:

$$t_a = t_a^{(0)} [1 + \alpha(x_a/C_a)^\beta], \quad (2)$$

式(2)中, $t_a^{(0)}$ 为路段 a 的自由走行时间, C_a 为路段 a 的上容量, 其余同上。 α, β 为参数, 通常取 $\alpha = 0.15, \beta = 4$ 。

BPR 函数是以自由流为基础建立起来的, 没有考虑各交通方式客流之间对出行时间的相互影响^[5]。文献[5]在总结我国许多学者实践经验的基础上, 提出了式(2)的改进经验模型。一般地, 路段出行时间与终始点的距离和运行速度相关, 但随着客流量的增加, 路段也将会出现拥挤的情形, 从而增加路段出行时间, 客流量增加时, 出行者感到的舒适程度也相应会下降。对出行者而言, 这相当于间接的增加了走行时间。同时普通公交和轨道交通是竞争合作的, 两种交通对彼此客

流都有一定吸引, 因此普通公交与轨道交通客流量相互影响到各自的走行时间。

鉴于以上分析, 在文献[5]改进经验模型的基础上, 类似的为反映普通公交与轨道交通之间客流的对出行时间的相互影响, 数学模型上主要表现为式(3)、(4)右端交叉项部分。路段上普通公交和轨道交通的路段出行时间分别采用如下形式。

普通公交车内乘车时间为式(3):

$$t_a^c = t_a^{(0)} [1 + \alpha(x_a/C_a)^\beta + \alpha(x_a/C_a)^\beta (\hat{x}_a/\hat{C}_a)^\beta]. \quad (3)$$

轨道交通车内乘车时间为式(4):

$$t_a^t = (l_a/v) [1 + \hat{\alpha}(\hat{x}_a/\hat{C}_a)^\beta + \hat{\alpha}(\hat{x}_a/\hat{C}_a)^\beta (x_a/C_a)^\beta]. \quad (4)$$

式(3)、(4)中, \hat{x}_a 为与普通公交走行路段 a 有相同终始点的轨道交通路段上的客流量; \hat{C}_a 为与普通公交走行路段 a 有相同终始点的轨道交通路段的上容量; t_a^c 为路段 a 上轨道交通的出行时间; l_a 为与普通公交出行路段 a 有相同终始点的轨道交通路段的距离; v 为轨道交通的运行速度; 其余同上。参数 $\alpha, \beta, \hat{\alpha}, \hat{\beta}$ 是与路段上流量相关的正参数, 可根据路段流量以及调查运用最小二乘法确定。

2.1.2 平均等车时间

车站客流量大于公交的实际运载能力, 或者出行者对线路的舒适程度不满意, 因此就出现等车现象。随着车站拥挤程度的增加, 平均等车时间的加长, 出行者可能就要选择非最短出行时间的公交线路, 因此平均等待时间不会无限制的增加, 即用户在按照实际情况选择出行路径, 蕴涵了路段相互影响条件下的 UE 准则的思想。由此可知出行者等车时间是与路段上客流量相关的。一般的平均等车时间由两部分构成, 一是公交车发车的时间间隔, 二是公交车能力所限, 出行者等下一班车而带来的延迟时间。对于普通公交和轨道交通采用类似的处理, 考虑如下:

$$t_a^w = \alpha_2/f_i + t_d, \quad (5)$$

$$h_i^n = e^{f_i} / \sum_{m \in k_n} e^{f_m}, \quad (6)$$

$$g_i^n = 1 - h_i^n, \quad (7)$$

$$t_d = y_i^n h_i^n / [f_i (y_i - y_i^n g_i^n)], \quad (8)$$

式(5)中第 1 项是公交车发车时间间隔带来的等车时间, 第 2 项是由于公交拥挤, 乘客必须等下一次车而带来的附加等车时间。一般而言, 假设乘客按均匀分布到达车站, 公交车按泊松分布到达, 则乘客的平均等车时间服从均匀分布, 且一般取 $\alpha_2 = 0.5$ ^[6]。 f_i 为公交线 l 的发车频率, 一般发车频率越大的线路被选择的概率

也越大,因此式(6)中采用了 logit 模型. 式(6)中 K_n 为 OD 对 $r-s$ 间所有走行路径集, h_l^n 为 OD 对 $r-s$ 间的出行者选择等待公交线路 l 下一班的乘客数的比例, 则式(7)中 g_l^n 为 OD 对 $r-s$ 间的出行者选择乘坐其它线路的乘客数的比例. 式(8)中 y_r 为车站的乘车人数, y_r^s 为车站不能上车的人数. 将 t_a^s 、式(3)或式(4)、(5)合并, 得到路段阻抗函数,

$$T_a = t_a^s(\text{or } t_a^s) + t_a^p + t_a^c. \quad (9)$$

2.2 广义旅行费用函数

居民出行时对交通方式的选择主要取决于交通方式的服务水平, 即广义旅行费用, 是一个综合指标. 对于我国居民出行来说, 出行时间和票价是最为敏感的2个因素, 同时也应考虑出行者感到的舒适程度.

为综合反映出行费用、出行时间以及舒适程度等因素对出行者选择交通方式的影响. 将出行费用、出行时间以及舒适程度等因素进行当量转换统一单位后, 广义旅行费用函数可取为路段出行时间、出行费用和心理选择行为的线性组合. 广义旅行费用可表示为式(10), 文献[2]给出了其它形式的广义旅行费用函数.

记 $U_a(x_a, \hat{x}_a)$, $\hat{U}_a(\hat{x}_a, x_a)$ 分别为路段 a 上普通公交与轨道交通的广义旅行费用.

$$U_a(\text{or } \hat{U}_a) = \alpha_0 T_a + \beta_0 \frac{C}{\text{VOT}} (1 + \frac{1}{R}) + \gamma_0. \quad (10)$$

实际工程中, 为了简便起见广义旅行费用一般取为式(11):

$$U_a(\text{or } \hat{U}_a) = T_a + \frac{C}{\text{VOT}} (1 + \frac{1}{R}). \quad (11)$$

式(11)中, T_a 为路段上的阻抗, 由式(9)确定, VOT 为单位价值时间, 可由预测区域单位时间 GDP 值确定, R 为惩罚系数, 表征了乘客感到舒适的相对程度, 模拟了乘客的心理行为. 心理学的实验表明, 大多数人对不同事物在相同属性上差别的分辨能力在 5~9 级之间, 采用 1~9 的标度反映大多数人的判断能力. T. L. Saaty 在 AHP 中构造判断矩阵时提出了 1~9 级标度^[7]. R 的选取可借鉴 T. L. Saaty 在 AHP 中构造判断矩阵时的标度方法, 如表 1 所示.

表 1 惩罚系数 R 的取值方法

舒适度	极不舒适	不舒适	较舒适	舒适	很舒适
惩罚系数	1	3	5	7	9

C 为出行票价, 对于出行票价分以下情况确定:

a. 普通公交 $C = l \times c$, l 为搜索到的公交线路的长度, c 为常规公交线路的单位公里费用.

b. 轨道交通, 每搜索到一段轨道线路时, 按轨道线路的收费标准增加一定的费用.

$\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ 为系数. 对于广义旅行费用模型中各项参数, 可以在实际调查的基础上, 采用最小二乘法进行标定, 并且需要通过实践检验不断修正完善, 使之较符合各种交通方式的实际情况.

OD 对 $r-s$ 间第 k 条路径上普通公交与轨道交通的广义旅行费用分别表示为式(12)、(13):

$$U_k^n = \sum_a U_a(x_a, \hat{x}_a) \delta_{ak}^n, \quad (12)$$

$$\hat{U}_k^n = \sum_a \hat{U}_a(\hat{x}_a, x_a) \delta_{ak}^n \quad \forall r, s, k \in K_n. \quad (13)$$

3 联合模型及其求解算法

固定 OD 需求时, 用户平衡状态下交通方式划分与交通分配联合模型的形式与用户平衡下交通分配模型相似, 关键在于实时对各种交通方式在各路径的广义费用进行调整^[5]. 数学模型为式(14).

$$\begin{aligned} \min Z(x_a, \hat{x}_a, p_k^n, \hat{p}_k^n) = & \\ & \frac{1}{2} \sum_a \left\{ \int_0^{x_a} [U_a(\omega, \hat{x}_a) + U_a(\omega, 0)] d\omega + \right. \\ & \left. \int_0^{\hat{x}_a} [\hat{U}_a(v, x_a) + \hat{U}_a(v, 0)] dv \right\} + \\ & r_1 \sum_n \sum_k p_k^n (\ln p_k^n - 1) + r_2 \sum_n \sum_k \hat{p}_k^n (\ln \hat{p}_k^n - 1), \\ & f_k^n = p_k^n q_n \quad \forall r, s, k, \\ \text{s. t. } & \hat{f}_k^n = \hat{p}_k^n q_n \quad \forall r, s, k, \\ & x_a = \sum_n \sum_k f_k^n \delta_{ak}^n \quad \forall a, \\ & \hat{x}_a = \sum_n \sum_k \hat{f}_k^n \delta_{ak}^n \quad \forall a, \\ & f_k^n \geq 0, \hat{f}_k^n \geq 0, p_k^n \geq 0, \hat{p}_k^n \geq 0 \quad \forall r, s, k. \end{aligned} \quad (14)$$

式(14)中, f_k^n 为 OD 对 $r-s$ 间第 k 条路径上轨道交通的客流量; p_k^n 为 OD 对 $r-s$ 间普通公交在第 k 条路径上的分担率; \hat{p}_k^n 为 OD 对 $r-s$ 间轨道交通在第 k 条路径上的分担率; r_1, r_2 为参数.

式(14)中采用上述形式的目标函数在于构造与对称混合交通 Wardrop 均衡状态等价极小值模型以便求解, 其等价证明过程将另文叙述. 基于广义旅行费用和多路径增量分配法的基本思想, 方式划分与交通分配联合模型中各交通方式的分担率采用 logit 模型, 式(15)、(16)所示:

$$p_k^n = \frac{\exp(-\theta \cdot U_k^n / \bar{U})}{\sum_{k \in K_n} [\exp(-\theta \cdot U_k^n / \bar{U}) + \exp(-\theta \cdot \hat{U}_k^n / \bar{U})]}, \quad (15)$$

$$p_k^n = \frac{\exp(-\theta \cdot \hat{U}_k^n / \bar{U})}{\sum_{k \in K_n} [\exp(-\theta \cdot U_k^n / \bar{U}) + \exp(-\theta \cdot \hat{U}_k^n / \bar{U})]} \quad (16)$$

式(15)中, \bar{U} 为 OD 对 $r-s$ 间各路线平均广义出行费用; θ 为分配参数, 经验表明两路选择时 $\theta = 3 \sim 3.5$ 其值比较稳定。

方式划分与路网分配联合模型求解算法思想如下:

将待分配 OD 矩阵分解成相同阶数的 M 个 OD 矩阵, 然后分 M 次运用多路径交通分配模型进行分配, 每次分配一个 OD 分矩阵. 每次分配得到路段交通量, 运用广义旅行费用函数修正路径上的广义旅行费用, 直到 M 个 OD 分矩阵全部分配到路网上. 在迭代过程中, 若连接 OD 对的任意两条路径之间的广义旅行费用之差小于一个定值, 则认为网络达到平衡, 这个定值即为迭代时的精度. 事实上, 这由用户平衡准则确定。

算法步骤:

Step1: 初始化, 分解待分配 OD 矩阵, 取其中一 OD 矩阵, 对 $\forall a$, 按照 $U_a(x_a, \hat{x}_a) = U_a(0, 0)$, $\hat{U}_a(\hat{x}_a, x_a) = \hat{U}_a(0, 0)$ 实行一次“全有全无”路网分配, 得到各路段交通流量 $\{x_a^n, \hat{x}_a^n\}$, 令 $k=1, n=1, n$ 为迭代的次数。

Step2: 任取其中一个分 OD 矩阵。

Step3: 在待分配 OD 对 rs 间搜寻所有走行路径集 K_n , 按式(12)、(13)分别计算 $U_k^n, \hat{U}_k^n, k \in K_n, \forall r, s$ 。

Step4: 计算普通公交和轨道交通线路的最小旅行费用,

$U_k^n = \min\{U_k^n, \forall k \in K_n\}, \hat{U}_k^n = \min\{\hat{U}_k^n, \forall k \in K_n\}$ 再利用式(15)、(16)分别计算各自的分担率 p_k^n, \hat{p}_k^n 。

Step5: 寻找下一步迭代方向. 将 OD 客流量按照广义旅行费用在广义公路网络上实行路网分配. 得到路段附加交通流量 $\{z_a^n\}$ 。

Step6: 确定新的迭代点. 令

$$\begin{aligned} x_a^{n+1} &= x_a^n + \frac{1}{n+1}(z_a^n - x_a^n), \\ \hat{x}_a^{n+1} &= \hat{x}_a^n + \frac{1}{n+1}(z_a^n - \hat{x}_a^n), \end{aligned} \quad \forall a$$

Step7: 收敛性检验.

$$\forall r, s, k_1 \neq k_2 \in K_n$$

若 $U_{k_1}^n - U_{k_2}^n > \varepsilon$ or $\hat{U}_{k_1}^n - \hat{U}_{k_2}^n > \varepsilon$, 令 $n = n + 1$, 转 step3.

若 $U_{k_1}^n - U_{k_2}^n \leq \varepsilon$ and $\hat{U}_{k_1}^n - \hat{U}_{k_2}^n \leq \varepsilon$, 如果 $k = M$, 停止计算, $\{x_a^{n+1}, \hat{x}_a^{n+1}\}$ 即为近似平衡解; 否则令 $k = k + 1$ 转 step2.

在 step4 中只要在线路上使用了轨道交通的都应该算是轨道交通线路. 在实际分配的过程中, 对于收敛速度过慢的迭代, 一般可设置迭代次数来加以限制. 事实上, 运用 frank-wolf 算法思想求解时应该选择最优步长进行迭代, 而当接近收敛时, 由于步长很小, 自变量的改变也很小, 目标函数值的下降幅度很慢, 在最优解附近迭代点是以锯齿形状在前进的, 也即相邻 2 个迭代点处函数的梯度向量是正交的. 而在 step6 中, 更新迭代点时选用的步长并非最优步长. 事实上, 这是近似的处理, 避免了锯齿情形, 减少了运算量, 提高了算法的效率, 实际上也得到了较理想的结果。

4 算例

在如图 1 所示的路网中, A, B 为起始点, C, D 为中间站点, 路段 a 上只有常规公交, 路段 b 上只有轨道交通. 站点 A, C, B, D 之间的虚线段为步行路段, 其它的为车行路段. OD 对 AB 间固定需求为 2 000 人/h, 迭代精度要求 $\varepsilon = 0.4$, 将待分配的 OD 均分成一份, 即 $M = 1$. 路段、站点参数如表 2 所示, 算例迭代过程如表 3 所示。

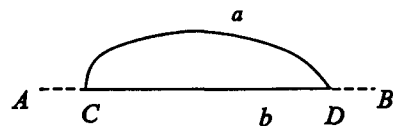


图 1 路网示意图

表 2 路段、站点参数

路段	发车频率 /辆·h ⁻¹	路段上容量 /人·h ⁻¹	站点 C 乘车客 流量/人·h ⁻¹	自由行走 时间/min
a	15	2 000	1 500	15
b	15	4 000	3 000	3

表 3 算例迭代过程

迭代 次数	路段	广义旅行 费用	路段交通 流量 z	更新广义 旅行费用	分担率 $p/\%$	附加交通 流量 z	更新路段 交通流量	广义旅行 费用差值
1	a	72.0	3 500	78.80	46	2 420	2 960	3.7 > ε
	b	75.0	3 000	75.10	54	4 080	3 540	
3	a	77.9	2 716	75.04				0.32 < ε
	b	75.4	3 784	75.36				

此时平衡解为 $x_a = 2 716, \hat{x}_b = 3 784$. 从两条线路上的客流量可知, 线路 a 明显要比线路 b 拥挤. 因为一般情况下, 轨道交通的票价要高于常规交通, 而对于我国居民出行来说, 票价是最为敏感的因素. 这在线路的选择上体现了 UE 准则的本质. 然而在乘车时间和舒适程度上, 轨道交通要优于常规交通, 于是在这种前提下达到了平衡。

从算例计算的过程中可以看到, 通过不断的对路段上的客流量进行更新, 对常规公交和轨道交通在各

路径的广义费用进行调整,不断的对常规公交和轨道交通的分担率进行计算,合理的选用参数,该模型算法实时地反映了公交线路的实际流量对旅行时间以及公交服务水平的影响,使之与实际情形更相符.

5 结语

1) 构造了广义旅行费用函数,综合反映出行时间、出行费用、舒适程度等因素对出行者选择路径时的影响.

2) 在 AHP 中, T. L. Saaty 构造判断时提出的 1~9 标度方法. 惩罚系数 R 取值借鉴此方法,模拟了乘客出行时的心理行为.

3) 在路段客流相互影响的条件下,给出路段阻抗函数的经验公式,使路段阻抗函数的描述更合理.

4) 讨论了乘客的平均等车时间.

5) 建立了在 UE 条件下的方式划分与交通分配的联合模型,说明了其可行性,使之对轨道交通的客流预测更符合实际情况,并给出了多路径增量分配算法和简单的算例.

有待进一步讨论的问题:

1) 模型中所提到的一些参数的确定.

2) 证明方式划分与交通分配联合模型提出的数学规划问题的最优解等同于 wordrop 用户均衡原理下

的最优解,将另文叙述.

3) 对算法的收敛性判断、复杂度以及乘客平均的等车时间.

4) 文中讨论的问题均是静态前提下的,对于动态前提下的交通分配和阻抗函数有待于进一步研究,使之实时反映路段客流变化.

该模型应用于重庆市轻轨 2 号线客流预测,获得了较为理想的结果.

参考文献:

- [1] 陆化普. 城市轨道交通规划的研究与实现[M]. 北京: 水利水电出版社, 2001.
- [2] 喻翔,毛敏,刘建兵. 城市交通需求预测组合模型的研究[J]. 西南交通大学学报, 2003, 38(1):75-79.
- [3] 周溪石. 混合交通运量分布与均衡配流组合模型研究[J]. 系统工程学报, 2000, 6:153-157.
- [4] 周晶. 城市交通系统分析与优化[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001.
- [5] 刘安,杨佩昆. 混合交通均衡配流模型及其算法的研究[J]. 公路交通科技, 1996, 13(3):21-28.
- [6] 宋一凡,高自友. 能力限制条件下的公交平衡配流模型和求解算法[J]. 铁道学报, 1999, 21(5):10-14.
- [7] 陈义华. 数学模型[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

Combined Model of Modal Split and Assignment

CHEN Yi-hua, WU Hong-bing

(College of Mathematics and Physics, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Traffic flow can be assigned on the generalized nets which include urban rail traffic nets and common bus nets, with the combined model of the modal split and traffic assignment. The authors put emphasis on description of the formation of generalized trip cost function and penalty coefficient and the average time of waiting for bus, and improve the link travel time function (BPR). The combined model for modal split and traffic assignment is put forward based on the generalized trip cost on the generalized nets, which satisfies user equilibrium. A multi-rails incremental algorithm simulates user equilibrium condition is proposed in order to increase the efficiency of algorithm, and a simple numerical example is presented. The combined model can real-timely show the relation between passenger flow of the road and trip time and quality of the public server.

Key words: combined models; generalized trip cost; user equilibrium; passenger flow assignment

(编辑 张小强)