

基于定向寻优的交通配流研究

何胜学

上海理工大学, 管理学院, 上海 200093

摘要: 非平衡配流中的 STOCH 法应用广泛, 但计算量大; 而概率加载模型的计算难度及逼近模拟的有效性限制了其发展。利用交通路网中的定向寻优方法, 合理的吸取了 STOCH 的择路机制, 并考虑了拥挤平衡影响, 从而可建立了一种拟现实交通配流方法。文中对新配流法的依据原则、配流步骤、定向寻优法的计算步骤以及配流中相关参数标定问题作了介绍, 并结合算例将新方法 with STOCH 法进行了比较。

关键词: 交通配流; 定向寻优法; 择路机制; 平衡趋势

中图分类号: U491.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2004)04-0033-07

Traffic Assignment

Based on Orientation of Searching Valid Route

HE Sheng-xue

College of management,

University of Shanghai for Science and Technology,

Shanghai 200093, China

Abstract: The STOCH model of non-equilibrium assignment is often implemented in all kinds of transportation planning software, but the cost in computation of the model is very high. Probability assignment model is difficult to apply in real life; moreover, the efficiency of Monte-Carlo imitation restrains its development. Taking the advantage of the orientation of searching the route and the position of links and nodes, this article constructs a new assignment model. The new model has considered the congestion effects due to limited vehicle capacity. In the new model the mechanism of route choice comes from STOCH, but it has a great improvement in choosing parameters. How the new traffic assignment model is implemented is described in this article. We also compare the new model with STOCH through a simple example.

收稿日期: 2004-10-26.

作者简介: 何胜学(1976-), 男, 陕西人, 上海理工大学管理学硕士, 研究方向: 交通规划。

Key words : Traffic assignment , searching the valid route of orientation , the mechanism of route choice , equilibrium tendency

0 引言

交通配流是交通规划中的一个关键环节。已在这方面取得的研究成果相当丰富。常见的配流方式可分为平衡与非平衡两种。平衡配流的研究相当多,有一个从一般的确定性配流,经过随机性配流,最后到动态交通配流的深入过程。随着对现实的逐步逼近,该类配流方法的实现也越来越难。非平衡配流也有一个由简单向复杂的深入发展历程。通过深入思考,可以看出两类配流的研究方向都建立在具有一定合理性的原则基础之上。如能将这些相对合理的原则加以融合,构造新算法加以实现,可能会更加贴合现实。

利用交通路网中的定向寻优法(SRO)^[1],合理吸取了STOCH算法^{[2]-[8]}的择路分配机制,并考虑拥挤平衡影响,一种新的拟现实交通量分配方法生成了。新方法体现了平衡配流的平衡趋势本质。通过对算例的对比分析,可明确新方法优势所在。

1 基于定向寻优的交通配流原则

结合现实与已有的配流原则,可提炼出两条原则作为新方法的建立依据。

a. 平衡趋势

平衡配流的各种类型都有其相应的平衡原则。静态的确定性平衡条件为“当在路网上的利用者都知道网络状态并试图选择最短路径时,网络会达到平衡状态;考虑拥挤对行走时间的影响,当达到平衡态时,每一O-D对间的各条被利用路径具有相等且最小的行走时间,而未被利用的路径的行走时间大于或等于最小行走时间”^[4]。随机用户平衡条件:系统中不再存在司机认为他能通过单边改变路径来降低其阻抗的机会^[2];而动态平衡原则的定义则有多种^{[2]-[7]}。

由于理论假设与真实的交通行为的差异,真实的交通系统不可能真正达到上述的平衡态,而只是保持向上述假设的平衡态进行持续的转化。这些平衡原则

从一个侧面说明了系统有不断走向平衡态的趋势。平衡趋势是合理配流必须依据的原则之一,但如何界定平衡态以及平衡态是否会在现实中实现,又是一个有争议的问题。这也正是非平衡与平衡两种配流方向并行不悖的深刻根源所在。

新配流法是利用加权迭代的分配形式,使配流向平衡方向转化。其中主要考虑了拥挤效应和对Logit模型择路机制缺陷的改进。

b. 多条路径的选择利用

好的流量分配方法都会最终在单一O-D对间利用多条路径(排除路网流量很小无拥挤产生的情况)。用户最优平衡配流及其组合模型都通过拥挤效应多次利用新生成的最优路径,从而最终实现平衡态的多条路径利用。非平衡配流模式中的STOCH方法虽无需列出多条路径但利用择路机制对流量进行了多条路径的同时分配。蒙特卡罗模拟法在Probit模式中的应用,也是多次择优最终形成多条路径的选择利用^{[2]-[7]}。由此得出:利用多条路径分配流量是交通量合理分配必须依据的基本准则之一。但如何选择多条路径及实现多路径流量分配又是一个多种方法并存,有争议的问题。

新的配流方法利用SRO,直接求出O-D对间的最优和次优路径,从而形成多条路径的选择集。这一做法主要是为了减少计算量,并结合新的配流机制,解决了STOCH法在逆推配流时难以合理确定节点计算顺序的问题^[2],并利于考虑路径中重合路段的影响。

2 SRO 简介^[1]

SRO是利用了现实中路段特别是节点位置的确定性,以及现实中交通流量的定向性,结合图论中Dijkstra算法的一些做法,模拟在重力场中水滴的流动构造而成的一个求解交通路网中最优及次优路径的全新方法。为了便于理解和表述新的配流方法,现简单介绍一下SRO。

2.1 在 SRO 中做的规定

a. 水滴的流向规定如下：如果存在路段 $p_i p_j$ ，且 $V_{p_i} > V_{p_j}$ 则 $Dir(p_i p_j)$ 取 $p_i \rightarrow p_j$ ；

b. 水滴流到节点 p_i 处时，产生大小保持不变的分裂，并且满足 $N_s(p_i) = N_u(Op_i)$ ；

c. $V_o = \max(V_{p_i})$ ， $V_d = \max(V_{p_i})$ ；具体的问题可能标示高于或低于上述起讫点的节点位势，此时位势标示的方向不变；

d. 水滴流经路段 $p_i p_j$ 的时间等于路段阻抗 $T(p_i p_j)$ ，且 $T(p_i) = T(p_j) = 0$ 。

在規定中 $N_s(p_i)$ 为水滴在节点 p_i 处的分裂数目； $N_u(O_{p_i})$ 为有限集合 O_{p_i} 中所含元素个数； O_{p_i} 为以 p_i 为流向起点的路段终点集合； V_o 为起点位势； V_d 为讫点位势； V_{p_i} 为节点 p_i 的位势； $T(p_i)$ 为节点 p_i 处的滞留时间； $Dir(p_i p_j)$ 为路段 $p_i p_j$ 的流向； $p_i \rightarrow p_j$ 表示水滴从节点 p_i 流向节点 p_j ； p_i 、 p_j 为路网中满足参数所在步骤条件的任意一节点。

2.2 针对单一 O-D 对的 SRO 求解步骤

a. 给出路网中节点及节点坐标 $p_i(x, y)$ (x 与 y 是实际地理位置)，路段 $p_i p_j$ 及路段阻抗 $T(p_i p_j)$ 。

b. 给出单一 O-D 对的起讫点坐标 $O(x_0, y_0)$ 及 $D(x_1, y_1)$ ；按起讫点连线的方向，对路网中的所有节点坐标加以变换。 $D(x_0, y_0)$ 为新坐标系的原点，线段 OD 表示的方向之一 $Dir(O \rightarrow D)$ 为新坐标系 y 轴的正向。坐标的变换公式如下：

$$x' = (x - x_0) \cos \psi + (y - y_0) \sin \psi \quad (1)$$

$$y' = -(x - x_0) \sin \psi + (y - y_0) \cos \psi \quad (2)$$

式中： ψ ——为新旧坐标移轴后的夹角，满足 $\text{tg} \psi = (x_1 - x_0) / (y_1 - y_0)$ ；

(x', y') ， (x, y) ——变换点在新旧坐标系中的坐标。

c. 排除超范围节点 $p_i(x_i, y_i)$ ， p_i 满足 $(V_{p_i} > V_o)$ ($V_{p_i} < V_d$) ($|x_i| > L$)， L 为事先规定长度；同时排除路段 $p_i p_j$ ，其中节点 p_i 与 p_j 中至少有一个为超范围节点。

d. 对有效节点排序： $O, p_1, \dots, p_i, \dots, D(V_o$

$V_{p_i} \dots V_{p_i} \dots V_d)$ ，并确定每一个有效节点的紧前节点（在路段 $p_i p_j$ 或 $p_j p_i$ 中，如果 $V_{p_i} > V_{p_j}$ ，那么 p_i 为 p_j 紧前节点，表示为 $p_i \in F_{p_j}$ ），其中， F_{p_j} 为 p_j 节点的紧前节点集合。

e. 节点参数列初始化：由 F_{p_j} 及 $N_u(F_{p_j})$ ，确定节点 p_j 的初始化参数列：

$$p_j \{H(f_1^t f_2^t \dots f_n^t), G(f_1^t f_2^t \dots f_n^t)\} \quad (n = N_u(F_{p_j}))$$

式中： H ——节点 p_j 距 O 点的最优距离；

G ——节点 p_j 距 O 点的次优距离；

f_i ——表示节点 p_j 紧前的第 i 节点 ($f_i \in F_{p_j}$)；

f_i^t ——取节点 p_j 紧前节点 f_i 的第 t 个变量；

t ——取 0 表示初始化，取 1 表示连结变量 H ，取 2 表示连结变量 G ；

$N_u(F_{p_j})$ ——紧前节点集合 F_{p_j} 中所含元素个数。

f. 计算节点 p_j 的新参数（按步骤 d 的排序依次取节点计算）。对每个节点，计算其所有紧前节点到此节点的最优距离和次优距离；并相应改写初始参数列中的 H 、 G 及 t 值。当完成终点的计算时结束。计算公式为

$$H_{p_j} = H_{p_n} + T(p_n p_j) = \min[H_{p_i} + T(p_i p_j)] \quad \forall p_n \text{ 与 } p_i \in F_{p_j} \quad (3)$$

$$G_{p_j} = \min\{[H_{p_i} + T(p_i p_j)] \vee [G_{p_m} + T(p_m p_j)]\} \quad \text{且 } G_{p_j} > H_{p_j} \quad \forall p_i, p_m \neq p_n \in F_{p_j} \quad (4)$$

满足式 (3) 的点 p_n 由 p_n^0 变为 p_n^1 ；满足式 (4) 的点 p_m ，如取 H, p_m 项标号变为 1，如取 G, p_m 项标号变为 2。

g. 由终点 D 的参数列得到最优及次优路径阻抗 H_d 和 G_d ，逆推得最优及次优路径（逆推的联接关系参见上面的步骤 e）。

以起点为圆心，交通路网中所有节点到圆心的距离的相反数为该点的位势值 ($V_{p_i} = -R_{p_i}$)。水滴从圆心向四周流，可同时确定圆心（起点）到路网中多个讫点的最优及次优路径。

3 新配流方法的求解步骤

a. 参数的获取与调整。令 $n = 0$ 。给定最大的迭代次数——正整数 N 。给定设置的迭代精度 ε ，为一个小正数。参照已获得的真实的部分路段流量 η_{ij}^0 ，确定参量函数 $\theta = \theta(t, n_0)$ 的具体形式（参见下一小节），给出经验权重系数 k 。

b. 利用 SRO 在空流（路段流量 $f_{ij} = 0$ ）情况下求出某一 O-D 对间的最优与次优路径，并标定路网中相关节点的参数。

c. 针对上步选用的 O-D 对，从终点开始按位势的升高，依次取有效路径中的节点，按在此节点上的紧前节点所形成的最优与次优路径来分配其间的流量 f^{rs} 。分配公式为

$$W_{ij} = \vartheta(t_H)\delta(t_H)\exp[-\theta(H, n_0)H] + \vartheta(t_G)\exp[-\theta(G, n_0)G] \quad (5)$$

$$P_{ij} = \frac{W_{ij}}{\sum_{k, p_k \in F_{p_j}} W_{kj}} \quad (6)$$

$$f_j^{rs} = \sum_{k, p_k \in F_{p_k}} f_{jk}^{rs} \quad \text{当 } p_j \text{ 取迄点 } s \text{ 时 } f_j^{rs} = f^{rs} \quad (7)$$

$$f_{ij}^{rs} = f_j^{rs} \cdot P_{ij} \quad (8)$$

式中： W_{ij} ——路段 $p_i p_j$ 的分配权重；

f^{rs} ——起点 r 与迄点 s 间的流量；

f_j^{rs} —— f^{rs} 中流经节点 p_j 流量；

f_{ij}^{rs} —— f^{rs} 中流经路段 $p_i p_j$ 流量；

P_{ij} ——OD 流量 f^{rs} 选择路段 $p_i p_j$ 的比例；

H, G ——起点到所选择节点 p_j 的最小及次小阻抗；

θ ——正的参数，为步骤 a 中的标定函数取值；

$\delta(t)$ ——当 $t = 0$ 时取 0，当 $t > 0$ 时取 1；

t_H ——在节点 p_j 的参数列 $H(f_1^t, f_2^t, \dots, f_n^t)$ 中 p_i^t 的 t 值；

t_G ——在节点 p_j 的参数列 $G(f_1^t, f_2^t, \dots, f_n^t)$ 中 p_i^t 的 t 值；

$\vartheta(t)$ ——当 $t = 0$ 时取 0，当 $t = 1$ 时表示 p_j 的紧前节点 p_i 参数列 $H(f_1^t, f_2^t, \dots, f_n^t)$ 后的 t 值非 0 的 $f_i \in F_{p_i}$ 的个数，当 $t = 2$ 时表示 p_j 的紧前节点 p_i 参数列

$G(f_1^t, f_2^t, \dots, f_n^t)$ 后的 t 值非 0 的 $f_i \in F_{p_i}$ 的个数。

重复上述步骤 b 与步骤 c，完成所有的 OD 量分配，并在最后计算出路段流量。计算公式为

$$f_{ij}^0 = \sum_{rs} f_{ij}^{rs} \quad \forall i, j \quad (9)$$

d. 令 $n = n + 1$ ，按照当前各路段流量 f_{ij}^{n-1} 计算各路段的阻抗。计算公式为

$$T_{ij}^{n-1} = T_{ij}^{n-1}(f_{ij}^{n-1}) \quad (10)$$

e. 利用交通路网中的定向寻优法在路段阻抗为 T_{ij}^{n-1} 情况下求出某一 OD 对间的最优与次优路径，并标定路网中相关节点的参数。

f. 针对上步选用的 O-D 对，从终点开始按位势的升高，依次取有效路径中的节点，按在此节点上的紧前节点所形成的最优与次优路径来分配其间的流量 f^{rs} 。分配公式与步骤 c 相同。

重复上述步骤 e 与步骤 f，完成所有的 OD 量分配，并计算出路段流量。计算公式为

$$f_{ij}^* = \sum_{rs} f_{ij}^{rs} \quad \forall i, j \quad (11)$$

g. 用加权平均的方法计算各路段的当前交通量 f_{ij}^n 。计算公式为

$$f_{ij}^n = (1-k)f_{ij}^{n-1} + kf_{ij}^* \quad (12)$$

h. 如果在已获得流量观测值的路段上有

$$\sum_{ij} (f_{ij}^n - \eta_{ij}^0)^2 \leq \varepsilon$$

成立或迭代次数满足 $n > N$ ，停止计算， f_{ij}^n 为最终路段流量；否则转步骤 d。

注：上述步骤采用了单一 O-D 对的 SRO 求解方法，故而步骤 b 与 c、步骤 e 与 f 需重复进行；当利用单起点多迄点的 SRO 求解方法时，上述步骤要相应做出调整。

4 θ 值的标定

在 Logit 选择路径的模型中，我们对每条路径的效用及阻抗作了满足 Gumbel 分布，且相互独立的假设。Gumbel 分布

$$F(w) = P_r(\xi_k \quad w) = e^{-e^{-w+E}} \quad (13)$$

式中： w ——任意实数；

E ——欧拉常数， $E = 0.5708 \dots$ 。

假设每条路径的效用函数的随机误差项互相独立，则有：

$$P_k = \frac{e^{V_k}}{\sum_{l=1}^k e^{V_l}} \quad \forall k \text{ 也即: } P_k = \frac{1}{1 + \sum_{l \neq k} e^{V_l - V_k}} \quad (14)$$

式中： V_k, V_l ——分别表示 k 与 l 路径的期望效用值；

P_k ——路径 k 的选择概率。

如果令路径行驶效用 $U_k^{rs} = -\theta C_k^{rs}$ ， θ 为正的比例参数， C_k^{rs} 表示起点 r 与讫点 s 间第 k 条路径的阻抗，则

$$P_k^{rs} = \frac{e^{-\theta C_k^{rs}}}{\sum_{l=1}^k e^{-\theta C_l^{rs}}}$$

成为我们利用的公式形式。

可以证明 θ 值反映了理解阻抗的方差大小，两者有 $\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6\theta^2}$ 的关系^{[2],[4]}。 θ 值的大小可以反映人们对交通路网阻抗的认识偏差大小。考虑对 θ 值标定的方向：

路径的阻抗越大，应该对应一个较小的 θ 值；

路径中包含的路段数量越多，则 θ 值就应越小。

在实际应用时，首先给出 θ 的一个估计值，然后分配对照后，按上述标定方向对 θ 值作出新的调整。有条件的情况下可多次配流调整。也可设计一个函数 $\theta = \theta(l, n_o)$ 来标定，例如可令 $\theta = \frac{\beta}{\sqrt{l \cdot n_o}}$ ， β 为正的

待定参数。 l 表示当前起点与计算节点间的选用路径阻抗值（节点参数列中的 H 或 G 值）； n_o 表示从起点到计算节点最优及次优路径所经过的路段数目。函数 $\theta = \theta(l, n_o)$ 是 l 与 n_o 的减函数。但实际运用时， n_o 值难以确定，可以不考虑。

这种 θ 值的确定方式，即表达了 θ 值的本来含义，也同时改进了 Logit 模型分配中理解路径阻抗相互独立与仅考虑路径阻抗绝对差的缺陷。

5 算例分析^[3]

求图 1 中节点 1 与 16 间的最优及次优路径，并配流（1 与 16 间流量为 1 000）。

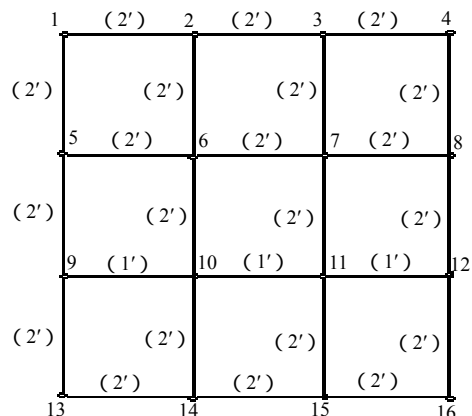


图 1 路段行驶时间

Fig.1 Travel time on the links

图 2 标出了 STOCH 法计算配流的结果，具体过程参见文献 3。

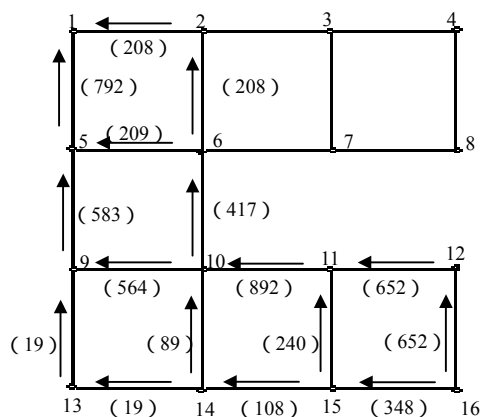


图 2 STOCH 法计算的路段分配交通量

Fig.2 Distribution traffic volume of links calculated with STOCH

图 3 标出了当 $\theta = 1$ 时定向寻优法的一次分配结果，图 4 标出了当 $\theta = \frac{5}{\sqrt{l}}$ 时定向寻优法的一次分配结果。在图 3 与图 4 中最优路径阻抗值为 9，路径为 1 5 9 10 11 12 16。两图中次优路径阻抗值为 10，满足的路径有三条，分别为：1 2 6 10 11 12 16；1 5 6 10 11 12 16；1 5 9 10 11 15 16。

计算步骤示例——节点 16 与 10 处的配流处理（ θ 取 1）：

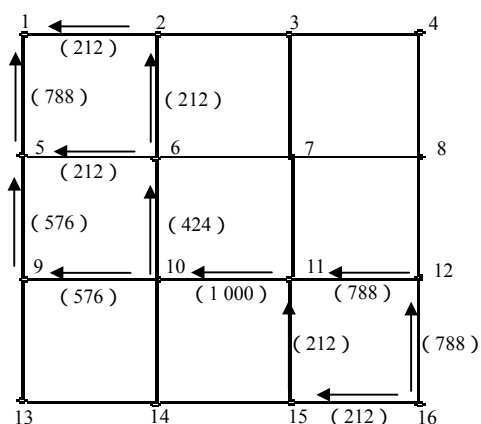


图3 SRO 计算的路段分配交通量 ($\theta=1$)

Fig.3 Distribution traffic volume of links calculated with SRO ($\theta=1$)

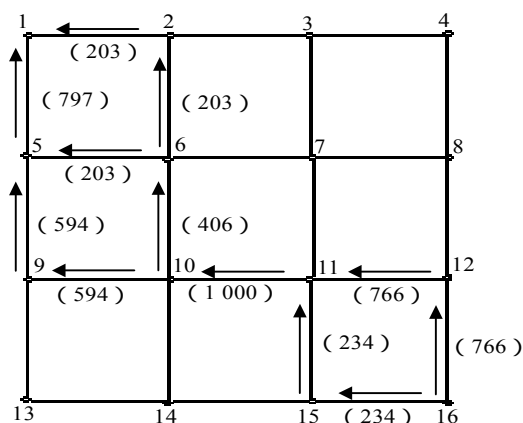


图4 SRO 计算的路段分配交通量 ($\theta = \frac{5}{\sqrt{I}}$)

Fig.4 Distribution traffic volume of links

calculated with SRO ($\theta = \frac{5}{\sqrt{I}}$)

节点 16 处参数列 :

$$P_{16} \{9(p_{15}^0 p_{12}^1), 10(p_{15}^1 p_{12}^2)\}$$

路段分配权重 :

$$w_{12-16} = \exp(-9) + \exp(-10)$$

$$w_{15-16} = \exp(-10)$$

路段分配比例 :

$$P_{12-16} = \frac{w_{12-16}}{w_{12-16} + w_{15-16}} \quad 0.788$$

$$P_{15-16} \quad 0.212$$

节点 16 处流量 :

$$f_{16}^{1-16} = 1000$$

路段分配流量 :

$$f_{12-16}^{1-16} = f_{16}^{1-16} \cdot P_{12-16} = 788$$

$$f_{15-16}^{1-16} = f_{16}^{1-16} \cdot P_{15-16} = 212$$

节点 10 处参数列 :

$$P_{10} \{5(p_6^0 p_9^1), 6(p_6^1 p_9^0)\}$$

路段分配权重 :

$$w_{9-10} = \exp(-5)$$

$$w_{6-10} = 2 \cdot \exp(-6)$$

(由 $p_6 \{4(p_2^1 p_5^1), 0\}$, 故上式 w_{6-10} 中的 $\mathcal{G}(t_y) = \mathcal{G}(1) = 2$)

路段分配比例 :

$$P_{9-10} = \frac{w_{9-10}}{w_{6-10} + w_{9-10}} \quad 0.576$$

$$P_{6-10} \quad 0.424$$

节点 10 处流量 :

$$f_{10}^{1-16} = f_{10-11}^{1-16} = 1000$$

路段分配流量 :

$$f_{10}^{1-16} = f_{10}^{1-16} \cdot P_{9-10} = 576$$

$$f_{6-10}^{1-16} = f_{10}^{1-16} \cdot P_{6-10} = 424$$

其他各路段流量的分配可以依据上述步骤计算得出。

6 结束语

本文提出了一种全新的静态交通配流方法,并对新方法的依据原则、求解步骤与有效性作了较详尽的说明。新方法是基于定向寻优、改进的 Logit 择路机制,以及拟现实的参数标定而建立的。新方法相对于非平衡配流中的 STOCH 法节省了计算量,也克服了 STOCH 内含的配流取点顺序难题,并改进了重合路段分流过大、仅考虑路径阻抗绝对差的缺陷。相对于多数的平衡配流,新方法不追求理论上的完美平衡收敛,而是以部分现实路段的真实观测流量为依据对现实作了尽可能的拟合。新方法的这些合理性内含,使之适用性、推广性大大增强。

参考文献

- [1] 何胜学, 严 凌. 交通路网中的定向寻优法[J]. 上海理工大学学报, 2004; 26(4): 356-359.
- [2] 黄海军. 城市交通网络平衡分析—理论与实践[M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [3] 丁以中, 周溪召, 任兴源, 等. 交通运输网络规划[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2003.
- [4] 陆化普, 史其信, 殷亚峰, 等. 交通规划理论与方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [5] 高自友, 宋一凡, 四兵锋. 城市交通连续平衡网络设计理论与方法[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000.
- [6] 王 炜, 徐吉谦, 杨涛等. 城市交通规划理论及其应用[M]. 南京: 东南大学出版社, 1998.
- [7] 谢 政. 网络算法与复杂性理论[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2003.
- [8] Dial R. B. A probabilistic multipath traffic assignment algorithm which obviates path enumeration [J]. Transpn Res., 1971; 5: 83-111.

上接第9页

线路优化以及相关公交站点的合理配置, 其次则是加强和完善枢纽内部的协调性。

通过上述灰关联投影分析计算的评价值的结果大小及其对比排序, 可以给出具体的改进与调整方案, 从而逐步改善和调整客运换乘枢纽的布局设计与衔接, 提高城市客运换乘枢纽的总体服务水平。

4 结束语

城市客运换乘枢纽作为城市客运交通系统中的一个

重要组成部分, 已经成为城市集聚辐射的重要基础性设施, 是城市内部交通方式间及城市与周围地区之间联系的重要条件。本文从定性和定量两个角度出发, 提出了城市客运换乘枢纽的评价指标体系, 并建立了城市客运换乘枢纽多目标灰关联评价模型, 该模型的应用, 不仅可以对不同客运换乘枢纽的服务水平进行横向评价对比, 亦可对同一换乘枢纽在不同规划设计条件下作纵向评价比较, 并分析各种因素的影响程度, 找出客运换乘枢纽在布局设计、换乘衔接及组织管理等方面存在的问题, 从而能对换乘枢纽进行有针对性的调整与改进。

参考文献

- [1] 覃 煜. 城市综合客运交通体系中换乘研究[J]. 长沙交通学院学报, 2000; 16(2): 67-72.
- [2] 席 庆. 交通运输枢纽中客运站布局问题的研究[J]. 西南交通大学学报, 1999; 34(3): 374-378.
- [3] 刘小明等. 城市客运枢纽综合评价指标体系研究[J]. 中国公路学报, 1995; 8(1): 97-102.
- [4] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 华中理工大学出版社, 1990. 84-113.