

文章编号: 1002-0268 (2004) 02-0084-04

# 交通管制条件下城市道路网络模型及分配算法研究

谢远长, 李旭宏, 范颖玲

(东南大学交通学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:** 城市道路网络模型及其算法是城市道路网络分析和分配的基础。本文首先分析了交通管制条件下原有城市道路网络模型和算法的不足, 在此基础上提出一种改进模型和算法, 并给出算例。这种改进的模型和算法能较好地满足实际分配的要求, 在交通规划、交通管理和交通流模拟中都有着十分广阔的应用前景, 且已经被成功地应用于郑州市综合交通规划中。

**关键词:** 交通分配; 最短路; 算法; 虚拟节点; 城市道路网络

**中图分类号:** U491.123

**文献标识码:** A

## Urban Road Network Model and Assignment Algorithm Analysis under Traffic Control Condition

XIE Yuan-chang, LI Xu-hong, FAN Ying-ling

(Transportation College, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

**Abstract:** Urban road network model and assignment algorithm are the basis of urban road network analysis and traffic assignment. This paper first analyses the shortcoming of old model and algorithm under traffic control condition, then proposes a new improved model and algorithm, which can make up for the shortcoming, and can satisfy the demand of urban traffic assignment. This article also presents an example of the new model and algorithm. The new model and algorithm can be applied to traffic planning, traffic management planning, and traffic flow simulation, and it has already been successfully applied to the 'Comprehensive Traffic Planning of the City of Zhengzhou'.

**Key words:** Traffic assignment; Shortest Path; Algorithm; Virtual node; Urban road network

### 0 问题的提出

道路网络模型是进行交通分配和网络分析的基础, 城市道路网络有其特殊的性质, 例如, 城市道路中有着很多禁行、单行等管制措施; 城市道路网络中交叉口阻抗比较大, 在一些拥挤交叉口, 交叉口转向阻抗甚至超过路段上的阻抗, 因此在建立网络模型时必须充分考虑这一点。对于城市道路网络, 常见的抽象方法有两种, 下面以四路交叉口为例, 列出两种常见城市道路网络抽象示意图, 见图1。

图1(a)中所示网络将路段抽象成图中的弧段,

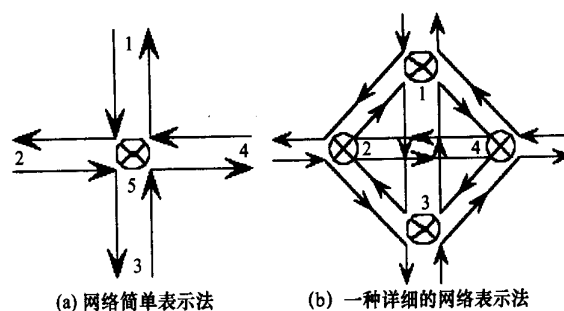


图1 网络图示法

交叉口抽象成节点。在这个模型中, 假设交叉口某个进口的每个转向的阻抗值相同, 对于进入该交叉口的

收稿日期: 2002-11-06

作者简介: 谢远长 (1979-), 男, 江苏南京人, 硕士, 现从事区域与城市交通规划研究。

弧段，其阻抗值（权重）是路段阻抗和进入交叉口的阻抗之和，对于离开该交叉口的弧段，其阻抗值是路段阻抗和进入下一个交叉口的阻抗之和。这种网络表示方法的缺点主要有：（1）对交叉口的处理不够精确，城市交叉口每个转向的阻抗都是由交叉口的控制方式和车流量来决定的，很少有各个转向阻抗值都相等的情况。例如，有的交叉口右转不受信号灯控制，其右转的阻抗相对受信号灯控制的其它转向而言就小很多，此时认为各转向阻抗值相等，显然欠妥。（2）无法表示一些交通管制措施，例如图 1（a）中，从节点 1 进入交叉口的交通流将有 3 个转向，假设其中 1 - 5 - 2 转向为禁行（阻抗无限大），其它两个方向受信号灯控制，如果采用上述模型，就不能正确反应实际的情况，导致分配结果的不准确。

尽管图 1（a）中所示模型存在着缺点，但也有计算量小的优点，在对分配精度要求不高、交通控制措施比较简单的前提下可以使用。

图 1（b）是城市道路网络的另外一种常见抽象方法，它将交叉口的各个转向抽象成路段，用这些路段阻抗代表交叉口转向阻抗，如果某一转向设有禁行标志，就将代表此转向的路段去掉。这样一来，克服了上一模型中不能准确考虑交叉口转向阻抗的缺点，但同时也带来了新的问题：（1）路段的引入，使原来 1 个交叉口、4 个路段，变成了现在的 4 个交叉口，路段数目也几乎变成原来的 3 倍，从而分配计算量也成倍增加。（2）目前在交通分配中广泛应用的多路径分配算法都是基于 LOGIT 路径选择模型的，由于该模型自身的原因，可能出现这样的情况：如图 1（b），在多路径分配过程中，当前分配节点是 1，而且路段（1，2）和（1，3）都是节点 1 的有效路段，从而出现从 1 - 2 - 3 的交通流量，这在实际中显然是不可能的。

从上述分析中可以看出，由于城市道路网络的特殊性以及城市交通管制措施的原因，必须构造出一种新的模型，使之能够较好地考虑到这些因素，同时也能便于设计高效快速的算法。

1 改进的网络模型的建立

1.1 确立基本路网模型

分析上述两个模型，前者优点是计算量小，后者的优点是能够充分考虑交叉口转向的阻抗值。本文将结合对上述模型的分析，分步骤建立一种改进的城市道路网络模型。

在多路径分配模型中，认为出行者在交叉口处进

行路径选择，如果把改进的网络模型设计成如图 1（b）的形式，1 个交叉口变成若干个交叉口，网络规模和分配计算量成倍增加，而且这样的网络模型也会影响到多路径分配方法中的路径选择模型的正确性。鉴于此，本文将改进模型建立在图 1（a）所示的道路网络基础上，把交叉口阻抗和路段阻抗分开考虑，具体方法是用弧段的权重表示路段阻抗，将交叉口阻抗存放在如表 1 的数组中。

交叉口阻抗矩阵表			表 1
交叉口编号	前向交叉口编号	后续交叉口编号	阻抗值
1530	1531	1533	70
1531	1534	1530	55
...	...	...	...

在用 Dijkstra 标号法求最短路时，根据前后 3 个交叉口的编号来从表 1 的数组中取出交叉口转向阻抗值，用于下一个标号点的标号。这样做可以将交叉口转向交通量分别加以考虑，克服图 1（a）所示模型的缺点，但是通过下面的分析可以看出，在此模型下用 Dijkstra 标号法算出的最短路径有可能是错误的，而且，在某些特定情况下，有些路网节点甚至会得不到标号。

如图 2 所示道路网络，现在有 1 个 OD 对需要分配到这个网络上，OD 对的起点对应路网中的交叉口 A，终点对应路网中的交叉口 D，弧段上所标数值是路段阻抗，其中 B - C - D 转向禁行（阻抗无限大），B - C - F 转向的阻抗值是 10，其余交叉口转向的阻抗值都是零。如果用 Dijkstra 标号法寻找最短路，读者会发现两个问题。

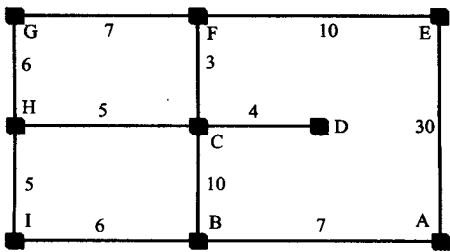


图 2 某城市局部道路网络图

- （1）D 节点得不到标号（标号值无限大）；
- （2）在此模型中用 Dijkstra 标号法算出的 F 点的标号为 30，路径是从 A - B - C - F，但实际上 A 到 F 的最短路径应该是 A - B - I - H - C - F，其最短路权是 26。

上面两个问题实际可以归结为一。对于图 2 中的交叉口 C 而言，它邻接了 4 个路段，由于交叉口转向阻抗的存在，交叉口 C 的每个进口道处距离 OD 起点 A 的阻抗值都是不同的，而节点 C 的标号值只能有一



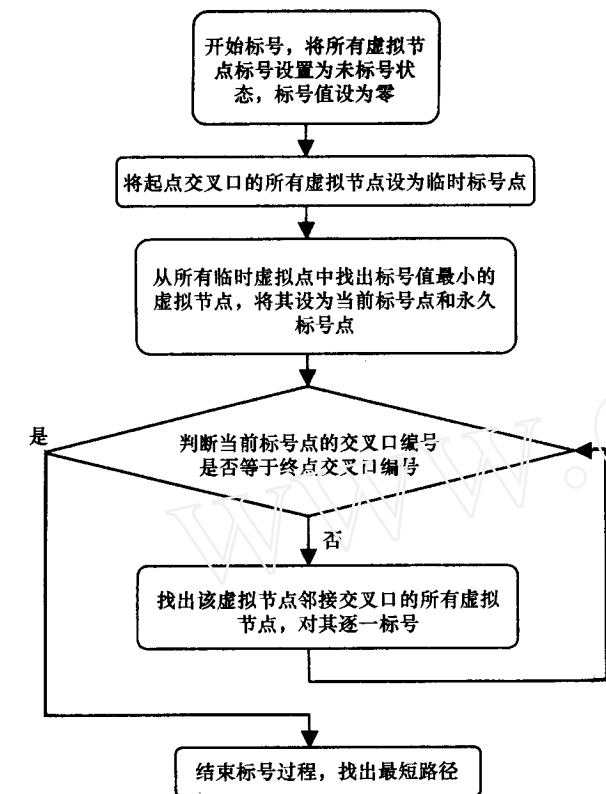


图4 改进后的标号算法流程图

都是1，要求找出从交叉口A到交叉口D的最短路径。用 $V_{ab}$ 来表示属于交叉口A且位于路段AB上的虚拟节点，同理，属于交叉口A且位于路段AC上的虚拟节点可以用 $V_{ac}$ 表示。标号过程如下：

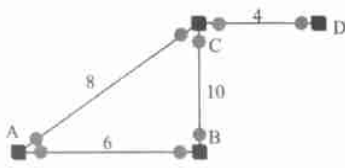


图5 某道路网络

首先，将图5中的所有虚拟节点都设为未标号状态，标号值均为零。从起点交叉口A开始，将 $V_{ab}$ 和 $V_{ac}$ 设为临时标号点，开始标号过程。

第1轮标号：选择当前标号点，取 $V_{ab}$ 为当前标号点，将其设为永久标号， $V_{ab}$ 邻接交叉口是交叉口B，给属于交叉口B的虚拟节点 $V_{ba}$ 、 $V_{bc}$ 标号。标号结果如表3。

第1轮标号结果				表3
虚拟节点号	$V_{ab}$	$V_{ac}$	$V_{bc}$	$V_{ba}$
标号值	0	0	7	6
标号性质	永久	临时	临时	临时
前向交叉口	A	A	A	A

第2轮标号：在临时标号点中寻找当前标号点，

取 $V_{ac}$ ，将其标号设为永久标号，给 $V_{ac}$ 邻接的交叉口C的虚拟节点 $V_{ca}$ 、 $V_{cb}$ 、 $V_{cd}$ 标号，由于A-C-D禁行，所以 $V_{cd}$ 得不到标号，标号结果见表4。

第2轮标号结果						表4
虚拟节点号	$V_{ab}$	$V_{ac}$	$V_{bc}$	$V_{ba}$	$V_{ca}$	$V_{cb}$
标号值	0	0	7	6	8	9
标号性质	永久	永久	临时	临时	临时	临时
前向交叉口	A	A	A	A	A	A

第3轮标号：依次取 $V_{ba}$ 、 $V_{bc}$ 、 $V_{ca}$ 、 $V_{cb}$ 作为当前标号点，将其标号设为永久标号，并对其所邻接的交叉口的所有虚拟节点进行标号，得出结果如表5。

第3轮标号结果							表5
虚拟节点号	$V_{ab}$	$V_{ac}$	$V_{bc}$	$V_{ba}$	$V_{ca}$	$V_{cb}$	$V_{cd}$
标号值	0	0	7	6	8	9	18
标号性质	永久	永久	永久	永久	永久	永久	临时
前向交叉口	A	A	A	A	A	A	B

第4轮标号：取 $V_{cd}$ 为当前标号点，并设为永久标号点，得出 $V_{dc}$ 的标号为22，此时只有 $V_{dc}$ 为临时标号点，则将 $V_{dc}$ 的标号设为永久标号，由于 $V_{dc}$ 所属交叉口为终点交叉口，从而得到结果如表6。

最终标号结果								表6
虚拟节点号	$V_{ab}$	$V_{ac}$	$V_{bc}$	$V_{ba}$	$V_{ca}$	$V_{cb}$	$V_{cd}$	$V_{dc}$
标号值	0	0	7	6	8	9	18	22
标号性质	永久	永久	永久	永久	永久	永久	永久	永久
前向交叉口	A	A	A	A	A	A	B	C

根据终点虚拟节点的编号 $V_{dc}$ 以及其前向交叉口编号C，可知虚拟点 $V_{dc}$ 标号是从前向交叉口C经过所属交叉口D得来，从而可以找出其前向虚拟节点 $V_{cd}$ ，依次类推，可以得出整个最短路径为A-B-C-D。同样，在找出其它点间的最短路径后，就可以进行多路径分配。

这个例子看似简单，但是如果采用图1(a)所示的网络来表示，用Dijkstra却得不出这条最短路径。

参考文献：

[1] 李旭宏. 道路规划 [M]. 南京: 东南大学出版社, 1997: 146 - 159.

[2] 王炜. 多路径交通分配模型的改进及节点分配算法 [J]. 东南大学学报, 1994, 24 (6): 21 - 26.

[3] Yosef Sheffi. Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods [M]. Prentice-Hall. INC, 1984.