

文章编号: 1001-7372(2003)04-0063-04

# 基于V ISUM 仿真软件的O-D 矩阵反推技术

张国强, 晏克非, 崔 叙

(同济大学 道路与交通工程系, 上海 200092)

**摘要:** 提出了基于V ISUM 仿真软件的O-D 矩阵反推技术, 就该技术的核心原理与实施应用给予详细的阐述。该技术运用动态多路径的平衡分配法进行交通分配, 充分利用了交通、土地利用和道路网现状调查所获取的各种信息, 并以V ISUM 宏观交通仿真软件为技术基础。

**关键词:** 交通工程; 交通规划; O-D 矩阵反推; 平衡分配

**中图分类号:** U 491.123 **文献标识码:** A

## Technology for inverse deduction of O-D matrix based on VISUM

ZHANG Guo-qiang, YAN Ke-fei, CU I Xu

(Department of Road and Traffic Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Authors present a technology for inverse deduction of O-D matrix based on VISUM, and give a detailed account of the technology's key principle and application. Then, authors use equilibrium assignment model in traffic assignment and make good use of all sorts of information from the investigation of traffic, land use and road network by the technology which is based on VISUM, a powerful traffic simulation software.

**Key words:** traffic engineering; traffic plan; inverse deduction of O-D matrix; equilibrium assignment

## 0 引言

由路网流量反推O-D 矩阵是交通分配的逆运算, 反推模型按照交通模型的不同而具有不同的模式。各国在这方面的研究多数以阻抗不变的多路线概率分配为基础, 取得了较大的进展<sup>[1-3]</sup>。

城市道路的主干网络, 如快速路段和高架路段, 其交通流量随时间的变化会有较大的波动。传统的O-D 矩阵反推方法是基于静态的交通分配模型, 它假定路网的阻抗和出行量分配率不随交通量的变化而变化, 这不符合城市交通的实际情况, 限制了该类算法的实际运用。

笔者所设计的基于V ISUM 仿真软件O-D 矩阵反推技术, 不但克服了上述缺陷, 并有所发展。运用动态多路径的平衡分配法进行交通分配, 使得路段的阻抗及出行分配率随交通需求的变化而变化; 这样, 分

配的结果更合乎道路网的实际情况。通过综合的交通、土地利用和道路网调查获得较为全面的调查数据, 并充分提取有用信息, 确保了O-D 矩阵反推结果的可靠性。通过灵活地运用V ISUM 仿真软件, 有效地提高了O-D 矩阵反推技术的效率。此外, 笔者还根据O-D 矩阵反推的技术思路, 使用强大的Visual Basic 6.0 编程语言开发了Windows 应用程序, 进一步增强O-D 矩阵反推技术的实用价值。

## 1 VISUM 仿真软件

V ISUM 是由德国著名的PTV 公司开发的一个计算机辅助交通规划软件包。软件从仿真角度来分析评价宏观交通运输系统的基本情况, 能够迅速对各种交通规划方案的效果做出反应, 能够支持决策者开发比较合理的新交通规划方案。笔者所设计的O-D 矩阵反推技术是以该软件为基础进行的, 下

收稿日期: 2002-11-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(59978035)

作者简介: 张国强(1972-), 男, 河南新蔡人, 工学博士研究生



面就所用到的几个关键模型加以介绍。

V ISUM 仿真软件的核心功能是进行交通分配,笔者选用平衡分配法作为O-D矩阵反推的技术基础。在完成交通分配之后,V ISUM 宏观仿真软件还能对交通分配的结果进行概率统计分析,协助交通分析人员研究道路网的路段分配流量与观测流量之间的吻合程度。在对交通配流结果进行统计分析的一个核心指标是线性相关系数  $r$ ,它的大小表明路段分配流量与观测流量之间的线性相关程度。

除了能够进行统计分析外,V ISUM 还能根据道路网中路段的分配流量与观测流量的差异,适度地调整用于交通分配的初始O-D矩阵,将路段交通量观测值所包含的信息反馈回交通需求分布O-D矩阵。实现V ISUM 的这一重要功能的数学模型可以表述如下

$$\begin{aligned} \max q(t) = & - \sum_{k=1}^p t_k \ln \frac{t_k}{\hat{t}_k} - t_k \\ \text{s.t. } & A t = V \end{aligned} \quad (1)$$

式中:  $V^T = (V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_p)$ ;  $t^T = (t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_p)$ ;  $A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & \dots & a_{m,p} \end{bmatrix}$ ;  $t_k$  为初始O-D矩阵中

第  $k$  个O-D对;  $\hat{t}_k$  为修正后的O-D矩阵中第  $k$  个O-D对;  $V_i$  为第  $i$  个路段的交通量观测值;  $a_{i,j}$  为初始O-D矩阵中第  $i$  个O-D对在道路网第  $j$  条路段的分配率。

这里目标函数将熵和初始O-D矩阵的结构有机地结合起来;这样,该数学模型的求解将在最大化系统的熵值和保持原有O-D矩阵的结构之间寻求平衡。此外,在模型的求解中,采用了模糊数学的方法,能更好地体现交通需求在一定范围内的波动。

## 2 基于V ISUM 仿真软件O-D矩阵反推技术路线

笔者所设计的O-D矩阵反推技术工作步骤须按如下次序展开:

(1) 对所研究的区域进行包括交通、土地利用和道路网在内的现状调查,在容许的条件下,尽可能收集到较为全面、详细的信息。在调查的基础上,对各种资料进行整理、分析,从中取得反映交通系统现状的相关信息,譬如现状的高峰小时路段和交叉口观测交通量、土地利用现状和道路网的结构等。这一步骤是进行O-D矩阵反推的基础,它为反推技术的展开提供必要的技术支持。

(2) 根据土地利用和道路网结构的现状划分交通小区,确定路段和交叉口的道路交通条件,并进而建立道路网仿真模型。根据观测交通量和土地利用现状以及道路网仿真模型计算初始O-D矩阵。

(3) 运用V ISUM 仿真软件的平衡分配模型,将初始O-D矩阵的交通量分配到道路网的各个路段上,得到路段分配流量。

(4) 对平衡分配结果进行概率统计分析,计算路段分配流量和观测流量之间的线性相关系数  $r$ ,并由此推算路段分配流量与观测流量之间的吻合程度。

(5) 若线性相关系数  $r$  较小( $r < 0.9$ ),则说明路段分配流量与观测流量之间的线性相关程度较弱,二者吻合的程度较差,用于该交通分配的O-D矩阵不能很好地反映道路网交通需求的实际情况;此时可用式(1)所表达的模型调整O-D矩阵,而后转回步骤(3)。如果线性相关系数  $r$  较大,接近于1,则说明路段分配流量和观测流量之间的线性相关程度很强,二者的吻合程度好;由此推断,用于交通分配的O-D矩阵很好地体现了道路网交通需求的现实,可以将其作为道路网的现状交通需求O-D矩阵输出。

与上述现状O-D矩阵反推的工作步骤相对应的技术路线如图1所示。

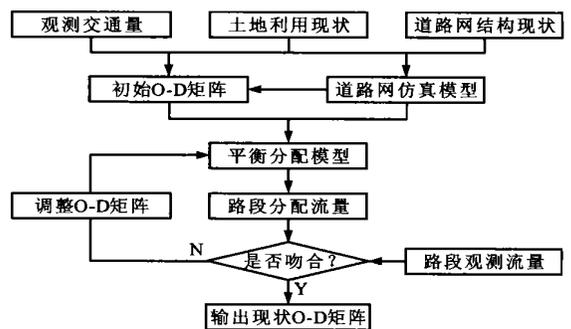


图1 O-D矩阵反推技术路线

在上述O-D矩阵反推的技术路线中,初始O-D矩阵的构造是一个关键环节。能否从有限的合理数据中合理地构造初始O-D矩阵,使其较好地反映道路网交通需求的现状,将决定着O-D矩阵反推技术的效率和可靠程度。笔者所设计的O-D矩阵反推技术对初始O-D矩阵的构造有着独特的创新,下面就其过程加以详细阐述。

## 3 初始O-D矩阵的构造

初始O-D矩阵的构造可依照下述步骤进行:

(1) 根据道路网结构和土地利用的相关资料,对所研究的交通系统划分交通小区;根据观测交通量、

土地利用和交通小区的划分, 计算各交通小区的出行产生量和吸引量。依据交通小区的划分, 计算各交通小区之间的距离或行程时间, 并且确定阻抗函数的形式和参数值。

(2) 输入各交通小区的出行产生量与吸引量、各交通小区之间的距离或行程时间以及阻抗函数的形式和参数值, 由全约束重力模型计算交通分布 O-D 矩阵。

(3) 依据道路网仿真模型, 运用 V ISUM 仿真软件的平衡配流模型将交通分布 O-D 矩阵分配到道路网中; 在完成平衡配流之后, 计算交通小区之间的距离或行程时间(譬如以路径交通量为权系数进行加权平均), 计算各条路段的分配交通量。

(4) 对平衡分配结果进行概率统计分析, 计算路段分配流量和观测流量之间的线性相关系数  $r$ , 并由此分析路段分配流量与观测流量之间的线性相关程度。

(5) 若线性相关系数  $r$  尚未达到要求, 须进行如下操作: 改变阻抗函数的形式或参数值; 根据步骤(3)计算的交通小区之间的距离或行程时间对原来的相应数值加以更新; 转回步骤(2)。如果线性相关系数  $r$  较大, 线性相关程度合乎要求, 则说明路段分配流量和观测流量之间的线性相关程度较强, 二者的吻合程度较好: 可以推断, 用于交通分配的 O-D 矩阵能够较好地体现道路网交通需求的现实, 可以作为上述 O-D 矩阵反推技术的初始 O-D 矩阵将其输出。

上述初始 O-D 矩阵的构造方法可由流程图形象地加以表达(图 2)。

在上述初始 O-D 矩阵的构造过程中, 交通分配

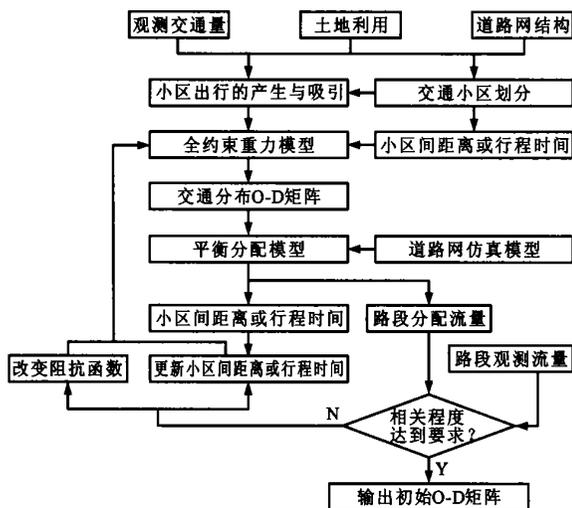


图 2 初始 O-D 矩阵构造流程

和对分配结果进行的相关性分析是由 V ISUM 仿真软件完成的; 此外, 笔者使用 Visual Basic 6.0 编写了文件名为 Gravity Model 的 Windows 应用程序, 能够迅速完成全约束重力模型的所有功能。并且实现了与 V ISUM 仿真软件和 Microsoft Excel 电子表格方便快捷的数据交换, 极大地增强了 O-D 矩阵反推技术的效率。

### 4 基于 V ISUM 仿真软件 O-D 矩阵反推技术应用实例

笔者在对江南某城市道路网的交通需求进行预测时, 使用了上述基于 V ISUM 仿真软件 O-D 矩阵反推技术, 下面就其主要过程加以简要叙述。

对研究区域的道路交通系统进行交通、土地利用和道路网现状调查, 对调查数据进行整理、分析并结合规划的实际要求建立了道路网仿真模型。图 3 就是该模型的一个示意图, 图 3 中的虚线是交通小区的分界线, 图 3 中的大、小数字分别是交通小区和交叉口的编号, 交通小区的编号所在位置就是交通小区的形心。

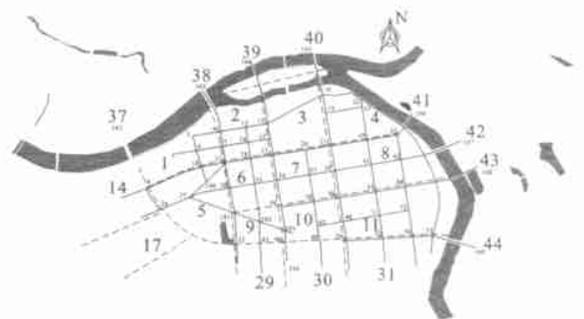


图 3 道路网仿真模型

分别计算出各交通小区的出行产生量与吸引量以及各交通小区之间的距离或行程时间, 选择幂函数形式的阻抗函数  $f(X) = X^\alpha$ 。令参数  $\alpha$  取一系列的数值, 由全约束重力模型计算出若干交通分布 O-D 矩阵。用平衡配流模型将交通分布 O-D 矩阵分配到道路网中, 并计算路段分配流量和观测流量之间的线性相关系数  $r$ , 分析路段分配流量与观测流量之间的线性相关程度。表 1 是对一些有代表性 O-D 矩阵交通分配结果进行的统计分析。

由表 1 可知, 编号为 5 的 O-D 矩阵, 由于其交通分配之后的路段分配流量与观测流量具有最好的线性相关关系, 故可作为初始 O-D 矩阵, 用于 O-D 矩阵的反推计算。以此 O-D 矩阵为基础, 通过交通分配、分配之后的统计分析以及对原始矩阵的反复

表1 O-D 矩阵交通分配统计分析

O-D 矩阵编号	1	2	3	4	5	6	7	8
阻抗参数 $\alpha$	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2
相关系数	0.7739	0.7737	0.7710	0.7696	0.8294	0.7587	0.7495	0.7376
标准差/ $\rho_{cu}$	194.0915	191.4182	19030708	187.7576	169.6955	188.7932	181.2896	194.7320
绝对偏差平均值/ $\rho_{cu}$	150.3140	149.8488	151.5698	154.3721	151.8721	168.8430	178.0698	187.3372
相对偏差平均值/%	58.6474	57.7162	56.9282	56.9936	55.2439	58.0000	59.0770	60.1474
偏差均方差/ $\rho_{cu}$	210.9704	213.7631	218.4392	223.1242	218.3877	237.9763	246.8868	256.3556

调整,得到符合O-D矩阵反推要求的最终O-D矩阵,对该O-D矩阵交通分配结果所进行的概率统计分析表明,其路段分配流量和观测流量的线性相关系数  $r$  高达 0.935,线性相关程度很高,可以将其作为现状交通需求O-D矩阵。

此外,笔者在研究高架匝道定位的理论时,运用基于VISUM仿真软件O-D矩阵反推技术,用以推算高架道路的交通需求<sup>[4]</sup>。将高架道路主线首末节点、上匝道离地点、下匝道接地点之内的道路作为O-D矩阵反推的分析对象。以上海“申”字型高架道路为依托,示出高架主线的O-D矩阵反推技术。以内环高架天山路与四平路之间的一段为例,该段长13.6 km,内侧设置有6个入口、8个出口,外侧设置有8个入口、6个出口。高架内侧的道路设施布局见图4。图4的上部给出节段类型,其中“1”表示基本路段型节段,“2”表示匝道合流点型节段,“3”表示分流点型节段,“4”表示交织段型节段;图4中圆点代表节点,圆点旁边的数字为节点编号。以该抽象化的

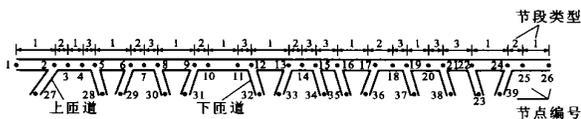


图4 高架内侧道路设施布局

高架道路模型为基础,推算出高架道路的现状O-D矩阵,推算的结果符合高架道路现状交通调查。

## 5 结 语

利用路段的观测交通流量进行O-D矩阵的反推是当前交通规划领域的重要研究课题。虽然以阻抗不变的多路径概率分配模型为基础的反推技术取得了较大进展,但此技术的前提假设与城市道路网系统的特征之间存在较大的差距。笔者在文中给出了O-D矩阵反推技术的一个有效实现的算例,并提出一些富有创意的思想。

## 参考文献:

- [1] 王 炜,徐吉谦.城市交通规划理论及其应用[M].南京:东南大学出版社,1989.
- [2] 王 炜.O-D矩阵的分类与推算[J].中国公路学报,1993,6(3):37—43.
- [3] 张国强,晏克非,刘有军.基于平衡分配法的区域O-D矩阵反推技术[J].中国公路学报,2001,14(增):112—115.
- [4] 晏克非,苏永云.城市高架道路匝道定位设计理论与实践[A].西安公路交通大学.二十一世纪都市交通运输系统的可持续发展[C].北京:人民交通出版社,1999.63—72.

欢迎访问中国公路网

<http://www.highway-china.com>