

## ● 信息技术

## 基于 TransCAD 的交通需求预测研究

沙 滨<sup>1)</sup> 袁振州<sup>2)</sup> 缪江华<sup>3)</sup> 曹守华<sup>4)</sup>

(北京交通大学交通运输学院)

**摘 要:**基于地理信息系统,研究使用交通规划软件 TransCAD 进行交通量预测,TransCAD 软件在交通规划中简化并完善了交通需求预测的建模过程,介绍了预测系统的创建和编辑,讨论了在 TransCAD 中进行交通量预测的模型,并结合实际项目进行交通量预测研究,得到部分路网交通量分配结果,并对基于 TransCAD 的交通量需求预测方法进行分析,总结项目研究过程中遇到的问题,提出在使用 TransCAD 软件进行实际项目研究时的建议以及在我国使用 TransCAD 进行项目研究的不足。

**关键词:**交通规划;交通量预测;地理信息系统;交通分布;交通分配

**中图分类号:**U491.1+2

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-6429(2006)01-0024-03

TransCAD 软件是第一个专门为交通规划、交通管理以及交通特性分析而设计的应用软件。作为最早具备交通规划地理信息功能的软件,TransCAD 为交通需求预测准备了一整套完善且又随时更新的工具,包括数字化地图、地理数据管理、地理坐标显示以及复杂的交通规划应用、操作研究以及统计模型。

利用专业性地理信息系统软件 TransCAD 开发建立的区域性交通规划地理信息系统,可以有效解决影响区大、路网复杂、影响因素多的路网交通量预测问题,编辑核查方便、可视化、直观性好、效率高。

我们采用 TransCAD 建立了实际应用系统,利用系统进行交通需求预测,并得到了满意的结果。

## 1 地理信息系统与交通需求预测

### 1.1 结合 GIS 的交通规划

地理信息系统(GIS)是储存和处理与地理空间分布有关信息的集合。它把要处理的信息分为两类,第一类是反映事物地理空间位置的信息,从计算机的角度可称空间位置数据,也常称地图数据、图形数据;第二类是与事物的地理位置有关,反映事物其他特征的信息,可称专题属性信息或专题属性数据,也称文字数据、非图形数据。对空间信息极其相关的属性信息的处理是 GIS 的基本功能,空间信息的查询和分析是 GIS 和其他数据处理系统的主要区别。

交通预测模型是根据区域经济发展、人口增长、交通供给的变化而对交通需求的变化进行合理的预测和分析。交通需求预测模型本质上具有空间属性,而且必须具备巧妙处理空间变化的能力才能改善和提高模型的适用性。通常一套高度结构化的数据文件是交通规划中必需的前提条件。这些文件包括发生量和吸引量、交通流矩阵和交通阻抗矩阵以及道路交通网。

在一个地理信息系统中,典型数据由点、线、面特征相互连贯形成系统。这些数据结构合理匹配在一起,以更好地标示空

间发生点、地理网络和区域边界。然而交通运输应用需要大量专业的、可更新的地理信息特征和功能以适应交通运输网络、路线和交通流矩阵。因此,结合了 GIS 技术的交通规划软件——TransCAD 能够适应交通运输应用的需求,是进行交通规划、交通需求预测的有力工具。

### 1.2 TransCAD 系统

TransCAD 系统是由美国 Caliper 公司开发的交通 GIS 软件。TransCAD 软件把地理信息技术和交通规划技术较好地结合在一起,可以方便地对各类交通运输及相关数据进行存储、提取、分析和可视化。

TransCAD 为解决各种交通问题提供了多种模型,包括网络分析模型;交通规划与运输需求预测模型;路径选择和物流模型;分区与定位模型等。

作为一种先进的地理信息系统软件,TransCAD 可以生成地图,建立和维护地理数据集,以及进行多种空间分析。TransCAD 还包括专门用于交通运输的特殊数据结构:交通运输网络;矩阵;路线与路线系;线性参照。

## 2 系统的创建和编辑

### 2.1 创建地图

TransCAD 中的地图是由若干个层组成的。所谓的层,就是同一类型的若干地图要素。如:区域、路线和站点等。地图要素是诸如河流、城市、省份和公路等实体以点、线、面等形式在图上显示出来。因此,在 TransCAD 中地图要素为点、线、面。

结合实际项目,将线路按技术等级分成高速公路、一级路、二级路、三级路、四级路、等外路六种,为线层文件添加字段 Time(自由流时间)、Capacity(线路能力,根据线路等级确定)、Speed(速度)、Alpha(参数)、Beta(参数),在生成路网文件时程序会自动添加字段 Length(路段长);面层,由若干较小区域组成的区域,可以代表一个行政区、交通小区。根据项目的实际情况进行分区,可以由单个的市、县、镇或者若干个市、县、镇组成一个交通小区,再将所分小区的社会经济指标进行调查整理,输入区域地理文件 Area.dbd。

### 2.2 创建网络

在实际系统建立中,根据 TransCAD 的功能,我们为每个路

作者简介:1)沙 滨,男,1981 年出生,在读硕士研究生,100044,北京交通大学交通运输学院 565 信箱

收稿日期:2005-09-15

段创建了两个方向(AB 方向和 BA 方向),某些路段也可指定为单向网络。网络的属性数据包括路段的费用属性,如距离(Length)、时间(Time)等,以及其它与费用有关的属性,这些属性数据从线层的属性数据中选择。

在项目实际应用系统的建立过程中,针对 TransCAD 软件中网络与线层是分离的特点,即不同的网络可以与同一个地理文件产生联系,因此可以使网络随着时间或交通运输方式的变化而具有不同的特性,所以,在建立系统文件时,我们依据不同年份规划的路网从编辑好的线层地理文件 line.dbf,分别建立基年路网、2005 年路网、2010 年路网、2020 年路网,虽然不同的路网与同一个地理文件产生联系,但是不同的路网其属性数据不同,这时路网是依据该目标年份规划的路网的情况建立,具有不同的等级、能力、费用等属性。

### 2.3 创建矩阵

根据调查的数据资料和对交通小区的划分,整理建立小区间的基年 OD 矩阵。建立矩阵时,以对应小区的 ID 建立矩阵,表示小区间的交通流量情况。

## 3 交通量预测

### 3.1 交通分布

在基年 OD 的基础上,利用前期已经预测的交通量增长率,计算得到未来目标年各小区的交通发生和集中量。利用得到的发生和集中量进行分布得到未来特征年的 OD 矩阵,以便进行交通分配。

交通分布模型用于预测交通区起讫点之间交通出行的空间分布形式。TransCAD 软件提供了大量工具用于交通分布预测,包括改善的增长系数法、重力分布模型、产生摩擦函数以及标定新的模型参数等。

交通分布的预测方法主要有两种:增长系数法(包括双约束增长系数法)与重力模型。在实际项目应用中,我们分别采用了两种方法进行预测,并选取最合适的预测结果。

1)Fratar 法 首先,打开已经建立的 OD 矩阵文件,可以将经过处理的 \*.dbf 格式的 OD 调查数据导入 TranCAD 矩阵中,并将它转换成矩阵文件。由于分别预测交通发生量和集中量,所以各小区的发生量和集中量合计往往不相等,因此需要进行平衡处理。平衡了交通发生量和集中量之后,根据 Fratar 法的要求输入交通分区地理文件、基年 OD 矩阵、特征年的发生量、集中量数据,预测研究区域未来特征年的交通量分布。预测得到 2005 年的 OD 矩阵。

可见,增长系数法简单易用,不需要有关路网的属性信息。然而,其有一个主要的缺陷:增长系数法不能反映路网上出行时间与出行费用的变化。因此,当有关路网的出行时间、出行距离、总体费用不可知的时候可以使用增长系数法。

2)重力模型法 应用 TransCAD 软件的重力模型,输入一个现状流量矩阵、一个反映交通区之间距离、时间或出行耗费的阻抗矩阵以及预测年的发生量与吸引量。首先求出阻力系数矩阵,根据项目的实际情况我们采用时间作为阻抗来求阻力系数矩阵,当然可以根据实际项目的需要选择合适的阻抗。在求阻力系数矩阵时人工确定交通小区的区心,然后通过 TransCAD 提供的最短路径方法(设置为时间最短)求出小区间的阻力系数矩阵,再对发生量和吸引量进行平衡,在进行出行量的平衡时应该注意:在使用单约束重力模型时,同时需要交通小区的发生量和吸引量;虽然模型没有考虑基年交通小区之间的出行调查量,但是在进行参数标定的时候需要基年出行 OD

矩阵。然后根据 TransCAD 提供的标定计算阻力系数矩阵的方法,标定不同方法的参数值。依据重力模型的输入要求,输入相应内容即可预测研究区域未来的交通量分布。预测得到的 2005 年的 OD 矩阵。

### 3.2 交通分配

交通分配,就是将预测得出的交通小区之间的分布交通量,根据已知的道路网描述,按照一定规则符合实际地分配到路网中的各条道路上去,从而求出路网中路段的交通量。关于交通量分配,TransCAD 提供多种交通量分配模型可供选择:全有全无、增量分配、容量限制分配、用户平衡、随机用户平衡、系统最优、多种车型分配和综合费用分配。

进行交通分配时要注意:确定线路的属性数据包括公路等级、路段长度、速度、通行能力、时间和 BPR 函数(美国联邦公路局车流流量公式)的  $\alpha$ 、 $\beta$  参数(可以设定也可以采用默认值,本次项目我们采用默认值  $\alpha = 0.15$ 、 $\beta = 4.0$ )等路网属性;确认现状分布 OD 矩阵和未来分布 OD 矩阵打开,并保证矩阵 ID 与区心 ID 一致,否则分配无法得到正确的结果。

在项目研究过程中经反复测试,采用随机用户平衡方法进行分配,结果比较符合实际。由于随机用户平衡方法的特性,在其计算过程中需要进行大量的迭代计算,我们在预测过程中可以通过设置收敛标准与迭代次数来控制其平衡计算过程,设置最大的迭代次数与一个收敛标准,每一次迭代后判断是否达到收敛标准,达到标准就推出计算,否则继续迭代直到达到最大的迭代次数这时停止计算。

在分配过程中,对于 TransCAD,除了全有全无与随机模型,其他模型需要通过路阻函数计算路阻。其路阻函数按下式计算:

$$t = t_f \cdot [1 + \alpha \cdot (\frac{v}{c})^\beta] \quad (1)$$

式中:  $t$  为拥挤路段行驶时间, min;  $t_f$  路段自由流行驶时间, min;  $v$  为路段交通量, 辆/h;  $c$  为路段通行能力, 辆/h;  $\alpha$ 、 $\beta$  为待标定参数,建议  $\alpha = 0.15$ 、 $\beta = 4.0$ 。

### 4 路段交通量预测

根据项目现状路网的实际情况建立了交通量预测系统,编辑创建好路网合计有路段 255 条,按技术等级将路网进行分类,分为:高速公路、一级路、二级路、三级路、四级路、等外路,按照 TransCAD 的需要以及项目应用的实际情况建立了如下的文件结构,建立这样的属性数据表既能够满足 TransCAD 进行预测的需要,也可以实现系统的显示查询功能。注意,根据实际的需要在 TransCAD 中设定相应的集合(Selection),利用其提供的工具可以实现多样化的图形与数据相结合的显示与查询功能,丰富图形化的显示结果,为项目提供有力的支持。

根据调查的数据以及项目的实际情况将项目分为十个交通小区,并以此建立  $10 \times 10$  的 OD 矩阵。在实际分配过程中,某些路段所分配的交通量可能与实际情况不符。通过分析,出现这种情况的原因是该路段所对应的属性数据输入错误,比如:时间、距离、线路等级、线路能力等产生错误,或者对应的路网文件打开错误,或者采用不合适的分配方法,有些分配模型进行分配的时候不考虑路段的实际通行能力与交通的拥挤程度,这样导致了分配结果与实际情况不符。分配后如果需要调整分配结果,由于我们使用的是随机用户平衡分配法,该方法的误差值与模型中的参数存在一定联系,所以改变误差值的设置可以调整分配结果。当然通过其他的设置也可以调整分配

结果,参数值、阻抗选择、迭代次数、收敛标准等,这些可以根据项目的实际情况来调整以达到良好的效果。例如: $\alpha, \beta$ 的建议值为 $\alpha = 0.15, \beta = 4.0$ ,但是在具体的项目中可以使用不同的值,在城市路网分配时 $\alpha$ 与 $\beta$ 可以在考虑交叉口延迟情况下设置其值。对于阻抗的选择,可以根据实际情况选择时间、距离或者综合的出行费用作为阻抗,采用不同的阻抗可以得到不同的分配结果。迭代次数一般采用默认的20次,如果分配结果无法达到平衡可以根据实际情况将迭代次数设大一些。收敛标准是指在连续的两次迭代过程中以路段的交通量变化的绝对值的最大值小于该收敛值时,达到收敛,结束计算。因此,可以从实际项目出发设置符合项目的收敛标准。

在项目的实际研究过程中,我们使用了各种分配方法,以下是对各种方法的分析。

a) 全有全无法:该方法不太切合实际,在分配过程中如果起讫点间有多于一条费用相等或者差别不大的径路时,只会考虑其中的一条径路,而且分配交通量时没有考虑与实际路段的能力或者拥挤程度的适应性,出行时间是一个静态的输入值,不能随着路段的拥挤程度而改变。

b) 随机模型:随机分配模型在具有多条可选择径路的起讫点间分配流量,分配到该径路上的交通量的比例等于选择该径路出行的概率。总的来说,相对于其他径路,路段的出行时间越短,选择该径路出行的概率越大。并且由于路段的出行时间是一个静态的输入值,与路段交通量独立,所以随机模型不是一个均衡的模型。

c) 增量加载模型:增量加载模型是一个交通量逐步加载过程,每一步基于全有全无法模型分配一个固定比例的交通量,每一步分配完之后基于分配的路段交通量重新计算该径路的出行时间,多次增量加载后,交通量似乎进行了平衡的分配,但实际上并不能达到平衡的结果。因此,路段交通量与出行时间不匹配时会导致预测出现错误,而且OD对的分配顺序也会导致分配结果出行一些不可预计的错误。

d) 容量限制模型:容量限制模型通过在全有全无法模型与重新计算基于反映路段能力的阻抗函数的出行时间之间的反复迭代来达到一个大致平衡的结果。该模型的缺点是分配结果不收敛于平衡方程,而且分配结果高度依赖于分配时的循环次数。

综合以上的分析,根据项目研究过程中的反复测试,并对比各种方法的分配结果,采用随机用户平衡模型得到的分配结果最接近实际情况。分配结果如表1所示。从表1可知,分配的路段交通量与路段的等级相符,而且相对于基年的交通量有

合理的增长,基本符合实际的情况。

## 5 结语

TransCAD软件结合了GIS系统,具有强大的地理信息系统功能,是交通规划中非常适用的应用软件。

TransCAD开发建立的交通需求预测系统可以解决影响区大、路网复杂、影响因素多的路网交通量预测问题,编辑查询方便、可视化直观性好、效率高。在实际的预测过程中需要进行反复的测试、调整误差以及一些参数的设置,从而优化预测的结果,并且在建立系统的过程中逐步完善。

在使用TransCAD建立系统进行预测时,需要根据项目的实际情况,依据我国的经济水平、交通发展状况,灵活应用使得其与项目的实际相符。需要注意,由于TransCAD的开发与设计是以发达国家的国情为基础的,没有考虑中国的国情与实际状况,如城市交通中,在我国混合交通对城市交通影响很大,因此应用时要考虑到混合交通的影响。

表1 某市2005年路网交通量分配结果

路段能力 (辆/日)	路段 等级	设计速度 (km/h)	路段分配 总流量(辆/日)	最大 v/c
5 000	二级路	80.0	2 743	0.55
5 000	二级路	80.0	3 242	0.65
5 000	二级路	80.0	3 228	0.65
5 000	二级路	80.0	3 833	0.77
5 000	二级路	80.0	4 014	0.80
5 000	二级路	80.0	3 751	0.75
2 000	三级路	40.0	1 138	0.57
2 000	三级路	40.0	1 034	0.21
2 000	三级路	40.0	1 110	0.56
2 000	三级路	40.0	1 110	0.56
2 000	三级路	40.0	2 839	1.42

## 参考文献

- [1] 邵春福. 交通规划原理[M]. 北京:中国铁道出版社, 2004. 171~209
- [2] 陆化普. 交通规划理论与方法[M]. 北京:清华大学出版社, 1998.
- [3] 《来宾市交通与现代物流规划和管理研究》报告,北京交通大学课题组, 2004. 45~83
- [4] Caliper Corporation. TransCAD Transportation GIS Software (Travel Demand Modeling with TransCAD 4.5). America: Caliper Corporation, 2002. 10~425

(校对:安平)

## Approach of Traffic Demand Predicting Based on TransCAD

Sha Bin, Yuan Zhenzhou, Miao Jianghua, Cao Shouhua

**ABSTRACT:** Predicting traffic flow with TransCAD is the software for traffic planning based on GIS, and the software improves the demand of modeling process. The thesis introduces the creation and the edit of the predicting system, and discusses the models in TransCAD for predicting traffic flow. And the thesis predicts the traffic flow of some links, analyses the methods of traffic demand predicting based on TransCAD, and puts forward suggestions about using TransCAD to predict traffic flow and disadvantages of using TransCAD in our country.

**KEY WORDS:** traffic planning; Predict traffic flow; GIS; traffic distribution; traffic assignment