

城市用地分析与交通预测模型系统概述

General Description of Land-Use and Transportation Modeling Systems

易汉文

(美国加州交通部,加利福尼亚 92117)

Yi Hanwen

(California Department of Transportation, California 92117, U.S.A.)

摘要:城市用地分析与交通预测模型系统的开发经历了一个逐步深化和不断改善的过程。以此为为主线,概述了城市用地分析和交通预测模型的系统结构和系统整合。主要内容包括模型开发的基本思路和技术要素,基于不同模拟对象的两类模型(基于出行和基于行为的模型)和基于不同结构的三类模型系统(分离结构、耦合结构和集成结构模型系统),以及效用、系统平衡、动态模拟等基本概念。

Abstract: The development of land-use and transportation modeling systems has been experiencing a process that gradually evolves and increasingly improves the functionality of the modeling systems. Following the process, this paper presents a general description of the system structure and the system integration of the various models. The paper also introduces some fundamental ideas and technical factors used to develop land-use and transportation modeling systems, including the two kinds of models (trip-based, and activity-based models), and the three modeling system structures (stand-alone, connected, and integrated structures), along with some basic concepts, such as, utility, system equilibrium and dynamic modeling.

关键词: 用地分析; 交通预测; 城市活动; 模型系统; 系统结构

Key words: land-use analysis; transportation forecasting; activities; modeling system; system structure

中图分类号: U491 文献标识码: A

收稿日期: 2006-04-19

作者简介: 易汉文,男,博士,注册职业工程师(P.E.),美国加州交通部交通分析专家,主要研究方向:城市和区域性交通规划、城市空间分析、出行需求预测与模型开发、交通影响分析、交通运行与管理等。

E-mail: yihanwen@hotmail.com

0 引言

模型是对现实世界的高度概括^①。模型自身的概括性不可避免地会在模型和现实之间产生了一定距离,缩短这一距离是科技进步过程中长期而不懈的努力。

城市用地与交通模型描述的是各种城市活动与其用地和交通之间的供求平衡关系。由于牵涉的变量和参数多,试图模拟的关系复杂,城市用地与交通模型的开发和应用走过了一个逐步深化和不断完善的过程。在理论分析方面,古典和新古典空间微观经济学的开拓性工作、空间交互作用方法及其集计型模型的提出,还有投入产出框架和随机效用理论以及离散型选择模型的应用,均标志着一次又一次里程碑式的进步。在模型开发方面,由微观经济学模型到基于出行的模型,再到基于行为的模型,把模型表述客观现实的能力和预测的准确性一次又一次地加以改进。在用地分析系统和交通预测系统的一体化方面,则经历了由分离到耦合,再到集成的捆绑整合过程,使得整个模型系统从理论的高度一步一步地接近现实世界,从而能够更真实地反映城市活动生成用地和出行需求的基本规律,以及用地与交通之间相互作用和相互影响的客观现象。

为叙述方便,以下约定对几个基本术语的简称。把用地分析(Land-Use Analysis)模型简称为L-模型,把交通预测(Transportation Forecasting)模型简称为T-模型。相应地,把用地分析模型(子)系统简称为L-(子)系统,把交通预测模型(子)系统简称为T-(子)系统,以及把整个用地与交通(模型)系统简称为L-T(模型)系统。

1 理论与技术背景

1.1 理论基础

理论上, 基于出行的模型是建立在城市空间理论的基础之上的。城市空间理论经历了从空间微观经济学到空间交互作用方法等发展阶段。限于微观经济学模型实际应用上的困难, 城市空间理论对L-T模型系统的开发, 主要是采用集计型的空间交互作用方法。例如, 描述城市活动在空间交互作用过程中的经济关系和市场机制下的供求平衡的投入产出计量框架理论^[1], 早期用于模拟城市活动的空间分派和分布规律的引力模型^[2]和熵模型^[3], 以及后来广泛应用于用地选择和路径选择(包括出行方式选择)的随机效用理论和离散选择模型^[4]。

建立在图论基础上的网络分析技术则实现了将城市活动的空间分布矩阵分配到交通网络上的过程。1952年, Wardrop^[5]提出了分别称为用户优化(User-Optimized)和系统优化(System-Optimized)的第一与第二分配原则。1959年, Dijkstra^[6]发表了寻求最短路径的标号算法, Moore(1963)^[7]则将Dijkstra算法应用于交通分配问题。1971年, Dial^[8]又解决了大型网络多路径分配的计算效率问题。网络分析方面所取得的这些成果, 是开发L-T模型系统的又一重要的理论基础。

另一方面, 基于行为的模型是于20世纪50年代初和基于出行的模型在同一时代背景下得以开发的, 有人甚至形容这两种模型是“一胎所生”。然而在理论上, 基于行为的模型是源于研究人类行为(Human Behavior), 特别是出行行为的理论。1954年, Mitchell和Rapkin^[9]率先在出行与活动行为之间建立起联系, 但没能形成一个综合的框架以便深入研究出行行为。直到20世纪七八十年代, 出于对四阶段模型受到强烈批评的反应, 基于行为的模型才重新在欧洲得到重视和发展。

这期间, Hägerstrand(1970)^[10]把界定系统约束的时间-地理方法(Time-Geographic Approach)应用于分析人们参与日常活动的时间和空间过程。Chapin(1974)^[11]提出了时间空间行为模式(Time-Space Behavior Patterns)。Fried, Havens和Thall(1977)^[12]又从

社会结构的角度探讨了人们为什么参与活动等基本问题。在这些开拓性工作的基础上, 牛津大学交通研究小组的Jones等人(1983)^[13]第一次系统地开发并测试了基于行为的出行模拟模型。

1.2 模型开发的基本思路和技术要素

城市活动与其用地和交通之间的相互关系十分复杂, 所以用地分析和交通预测需要考虑许多变量和参数, 需要解决一系列相关问题。为此, L-T模型系统的开发采用了先化整为零, 再化零为整的手法。其基本思路是模块化、系统化和计算过程的迭代循环化(包括模块和系统之间的数据转换和信息互馈)。

一个模块由一个以上的模型构成, 执行一个特定的分析或模拟功能。如在空间交互作用模型系统中, 城市活动的空间分派和空间分布模块, 是通过若干个logit模型的运算, 来执行在不同用地分区之间分派和分布城市活动量的功能。

一个模型系统由若干子系统构成, 一个模型子系统则由若干模块构成。一个典型的L-T模型系统至少包括两个模型子系统, 即L-子系统和T-子系统。这两个子系统随系统之间的相互关系, 可能又由若干不同的功能模块所构成。

空间交互作用模型的一个显著特征是依靠循环迭代算法, 来实现一系列控制变量的收敛和技术参数的标定。在循环迭代过程中, 一般要在模块与模块之间或系统与系统之间, 建立起数据转换和信息交流的反馈回路(Feedback Loop)。例如在L-子系统和T-子系统之间的反馈模块, 为L-T模型系统对用地与交通相互作用和相互影响的模拟提供了可能。

L-T模型系统的操作运行还依赖于数据资源和计算资源(包括硬、软件资源), 这是L-T模型系统的两个基本的技术要素。在对理论和模型的测试方面, 数据及其真实性比其他任何要素都显得更加重要和更有价值。数据存在于现实世界, 在许多研究和应用中, 只是时间和经费限制了人们采集数据的能力。近年来, 计算机存储容量和计算速度的提高, 以及商用GIS软件的普及, 为L-T模型系统处理“库”量级的空间地理数据提供了前所未有的技术支持。

2 基于不同模拟对象的两类模型

2.1 基于出行的模型

基于出行(Trip-Based)的模型是目前应用较广和相对而言发展得较为成熟的一类模型,如著名的四阶段模型。这类模型模拟的基本对象是满足单一出行目的的一次出行行为,并根据每次出行的起迄(OD)点或统称出行端点来计算出行量。其主要技术路线是:土地使用强度→出行率→出行端点数→出行分布矩阵→方式划分→网络加载。图1是一个典型的四阶段模型的计算流程。

四阶段模型把L-系统的输出当作不变的信息,输入到由四个模块以串联结构构成的T-系统中。由图1可见,四阶段模型在网络加载模块和出行分布或方式划分模块之间有一个反馈回路,把网络加载条件下的

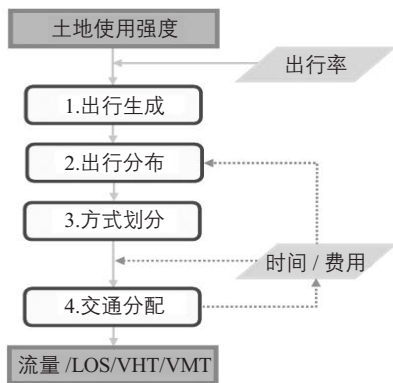


图1 四阶段模型
Fig.1 4-Step model

表1 基于行为的模型(活动日程示例)

Tab. 1 Activity-based model (An example of scheduling)

时间	空间	活动	活动类型
0:00—6:00	在家	睡觉	基本生计活动
6:00—8:00	待定	待定	日常家务活动 个人自由活动
8:00—12:00	在单位 或学校	上班 或上学	基本生计活动
12:00—13:00	待定	待定	日常家务活动 个人自由活动
13:00—17:00	在单位 或学校	上班 或上学	基本生计活动
17:00—21:00	待定	待定	日常家务活动 个人自由活动
21:00—24:00	在家	睡觉	基本生计活动

出行阻抗信息回馈给出行分布或方式划分阶段,并据此来更新出行矩阵。模型对迭代循环的控制取决于出动车辆总时次(Vehicle Hours Traveled, VHT)是否收敛(不同的应用可能采用不同的收敛控制变量)。模型的最终输出有网络流量、服务水平(LOS)、出行总车辆里程(Vehicle Miles Traveled, VMT)等。

基于出行的模型由于自身的一些明显缺陷而受到种种批评,如忽视了在出行过程中,个人与家庭成员之间在时间和空间上的相互联系和相互依赖,未能反映出行需求的最基本属性,即出行只是在参与一连串活动行为的过程中,出行者改变自身所在地点的一种需要。基于出行的模型将出行作为模拟对象,就好像试图分析章鱼的一只触手来揭示章鱼的整个活动规律一样,存在以偏概全的严重不足。这主要反映在:模型不能反映出行与活动之间的联系;忽视了活动日程的时间限制和日程之间的相关性和依赖性;没有认识到是活动行为生成了出行;并且缺乏对政策变化的敏感性。概略地讲,基于出行的模型仅注重寻求Who(谁在出行),What(以什么方式出行),Where(在什么地方出行)、How many(有多少次出行)等表象问题的答案,而未能深入地探讨Why(为什么出行)这一实质性的内在问题。

2.2 基于行为的模型

基于行为(Activity-Based)的模型从出行者的日常活动安排出发,认为出行者的日常活动行为是其从事个人事务(Personal Projects)和各种社会参与(Social Commitments)的需求,并强调出行是长期的从而是更重要的个人事务的一部分,或者是属于个人的带有协商性或强制性的社会(主要是家庭)义务的一部分。

基于行为的模型将出行看作是人们日常活动行为的许多属性中的一种属性。在本质上,出行是为了参与某种活动而实现去往活动场所的一种实在机制(Physical Mechanism)。这种模型的一个最基本的前提是,出行是由一系列活动行为所决定,所有这些活动行为构成了出行者个人的活动日程,而个人的活动日程又受到社会环境(家庭成员之间,同事/同学之间,以及在消费活动中与服务人员之间)的限制。这些社会环境的限制又衍生出一系列时间和空间(Temporary and

Spatial)上的出行约束, 如表1所示。

表1将活动行为分为以下三种基本类型:

- 基本生计(Subsistence)活动, 包括上班、上学、睡觉(基本生理需要)等活动;
- 日常家务(Maintenance)活动, 包括购物、去银行、陪家人看医生等与家庭而非个人有关的活动;
- 个人自由(Discretionary)活动, 包括社交、娱乐、餐饮等活动。

基本生计活动在时间和空间上是确定的, 其他活动均是待定的(Open), 且从属于基本生计活动。在某种意义上, 基本生计活动是带有强制性的(Mandato-

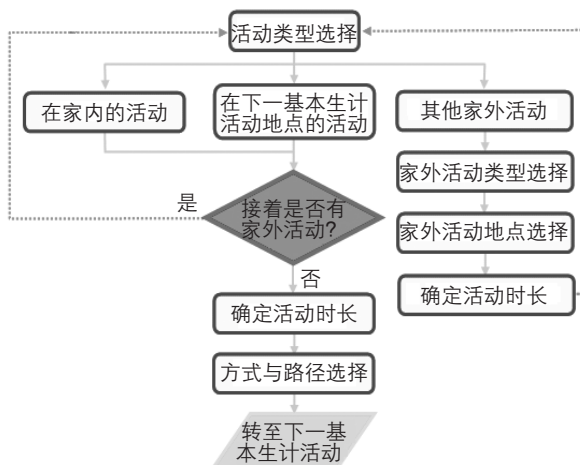


图2 基于活动的模型
Fig.2 Activity-based model

表2 L-T模型系统结构
(资料来源: Johnston, R.A., et al., 2006)
Tab. 2 Land-use/Transportation modeling structures
(Source: Johnston, R.A., et al., 2006)

系统结构	方法与模型
分离结构	系数法 (Factored)
	判断法 (Judgment)
	政策 + 趋势分派 (Policy + Trends Allocation)
耦合结构	基于规则的分派 (Rule-Based Allocation)
	平衡分派 (Equilibrium Allocation)
	基于市场的分派 (Market-Based Allocation)
集成结构	集计型经济模型(投入产出) (Aggregate Economic Input/Output)
	非集计型经济微观模拟模型 (Disaggregate Economic Micro-Simulation)

ry), 而其他活动的进行则是可以协商的(Negotiable)。所以一个家庭要通过协商, 在时间和资源(如家用小汽车)上要优先保证基本生计活动的进行。

由于基本生计活动在时间和空间上的确定性, 与其相关的出行被看作是主导出行。而与其他活动相关的出行在许多情况下要么是伴生出行, 要么是次生出行。如妻子驾车送丈夫上班(基本生计活动), 然后去超市(日常家务活动), 再去美容中心(个人自由活动)。在这一连串的出行中, 丈夫上班是主导出行, 妻子送行是伴生出行, 去超市和美容中心则是次生出行。在这里, 出行不仅是活动行为的一部分, 而且它们本身也都是相互关联的, 构成了个人或家庭的出行链(Tour或Trip-Chain)。所谓出行链是指多目的多地点且最终返回起点的一连串若干次出行。

在上述一系列限制和约束下, 基于行为的模型以出行链为模拟对象。其主要技术路线是: 活动行为(事务)生成→活动日程安排→活动地点选择→出行链组织(包括活动时长、出行方式和路径选择)。图2是这种模型的一般化计算流程。

一般认为, 基于行为的模型在理论上蛮有魅力, 且富有逻辑性。然而因其模型结构的相对复杂性, 加上数据收集和模型实施的难度, 这种模型正面临着进一步发展和应用的挑战。

3 基于不同结构的三类模型系统

3.1 综述

目前, L-T模型系统基本上分为三种结构类型^[14], 即分离(Stand-Along)结构, 耦合(Connected)结构和集成(Integrated)结构(见表2)。分离结构是将L-系统和T-系统分隔开来, 系统之间没有直接的信息反馈回路, 从而不考虑系统之间的交互作用以及用地与交通的综合供求平衡。

耦合结构和集成结构是近年L-T模型系统理论研究和应用开发的热点, 大有取代至今仍占主导地位的分离结构的趋势。可以说, 耦合结构和集成结构模型系统才是真正意义上的空间交互作用模型。正是分离结构模型系统的一些难以克服的缺陷催生了这两类空间交互作用模型的开发。例如, 在图1所示的四阶段模型中, 很难在网络加载(第四阶段)与出行生成(第一阶

段)这两个模块之间设置一个反馈回路,来模拟交通的变化对出行生成的影响。事实上,这种影响不仅存在,而且不容忽视。要考虑交通变化对出行生成的影响,就要考虑交通对用地的反作用。交通反作用于用地的效应,体现在交通负效用对用地区位效用的改变,而用地区位效用的改变则又影响到城市活动的用地选择行为。因此,必须在L-系统和T-系统之间,而不仅仅是在T-系统内部,建立起信息互馈机制。

空间交互作用理论认为,用地和交通均是城市活动的函数,正是城市活动中的不同经济实体,在对各种产品(包括商品、服务、劳工等)的生产和消费过程中,生成了对用地和交通的需求。空间交互作用模型模拟的基本对象是各种城市活动,具体说,是生产和消费过程中投入和产出的产品。各种活动在供求平衡的市场机制下确定各自产品的生产和消费量(活动量或活动强度)。产品的生产和消费需要用地,产品的交换和流通需要交通。产品根据用地区位效用来选择用地,同时根据交通负效用来选择出行路径。这样,就

理顺了交通、用地和活动(产品)在概念上的关系。即在逻辑上明确了三者的因果关系,在经济上明确了三者的供求关系,在数学上明确了三者的定量关系。

在技术路线上,耦合结构和集成结构空间交互作用模型将社会经济数据作为外生变量,再从产品购销和投入产出的关系出发,根据用地区位效用进行各种活动量的空间分派,并在每一用地分区生成产品流;进而根据不同出行方式的交通负效用进行产品流的空间分布;最后经过一个路径选择的过程,把产品流的空间分布矩阵加载于交通网络上。

3.2 分离结构——DRAM/EMPAL

著名的分离结构模型包括较早由Putman^[15]开发的DRAM/EMPAL。由图3所示,DRAM/EMPAL的L-系统由两个模块组成,即DRAM(Disaggregated Residential Allocation Module)模块和EMPAL(Employment Allocation Module)模块。DRAM模块执行住宅分派功能,EMPAL模块则执行就业分派功能。此外,还有一个LANCON(Land Consumption)模块,执行用地消费

模拟功能。在L-系统和T-系统之间,DRAM/EMPAL没有设置信息反馈回路,不能模拟用地与交通的相互作用和相互影响。后来,Putman在DRAM/EMPAL的基础上,进而开发了ITLUP(Integrated Transportation Land-Use Package)^[16],这是第一个可操作的耦合结构L-T模型系统。还有其他一些模型也是在DRAM/EMPAL的基础上开发的,如UrbanSim等。

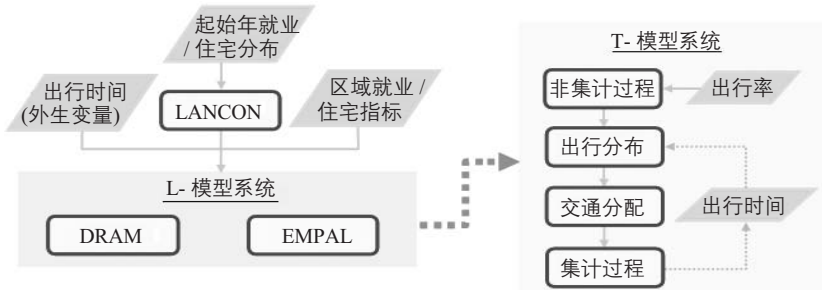


图3 DRAM/EMPAL模型(资料来源: Putman, S.H., 1975)
Fig.3 DRAM/EMPAL model (Source: Putman, S.H., 1975)

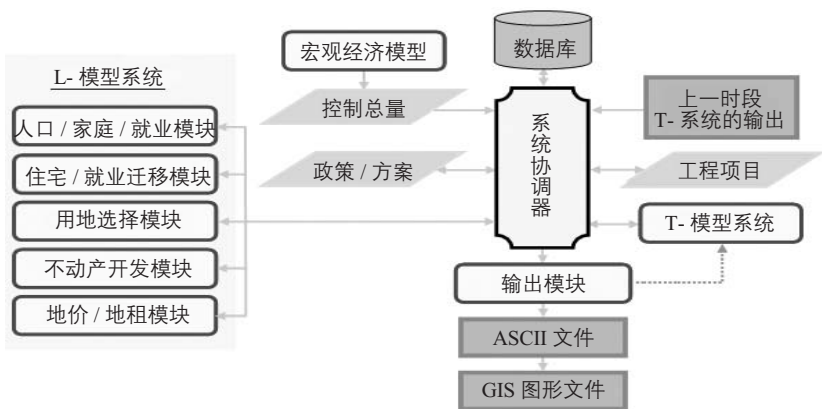


图4 UrbanSim(资料来源: Waddel, P., 2002)
Fig.4 UrbanSim (Source: Waddel, P., 2002)

3.3 耦合结构——UrbanSim

UrbanSim是采用耦合结构的代表模型,是在美国国家科学基金资助的几个城市分析模型开发项目中,第一个完成并于2002年夏发表的研究成果^[17]。UrbanSim模拟各行业、家庭、用地开发商和作为政策制定者的政府等的用地选择行为及其相

互影响。UrbanSim包含一系列模型和模块(见图4),如经济和人口预测模型、分析外界宏观经济变化的非空间模型、基于消费者(如家庭)的用地选择模型和基于开发商的用地选择模型。这个模型系统的输入数据包括由经济预测给出的区域控制总量、由出行预测给出的可达性指标、各行业产品的生产限制、用地分区规划和环境保护的政策变量等。UrbanSim既可以模拟单一用地或交通项目的影响,也可以对一系列规划项目按实施计划逐年地进行动态模拟。模型的输出包括不同收入水平的家庭住宅分布、各阶层人口和各行业活动生成或迁出的家庭和就业岗位数、家庭和就业岗位的空间分派、家庭和就业岗位的空间分布(OD矩阵)、用地和办公面积的空间分派、用地价格的分布等。

由图4可见,耦合结构中的L-系统和T-系统虽然界线分明,各司其责,但在这两个系统之间有一个连接界面(系统协调器)。这个连接界面的作用就是执行诸如数据单位转换、信息交流互馈等功能。

3.4 集成结构——PECAS

集成结构是将L-系统和T-系统融和为一体。与耦合结构相比,集成结构在L-系统和T-系统之间的界线已变得较为模糊。同时集成结构L-系统的功能得到强化,不仅执行空间分派的功能,还执行空间分布的功能,输出各种OD矩阵。而T-系统则主要执行路径选择(有时包括方式选择)的功能。近来备受关注的PECAS(Production, Exchange and Consumption Allocation System),就是按集成结构开发的L-T模型系统^[10]。

在用地分析方面,PECAS包含两个模块。第一是活动强度分派/分布模块,由一系列建立在投入产出关系基础上的集计型logit模型构成。这个模块执行3项功能:①各行业活动的用地选择,就是在各个用地分区分派活动强度;②用地分区的生产和消费选择,就是按行业确定每一用地分区所生产或消费的产品量;③产品购销的用地选择,就是确定各种产品流的OD矩阵。第二是用地开发模块,用来模拟长期的用地开发过程,根据活动强度分派/分布模块给出的各类用地和楼面空间的数量与价格,模拟开发商的用地选择行为,

并按每一分区输出各类用地的开发数量。

在出行预测方面,路径选择模块从活动强度分派/分布模块输入各种OD矩阵,来执行路网加载的功能,输出路网加载条件下的交通负效用,并将其反馈给活动强度分派/分布模块,以便更新该模块的输出结果。

4 效用函数、系统平衡和动态模拟

4.1 效用函数

根据随机效用理论建立的logit模型

$$p_i = \exp(u_i) / \sum \exp(u_i),$$

通过效用函数

$$u_i = \alpha + \sum_a \beta_{i,a} \cdot SE_{i,a} + \sum_b \gamma_{i,b} \cdot A_{i,b}$$

来反映用地分区*i*的综合吸引力(其中, $SE_{i,a}$ 为*i*分区*a*种社会经济指标; $A_{i,b}$ 为*i*分区与*b*种出行方式有关的可达性; α , β , γ 为待定参数)。除常数项 α 外,效用函数还包括一个 β 项和一个 γ 项。 β 项反映用地的区位优势, γ 项则反映用地的区位可达性。

无论是基于出行还是基于行为的模型,运用logit模型来进行用地选择、出行方式选择、路径选择等已成为一种趋势。这是因为logit模型中的效用函数具有较强的表述能力和灵活性。在用地分析中,可以根据不同的用地选择目的,选用不同的社会经济指标,包括社区环境质量等指标,来建立特定的效用函数。如PECAS就是在效用函数的 β 项中选用不同的社会经济指标,来建立生产、消费、购买、销售等效用函数的。基于区位效用的logit模型也已开始取代引力模型或熵模型,而用于产品流的空间分布过程。在出行方式选择和路径选择过程中,基于效用函数的MNL(Multinomial Logit)模型和NL(Nested Logit)模型可将方式划分和交通分配过程合二为一。效用函数的灵活性还体现在能用非集计型数据来标定模型参数,例如将家庭按收入水平分类,然后收集个别家庭的相关数据,就可以标定模型的有关参数。这也是为什么把基于效用函数的各种选择模型统称为离散型选择模型的原因。

效用函数中的 γ 项通常为负值,称为交通负效用(Transport Disutility)。交通负效用反映了交通因素对用地综合吸引力的负面影响,这体现在用地价格(地

租)随出行时间和费用的增加而降低,也就是通常所说的交通对用地的反作用。

4.2 系统平衡

耦合结构和集成结构模型系统通过在L-子系统和T-子系统之间建立信息互馈机制来实现整个系统的供求平衡。首先,L-T系统根据从上一时段输入的行业(包括家庭)活动量和区位与交通(负)效用,模拟各行业活动的用地选择行为,包括空间分派和分布过程。在对用地选择行为的模拟中,用地价格按用地需求量进行调整,以期达到用地市场的供求平衡——这是对城市活动生成用地需求的模拟,由L-子系统完成。

其次,L-T系统根据各行业活动量在空间分布过程中所形成的各种产品流OD矩阵、交通网络布局及其设施与服务供应特性,来模拟产品流(包括客流和货流)的出行方式选择和路径选择,把各种产品流加载于交通网络上。在对网络加载的过程中,出行时间和费用按出行需求量进行调整,以期达到运输市场的供求平衡——这是对城市活动生成出行需求的模拟,由T-子系统完成。

L-T系统中的反馈回路将L-子系统和T-子系统连接起来,把网络加载条件下的出行时间和费用转换成交通负效用,并回馈给L-子系统,以更新用地的区位效用、用地需求和价格,从而完成从活动(产品)到用地,再到交通的的综合的系统平衡。

4.3 系统的动态模拟

与传统的四阶段模型相比,耦合结构和集成结构模型系统的另一改进是,能够对用地与交通之间的时间影响效应进行动态模拟。用地与交通之间的时间影响效应表现在,用地对交通的影响是即时的,而交通对用地的影响却是滞后的。在图5所示的L-T系统中,对以下4种变化现象进行了动态模拟。

• L-系统: ①从上一时段到下一时段,L-系统自身的增长; ②L-系统因T-系统的变化而产生的滞后反应;

• T-系统: ③从上一时段到下一时段,T-系统自身的发展; ④T-系统因L-系统的变化而产生的即时反应。

以上动态模拟的时段可以短则1年,长则30年,或者是其间的任何一段时长,如5年、10年等。采用较短的时段更便于跟踪整个L-T系统的变化,能够根据L-T系统的实际变化来及时地做出政策上的调整和方案上的改变,从而使模型输出更为合理的决策依据。

5 今后的研发方向和领域

耦合或集成结构模型系统,像UrbanSim、PECAS等,已经能够在现有出行的基础上来预测:

•自然增长的出行(因人口或就业等社会经济发展而自然增长的出行量);

•诱发的出行(因交通设施和服务的改善或用地变化而诱发的出行量);

•转移的出行(因起讫点如居住或就业地点改变而转移的出行量);

•转换的出行(因出行方式改变而转换的出行量);

•改道的出行(因交通阻塞而改变路径的出行量)等。

这与四阶段模型相比,在分析与模拟功能方面已取得了长足的进步。几乎可以肯定,耦合和集成结构模型系统代表了今后的发展方向。然而,这种新一代的模型仍有待改善。预计今后的研究和发展领域将主要侧重于以下几个方面:

•更合理地评价用户利益——进一步运用消费者剩余(Consumer Surplus)、综合阻抗(Composite Impedance)等概念,来更合理地评价用户利益(User Bene-

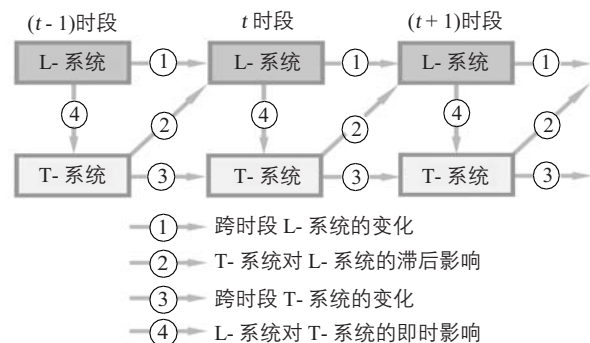


图5 L-T模型系统的动态模拟

Fig.5 Dynamic simulation of the land-use/transportation modeling system

fits, UB), 在理论上完善对各种效用函数的定义。

·强化预测结果的质量控制——进一步明确变量的属性定义(Variable Specification), 重视参数估计(Parameter Estimation)、模型标定(Model Calibration)和验证(Validation), 在技术上强化对分析预测质量的控制。

·基于行为的模型——进一步开发基于行为的模型, 并使之与用地分析系统相结合, 以开发出基于行为的耦合或集成结构模型系统。

·数据采集——进一步改进数据采集、存储和处理方法, 特别是应用信息新技术来收集数据, 如实时摄影、感应技术、因特网调查技术、全球定位系统(GPS)、手机信号跟踪技术等数据收集方法, 以及地理信息系统(GIS)等数据存储和处理方法的应用。

·软件相容性——进一步增强商业软件的相容性, 方便数据共享, 特别是方便从分离结构模型到耦合结构或集成结构模型, 以及从基于出行的模型到基于行为的模型之间的转换, 以促进新一代模型的应用与推广。

注释

① 此句出自 Tomas de la Barra, 他是城市空间分析和交通规划方面的著名学者, 曾获英国剑桥大学博士学位, 著有“Integrated land use and transport modeling, decision chains and hierarchies”等书, 是 TRANUS——用地与交通集成模型系统的主要开发者。

参考文献

- 1 Leontief, W.W., and Strout, A.. Multi-Regional Input-Output Analysis. De la Barra (ed.) . Structural Interdependence and Economic Development [C] . London: McMillan, 1963
- 2 Lowry, I.S.. A Model of Metropolis [R] . RM-4035-RC, Santa Monica: Rand Corporation, 1964
- 3 Wilson, A.G.. Entropy in Urban and Regional Modeling [M] . London: Pion Press, 1970
- 4 McFadden, D.L., et al. Structural Analysis of Discrete Data with Economic Applications [M] . Cambridge, MA: MIT Press, 1981
- 5 Wardrop, J.G.. Some Theoretical Aspects of Road Traffic

- Research [A] . Proceedings of the Institute of Civil Engineers [C] . Virginia: ASCE, 1952. 325~378
- 6 Dijkstra, E.W.. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs [J] . Numerische Mathematik, 1959, 1: 269~271
- 7 Moore, E.F.. The Shortest Path through a Maze [A] . Proceedings, International Symposium on the Theory of Switching [C] . Cambridge, MA: Harvard University Press, 1963
- 8 Dial, R.B.. A Probabilistic Multi-Path Traffic Assignment Model that Obviates Path Enumeration [J] . Transportation Research, 1971, 5 (43): 43~111
- 9 Mitchell, R., and Rapkin, C.. Urban Traffic: a function of land-use [M] . New York, NY: Columbia University Press, 1954
- 10 H gerstrand, T.. What about People in Regional Science? [J] . Journal of Regional Science Association, 1970, 24: 7~21
- 11 Chapin, F.S.. Human Activity Pattern in the City [M] . New York, NY: Wiley Press, 1974
- 12 Fried, M., Havens, J., and Thall, M.. Travel Behavior----a synthesized Theory [R] . Final Report, NCHRP. Washington: TRB, 1977
- 13 Jones, P.M., et al.. Understanding Travel Behavior [M] . Aldershot, UK: Gower Press, 1983
- 14 Johnston, R. A., et al.. A Review of Integrated Transportation/Land-Use Models [Z] . unpublished working paper, UC Davis, 2006
- 15 Putman, S.H.. Urban Landuse and Transportation Models: a state of the art summary [J] . Transportation Research, 1975, 9: 187~202
- 16 Putman, S.H.. EMPAL and DRAM Location and Land-use Models: an overview [Z] . paper distributed at the Transportation Model Improvement Program' s Land Use Modeling Conference, Dallas, TX, 1995
- 17 Waddel, P.. UrbanSim: Modeling Urban Development for Land-use, Transportation and Environmental Planning [J] . Journal of the American Planning Association, 2002, 68 (3): 297~314
- 18 易汉文, 殷茵, 编译. PECAS——城市用地和交通集成化模型系统 [J] . 城市交通, 2006, 4 (4) : 12~20