

# 基于反馈学习机制的个体出行行为概念模型研究

贺正冰 马寿峰

(天津大学系统工程研究所, 天津 300072)

**摘要:** 复杂的城市交通系统, 因人的复杂而更加复杂。本文从个体在出行过程中获得反馈信息并对该信息进行学习的角度, 首先将影响个体出行的诸多因素进行分类, 然后对个体出行前选择、出行中感知及出行后评价这一过程进行分析, 并最终建立一个基于学习反馈机制的个体出行行为概念模型, 以求对人类交通出行这一复杂行为进行较为准确的描述。

**关键词:** 概念模型; 反馈学习; 出行行为

## 1 引言

交通系统, 特别是城市道路交通系统, 作为一个开放复杂巨系统, 其复杂性不仅表现在交通系统与其他社会经济子系统之间有着紧密的物质、能量以及信息的交换, 而且在这些子系统内部诸要素之间也存在着十分复杂的关联关系。这种关系的复杂性主要是由于要素“人”的存在所产生的<sup>[1]</sup>。出行者复杂的心理活动, 给出行选择增加了相当大的不确定性, 从而在很大程度上影响了交通流预测的准确性。

在现有交通需求预测方法中, 较早便得到广泛应用的集聚模型如四阶段法, 基本忽略了单个个体选择上的差异。而与之相对应的非集聚模型如 MNL (Multinomial Logit) 模型、GEV (Generalized Extreme Value) 模型 (见文献<sup>[2]</sup>) 等, 虽然考虑了个体出行决策中的差异, 并主要从这个角度进行建模, 但其也多以效用最大化为基础假设 (见文献<sup>[3]</sup>), 并通过概率形式对个体出行进行表征。虽然这些方法有很多优点, 但考虑到人类思维过程的复杂性, 仅仅使用一个或几个数学模型对个体出行选择进行建模仍显得不够有力。而对于另一种常用的混合仿真方法, 虽然对现实世界的反映更加丰富, 但其重点却多放在选择集的生成上, 而对决策过程的研究则相对简单, 一般也只是采用 MNL 和 NL 模型<sup>[4]</sup>。为了更准确描述个体出行决策这一复杂过程, 从而为接下来的仿真等其他研究提供更合理准确的基础, 本文从个体出行者的思维过程出发, 首先对影响个体出行行为的诸多因素进行分类, 然后对其出行前、出行

中、出行后的一系列过程进行建模, 并最终提出个体出行行为的概念模型, 以求更精确地描绘出个体在出行中对信息的反馈、积累及学习的过程。

## 2 个体出行行为影响特征分析

本文的研究对象主要为城市中驾驶小汽车出行的个体, 这类个体在出行前的路径选择, 出行中的路况感知, 以及之后的出行评价均会受到多种因素的影响, 例如对路上时间的估计将影响出行者对路径的选择, 而出行目的则体现了本次出行与以往出行的不同, 还有出行者自身的年龄、教育程度等, 都会对出行选择产生很大影响。归纳起来, 可以将这些因素分为三类:

(1) 方案特征。方案特征用以区别不同备选方案之间的差别, 是可供个体出行者选择的各种方案的特征, 也就是相同起讫点间各条路径所具有的特征。其主要包括路径长度、路上时间、拥挤程度三个比较明显的影响因素。

(2) 出行特征。出行特征主要体现了本次出行与以往出行的不同, 以区别本次出行。主要包括: 出行时间段、出行目的。其中出行时间段是根据城市中平均的交通流量将一天分成若干时间段, 以区别不同时段内城市中车流量的较明显不同。而出行目的则可以根据对时空约束强度的不同分为强、较强、较弱、弱四个等级<sup>[5]</sup>。

(3) 个体特征。个体特征为出行个体的自然特征, 主要用于反映个体之间的差异, 以及不同个体面对相同事物所产生的不同感知。主要包括: 出行个体的年龄、性别、收入水平、职业、教育程度等。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (70671073)

作者简介: 贺正冰 (1982-), 男, 硕士, 主要研究方向: 交通系统工程; 马寿峰, 教授, 博士  
E-mail: hezheng\_bing@hotmail.com

### 3 基于学习反馈的个体出行行为分析

根据个体在一次中的时间顺序可以将该出行过程分为三个阶段：出行前路径选择阶段、出行中实际情况感知阶段、出行后综合评价阶段。这三个阶段对个体的出行均有着不同的影响。

在第一阶段，出行者已决定出行，即产生本次出行的起讫点信息，并已知出行特征（即出行时间和目的）。此时出行者需要综合考虑各被选方案（路径），并对各个方案进行估计评价。但作为非完全理性个体的出行者不可能掌握该起讫点间所有路径信息，他所能做的只是：①根据记忆选择出行路径，即曾经有过相同起讫点的出行经历。②没有该起讫点的出行经历，则只能通过询问他人、查询地图或者随机出行的方式来获得出行路径信息。首先，在有记忆的路径选择中，出行者需要对历史信息进行预处理，并在若干记忆方案中选出最优方案。对于这个最优方案，出行者并不能判断其与记忆外的其他方案的优劣关系，也就是说出行者无法与记忆外的方案进行比较或者说记忆外的方案对出行者是透明的。因此，出行者是否选择其他方式（地图、询问）来获得出行信息，只与个体本身的特征有关，而与记忆中该方案本身的情况无关。这一特性为以问卷调查形式得到是否选择其他方式来获得出行信息提供了基础。如果出行者选择了其他方式，则需将其与记忆中的最优方案进行比较，并最终决定出行方案。另一种可能的情况是无记忆出行。在这种情况下，出行者只能通过有限的几种方式获得出行信息，文献[6]通过问卷调查的途径获得了这几种方式，其中最主要的非记忆方式为：使用地图和询问他人。

第二阶段为实际出行阶段。该阶段由实际方案特征和感知方案特征两组方案特征组成。其中实际方案特征为路网上的实际情况，是诸多同样构造个体出行后产生的集聚特征，可以使用 Multi-Agent 仿真来实现。另一个为感知方案特征，是带有个人色彩的方案特征。个体与个体之间存在着诸多差别，正是这种差异性，使得个体在面对同一事物的时有着不同判断。比如同样在等红灯，驾驶经验丰富出租车司机可能并不认为堵车，并可以安心的等待，而对于驾驶经验还不很丰富的年轻人就可能感觉很拥挤。这种个体之间的差异可以由个性特征来反映。此外，出行特征（如出行目的）的不同，也会影响个体对实际情况的感知。因此感知方案特征是实际方案特征、个体特

征和出行特征的函数。

最后一个阶段为综合评价阶段，出行者对出行中感知的方案特征进行总体综合评价，并存入记忆中，完成本次出行，该评价值将为以后的出行提供该路径信息。对出行方案的综合评价是由效用函数来实现的。该效用函数不但应该综合反映方案特征中的不同因素对不同的出行者的不同影响权重，并且也应体现不同出行特征对总体评价值的影响。因为不同的出行特征，如以工作为目的的出行和以购物为目的的出行对个体造成的影响是不同的。

在个体出行的这三个阶段中，第一阶段的路径的选择以及对出行情况的心理预期等均将对第二阶段中的感知情况产生影响，第二阶段的对路上各种实际因素的感知评价情况则影响着第三阶段中出行者对该路径的整体评价，第三阶段的综合评价反过来又影响着以后出行对该路径的选择。可见个体出行的这三个阶段构成了一个如图1所示的闭环反馈系统。

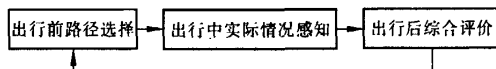


图1 闭环反馈系统

出行前路径选择、出行中实际情况感知、出行后综合评价，出行个体正是在这样一个闭环反馈系统中不断学习路网状况，获得或更新路网知识，从而增加对出行判断的准确性，并最终成为一个“经验丰富”的人。如果我们将城市交通系统看作一个复杂的自组织系统，那么根据赫尔曼·哈肯的协同学（Synergetics）理论，在系统内部的不断竞争中，内部子系统的关联引起的耦合运动与子系统各自独立的自由运动不断地竞争较量，这种竞争导致协同，协同产生“无形的手”，这双“无形的手”又反过来操纵成千上万子系统的运动和行，最终形成一个相对有序的结构<sup>[7]</sup>。“经验丰富”正是指对这双“无形的手”的相对准确的把握。

### 4 基于学习反馈的个体出行行为概念模型

概念模型作为对真实世界的第一次抽象，可以帮助研究人员对真实世界进行更深刻、更全面的认识，从而为下一步的研究打下坚实的基础。基于学习反馈的个体出行行为概念模型由多个层次构成，图2为最顶层出行模型，该模型展示了个体出行的三个阶段：①出行前路径选择阶段；

②出行中实际情况感知阶段；③出行后综合评价阶段。首先，出行前路径选择阶段可根据是否有过相同起讫点出行经历分为有记忆路径选择（P1）和无记忆路径选择（P2）两个模块。出行中实际情况感知阶段，为出行者在出行特征和个体特征的影响下对实际方案特征的一种个人体会阶段（P3）。这种感知结果可以由个体出行的三种特征所组成的感知函数表示。出行后评价阶段，该阶段评价结果将受到出行特征、个体特征以及个体感知方案特征的影响，并可以这三种因素组成的效用函数进行反应（P4）。最后将本次出行的个体感知方案特征及出行特征存入个体记忆（D1）中，本次出行结束。

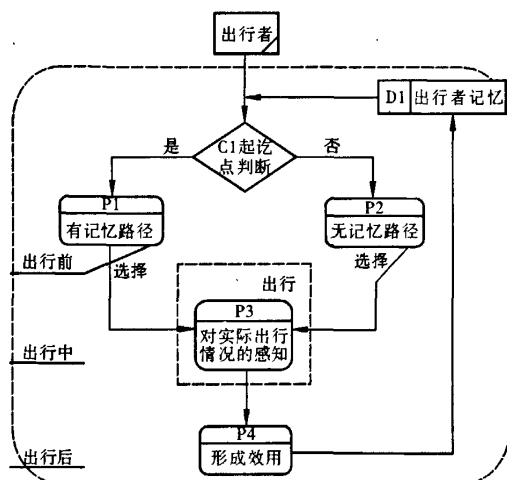


图2 最顶层出行模型

下面将对每一个模块进行展开并分别介绍：

有记忆路径选择（P1）模块主要对曾经有过同样起讫点出行经历的本次出行的路径选择问题进行讨论（如图3）。首先出行者会根据本次的出行特征（D1）对已有记忆进行一定处理（见模块P1.1），然后在P1.1输出的各方案效用中选择最大效用（P1.2）路径作为本次出行的参考方案。通过是否选择其他方式（C2）判断个体是否会通过其他方式（地图、询问）获得出行路径信息。这种选择主要体现为个体偏好的不同而带来的决策不同，即个体特征对决策结果的影响，该影响通过一定的问卷调查是可以得到满意结果的。如果出行者没有选择其他方式获得信息，则选择效用最大的路径出行。否则通过P1.3确定是使用地图（见模块P1.4）还是询问他人（见模块P1.5），并分别转入相应模块。P1.3同样也表现为个体特征造成的偏好不同，可由问卷调查的形式获得。

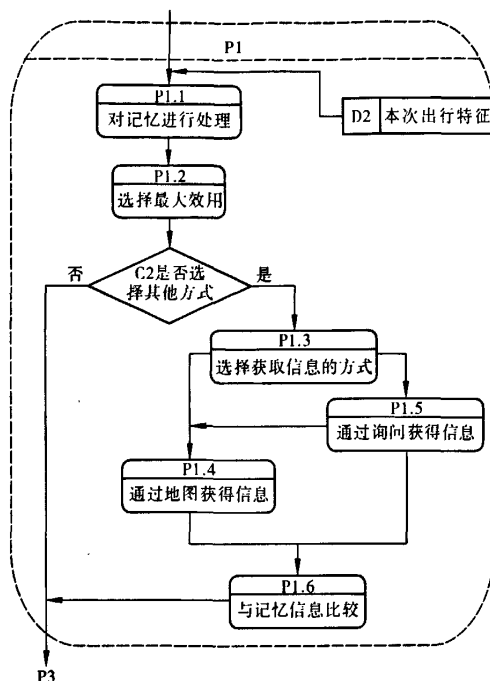


图3 起讫点出行路径

最后将P1.4、P1.5获得的效用与记忆中最大效用进行比较，选择最大效用路径出行。

无记忆路径选择（P2）模块主要研究出行者在没有同样起讫点出行经历的情况下是如何去获得出行路径信息的（如图4）。该模块中同样依赖P1.3中的调查确定通过地图（P1.4）、询问（P1.5）还是以随机的方式（P2.1）选择路径出行。

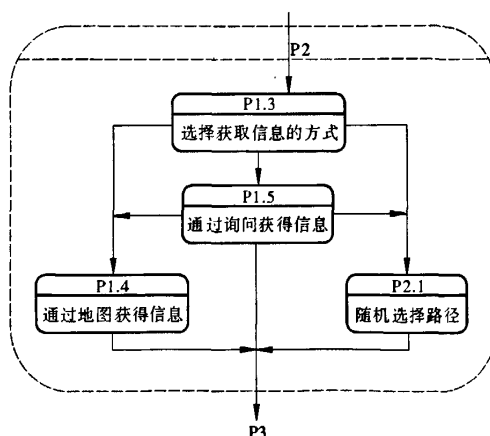


图4 出行路径信息模块

对记忆进行处理（P1.1）模块描述了出行者根据本次出行特征（D1）对已有记忆进行预处理的过程（图5）。首先出行者需要判断各个历史数

据是否与本次出行具有同样的出行特征（其中包括出行目的、出行时间段）（C3）。对具有相同特征的历史数据使用 P1.1.1 进行处理，具体方法是对这些历史出行效用求均值，或根据记录的时间加权求均值，加权的目的是为了反映记忆的遗忘性。对不具有该特征的记忆则需进一步判断其历史出行目的是否与本次出行目的相同（C4），对于相同部分的历史方案特征只需根据时间段对其进行调整（P1.1.2），不相同部分的数据则需对时段、出行目的同时进行调整（P1.1.3）。这些调整主要是以 P3 中的感知函数为依据，因为正是该感知函数产生了这些带有个性特征的感知方案特征。在这些调整完成之后，需使用模块 P4 将其转化为适用于本次出行的效用值，并与 P1.1.1 模块的输出部分一同作为该模块的输出。

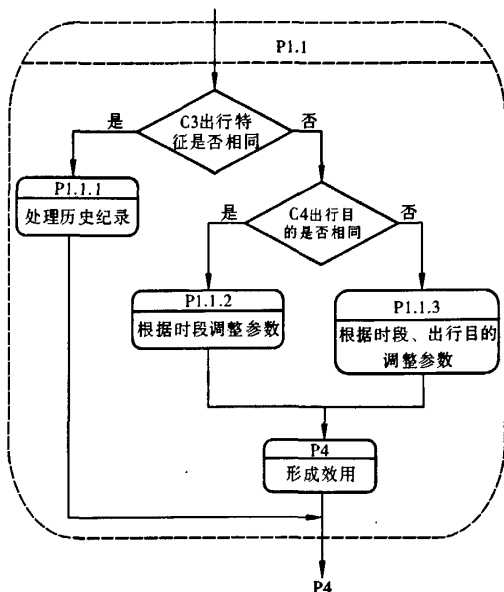


图5 对已有记忆进行处理的过程

通过地图获得信息（P1.4）模块用于对出行者依据地图获得出行信息进行建模，由两个模块构成（如图6）。城市交通图可以将所有连接起讫点的路径展现在出行者面前，因此，可以将使用地图获得的信息看做是完全信息。这样，便可以很容易的计算出最短路径（P1.4.1），并通过 P4 中的效用函数形成出行的预计效用，并将其作为该模块的输出。

通过询问获得信息（P1.5）模块为出行者向其他人询问起讫点间路径信息这一过程的概念模型（如图7）。询问其他人这一过程，可以通过访问另一个个体的数据信息来实现（P1.5.1）。为了

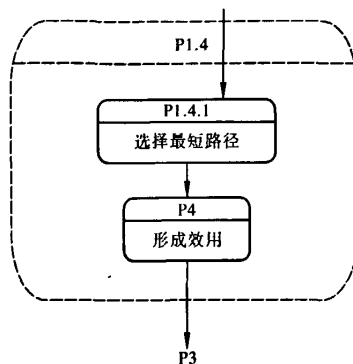


图6 出行信息模块

更贴近现实中的夫妻形式的家庭结构，可以让出行者访问一个异性的数据信息，在第一次以随机形式完成对象的选择后，以后均对该对象数据进行访问。C5 用来判断是否得到答案。如果得到，则使用 P1.1 模块获得信息进行处理，并由 P4 得到效用值。如果没有得到则转入 C6，对是否询问另一个人进行判断。该模块同样需要进行如同 C2 中的问卷调查。“是”则返回 P1.5.1，“否”则推出此模块。为简单起见，可将访问其他人的次数 N 定为 1。另外，当此模块在 P1 中时只有 P1.6 和 P4 两个输出，在 P2 中时则包括 P3、P1.4 和 P2.1 三个输出。

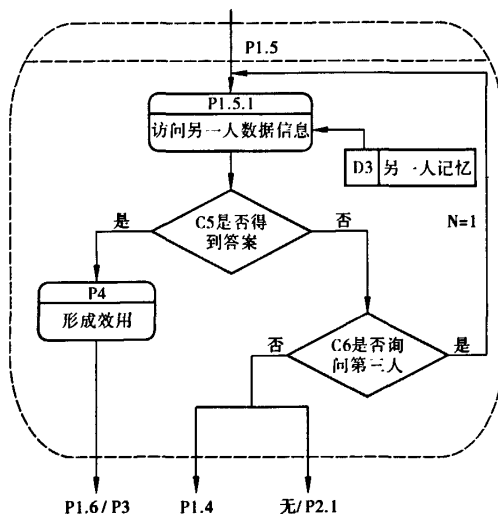


图7 询问起讫点间路径信息的过程

## 5 研究重点

概念模型建立之后，便是对模型框架内的具体模块进行更详细的分析，并完成其中数学模型的构造及重要参数的标定等，以求对现实世界更

合理真实地呈现。

下一阶段的工作重点主要有三方面：①效用函数的建立。现有随机效用理论中的效用模型多为线性加权形式，但由于模型形式的限制，使其描述能力十分有限。如何构造一个集方案特征、出行特征以及个体特征三种特征于一体的效用模型，将在下一阶段进行研究。②感知函数的构造。作为非完全理性的个体，在面对真实客观的方案特征时，会产生不同的理解，如何构造一个感知函数以合理的体现个体特征及出行特征对真实方案特征的影响，也将是下一阶段的工作重点之一。③重要参数的标定，即进行问卷调查，以确定上文中提到的重要选择参数。

## 6 结论

对个体出行行为的研究作为交通需求、交通诱导等研究的基础有着重要的理论意义与实践意义。本文以城市中的使用小汽车出行的个体为研究对象，首先对影响出行的因素进行了分类，然后对个体出行的学习反馈过程进行分析，并在最终提出了基于反馈学习的个体出行行为概念模型。该模型展现了个体出行前根据记忆、地图等方式对出行路径进行选择，出行中对路上情况的主观

感知，以及出行后对本次出行的进行评价，这一经验积累、信息反馈的闭环学习过程，是对真实世界中的个体出行过程较为合理的抽象。

### 参考文献

- [1] 贺国光. ITS 系统工程导论 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004: 41 - 42.
- [2] Daniel McFadden. Modelling the choice of residential location in spatial interaction theory and residential location [J]. A Karlquist, et al, eds. North Holland, Amsterdam, 1978: 75 - 96.
- [3] Domencich T, McFadden D. Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis. North Holland: Amsterdam, 1975.
- [4] 雋志才, 李志瑶, 宗芳. 基于活动链的出行需求预测方法综述 [J]. 公路交通科技, 2005, 6: 108 - 113.
- [5] Demetrio C Festa, Daniela Condino, Gabriella Mazzulla. Experimental tour - based travel demand models [J]. European Journal of Operational Research, 2006, 175: 1472 - 1483.
- [6] Micheal Ramming. Network knowledge and route choice. Massachusetts: Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- [7] 孙东川, 林福永. 系统工程引论 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 106 - 107.

## A Research of Individual Travel Behavior Conceptual Model Based on Feedback - Learning

He Zhengbing Ma Shoufeng

(Institute of Systems Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)

**Abstract:** Due to individual travellers' complication, urban traffic system becomes more complicated. From the point of view that individual travellers obtain feedback information during their travelling experiences and learn from the information, this paper, first of all, classifies various factors that influence individual travellers; then analyzes the procedure that individual travellers' route choice before travelling, apperceiving during the travelling, and comment after the travelling, and at last set up an individual travel conceptual model based on feedback - learning, in order to exactly describe the complicated behaviour of people's travelling.

**Keywords:** conceptual model; feedback - learning; travel behavior