

文章编号:1001-7372(2007)06-0122-05

# 高速公路运输选择与需求预测的效用理论模型

杨云峰<sup>1</sup>, 杨琦<sup>2</sup>, 周伟<sup>1</sup>

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064)

**摘要:**为了把握高速公路的运输需求,引入效用理论对高速公路的运输需求预测进行了探索。在阐述效用理论的基础上,通过分析运输次数、发生时间等效用影响因素,引入速度、时间等路线服务水平和社会经济属性向量作为模型参数,构建了高速公路运输服务需求函数,进而建立高速公路运输需求预测模型。研究表明:通过改进效用函数,引入新的效用参数,能客观地描述高速公路运输选择行为,为高速公路运输需求预测提供借鉴。

**关键词:**公路运输经济;高速公路;效用理论;运输需求预测;运输选择

**中图分类号:**F540 **文献标志码:**A

## Utility Theory Model of Freeway Transport Options and Demand Forecast

YANG Yun-feng<sup>1</sup>, YANG Qi<sup>2</sup>, ZHOU Wei<sup>1</sup>

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

2. School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to grasp the freeway transport demand, introducing the utility theory into the freeway transport demand projections, authors probed freeway transport demand forecast. Based on the analysis of utility theory, the effective factors, such as number of transport, the time of its occurrence and so on were analyzed, and the speed, time, line service levels and social economy attributes were introduced as vectors into the model. Then, a freeway transport service demand function was built, thus a freeway transport demand forecast model was built. Research shows that through the improved utility function and introducing new utility parameters, it can describe the acts of freeway transport options objectively, and is useful for the freeway transport demand forecast.

**Key words:** highway transportation economy; freeway; utility theory; transport demand forecast; transport option

## 0 引言

高速公路是现代公路交通生产力的代表,已成为国民经济增长、社会发展与人们出行的重要基础设施<sup>[1-4]</sup>。自1998年中国实施积极的财政政策以来,中国的高速公路得到了迅速发展。截至2006年

底,中国的高速公路通车里程已达到了 $4.54 \times 10^4$  km,居世界第2位。高速公路的快速发展,对中国国民经济持续快速增长起到了积极的推动作用。高速公路之所以能对国民经济增长与人们便捷出行做出贡献,在于其能为快速、便捷的公路运输提供实体载体<sup>[5-7]</sup>。因此,为更好地服务于公路运输,发挥

收稿日期:2007-04-17

基金项目:陕西省交通科技项目(06-03R)

作者简介:杨云峰(1964-),男,山西运城人,高级工程师,工学博士研究生,E-mail: yangyunfeng@sina.com.cn.

高速公路对国民经济与人们出行的作用,需要对高速公路的运输选择行为与需求预测做较为深入的研究。

效用理论是研究消费者选择行为的基础,因此也是研究高速公路使用者需求的理论基础。经济学认为,消费者是需求的主体,需求的变化规律是由消费者的行为规律决定的。因此,为了研究高速公路价值的实现,必须掌握高速公路服务对象的需求及规律,必须研究作为需求主体的高速公路使用者的行为及其规律性。

## 1 效用理论与运输效用函数的构建

根据现代经济学理论,效用是指人们从某种物品或服务的消费中所获得的满足程度。如运输公司将一种货物从一个地方运到另一个地方,就增加了效用,构成了货主的运输效用。效用理论作为不确定性决策问题的著名理论,由 Daniel 在 1738 年最早提出,1944 年 Von Nonman 和 Morgenstern 给出完整的理论体系,此后,Savage 发展了主观效用理论,后来又有 Choquet 效用、等级秩依赖期望效用等。目前效用理论已逐步发展成熟,并被广泛应用到决策分析中<sup>[6]</sup>。

一种物品或服务效用的大小主要取决于 2 个因素:①消费者对该物品和服务的欲望强度,欲望强度愈大效用愈大;②该物品和服务消费量的大小,消费的数量越多,该物品和服务的效用就愈小。因此,效用概念带有强烈的主观心理色彩,以效用理论为基础的关于消费者行为的理论就不能不具有强烈的心理和行为分析的性质。

对于高速公路运输服务的使用者效用,可以从理性与感性 2 个方面进行分析。

(1)理性分析下的使用者效用。从理性角度看,使用高速公路受益的可计算项目包括:路况改善使车辆损耗降低、路程缩短或路况改善使直接行驶成本下降、路程缩短或行驶速度提高使行驶时间节约、路况或交通状况改善使事故率减少、货损减少等。

(2)感性的使用者效用。从使用者感受角度看,使用者对成本的感觉与判断有以下特征:①当起终点之间有多条路线可供选择时,如果各路线没有明显的里程差异并且路面等级相当,则所有路线上驾驶人员感觉到的单位里程的直接行驶成本大约相等;②由于感性的直接行驶成本大约相等,使用者在选择路线时,依据直观成本和直观心理感受做出决策,而不大关心实际资源消耗(如运行成本和时间)

的经济价值<sup>[9]</sup>。使用者关注的直观成本是指有形的、直接的货币支出;直观心理感受是指使用者对道路的行驶质量、行驶速度、行程时间、交通状况、沿线景观、舒适性等因素引起的、无形的心理感受。

传统理论中所使用的效用函数,往往忽略了服务本身具有的固有特性,使得其存在 2 个缺陷:①一旦服务品质发生改变或出现新的服务时,无法解释其对消费者行为产生的影响;②当服务之间构成替代品或补充品时,则必须讨论服务的固有特性,如公路运输和铁路运输为替代品,车辆与汽油为补充品。因此,效用函数不应把服务作为标的,而应将服务所具有的特性也直接纳入到效用函数来,作为效用函数的参数直接加以考察。

假设某人决定的运输次数为  $f$ ,发生时间为  $h$ ,到达地点为  $d$ ,使用运输工具为  $m$ ,路径为  $r$ ,则这些选择联合组成的选择概率可用联合概率  $P(f, h, d, m, r)$  表示,则该运输行为的效用函数为

$$U_{f,h,d,m,r} = U_{f,h,d,m,r}(x, S) \quad (1)$$

式中: $x$  为方案的属性向量,分为 2 个方面,一个方面是目的地的社会经济向量,如土地使用、就业人口、经济水平等,另一个方面是运输路线的服务水平,如行驶时间、速度、费用、舒适性、安全性等; $S$  为产生运输活动的人的社会经济条件向量,如果是个人目的的运输行为,则为个人的性别、受教育程度、收入状况和职业等,如果是组织行为,则为组织的性质、财务来源、支付能力、运输活动性质等。

## 2 高速公路运输需求的效用理论模型

### 2.1 运输需求函数的构建

高速公路运输需求是指高速公路运输服务的购买者(客车、货车)在一定时期内,一定的价格水平上愿意而且能够购买的高速公路运输服务量。依据效用理论,消费者对高速公路运输的需求不是对物品的需求,而是对服务的需求。选择的依据是高速公路运输服务所具备的特性,如速度、时间、舒适性、方便性等。如果把使用者使用各高速公路路线看作不同的运输消费活动,可把各运输活动所表现出来的特性看作各项服务水准,如时间、速度、费用等。为此,本文中对高速公路运输服务做如下假设:

(1)使用者对高速公路运输消费活动给予了支出预算限制;

(2)高速公路运输消费活动是指两地间不同运输路径的使用;

(3)效用函数中考虑的是运输路径的各种特性

或属性;

(4)各运输路径的效用与其属性呈线性关系,系数由客观条件决定。

为方便分析,只考虑1个起终点,  $x_j$  为起终点间不同运输路径所提供的运输服务的使用次数,而运输路径有  $n$  个。同时,设运输服务的属性为  $z_i$ , 有  $m$  个,如速度、行驶时间、费用、距离、安全性、舒适性等,则

$$z_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} x_j \quad i=1,2,\dots,m \quad (2)$$

式中:  $z_i$  为运输服务属性;  $b_{ij}$  为第  $j$  种运输路径使用一次所产生的第  $i$  种属性的量,如第  $i$  种属性是行驶时间,则  $b_{ij}$  是指第  $j$  种运输路径所需要的行驶时间;  $x_j$  为第  $j$  种运输路径的使用次数。

根据消费者需求理论,作为理性经济人,消费者合理的选择行为是效用最大化。因此,根据式(1),消费者在所有替代方案中将选择效用最大的方案,即假定有  $J$  个替代方案,消费者选择第  $i$  个,则表明第  $i$  个方案的效用最大,即

$$U(x_i, S) > U(x_j, S) \quad j \neq i, j=1,2,\dots,J \quad (3)$$

将式(2)与式(3)联立,则运输需求函数可以表示为

$$\left. \begin{array}{l} \max U(z_1, z_2, \dots, z_m) \\ \text{s. t.} \\ M = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n \\ z_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} x_j \quad i=1,2,\dots,m \end{array} \right\} \quad (4)$$

式中:  $U$  为使用者效用;  $M$  为使用者的预算限制;  $p_j$  为使用第  $j$  种运输路径的费用单价。

## 2.2 需求函数的表达

在式(3)中,考虑到消费者的社会经济向量  $S$  和方案属性向量  $x$ , 不能完全说明消费者的所有考虑因素,可能存在一些未被包括在内的嗜好与方案属性,使效用函数产生偏差。由此,认为效用函数包含了随机因素,具有不确定性,可用概率方法表示消费者的方案选择,则消费者选择第  $i$  个方案的概率为

$$P(i) = P[U(z_i) > U(z_j)] \quad j \neq i, j=1,2,\dots,J \quad (5)$$

在应用中,可以假设效用函数  $U(z)$  由一个非随机函数  $V(z)$  和一个随机概率函数  $\eta(z)$  构成,即

$$U(z) = V(z) + \eta(z) \quad (6)$$

式中:  $V(z)$  为消费者可以测量计算得到的社会经济条件向量  $S$  和方案属性向量  $x$  的效用函数; 随机项  $\eta(z)$  为无法测量计算的其他因素所产生的随机误差。

于是概率模型又可表示为

$$P(i) = P[V(z_i) + \eta(z_i) > V(z_j) + \eta(z_j)] \quad j \neq i, j=1,2,\dots,J \quad (7)$$

假设  $\Phi(t_1, t_2, \dots, t_J)$  代表  $[\eta_1(z_1), \eta_2(z_2), \dots, \eta_J(z_J)]$  的累计概率分布函数,则对于不同的累计概率分布函数  $\Phi$ , 将会产生多种不同形式的概率选择模型。Domencich 和 McFadden 于 1975 年对几种概率模型进行了大样本检验,结果表明,Logit 模型效果较好,且适用于个体需求分析。

当可供选择的替代方案只有 2 个 ( $j=1,2$ ) 时,设其属性向量  $x=(x_1, x_2)$  的概率分布累计函数为累计 Logit 分布,则选择第 1 个方案的概率为

$$P(1) = \frac{1}{1+e^{-v}} \quad (8)$$

假定共有  $J$  个替代方案,  $x=(x_1, x_2, \dots, x_J)$  为各方案的属性向量,则选择第  $i$  个方案的概率为

$$P(i) = e^{v_i} / \sum_{j=1}^J e^{v_j} \quad (9)$$

式(9)即为多项选择的 Logit 模型。

## 3 高速公路运输需求预测

依据上述选择概率模型,可对高速公路运输需求做出预测。将式(1)中的考虑因素纳入到预测模型中来,则可由几个步骤来确定<sup>[10-11]</sup>。程序性运输需求函数可以表达为条件概率形式<sup>[12]</sup>

$$P(f, h, d, m, r) = P(f)P(h/f)P(d, m, r) \cdot P(d/f, h)P(m/f, h, d)P(r/f, h, d, m) \quad (10)$$

可推导出多选择的 Logit 模型为

$$P(f, h, d, m, r) = \frac{e^{v_f, h, d, m, r}}{\sum_j e^{v_j, h, d, m, r}} \quad (11)$$

在高速公路服务需求分析中应用 Logit 模型时,可以对模型的条件进行简化。如某一方向的客货流向和运输量已知,即已知  $f, h, d, r$ , 要求预测某一条高速公路与铁路的运量分配(第 1 种情况);或者某一方向的客货流向和运输量、高速公路交通流向和交通量已知,即已知  $f, h, d, m$ , 要求预测其中一条高速线路的交通量(第 2 种情况)。第 1 种情况属于运输方式选择问题<sup>[13]</sup>;第 2 种情况经常发生在高速公路交通量预测中,需把收费价格纳入效用函数进行交通分配。

上述模型是针对某一个使用者的方案选择行为来说的,结果往往不能代表整个运输消费者群的选择行为。因此,还必须在个体需求模型基础上,对整个运输消费者群的选择行为进行分析。

柯布曼于 1975 年提出了包括个体选择模型、独立变量分布和总计预测法等主要因素的“群体需求模型”。该模型的思路为由个体选择模型出发,标定个体选择模型相应的独立变量分布,由此进行以个体为基础的总预测,即进行出行者群体需求预测。

对于“群体需求模型”,本文中采用 Logit 模型进行推算,则

$$G_i(X_m, j) = e^{X_m \beta_j} / \sum_{k \in A_n} e^{X_m \beta_k} \quad j \in A_n \quad (12)$$

式(12)为向量  $X_m$  在群体中的联合分布密度,该分布可以是一个多重连续变量分布,或是一个多重间断变量分布,或是两者的结合。

总计预测法是以预测群体选择或选择总量为目的的方法,其本质是将所有个体的选择概率加总或求其平均值。因此,该方法所得结果应该能够代表由个体选择行为出发的群体性运输选择行为。由于该方法必须具备完整的独立变量的分布数据,应用上有困难,往往可采取 2 种方法来弥补:①随机抽取样本观察;②按运输工具分类进行观察。

### 4 算例分析

本文中以西部 S 省省会城市 H 到省内重要城市 A 运输通道内的高速公路与铁路的旅客运量分配进行实例计算。H 市到 A 市在东西向上形成包括高速公路与铁路在内的运输通道。为预测高速公路与铁路的旅客运输分担情况,选择特性变量时需要体现不同方式的区别与共同点。定义模型的运输线路服务水平特性变量和社会经济属性变量(表 1)。

表 1 旅客分担率模型特性变量

Tab. 1 Characteristic Variables of Passenger Travel Share Rate Model

运输线路服务水平特性变量				出行者社会经济属性变量		
固有 哑元	全程 费用	候车 时间	行车 时间	是否拥有 私家车	收入	年龄
$X_{in1}$	$X_{in2}$	$X_{in3}$	$X_{in4}$	$X_{in5}$	$X_{in6}$	$X_{in7}$

固有哑元变量的个数应等于方案数减 1,故本模型固有哑元数为 1。根据 2006 年 6 月 15 日到 2006 年 6 月 17 日在 H 市和 A 市客运站实地调研采集的 435 份样本(有效样本 416 份),可得方案特性变量,见表 2。

根据实地调查的样本数据,利用 Trans CAD 软件进行标定,得到各特性变量的  $t$  值见表 3。

根据  $t$  检验要求,置信度为 95%时,  $|t| \geq 1.96$ ,因此,根据表 3 需删除年龄变量,其余因素作为分担率的特性因素进行模型计算。

表 2 旅客分担率模型方案特性变量值

Tab. 2 Characteristic Variable Values of Passenger Travel Share Rate Model Projects

类型	全程费用/元	候车时间/h	行车时间/h
高速公路	60	0.3	2
铁路	25	0.5	3

注:高速公路候车时间按发车班次加权平均求得,铁路候车时间根据工程规划求得。

表 3 旅客分担率模型  $t$  检验结果

Tab. 3  $t$  Examination Result of Passenger Travel Share Rate Model

类型	全程费用	候车时间	行车时间	是否私家车	收入	年龄
高速公路	5.46	2.35	4.47	3.84	4.24	0.91
铁路	4.22	2.35	4.12	2.42	4.12	1.14

根据标定出的模型进行预测,在 H 市到 A 市的运输通道内的高速公路与铁路的旅客分担率分别为 64%、36%。

上述结果显示,到 2010 年底,通道中高速公路和铁路的分担率约为 6.5 : 3.5。此结果可以为运输通道内运价确定、运力投放、发车班次确定等提供参考依据。

### 5 结 语

(1)通过理论分析,传统理论上的效用函数往往忽略了服务本身具有的固有特性,使其存在 2 个缺陷:①一旦服务品质发生改变或出现新的服务时,无法解释其对消费者行为产生的影响;②当服务之间构成替代品或补充品时,则必须讨论服务的固有特性。笔者将服务所具有的特性也直接纳入到效用函数中来,将其作为效用函数的参数直接加以考察。

(2)通过将运输次数、发生时间、到达地点、运输路径等因素作为效用影响因素,将速度、时间等路线服务水平和社会经济属性向量作为模型参数,构建了高速公路运输服务需求函数。

(3)在构建高速公路运输服务需求函数的基础上,借鉴柯布曼的“群体需求模型”,引入 Logit 模型构建了高速公路运输服务需求预测模型,以期对高速公路的市场预测、运输服务体系配置等提供指导、借鉴。

#### 参考文献:

#### References:

[1] 周伟,姚志刚,王元庆,等.基于节点重要度的公路运输站场建设序列[J].长安大学学报:自然科学版,2006,26(2):69-72.

- ZHOU Wei, YAO Zhi-gang, WANG Yuan-qing, et al. Optimizing Items Order of Highway Transport Terminals Based on Analyzing Importance of Nodes[J]. Journal of Chang'an University, Natural Science Edition, 2006, 26(2): 69-72.
- [2] 杨云峰. 公路网规划环境评价技术方法[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(1): 113-117.  
YANG Yun-feng. Technological Methods of Environmental Evaluation for Highway Network Planning [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(1): 113-117.
- [3] 陈荫三. 公路通行费改革及其对货车发展的影响[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(2): 99-106.  
CHEN Yin-san. Highway Tolling Reform and Its Influence on Truck Development[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(2): 99-106.
- [4] 吴群琪, 李 丽. 道路旅客运输行业的政府管制[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(2): 107-112.  
WU Qun-qi, LI Li. Government Regulation of Road Passenger Transportation[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(2): 107-112.
- [5] 王利彬, 吴群琪. 公路投资对国民经济贡献的探讨[J]. 中国公路学报, 2006, 19(3): 96-99.  
WANG Li-bin, WU Qun-qi. Discussion on Contribution of Highway Investment to National Economy[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(3): 96-99.
- [6] 马天山, 何朝平. 道路快速货运组织方式[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2005, 25(3): 62-65.  
MA Tian-shan, HE Chao-ping. Road-express Organization Mode[J]. Journal of Chang'an University, Natural Science Edition, 2005, 25(3): 62-65.
- [7] 李庆瑞, 杜 军, 卢 毅. 美国高速公路融资结构变化的面板数据分析[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(2): 113-117.
- LI Qing-ru, DU Jun, LU Yi. Panel Data Analysis of Highway Financing Structure Change in USA [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(2): 113-117.
- [8] 郭文英. 期望效用理论的进展[J]. 首都经济贸易大学学报, 2005, 9(3): 11-14.  
GUO Wen-ying. Theory of Utility Expect[J]. Journal of Capital University of Economics and Business, 2005, 9(3): 11-14.
- [9] 吕志军, 李亚琼. 基于效用函数下的需求函数的计量方法及应用[J]. 湖南科技学院学报, 2006, 27(5): 22-24.  
LU Zhi-jun, LI Ya-qiong. Calculation and Application of Demand Function Under Utility Function[J]. Journal of Hunan University of Science and Engineering, 2006, 27(5): 22-24.
- [10] STEPHEN G. Transport Economics[M]. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 1981.
- [11] 王元庆, 陈少惠. 飞地城市型开发区公路网规划方法[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2005, 25(5): 74-78.  
WANG Yuan-qing, CHEN Shao-hui. Highway Network Planning of Independent-city-type Development Zone[J]. Journal of Chang'an University, Natural Science Edition, 2005, 25(5): 74-78.
- [12] NAGUMEY A. An Equilibration Scheme for the Traffic Assignment Problem with Elastic Demands[D]. Amherst: University of Massachusetts Amherst, 1987.
- [13] 王元庆, 贺竹馨. 多方式协调发展的运输通道布局规划体系[J]. 交通运输工程学报, 2004, 4(3): 73-78.  
WANG Yuan-qing, HE Zhu-xing. Transportation Trunk System Planning of Coordinative Multimode [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(3): 73-78.

[第 20 卷卷终]

# 高速公路运输选择与需求预测的效用理论模型

作者: [杨云峰](#), [杨琦](#), [周伟](#), [YANG Yun-feng](#), [YANG Qi](#), [ZHOU Wei](#)  
作者单位: [杨云峰, 周伟, YANG Yun-feng, ZHOU Wei \(长安大学, 公路学院, 陕西, 西安, 710064\)](#), [杨琦, YANG Qi \(长安大学, 经济与管理学院, 陕西, 西安, 710064\)](#)  
刊名: [中国公路学报](#) [ISTIC](#) [EI](#) [PKU](#)  
英文刊名: [CHINA JOURNAL OF HIGHWAY AND TRANSPORT](#)  
年, 卷(期): 2007, 20(6)

## 参考文献(13条)

1. [郭文英](#) 期望效用理论的进展[期刊论文]-[首都经济贸易大学学报](#) 2005(03)
2. [李庆瑞](#); [杜军](#); [卢毅](#) 美国高速公路融资结构变化的面板数据分析[期刊论文]-[交通运输工程学报](#) 2006(02)
3. [马天山](#); [何朝平](#) 道路快速货运组织方式[期刊论文]-[长安大学学报\(自然科学版\)](#) 2005(03)
4. [吕志军](#); [李亚琼](#) 基于效用函数下的需求函数的计量方法及应用[期刊论文]-[湖南科技学院学报](#) 2006(05)
5. [王元庆](#); [贺竹馨](#) 多方式协调发展的运输通道布局规划体系[期刊论文]-[交通运输工程学报](#) 2004(03)
6. [NAGUMEY A](#) An Equilibration Scheme for the Traffic Assignment Problem with Elastic Demands 1987
7. [王元庆](#); [陈少惠](#) 飞地城市型开发区公路网规划方法[期刊论文]-[长安大学学报\(自然科学版\)](#) 2005(05)
8. [STEPHEN G](#) [Transport Economics](#) 1981
9. [王利彬](#); [吴群琪](#) 公路投资对国民经济贡献的探讨[期刊论文]-[中国公路学报](#) 2006(03)
10. [吴群琪](#); [李丽](#) 道路旅客运输行业的政府管制[期刊论文]-[交通运输工程学报](#) 2006(02)
11. [陈荫三](#) 公路通行费改革及其对货车发展的影响[期刊论文]-[交通运输工程学报](#) 2006(02)
12. [杨云峰](#) 公路网规划环境评价技术方法[期刊论文]-[交通运输工程学报](#) 2006(01)
13. [周伟](#); [姚志刚](#); [王元庆](#) 基于节点重要度的公路运输站场建设序列[期刊论文]-[长安大学学报\(自然科学版\)](#) 2006(02)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zgglxb200706022.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgglxb200706022.aspx)