

文章编号:1671-8879(2012)02-0091-05

城市群城际运输结构配置客流分担率模型

彭 辉,续宗芳,韩永启,赵建华

(长安大学 公路学院,陕西 西安 710064)

摘 要:为建立中短距离多方式大容量城市群城际运输通道旅客运输方式合理分担率模型,分析了通道内旅客出行运输方式选择特征及客流分担率的影响因素;从城际交通一体化和全程出行链的构成出发引入广义费用函数,运用极大似然法对传统的多维 Logit 概率模型进行改进,从全程效用最优化和运输方式衔接一体化的角度,分析了城际运输通道交通衔接和换乘关系;最后,利用模型预测了未来广清(广州—清远)城际运输通道内各运输方式分担率的变化。研究结果表明,该模型具有较高的可靠性。

关键词:交通工程;城际运输通道;结构配置;广义费用函数;改进 Logit 模型;客流分担率

中图分类号:U491

文献标志码:A

Sharing ratios model of passenger flows in intercity transportation structure configuration among urban agglomeration

PENG Hui, XU Zong-fang, HAN Yong-qi, ZHAO Jian-hua

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: To establish the rational sharing ratios model of passenger flows in the intercity transportation corridor with features of middle and short distance, multi-mode, and large capacity, the passengers' choice characteristics of transportation mode and the factors of sharing ratios of passenger flows were analyzed, the generalized cost function was introduced from the points of intercity traffic integration and the entire travel chain, and the traditional multi-dimensional Logit model was improved by maximum likelihood method. From the views of whole effectiveness optimization and integration of transport modes' convergence, the relationship of transportation convergence and transfer was analyzed in urban agglomeration transportation corridor. This model was applied in Guangzhou-Qingyuan transportation corridor to predict the changes of sharing rates. The results show that this model has a high reliability. 4 tabs, 1 fig, 10 refs.

Key words: traffic engineering; intercity transportation corridor; structure configuration; generalized cost function; improved Logit model; sharing ratio of passenger flow

0 引 言

城际运输通道是实现城市群集聚功能和扩散功能的载体,是城市群内交通联系的主骨架,对城市群

的发展具有战略性和先导性作用^[1]。城际运输通道由主要铁路干支线、城际及市域轨道交通、公路国道主干线、国家高速公路和重要干线公路构成,是连接城市群内核心城市、主要城市、综合运输枢纽、沿海

收稿日期:2011-06-20

基金项目:陕西省自然科学基金项目(SJ08E223)

作者简介:彭 辉(1963-),男,陕西扶风人,教授,工学博士,E-mail:penghui1963@126.com。

内河港口、重要陆路口岸等交通流集结点,承担城市群内城市间大量、稳定、快速、高效、安全的客货流运输,形成了城市群的城际运输通道。

城市群城际运输通道结构配置所要解决的主要问题是,确定城际间各种运输方式的客流分担率以及交通衔接换乘的组合关系,并以此为基础,预测运输通道内各运输方式的合理数量,分析各运输方式对各种不同运输需求的适应情况。目前,关于运输通道客流分担率的研究主要有随机饱和熵模型、Wardrop 原理、多维 Logit 模型、随机离散模型等理论模型^[2-6]。本文采用改进的 Logit 模型,从系统的整体优化角度考虑城市群城际运输通道客流分担率,细分并具体量化影响交通运输方式分担率的因素,以引入广义费用函数,对城际运输通道客流分担率做进一步的研究。

1 城市群城际旅客出行过程

城市群城际间旅客出行特点为:①客流量大,客运需求多元化;②城际客流的出行目的主要是探亲访友、旅游、打工和商务等;③城际旅客多为中短距离出行,且与城市群城镇分布及密集程度有关;④城际旅客对出行时效性、直达性和舒适度的要求较高,对票价的承受能力较强,能够承受较高于普通铁路的出行费用。

城市群城际旅客出行全过程如图 1 所示。

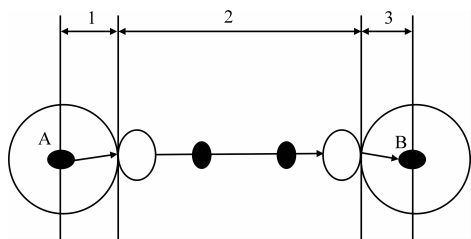


图 1 城际旅客出行全过程

出行阶段 1,从 A 城市出发点出发,经由市内交通,到达 A 城市对外交通枢纽;出行阶段 2,从 A 城市的对外交通枢纽,采用一种城际交通运输方式,经由城际运输线路,到达 B 城市的对外交通枢纽;出行阶段 3,从 B 城市对外交通枢纽,经由市内交通到达目的地。

在城际轨道交通建成后,城际客运通道内有城际轨道交通、普通铁路、客运专线、公路(长途汽车、小汽车)、航空运输和水路运输 6 种旅客运输方式。由于水路运输承担的客运量较小,本文不予考虑。

2 城市群城际运输通道客流分担率模型

影响城市群城际运输通道运输方式分担率的因

素主要有:①旅客的社会经济条件,包括出行者的职业、性别、年龄、收入水平等因素;②旅客出行特征,包括出行目的、出行距离、出行时间、出行者所处地理环境等;③运输方式的技术经济特性,包括运行时间、等待时间、换乘衔接水平、舒适程度、安全程度、直达性等;④城际交通体系交通一体化程度。旅客不同的社会经济特性和出行特征对应着其对各运输方式不同服务特性的要求,旅客针对各种运输方式的服务特性,结合社会经济条件和自身出行目的,综合权衡之后选取某一种运输方式。

2.1 广义费用函数

随着人们生活水平的提高,消费结构和消费观念的变化,旅客的运输需求呈现出多元化的局面,票价已不再是选择出行方式的唯一因素,旅行时间、衔接换乘时间、安全、舒适等因素对旅客出行的影响程度也在不断上升^[4]。每一种运输方式的服务特性构成一个旅客广义出行费用,广义费用的大小就决定了旅客的出行选择行为。本文采用经济性、快速性、方便性、直达性、舒适性、安全性和准时性来构建广义费用函数^[5]。

2.1.1 经济性

各种运输方式所需运费的多少是旅客选择运输工具时要考虑的重要因素。本文采用票价(E_i)来表示各运输方式的经济性。

$$E_i = R_i L_i \quad (1)$$

式中: R_i 为第 i 种运输方式的运价率; L_i 为第 i 种运输方式的运行距离。

2.1.2 快速性

基于城市群同城化和“小时交通圈”的要求,旅客对运输方式的快速性要求越来越高。本文采用旅客在途旅行时间作为快速性衡量指标,并通过与时间价值相乘,将其转化为费用(F_i)。

$$F_i = t_i W(T) = (L_i / v_i) W(T) \quad (2)$$

式中: t_i 为旅客在第 i 种运输方式运输工具内的旅行时间; v_i 为第 i 种运输方式的旅行速度; $W(T)$ 为旅客时间价值。

2.1.3 方便性

运输方式方便性(用费用 C_i 来表示)包括服务方便性和起终点城市,以及中间换乘城市换乘衔接方便性。其中,服务方便性用购票时间和候车时间来反映,换乘衔接方便性用换乘衔接时间和市内交通费用来反映。

$$C_i = (T_{ig} + T_{ih})W(T) + [f_{i1} + f_{i2} + f_{i3} + (t_{i1} + t_{i2} + t_{i3})W(T)] \quad (3)$$

式中: f_{i1} 、 f_{i2} 、 f_{i3} 分别为第 i 种交通运输方式在起、

终点城市以及中间换乘城市的换乘衔接费用; t_{i1} 、 t_{i2} 、 t_{i3} 分别为第 i 种交通运输方式在起、终点城市以及中间换乘城市的换乘衔接时间; T_{ig} 为第 i 种交通运输方式的平均购票时间; T_{ih} 为第 i 种交通运输方式的平均候车时间。

2.1.4 直达性

城际通道内多为中短距离出行,旅客对交通运输方式的直达性要求较高。若某交通运输方式其他服务特性满足旅客需要,但衔接换乘次数过多、换乘时间过长、直达性较差,也可能使旅客放弃对该运输方式的选择。本文采用旅客在运输工具内的旅行时间与全程出行时间之比(D_i)来量化直达性。

$$D_i = t_i / T_i \quad (4)$$

式中: T_i 为旅客选择第 i 种运输方式时的全程出行时间。

2.1.5 舒适性

本文采用交通运输工具和车外设施总造价的人均费用的万分之一来量化,用 M_i 表示第 i 种运输方式的舒适性。

2.1.6 安全性

安全性是影响旅客选择运输方式的重要因素,本文对安全性按照各运输方式的事故伤亡人数的比例进行量化。对事故伤亡人数进行处理后,求自然对数将其转化为安全性指标,事故伤亡人数越多,其安全性就越小。用 S_i 表示第 i 种运输方式的安全性。

2.1.7 准时性

随着旅客时间观念的增强,对交通运输方式准时性的要求也越来越高。本文采用准点率对各运输方式的准时性进行量化。用 P_i 表示第 i 种运输方式的准时性。

2.1.8 旅客时间价值的确定

旅客时间价值为

$$W(T) = G / (tp) \quad (5)$$

式中: G 为地区国民生产总值; t 为劳动者的平均劳动时间; p 为地区人口数量。

由于直达性、安全性和准时性无法具体用价格和时间来衡量,认为这 3 种属性与其他属性相比具有独立性;且认为,当 3 者较优时,该方式的广义费用才能较小。本文用加法乘法相结合的关系式表示各运输方式的广义费用函数为

$$V_i = (\theta_1 E_i + \theta_2 F_i + \theta_3 C_i - \theta_4 M_i) / (P_i S_i D_i) \quad (6)$$

式中: θ_j 为属性系数, $j = 1, 2, 3, 4$ 。

2.2 改进 Logit 模型

旅客之所以会选择某种运输方式,是认为从出

发地到达目的地该运输方式所花费的广义费用要小于其他运输方式,也就是旅客自身认为该运输方式可实现出行效用的最大化。依据这一原理,选择 Logit 模型对城际运输通道各运输方式的客运分担率进行确定,且为消除指数函数增长过快导致的结果差异严重扩大,本文采用改进 Logit 模型^[7-10]。

设 p_i 为第 i 种运输方式的客运分担率,则改进模型为

$$p_i = \exp(-V_i / \bar{V}) / \sum_{j=1}^n \exp(-V_j / \bar{V}) \quad (7)$$

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j$$

式中: \bar{V} 为各种运输方式的平均广义费用。

2.3 模型参数的标定

设有 N 个出行者,假设他们在选择运输方式的过程中是相互独立的,可看作 N 次贝努里试验。根据极大似然估计法得

$$F = P(N_1, N_2, \dots, N_m | \theta) = \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_m!} \prod p_i^{N_i} \quad (8)$$

式中: N_i 为选择第 i 种运输方式的人数; θ 为属性系数向量; p_i 为选择第 i 种运输方式的概率(分担率); F 为极大似然函数。

两边取对数得

$$\ln(F) = \ln\left(\frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_m!}\right) + \sum N_i \ln(p_i) \quad (9)$$

分别对 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 求导,且令导数等于 0,得

$$\frac{\partial \ln(F)}{\partial \theta_1} = 0, \quad \frac{\partial \ln(F)}{\partial \theta_2} = 0, \quad \frac{\partial \ln(F)}{\partial \theta_3} = 0, \quad \frac{\partial \ln(F)}{\partial \theta_4} = 0 \quad (10)$$

解方程组(10),即可得到系数 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 的值。

3 城市群城际运输通道交通衔接换乘

城市群城际运输通道各交通运输方式的衔接换乘,不仅影响着旅客对交通运输方式的选择,同时也影响着城市群交通一体化的发展。

旅客出行全过程的衔接换乘主要分为 2 部分:①在城际通道内运输方式之间的衔接换乘;②城际各运输方式与市内交通的衔接换乘。

城际运输通道内运输方式之间衔接水平主要体现在运输方式的场站数,特别是衔接换乘站的数量上。一般情况下,衔接换乘站越多,衔接换乘水平就越好。换乘站多意味着运输方式线路在运输通道内的通达性较好,旅客能够在更短的时间内更容易地

实现与其他运输方式的衔接换乘。

城际各种交通运输方式与市内交通的衔接水平主要体现在交通运输方式线路深入城市核心区范围的大小,以及与市内主要公共交通场站的接驳程度和接驳站的位置上。若接驳站位于市郊,则旅客需要花费更多的换乘时间到达该驳接站,以实现与城际交通运输方式的衔接;若接驳站在市中心,则会节省换乘衔接时间。

要提高交通衔接换乘水平,需完善城际间高速公路、高速铁路和国道干线、城际轨道交通与城市内综合交通枢纽、公共交通的建设,实现城际运输方式与市内交通的有效衔接,减少换乘时间,使旅客的全程出行效用最大。特别是做好与城市公共交通的衔接换乘,以提高城际交通一体化水平。

4 实例分析

以珠三角城市群中的广清(广州—清远)城际运输通道为例,对城际客运通道结构配置方法(分担率模型)的实用性和可靠性进行验证,并在广清城际轨道交通建成之后,研究城际客运通道内各运输方式分担率的变化。本文考虑普通铁路、高速铁路、长途汽车、小汽车和城际轨道交通的客运分担率。

广清城际轨道交通开行 2 种城际列车(140 km/h、200 km/h),考虑到广清城际运输通道的实际情况,对运输方式的一些服务特性参数做了必要的修正,得到广清城际运输通道 6 种交通运输方式的服务特性参数见表 1。

广清城际运输通道各交通运输方式的现状客运

表 1 各交通运输方式的服务特性参数

交通运输方式	服务属性						
	经济性(运价率)/ (元·km ⁻¹)	快速性(运行速度)/ (km·h ⁻¹)	方便性(衔接换乘 广义费用)/元	直达性	舒适性	安全性	准时性
普通铁路	0.35	90	55	0.65	3.8	0.95	0.85
高速铁路	0.55	200	61	0.60	4.2	0.95	0.95
长途汽车	0.45	80	35	0.75	2.1	0.80	0.90
小汽车	0.75	100	0	1.00	3.3	0.85	0.90
大站停城际轨道交通	0.42	200	25	0.80	3.7	0.95	0.95
站站停城际轨道交通	0.40	140	20	0.80	3.5	0.95	0.95

量及分担率见表 2。

表 2 广清城际运输通道各交通运输方式现状客运量及分担率

交通运输方式	年客运量/万人次	分担率/%
普通铁路	896	11.30
高速铁路	1 191	15.03
长途汽车	4 894	61.75
小汽车	945	11.92

将 $N = 7\,926, m = 4$ 代入式(10),得到 $\theta_1 = 0.037, \theta_2 = 0.058, \theta_3 = 0.078, \theta_4 = 0.032$ 。故广义费用模型可以表示为

$$V_i = (0.037E_i + 0.058F_i + 0.078C_i - 0.032M_i)/(P_iS_iD_i)$$

将广义费用模型代入 Logit 模型,得到广清城际运输通道的客运结构模型配置结果见表 3。

表 3 广清城际运输通道客运结构模型配置结果及与现状比较

交通运输方式	模型分配结果/%	调查分担率/%	发展趋势
普通铁路	15.88	11.30	相对增大
高速铁路	19.97	15.03	相对增大
长途汽车	50.26	61.75	相对减小
小汽车	13.89	11.92	基本不变

由分配结果和现状分担率的对比可知,该模型基本与实际情况相符,具有可行性。目前,广清运输

通道应加强对运输速度快、环境友好度高、资源消耗小的运输方式的发展力度,正在规划的广清城际轨道交通正符合这一理念。

广清城际轨道交通建成之后,对旅客选择何种运输方式出行具有较大影响,城际轨道交通的服务特性参数见表 1。用改进 Logit 模型预测未来特征年广清城际运输通道 6 种运输方式的客流分担率结果见表 4。

表 4 未来特征年广清城际运输通道 6 种运输方式的客运分担率预测

运输方式	普通铁路	高速铁路	长途汽车	小汽车	城际轨道交通	
					大站停	站站停
客运分担率/%	6.10	11.01	42.14	15.28	11.12	14.35

5 结 语

(1)在建立广义费用函数时,不仅考虑了运输方式的经济性、快速性和方便性等,还考虑了直达性和准时性;分析了城际运输通道交通衔接换乘水平,及其对城际交通一体化的影响。

(2)通过广清城际运输通道实例研究,说明了该模型的可行性和适用性,并依据广清城际轨道交通的经济技术特性,预测了未来城际轨道交通建成后

各运输方式分担率的变化。

(3)在考虑客运分担率影响因素时,由于各运输方式对环境的影响无法具体量化,因此未将其列入广义费用函数中,有待于在以后的研究中做进一步分析;随着城际交通一体化的发展,特别是“一卡通”的普及,以及旅客对环境友好度和资源消耗的关注,城际轨道交通的客运分担率必然会逐步增大。

参考文献:

References:

- [1] Kenneth E T, Garrett S. Mixed Logit with bounded distributions of correlated partworths[M]. Amsterdam: Springer Publisher, 2005.
- [2] 邱玉琢, 陈森发. 综合运输通道客运结构配置的随机饱和熵模型[J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(2): 104-108.
QIU Yu-zhuo, CHEN Sen-fa. Stochastic saturation entropy model of passenger transportation structure configuration for comprehensive transportation corridor[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2007, 7(2): 104-108.
- [3] 朱从坤, 王洁, 冯涣涣. 区域运输通道内客运方式分担率模型[J]. 交通运输工程学报, 2005, 5(4): 111-115.
ZHU Cong-kun, WANG Jie, FENG Huan-huan. Models of passenger traffic sharing rates of regional transport corridor[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(4): 111-115.
- [4] 彭辉, 朱力争. 综合交通运输系统及规划[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2005.
- [5] 张钦莹, 彭其渊. 客运专线对运输通道分担率的影响[J]. 铁道运输与经济, 2006, 28(12): 16-19.

ZHANG Yi-ying, PENG Qi-yuan. The impact of passenger transportation special line on transportation channel share rate[J]. Railway Transport and Economy, 2006, 28(12): 16-19.

- [6] 黄苏才, 王静. 高速公路通道运输结构合理配置模型研究[J]. 华东公路, 1999, 10(5): 17-20.
HUANG Su-cai, WANG Jing. Research on highway corridor transportation structure reasonable configuration model[J]. East China Highway, 1999, 10(5): 17-20.
- [7] Nuzzol A, Crisalli U, Francesca G. A behavioral choice model for the evaluation of railway supply and pricing policies[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2000, 34(5): 395-404.
- [8] 关宏志. 非集计模型: 交通行为分析的工具[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [9] 袁长伟, 陈荔, 张景峰. 城市综合客运枢纽交通方式换乘分担率模型[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2010, 30(3): 66-70.
YUAN Chang-wei, CHEN Li, ZHANG Jing-feng. Sharing rates model of different traffic ways in urban comprehensive passenger hub [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2010, 30(3): 66-70.
- [10] 彭辉, 魏金丽, 陈宽民. 运输通道公路旅客中长距离OD模型构造及分段客运量预测[J]. 中国公路学报, 2006, 19(2): 101-105.
PENG Hui, WEI Jin-li, CHEN Kuan-min. Construction of OD model of middle and long distance highway trips and prediction of segment passenger volume of transport corridor[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(2): 101-105.

《建筑科学与工程学报》入编 《中文核心期刊要目总览》

2012年1月,《中文核心期刊要目总览》2011年版编委会公布了中文核心期刊名单,《建筑科学与工程学报》入编《中文核心期刊要目总览》2011年版之建筑科学类核心期刊。

《中文核心期刊要目总览》2011年版系第六版,为了使期刊评价更加科学合理,《中文核心期刊要目总览》2011年版编委会课题组在总结前五版研制经验的基础上,进一步改进评价方法,运用定量评价和定性评价相结合的方法,根据被引量、被摘量、被引量、他引量、被摘率、影响因子、被国内外重要检索工具收录、基金论文比、Web下载量9个评价指标进行定量评价,经过筛选和专家定性评审,从14400多种期刊中评选出1982种中文核心期刊。《建筑科学与工程学报》系首次入选,标志着《建筑科学与工程学报》在稳步发展中迈上了一个新台阶。