

文章编号: 1005-0523(2020)01-0054-07

基于NL模型的昌九客运交通方式选择分析

梁安宁¹, 黄娜娜², 张兵², 桑梓², 温尚武²

(1.江西省交通职业技术学院, 江西 南昌 330013; 2.华东交通大学交通运输与物流学院, 江西 南昌 330013)

摘要:针对客运通道内的交通方式合理规划问题,对南昌至九江运输通道内的客运交通方式分担率进行研究。首先,根据德尔菲法确定影响出行方式的主要因素并依此建立效用函数和巢式logit模型;其次,运用TransCAD对模型的参数进行标定,并用SPSS软件对调查问卷的内容和统计结果进行分析;最后,结合调查结果和分担率模型,计算昌九客运通道内4种交通方式的分担率。计算结果与调查结果基本一致,证明模型的适用性,并通过分析未来客运通道内旅客出行选择的偏好,给交通行业发展提出参考意见。

关键词:昌九城际;德尔菲法;效用函数;巢式logit模型;客流分担率

中图分类号:U125

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2020.01.008

1960年左右,日本广岛的交通规划研究人员首次提出应对不同的交通方式进行划分,与之同时,相关学者也开始了关于非集计模型的研究。运输通道内旅客的交通方式选择行为研究对城市交通规划具有极大的指导意义,提出客运通道内交通方式划分的适用模型,对交通规划中交通方式结构的确定及客流预测均起到关键作用。

目前,国内外有较多学者对交通方式选择行为进行了深入的研究。胡晓伟等^[1]结合前景理论研究得出在有限理性下居民出行选择的方式;陈坚等^[2]通过建立SEM-logit整合模型,证明在显变量与潜变量综合影响下的出行者交通方式选择行为更符合实际情况;朱顺应等^[3]将模糊特性变量与非集计logit模型结合创建模糊logit模型,弥补了传统非集计模型在出行者出行方式效用难以准确估计的缺陷;陈喜春等^[4]通过研究在个人收入、出行目的等影响因素下的出行时间价值,根据不同情景建立了适应性的效用函数;项昀等^[5]以铁路、公路、航空和水运一体化的综合运输为背景,分析城市间的运输、运货量的数据,创建货运方式分担率-运距模型;江登英等^[6]考虑不同交通方式之间的关联性,改进了巢式logit模型研究城际间的交通方式并通过实例验证了模型的优越性;赵金宝等^[7]考虑到居民出行OD等将慢行交通、公共交通等分为不同的巢,建立了对应不同出行方式选择的巢式logit模型。T.SATIENNAM等^[8]通过BRT系统,对城市内的小汽车、摩托车交通分别评估,用划分模型探讨了出行者的出行选择行为;William等^[9]分析了影响几种运输方式的因素,并把分析出的重要因素代入效用函数模型,从而得到运输方式的最优解;Fu等^[10]通过建立结构方程模型发现不同收入人群的活动与出行有较大差异性,并发现可达性对通勤者的活动影响较大。

研究出行方式选择行为最常应用的模型是非集计模型,但该模型是在不相关项互相独立的前提假设下建立的,在研究出行方式选择行为时有明显的缺陷。由于相似的交通方式之间存在着较大的相关性,而这种相关性在分析问题时不可忽略,故选择巢式logit模型(NL模型)研究昌九客运分担率。NL模型通过建立多个虚拟选择枝将出行方式相似的变量放在同一个枝内,从而避免了不相关性的假设。本文提出用德尔

收稿日期:2019-04-27

基金项目:江西省重点研发计划一般项目(20161BBG70080)

作者简介:梁安宁(1976—),男,高级工程师,硕士,研究方向为交通规划、交通设计、建筑设计。

非法确定影响因素建立效用函数,并用 NL 模型分析城际间不同交通方式在多种影响因素下的分担情况,分析南昌与九江两城之间出行者的出行方式选择情况。

1 客运通道内出行者出行选择分析

在现实的经济生活中,公路、铁路运输在当代客运市场中担任重要角色,这两种客运方式从技术经济层面来看都有各自的优势。旅客出行的交通方式选择,实质上就是选用目前最合适自己的交通方式满足此次出行需要的过程。

影响出行者出行方式选择的因素主要从客运产品特征、出行者自身特征、出行特征 3 个方面考虑。客运产品作为出行者的消费对象,其准时、方便、经济、快速、安全等 5 个主要方面将直接影响出行者的购买行为;出行者自身特征指个人的职业、性别与年龄层次、可支配性的月收入、是否拥有驾照、是否购买汽车等在内的个人属性,通过对旅客个人属性进行问卷调查有助于预测不同种类人群出行方式选择的概率;在出行特征中影响出行选择的因素有一次出行的距离、目的、花费的总时间、天气状况等。因此建立出行方式选择模型时需要全面考虑有影响的众多因素。

2 模型建立

非集计模型的建立依托两个假设条件,其一是假设出行者个人意识正常,其二是根据效用最大假设个人希望选择后的效用最大。本文选用巢式 logit 模型分析昌九通道内出行者交通方式的选择。

2.1 建立效用函数方程

为模拟出行者的心理活动,赋予各种交通方式相应的效用值来反映出行者选择某种交通方式获得效用的大小,影响效用值的因素多而复杂,通过构建效用函数来求解,效用函数及其固定项一般可表示为如下线性形式

$$U_{in}=\lambda V_{in}+\varepsilon_{in} \tag{1}$$

$$V_{in}=\theta_j X_{in} \tag{2}$$

式中: n 为出行者个数; i 为交通方式种类; U_{in} 为效用函数; λ 为参数且大于 0; V_{in} 为固定项; ε_{in} 为随机项; θ_j 为待估参数; X_{in} 为服务特征值。

2.2 确定影响因素

本文主要分析以铁路、公路为主的交通方式选择。面对影响出行方式选择的众多因素,需要进行比较甄别来确定哪些因素是影响大的主导性因素。通过向相关领域的专家进行咨询以确定影响因素或因素的重要程度的方法称德尔菲法,由于该方法可操作性强、成本低且结果具有说服力,故选用此法来甄别影响因素。借助 VISIO 绘制的影响因素如图 1 所示。

针对上述多种影响因素,利用德尔菲法确定主要影响因素。在南昌交管局、设计院和多所高校内请教数十名交通领域的专家,征询他们对影响出行者出行的众多因素的意见,完善或简化各类指标,去掉重复性或多余性的影响因素,从而得出影响出行者出行选择的关键因素。通过向专家多轮征询,最终从图 1 共 15 项影响因素中,提取了客运产品特征的准时性(准点问题)、方便性(换乘问题)、经济性(票价问题)、快速性及安全性这 5 种因素作为影响出行者出行选择的影响因素。由于这 5 种指标综合考虑了出行者出行时的各种主导因素影响;因此根据专家评定的最终结

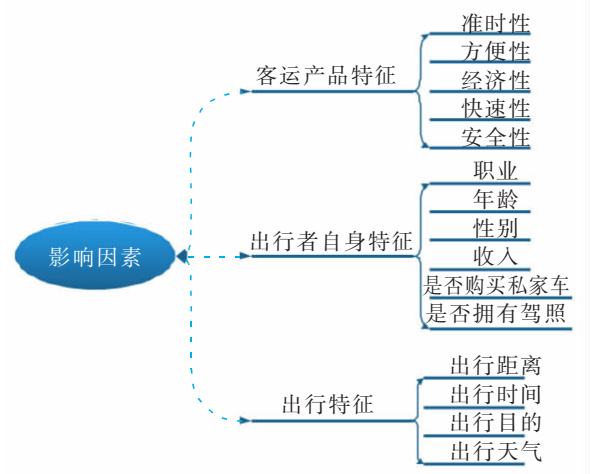


图 1 出行影响因素

Fig.1. Factors influencing travel

果确定的几种影响因素,具备科学性、合理性和说服力。城际出行一般指出行者从一个城市出发,通过乘坐一种或几种不同的交通到达另一个城市的过程,本文借助甄选出的重要影响因素,利用非集计模型进一步分析城际出行者选择高铁或动车、普铁、长途大巴以及私人小汽车的情况。由于准时性和安全性的度量标准与其他3种因素的度量标准不同,这里分两部分组成效用函数,5种影响因素的计算如下。

1) 经济性 E_i 。此次出行方式研究以高铁或动车、普铁、客运大巴及私人小汽车这4种交通方式为主,用车票的现行价格表表示前3种交通方式的出行费,用昌九高速的过路费和汽车燃油费综合表示私家车出行总费用。

2) 快速性 F_i 。随着交通行业的快速发展,出行者对出行速度的期望也越来越高,快速性逐渐成为影响城际出行者出行选择的重要因素。本文以出行者乘坐目标交通方式时的在途时间与出行时间成本的乘积来描述快速性

$$F_i = T_{Z_i} \times C_i = (L_i / V_i) \times C_i \quad (3)$$

式中: T_{Z_i} 为乘客乘坐第 i 种交通的在途时间, h; L_i 为此次出行起终点的总距离, km; V_i 为运行的平均速度, km/h; C_i 为第 i 种交通方式的出行时间成本, 元/h。

出行时间成本可以理解为出行者选择某种具体的交通方式出行时,把付出的实际时间折算为花费的金钱代价。通过查阅资料,时间成本的计算公式可如式(4)

$$C = T \times k = T \times AI / (250 \times 8) \quad (4)$$

式中: k 表示每小时人均收入, 元/h; AI 表示居民年收入, 元, 设每年工作 250 d, 每天工作 8 h。

3) 方便性 B_i 。方便性表现在出行者从出发点到乘坐上目标交通方式前所需换乘时间和中途所需换乘时间的多少,用总时间与时间价值的乘积来衡量此次出行的方便程度

$$B_i = T_{hi} \times C_i = (t_{1i} + t_{2i}) \times C_i \quad (5)$$

式中: T_{hi} 表示总的换乘时间, h; t_{1i} 表示出发点到乘坐上目标交通方式前所需换乘时间, h; t_{2i} 表示中途换乘时间, h。

4) 安全性 S_i 。安全性主要从出行者生命和财产两方面安全的角度考虑,笔者通过查找国内现有资料发现,可用事故死亡率来表示各种交通方式的安全性大小,事故率越高说明安全性越差。

5) 准时性 Z_i 。对于高铁、火车、长途客车来说,准时性表现在列车按时刻表出发和到达是否准点,可用按点发车或到站与晚点发车或到站的偏差率来表示此3种交通方式的准时性;对私家车来说,准时性较难度量,这里用出行者预计到达时间与实际到达时间的偏差率来表示。各种交通方式的偏差率越高说明准时性越差。

结合上述影响因素,效用函数固定项的表达式表示如式(6)

$$V_{in} = \theta_j X_i = (\theta_1 E_i + \theta_2 F_i + \theta_3 B_i) \times S_i \times Z_i \quad (6)$$

2.3 NL 模型

根据一般 NL 模型,研究对象的总出行方式可以分在不同的虚拟选择枝里,具有相似性的交通方式放在同一枝内,不同的选择枝之间相互独立。此次出行方式的研究可按铁路和公路交通划分为两个选择枝 M 和 N,建立多层决策模型,图 2 所示。

结合图 2 树状图,运用条件概率的知识计算各种交通方式的客运分担率。根据杨昌涛等^[2]的研究,选择枝 M 与 N 的效用项可分别记作 U_M 和 U_N ,选择的概率分别记为 $P(M)$ 与 $P(N)$,则其表达式为

$$\left. \begin{aligned} V_M &= \frac{1}{v} \ln \sum_{i=1}^2 \exp(v U_i) \\ V_N &= \frac{1}{\omega} \ln \sum_{i=1}^4 \exp(\omega U_i) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} P(M) &= \frac{\exp(\lambda U_M)}{\exp(\lambda U_M) + \exp(\lambda U_N)} \\ P(N) &= \frac{\exp(\lambda U_N)}{\exp(\lambda U_M) + \exp(\lambda U_N)} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

出行者在已选择铁路或公路的条件下,选择具体下属选择枝概率表达式为

$$\left. \begin{aligned} P(i | M) &= \frac{\exp(v U_i)}{\sum_{i=1}^2 \exp(v U_i)} \\ P(i | N) &= \frac{\exp(\omega U_i)}{\sum_{i=3}^4 (\omega U_i)} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

由上述推导过程可知,出行者选择的第 i 种交通方式的分担率表达式为

$$P(i) = \begin{cases} P(i | M) \times P(M), & i=1, 2 \\ P(i | N) \times P(N), & i=3, 4 \end{cases} \quad (10)$$

式中: v, ω, λ 均为参数。

2.4 模型参数标定

观察式(7),效用函数固定项的各服务特性值可分别由(3)~(6)式求出,对于系数的求解可运用极大似然法原理由软件得出。第 n 位出行者选择第 i 种交通的固定项表示为 $V_{in} = \theta_i X_{in}$, 其中 $\theta_i = (\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ 为待求参数, $X_{in} = \{E_{in}, F_{in}, B_{in}, S_{in}, Z_{in}\}^T$ 。设调查的总数为 N , 出行方式 $i \in D_n$, 则有

$$\delta_{in} = \begin{cases} 1, & \text{出行者 } n \text{ 选择 } i \text{ 出行} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (11)$$

$$L = \prod_{n \in N} \prod_{i \in D_n} P_{in}^{\delta_{in}} \quad (12)$$

根据数学求解步骤,先取对数 $\ln L$,再求偏导并判断方程解的情况,即可得到参数 θ 的估计值。具体过程可借助 TransAD 软件求解。

3 实例分析

本文主要研究客运通道内南昌—九江两地的旅客出行方式选择情况。首先按照 RP 和 SP 的调查方法设计调查问卷,并用 SPSS 软件对所设计问卷中问题进行质量检验,在南昌市的火车站、汽车站、学校、商场等地针对不同年龄层的人进行问卷调查并检验调查结果的可靠性;其次将调查结果输入软件计算各种影响因素所占的权重值;最后根据公式(10)计算 4 种交通方式的客运分担率并结合调查情况做出分析与预测。具体结果如下。

3.1 效用函数权重计算

用极大似然法原理对于效用函数固定项权重值进行计算,在迭代 11 时达到最大似然值, θ_j 的 t 检验值的绝对值符合大于 1 的要求,TransCAD 输出结果如表 1。

3.2 问卷调查结果分析

将调查结果输入 SPSS 软件中进行数据整理与分析。用多因素方差分析法分析被调查者的个人特性对交通方式选择影响的程度大小,结果如表 2。

将表 2 中 5 项影响因素设为自变量,交通方式选择设为因变量,由主体间效应检验的偏 Eta 平方值可以得出,在出行距离一定时,职业、月收入以及出行目的对交通方式的选择影响较大。为了比较出行者的交通方式选择和意愿交通方式的选择情况,按照月收入将交通方式选择的情况进行细分,月收入按四类划分,依次为 3 000 元以下、3 000~6 000 元、6 000~8 000 元以及 8 000 元以上;交通方式 A~D 依次代表高铁或动

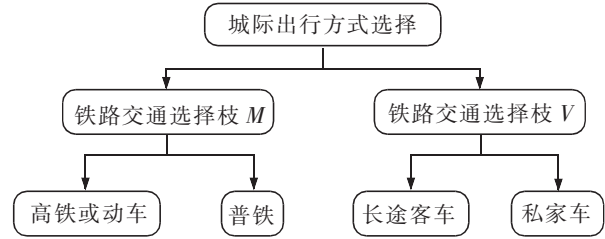


图 2 城际出行方式选择树状图
Fig.2 Tree diagram of inter-city travel mode selection

车、普通火车、长途客车和私家车,具体对比情况如表3。

对表3进行分析,可以看出高铁或动车的客运分担率在不同收入人群中占比均较高,而且随着月收入的增多,会有更多人倾向于选择舒适性较高的高速铁路和私家车出行,普通火车和长途客车服务的主要目标人群是中低收入人群。在4种交通方式同时存在的昌九客运通道内,未来最有可能面临客运市场淘汰危机的交通方式是普通火车和长途客车,而高速铁路和私家车因其固有优势发展很快,甚至可能占据绝大部分客运市场。为提出针对性建议,统计了影响出行者做出最满意出行选择最大的障碍因素,如图3。

表1 数据分析统计表

Tab.1 Statistical table of data analysis

参数	3种公共交通的效用函数随即项 ε_i			3种特性参数 θ_j		
	高铁或动车	普通火车	长途客车	经济性	快速性	方便性
估计值	2.242 386	2.310 753	1.583 239	0.029 785	-0.484 237	0.37 058
标准误差	8.145 025	9.602 559	6.467 492	0.074 000	0.780 834	0.532 941
t 检验值	0.275 307	0.240 639	0.244 800	-1.402 497	-1.004 359	1.364 238

表2 主体间效应检验表

Tab.2 Inter-subjective effect test

参数	III 类平方和	自由度	均方	F	显著性	偏 Eta 平方
性别	0.018	1	0.018	0.019	0.893	0.001
年龄	0.068	2	0.034	0.036	0.965	0.003
职业	9.333	5	1.867	1.962	0.121	0.290
月收入	0.140	3	0.047	0.049	0.985	0.106
目的	2.898	7	0.414	0.435	0.870	0.113

表3 不同收入人群的交通方式选择对比图

Tab.3 Comparison of transportation modes for different income groups

月收入/元	交通方式	实际选择人数/名	意愿选择人数/名	变化率/%
≤3 000	A	18	23	28
	B	27	22	-19
	C	14	10	-29
	D	2	6	200
3 000~6 000	A	14	27	93
	B	16	12	-25
	C	18	8	-56
	D	8	9	13
6 000~8 000	A	18	21	17
	B	11	5	-55
	C	4	2	-50
	D	9	14	56
>8 000	A	23	25	9
	B	6	1	-83
	C	2	0	-100
	D	10	15	50

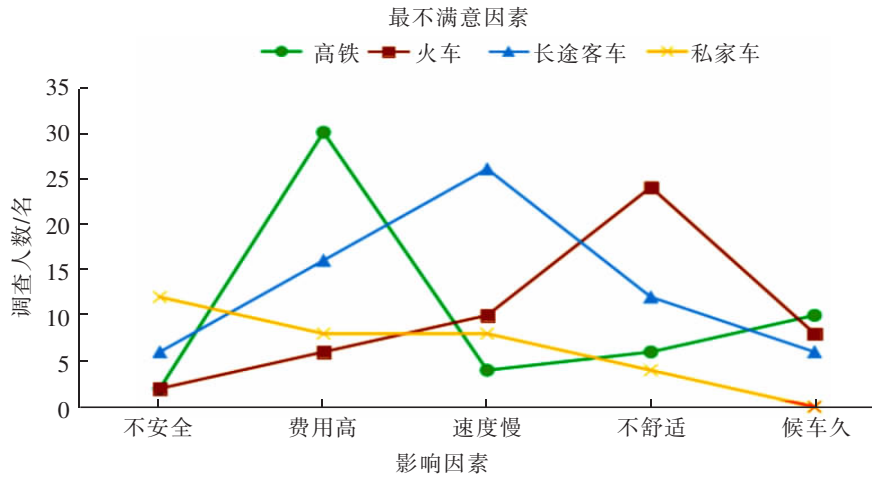


图 3 4 种交通方式最不满意因素统计图

Fig.3 Statistical chart of the least satisfactory factors for the four modes of transportation

从图 3 可以看出,4 种交通方式均有其优势和劣势,影响昌九客运通道内出行者出行方式不同选择的的因素中最不利的方面有:私家车普遍安全性较差,长途客车因速度慢、票价高体验相对较差,普通火车舒适性差且速度慢,高速铁路的票价高。

3.3 分担率计算及结果分析

由 2018 年江西统计年鉴可知,江西省全体居民人均可支配收入 22 031 元/年,设参数 v, ω, λ 均为 1,根据权重值及式(6)~式(10)计算 4 种交通方式的客运分担率,结果见表 4。

表 4 4 种客运方式分担率
Tab.4 Sharing rates of the four modes of passenger transport

出行选择方式	分担率	调查结果	意愿选择
高铁或动车	47.63	42	45
普通火车	26.78	31	21
长途客车	13.31	13	8
私家车	12.28	14	26

对比表 4 内容,运用 NL 模型计算得出的分担率与实际调查得到的分担率大体方向一致,充分说明了模型的适用性。通过对比发现,目前高速铁路和普通火车在昌九城际出行中占有较大比重。由于人们对速度和舒适性的要求越来越高,未来高速铁路的发展前景较好,建议高铁行业继续保持良好的服务和乘坐体验,完善相关法规和优惠政策;普通火车如果在乘坐舒适性、服务态度和票价方面进一步改进,未来仍能吸引大多数中低收入群体乘坐,占据一部分市场;长途客车由于其费用和旅途舒适性等和高铁相比优势不足,将在未来的客运市场中面临较大的危机,昌九长途客运大巴亟需改进或找出自己的优势,建议调整票价,针对不同收入人群设置价位和舒适性不同的车次,选择最优路线以提高速度,加入优惠乘车活动等;私家车由于车辆拥有量快速增加及小汽车价格越来越符合大众消费的特点,加上旅行便利性强,在不同收入人群中私家车的用量都会有所增加。

4 结论

根据非集计理论,从出行者特征、客运交通特征及出行特征三方面分析影响出行者出行选择的因素,建立了效用函数和 NL 模型,并预测昌九客运通道内交通方式分担情况,结合实际调查结果,提出了针对不同目标人群有重点地保持或扩大优势以留住更多潜在用户,为未来交通行业发展提出一些参考。

参考文献:

- [1] 胡晓伟,王健,孙广林. 有限理性下出行者方式选择行为[J]. 哈尔滨工业大学学报,2011,43(12):114-118.
- [2] 陈坚,晏启鹏,杨飞,等. 出行方式选择行为的 SEM-Logit 整合模型[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2013,41(2):51-57.
- [3] 朱顺应,邓爽,王红,等. 具有模糊特性变量的出行方式预测 Logit 模型[J]. 交通运输工程学报,2013,13(3):71-78.
- [4] 陈喜春,张浩玮. 基于出行目的的铁路旅客时间价值研究[J]. 计算机仿真,2013,30(12):149-153.
- [5] 李焯,郑敦勇,刘兵,等. 综合运输体系下的货运方式分担率[J]. 东南大学学报(自然科学版),2015,45(6):1197-1202.
- [6] 江登英,余玲. 基于巢式 Logit 模型的城际交通方式研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2018,37(8):96-101.
- [7] 赵金宝,邓卫,王晓原,等. 考虑居民出行 OD 或居住地的出行方式选择巢式 Logit 模型[J]. 东南大学学报(自然科学版),2016,46(4):899-904.
- [8] SATIENAM T,JAENSIRISAK S,SATIENAM W, et al. Potential for modal shift by passenger car and motorcycle users towards bus rapid transit(BRT) in an Asian developing city[J]. Iatss Research,2016,39(2):121-129.
- [9] GREENE W H, HENSHER D A. Revealing additional dimensions of preference heterogeneity in a latent class mixed multinomial logit model[J]. Applied Economics,2013,45(14):1897-1902.
- [10] FU X M,Juan Z C. Empirical analysis and comparisons about time-allocation patterns across segments based on mode-specific preferences[J/OL]. Transportation,2014. <http://link.springer.com/article/10.1007/s11116-014-9561-2>.
- [11] 杨昌涛,靳文舟,范雪婷. 基于巢式 Logit 模型的交通方式选择行为研究[J]. 公路与汽运,2011(4):62-65.

Analysis on Choice of Changjiu Passenger Transport Mode Based on NL Model

Liang Anning¹, Huang Nana², Zhang Bing², Sang Zi², Wen Shangwu²

(1. Jiangxi Vocational College of Transportation Technology, Nanchang 330013, China;

2. School of Transportation and Logistics, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In view of the problem of reasonable transportation planning in the passenger transportation channel, the sharing rate of passenger transportation modes in the Nanchang-Jiujiang transportation corridor is studied in this paper. Firstly, according to the Delphi method, the main factors affecting the mode of travel are determined and the utility function and nested logit model are established. Secondly, the parameters of the model are calibrated by TransCAD, and the contents and statistical results of the questionnaire are analyzed by SPSS software. Finally, based on the combination of the survey results and the sharing rate model, the sharing rate of the four modes of transportation in the Changjiu passenger transport channel is calculated. The calculation results are basically consistent with the survey results, which proves the applicability of the model, and provides suggestions for the development of the transportation industry by analyzing the preferences of passenger travel choices in the future passenger transport corridor.

Key words: Changjiu inter-city railway; Delphi method; utility function; nested logit model; passenger flow sharing rate