

Forecast of Passenger Flow Sharing Rate of Beijing Tianjin Intercity Railway Based on Logit Model

Zebang Xing¹, Bohao Li¹, Yu Wang²

¹School of Transportation, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang Hebei

²Xiangyang Railway Industrial Vocational School, Xiangyang Hubei

Email: 862927282@qq.com

Received: Dec. 30th, 2019; accepted: Jan. 12th, 2020; published: Jan. 19th, 2020

Abstract

In order to promote the construction of the Beijing Tianjin Hebei community, this paper forecasts and studies the traffic modes in the Beijing Tianjin corridor in 2025, such as the passenger flow sharing rate between buses, general speed railway, intercity railway and high-speed railway. Based on the Logit model, after consideration, the traffic cost, travel time, convenience, comfort and punctuality are selected as five main factors to establish the utility function model. Through investigation and data statistics and processing, the utility values of the above five factors are determined and dimensionless processing is carried out. Finally, the passenger flow sharing rate between Beijing Tianjin railway and expressway bus is obtained. The research results of this paper can provide reference for the prediction of passenger share rate of Beijing Tianjin Intercity Railway in 2025, and put forward optimization suggestions.

Keywords

Intercity Railway, Share Rate, Logit Model, Utility Function

基于Logit模型的京津城际铁路客流分担率预测

邢泽邦¹, 李博豪¹, 王雨²

¹石家庄铁道大学交通运输学院, 河北 石家庄

²襄阳铁路工业学校, 湖北 襄阳

Email: 862927282@qq.com

摘要

为推进建设京津冀共同体，本文对2025年时京津通道内的交通方式，如大巴、普速铁路、城际铁路和高速铁路之间的客流分担率进行预测和研究。基于Logit模型，经过考虑，将选取交通成本、旅途耗时、乘车的便捷性、舒适性和准时性作为5个主要的影响因素，从而建立效用函数，根据效用函数，得到分担率的Logit模型。通过调查与数据统计和处理，确定上述五个因素的效用值，并进行无量纲化处理。最后得出京津铁路和高速公路大巴之间的客流分担率。本文的研究结果对于预测2025年京津城际铁路的旅客分担率可以提供参考，并提出优化建议。

关键词

交通方式，分担率，Logit模型，影响因素

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 概念

某一客运通道内各种交通方式运输客流的比例叫做客流分担率。客流分担率是由各种交通方式的特点和旅客出行喜好共同决定的。在对客流分担率的研究和预测中，Logit模型是目前非常成熟的一种方法[1]。

1.2. 影响因素

1.2.1. 交通成本

在旅客运输过程中，交通成本主要通过所选择的交通方式的票价体现。票价对旅客在同一交通通道内的不同交通方式之间的分流起着重要的作用。通过调整票价可以起到吸引客流的目的，这是交通运输企业增加竞争力的主要手段。在本文中，用 C_i 表示第 i 种交通方式的交通费用[2]。

1.2.2. 旅途耗时

乘客在旅途所消耗的时间是由出发地与目的地之间的距离及所搭乘的运输工具的速度决定的。旅途耗时越短，此种交通方式对旅客的吸引也就越大。乘客的在途时间用 T_i 表示：

$$T_i = \frac{L_i}{v_i} \quad (1)$$

其中： L_i ——出发地域目的地之间的距离(km)；

v_i ——所选择交通方式的运输速度(km/h)。

1.2.3. 乘车的便捷性

乘车的便捷性反映不同运输方式对旅客不确定出行行为的满足程度。从旅客决定出行到旅客能够坐

上交通工具的时间越短，便捷性越高。因此，为了将乘车的便捷性量化，本文取各种交通方式的出发间隔的一般作为此项影响因素的指标，得出指标的效用函数，具体计算公式为：

$$S = 0.5 * t_{发} \quad (2)$$

其中：S——便捷性；

$t_{发}$ ——平均发车间隔(h)。

1.2.4. 准时性

在交通方式的选择上，在这个生活节奏普遍较快的时代，各种交通方式的准点率对生活工作节奏较快的人群有很大的影响[3]。对此此类人群，准点率高，交通顺畅的交通方式使他们的首要选择。通过查找相关资料和数据，准时性 P_i 用京津通道内各种交通方式的准点率来量化[4]。

1.2.5. 舒适性

舒适性反映旅客对不同运输方式所提供服务产品的满意程度，不同旅客对同一运输产品的舒适性存在一定程度上的主观性，所以在量化上有一定的困难[5]。但票价可以在一定程度上反映该种交通方式的舒适性，票价越高的交通方式舒适性也就越高。根据舒适性的表示方法，一般以票价的 5%到 10%表示舒适性。其计算公式为：

$$M_i = \beta * f_i \quad (3)$$

其中： M_i ——第 i 中交通方式的舒适性；

β ——常数，取 0.075。

2. 建立京石城际铁路客流分担率模型

2.1. Logit 模型

在数理统计中，旅客在交通运输方式的选择上是一个离散过程，可以描述此过程模型的函数有很多，而 Logit 模型是目前非常成熟的一种方法，故本文采用此模型进行研究分析。

$$P_j(i) = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{i=1}^m \exp(V_i)} \quad (4)$$

其中， $P_j(i)$ ——月收入为 j 类的旅客选择运输方式 i 的概率；

M ——交通通道中旅客可选择的交通工具的种类数量；

V_i ——第 i 种交通方式的效用。

2.2. 无量纲化处理

由于本文所讨论的影响因素的单位不同，无法得出效用函数。为了能够科学的得出效用函数并计算出通道内各种交通工具的分担率，需要对影响因素进行标准化处理[6]。

舒适性、准时性的量化值与实际效用值成正相关，即此类指标值越高，实际效用越大。此类量化值无量纲化处理方法是：

$$X'_i = \frac{X_i}{X_{\max}} \quad (5)$$

交通费用、旅途耗时的量化值与实际效用值成负相关，即此类指标值越高，实际效用越低。此类量化值无量纲化处理方法是：

$$X'_i = \frac{X_{\min}}{X} \quad (6)$$

由于乘车的便捷性是由发车间隔所量化表示的,发车间隔与实际效用成负相关,所以对于乘车的便捷性的无量纲化处理使用公式(6)。

3. 实际案例分析

京津城际铁路是一条连接北京市与天津市的城际铁路,是中国《中长期铁路网规划》中,环渤海地区城际轨道交通网的重要组成部分就是京津城际铁。这条城际铁路也是中国大陆第一条最高设计时速达到 350 km/h 的高速铁路。

京津城际铁路起于北京南站,终到天津站,线路总长 200 km。这条铁路不仅使“半小时经济圈”在北京与天津这两特大城市间形成,还使中国铁路向“高速时代”前进了一大步[7]。

3.1. 各项指标的确定

1) 交通成本:通过调查,天津与北京之间大巴票价为 32 元,普速铁路(以 K, T 打头的列车)的硬座票价为 23.5 元,城际铁路(以 C 打头的列车)二等座票价为 54.5 元,高速铁路(以 G 打头的列车)二等座票价为 54.5 元。

$$\text{无量纲化处理后, } C_{\text{大巴}} = \frac{23.5}{32} \approx 0.734, C_{\text{普铁}} = \frac{23.5}{23.5} = 1, C_{\text{城际}} = \frac{23.5}{54.5} \approx 0.431, C_{\text{高铁}} = \frac{23.5}{54.5} \approx 0.431。$$

2) 旅途耗时:通过调查和统计,天津与北京之间的大巴平均耗费时间为 2 h,普速铁路的平均耗费时间为 1.78 h,城际铁路的平均耗费时间为 0.58 h,高速铁路的平均耗费时间为 0.58 h。

$$\text{无量纲化处理后, } T_{\text{大巴}} = \frac{0.58}{2} = 0.29, T_{\text{普铁}} = \frac{0.58}{1.78} \approx 0.326, T_{\text{城际}} = \frac{0.58}{0.58} = 1, T_{\text{高铁}} = \frac{0.58}{0.58} = 1。$$

3) 便捷性:通过计算和查找相关资料和数据,大巴的平均发车间隔为 0.5 h,普速铁路平均发车间隔为 1.13 h;城际铁路平均发车间隔为 0.168 h;高速铁路平均发车间隔为 0.277 h。

$$\text{无量纲化后, } S_{\text{大巴}} = \frac{0.168}{0.5} = 0.336, S_{\text{普速铁路}} = \frac{0.168}{1.13} \approx 0.149, S_{\text{城际铁路}} = \frac{0.168}{0.168} = 1, S_{\text{高速铁路}} = \frac{0.168}{0.277} \approx 0.606。$$

4) 舒适性:根据上文的计算公式和交通费用可以得出舒适度,如表 1 所示:

Table 1. Comfort degree

表 1. 舒适度

交通方式	大巴	普速铁路	高速铁路	城际铁路
票价	32 元	23.5 元	54.5 元	54.5 元
舒适度	2.4	1.76	4.09	4.09

$$\text{无量纲化处理后, } M_{\text{大巴}} = \frac{2.4}{4.09} \approx 0.59, M_{\text{普铁}} = \frac{1.76}{4.09} \approx 0.43, M_{\text{城际}} = \frac{4.09}{4.09} = 1, M_{\text{高铁}} = \frac{4.09}{4.09} = 1。$$

5) 准时性:经过查找相关文献和数据资料可以知道,大巴、普速铁路、城际铁路、高速铁路准点率为 0.8, 0.85, 0.95, 0.95。

$$\text{无量纲化处理后, } P_{\text{大巴}} = \frac{0.8}{0.95} \approx 0.842, P_{\text{普铁}} = \frac{0.85}{0.95} \approx 0.895, P_{\text{城际}} = \frac{0.95}{0.95} = 1, P_{\text{高铁}} = \frac{0.95}{0.95} = 1。$$

将各个交通方式即影响因素进行整合，整合结构如表 2 所示：

Table 2. Dimensionless values of influencing factors
表 2. 影响因素无量纲化后的值

	大巴	普速铁路	城际铁路	高速铁路
交通费用	0.734	1	0.431	0.431
旅途耗时	0.29	0.326	1	1
便捷性	0.336	0.149	1	0.606
舒适性	0.59	0.43	1	1
准时性	0.842	0.863	1	1

3.2. 效用函数的确定

对于不同的收入群体，时间价值的差距是非常大的，时间价值的差异决定了不同收入群体对于不同影响因素的权重系数也是不一样的。为了确定不同收入群体对于各个影响因素的权重系数，将收入划分为四个档次，分别为 3000 以下一档，3000~5000 一档，5000~7000 一档，7000 以上一档[8]。

在京津通道交通出行方式的分类上，将出行方式分为大巴车出行、普速铁路出行、城际铁路出行和高速铁路出行 4 种。设定选择出行方式 i 的效用为 V_i ，则可以通过式(7)对 V_i 进行表示[9]：

$$V_i = \theta_{ij} (C_i + T_i + S_i + M_i + P_i) \quad (7)$$

$$i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3, 4$$

其中： θ_{ij} ——第 i 种交通方式对于第 j 类收入人群影响因素的权重；

i ——出行方式。1 表示大巴，2 表示普速铁路，3 表示城际铁路，4 表示高速铁路；

j ——旅客群体。1 表示 3000 以下，2 表示 3000~5000 之间，3 表示 5000~7000 之间，4 表示 7000 以上。

3.3. 权重值的确定

通过在天津南、天津西、天津站、北京西、北京南和北京站进行问卷调查，共发放调查问卷 1200 份，回收有效问卷 1142 份。

由旅客调查问卷得到的旅客在选择交通方式时，对交通成本、旅途耗时、便捷性、舒适性和准时性等交通方式属性不同侧重，将这些侧重的数据在 Excel 中对其进行统计和分析，再结合此次调查中的客流样本量，对各类客流对于交通方式的属性偏好的权重进行加权平均，得到不同收入的客流群体对各项交通方式属性的权重值，所得结果如表 3 所示。

Table 3. The preference weight of different income groups to the attribute of traffic mode
表 3. 不同收入人群对交通方式属性的偏好权重

	交通费用	旅途耗时	便捷性	舒适度	准时性	所占比例
[0, 3000)	0.62	0.15	0.1	0.05	0.08	34.47%
[3000, 5000)	0.5	0.22	0.13	0.07	0.08	33.16%
[5000, 7000)	0.21	0.31	0.22	0.14	0.12	21.89%
7000以上	0.18	0.35	0.17	0.16	0.14	10.48%

考虑到国民经济的进一步增长，到 2025 年旅客的收入也会随之增长。通过查阅相关文献资料可知，2025 年的旅客收入约为现在的 1.35 倍，即得到新的影响因素对于旅客的权重值如表 4 所示：

Table 4. The preference weight of different income groups to the attribute of traffic mode in 2025

表 4. 2025 年不同收入人群对交通方式属性的偏好权重

	交通费用	旅途耗时	便捷性	舒适度	准时性	所占比例
[0, 3000)	0.837	0.2025	0.135	0.0675	0.108	34.47%
[3000, 5000)	0.675	0.297	0.1755	0.0945	0.108	33.16%
[5000, 7000)	0.2835	0.4185	0.297	0.189	0.162	21.89%
7000以上	0.243	0.4725	0.2295	0.216	0.189	10.48%

3.4. 计算各个交通方式的客流分担率

将表 2、表 4 带入式(4)、(7)中，并用 Matlab 计算得出 2025 年的客流分担率为表 5 所示：

Table 5. Forecast results of passenger flow sharing rate in 2025

表 5. 2025 年客流分担率预测结果

	大巴	普速铁路	城际铁路	高速铁路	所占比例
[0, 3000)	0.237	0.291	0.243	0.229	34.47%
[3000, 5000)	0.22	0.26	0.27	0.25	33.16%
[5000, 7000)	0.187	0.189	0.328	0.296	21.89%
7000以上	0.181	0.184	0.332	0.303	10.48%
总分担率	0.215	0.248	0.279	0.258	100%

从上表的交通方式分担率可以看出，2025 年京津通道内城际铁路的客流分担率最高，为 27.9%，这主要是因为：随着经济的发展，京津通道内旅客对出行时间越来越重视，对出行方式的便捷性及舒适度要求不断提高。

3.5. 提出建议

由表 4 可知， $\Delta_{\text{交通成本}} = 0.594$ ， $\Delta_{\text{旅途耗时}} = 0.27$ ， $\Delta_{\text{便捷性}} = 0.0945$ ， $\Delta_{\text{舒适度}} = 0.1485$ ， $\Delta_{\text{准时性}} = 0.081$ 。从以上数据可以得出，当旅客的收入水平增加是，影响旅客出行方式的主要因素是交通成本和旅途耗时。为了对 2025 年京津城际列车的运营提出更加合理有效的建议，将式(4)、(7)联立，并画出函数图像如图 1、图 2 所示。

图 1 中，从上往下的分担率变化曲线分别为收入为 5000~7000 的旅客，收入为 7000 以上的旅客，收入为 3000~5000 的旅客和收入为 3000 以下的旅客。图 2 中，从上往下的分担率变化曲线分别为收入为 7000 以上的旅客，收入 5000~7000 的旅客，收入为 3000~5000 的旅客和收入为 3000 以下的旅客。

首先，从图 1 中可以看出，交通费用的变化对于收入为 5000 以上的旅客群体总体影响不大，当票价在 20%范围内浮动时，城际列车的分担率浮动仅为 1%左右。但是对于收入在 5000 以下的旅客群体来说，分担率则在 3%左右浮动，而且可以从途中明显看出收入在 5000 以下的群体的斜率的绝对值大于收入在 5000 以上的斜率的绝对值，所以收入在 5000 以下的群体对于票价的变动十分敏感。

其次，从图 2 可以看出，旅途耗时的变化来说，对于收入在 5000 以上的旅客群体，当旅途耗时变短

10%或者是延长 10%，分担率上升或下降都不明显。对于收入在 5000 以下的旅客群体，当旅途耗时缩短 10%，则分担率会提升 3%左右，如旅途时间延长 10%，则分担率下降不明显。

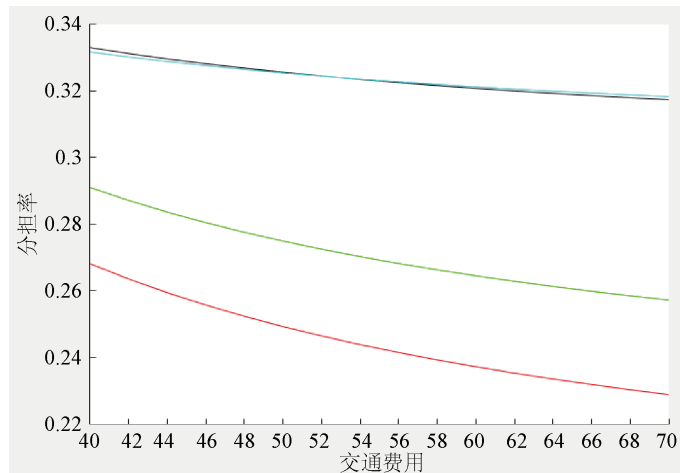


Figure 1. The relationship between traffic cost and share rate

图 1. 交通费用与分担率的关系

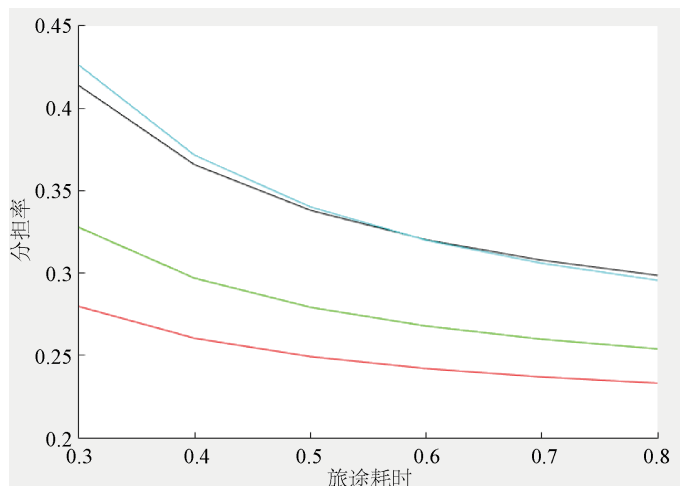


Figure 2. The relationship between travel time and share rate

图 2. 旅途耗时与分担率的关系

最后，由分担率表可以看出，对于收入在 5000 以下的旅客群体，普速铁路是比较好的选择。但是对于普速铁路来说出现了一个断层，即在收入为 5000 处出现了一个 7% 的一个大的断层。说明了普速铁路的最大优势为票价优势，当这个优势的权重迅速下降后，普速铁路的客流分担率会急剧下降。

综上所述，为了使京津城际在 2025 年拥有更大的旅客分担率：第一，应该灵活的运用票价调整机制，在增加效益的同时，还能吸引高峰时段旅客、减轻高峰时段客流压力。第二，适当地缩短旅途耗时，获得更多旅客的青睐。通过以上两点优化，可以使京津城际通过有限的提升获得更大的市场优势，取得更大的客运竞争力。

4. 结束语

本文对不同经济消费水平的旅客群体在京津通道内各种交通种类的选择进行分析，以交通成本、旅

途耗时、乘车的便捷性、舒适性和准时性 5 个影响因素为出发点, 建立各种交通方式的效用函数。通过问卷调查的方式, 确定不同经济消费水平的旅客群体对于各个影响因素的权重, 从而建立 Logit 模型, 预测了京津通道内 2025 年对不同经济消费水平的旅客群体四种主要交通方式的客流分担率。最后, 分析了随着交通成本和旅途耗时的变化, 京津城际列车的客流分担率的变化趋势。并根据以上的分析和研究, 提出了有利于京津城际列车短期发展的一些建议, 使城际铁路能够提供更好的运输服务。

参考文献

- [1] 李文霞, 张春民, 李卓, 李家宝, 潘帅. 兰渝运输通道内多种运输方式客流分担率研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2019, 43(2): 321-326.
- [2] 巩亮, 李引珍. 兰-武运输通道客流分担率分析及运营建议[J]. 兰州交通大学学报, 2019, 38(4): 34-39.
- [3] 李义罡, 焦朋朋, 司铭锴, 杨自曙. 城际铁路客流分担率研究[J]. 北京建筑大学学报, 2019, 35(1): 15-20.
- [4] 钟滢斌. 轨道交通客流分配 Logit 模型研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- [5] 陈培文. 基于改进 Logit 模型的城市轨道交通客流分配方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [6] 邵明天, 张黎青. 基于 Logit 模型的成灌市域铁路客流分担率的估算[J]. 现代城市轨道交通, 2017(1): 52-55.
- [7] 张晶洁. 京津冀交通一体化对区域经济协同发展的影响[J]. 合作经济与科技, 2019(7): 38-39.
- [8] 张航, 赵鹏, 乔珂, 宁丽巧. 高速铁路旅客出行时间选择 Logit 模型与分析[J]. 铁道运输与经济, 2017, 39(1): 55-60.
- [9] 冯妍, 李得伟. 基于 Logit 模型的城际运输通道客运量分担率计算研究[J]. 铁道运输与经济, 2016, 38(4): 47-51.