

Using analytic hierarchy process to evaluate the influencing factors of traffic mode - Taking Panzhihua Chengdu line as an example

Du Tao

Chengdu Rail Transit College, Chengdu

Abstract: There are more and more traffic modes with the continuous development of society, How to choose the best traffic mode becomes the important issue that is paid close attention by people. In this paper, the Pan Cheng Line(the line between Panzhihua and Chengdu) traffic modes are studied mainly, analyzes the factors that affect the passengers to choose traffic modes, Analytic Hierarchy Process is applied to evaluate the traffic modes of bus ,train and airplane, the results show that the best traffic mode is by train between Panzhihua and Chengdu, followed by flying, the last one is by bus.

Key words: Pan Cheng Line; Traffic modes; Analytic Hierarchy Process; Comprehensive evaluation

Received: 2020-02-17; Accepted: 2020-03-03; Published: 2020-03-05

运用层次分析法评价交通方式的 影响因素

——以攀成线为例

杜 涛

成都轨道交通学院，成都

邮箱: xyf6043@sina.com

摘 要: 随着社会的不断发展, 交通方式也越来越多, 如何选择最佳的交通方式成了人们关注的重要问题。以攀成线(攀枝花与成都之间的线路)的主要交通方式为研究对象, 分析了影响旅客选择交通方式的因素, 并运用层次分析法对乘坐汽车、火车和飞机3种方式进行了评价。结果表明, 乘坐火车是攀枝花与成都之间旅行时的最佳交通方式, 其次是乘坐飞机, 最后是乘坐汽车。

关键词: 攀成线; 交通方式; 层次分析法; 综合评价

收稿日期: 2020-02-17; 录用日期: 2020-03-03; 发表日期: 2020-03-05

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

随着人们出行频率的不断增加,各地区的交通状况也在不断改善,与之对应的各大交通方式的竞争也愈演愈烈。攀枝花地处四川西南部的山区地带,目前该城市与成都之间主要形成了公路、铁路与航空3种交通方式,并且各自具有自身的优缺点。因此,有必要对这3种交通方式进行综合评价,为旅客选择最佳的交通方式提供一定的参考,也为各大交通运营单位查找自身问题并做相应改善提供一定的帮助。层次分析法是一种将定性分析与定量分析相结合的系统分析方法,是分析多目标、多准则的复杂大系统的有力工具。该方法紧密地与决策者的主观判断和推理联系起来,对决策者的推理过程进行量化的描述,可以避免决策者在结构复杂和方案较多时产生逻辑推理上的失误,这种方法近年来在国内外得到了广泛的应用[2]。攀成线主要交通方式的选择本质上是一种多方案评价选优问题,因此,本文采用层次分析法对该问题进行综合评价。

2 攀成线交通方式

2.1 攀成公路

目前,攀枝花到成都的公路主要以高速公路为主,由西攀高速、雅西高速和成雅高速组成。另外,再附加一些城市道路,全程约600 km,运行8个多小时,主要开往成都五块石车站、成都东客站或攀枝花客运中心。客车选用斯堪尼亚·海格豪华车型,乘坐特别舒适,大多是白天运行,每天运行的车次数多于航班而少于列车车次,票价约236元。

2.2 攀成铁路

目前,攀枝花到成都的铁路为普通铁路,全程约749 km,列车运行最短时间11 h 34 min,运行最长时间15 h 16 min,主要开往成都火车北站或攀枝花火

车站。列车全部选用空调车，部分车次为双层结构，多为夜间运行，白天到达，每天运行的车次数比汽车车次和航班多，硬座票价 103 元，硬卧上、中、下铺分别为 179 元、185 元和 191 元，软卧上、下铺分别为 275 元和 286 元。

2.3 攀成航线

攀枝花保安营机场位于攀枝花市区东南部，海拔 1976 m，离攀枝花市中心直线距离 9.5 km，空中距离成都 537 km。2003 年 12 月 6 日建成通航，可开通北京、上海、重庆、成都和广州等航线。机场飞行区等级为 4 C，跑道长度为 2800 m，可起降波音 737、空客 A320 等机型。攀枝花到成都的飞行时间为 60 ~ 80 min，较汽车和火车车次而言，每天运行的航班数较少，乘坐费用因时间不同有所差别，但即使最便宜的时期也至少保持在汽车票价的 2 倍以上。另外，由于机场的自身地形与修建特点，偶尔会出现因跑道下陷而停航的现象。

3 攀成线主要交通方式的评价与选择

3.1 影响旅客选择交通方式的因素

旅客选择交通方式的过程，其实就是一个多准则决策问题，即把各种运输工具（汽车、火车、飞机等）作为被选方案。影响旅客选择交通方式的主要因素包括：

①迅速性。运送速度是体现各种交通运输工具服务质量的基本特征，描述运送速度的指标有等待时间和运行时间等。②安全性。安全是旅客出行的必要条件，是旅客选择交通工具时需要进行考虑的主要因素。③准时性。随着社会的进步与发展，人们行为的计划性和时间观念大大的增强，这就要求运输服务提高准时性。④舒适性。舒适性是现代旅客在旅途过程中追求的服务特征之一，包括运输工具的平稳性，坐席的舒适程度，旅客在旅行过程中的就餐、入厕及活动身体的方便性。⑤经济性。旅客接受运输服务的前提是支付相应的费用，运输方式所需运费的多少是旅客选择交通工具时考虑的重要因素。⑥便捷性。便捷性是指旅客在选择某一种交通方式时是否方便和快捷，如乘坐是否方便，

需提前购票的时间等。

3.2 层次分析结构模型的构建

层次分析法通过分析复杂问题所包含的因素及其相互关系，将问题分解为不同的要素，并将各个要素按照不同属性自上而下地分解成若干层次，同一层的诸因素从属于上一层的因素或对上层因素有影响，同时又支配下一层的因素或受到下层因素的作用，从而形成多层次的结构分析模型。最上层为目标层，通常只有1个因素，最下层通常为方案层或对象层，中间可以有一个或几个层次，通常为准则或指标层。当准则过多时，应进一步分解出子准则层。基本的三层层次分析结构模型如图1所示。

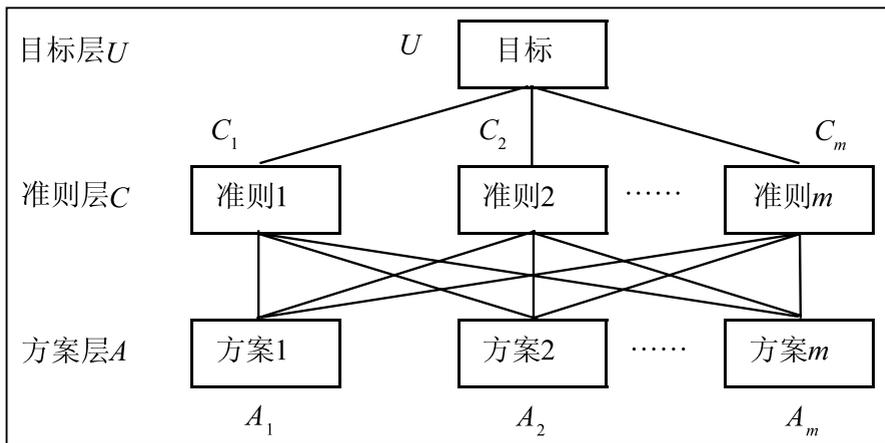


图1 基本的三层层次分析结构模型

本文将攀枝花与成都之间的交通方式选择作为层次分析结构模型的目标层，将影响旅客选择交通方式的因素作为准则层：迅速性作为 B_1 ，安全性作为 B_2 ，准时性作为 B_3 ，舒适性作为 B_4 ，经济性作为 B_5 ，便捷性作为 B_6 ，并将3种主要交通方式用3种方案来表示：乘坐汽车为方案 C_1 ，乘坐火车为方案 C_2 ，乘坐飞机为方案 C_3 ，在此基础上构建的层次分析结构模型如图2所示。

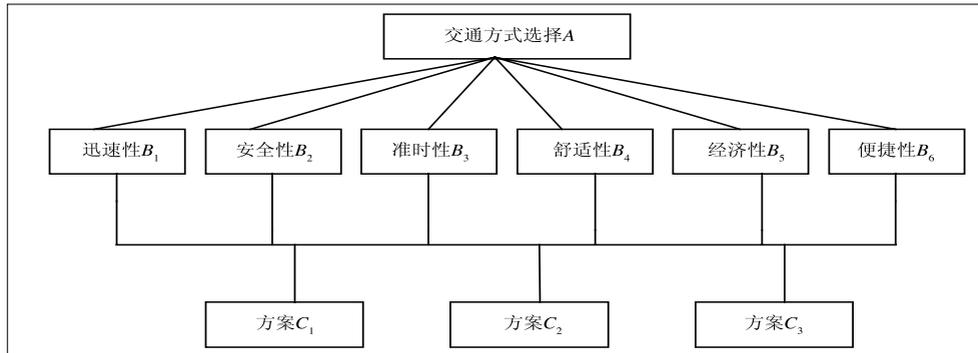


图2 攀成线主要交通方式选择的层次分析结构模型

3.3 构建判断矩阵及一致性检验

在对各影响因素进行综合分析并对广大旅客进行实际调查的基础上，运用两两比较的方法构建出 $A-B$ 判断矩阵。就目前的社会发展情况分析，大多数旅客在选择交通方式时认为安全性最为重要，其次是经济性、迅速性、便捷性、舒适性，最后才是准时性。针对目标层因素 A ，构建准则层因素 B_1-B_6 关于目标层因素 A 的判断矩阵如下：

$$A = \begin{bmatrix} & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 & B_6 \\ B_1 & 1 & 1/5 & 5 & 3 & 1/3 & 2 \\ B_2 & 5 & 1 & 9 & 8 & 3 & 7 \\ B_3 & 1/5 & 1/9 & 1 & 1/2 & 1/7 & 1/3 \\ B_4 & 1/3 & 1/8 & 2 & 1 & 1/6 & 1/2 \\ B_5 & 3 & 1/3 & 7 & 6 & 1 & 4 \\ B_6 & 1/2 & 1/7 & 3 & 2 & 1/4 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

运用方根法求权重向量，由公式

$$W_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

得 $W_1=0.1205$ ， $W_2=0.4758$ ， $W_3=0.0305$

$W_4=0.0469$ ， $W_5=0.2523$ ， $W_6=0.0740$

因此，准则层因素 B_1-B_6 关于目标层因素 A 的权重向量为

$$W = (0.1205, 0.4758, 0.0305, 0.0469, 0.2523, 0.0740)^T \quad (3)$$

为了讨论判断矩阵 A 的一致性，需要计算矩阵 A 的最大特征值 λ_{\max} ，设

$$A' = AW = [0.741 \quad 3.002 \ 9 \quad 0.191 \ 7 \quad 0.286 \ 7 \quad 1.563 \ 3 \quad 0.450 \ 7]^T \quad (4)$$

$$\text{于是得: } \lambda_{\max} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{A'_i}{W_i} = 6.190 \ 9 \quad (5)$$

$$\text{故一致性指标: } C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{6.190 \ 9 - 6}{6 - 1} = 0.038 \ 2 \quad (6)$$

查表 [4] 可得平均随机一致性指标 $R.I.=1.26$, 进而计算一致性比例:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0.038 \ 2}{1.26} = 0.030 \ 3 < 0.1 \quad (7)$$

因此, 该判断矩阵符合一致性要求。整个运算的结果如表 1 所示。

表 1 A-B 判断矩阵的权重向量计算及一致性检验

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	W _i	λ _{max}	C.I.	R.I.	C.R.
B ₁	1	1/5	5	3	1/3	2	0.120 5	6.190 9	0.038 2	1.26	0.030 3<0.1
B ₂	5	1	9	8	3	7	0.475 8				
B ₃	1/5	1/9	1	1/2	1/7	1/3	0.030 5				
B ₄	1/3	1/8	2	1	1/6	1/2	0.046 9				
B ₅	3	1/3	7	6	1	4	0.252 3				
B ₆	1/2	1/7	3	2	1/4	1	0.074 0				

在对旅客进行调查的基础上, 结合实际情况分析攀成线 3 种主要交通方式的迅速性、安全性、准时性、舒适性、经济性和便捷性, 并用与上述同样的方法求 3 种主要交通方式相对于六大影响因素中的每一个因素的权重, 构造 B-C 判断矩阵, 进行权重向量计算及一致性检验。整个运算结果如表 2 ~ 表 7 所示。

表 2 B₁-C 判断矩阵的权重向量计算及一致性检验

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	W _i	λ _{max}	C.I.	R.I.	C.R.
C ₁	1	2	1/7	0.131 2	3.021 9	0.011 0	0.52	0.021 2<0.1
C ₂	1/2	1	1/9	0.076 0				
C ₃	7	9	1	0.792 8				

表 3 B₂-C 判断矩阵的权重向量计算及一致性检验

B ₂	C ₁	C ₂	C ₃	W _i	λ _{max}	C.I.	R.I.	C.R.
C ₁	1	1/7	1/6	0.069 5	3.032 8	0.016 4	0.52	0.031 5<0.1
C ₂	7	1	2	0.582 1				
C ₃	6	1/2	1	0.348 4				

表 4 B_3 - C 判断矩阵的权重向量计算及一致性检验

B_3	C_1	C_2	C_3	W_i	λ_{\max}	$C.I.$	$R.I.$	$C.R.$
C_1	1	1/3	1/2	0.163 4	3.009 3	0.004 7	0.52	0.009 0<0.1
C_2	3	1	2	0.539 6				
C_3	2	1/2	1	0.297 0				

表 5 B_4 - C 判断矩阵的权重向量计算及一致性检验

B_4	C_1	C_2	C_3	W_i	λ_{\max}	$C.I.$	$R.I.$	$C.R.$
C_1	1	3	1/2	0.319 6	3.018 2	0.009 1	0.52	0.017 5<0.1
C_2	1/3	1	1/4	0.122 0				
C_3	2	4	1	0.558 4				

表 6 B_5 - C 判断矩阵的权重向量计算及一致性检验

B_5	C_1	C_2	C_3	W_i	λ_{\max}	$C.I.$	$R.I.$	$C.R.$
C_1	1	1/2	4	0.307 7	3	0	0.52	0<0.1
C_2	2	1	8	0.615 4				
C_3	1/4	1/8	1	0.076 9				

根据表 1 ~ 表 7 计算的各判断矩阵的权重向量，计算整个问题的组合权重向量如表 8 所示。

由表 1 ~ 表 7 可知，各判断矩阵的一致性比例 $C.R.$ 均小于 0.1，故各判断矩阵均符合一致性要求，但还需在此基础上进行组合一致性检验，其检验过程如下：

$$C.R. = \frac{\sum_{j=1}^6 I_j \cdot C.I._j}{\sum_{j=1}^6 I_j \cdot R.I._j} = 0.018 9 < 0.1 \quad (8)$$

由于 $C.R.$ 小于 0.1，故组合权重向量通过一致性检验。

由表 8 可知， C_2 的组合权重最高，其次是 C_3 ，而 C_1 的组合权重最低，因此，从目前来看，乘坐火车为最佳方案，其次是飞机，最后是汽车。

表 7 B_6 - C 判断矩阵的权重向量计算及一致性检验

B_6	C_1	C_2	C_3	W_i	λ_{\max}	$C.I.$	$R.I.$	$C.R.$
C_1	1	2	5	0.581 5	3.003 7	0.001 9	0.52	0.003 7<0.1
C_2	1/2	1	3	0.309 0				
C_3	1/5	1/3	1	0.109 5				

表 8 组合权重向量计算

B	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	C_j
C	0.120 5	0.475 8	0.030 5	0.046 9	0.252 3	0.074 0	
C_1	0.131 2	0.069 5	0.163 4	0.319 6	0.307 7	0.581 5	0.189 5
C_2	0.076 0	0.582 1	0.539 6	0.122 0	0.615 4	0.309 0	0.486 4
C_3	0.792 8	0.348 4	0.297 0	0.558 4	0.076 9	0.109 5	0.324 1

3 总结

本文分析了攀成线的公路、铁路与航空等 3 种主要交通方式的现状及特点，并论述了影响旅客选择交通方式的六大因素，即：所乘坐交通工具的迅速性、安全性、准时性、舒适性、经济性和便捷性。在此基础上，运用层次分析法对乘坐汽车、火车和飞机等 3 种交通方式进行了综合评价，得出了目前攀成线 3 种主要交通方式的优劣次序，即：乘坐火车为最佳方案，其次是飞机，最后是汽车，为旅客合理地选择交通方式提供了一定的参考，也为各大交通运营单位改善自身的服务提供了一定的帮助。

参考文献

- [1] 方庆瑄, 王转. 现代物流设施与规划 (第二版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 137.
- [2] 胡运权, 郭耀煌. 运筹学教程 (第二版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 436.
- [3] 薛亮, 谢金宝, 刘小玲. 从旅客时间价值角度分析主要交通方式的选择 [J]. 铁道运营技术, 2009, 15 (1).
- [4] 汪应洛. 系统工程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 125.