

The Application of Fuzzy Decision in the Selection of Bullet Train Routes

Yebing Zhang, Jiabao Song*

College of Science, North China University of Technology, Beijing
Email: *18504762939@163.com

Received: Aug. 4th, 2017; accepted: Aug. 19th, 2017; published: Aug. 24th, 2017

Abstract

In this paper, according to the basic factors that affect the scheme optimization of bullet train routes, three kinds of route schemes are chosen for comprehensive evaluation by using the analytic hierarchy process (AHP) and the fuzzy decision theory. Choosing the nine main influencing factors with respect to efficiency, convenient, safety and environmental protection, the index system of comprehensive evaluation is established. Using the analytic hierarchy process, the weight matrix of different influence factors is obtained. The optimal proposal is determined according to the fuzzy decision theory.

Keywords

Fuzzy Decision, Analytic Hierarchy Process, Selection of Bullet Train Routes, Scheme Evaluation

模糊决策在动车线路选择中的应用

张叶冰, 宋家宝*

北方工业大学理学院, 北京
Email: *18504762939@163.com

收稿日期: 2017年8月4日; 录用日期: 2017年8月19日; 发布日期: 2017年8月24日

摘要

本文根据影响动车选线的基本因素, 应用层次分析法和模糊决策理论, 对三种动车选线方案进行综合评判。选取了效益、便捷和安全环保3个方面的9个主要影响因素建立模糊综合评判的指标体系, 运用层次分析法确定了各因素的权重。运用模糊决策理论确定了动车选线的最优方案。

*通讯作者。

关键词

模糊决策, 层次分析法, 动车线路, 方案评估

Copyright © 2017 by authors 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

动车以城市间旅客运输为主要服务对象。选线设计以快速、方便、安全、舒适及减少环境干扰为主要思路, 应采用的原则包括: 尽量通过重要政治经济据点、考虑重大地质因素、充分利用既有客站、采用较高的技术标准、注意环保等[1]。本文通过层次分析法, 把复杂问题中的各因素划分成相关联的有序层次, 使之条理化、有序化, 确定了影响动车选线的基本因素的权重。由于模糊综合评判能够较好的处理大量不确定性、模糊性、随机性因素问题, 本文通过模糊综合评判对动车线路选择进行客观的决策。

2. 层次分析法确定权重

2.1. 建立层次结构图

对两地之间的三种动车线路方案进行优选。从成本、线路经过的城市分布、线路周围自然环境的主要指标进行分析。

动车选线应遵循效益原则, 线路状况尽量短、顺、直, 减少工程投资, 降低运营养护维修费用。轨道材料包括材料的性价比和对当地情况的适应。

动车选线还应遵循方便舒适原则, 距离市中心的距离决定是否乘车便利, 吸引客流的重要因素, 但是动车行车密度高、速度快, 其振动和噪音污染对沿线居民影响较大, 选线时应尽量远离大的居民居住区、学校和大型公共设施等。与航空线的距离应根据其发展趋势和在该地区经济社会发展中的地位以及客流条件决定是否经由。

此外, 动车选线要遵循安全和环保原则, 选择地质水文条件好和地基较稳定的位置, 必须充分保证行车安全, 不能遗留任何安全隐患。动车选线需要注意沿线自然保护区和文物对线路的影响。根据以上分析, 建立因素集合 $U = \{\text{线路状况, 轨道材料, 养护维修, 市中心距离, 距离航空线, 途经枢纽城市, 地基地形, 水文气候, 环境保护}\}$, 以及层次结构模型如图 1 所示。

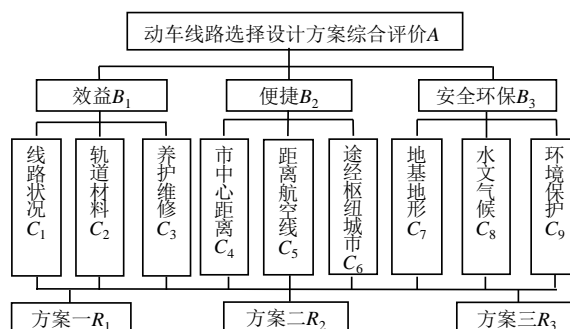


Figure 1. Line selection scheme evaluation hierarchy

图 1. 线路选择方案评价层次结构图

2.2. 构造判断矩阵

A_1	B_1	B_2	...	B_n
B_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1n}
B_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2n}
...
B_n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nn}

判断矩阵表示针对上一层某元素, 本层次有关元素之间的相对重要性。若 A 层元素 A_k 与下层元素 B_1, B_2, \dots, B_n 有关系, 构造的判断矩阵采用重要性系数形式如上表, 其中 b_{ij} 表示对于 A_k 而言, B_i 对 B_j 的相对重要性, 通常取 1、2、...、9 及其倒数。含义为: 取 1 表示 B_i 和 B_j 一样重要; 取 3 表示 B_i 比 B_j 重要一点; 取 5 表示 B_i 比 B_j 重要; 取 7 表示 B_i 比 B_j 重要得多; 取 9 表示 B_i 比 B_j 极端重要; 取 2、4、6、8 表示重要性介于两相邻判断的中值, 则有 $b_{ij} > 0$, $b_{ij} = 1/b_{ji}$, $b_{ii} = 1$ [2] [3]。

判断矩阵, 见表 1~4。

2.3. 一致性检验

由于一些因素的层次单排序的一致性指标为 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$, 平均随机一致性指标为 RI , 判断矩阵随机一致性比例为 $CR = \frac{CI}{RI}$ 。当 $CR = 0$ 时, 判断矩阵有完全一致性。对 1~9 阶矩阵, RI 分别为: 0.00, 0.00, 0.58, 0.90, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45。当 $RI < 0.10$ 时, 判断矩阵具有满意一致性。

层次总排序一致性指标为 $CI = \sum_{i=1}^m \alpha_i RI_i$, α_i 与 CI_i 为对应 B 层次中判断矩阵的一致性指标。随机一致性指标为 $RI = \sum_{i=1}^m \alpha_i RI_i$, α_i 与 RI_i 为对应 B 层次中判断矩阵随机一致性指标。当 $CR < 0.10$ 时, 判断矩阵具有满意一致性[2] [3]。

3. 模糊综合评判进行优选

根据表 5, 因素权重 $A = (0.0139, 0.0204, 0.0752, 0.0338, 0.1797, 0.0955, 0.3138, 0.1727, 0.0950)$ 。建立 U 的评语集合 $V = \{\text{很好, 较好, 一般, 较差}\}$, 并相的记分为 $\{10, 8, 6, 4\}$ 。对各因素进行单因素评价: 专家评分得到评价矩阵 $R_j = (r_{ij})_{nm}$, 如表 6。

Table 1. A-B judgment matrix

表 1. A-B 判断矩阵

	B_1	B_2	B_3		指标
B_1	1	1/3	1/5	0.1095	$\lambda_{\max} = 3.0037$
B_2	3	1	1/2	0.3090	$CI = 0.0019$
B_3	5	2	1	0.5816	$RI = 0.5800$
					$CR = 0.0031$

Table 2. $B_1 - C$ judgment matrix**表 2.** $B_1 - C$ 判断矩阵

B_1	C_1	C_2	C_3		指标
C_1	1	1/2	1/4	0.1265	$\lambda_{\max} = 3.0940$
C_2	2	1	1/5	0.1865	$CI = 0.0470$
C_3	4	5	1	0.6870	$RI = 0.5800$
					$CR = 0.0810$

Table 3. $B_2 - C$ judgment matrix**表 3.** $B_2 - C$ 判断矩阵

B_2	C_4	C_5	C_6		指标
C_4	1	1/5	1/3	0.1095	$\lambda_{\max} = 3.0037$
C_5	5	1	2	0.5816	$CI = 0.0019$
C_6	3	1/2	1	0.3090	$RI = 0.5800$
					$CR = 0.0032$

Table 4. $B_3 - C$ judgment matrix**表 4.** $B_3 - C$ 判断矩阵

B_3	C_7	C_8	C_9		指标
C_7	1	2	3	0.5396	$\lambda_{\max} = 3.0092$
C_8	1/2	1	2	0.2970	$CI = 0.0046$
C_9	1/3	1/2	1	0.1634	$RI = 0.5800$
					$CR = 0.0079$

Table 5. Level total sorting result**表 5.** 层次总排序计算结果

	B_1	B_2	B_3	总排序	指标
	0.1095	0.3090	0.5816		
C_1	0.1265			0.0139	$CI = 0.0084$
C_2	0.1865			0.0204	$RI = 0.5801$
C_3	0.6870			0.0752	$CR = 0.0145$
C_4		0.1095		0.0338	
C_5		0.5816		0.1797	
C_6		0.3090		0.0955	
C_7			0.5396	0.3138	
C_8			0.2970	0.1727	
C_9			0.1634	0.0950	

Table 6. Expert scoring method
表 6. 专家评分法

评价 指标	方案一(R_1)				方案二(R_2)				方案三(R_3)			
	很好	较好	一般	较差	很好	较好	一般	较差	很好	较好	一般	较差
C_1	0	0.2	0.2	0.6	0.7	0.2	0.1	0	0.7	0.2	0.1	0
C_2	0.5	0.3	0.2	0	0.6	0.2	0.1	0.1	0.5	0.3	0.2	0
C_3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.1	0.2	0.5	0.2	0	0.1	0.6	0.3
C_4	0.7	0.2	0.1	0	0	0.2	0.2	0.6	0.3	0.4	0.3	0
C_5	0.8	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.6	0.2
C_6	0.6	0.1	0	0.3	0.1	0.2	0.1	0.6	0.1	0.2	0.3	0.4
C_7	0.7	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.5	0.2	0
C_8	0.9	0.1	0	0	0.6	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.1	0.1
C_9	0.7	0.3	0	0	0.4	0.3	0.3	0	0.6	0.3	0.1	0

对 U 做评判 $B = AR$, 以 B 为行向量, 评分集 V 为列向量进行乘法复合, 得方案总分值如下:

$$B_1 = AR_1 = (0.6840, 0.1099, 0.0822, 0.1239), V_1 = b_{11}v_1 + b_{12}v_2 + b_{13}v_3 + b_{14}v_4 = 8.7080$$

$$B_2 = AR_2 = (0.2614, 0.1922, 0.2378, 0.3086), V_2 = b_{21}v_1 + b_{22}v_2 + b_{23}v_3 + b_{24}v_4 = 6.8128$$

$$B_3 = AR_3 = (0.2778, 0.3215, 0.2867, 0.1140), V_3 = b_{31}v_1 + b_{32}v_2 + b_{33}v_3 + b_{34}v_4 = 7.5263$$

综上所述, 三种动车线路优先选择顺序为: 方案 1, 方案 3 和方案 2。方案 1 远优越于其他两种方案。

4. 结论

本文选取了两地之间的三种动车线路方案进行优选。综合效益、便捷、安全环保因素建立了线路优选的影响因素指标体系。根据模糊数学及层次分析法的基本原理, 建立动车选线的模糊综合评判模型, 采用层次分析法确定各层次间的判断矩阵及相关影响因素的权重, 并全部通过了一致性检验。建立了动车选线的模糊综合评判模型, 并对三种动车线路方案进行了优选, 得出方案集的综合评判向量, 从而确定方案 1 为动车最优线路方案。

基金项目

北京市大学生科学研究与创业行动计划 XN024-164, 北方工业大学“优秀青年教师培养计划”项目 XN019032。

参考文献 (References)

- [1] 李东侠, 胡慧欣. 高速铁路选线原则与分析[J]. 甘肃科技, 2008, 24(10): 73-74.
- [2] 刘砚田. 工程经济[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1988.
- [3] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：aam@hanspub.org