

文章编号:1006-2106(2010)12-0009-04

基于集对分析的昌赣城际引入枢纽方案研究^{*}

李艳红^{**}

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 武汉 430063)

摘要:研究目的:南昌至赣州城际铁路是京九客运专线先期实施部分,是江西省以南昌为中心“十”字型快速铁路网的组成,承担着大量城际和长途跨线客流。新建昌赣城际铁路引入既有枢纽方案,是一个复杂的系统工程,其特点是涉及因素众多,且具有定量与定性相结合、模糊性很高,需要一种方法来进行方案的综合评价和决策。

研究结论:在枢纽总图布局稳定、客站分工明确的情况下,应用基于集对分析的模糊综合评判方法,对昌赣城际铁路沿京九线引入和沿沪昆线引入南昌枢纽2个方案进行了比选,涉及4个影响因素,最终计算得出最优方案,与专家组定性分析比对结果一致,这说明了此方法的可行性和有效性,可为该领域的方案比选研究提供参考。

关键词:集对分析;昌赣城际;方案研究

中图分类号:U291.7+1 **文献标识码:**A

Study on the Scheme for Leading Nanchang – Ganzhou Intercity Railway into Nanchang Terminal with Set Pair Analysis

LI Yan – hong

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co. Ltd., Wuhan, Hubei 430063, China)

Abstract; Research purposes: The Nanchang – Ganzhou Intercity Railway is a part of the Beijing – Kowloon Passenger Dedicated Line, which is built in early – stage, and it is also a part of the rapid railway network in Jiangxi Province with “Cross” shape taking Nanchang as the center. This railway will undertake the massive intercity passenger flow and the long – distance cross – line passenger flow. Leading this railway into the Nanchang Terminal is a complicated system project because it involves in many factors, and needs to make the quantitative and qualitative analyses with very high fuzziness, so it is necessary to comprehensively evaluate the schemes with one method to make the decision.

Research conclusions: The comparison and choice were made for the two optional schemes of leading the Nanchang – Ganzhou Intercity Railway into the Nanchang Terminal along Beijing – Kowloon Railway and along Shanghai – Kunming Railway with set pair analysis under condition that the general layout of the terminal was fixed and the functions of the passenger stations were clear. The evaluation involved in four factors to calculate the optimal scheme. The evaluated result was consistent with the result of qualitative analysis made by the experts. This shows this method is feasible and effective and can be used for comparison and choice of such schemes.

Key words: set pair analysis; Nanchang – Ganzhou Intercity Railway; Scheme study

目前,国外对于铁路客运站的研究主要侧重于车站的内部设计评价,国内对于城际铁路引入铁路枢纽客运站选址的文章很多,主要侧重于方案的技术经济

比较,多数以专家直接定性评议来给出结果,忽略了一些影响方案的不确定因素,具有一定的局限性。

本文基于集对分析原理,综合考虑确定性因素和

^{*} 收稿日期:2010-08-03

^{**} 作者简介:李艳红,1981年出生,女,助理工程师。

不确定因素,以南昌至赣州城际铁路引入南昌枢纽方案比选为实例,进行城际铁路引入枢纽的多方案比选研究,从而得到最优方案。

1 基于集对分析的模糊综合评价法

集对分析(SPA)是赵克勤在1989年提出的一种系统分析方法。它从同、异、反3个方面研究两个事物的确定性与不确定性,全面刻画两个不同事物的联系,这种刻画是对确定性与不确定性的定量描述。后来,众多学者将集对分析理论广泛应用于包括交通在内的各种领域。

1.1 集对分析

集对分析的实质是一种不确定性理论,其核心思想是将确定不确定问题视为一个系统,在这个系统中,确定性与不确定性相互联系、相互影响、相互制约,并在一定条件下相互转化。集对分析的思路是:在一定的背景背景下,对一个集对所具有的特性展开分析,把分析得到的特性作同异反刻画,在这样背景下的一个集对联系度表达式为:

$$U = \frac{S}{N} + \frac{F}{N}i + \frac{P}{N}j$$

其中 N ——集对特性总数;

S ——集对中相同的特性数;

P ——集对中相反的特性数;

F ——为集对中既不相同又不相反的特性, $F = N - S - P$;

i ——差异度标识数, $i \in [-1, 1]$;

j ——对立度标识数,一般 $j = -1$;

$S/N, F/N, P/N$ ——分别称为组成集对的2个集合在问题背景下的同一度、差异度、对立度。

1.2 基于集对分析的模糊综合评判

模糊综合评判是以模糊数学为基础,应用模糊关系合成的原理,对受到多种因素制约的事物或对象,将一些边界不清、不易定量的因素定量分析,按多项模糊的准则参数对待评方案进行综合评判,再根据综合评判结果对各待评方案进行排序,从而选出最好方案的一种方法。

基于集对分析的模糊综合评判的一般步骤为:

1.2.1 确定评判对象的因素(指标)集合 $L = [L_1, L_2, \dots, L_n]$, 共有 n 个因素。

1.2.2 确定备选集(或评语集) $V = [v_1, v_2, \dots, v_m]$ 共有 m 个因素。

1.2.3 确定权重向量 $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$, 为 L 中各因素对待评事物的隶属关系,权重集表示各影响因素在评判过程中所占的重要性程度。

1.2.4 进行单因素评判,建立因素论域和备择论域之间的集对分析联系度矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} U_{11} & \dots & U_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ U_{n1} & \dots & U_{nm} \end{bmatrix}$$

式中 U_{ij} —— L 中因素 L_i 对应 V 中等级 v_j 的隶属关系集对分析联系度。

1.2.5 选择合成算子,将 W 与 R 合成得到 B ,其基本模型为 $B = W \cdot R$,“ \cdot ”为模糊乘运算算子。

1.2.6 计算联系度的集对势(用 shi 表示),确定最优方案。对于某一可接受方案 A 的联系度 $U_A = a_A + b_A i + c_A j$, 则其集对势 $\text{shi}(A) = a_A / b_A$ 。如果 $\text{shi}(A) > 1$, 称为集对同势,记为 $\text{shi}(A)_+$, 反映该方案与理想方案在同、异、反联系中存在同一趋势。此时,若 $b = 0$, 称为准同势;若 $a > c > b$, 称为强同势;若 $a > b > c$, 称为弱同势;若 $b > a > c$, 称为微同势。如果 $\text{shi}(A) < 1$, 称为集对反势,记为 $\text{shi}(A)_-$ 。如果 $\text{shi}(A) = 1$, 称为集对均势,记为 $\text{shi}(A)_0$ 。

取集对势最大者为待评方案的最优方案。设第4步得到的可接受方案数为 m 个,若 $\text{shi}(A_i) = \max(\text{shi}(A_1), \text{shi}(A_2), \dots, \text{shi}(A_m))$ 则认为可接受方案 A_i 是最优方案。

2 昌赣城际引入南昌枢纽方案研究

昌赣城际铁路位于赣中南部地区,北接昌九城际铁路,南下赣州,横贯江西南北,辐射赣中、赣南主要城市,是江西省境内南北向重要的客运专线。

2.1 南昌枢纽概况

南昌市地处江西省中部偏北,赣江、抚河下游,东临我国最大的淡水湖——鄱阳湖,是江西省政治、经济、文化中心,是唯一1个与长江三角洲、珠江三角洲和闽东南经济区相毗邻的省会城市,区位优势明显。

南昌枢纽位于江西省首府南昌市,东连鹰潭枢纽,西接株洲枢纽,在铁路网中的位置适中,是联系华北、中南、华东和西南地区的交通要冲,担负着重要的物资交流和旅客运输任务。现有京九、沪昆两大干线在向塘以南地区交汇,向乐支线、湾里支线分别在三江镇站、南昌北站接轨,南昌客运站、向塘西编组站自北向南纵列布置于京九纵轴上,已形成客货纵列的“十”字型枢纽格局。枢纽内向塘西为编组站,南昌站、向塘站为“一主一辅”两个客运站,南昌北、青山湖(原南昌西站)、南昌南为主要货运站。

2.2 城市总体规划及枢纽总图规划

南昌是长江经济带中游地区重要的中心城市,也是国家历史文化名城,城市规划主要沿赣江向南发展,

城市综合交通体系规划以轨道交通为骨架、地面公交为主体。

南昌铁路枢纽总图已编制完成并通过铁道部评审,其后在昌九城际、向莆线等项目中进一步完善,基本框架如下:随着新线引入及相关联络线、疏解线的建设,南昌枢纽将逐步形成衔接京九、沪昆、向莆铁路和杭长客专、昌九城际等 5 条干线,鹰潭、长沙、九江、赣州和抚州 5 个方向,由两主(南昌、南昌西)一辅(向塘)客运站,向塘西一个编组站,生米、南昌北、南昌南等综合性货场,共同组成高(快)速、普速双“十”字型混合式枢纽格局。

2.3 备选方案比选研究

在枢纽总图布局稳定、客站分工明确的情况下,昌赣城际铁路主要研究沿京九线引入和沿沪昆线引入南昌枢纽两个方案。

2.3.1 沿京九线引入方案

昌赣城际铁路自南沿京九线引入,在丰城南站北侧设城际场后北行,于在建的三江镇站东端跨既有京九线、向莆线拆向西,过棠墅港河,跨温厚高速公路、沪昆线,至向塘站对侧设昌赣城际场,继续西行,越拟建的杭长线后接入横岗站,并与既有京九线贯通。横岗

站南端设昌赣城际和京九、杭长客专之间的联络线并疏解,三江镇站以东设与向莆线的联络线。

2.3.2 沿沪昆线引入方案

昌赣城际铁路自南沿沪昆线引入,在丰城站北侧设高架城际场后北行,于在建的三江镇站西端跨向莆线、京九线北过,过棠墅港河,跨温厚高速公路、沪昆线折向西,至向塘站对侧设昌赣城际场,继续西行,越过拟建的杭长线后接入横岗站,并与既有京九线贯通。横岗站南端设昌赣城际和京九、杭长客专之间的联络线并疏解,在江家站以南设与向莆线的联络线。

2.4 昌赣城际引入南昌枢纽方案比选研究

设影响方案的因素有:线路长度(u_1)、征地拆迁(u_2)、工程投资(u_3)、平面条件(u_4)等项,因此因素集 $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}$,模糊评语为 3 个等级:差(v_1),好(v_2),很好(v_3),即评语集 $V = \{v_1, v_2, v_3\}$,共有 2 备选方案,方案集 $A = \{A_1, A_2\}$ 。

邀请 7 位专家对各方案进行评定选择,同时,由于评定标准受多种因素影响,允许专家进行多项选择,切实表达专家的真实想法,评判数据如表 1 所示,评判集里由于“差”与“好”和“很好”在质上的根本性差别。因此,认为“差”与“好”和“很好”相对立。

表 1 专家评定结果表

		等级			集对联系度		
方案	因素	差	好	很好	差	好	很好
A_1	U_1	1	6	4	$\frac{1}{11} + 0i + \frac{10}{11}j$	$\frac{6}{11} + \frac{4}{11}i + \frac{1}{11}j$	$\frac{4}{11} + \frac{6}{11}i + \frac{1}{11}j$
	U_2	0	6	3	$0 + 0i + 1j$	$\frac{6}{9} + \frac{3}{9}i + 0j$	$\frac{3}{9} + \frac{6}{9}i + 0j$
	U_3	1	4	1	$\frac{1}{6} + 0i + \frac{5}{6}j$	$\frac{4}{6} + \frac{1}{6}i + \frac{1}{6}j$	$\frac{1}{6} + \frac{4}{6}i + \frac{1}{6}j$
	U_4	0	5	3	$0 + 0i + 1j$	$\frac{5}{8} + \frac{3}{8}i + 0j$	$\frac{3}{8} + \frac{5}{8}i + 0j$
A_2	U_1	1	5	5	$\frac{1}{11} + 0i + \frac{10}{11}j$	$\frac{5}{11} + \frac{5}{11}i + \frac{1}{11}j$	$\frac{5}{11} + \frac{5}{11}i + \frac{1}{11}j$
	U_2	1	5	2	$\frac{1}{8} + 0i + \frac{7}{8}j$	$\frac{5}{8} + \frac{2}{8}i + \frac{1}{8}j$	$\frac{2}{8} + \frac{5}{8}i + \frac{1}{8}j$
	U_3	0	5	2	$0 + 0i + 1j$	$\frac{5}{7} + \frac{2}{7}i + 0j$	$\frac{2}{7} + \frac{5}{7}i + 0j$
	U_4	0	4	4	$0 + 0i + 1j$	$\frac{4}{8} + \frac{4}{8}i + 0j$	$\frac{4}{8} + \frac{4}{8}i + 0j$

根据层次分析法确定影响因素的权重,邀请多位专家对影响因素重要性进行两两比较,经整理得到权重:

$W = [0.305\ 8\ 0.192\ 5\ 0.231\ 2\ 0.270\ 5]$

$B_1 = W \cdot R_1 = [0.305\ 8\ 0.192\ 5\ 0.231\ 2\ 0.270\ 5] \cdot$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{11} + 0i + \frac{10}{11}j & \frac{6}{11} + \frac{4}{11}i + \frac{1}{11}j & \frac{4}{11} + \frac{6}{11}i + \frac{1}{11}j \\ 0 + 0i + 1j & \frac{6}{9} + \frac{3}{9}i + 0j & \frac{3}{9} + \frac{6}{9}i + 0j \\ \frac{1}{6} + 0i + \frac{5}{6}j & \frac{4}{6} + \frac{1}{6}i + \frac{1}{6}j & \frac{1}{6} + \frac{4}{6}i + \frac{1}{6}j \\ 0 + 0i + 1j & \frac{5}{8} + \frac{3}{8}i + 0j & \frac{3}{8} + \frac{5}{8}i + 0j \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.066\ 3 + 0i + 0.933\ 7j \\ 0.618\ 3 + 0.315\ 3i + 0.066\ 3j \\ 0.315\ 3 + 0.618\ 3i + 0.066\ 3j \end{bmatrix}$$

则有:

$$\text{shi}(v_1) = 0.071\ 0$$

$$\text{shi}(v_2) = 9.321\ 5$$

$$\text{shi}(v_3) = 4.753\ 8$$

故对方案 A_1 的评判等级为“好”。

同理,可得到 A_2 方案的评判结果:

$$B_2 = W \cdot R_2 = \begin{bmatrix} 0.051\ 9 + 0i + 0.948\ 1j \\ 0.559\ 7 + 0.388\ 1i + 0.051\ 9j \\ 0.388\ 4 + 0.559\ 7i + 0.051\ 9j \end{bmatrix}$$

则有:

$$\text{shi}(v_1) = 0.054\ 7$$

$$\text{shi}(v_2) = 10.792\ 1$$

$$\text{shi}(v_3) = 7.489\ 7$$

由计算结果知:方案 A_2 也属于等级“好”,且两方案的优劣排序为: A_2 、 A_1 。评定结果与专家定性分析的结果相符,故推荐方案 A_2 ,昌赣城际铁路自南沿沪昆线引入南昌枢纽,于横岗站与既有京九线贯通。

3 结论

随着铁路建设的跨越式发展,新建铁路项目增多,新线引入枢纽方案研究的重要性将越来越突出。基于集对分析的模糊综合评判方法集中了集对分析方法和模糊综合评判方法的优点,避免了定性指标量化中存在的一些缺陷。同时,随着铁路勘察设计技术的迅猛发展,导致评判标准具有不确定性,特别是在大型铁路项目的预可行性研究中,这种情况尤为突出。基于集对分析的模糊综合评判方法,能够充分综合评判中的不确定性,因此具有广阔的应用前景。通过昌赣城际引入南昌枢纽方案研究分析,说明了该方法的有效性。

参考文献:

- [1] 张庆年. 交通运输系统分析与优化[M]. 武汉:武汉理工大学出版社,2005.
Zhang Qingnian. Transportation System Analysis and Optimization [M]. Wuhan: Wuhan University of Technology Press,2005.
- [2] 姜军,宋保维,潘光,王鹏. 基于集对分析的模糊综合评判[J]. 西北工业大学学报,2007(6):421-424.
Jiang Jun, Song Baowei, Pan Guang, Wang Peng. A Novel Method for Fuzzy Comprehensive Evaluation Based on Set Pair Analysis [J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2007(6):421-

424.

- [3] 张文. 武汉至咸宁城际铁路引入武汉枢纽方案研究[J]. 铁道勘察,2010(3):79-82.
Zhang Wen. Scheme on How Wuhan - Xianning Intercity Railway Leading into Wuhan Hub [J]. Railway Investigation,2010(1):79-82.
- [4] 李冰. 客运专线引入铁路枢纽的方案评价[J]. 铁道运输与经济,2007(3):88-91.
Li Bing. Scheme Choice for Introducing Passenger Dedicated Line into Railway Terminal [J]. Railway Transport and Economy,2007(3):88-91.
- [5] 夏维毅,李海鹰. 哈大客运专线引入哈尔滨枢纽方案研究[J]. 铁道运输与经济,2004(5):58-61.
Xia Weiyi, Li Haiying. Study on the Plan of Introducing Ha - Da Passenger Dedicated Line into Haerbin Joint Terminal [J]. Railway Transport and Economy, 2004(5):58-61.
- [6] 张晓晴. 高速铁路引入铁路枢纽径路设计[J]. 铁道勘察,2004(6):41-44.
Zhang Xiaoqing. Permanent Way Design of Express Railway Leading to the Railway Terminal [J]. Railway Investigation,2004(6):41-44.
- [7] 凌汉东,蒋惠园. 基于集对分析的 Lagos 地区轨道交通线路方案研究[J]. 铁道工程学报,2009(4):82-85.
Ling Handong, Jiang Huiyuan. Research on the Track Program of Rail Transit in Lagos with Set Pair Analysis the Ory [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2009(4):82-85.
- [8] 潘玲巧,焦永兰,林志安. 基于集对分析的客运专线引入铁路枢纽客运站选址方案比选[J]. 中国铁道科学,2009(5):125-129.
Pan Lingqiao, Jiao Yonglan, Lin Zhian. Comparison of the Plan Selection in Passenger Station Location of Introducing Passenger Dedicated Line into Hub Based on Set Pair Analysis [J]. China Railway Science, 2009(5):125-129.
- [9] Zhai Liang, Tang Xinming. Fuzzy Comprehensive Evaluation Method and Its Application in Subjective Quality Assessment for Compressed Remote Sensing Images [J]. Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2007(8):145-148.
- [10] Jie Yao, Wang Lichun, Liu BinBin. Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method for Bid Evaluation of Power Equipment Based on Wight of entropy [J]. Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering,2009(12):456-458.

(编辑 梅志山)

作者: [李艳红](#), [LI Yan-hong](#)
作者单位: [中铁第四勘察设计院集团有限公司, 武汉, 430063](#)
刊名: [铁道工程学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2010(12)

参考文献(10条)

1. [张庆年](#) [交通运输系统分析与优化](#) 2005
2. [姜军](#); [宋保维](#); [潘光](#); [王鹏](#) [基于集对分析的模糊综合评判](#)[期刊论文]-[西北工业大学学报](#) 2007(06)
3. [张文](#) [武汉至咸宁城际铁路引入武汉枢纽方案研究](#)[期刊论文]-[铁道勘察](#) 2010(03)
4. [李冰](#) [客运专线引入铁路枢纽的方案评价](#)[期刊论文]-[铁道运输与经济](#) 2007(03)
5. [夏维毅](#); [李海鹰](#) [哈大客运专线引入哈尔滨枢纽方案研究](#)[期刊论文]-[铁道运输与经济](#) 2004(05)
6. [张晓晴](#) [高速铁路引入铁路枢纽径路设计](#)[期刊论文]-[铁道勘察](#) 2004(06)
7. [凌汉东](#); [蒋惠园](#) [基于集对分析的Lagos地区轨道交通线路方案研究](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2009(04)
8. [潘玲巧](#); [焦永兰](#); [林志安](#) [基于集对分析的客运专线引入铁路枢纽客运站选址方案比选](#)[期刊论文]-[中国铁道科学](#) 2009(05)
9. [Zhai Liang](#); [Tang Xinming](#) [Fuzzy Comprehensive Evaluation Method and Its Application in Subjective Quality Assessment for Compressed Remote Sensing Images](#) 2007(08)
10. [Jie Yao](#); [Wang Lichun](#); [Liu BinBin](#) [Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method for Bid Evaluation of Power Equipment Based on Wight of entropy](#) 2009(12)

本文读者也读过(10条)

1. [罗党](#). [孙利](#). [LUO Dang](#). [SUN Li](#) [基于集对分析同一度的投资优化模型](#)[期刊论文]-[华北水利水电学院学报](#) 2010, 31(1)
2. [殷剑宏](#) [郑州车站综合信息管理系统](#)[学位论文]2002
3. [赵磊](#). [陈庆龙](#). [Zhao Lei](#). [Chen Qinglong](#) [基于集对分析和AHP的炮兵远程精确打击目标排序](#)[期刊论文]-[兵工自动化](#)2011, 30(1)
4. [杨江峰](#). [陈光怡](#). [葛康](#). [汪明武](#). [YANG Jiang-feng](#). [CHEN Guang-yi](#). [GE Kang](#). [WANG Ming-wu](#) [基于广义联系度集成的基坑支护方案集对分析模型](#)[期刊论文]-[长江大学学报\(自科版\)理工卷](#)2010, 07(3)
5. [瞿尔仁](#). [张乾坤](#). [吴涛](#). [甄晓霞](#). [何刚](#) [公路运输量预测的综合时序分析](#)[期刊论文]-[合肥工业大学学报\(自然科学版\)](#)2002, 25(2)
6. [卢守峰](#). [杨兆升](#). [刘喜敏](#) [城市交通系统复杂性研究及其管理系统设计](#)[会议论文]-2004
7. [巩航军](#). [李百川](#). [徐双应](#). [GONG Hang-jun](#). [LI Bai-chuan](#). [XU Shuang-ying](#) [道路运输企业安全综合评价数学模型](#)[期刊论文]-[西北大学学报\(自然科学版\)](#) 2006, 36(6)
8. [初晓](#) [北京市智能化交通管理与综合集成体系研究](#)[学位论文]2001
9. [张秀媛](#). [张国伍](#). [申金升](#) [综合交通枢纽虚拟企业化组织协商模式](#)[期刊论文]-[系统工程理论方法应用](#)2001, 10(3)
10. [刘晓莉](#). [Liu Xiaoli](#) [景德镇地区铁路规划方案探讨](#)[期刊论文]-[铁道勘察](#)2010, 36(3)

引用本文格式: [李艳红](#). [LI Yan-hong](#) [基于集对分析的昌赣城际引入枢纽方案研究](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2010(12)