

# 模糊综合评价法在伍益高速公路路线方案比选中的应用

刘胜<sup>1,2</sup>, 王吉平<sup>1</sup>

(1.长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114; 2.湖南省交通科学研究院有限公司, 湖南 长沙 410004)

**摘要:** 结合伍益(伍市—益阳)高速公路路线的特点,从技术、经济、社会、环境、节能五方面构建评价指标体系,运用层次分析法计算指标权重,在此基础上建立模糊综合评价模型,通过定量与定性分析对其路线设计方案进行比较,优选最佳路线。

**关键词:** 高速公路;路线方案比选;模糊综合评价

中图分类号:U412.3

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)01-0046-04

高速公路选线的合理性直接决定其造价、建成使用期内的使用效率和运输质量及在公路网中的战略地位,需在前期踏勘的基础上,综合考虑影响区域内的社会经济、环境、地质水文条件等确定最优设计规模和线路走向。针对高速公路路线方案比选, Sadek S.等开发了用于路线设计多目标评价决策的 GIS 框架,考虑几何设计、地质、地形、环境等多种因素对公路路线设计方案进行多目标分析和评价; Li Li-ping 等根据平原公路路线走向的特点,采用定性定量相结合的手段构建路线方案决策指标体系,结合模糊算法和专家经验法确定各指标的权重,解决了评价过程中容易发生的主观判断的模糊性和不确定性;周林以 GIS 为平台构建公路路线优化模型,针对选线区域建立空间数据库,采用遗传算法求解得出最佳路线方案。该文针对伍益(伍市—益阳)高速公路,基于模糊综合分析法建立选线分析模型,确定最优路线方案。

## 1 项目概况

### 1.1 研究区域概况

伍益高速公路东起岳阳市平江县伍市镇,与京港澳(北京—香港—澳门)高速公路相交,顺接平江至伍市公路,往西经汨罗市、湘阴县终于益阳市赫山区笔架山乡苏家坝,与长益(长沙—益阳)高速公路复线相交,往西经长益高速公路复线顺接益阳绕城高速公路,是湖南省规划的“七纵七横”高速公路网第三横的组成部分,其建设对于完善湖南省高速公路网络、促进湘东北乃至湘赣两省经济社会发展具有重要意义。

根据该项目的功能地位及地理位置,结合社会经济布局、交通运输网络状况,确定其直接影响区域为岳阳市平江县、汨罗市、湘阴县和益阳市赫山区、资阳区,间接影响区域为岳阳市、益阳市(均不含直接影响区)和湖南全省。

### 1.2 路线起终点、走向与主要控制点

路线起于伍市南侧中洲上村接京港澳高速公路,往西延伸,经童家墩、八里村(上跨 G107),在汨罗东站北侧卢塘冲下穿京广高铁,经仇理冲、大众茶厂、古培村上跨京广铁路;经栗桥村南、海公坝、黄家湾(上跨京港澳复线)、突丰村(湘阴县城北),在港口村南侧跨越湘江主航道至西岸保民村,再经南阳镇,在吕家湾跨越湘江次航道至对岸新泉寺镇新洲村;经西林港南、凤凰湖农场,最后在益阳市东侧笔架山乡苏家坝与长益高速公路复线相交、往西经长益高速公路复线与益阳绕城高速公路顺接。总建设里程 83.515 km,其中平江县境内 6.535 km、汨罗市境内 17.383 km、湘阴县境内 45.662 km、益阳市赫山区境内 13.935 km。

该项目主要控制点为伍市镇、京广高铁汨罗东站、古培镇(汨罗南)、六塘乡、湘阴县、城西镇、新泉镇、凤凰湖、苏家坝。

## 2 评价指标体系构建

### 2.1 比选方案

初步拟定 12 条线路方案,其中方案 K 为贯通方案,其余 11 条为比较方案。为分析方便,选择 K、M、J 线方案(见表 1)为比选对象,3 种方案的优缺点见表 2。

表 1 K、M、J 线方案的情况

路线编号	桩号	路线里程/km	路线编号	桩号	路线里程/km
K1	K0+000—K20+000	20.000	K5	K69+580—K83+515	13.935
K2	K20+000—K28+300	8.300	K	K1+K2+K3+K4+K5	83.515
高架 K3	K28+300—K52+000	23.700	M	MK0+000—MK11+000	11.000
高架 K4	K52+000—K69+580	17.580	J	JK0+000—JK12+407	12.407

表 2 K、M、J 线的优缺点

路线编号	路线优点	路线缺点
K	构造物长度、运营里程较短,与京港澳高速公路现有互通合并成枢纽互通,有利于促进瓮江、涪口等乡镇的发展	防护及排水、占地面积略大;经过湖区,施工难度略大
M	平面线形较顺直,路线较短	构造物多,施工难度大;运营费用多
J	造价适中,比 M 线贵;比 M 线长;施工难度较小	对附近铁路运营影响大,施工协调难度大;平面线形略差

2.2 综合评价指标

结合伍益高速公路路线特点建立综合评价指标体系,分为方案层、准则层、目标层(见表 3)。对层次结构模型依次由目标层进行计算,最后进行方案层综合评价。

表 3 伍益高速公路路线方案综合评价指标

方案层	一级指标(准则层)	二级指标(目标层)
伍益 公路 路线 评价 U	技术指标 $U_1$	路线长度 $U_{11}$
		桥隧总长 $U_{12}$
		路基土石方数量 $U_{13}$
		拆迁、占地面积 $U_{14}$
		软湿地基 $U_{15}$
		排水及防护工程 $U_{16}$
		与公路网适应性 $U_{17}$
	经济指标 $U_2$	经济净现值 $U_{21}$
		经济内部收益率 $U_{22}$
		经济效益费用比 $U_{23}$
		投资回收期 $U_{24}$
		行车舒适度 $U_{31}$
	社会指标 $U_3$	行车便捷性 $U_{32}$
		城镇化进程影响 $U_{33}$
		创造就业机会 $U_{34}$
		拉动资源开发 $U_{35}$
		拉动对外交流 $U_{36}$
	环境指标 $U_4$	影响水土流失程度 $U_{41}$
		影响水环境程度 $U_{42}$
		噪声影响程度 $U_{43}$
		工程占地量 $U_{44}$
	节能指标 $U_5$	建设期能耗 $U_{51}$
		运营期能耗 $U_{52}$

评价体系中含定量、定性指标,对定量指标有具体数值要求,主要以相关标准和法律为依据,通过实地调查、综合计算等确定评价等级;对定性指标,则根据实际情况,采取专家打分方式确定评价等级。

3 路线方案的模糊综合评价

3.1 计算隶属度矩阵

依据公路选线评价内容,将不同评价指标确定为 5 个评价等级(见表 4)。由 20 位专家对各路线方案下的二级指标进行打分,将打分结果分类,得出 5 个评价等级的人数占比分布,得到隶属度矩阵。根据专家打分结果及不同评价指标的相对重要性,结合层次分析法得到不同评价指标的单因素指标隶属度。其中方案 K 的单因素隶属度见表 5。

表 4 评价标准

评价等级	打分区间	评价等级	打分区间
优	(90,100)	次	(50,60)
良	(80,90)	差	<50
中	(60,80)		

表 5 方案 K 的单因素指标隶属度

评价指标	各等级的隶属度				
	优	良	中	次	差
路线长度 $U_{11}$	0.60	0.30	0.10	0.00	0.00
桥隧总长 $U_{12}$	0.45	0.35	0.15	0.05	0.00
路基土石方数量 $U_{13}$	0.35	0.45	0.15	0.05	0.00
拆迁、占地面积 $U_{14}$	0.60	0.30	0.05	0.05	0.00
软湿地基 $U_{15}$	0.50	0.35	0.10	0.05	0.00
排水及防护工程 $U_{16}$	0.30	0.45	0.15	0.10	0.00
与公路网适应性 $U_{17}$	0.45	0.35	0.20	0.00	0.00

续表 5

评价指标	各等级的隶属度				
	优	良	中	次	差
经济净现值 $U_{21}$	0.40	0.40	0.15	0.05	0.00
经济内部收益率 $U_{22}$	0.40	0.40	0.20	0.00	0.00
经济效益费用比 $U_{23}$	0.30	0.40	0.15	0.15	0.00
投资回收期 $U_{24}$	0.55	0.40	0.05	0.00	0.00
行车舒适度 $U_{31}$	0.35	0.35	0.20	0.10	0.00
行车便捷性 $U_{32}$	0.35	0.30	0.25	0.05	0.05
城镇化进程影响 $U_{33}$	0.40	0.40	0.10	0.10	0.00
创造就业机会 $U_{34}$	0.35	0.30	0.30	0.05	0.00
拉动资源开发 $U_{35}$	0.45	0.35	0.20	0.00	0.00
拉动对外交流 $U_{36}$	0.25	0.25	0.30	0.20	0.00
影响水土流失程度 $U_{41}$	0.35	0.25	0.25	0.15	0.00
影响水环境程度 $U_{42}$	0.20	0.35	0.30	0.15	0.00
噪声影响程度 $U_{43}$	0.35	0.30	0.25	0.10	0.00
工程占地量 $U_{44}$	0.35	0.30	0.20	0.15	0.00
建设期能耗 $U_{51}$	0.45	0.35	0.15	0.05	0.00
运营期能耗 $U_{52}$	0.45	0.30	0.20	0.05	0.00

由表 5 得评价指标的隶属度矩阵如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.60 & 0.30 & 0.10 & 0.00 & 0.00 \\ 0.45 & 0.35 & 0.15 & 0.05 & 0.00 \\ 0.35 & 0.45 & 0.15 & 0.05 & 0.00 \\ 0.60 & 0.30 & 0.05 & 0.05 & 0.00 \\ 0.50 & 0.35 & 0.10 & 0.05 & 0.00 \\ 0.30 & 0.45 & 0.15 & 0.10 & 0.00 \\ 0.45 & 0.35 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.40 & 0.40 & 0.15 & 0.05 & 0.00 \\ 0.40 & 0.40 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \\ 0.30 & 0.40 & 0.05 & 0.00 & 0.00 \\ 0.55 & 0.40 & 0.05 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.35 & 0.35 & 0.20 & 0.10 & 0.00 \\ 0.35 & 0.30 & 0.25 & 0.05 & 0.00 \\ 0.40 & 0.40 & 0.10 & 0.10 & 0.00 \\ 0.35 & 0.30 & 0.30 & 0.05 & 0.00 \\ 0.45 & 0.35 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \\ 0.25 & 0.25 & 0.30 & 0.20 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.35 & 0.25 & 0.25 & 0.15 & 0.00 \\ 0.20 & 0.35 & 0.30 & 0.15 & 0.00 \\ 0.35 & 0.30 & 0.25 & 0.10 & 0.00 \\ 0.35 & 0.30 & 0.20 & 0.15 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.45 & 0.35 & 0.15 & 0.05 & 0.00 \\ 0.45 & 0.30 & 0.20 & 0.05 & 0.00 \end{bmatrix}$$

### 3.2 指标权重

对各评价指标进行相对重要性判断,得到各评价指标的判断矩阵:

$$U_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/3 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1/4 & 1/5 & 4 & 1/3 & 4 \\ 3 & 4 & 1 & 2 & 1/2 & 3 & 5 \\ 1/2 & 5 & 1/2 & 1 & 2 & 1/3 & 2 \\ 1/3 & 1/4 & 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/2 & 3 & 1/3 & 3 & 2 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1/4 & 1/5 & 1/2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$U_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 3 & 1/2 \\ 2 & 1/3 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$U_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 & 1/3 & 5 & 2 \\ 2 & 1 & 5 & 1/4 & 2 & 1/3 \\ 2 & 1/5 & 1 & 1/4 & 3 & 1/2 \\ 3 & 4 & 4 & 1 & 1/3 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1/3 & 3 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 3 & 2 & 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$U_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 2 & 1/2 \\ 2 & 1/2 & 1 & 3 \\ 3 & 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$U_5 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

对判断矩阵进行一致性检验,  $U_1$  的检验结果为  $CR = 0.015 < 0.1$ ,  $U_2$  的检验结果为  $CR = 0.026 < 0.1$ ,  $U_3$  的检验结果为  $CR = 0.008 < 0.1$ ,  $U_4$  的检验结果为  $CR = 0.006 < 0.1$ ,  $U_5$  的检验结果为  $CR = 0.002 < 0.1$ , 均满足要求。

采用 MATLAB 计算各指标的权重,得准则层指标的权重为:

$$W = (0.26, 0.18, 0.22, 0.19, 0.15)$$

目标层指标的权重为:

$$w_1 = (0.21, 0.15, 0.16, 0.13, 0.12, 0.11, 0.12)$$

$$w_2 = (0.26, 0.22, 0.24, 0.28)$$

$$w_3 = (0.22, 0.14, 0.15, 0.16, 0.13, 0.2)$$

$$w_4 = (0.32, 0.23, 0.27, 0.18)$$

$$w_5 = (0.5, 0.5)$$

### 3.3 模糊综合计算

对方案 K 进行模糊综合计算,设评价向量为  $B_i (i=1, 2, 3, 4, 5)$ , 得:

$$B_1 = w_1 \times R_1 = (0.53, 0.31, 0.15, 0.01, 0)$$

$$B_2 = w_2 \times R_2 = (0.46, 0.41, 0.12, 0.01, 0)$$

$$B_3 = w_3 \times R_3 = (0.37, 0.29, 0.24, 0.08, 0.02)$$

$$B_4 = w_4 \times R_4 = (0.29, 0.31, 0.22, 0.14, 0.04)$$

$$B_5 = w_5 \times R_5 = (0.46, 0.33, 0.15, 0.06, 0)$$

对评价向量再次采用专家评分法进行评价,并统计目标层评价向量,得到总隶属评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0.53 & 0.31 & 0.15 & 0.01 & 0.00 \\ 0.46 & 0.41 & 0.12 & 0.01 & 0.00 \\ 0.37 & 0.29 & 0.24 & 0.08 & 0.02 \\ 0.29 & 0.31 & 0.22 & 0.14 & 0.04 \\ 0.46 & 0.33 & 0.15 & 0.06 & 0.00 \end{bmatrix}$$

综合评价结果为:

$$A = W \times R = (0.46, 0.32, 0.17, 0.04, 0.01)$$

评语集  $V = (\text{优秀}, \text{较好}, \text{一般}, \text{合格}, \text{不合格})$ 。根据最大隶属原则,  $A = \max A = 0.46$ , 对应的评价等级为优, 即 K 线的综合评价结果为优。

同理可得 M、J 线的综合评价结果:  $A_M = W \times R = (0.33, 0.38, 0.17, 0.1, 0.02)$ 、 $A_J = W \times R = (0.32, 0.35, 0.19, 0.11, 0.03)$ , 对应评价等级均为较好。从最终隶属度值可得方案 K 为最优路线, 与项目实际确定的线路吻合。

#### 4 结语

影响伍益高速公路路线的指标主要有技术、经济、社会、环境和节能。该文从这 5 个方面, 采用模糊层次分析法就路线设计中的 K、M、J 线方案进行识别及评估, 得到 K 线方案最优、M 及 J 线较好, 计算结果与实际确定的路线相吻合。

#### 参考文献:

- [1] 周正祥, 刘妍娜, 袁武. 高速公路生态环境影响后评价的评价内容及量化模型[J]. 中外公路, 2008, 28(2).
- [2] Sadek S, Kaysi I, Bedran M. Geotechnical and environmental considerations in highway layout: an integrated GIS assessment approach[A]. ESRI User Conference [C]. 1998.
- [3] Li Li-ping, Xu Guang-li, Lu Xiao-li. A novel fuzzy route selection method based on multi-norm decision making [A]. 2010 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology [C]. 2010.
- [4] 周林. 基于遗传算法的道路选线优化方法研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009.
- [5] 王玉标. 基于绿色交通的国家高速公路路线方案研究[J]. 公路与汽运, 2018(5).
- [6] 廖文周. 宁莞高速公路粤闽界至潮州古巷段路线方案研究[J]. 公路与汽运, 2015(2).
- [7] 吕宏韬, 王鹏程. 高速公路路线方案比选[J]. 黑龙江交通科技, 2009(9).
- [8] 莫细喜, 罗磊. 崇左至靖西高速公路路线方案决策研究[J]. 广西城镇建设, 2011(5).
- [9] 赵梅龙, 陈振伟. 基于层次分析法的山区高速公路路线方案比选研究[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2009(7).
- [10] 李春元, 翟秀春. 高速公路局部路线方案动态比选研究[J]. 山西交通科技, 2010(4).
- [11] 卢冬生, 巴可伟. 基于多层模糊模型的路线方案社会评价[J]. 交通科技, 2010(5).
- [12] 王佐, 汪双杰, 屈强. 山区高速公路复杂路段路线方案的比选论证[J]. 公路, 2007(11).

收稿日期: 2018-07-26

\*\*\*\*\*  
(上接第 40 页)

- [10] Ralf Roos. Quantitative methods for the evaluation of spatial alignment of roads[R]. Publication of the Institute of Highway and Railroad Engineering, 2001.
- [11] 王涛, 陈峻. 基于模糊综合评价法的城市道路交通安全评价研究[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(4).
- [12] 周彬, 秦玉娟. 基于层次分析法的道路交通安全评估模型[J]. 信息技术, 2011(10).
- [13] 王艺颖, 郝丽, 贾燕红, 等. 道路交通安全灰色评价方

法[J]. 汽车实用技术, 2014(3).

- [14] 李相勇, 田澎, 蒋葛夫. 道路交通安全综合评价的人工神经网络方法[J]. 西南交通大学学报, 2006, 41(4).
- [15] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华东科技大学出版社, 2006.
- [16] 陈谦, 刘建军, 王连明. 农村公路交通安全现状分析与对策研究[J]. 公路与汽运, 2009(6).

收稿日期: 2018-05-10