

基于模糊AHP模型的公路交通科技创新能力评价研究

江登英^{1,2},孙国庆²,康灿华²

(1.武汉理工大学 理学院,湖北 武汉 430072;2.武汉理工大学 经济学院,湖北 武汉 430072)

摘 要:根据公路交通的行业特点和科技创新的基本要素,确定了创新投入能力、创新支撑能力、创新产出能力、创新效益4个一级指标和10个二级指标、30个三级指标;系统建构了三级模糊AHP评价模型,对公路交通科技创新能力进行了较为科学的评价,并选取H省、Y省和S省为样本进行了实证研究。

关键词:公路交通;科技创新能力;模糊AHP模型;评价

中图分类号:F540.33

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)07-0130-04

0 引言

当前,我国科技创新能力评价研究取得了积极成果^[1]。但公路交通科技创新的研究还不充分,周正祥等^[2]提出了公路交通科技创新的必要性、存在的问题、创新重点和政策建议,王辉^[3]研究了美国交通科技创新体系及对我们的启示,黄佳生^[4]研究了公路交通科技创新的目标及对策。因为交通行业的特殊性和评价问题的复杂性,关于公路交通科技创新能力如何进行评价,成果十分匮乏,研究有待深入。本文初步确定了公路交通科技创新能力的评价指标体系,系统建构了模糊AHP评价模型,进行了理论探讨和实证研究,以期对公路交通行业发展提供决策参考意见。

1 公路交通科技创新能力的指标体系

公路交通行业是国家基础性行业,也是服务性行业,对经济社会发展具有重要意义。在综合评价过程中,仅采用一项指标或几项指标无疑具有片面性。建立科学、系统、全面的评价指标体系,是对公路交通科技创新能力进行评价的基本前提。笔者认为,在选择公路交通科技创新能力评价指标时,应当遵循系统性、科学性、可比性和可观测性等一般原则^[5],同时考虑公路交通的行业特点和科技创新的基本要素,本文从创新投入能力、创新支撑能力、创新产出能力、创新效益4个方面确定了30个指标。

(1)创新投入能力指标 U_1 :包括科技活动人员投入强

度 U_{11} (科技活动人员总量 U_{111} 、科技活动人员占从业人员比重 U_{112} 、科技活动人员大学及以上学历密度 U_{113});科技活动资金投入 U_{12} (科技投入占行业投入比重 U_{121} 、科技活动投入资金总量 U_{122} 、科技活动投入资金年增长率 U_{123} 、科技创新主体合理度 U_{124} 、科技活动经费支出效率 U_{125});基本建设 U_{13} (科研仪器设备资产总值年增长率 U_{131})。

(2)创新支撑能力指标 U_2 :包括信息资源平台 U_{21} (数据库数据记录总量 U_{211} 、电子信息利用信息量 U_{212});国际合作 U_{22} (合作研究 U_{221} 、学者互访次数 U_{222} 、信息交换量 U_{223});创新环境与管理 U_{23} (行业教育投入 U_{231} 、产学研合作开发度 U_{232} 、政府服务与管理 U_{233} 、知识产权保护健全度 U_{234})。

(3)创新产出能力指标 U_3 :包括科技成果 U_{31} (专利授权数 U_{311} 、科研论文 U_{312} 、科研专著 U_{313} 、获科技成果奖数 U_{314} 、重大技术产出量 U_{315});科技成果转换 U_{32} (科技成果与行业发展水平适应度 U_{321} 、科技成果转换应用率 U_{322})。

(4)创新效益指标 U_4 :包括经济效益 U_{41} (科技进步对行业的贡献率 U_{411} 、行业部门的贡献率 U_{412});社会效益 U_{42} (万元产值综合能耗降低率 U_{421} 、绿色技术对行业的贡献率、 U_{422} 生活舒适度增加值 U_{423})。

2 公路交通科技创新能力评价的模型建构

层次分析法与模糊综合评判法的结合,主要体现在将评价指标体系分成递阶层次结构,运用AHP确定各指标的权重,然后分层次进行模糊综合评判,最后综合得出总的

收稿日期:2008-11-11

基金项目:交通部科技项目(2007-352-221-030)

作者简介:江登英(1976-),女,湖北襄樊人,武汉理工大学理学院讲师,武汉理工大学经济学院博士研究生,研究方向为产业经济、综合评价;孙国庆(1954-),男,江苏南京人,武汉理工大学经济学院博士研究生,研究方向为产业经济;康灿华(1959-),男,湖南冷水江人,武汉理工大学经济学院教授、博导,研究方向为产业经济。

评价结果^[6]。由于在交通科技创新能力评价中,涉及的评价因素很多,为了尽量全面考虑所有评价因素,在此拟采用三级模糊AHP评价模型。具体构成及步骤如下:

2.1 确定评价指标集

评价指标集是一个由评价指标组成的指标集合,这里按其属性将评价指标集 U 分成 4 个子集,即 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$

且满足: $\bigcup_{i=1}^4 U_i = U, U_i \cap U_j = \Phi (i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, 4)$

2.2 确定各评价指标的权重集

权重系数的确定方法很多,在实际应用中常用的方法有Delphi法(即专家法)、相邻指标比较法、统计方法^[7]和层次分析法^[8]等,在此主要根据层次分析法确定一级指标层 B 对目标层 A 的权重集 A , 和二级指标层 C 对一级指标层 B 的权重集 A_p , 及三级指标层 D 对二级指标层 C 的权重集 A_{pj} , 它们可分别表示为: $A = \{w_1, w_2, w_3, w_4\}; A_p = \{a_i^{(p)}\}; A_{pj} = \{a_j^{(q)}\}$

其中: p 为一级指标层中评价指标个数 ($p=1, 2, 3, 4$), i

为相关二级指标集中评价指标个数 ($i=1, 2, \dots, n_1$), j 为二级指标层 C 中评价指标数目 ($j=1, 2, \dots, n_2$), q 为相关三级指标集中评价指标数目 ($q=1, 2, \dots, n_3$)。

对于公路交通科技创新能力评价系统,根据前面建立的层次分析结构模型,我们采用层次分析法求其权重的具体过程如下:

第一步,层次单排序:

根据专家评判及统计数据,构造出各指标的判断矩阵并进行一致性检验。对于公路交通科技创新能力评价 A 来说,求得数值见表 1。

表1 公路交通科技创新能力评价A的重要性排序值

A	U_1	U_2	U_3	U_4	重要性排序值
U_1	1	3	3	5	0.531
U_2	1/3	1	1/2	1/3	0.099
U_3	1/3	2	1	1/2	0.156
U_4	1/5	3	2	1	0.214

且 $\lambda_{\max}=4.213, CI=0.071, RI=0.90, CR=0.079 < 0.10$ 。

表2 公路交通科技创新能力层次总排序权值

一级指标层 B	权重集 A	二级指标层 C	权重集 A_p	三级指标层 D	权重集 A_{pj}	一级排序 W_i	总排序 W	
公路 交通 科技 创新 能力 评价 (目 标 层 A)	创新投入能力 U_1	0.531	0.528	U_{111}	0.122	0.064	0.034	
				U_{112}	0.320	0.169	0.169	
				U_{113}	0.558	0.295	0.157	
				U_{121}	0.271	0.090	0.048	
	科技活动人员投入强度 U_{11}	0.531	0.528	0.528	U_{122}	0.438	0.146	0.078
					U_{123}	0.086	0.029	0.015
					U_{124}	0.044	0.014	0.007
					U_{125}	0.161	0.054	0.028
	科技活动资金投入 U_{12}	0.531	0.333	0.333	U_{131}	1	0.139	0.074
					U_{211}	0.2	0.072	0.007
					U_{212}	0.8	0.287	0.028
					U_{221}	0.588	0.073	0.007
	基本建设 U_{13}	0.531	0.139	0.139	U_{222}	0.089	0.011	0.001
					U_{223}	0.323	0.040	0.004
					U_{231}	0.085	0.044	0.004
					U_{232}	0.262	0.135	0.013
	信息资源平台 U_{21}	0.099	0.359	0.359	U_{233}	0.516	0.267	0.026
					U_{234}	0.137	0.071	0.007
					U_{311}	0.307	0.153	0.024
					U_{312}	0.041	0.021	0.003
	国际交流与合作 U_{22}	0.099	0.124	0.124	U_{313}	0.075	0.038	0.006
					U_{314}	0.142	0.071	0.011
					U_{315}	0.435	0.217	0.034
					U_{321}	0.5	0.25	0.039
创新支撑能力 U_2	0.099	0.517	0.517	U_{322}	0.5	0.25	0.039	
				U_{411}	0.67	0.335	0.073	
				U_{412}	0.33	0.165	0.035	
				U_{421}	0.250	0.125	0.027	
创新产出能力 U_3	0.156	0.5	0.5	U_{422}	0.593	0.296	0.064	
				U_{423}	0.157	0.079	0.017	
				U_{431}	0.5	0.25	0.039	
				U_{432}	0.5	0.25	0.039	
创新环境与管理 U_{23}	0.517	0.5	0.5	U_{441}	0.67	0.335	0.073	
				U_{442}	0.33	0.165	0.035	
科技成果 U_{31}	0.156	0.5	0.5	U_{421}	0.250	0.125	0.027	
				U_{422}	0.593	0.296	0.064	
科技成果转换 U_{32}	0.156	0.5	0.5	U_{423}	0.157	0.079	0.017	
				U_{431}	0.5	0.25	0.039	
经济效益 U_{41}	0.214	0.5	0.5	U_{432}	0.5	0.25	0.039	
				U_{441}	0.67	0.335	0.073	
创新效益 U_4	0.214	0.5	0.5	U_{442}	0.33	0.165	0.035	
				U_{421}	0.250	0.125	0.027	
社会效益 U_{42}	0.214	0.5	0.5	U_{422}	0.593	0.296	0.064	
				U_{423}	0.157	0.079	0.017	

对于其它的二级指标和三级指标,根据各自的判断矩阵并进行一致性检验后,同理可得权重集 A_{A_p} 和 $A_{A_{pp}}$ (见表2)。

第二步,层次总排序及其一致性检验:

根据上述计算方法及其评定结果(全部通过一致性检验),计算公路交通科技创新能力综合评价总排序值如表2所示。

2.3 确定交通科技创新能力评价指标的评语集

评语集是一个表示评价目标优劣程度的集合,它是评价人对各评价指标所给出的一种语言描述。本模型的评语共分5个等级,具体的评价集为:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{强, 较强, 一般, 较弱, 弱}\}$$

然后对每一个子因素分别作出综合评判。由于以上指标既有定量的,也有定性的,因此在具体评价时根据评价系统自身的特点把定性指标分成不同的水平等级,定量指标分成不同的区间段,并给出统一的标准分值,这里采用一般较流行的标准^[9],如表3所示。

表3 评价指标的标准分值

区间(或等级)	定量指标	定性指标	评语集
5	9	9	v_1 (强)
4	7	7	v_2 (较强)
3	5	5	v_3 (一般)
2	3	3	v_4 (较低)
1	1	1	v_5 (低)

2.4 确定评价对象的模糊评价矩阵

模糊评价矩阵是因素 U 到评语集 V 的一个模糊映射,即对 U 中每一个评价指标 U_{ijk} 进行单指标评价,根据某个考核跨度(考虑数据的可得性,本模型以一年为考核跨度)内的实际数据,并对数据进行适当的处理,求得因素集中各指标对应于 V 中的各种评语的隶属度,从而得到模糊评价矩阵 R_{ij} :

$$R_{ij}^{(k)} = \begin{bmatrix} r_{11}^{(ij)} & r_{12}^{(ij)} & \cdots & r_{1m}^{(ij)} \\ r_{21}^{(ij)} & r_{22}^{(ij)} & \cdots & r_{2m}^{(ij)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1}^{(ij)} & r_{n2}^{(ij)} & \cdots & r_{nm}^{(ij)} \end{bmatrix}^{(k)}$$

($i=1, 2, 3, 4; j=1, 2, \dots, n_1$ (或 n_2 或 n_3))

其中 $r_{st}^{(ij)}$ 表示对 k 个单位 U_{ij} 的评价指标中第 s 个指标作出的第 t 级评语的隶属度($s=1, 2, \dots, n; t=1, 2, \dots, m$)。

2.5 利用模糊矩阵的合成运算,确定综合评价模型

模糊数学中的算子有很多类型,常用的有两种算法:加权平均型和主因素突出型。这两种算法各有特点:加权平均型常用在因素集很多的情形,以避免信息丢失,而主因素突出型常用在所统计的数据相差很远的情形,以防止其中“调皮”数据的干扰。基于本模型的性质,我们这里选用加权平均型算法 $M(\bullet, +)$,即得 $B=W \circ R$ 。

2.6 确定多个评价对象的综合评价的总结果

根据评价指标的标准分值,对被评价对象的评价结果进行综合排序,利用公式 $Z_p = \sum_{i=1}^m b_i^{(p)} v_i$ (这里 p 表示被评价对

象的个数)选出最优者。

3 公路交通科技创新能力评价的实证研究

根据《交通部科学技术统计》(考虑数据的可得性,以2005年作为考核跨度),我们选取H省、Y省和S省3个不同的评价对象的公路交通科技创新能力进行综合评价。在获得各评价指标的数据并处理后,按上述评价指标的标准分值及评语集对H省公路交通科技创新能力中各指标进行评判,建立模糊评判矩阵:

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0 & 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.72 & 0.14 & 0.1 & 0.04 & 0 \\ 0.2 & 0.68 & 0.1 & 0.02 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_{12} = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.15 & 0.1 & 0.75 & 0 & 0 \\ 0.65 & 0.2 & 0.1 & 0.05 & 0 \\ 0.07 & 0.13 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \\ 0.09 & 0.1 & 0.71 & 0.06 & 0.04 \end{bmatrix}$$

$$R_{13} = [0.2 \quad 0.59 \quad 0.2 \quad 0.01 \quad 0],$$

$$R_{21} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \\ 0 & 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{22} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.7 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.15 & 0.05 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix},$$

$$R_{23} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.01 & 0.4 & 0.4 & 0.14 & 0.05 \\ 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.05 & 0.05 \\ 0.05 & 0.22 & 0.63 & 0.08 & 0.02 \end{bmatrix}$$

$$R_{31} = \begin{bmatrix} 0 & 0.08 & 0.4 & 0.42 & 0.1 \\ 0 & 0.65 & 0.25 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.47 & 0.43 & 0.05 & 0.05 \\ 0.1 & 0.7 & 0.18 & 0.02 & 0 \\ 0.2 & 0.65 & 0.1 & 0.05 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_{32} = \begin{bmatrix} 0.05 & 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.15 \\ 0.07 & 0.25 & 0.45 & 0.2 & 0.03 \end{bmatrix}$$

$$R_{41} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.48 & 0.1 & 0.02 \\ 0.01 & 0.28 & 0.42 & 0.2 & 0.09 \end{bmatrix},$$

$$R_{42} = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.38 & 0.50 & 0.02 & 0 \end{bmatrix}$$

3.1 分层作综合评价

$$\text{令 } R_1 = \begin{bmatrix} R_{11} \\ R_{12} \\ R_{13} \end{bmatrix}, R_2 = \begin{bmatrix} R_{21} \\ R_{22} \\ R_{23} \end{bmatrix}, R_3 = \begin{bmatrix} R_{31} \\ R_{32} \end{bmatrix}, R_4 = \begin{bmatrix} R_{41} \\ R_{42} \end{bmatrix}.$$

根据上述权重及综合评价模型 $B_1 = W_1 \circ R_1$,对H省、Y省、S省的创新投入能力得出二级综合评价:

$$B_1^{(1)} = W \circ R_1^{(1)} = (0.318, 0.388, 0.251, 0.039, 0.004)$$

$$B_1^{(2)} = W \circ R_1^{(2)} = (0.282, 0.417, 0.203, 0.079, 0.019)$$

$$B_1^{(3)} = W \circ R_1^{(3)} = (0.559, 0.185, 0.247, 0.008, 0.001)$$

根据最大隶属度原则,H省、Y省、S省的创新投入能力分别为“较强”、“较强”、“强”。同理,H省、Y省、S省的创新支撑能力分别为“一般”、“一般”、“较强”,创新产出能力分别为“一般”、“一般”、“强”,创新效益分别为“一般”、“一般”、“较强”。

3.2 高层次的综合评价

$$\text{令 } R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \end{bmatrix}, \text{ 根据上述权重及综合评价模型 } M(\bullet, +),$$

计算得出H省的公路交通科技创新能力评价结果:

$$B^{(1)} = W \circ R^{(1)} = (0.196, 0.338, 0.341, 0.096, 0.029)$$

同理可得出Y省、S省的公路交通科技创新能力评价结果:

$$B^{(2)} = W \circ R^{(2)} = (0.179, 0.338, 0.314, 0.129, 0.040)$$

$$B^{(3)} = W \circ R^{(3)} = (0.393, 0.267, 0.291, 0.041, 0.008)$$

根据最大隶属度原则,H省、Y省、S省的公路交通科技创新能力分别为“一般”、“较强”、“强”。

为评出三者中的最优者,在对应的评语集V中,利用公式:

$$Z_k = \sum_{i=1}^5 b_i^{(k)} v_i \quad (k=1, 2, 3)$$

得出: $Z_1=6.152, Z_2=5.974, Z_3=6.992$ 。

因此,三者的公路交通科技创新能力综合评价按降序排列为:S省、H省、Y省。

4 结语

总之,我们对公路交通科技创新能力评价问题系统构建了三级模糊AHP评价模型,评价结果基本反映出被评价

对象的实际状况,且实证表明该评价模型具有较强的可行性和可操作性,既可用于横向比较,即对不同地区的公路交通科技创新能力进行评价,也可用于纵向比较,即对同时期的公路交通科技创新能力进行评价和排序,因而可以进行运用,并在实践中加以完善。

参考文献:

- [1] 李宗璋,林学军.科技创新能力综合评价方法探讨[J].科学管理研究,2002(5):8-11.
- [2] 周正祥,王跃明.论我国公路交通科技创新[J].发明与创新,2004(12):6-7.
- [3] 王辉.美国交通科技创新体系及对我们的启示[J].中国软科学,2000(4):51-56.
- [4] 黄佳生.公路交通科技创新的目标及对策[J].公路与汽运,2002(4):65-66.
- [5] 郭亚军.综合评价理论、方法及应用[M].北京:科学出版社,2007:6-7.
- [6] 杜栋,庞庆华.现代综合评价方法与案例精选[M].北京:清华大学出版社,2005:146.
- [7] 胡永宏,贺思辉.综合评价方法[M].北京:科学出版社,2000:40-45.
- [8] 赵焕臣,许树柏.层次分析法——一种简易的新决策方法[M].北京:科学出版社,1986:40-67.
- [9] 赵维双,等.技术扩散效果的模糊综合评价模型研究[J].沈阳工业学院学报,2001,20(1):78.

(责任编辑:陈晓峰)

Research on Evaluation of Highway Traffic Scientific and Technological Innovation capability Based on Fuzzy AHP Model

Jiang Dengying^{1,2}, Sun Guoqing², Kang Canhua²

(1. School of Science, Wuhan University of Technology, Wuhan 430072, China;

2. School of Economics, Wuhan University of Technology, Wuhan 430072, China)

Abstract: According to the industrial characteristics of highway traffic and the basic elements of S&T innovation, an index system including 4 first-class indices, such as the input capability for innovation, the support capability for innovation, the output capability for innovation, innovative benefit, 10 second-class and 30 third-class indices is designed. Then constructing systematically a third-class fuzzy AHP evaluation model, the highway traffic S&T innovation capacity is scientifically evaluated. Moreover the empirical research is made selecting H, Y and S Province for samples.

Key Words: Highway Traffic; Scientific and Technological Innovation capacity; Fuzzy AHP Model; Evaluation