

层次分析法用于产学研联合模式效益评估的研究

李大光, 崔英德, 蔡立彬, 黎碧娜

(广东工业大学 轻工化工学院, 广东 广州, 510090)

摘要: 阐述了层次分析法用于产学研联合评估的依据, 并以湛江市精细化工工程研究中心为例, 运用层次分析法的原理, 对产学研联合模式效益进行了综合评价。

关键词: 层次分析法; 产学研; 评估; 应用

中图分类号: N939; N945. 16

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2001)02-0066-05

层次分析法^[1, 2] (The Analytic Hierarchy Process, 简写 AHP) 是当前应用较为广泛的系统分析方法之一. 它的主要思想是: 首先找出解决问题所涉及的主要因素, 将这些因素按其关联隶属关系构造成递阶层次模型, 通过层次结构中各因素之间相对重要性判断以及简单的排序计算解决问题. 它的特点在于:

①将问题层次化, 使内部关系复杂的系统形成一个由目标到所需要解决问题的多层次、清晰的分析结构体系, 使大量相互关联的因素关系层次化、条理化, 并能区分每个因素各自对评估目标影响的重要程度;

②能够将定性分析与定量分析有机地结合起来, 既可避免繁杂的数学运算, 又可克服定性分析时的含糊及主观因素影响, 使定性因素得到更科学的量化, 并且该方法能够通过数学手段检查和纠正在系统分析过程中判断思维的不一致性;

③由于层次分析结构模型的建立, 使得许多指标及输出结果含义明确, 便于解释. 并且输出方式灵活, 可实现综合输出与分块输出两种输出功能.

1 AHP 法用于产学研联合评估的依据

1.1 测度原理

通常, 对产学研联合评估系统测度的属性特点为: ①大多数具有相对性而无法确定统一的标准; ②评估系统缺少必须的测度工具而需要人为的判断.

针对这些特点, 层次分析法提出了测度决策因素的基本方式, 即充分利用人的经验和判断, 采用相对标度进行两两比较, 从而可对有形与无形、可定量与不可定量的因素进行测度. 在某种程度上, 层次分析法解决了产学研联合评估系统某些现象的测度和建模问题, 提供了评估思维的一种新方法.

1.2 递阶层次结构

层次分析法可将复杂的结构问题分解成它的组成因素. 每一个因素可称为元素, 按照属性的不

收稿日期: 2000-05-23

作者简介: 李大光(1956), 男, 副教授; 主要研究方向: 无机功能材料.

同把这些元素分组形成互不相交的层次,上一层次元素对相邻的下一层次的全部或部分元素起支配作用,形成按层次自上而下的逐层支配关系.具有这种性质的层次称为递阶层次.递阶层次原则是人的思维活动的主要特点,因此,在评估中引入层次分析法的递阶层次结构,是有许多明显的优点.

1.3 排序原理

层次分析法的排序问题,实质上是一组元素两两比较其重要性,计算元素相对重要性的测度问题.设由元素两两比较得到的重要性测度表示为判断矩阵:

$$A = (a_{ij})_{n \times n},$$

显然,矩阵具有如下的性质:

$$a_{ij} > 0, a_{ij} = 1/a_{ji}, \quad (1)$$

称 A 为正的互反矩阵,这是判断矩阵的必然性质.

在两两因素的比较中,一般地说,若一个互反矩阵 A 满足

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}, \quad j, i, k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

则称 A 为一致性矩阵.在排序原理中,通常不能保证判断矩阵为一致性矩阵.

当判断规则具有一致性条件时,通常经由

$AW = \lambda_{\max} W$ 来代表权函数 $W(A) = [W_1(A), \dots, W_n(A)]^T$, 其中 $\sum_{j=1}^n W_j(A) = 1$. 这是排序的特征根方法.

2 AHP 法在产学研联合评估中的应用

2.1 建立系统的层次结构模型

层次结构模型的建立是层次分析法中的关键一步,在充分掌握资料和广泛听取意见的基础上,将要研究的问题分解为目标、准则、子准则、指标、方案、措施等不同层次,用框图形式说明层次的内容、递阶结构和因素之间的从属关系.当某个层次包含的因素较多时,可将其进一步划分若干子层次便于处理.通常,递阶结构的层次数与复杂性程度以及所要分析的详尽程度有关.

2.2 构造判断矩阵及层次单排序计算

在建立出递阶层次结构后,上下层次之间的元素隶属关系就已确定.接下来就要构造判断矩阵.判断矩阵元素的取值,反映了人们对各因素相对重要性(优劣、偏好、强弱等)的认识.一般采用 1-9 及其倒数的标度方法.当相互比较具有实际意义时,判断矩阵的相应元素也可取比值形式.判断矩阵的一般形式如右式所示.

$$\begin{bmatrix} A_k & B_1 & B_2 & B_3 & \dots & B_n & K_K(i) & H_K(i) \\ B_1 & b_{11} & b_{12} & b_{13} & \dots & b_{1n} & \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n b_{1j}} & K(1) / \sum_{i=1}^n K(i) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ B_l & b_{l1} & b_{l2} & b_{l3} & \dots & b_{ln} & \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n b_{lj}} & K(l) / \sum_{i=1}^n K(i) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ B_n & b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} & \dots & b_{nn} & \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n b_{nj}} & K(n) / \sum_{i=1}^n K(i) \end{bmatrix}$$

其中, A_k 为因素 $B_1, B_2, \dots, B_n$ 上一层次中某一因素, $K_K(i)$ 为矩阵中各行元素乘积的 n 次根, $H_K(i)$ 则是 $K_K(i)$ 的归一化值,也是矩阵行(或列)中所对应元素的单排序的权值, b_{ij} 为 B_i 与 B_j 相比较相对重要程度的表征值,其取值规则见表 1.

表 1 判断矩阵的标度及含义

标 度	含 义
1	表示两个因素相比, 具有同样的重要性.
3	表示两个因素相比, 一个因素比另一因素略为重要.
5	表示两个因素相比, 一个因素比另一因素明显重要.
7	表示两个因素相比, 一个因素比另一因素相当重要.
9	表示两个因素相比, 一个因素比另一因素极端重要.
2、4、6、8	相邻程度的中间值
倒数	因素 i 与 j 比较判断值 b_{ji} , 则 j 与 i 比较的判断值 $b_{ij} = 1/b_{ji}$

在判断矩阵最后一列的计算 $H(i)$ 之值, 就是某一层次元素相对于上一层次相关要素重要性的单排序计算结果.

2.3 进行层次的总排序

计算同一层次所有因素相对最高层(总目标)重要性的排序权值计算, 称为层次总排序. 这一过程是由最高层次到最低层次逐层进行的.

一般地说, 若上一层次包含 m 个因素 $A_1, A_2, \dots, A_m$, 其层次总排序权值分别为 $W_1, W_2, \dots, W_m$, 下一层次包含有 n 个因素 $B_1, B_2, \dots, B_n$, 它们相对因素 A_k 的单排序权值分别为 $H_k(1), H_k(2), \dots, H_k(n)$ (当 B_1 与 A_k 无关联时, 取 $H_k(i) = 0$). 此时 B 层总排序权值 $W_B(i)$ 由表 2 给出.

表 2 总排序计算矩阵

	A_1	A_2	...	A_m	$W_B(i)$
	W_1	W_2	...	W_m	
B_1	$H_1(1)$	$H_2(1)$	...	$H_m(1)$	$\sum_{k=1}^m H_k(1) W_k$
B_2	$H_1(2)$	$H_2(2)$	...	$H_m(2)$	$\sum_{k=1}^m H_k(2) W_k$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
B_n	$H_1(n)$	$H_2(n)$	...	$H_m(n)$	$\sum_{k=1}^m H_k(n) W_k$

由此可见, 在最高层次(总目标)只有一个因素的情况下, 第二层相对于最高层次单排序计算值便是该层次诸因素层次总排序的权值. 这样, 整个计算就可以自上而下进行了.

2.4 一致性检验及调整

应用层次分析法, 保持判断思维的一致性是为了评价单排序和总排序的计算结果是否具有满意的一致性, 还应进行一定形式的检验^[3, 4]. 必要时, 还应判断矩阵作出调整.

3 评估中 AHP 法应用实例

3.1 实例概况

名称: 湛江市精细化工工程研究中心(产学研联合体)
成立时间: 1997 年 1 月
模式属类: 学校与企业紧密型人才培养与技术开发联合体.
概况: 该联合体是由广东工业大学轻工化工学院(原化工系)与广东湛化企业集团公司联合

组成. 广东工业大学轻工化工学院有教师 50 余人, 具有高级职称者 3/5 以上、博士 13 人、硕士点 2 个, 学术科研力量较强, 但受到大型中试实验场地的限制, 影响了一些科研项目的进行和成果转化. 广东湛化企业集团公司有员工 4000 余人, 技术人员约 500 人, 高级职称者达 60 人, 生产条件及实验场地好, 但高学位(硕士以上)者人数较少, 并且精细化工领域创新开发能力相对较弱、适销对路的精细化工产品相对较少. 校企联合后, 学校为企业培养研究生学力者 42 人, 精细化工产品多个, 仅 4 万吨磷酸氢钙生产工艺一项, 年产值达 8000 万元, 纯利润 800 万元; 每年反馈给学校研究经费 200 万元. 企业每年为学校接纳学生实习 200 人次左右, 学校并将成果内容充实于教学内容中. 学校在人才培养和科研方面也获得了很好的效果.

3.2 评估组织

- 1) 成立评估小组.
- 2) 选择专家. 由评估小组根据评估对象, 分别从参与联合的学院及企业方面的领导、科研人员中选择 10 位代表组成答卷组.

3.3 评估实施

- 1) 根据评估对象和专家的意见, 确定 $W_{c3}+ W_{c4}+ W_{c5}= 1$.
- 2) 将评估指标体系和评估打分标准发给 10 位专家, 请他们对评估对象按各项指标打分. 由

表 3 产学研联合评分结果表

代号	$W_D(i)$	评 分 标 准						评分
		0	2	4	6	8	10	
D_1	0.08613	无作用	稍有作用	有一定作用	有较大作用	作用很大	作用极大	8.47
D_2	0.08918	无关系	稍有关系	部分结合	结合较密切	结合很密切	完全结合	7.63
D_3	0.05191	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	8.71
D_4	0.04083	不解决	解决 10% 左右	解决 20% 左右	解决 40% 左右	解决 60% 左右	解决 80% 左右	9.04
D_5	0.06614	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	8.26
D_6	0.04289	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	8.66
D_7	0.04284	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	7.57
D_8	0.08118	不解决	解决 10% 左右	解决 20% 左右	解决 40% 左右	解决 60% 左右	解决 80% 左右	8.22
D_9	0.04653	无影响	稍有提高	有一定提高	提高较大	提高很大	提高极大	6.55
D_{10}	0.05393	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	9.44
D_{11}	0.6515	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用很大	6.72
D_{12}	0.02468	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	8.67
D_{13}	0.01234	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	7.18
D_{14}	0.03017	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	6.11
D_{15}	0.03253	无效益	稍有效益	有一定效益	效益明显	效益很大	效益极大	8.77
D_{16}	0.03253	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	8.30
D_{17}	0.06506	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	8.20
D_{18}	0.04946	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	7.78
D_{19}	0.03386	无效益	稍有效益	有一定效益	效益明显	效益很大	效益极大	
D_{20}	0.03386	无效益	稍有效益	有一定效益	效益明显	效益很大	效益极大	
D_{21}	0.00622	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	
D_{22}	0.00622	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	
D_{23}	0.00622	无作用	稍有作用	有一定作用	作用较大	作用很大	作用极大	

于社会服务目标中只选取了“学校效益”,“科研单位效益”和“企业效益”三项,故其它项不评估.专家具体打分表略.

3) 根据 10 位专家的打分表,对每项指标的得分进行数据处理,去掉最低与最高分再平均,得到表 3 的结果(见上页).

4) 将表 3 的打分综合结果,按文献[4]所给出的计算参考程序进行计算,得到下列结果:

总目标得分: 8.07	教育目标得分: 8.20
科技目标得分: 8.01	社会服务目标得分: 7.99
促进教育改革分目标得分: 8.12	人才培养分目标得分: 8.37
科学研究分目标得分: 7.92	促进科技体制改革分目标得分: 7.78
高校单位的效益得分: 7.35	科研单位的效益得分: 7.34
企业单位的效益得分: 8.25	

3.4 评估结果分析

从计算结果可以看出,这一产学研联合事例是成功的.无论是哪个目标,都发挥了相当好的作用,在取得效益方面,都收到了好的效果.因此,该联合可在发展中不断提高.

参考文献:

- [1] 宋毅,霍达.现代系统工程基础[M].北京:中国科学技术出版社,1992.176-222.
- [2] 姜璐,蔡维.现代系统工程方法[M].沈阳:沈阳出版社,1993.106-113.
- [3] 李大光,崔英德,蔡立彬,等.层次分析法在产学研联合模式效益评估中的应用[J].广州化工,1999,27(4): 85.
- [4] 崔英德,蔡立彬,李大光,等.产学研联合研究与探索[M].广州:中山大学出版社,1999.273.

Study of the Gauge Method of the Enterprises-University-Institute Union Model Using the Analytic Hierarchy Process

LI Da-guang, CUI Ying-de, CAI Li-bin, LI Bi-na

(Faculty of Light Industry and Chemical Engineering, GDUT, Guangzhou 510090, China)

Abstract: The references of the Analytic Hierarchy Process used to assess the union model of enterprise-university-institute, taking the research centre of Zhanjiang fine chemical engineering as an example, using the basic principle of the Analytic Hierarchy Process, and appraising the union model of the enterprise-university-institute.

Key words: the Analytic Hierarchy Process; enterprise-university-institute union; appraising model; application