

基于层次分析模糊评价法的高校信息化项目 评审体系设计^①

刘孙发 林志兴
(三明学院 现代教育技术中心 福建 三明 365004)

摘 要 当前高校信息化规划过程中, 信息化项目建设缺乏定量化评审, 在资金有限的情况下进行项目择优建设尤为困难。为此, 提出了采用层次分析模糊评价法的评审体系设计, 通过对以成果导向系统、实践教学管理系统、人事系统等不同类型信息化项目的比较, 综合量化得出实施建设的先后次序。研究旨在应用定量决策, 推动高校信息化择优有序实施。

关键字 层次分析; 信息系统; 模糊评价; 高校信息化

Evaluation System Design for University Informatization Project Based on Analytic Hierarchy Fuzzy Comprehensive Evaluation Process

Liu Sunfa, Lin Zhixing

(Center for Modern Education Technology, Sanming University, Sanming, Fujian, 365004, China)

Abstract At present, informatization project construction lacks quantitative evaluation in the process of university informatization plan. It is particularly difficult to select the best project construction in the case

^①基金项目: 2017 年度福建省中青年教师(高校教育信息化专项)科研项目(JAT170553); 福建省高教学会项目(MGJY011)(SUHE1705)

of limited funds. Therefore, the evaluation system design based on analytic hierarchy fuzzy comprehensive evaluation process is put forward. By comparing different types of informatization projects, such as achievement-oriented system, practical teaching management system, personnel system, etc. the order of implementation is synthetically quantified. The purpose is to apply quantitative decision-making to promote the orderly construction of informatization projects in universities.

Key words Analytical Hierarchy Process; Information System; Fuzzy Evaluation; University Informatization

1 引言

党的十九大开启了加快教育现代化建设步伐,现代信息技术与教育教学的深度融合已成时代符号。随着各高校信息化建设的不断深入,打破数据壁垒,各信息系统数据相互融合成为必然需求^[1]。《教育信息化2.0行动计划》就提出要“完善教育管理信息化顶层设计”,地方高校信息化部门面对业务系统信息化建设需求的增加,在建设经费总体紧张的情况下,对申请建设的项目进行评审筛选是不可或缺的环节,评审方法的科学性将极大影响学校整体信息化规划与发展水平^[2]。

目前,针对信息系统的评审方法较少,多集中在不同厂家对同一类型信息系统的评审,这类评审由于类型相同,评价指标可比性较强,从中选择出适合本校的信息系统也较为容易。然而,不同类型的信息系统相同的指标做横向定量比较就非常困难,虽然部分指标可精确量化,但多数指标不可量化且只能使用模糊性语言进行描述,最终综合评审结果也是不可量化的数值,导致评审结果受评审专家的个人主观性影响较大,在公正性、全面性、适用性等方面有所欠缺^[3-4]。

笔者采用层次分析模糊评价法,建立目标层、准则层、方案层的层次结构模型,利用信息系统常规五项评价指标:系统功能范围、信息资源开发与利用度、系统投资额、系统增值效益、系统安全与保密性^[5]等来构建合理的

准则层,采用信息化专家对各指标两两比较进行打分的方式来构造判断矩阵进而得出指标的相对权重。通过建立合理的评价指标与科学的评审模型从而适应高校不同信息系统的评审方法,以提高高校信息系统评审的公正性、全面性、适用性、科学性。

2 层次分析法概念与基本步骤

2.1 层次分析法概念

层次分析法是定量和定性相结合的、系统的、层次化的评价方法,由美国运筹学家撒汀(T.L.Saaty)等人提出。该方法是研究复杂问题的本质及各因素的内在关系,利用少量的定量因素,应用数学的思维对目标多、准则不一以及结构复杂的问题进行简便分析与决策的有效方法^[6]。

2.2 层次分析法的主要步骤

(1) 构造层次结构模型。

首先确定目标层,即厘清决策的目的、所要解决的问题;其次设置对目标造成影响的因素,即准则层的建立;最后选择参与决策的备选方案,即方案层的确立,将问题按照不同的组成因素进行分解,因素间根据隶属或关联关系聚集成多层次结构,最终解决方案层优劣次序的排序问题。

(2) 建立判断比较矩阵。

构造准则层信息化项目评价的各因素关于目标层重要性评审判断矩阵,及与构造方案层相对于准则层某一因素重要性两两比较的判断

矩阵。

(3) 层次单排序及其一致性检验

构造判断矩阵 A ，求出 A 特征值 λ_{max} ，再利用特征方程 $AW=\lambda_{max}W$ 求出特征向量值 W ，然后将特征向量 W 进行归一化，得到 $W=(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ ，则 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ 可表示为各下层因素相对于上一层的对应因素的重要性权重，表示为层次单排序^[7]。

由于人们认识的主观片面性及对客观事物评判的复杂性，在构造判断矩阵过程中，有可能造成建立的判断矩阵存在不一致性，假设一个 n 阶矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$ ，其中由 x_i 与 x_j 相比得

到 a_{ij} ，若 A 是一致的，则满足 $a_{ij} a_{jk}=a_{ik}$ ， $i, j, k=1, 2, \dots, n$ 。同时记矩阵 A 的一致性指标为 C ，且 $C=(\lambda_{max}-n)/(n-1)$ ，当 $\lambda_{max}=n$ 时， $C=0$ ，判断矩阵存在一致性，但在应用中，判断矩阵通常会有不一致性的情况出现，表现为 C 的值越大，其不一致性程度越高，用 R 的数值表示随机一致性指标值，且 $R=(\bar{\lambda}_{max}-n)/(n-1)$ ， $\bar{\lambda}_{max}$ 为 n 阶随机正反矩阵最大特征值的平均值^[8]。根据T.L.Saaty经验得到，若随机一致性指标 $C_R=C/R < 0.1$ ， A 的不一致性是可以接受的。不同 n 对应的随机一致性指标 R 的值如表1所示。

表1 指标 R 的值^[9]

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

(4) 检验层次总排序一致性

方案层的各因素对于目标层的相对重要性权重称为层次总排序，假设目标层为 G ，准则层 X 包含 m 个因素 X_1, X_2, \dots, X_m ，它们关于 G 的权重为 x_1, x_2, \dots, x_m ，准则层的下一层方案 Y 包含 n 个因素 Y_1, Y_2, \dots, Y_n ，它们是关于 X_i 的权重为 $y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in}$ ，那么 Y_1, Y_2, \dots, Y_n ，关于 G 的权重为 z_1, z_2, \dots, z_n ，其中 $z_j=\sum_{i=1}^m x_i y_{ij}$ ， $j=1, 2, \dots, n$ 。

检验层次总排序一致性有效性，设 Y 层的 n 个因素 Y_1, Y_2, \dots, Y_n 关于上一层 X_i 的层次单排序一致性指标为 C_i ，随机一致性指标为 R_i ，那么 Y_1, Y_2, \dots, Y_n ，关于 G 的组合其一致性指标为 $C_R=\sum_{i=1}^m x_i C_i / \sum_{i=1}^m x_i R_i$ ，当 $C_R < 0.1$ 时，层次总

排序具有比较满意的一致性。

3 层次分析法在信息化项目建设评审中的应用

3.1 建立高校信息化项目建设评审层次结构模型

将决策的目标设置为信息化项目建设评审 G ，考虑的准则因素定为系统常规五项评价指标，分别为：系统功能范围 X_1 ，信息资源开发与利用度 X_2 ，系统的投资额 X_3 ，系统增值效益 X_4 ，系统安全与保密性 X_5 ，决策对象的方案从多个信息系统选出，它们为：成果导向系统 Y_1 、实践教学管理系统 Y_2 、人事系统 Y_3 。整体层次结构如图1所示。

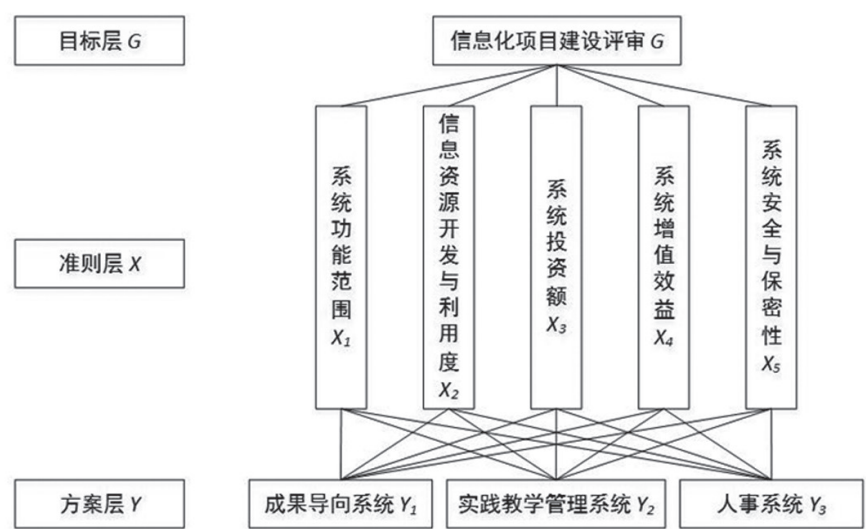


图1 层次结构图

各层次的因素如果只根据定性的结果确定权重，评价结果误差偏大；若使用一致矩阵法，相对尺度进行两两比较，通常可以最大可

能性地减少不同性质因素进行比较的难度，评价结果误差会减小。判断矩阵元素 a_{ij} 的标度如表2所示。

表2 判断矩阵信息化项目评价元素 a_{ij} 的标度重要性说明

标度	说明
1	两个因素相比同样重要
3	两个因素相比，一个比另一个稍微重要
5	两个因素相比，一个比另一个明显重要
7	两个因素相比，一个比另一个强烈重要
9	两个因素相比，一个比另一个极端重要
2, 4, 6, 8	介于上述两个相邻标度之间
倒数	$a_{ij}=1 / a_{ji}$

注：本表参照文献 [10] 中表1编制

根据判断矩阵的参考标度，构造信息化项目建设评审重要性判断矩阵G：

$$G=\begin{bmatrix} 1 & 2 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} \\ 3 & 2 & 1 & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} \\ 4 & 5 & 5 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

对层次单排序及其一致性校验, 判断矩阵 G 的最大特征值相应的特征向量为 W 并且用和法计算得出:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} \\ 3 & 2 & 1 & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} \\ 4 & 5 & 5 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{每一列归一化}} \begin{bmatrix} \frac{2}{21} & \frac{2}{13} & \frac{2}{53} & \frac{5}{43} & \frac{3}{26} \\ \frac{1}{21} & \frac{1}{13} & \frac{3}{53} & \frac{4}{43} & \frac{2}{26} \\ \frac{6}{21} & \frac{2}{13} & \frac{6}{53} & \frac{4}{43} & \frac{3}{26} \\ \frac{8}{21} & \frac{5}{13} & \frac{30}{53} & \frac{20}{43} & \frac{12}{26} \\ \frac{4}{21} & \frac{3}{13} & \frac{12}{53} & \frac{10}{43} & \frac{6}{26} \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{行和}} \begin{bmatrix} \frac{14}{27} \\ \frac{33}{94} \\ \frac{51}{67} \\ \frac{70}{31} \\ \frac{10}{9} \end{bmatrix}$$

$$\xrightarrow{\text{归一化}} \begin{bmatrix} 0.104 \\ 0.070 \\ 0.152 \\ 0.452 \\ 0.222 \end{bmatrix}, \text{ 得到 } W=(0.104, 0.070,$$

$0.152, 0.452, 0.222)^T$ 。又有 $GW=(0.104,$
 $0.070, 0.152, 0.452, 0.222)$

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} \\ 3 & 2 & 1 & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} \\ 4 & 5 & 5 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

则: $GW=(0.519, 0.363, 0.805, 2.423,$
 $1.171)$

判断矩阵 G 的最大特征值

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(GW)_i}{nw_i} = \frac{1}{5} (0.519 + 0.363 + 0.805 + 2.423 + 1.171) = 5.218,$$

$$\text{一致性指标 } C = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5.218 - 5}{5 - 1} = 0.054;$$

由于随机一致性比例 $C_R = \frac{C}{R} = \frac{0.054}{1.12} = 0.049 < 0.1$ 。

因此可以得出, 系统功能范围 X_1 , 信息资源开发与利用度 X_2 , 系统的投资额 X_3 , 系统增值效益 X_4 , 系统安全与保密性 X_5 的权重为 $(0.104, 0.070, 0.152, 0.452, 0.222)$ 。

方案层中, Y_1, Y_2, Y_3 相对于 X_n 的重要性判断矩阵为 X_n ,

$$X_1 = \begin{bmatrix} 1 & 8 & 4 \\ \frac{1}{8} & 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & 2 & 1 \end{bmatrix}, X_2 = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 2 \\ \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 2 & 1 \end{bmatrix},$$

$$X_3 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} \\ 4 & 1 & 2 \\ 2 & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}, X_4 = \begin{bmatrix} 1 & 6 & 2 \\ \frac{1}{6} & 1 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{2} & 3 & 1 \end{bmatrix},$$

$$X_5 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

用和法计算判断矩阵 X_1 的最大特征值对应的特征向量, $W_1=(0.727, 0.091, 0.182)^T$, $\lambda_{\max}=3, C=0, C_R=0<0.1$, 即成果导向系统、实践教学管理系统、人事系统关于系统功能范围 X_1 的权重为: $(0.727, 0.091, 0.182)$ 。
 X_2 的最大特征值相对应的特征向量, $W_2=(0.571, 0.143, 0.286)^T, \lambda_{\max}=3, C=0, C_R=0<0.1$, 即成果导向系统、实践教学管理系统、人事系统关于信息资源开发与利用度 X_2

的权重为：(0.571, 0.143, 0.286)。X₃的最大特征值相对应的特征向量， $W_3=(0.143, 0.571, 0.286)^T$ ， $\lambda_{max}=3$ ， $C=0$ ， $C_R=0<0.1$ ，即成果导向系统、实践教学管理系统、人事系统关于系统投资额X₃的权重为：(0.143, 0.571, 0.286)。X₄的最大特征值相对应的特征向量， $W_4=(0.6, 0.1, 0.3)^T$ ， $\lambda_{max}=3$ ， $C=0$ ， $C_R=0<0.1$ ，即成果导向系统、实践教学管理系统、人事系统关于系统增值效益X₄的权重为：(0.6, 0.1, 0.3)。X₅的最大特征值相对应的特征向量， $W_5=(0.2, 0.4, 0.4)^T$ ， $\lambda_{max}=3$ ， $C=0$ ， $C_R=0<0.1$ ，即成果导向系统、实践教学管理系统、人事系统关于系统安全性与保密性X₅的权重为：(0.2, 0.4, 0.4)。

层次总排序为：

$$(0.104, 0.070, 0.152, 0.452, 0.222) \begin{bmatrix} 0.727 & 0.091 & 0.182 \\ 0.571 & 0.143 & 0.286 \\ 0.143 & 0.571 & 0.286 \\ 0.6 & 0.1 & 0.3 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 \end{bmatrix} = (0.453, 0.240, 0.307)。$$

即建设成果导向系统的支持率占比为45.3%，建设实践教学管理系统支持率占比为24%，建设人事系统的支持率占比为30.7%。

4 结语

本文给出了基于层次分析模糊评价法的信息化项目评审体系的设计方法，即准则层由高校信息化领导小组通过客观比较得出相对重要性的判断矩阵，并应用于所有参加评审的信息系统；方案层相对于准则层各指标的重要性由信息化专家进行评审得出，从而对所有申报建设的信息项目进行定量化评审。该方法有利于提高信息化项目评审过程的可操作性、评审程

序的公正性、评审结果的科学性，也有利于高校信息化全局设计和有限资金的统筹安排^[11]。

参考文献

- [1] 徐琦. 基于大数据的高校数据整合模式研究[J]. 中国教育信息化, 2015(15): 60—63.
- [2] 岳清, 郝保水, 侯霞. 基于模糊层次分析法的评价选优系统设计[J]. 北京信息科技大学学报(自然科学版), 2017, 32(05): 24—28, 33.
- [3] 余建农, 覃庆玲, 胡俊. 银行信息系统项目后评估模型与评分卡设计研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2016, 50(06): 867—874.
- [4] 芮平亮. 信息系统顶层设计技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [5] 刘仁山, 孟祥宏. 信息系统安全评价方法[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2013, 32(11): 1517—1522.
- [6] 李国平. 长春市生鲜农产品物流系统全面绩效评价体系研究[D]. 吉林大学, 2011.
- [7] 焦宝臣, 陈诗明, 刘振昌, 杨阳, 张四海. 研究生管理信息系统应用效果评价研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2017, 38(02): 9—12.
- [8] 连高社. 数学模型在高校院系综合评价中的应用[J]. 太原师范学院学报(自然科学版), 2016, 15(04): 17—22.
- [9] 毛铭桦. 层次分析法在高职院校教学质量评价指标体系中的应用[J]. 统计与管理, 2015(08): 38—39.
- [10] 王洪伦, 张邦双, 张东玖, 叶欣. 基于层次分析法的腐蚀影响因素综合评价[J]. 腐蚀

与防护, 2019, 40(01): 66—70.

- [11] 王宇, 吴炜鑫, 王兴伟. “互联网+”下高校信息化建设模式的探索与研究[J]. 计算机应用与软件, 2016, 33(11): 41—45.