

基于信息熵的模糊综合评价算法研究

吴昌钱¹ 郑宗汉²

(泉州师范学院软件学院 泉州 362000)¹ (华侨大学计算机科学与技术学院 泉州 362000)²

摘要 模糊综合评价已在“内涵明确,外延不明确”的问题上得到普遍的应用。为了提高评价的可信度,降低模糊综合评价过程中存在的主观性,通过计算各指标的信息熵来构建各层指标的权值,并与指标的主观权值结合,从而降低了模糊评价模型中的主观性影响。用基于修正后的模糊算法开发了一个应用系统,以该系统为实例验证了算法的可行性。

关键词 熵,模糊数学,综合评价,评价系统

中图分类号 P315.69 **文献标识码** A

Computer Training Project of the Multistage Fuzzy Comprehensive Evaluation

WU Chang-qian¹ ZHENG Zong-han²

(Software College, Quanzhou Normal University, Quanzhou 362000, China)¹

(College of Computer Science and Technology, Huaqiao University, Quanzhou 362000, China)²

Abstract Fuzzy comprehensive evaluation obtains the universal application in the "clear connotation, denotation not clear" question. In order to improve the credibility of evaluation and reduce the fuzzy comprehensive evaluation of existing in the course of subjectivity, this paper, through calculating of the index to construct the information entropy of each layer of the index weights, and combining the subjective weights of index reduced the fuzzy evaluation model of the subjective influence. Based on the revised fuzzy algorithm, this paper developed an application system and used the system as an example to verify the feasibility of the algorithm.

Keywords Entropy, Fuzzy mathematics, Comprehensive evaluation, Evaluation system

在企业管理、经济管理、社会管理等环境中,随着信息化程度的不断提高,为了提高经营管理决策水平,提高社会资源的有效利用率,我们面对越来越多需要做出综合评价的问题。综合评价的方法很多,其中模糊综合评价就是其中一个有效的方法。模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法。综合评价法是把受到多种因素制约的定性评价转化为定量评价的有效方法。它具有结果清晰、系统性强的特点,能较好地“内涵明确,外延不明确”的问题做出合理的综合评价^[1]。

模糊综合评价的核心是建立评价矩阵及确定评价因素的权重。其特点是建立评价矩阵及确定评价因素的权重都存在主观性^[2]。为了对问题域的评价对象做有效评价,学者们都在研究如何修正模糊评价法,从而提高模糊综合评价在具体问题域应用的可行性,以保证评价结果具有较高的可信度。

评价体系中,不同的评价因素所含的信息量是不一样的,信息量的多少将直接决定评价因素的权重高低。所以,本文借助信息熵这一理论来确定指标权重,对指标的主观权重进行修正,建立基于信息熵的模糊综合评价模型,并以一个应用系统来对所建立的模型做实例分析。

1 基于信息熵建立指标权重

1.1 建立模糊评价的指标集

逐级建立指标集,上级指标为 $U_i, i=1, 2, \dots, n$; 对于 U_i 的下一级指标为 $U_{ij}, j=1, 2, \dots, m$ 。

1.2 使用信息熵理论建立指标权重

在模糊综合评价中,确定各个指标权重的方法有主观赋权法和客观赋权法。在实际应用中,为了降低这种评价中的主观性,使同级指标的权重趋于更加合理,常用的是两种权重方法的连用^[3]。本文采用信息熵对主观估计权重进行修正来建立指标权重^[4-9],步骤如下:

(1)从问题域中随机选取 r 个样本, x_{kij} 为第 k 个样本的第 i 个指标下的第 j 个明细指标的数值 ($k=1, 2, \dots, r; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$)。

$$S_i = \begin{bmatrix} x_{1i1} & x_{1i2} & \dots & x_{1im} \\ x_{2i1} & x_{2i2} & \dots & x_{2im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{ri1} & x_{ri2} & \dots & x_{rim} \end{bmatrix}$$

(2)绝对指标值转化为相对指标值

在评价指标体系中,不同的指标的值域、单位是不一样的,

到稿日期:2012-03-18 返修日期:2012-07-10 本文受 2012 年度院级教改课题 (H32-1205)资助。

吴昌钱 (1978—),男,硕士,讲师,主要研究方向为软件工程, E-mail: wuchangqian3811@sina.com; 郑宗汉 (1943—),男,教授,主要研究方向为软件工程。

而且,有些是消极指标,对于消极指标使用负数来表示。例如,成员出勤情况是以缺勤次数统计,则 x_{kj} 数值为负数。因此,对于绝对指标值采用以下方式进行处理,使其转为相对值:

$$x'_{kj} = \left(\frac{x_{kj} - \min(x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{k3})}{\max(x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{k3}) - \min(x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{k3})} \right) \times 100$$

则 x'_{kj} 为第 k 个样本的第 i 个指标下的第 j 个明细指标的相对值。在接下来的计算中,仍然令 x_{kj} 为 x'_{kj} , S_i 的表达式不变($k=1, 2, \dots, r; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$)。

(3)计算同一指标下某个相对指标值在样本中所占的比重:

$$p_{kj} = \frac{x_{kj}}{\sum_{k=1}^r x_{kj}}$$

式中, $k=1, 2, \dots, r; j=1, 2, \dots, m$ 。

(4)计算第 i 个指标下的第 j 个明细指标的熵值 e_j 。 e_j 体现指标在样本分类中的信息量:

$$e_j = -\frac{1}{\ln(r)} \sum_{k=1}^r p_{kj} \ln(p_{kj})$$

式中,系数定位 $\frac{1}{\ln(r)}$ 的目的是确保 $0 \leq e_j \leq 1$ 。

(5)计算指标差异系数

对于某个指标,指标值的离散程度越大,该指标在评价中的作用越大,此时熵值就越小,权值越大^[2]。所以,可以定义第 i 个指标下的第 j 个明细指标差异系数为:

$$d_j = 1 - e_j$$

当 $d_j = 0$ 时,该指标可以剔除,权重将等于 0。

(6)求第 i 个指标下的所有明细指标权值:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} = \frac{1 - e_j}{m - \sum_{j=1}^m e_j}, 0 \leq W_j \leq 1, \sum_{j=1}^m W_j = 1$$

2 经过信息熵修正的综合模糊评价

2.1 建立问题域评价指标的评语集

指标的评语集 $V = \{v_1 \ v_2 \ v_3 \ v_4 \ v_5\} = \{\text{优, 良, 中, 及格, 不及格}\}$ 。

2.2 修正指标主观权重

为了避免纯粹使用问题域专家给出的指标主观权重产生的偏差,使用信息熵得到的客观权值 W_j 对主观估计权重 θ_j 进行权重的修正:

$$W_j' = \frac{\theta_j W_j}{\sum_{j=1}^m \theta_j W_j}$$

为了便于表达,仍然令 W_j' 记为 W_j , 则可以得到相邻两层指标的权重表达式,上一层指标权重记为 A_a , 下一层记为 A_b , 表示如下:

$$A_a = \{W_{a1}\} = \{W_{a1}, W_{a1}, \dots, W_{an}\}$$

$$A_b = \{W_{bj}\} = \{W_{b1}, W_{b1}, \dots, W_{bm}\}$$

2.3 建立模糊评判矩阵

针对逐级建立的指标集,上级指标为 $U_i, i=1, 2, \dots, n$; 对于 U_i 的下一级指标为 $U_{ij}, j=1, 2, \dots, m$ 。当 U_{ij} 为最后一级指标时,定义 b_{ijt} 为第 i 个指标下的第 j 个明细指标对第 t 个评语的隶属度, b_{ijt} 可以通过评委中作出第 t 个评语的人数比例来确定:

$$R_i = \begin{Bmatrix} b_{i11} & b_{i12} & \dots & b_{i1t} \\ b_{i21} & b_{i22} & \dots & b_{i2t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{im1} & b_{im2} & \dots & b_{imt} \end{Bmatrix}$$

2.4 分层作综合评价

根据下一层指标评判矩阵 R_i 及对应的权重 A_b , 计算出评价向量 B_j :

$$B_j = A_b R_i = \{W_{b1}, W_{b1}, \dots, W_{bm}\} \cdot \begin{Bmatrix} b_{i11} & b_{i12} & \dots & b_{i1t} \\ b_{i21} & b_{i22} & \dots & b_{i2t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{im1} & b_{im2} & \dots & b_{imt} \end{Bmatrix}$$

以评价向量 B_j 构建上层指标的评判矩阵,进而得到更前一级指标的评价向量 Z :

$$Z = A_a R = \{W_{a1}, W_{a1}, \dots, W_{an}\} \cdot \begin{Bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_n \end{Bmatrix}$$

2.5 计算综合得分

在评价指标体系中,赋予各评语具体分数 X_f , 结合上面计算的评价向量就算出综合得分:

$$Q = \sum_{f=1}^t X_f Z_f, f=1, 2, \dots, t$$

3 实例分析

随着社会经济、信息化的快速发展,企业对工科人才技能的要求也不断提高,高校为满足企业对技能型人才的需求,在教学模式上都作了或多或少的调整,充分体现出应用型人才培养模式的特点。比如,在教学计划中加入实训环节,并将实训提到一个相对较重要的位置。实训的具体形式多种多样,但主要还是校企合作,以真实的项目驱动实训的开展。关于如何做好高校实训的学术论文也较多,而关于如何对学生实训中的表现做出一个较为公正的评价的研究并不多。现在,对基于上面已经提出的算法实现的计算机项目实训评价系统做分析。目的在于:一方面旨在弥补关于如何对学生实训中的表现做一个较为公正的评价的研究并不多的缺陷;另一方面为修正后的模糊评价算法提供实例分析。

3.1 建立评价指标体系

在校企合作实训模式中,学校可以将校外较有实力的企业引入学校,也可以将学生送到校外企业进行项目实训。校企间的这种合作,从宏观上看,一方面能使学校的教学得到社会的认可,另一方面能使企业的价值得到提升;从微观上看,学生可以在这种实训模式下把所学的知识掌握得更牢固,能提高学生的技能,获得一定的项目开发经验等。对于学生个人实训成绩的评价,应该从后者去考虑,要求从更为详细、更为具体的、能够区分学生素质高低的评判因素出发,建立一个多级多指标的综合评价体系。

课堂学习一般都是以个人为学习主体,而项目实训大多以项目小组的形式出现。课堂学习侧重评价学生的课堂表现、课后作业完成情况及考试考评成绩的综合评价,缺乏对其动手技能及团队协作能力方面的评价。在计算机项目实训中,侧重的正是对动手技能及团队协作能力方面的综合测评。在关注所提交项目结果的同时,更关注小组成员在整个项目开发过程中所体现出来的素质。也只有对实训过程作为重点进行评价,才能对以小组为单位的实训评价做到科学、合理、高效。

实训考评的内容有数值形式的也有非数值形式的;数值数据有实训过程中阶段性测试形成的成绩、提交电子报告的

成绩等定量数据;非数值数据体现的是定性分析,包括学生对实训积极性、团队的协作与贡献等。不确立学习评价标准和量表就无法进行价值判断和确定被评对象的水平^[1]。根据我校计算机项目分组实训安排情况,建立指标体系。个人最终总成绩包含两部分:小组成绩及个体成绩,所占比例为2:3。小组成绩在提交作品及文档时进行集体评审打分,个人实训过程的成绩则需要采集整个实训过程的数据进行综合评价。所以,对于个人实训过程的成绩采用经过修正的模糊综合评价法来获得。对个体的具体考评指标如表 1 所列。

表 1 个人成绩考核指标体系

测试及提交实验报告成绩 U_1	阶段性测试形成的成绩 U_{11} 提交实训报告成绩 U_{12}
获取技能能力 U_2	上传学习视频数 U_{21} 有效点击视频学习次数 U_{22} 上传有价值技术代码次数 U_{23} 在线提问的次数 U_{24}
个体实训过程成绩	提交开发任务完成情况 U_{31} 对他人技术问题的有效在线回复次数 U_{32} 参与评价他人作品情况 U_{33} 小组同学给出的互评情况 U_{34}
协作能力 U_3	
学习态度 U_4	考勤情况 U_{41} 有效利用电脑的情况 U_{42} 项目指导人员给出的学习态度评价 U_{43}

3.2 系统实现

上面经过改进的评价算法在实训管理系统的小组实训评审模块中得到了运用。接下来以系统采集的数据,选取其中一位同学的数据加以分析说明。系统采集到的经过同质化处理后的个人成绩数据如表 2 所列。

表 2 个人成绩表

指标	U_{11}	U_{12}	U_{21}	U_{22}	U_{23}	U_{24}	U_{31}	U_{32}	U_{33}	U_{34}	U_{41}	U_{42}	U_{43}
成绩	76	80	70	87	60	83	72	78	86	80	95	85	70

由基于信息熵得到的评价指标权重为:

$$A_1 = \{0.78, 0.22\}; A_2 = \{0.18, 0.37, 0.20, 0.25\}; A_3 = \{0.40, 0.21, 0.16, 0.23\}; A_4 = \{0.25, 0.20, 0.55\}$$

$$A = \{0.31, 0.20, 0.22, 0.27\}$$

小组项目评审阶段,根据各位评委给出的等级评价情况得到以下评判矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.286 & 0.571 & 0.143 & 0 \\ 0.143 & 0.429 & 0.429 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0.143 & 0.429 & 0.286 & 0.143 \\ 0.286 & 0.571 & 0.143 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.143 & 0.429 & 0.429 \\ 0.286 & 0.571 & 0.143 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.143 & 0.571 & 0.286 & 0 \\ 0 & 0.286 & 0.571 & 0.143 & 0 \\ 0.286 & 0.714 & 0 & 0 & 0 \\ 0.143 & 0.429 & 0.429 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.714 & 0.286 & 0 & 0 & 0 \\ 0.143 & 0.857 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.143 & 0.429 & 0.429 & 0 \end{bmatrix}$$

计算各层指标的综合评价向量如下:

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = (0.03146 \quad 0.31746 \quad 0.53976 \quad 0.11154 \quad 0)$$

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 = (0.17732 \quad 0.37976 \quad 0.19448 \quad 0.13728 \quad 0.11154)$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 = (0.0786 \quad 0.33017 \quad 0.44698 \quad 0.14443 \quad 0)$$

$$B_4 = A_4 \cdot R_4 = (0.2071 \quad 0.32155 \quad 0.23595 \quad 0.23595 \quad 0)$$

$$Z = A \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix}$$

$$= (0.11842 \quad 0.33382 \quad 0.36826 \quad 0.15751 \quad 0.02231)$$

根据赋予的各评语具体分数 $X = (95, 85, 75, 65, 55)$, 计算综合得分为:

$$S = \sum_{j=1}^5 X_j Z_j = 78.71$$

系统界面如图 1 所示。



图 1

结束语 本文分析了基于信息熵的多级模糊综合评价算法,并以基于这一算法开发的计算机项目实训管理系统为实例进行算法分析验证。根据该管理系统建立的评价指标及系统采集到的数据,验证了该算法对项目小组成员做出的成绩评价是可行性的。

参考文献

- [1] 杜栋,庞庆华,吴炎. 现代综合评价方法与案例精选[M]. 北京:清华大学出版社,2008
- [2] 郭亚军. 综合评价理论、方法及应用[M]. 北京:科学出版社,2007
- [3] 陈亚哲,刘桂珍,刘挺,等. 基于熵权的产品广义质量模糊综合评价[J]. 东北大学学报:自然科学版,2010,31(2):241-244
- [4] 洪月华. 基于模糊综合评价的课堂教学质量数据挖掘[J]. 计算机科学,2008(2):154-156
- [5] 王均霞,陈明选. 高校网络课程学习评价的设计与实现[J]. 中国电化教育,2011(8):70-72
- [6] 于鹏伟,侯红,郝克刚. SRS 质量的多级模糊综合评价算法的研究[J]. 计算机应用研究,2009(2):2492-2494
- [7] 冯峰,许士国,杜丽杰. 基于熵权的洪水资源利用风险效益模糊评价[J]. 中北大学学报:自然科学版,2010,31(3):280-285
- [8] 蓉蓉,陈洪凯,李俊业. 熵权模糊综合评价法在公路洪灾危险性评价中的应用[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版,2010,29(4):587-591
- [9] 胡亦武. 基于模糊熵层次分析法的高等教育国际化策略风险评价模型研究[J]. 华南理工大学学报:社会科学版,2010,12(4):86-90
- [10] 王华秋,罗江. 一种改进的和声搜索模糊聚类算法[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版,2012,26(8):71-78