

模糊数学在综合性实验成绩评价的应用

陈 伟, 张国荣

(安徽理工大学 机械工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要: 介绍了传统的综合性实验课程成绩评价所使用的直接给分方法和加权求和方法, 并解析其所存在的问题, 例如判定困难、主观性强、缺乏科学性等. 针对上述问题, 提出了模糊数学综合评价法, 同时讨论此方法的基本原理、数学模型建立, 并以某大学的机电传动控制综合性实验课程成绩实例, 具体说明了指标评价系统的设立、模糊评价矩阵建立、归一化计算、综合评价值计算的详细过程和模糊综合评价成绩的自动计算程序, 检验了此方法的科学性、可比性与易行性.

关键词: 模糊数学; 综合性实验; 成绩评价; 机电传动控制

中图分类号: G424.75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674 - 5639 (2022) 06 - 0116 - 06

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2022.06.019

The Application of Fuzzy Mathematics in the Evaluation of Comprehensive Experimental Score

CHEN Wei, ZHANG Guorong

(School of Mechanical Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui, China 232001)

Abstract: This paper introduces the direct scoring method and the weighted summation method used in the traditional comprehensive experimental course score evaluation, and analyzes the existing problems, such as difficulty in judgment, strong subjectivity, lack of science, etc. In view of the above problems, a comprehensive evaluation method of fuzzy mathematics is proposed. The basic principle of this method and the establishment of mathematical model are discussed, the establishment of index evaluation system, the establishment of fuzzy evaluation matrix, normalization calculation, the detailed calculation process of comprehensive evaluation value and the automatic calculation program of fuzzy comprehensive evaluation result verify the scientificity, comparability and feasibility of this method with the application of the marks from comprehensive experimental courses of electromechanical drive control of a certain university.

Key words: fuzzy mathematics; comprehensive experiment; performance evaluation; electromechanical drive control

综合性实验课程是高等学校各类工科专业人才培养过程中必不可少的重要环节, 其可充分培养并考查学生运用所学多种理论知识进行综合运用的能力, 还能有效提高学生对实验的兴趣.

综合性实验课程成绩的评价应当按照科学性、客观性的原则, 如此才能充分调动学生做实验的积极性, 提高实验教学质量. 然而, 目前一般的成绩评定办法是实验指导教师按照学生的实验表现、运行结果和实验报告情况来综合决定学生的最终成绩. 但在成绩给定时, 有的学生在某一方面完成地较好, 而在另一方面可能完成的较差, 指导教师多数情况下只能根据感觉给分, 具有较大的随意性、主观片面性, 缺乏合理性和科学性^[1].

为解决上述问题, 本文探讨了一种采用模糊数学综合评价的方法用于评价学生的综合性实验课成绩, 给出了模糊综合评价体系, 讨论了该体系的基本原理和数学模型, 并以某大学机械工程学院学生机电传动控制综合实验课程为例, 对该评价体系进行了实际验证. 最后通过组态软件功能编程实现自动计算, 使成

收稿日期: 2022 - 10 - 21

基金项目: 安徽省教学研究资助项目 (2021yjxm1120).

作者简介: 陈伟 (1964—), 男, 安徽淮南人, 高级实验师, 硕士, 主要从事机电控制研究.

绩评价更加方便、快速和准确.

1 传统综合性实验课程成绩认定方法简述

1.1 常用传统综合性实验课程成绩评价方法

目前综合性实验课程的传统评价方法主要包括下述2种方法. 1) 直接给分方法. 直接给分方法是综合性实验分为几个考核项目制成表格, 每个项目内有若干个等级, 如: 优、良、中、及格和不及格. 根据某个学生的实验情况, 指导老师对各个考核项目进行评分, 最后统计出此学生得分的平均值, 从而确定该学生的综合实验成绩. 2) 加权求和方法. 加权求和方法是直接给分方法的优化, 即在指导老师对各个考核项目指标给分后, 依据反映综合性实验课程的各考核指标的重要性分别赋以相应的权值加权求和, 算出平均分数, 最终给出学生的综合实验课程成绩. 相比直接给分方法, 加权求和方法更能反映学生实际水平.

1.2 现存问题

根据多年实际综合性实验教学的经验, 笔者发现, 在综合性实验课程成绩评价中目前存有如下几个问题. 1) 判定困难. 现行综合性实验课程评价标准是以对某一实验因素进行打分, 此评价方式由于教师很难判定某一因素的分差, 因此判定困难, 导致给出的成绩缺乏客观性和科学性. 2) 主观性强. 实验指导老师难以避免的会对平时学习表现较好同学给予高的印象分. 这对其他学生来说有失公平, 影响了学生学习的主动性与积极性. 3) 评价标准缺乏科学性. 教师对各项指标的权重难以科学制定, 也缺乏对评价内容导向性.

解决上述问题的关键在于如何将关于实验因素的定性评价转变成定量评价. 据此, 本文通过引入模糊数学的分析方法, 提出一种解决综合性实验课程的成绩评价问题的途径.

2 综合性实验课程模糊数学综合评价方法

2.1 模糊数学综合评价体系

模糊数学综合评价体系来自美国自动控制专家 ZADEH L A 在 1965 年提出的模糊集合理论^[2]. 模糊集合理论是对模糊信息进行描述和数字处理的一种专门的数学方法, 其基本原理是在开关量信号接通即绝对真(以 1 表示)和开关量信号断开即绝对假(以 0 表示)中间插入另外的数值, 以此来模拟模糊事物之间不同差异程度的中间变化过程. 也就是采用一个从模糊集合 U 到 $[0, 1]$ 隶属函数来模拟描述模糊概念(如质量好坏、能力高低等)的延伸. 模糊集合理论及应用经 60 多年的不断研究和发展, 获得了相当的进展. 现在已广泛应用在人才评价、教学质量、风险评估、用户满意度和人工智能等众多领域^[3-8].

2.2 模糊综合评价基本原理

模糊综合评价基本原理是对由若干种模糊因素所确定的事件进行综合评价. 模糊综合评价理论是首先确定决定事件评价的影响因素, 再确定影响因素的评价分级标准和影响因素的权值系数. 用模糊划分组成模糊集合, 模糊集合的隶属函数是用数学方法描述模糊划分出的模糊子类^[9]. 通过模糊集合变换的数学原理, 用隶属度标识各影响因素的模糊关系, 从而构成模糊评价矩阵, 再经过复合计算, 最后得出评价对象的评价成绩^[10].

为此, 首先请多位实验指导老师和理论课授课老师对影响综合性实验课程成绩的重要因素进行系统性分析, 制定综合性实验课程成绩评价的指标体系和评定标准. 根据评定标准, 再确定各项评价指标的具体权重系数, 形成科学、客观、合理评价的体系. 然后, 依据实验指导老师对评价指标体系内各项指标的模糊信息, 采用模糊数学的分析方法, 对各项指标模糊综合评价, 再按照最大隶属的原则, 综合各项实验的评价成绩, 即可得到该学生的综合性实验课程的定量评价成绩. 最后, 利用双权法, 将上述综合评价成绩转换为相应的原综合评价数值, 以便于综合分析应用.

2.3 模糊数学建模

设评价指标集为 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$; 即按照评价的指标组合起来为集. 评价等级集为 $V = \{v_1,$

v_2, \dots, v_m }; 即根据评价分为几个等级.

评价指标重要性的权重系数构成模糊子集 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, 并有 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. 即根据评价指标的重要性赋予不同的系数, 这些系数之和为 1.

对评价指标集内各项指标做出等级评定是模糊映射. 对单项指标的评定, 由于不同的实验项目会做出不同等级的成绩评定, 故描述评价的结果用评价等级 v_j 对各项指标 u_i 做出相应的评判, 以此代表指标项评价可能性的情况. 这种可能性情况的程度大小称作隶属度, 记作 r_{ij} . 对于某一个确定的指标项 i, j 值为 1 至 m ^[11].

指标集 U 的第 i 项指标对应的评价等级 (v_1, v_2, \dots, v_m) 所构成的评价等级集 V 的隶属度分别记作 $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$, V 中对于指标集 U 的某指标 U_i 的每个评价等级的隶属度构成评价等级集 V 的模糊子集, 标为隶属度子集 $R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}\}$. 对每一评价指标项 $U_i (i=1, 2, \dots, n)$ 都算出相应的隶属度子集 R_i , 如此形成 1 个 $U \times V$ 的模糊矩阵, 即:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}.$$

模糊综合评价是对受多种模糊因素影响的事件做出综合评价的一种非常有效的评价方法. 在各类的评判中, 根据评价的事件不同的考虑原则, 可以采用不同的算子^[12].

本文采用主因素决定型取小取大 $M(\wedge, \vee)$ 算子, 即 Zadeh 积合成运算. 其运算法则是^[13]:

1) 积矩阵的行数 = 指标权重系数矩阵 W 矩阵的行数, 积矩阵的列数 = 隶属度模糊矩阵 R 矩阵的列数;

2) 按照先取小 \wedge , 后取大 \vee 的规则确定积矩阵中各个元素, 即: $b_j = \vee_{i=1}^n (w_i \wedge r_{ij}) = (w_1 \wedge r_{1j}) \vee (w_2 \wedge r_{2j}) \cdots (w_n \wedge r_{nj})$, $(j=1, 2, \dots, m)$.

对指标权重系数矩阵 W 与隶属度模糊矩阵 R 作模糊矩阵乘法得综合评价的模糊向量为:

$$B = W \circ R = (w_1, w_2, \dots, w_n) \circ \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_m),$$

式中“ \circ ”符号表示 Zadeh 积合成运算.

归一化处理 B , $b_j^* = b_j / (b_1 + b_2 + \dots + b_m)$, $j=1, 2, \dots, m$. 即得综合评价 $B^* = (b_1^*, b_2^*, \dots, b_m^*)$.

为进一步分析, 所得综合评价成绩采用双权法转变为各自对应的评价分. 将第 j 种评价等级赋以新的权重系数 C_j , (即将评价等级集再加权计算, $j=1, 2, \dots, m$), 得出新的权重系数 C , 即 $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$, 将综合评价 B^* 与 C 相乘, 求出综合评价数值: $S = B^* \cdot C^T = b_1^* c_1 + b_2^* c_2 + \dots + b_m^* c_m$.

3 实际应用

机电传动控制综合实验课程是机电类本科学习并考察其应用能力的一门重要的综合性实验课程. 本科生根据所学的机电传动控制理论课程, 用所学到的可编程控制器 (PLC) 和组态软件知识, 进行实际操作, 设计 PLC 和组态软件程序, 并按照所设计的程序进行正确的线路连接, 再使用实验台上的机电装置和触摸屏操作完成所要求的机电传动控制的实验任务.

以某大学机械电子专业的机电传动控制综合性实验课程成绩评价为例, 使用模糊综合评价法评定某学生的综合实验课程成绩.

3.1 设立机电传动控制综合实验课程的指标评价系统

指标评价系统是指标的明确化与数字化, 形成可比性, 是整个成绩评价过程的重心. 机电传动控制综合实验评价牵涉的因素众多, 所牵涉的因素又进一步分为一系列因子, 各种因素和因子之间又是互相关联和互相影响的.

指标项目与权重系数组成指标体系. 指标体系的主体是指标项目, 指标项目确保了整个评价活动以预定的目标和内容来进行, 指标项目设立得如何对评价质量起着决定性的作用.

权重系数是集合在评价过程中, 将各个指标项目根据重要性加以量化, 各个权重系数和为1, 使指标项目体系具有完整性, 又对实验的价值方向起指引作用. 权重系数分配是否合理, 也是关系到指标体系质量的重要因素.

某大学机电传动控制综合实验课程的指标项目共有7项, 分别是: 实验预习准备情况、实验基本原理学习掌握情况、程序设计、控制线路连接、实验平台运行、实验报告撰写、实验考勤. 其权重系数分别为: 0.10、0.10、0.25、0.15、0.15、0.15、0.10, 评价等级分为5个等级: 优(100~90)、良(89~80)、中(79~70)、及格(69~60)、不及格(59~0).

机电传动控制综合实验课程分为5个实验项目, 分别是: 1) 自动小车正反向直线往返行驶控制实验, 2) 旋转编码器实验, 3) 变频器控制实验, 4) 龙头刨工作台自动往返速度控制实验, 5) 组态软件实验. 根据上述指标评价体系, 对某学生的5个实验项目按等级评价指标的统计如表1所示.

表1 实验项目统计表

评价指标	权重 W	优	良	中	及格	不及格
实验预习准备	0.10	1	1	2	1	0
基本原理掌握	0.10	0	1	2	2	0
程序设计	0.25	1	2	1	1	0
控制线路连接	0.15	1	1	2	1	0
实验平台运行	0.15	1	2	1	1	0
实验报告撰写	0.15	1	2	2	0	0
实验考勤	0.10	0	0	5	0	0

3.2 建立模糊评价矩阵

表1的5个实验项目对7项评价指标的评定等级结果, 构成机电传动控制综合实验课程的评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.0 & 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0.0 & 0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 & 0.0 & 0 \end{bmatrix}.$$

3.3 Zadeh 积合成运算

根据模糊矩阵的 Zadeh 积合成运算法则, 对权重系数矩阵 W 和隶属度模糊矩阵 R 相乘:

$$B = W \circ R = (0.1 \quad 0.1 \quad 0.25 \quad 0.15 \quad 0.15 \quad 0.15 \quad 0.1) \circ$$

$$\begin{bmatrix} 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.0 & 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0.0 & 0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 & 0.0 & 0 \end{bmatrix} = (0.2 \quad 0.25 \quad 0.2 \quad 0.2 \quad 0).$$

3.4 归一化计算

$$B^* = \left(\frac{0.2}{0.85} \quad \frac{0.25}{0.85} \quad \frac{0.2}{0.85} \quad \frac{0.2}{0.85} \quad 0 \right) = (0.235 \quad 0.294 \quad 0.235 \quad 0.235 \quad 0).$$

3.5 综合评价计算

现按照“优”“良”“中”“及格”与“不及格”各等级相应的百分制分：95、85、75、65、55，则构成等级分矩阵： $C = (95 \quad 85 \quad 75 \quad 65 \quad 55)$.

因此，综合实验成绩的最终评价价值可按下式计算得出：

$$S = B^* \cdot C^T = (0.235 \quad 0.294 \quad 0.235 \quad 0.235 \quad 0) \cdot \begin{bmatrix} 95 \\ 85 \\ 75 \\ 65 \\ 55 \end{bmatrix} = 80.28 \approx 80.$$

经模糊数学计算处理后，该学生的综合实验课程成绩评分为80分，最终评定结果为良。

3.6 模糊综合评价成绩的自动计算程序

因模糊综合评价成绩用到较多的矩阵运算，矩阵运算方法较烦琐，且众多重复数字在输入和计算过程中容易出现错误，故评判结果的计算较复杂，特别是当需评价学生比较多时，特别耗费时间和精力。鉴于组态软件中具有复杂数据处理的功能，通过编程，可输入权重系数和评价等级，自动执行有关计算，即时获得最后的综合评价结果。其程序流程如图1所示。

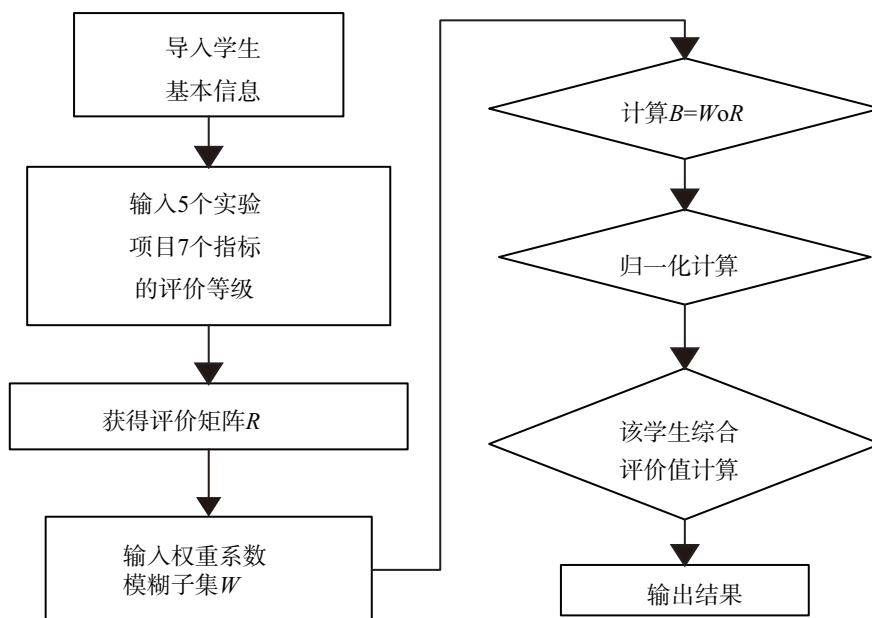


图1 模糊综合评价法程序流程框图

4 结论

本文以模糊数学评价体系来综合评价学生的综合性实验课程的成绩, 具有以下优点: 1) 科学性. 通过模糊数学法对综合实验课程成绩进行量化, 真实反映了评价成绩系统的模糊性和各评价成绩指标的相互影响, 最终的量化值更能真实反映学生的综合实验水平. 2) 可比性. 模糊数学模型原理体系具有严密性, 且综合实验的评价成绩因素具有客观性, 选择的各个实验项目具有代表性, 因此所得出的评价成绩具有可比性. 3) 易行性. 整个具体计算步骤清晰, 判断明确, 建立数学模型后, 便能用组态软件进行具体的数据计算, 也减少了实验教师的计算工作量.

综上所述, 应用模糊数学评价体系来计算评价学生综合性实验能力, 避免了传统评价方法引起的不合理性和随意性. 该方法的评价指标更加明确, 计算步骤清晰, 通过综合考虑、定性分析和定量计算, 具有比传统方法更真实地反映学生实验能力的评价效果.

[参考文献]

- [1] 王智德, 江俐敏, 陈成, 等. 模糊层次分析法在土力学实验成绩评定中的应用 [J]. 实验科学与技术, 2021, 19 (2): 79-85.
- [2] ZADEH L A. Fuzzy srts [J]. Information and Control, 1965, 6 (3): 338-353
- [3] 白桂峰, 康晓丽, 关春燕. 模糊集下基于 D-S 证据理论的博士研究生评价 [J]. 长治学院学报, 2021, 38 (5): 7-14.
- [4] 咎辉, 施章清. 基于模糊理论的文科综合实验教学质量评价体系的构建 [J]. 实验技术与管理, 2016, 33 (8): 213-216.
- [5] 邓克飞, 梁伟, 张潇婷, 等. 基于灰色模糊评价与变权理论的采空区管道风险评估 [J]. 油气田地面工程, 2020, 39 (6): 66-71.
- [6] 胡斌, 王绪利, 朱刘柱, 等. 基于改进 AHP 与模糊理论的电力用户满意度评价 [J]. 自动化技术与应用, 2019, 38 (2): 8-12.
- [7] 王鑫, 唐作其, 许硕. 基于模糊理论和 BRBPNN 的信息安全风险评估 [J]. 计算机仿真, 2019, 36 (11): 184-189.
- [8] 孙丽文, 李少帅. 人工智能赋能对创新绩效的影响路径研究: 基于模糊定性比较分析 [J]. 科技管理研究, 2021, 41 (23): 11-19.
- [9] 梁蓉蓉, 潘小东. 模糊集合隶属函数的确定方法及实验 [J]. 四川师范大学学报 (自然科学版), 2021, 44 (4): 479-486.
- [10] 关志民, 束军意, 马钦海. 学位论文质量的多层次模糊综合评价模型及其应用 [J]. 科研管理, 2005, 26 (3): 153-157.
- [11] 罗承忠. 模糊集引论 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2005, 52-56.
- [12] 林耿, 汤晓妹. 基于模糊层次分析法的数学实验成绩评定方法 [J]. 宜春学院学报, 2017, 39 (9): 112-115.
- [13] 刘晋寅, 吴孟达. 模糊理论及其应用 [M]. 北京: 国防科技大学出版社, 2001: 213-219.