

基于加权 TOPSIS 法和秩和比法的学生综合绩效评价

冉从林 吴谋伦 黄慧姿 郑冬喜

九江学院 江西 九江 332005

摘 要：学生综合绩效评价是高校学生培养质量评估的重要环节，它为高校的教育教学改革提供重要的决策依据。本文构建了带权 TOPSIS 法和综合秩和比法评价模型，将德、智、体、劳四个方面作为综合评价指标，对某高校师范专业 2019—2021 连续 3 届学生的综合成绩评估并排序分档，结果发现：客观测评反映了学生学习质量的综合排序，2021 级学生综合评分排第一，其次是 2019 级，而评分最低的是 2020 级，排序结果分为上、中、下三个档次；带权 TOPSIS 法和 RSR 法联合运用能更好地体现评价结果的公平性和实用性，可为专业人才培养，师资结构优化和教育管理规范提供科学的决策参考。

关键词：评价指标；TOPSIS 法；RSR 法；综合评价

深化教育领域综合改革，加强教材建设和管理，完善学校管理和教育评价体系，健全学校家庭教育育人机制^[1]。学生综合成绩客观评价是高校对学生培养质量评价的重要环节，评价结果作为高校综合管理和教育教学评价改革决策的重要依据^[2,3]。

在学生综合绩效考核方面，每所高校根据制度规范对学生综合成绩的评价由单一的学科课程分数指标评价转向了包含素质考核的多指标评价^[4]。通过文献研究发现，国内外教育研究者对学生综合成绩评价问题做了不同方面的研究^[5]。从研究类别梳理，高等学校学生综合成绩评价包含定量、定性，以及两者相结合的评价方式。学生综合绩效评价模型包含秩和比综合评价法（RSR）、模糊分析法（FAHP）、层次分析法（AHP）、多元分析法（MA）、灰色决策法（GD）和聚类决策法（如 DT、K-means）等叠加优化指标加权平均模型^[6]。这些评价方法的综合应用，对学生综合绩效评价均有不同之处，评价过程关键是对绩效评价指标权重的确定具有主客观因素。从客观角度观察，过分地依赖数据分析得到的指标权重失去了高校自身的发展特点和专业发展需求，评估的结果不能客观评价学生所学专业特色和专业特征^[7]。

本文以某高校近三届师范专业学生的综合绩效为研究对象，构建绩效评价指标体系，以“应用为导向”的专业特点为依据，结合学校学生评价管理文件，参考具有学科领域专业评价经验丰富的专家意见确定绩效评价指标的权重，构建基于 TOPSIS 算法和秩和比法的学生成绩评价模型，并在 Python3 环境进行绩效评价仿

真实验，以期客观评价结果为师范生培养的专业教育教学改革方向和制定科学管理制度提供重要决策参考。

一、评价指标体系

评价指标的确定直接关系到评价结果的科学性和实用性，构建合适的评价模型必须建立有效的评价指标体系。传统的学生成绩评价指标仅单一考虑到学生的专业课程成绩，未涉及学生的其他综合素质考核评价^[8]。学生学习的综合能力不仅限于本专业的课程测评成绩，学生参加社会服务、科研项目、荣誉和师范技能比赛等都是衡量一名师范生的专业能力需要考虑的重要因素。建立科学、有效的学生综合成绩评价指标体系既能体现学生学习的成效，又能反映学生综合素质养成情况。

本文将学生的德、智、体、劳（学生特长及社会贡献技能绩效）四个方面作为学生综合成绩测评的核心指标，分别记为 X1、X2、X3、X4。其中，“德”考核学生的高尚情操、严谨作风和行为习惯；“智”考核学生的文化课绩效；“体”考核学生身体综合素质；“劳”考核涵盖学生科研和各类考试及证书等智力技能加分、各类赛事体育技能加分，以及社会工作和校园文化活动加分等。学生综合绩效测评指标的确定为师范专业人才培养质量提供了导向，对新一轮课程改革和本科教学质量水平评估的实施起到重要作用。

二、评价指标权重

评价指标权重的确定及其值分布情况直接影响学生综合成绩评价的实用性和有效性。研究发现，对于此类多目标综合指标评价的权重确定方式包含三种：一是

基金项目：江西省教育厅高等教育教学改革研究项目（JXJG-23-17，JXJG-24-17-8）；教育部产学合作协同育人项目（230902179013308）；

九江学院教育教学改革定向研究项目（XJJGDX2024-19）；2025 年九江学院大学生创新创业训练计划项目（X202511923151）。

作者简介：冉从林，生于 1978 年，男，博士，讲师，研究方向为人工智能教育，数据挖掘。

主观赋权值法,采用咨询专家法或文献研究结果确定指标的权重^[9]。二是客观赋权值法,根据评价方案的各个指标数值计算确定指标权重,通过这种方式确定的指标权重严重依赖数据的特征和分布情况。三是组合赋权法,从定性和定量两方面将主客观的指标权重组合确定指标权重。主观赋权值法是从定性研究角度确定权值,易受到专家主观判断的影响,但根据学科评价经验丰富的教学专家或资深教学管理专家的意见,结合高校的管理制度确定指标权重的方式的适用性和政策导向性更加合理^[10]。客观赋权值法是从自身指标数据分布情况,定量的角度确定指标权重,这种方式避免了人为主观判断产生的偏差,但确定权值过度依赖数据特征,理论上体现了计算的严谨和科学性,但欠考虑评价指标的实际意义。组合赋权法综合考虑了主客观两方面因素,方法上看似比较合理,但有时会放大或缩小个别评价指标的影响,评价结果也会受到影响。每一种确定评价指标权重的方法都有各自的不同特点,因此,本文从实证评价角度出发,选择根据实际意义导向的专家法综合考虑主观因素确定评价指标权重^[11]。

三、学生成绩综合评价

(一) 加权 TOPSIS 法

TOPSIS 法是一种常用的多目标组内综合评价方法^[8],该方法充分利用原始数据的信息构建分析,其评价结果能精确地反映各评价方案之间的差距。TOPSIS 评价方法为:

假设有 n 个待评价的方案即评价对象,每个方案有 m 个可用来衡量优劣的评价指标, n 个方案和分别对应的 m 个评价指标构成 n 行 m 列的原始决策矩阵,即

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

1. 决策矩阵归一化

根据 TOPSIS 思想,需将评价指标做归一化处理。由于待评价方案的评价指标数据存在最小值和最大值,故通过评分公式 $\frac{x - \min}{\max - \min}$ 对原始决策矩阵 X 进行评分,得到矩阵 X' (注:本评价方案中,最小值 $\min$ 取值 0,最大值 $\max$ 取值 100)。

$$X' = \begin{bmatrix} x'_{11} & x'_{12} & \cdots & x'_{1m} \\ x'_{21} & x'_{22} & \cdots & x'_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x'_{n1} & x'_{n2} & \cdots & x'_{nm} \end{bmatrix}$$

2. 对评分矩阵 X' 将其标准化处理,得到评分决策矩阵 Y

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1m} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nm} \end{bmatrix}$$

其中, Y 的每一个元素:

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij})^2}} \quad (i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m)$$

3. 最优、最劣值向量

确定评价指标的最优值、最劣值构成最优向量 Y^+ 和最劣向量 Y^- , 即

$$Y^+ = (Y_1^+, Y_2^+, \dots, Y_m^+) = (\max\{y_{11}, y_{21}, \dots, y_{n1}\}, \max\{y_{12}, y_{22}, \dots, y_{n2}\}, \dots, \max\{y_{1m}, y_{2m}, \dots, y_{nm}\}), Y^- = (Y_1^-, Y_2^-, \dots, Y_m^-) = (\min\{y_{11}, y_{21}, \dots, y_{n1}\}, \min\{y_{12}, y_{22}, \dots, y_{n2}\}, \dots, \min\{y_{1m}, y_{2m}, \dots, y_{nm}\})$$

4. 求解评价对象的最优值、最劣值的欧氏距离

根据最优值向量 Y^+ 、最劣值向量 Y^- 计算第 i 个评价对象的欧氏距离,即最优值 D_i^+ 和最劣值 D_i^- 的距离。计算公式为:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (Y_j^+ - y_{ij})^2} \quad (i=1,2,\dots,n)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (Y_j^- - y_{ij})^2} \quad (i=1,2,\dots,n)$$

其中,计算欧氏距离中 w_j ($j=1,2,\dots,m$) 为评价对象的权重。

5. 求解评价对象得分并归一化

根据评价对象的欧氏距离计算评价指标值与最优值的接近程度,即

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (i=1,2,\dots,n)$$

对求解得到的 S_i 归一化并排序,如果值越大说明越接近最优水平,越小趋近于 0,代表该评价对象越接近于最劣水平。

6. TOPSIS 算法仿真

由于该高校师范专业学生实习,仅获取了该校 2019 级、2020 级和 2021 级三个年级学生对应 6 个学期的测评成绩,计算每一届学生不同测评指标共 6 个学期绩效的平均值,构成综合测评指标值。该校近三年学生综合绩效评价数据如表 1 所示。

设计如下 TOPSIS 算法过程,并在 Python 开发环境编码,程序输入的原始决策矩阵数据为:

$$X = \begin{bmatrix} 90.67 & 82.04 & 79.36 & 54.87 \\ 89.61 & 81.52 & 79.58 & 52.40 \\ 91.15 & 82.45 & 80.16 & 53.20 \end{bmatrix}$$

权重系数 $w=(0.1,0.7,0.1,0.1)$ 。

表 1 2019—2021 级某高校师范专业 6 学期 4 项综合绩效评价指标

年级	X1	X2	X3	X4
2019	90.67	82.04	79.36	54.87
2020	89.61	81.52	79.58	52.40
2021	91.15	82.45	80.12	53.20

程序运行结束后输出各年级参评学生评价指标与最优值和最劣值的欧氏距离，归一化距离值，结果如表 2 所示。可以看出，运用加权 TOPSIS 法进行评价，2021 级学生的综合素质表现最好，评价得分是 0.817；其次是 2019 级学生，评价得分是 0.555；最后是 2020 级学生，评价得分是 0.086。对 3 个年级评价指标结果进行变换后，其最优、最劣情况的评分结果雷达图如图 1 所示。

表 2 距离值及评价结果排序

年级	D_i^+	D_i^-	S_i	排序
2019	49.061	61.069	0.555	2
2020	97.479	9.2150	0.086	3
2021	21.324	95.426	0.817	1

Algorithm 1:TOPSIS 算法过程

Input 原始数据集 $X=\{x_1, x_2, x_3, \cdots, x_m\}$

各指标权重 $w=\{w_1, w_2, w_3, \cdots, w_m\}$

Process

1. 对原始数据集中的指标属性同向化 X'
2. 构造向量归一化后的标准化矩阵
- $Y=\{y_1, y_2, y_3, \cdots, y_m\}$
3. for Y 的每一列 Y_i do
4. 最优方案 Z^+ 的第 i 维度 $\leftarrow Y_i$ 元素最大值
5. 最劣方案 Z^- 的第 i 维度 $\leftarrow Y_i$ 元素最小值
6. end for
7. for $z_i \in Z$ do
8. z_i 与最优方案的接近程度 D_i^+
9. z_i 与最劣方案的接近程度 D_i^-
10. z_i 与最优方案的贴近程度 S_i
11. end for
12. 根据 S_i 大小排序

Output 数据样本 TOPSIS 评价结果

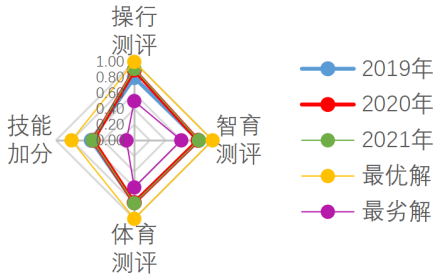


图 1 TOPSIS 法评价结果

(二) 秩和比法

秩和比法 (RSR) 是田凤调教授基于统计分析方法提出的一种多目标评价方法^[11]。它是将 n 个评价对象的每个对象对应的 m 个评价指标转化为一个 n 行 m 列的初始评价矩阵，对评价矩阵的每个指标编秩，然后对其 RSR 值计算、RSR 分布计算、模型构建拟合、分档排序临界值和分档排序结果等。

1. 编秩和 RSR 值计算

使用 TOPSIS 法中表 1 的数据进行指标各对象编秩和 RSR 值计算，其中高优指标从小到大编秩，低优指标编秩顺序则相反，如果指标的数值相同则编平均秩。本文中评价对象的指标均为高优指标，对评价对象的指标采用整数编秩法编秩。WRSR 值的计算依据如下公式：

$$RSR_i = \sum_{j=1}^m w_j \frac{R_{ij}}{n} (i=1,2,\cdots,n; j=1,2,\cdots,m)$$

表 3 指标秩次和 RSR 值

年级	X1 (秩)	X2 (秩)	X3 (秩)	X4 (秩)	RSR 值	RSR 排名
2019	2.0	2.0	1.0	3.0	0.667	2
2020	1.0	1.0	2.0	1.0	0.367	3
2021	3.0	3.0	3.0	2.0	0.967	1

根据上述公式计算各年级的带权秩 WRSR，4 个指标的权重和 TOPSIS 法所使用的权重相同，其中 m 为评价指标个数， n 为评价对象个数。 R_{ij} 表示第 i 行第 j 列元素的秩。各指标编秩和 RSR 值计算结果如表 3。

2. 确定 RSR 分布

根据 RSR 值由小到大排序得到 RSR 分布值；再计算每个分布值的频数、累积频数和平均秩次值；根据平均秩次 / n 值查《百分数与概率单位对照表》，得到概率分布 Probit 值，计算结果如表 4。

3. 计算回归方程

以累积频数对应的 Probit 值为自变量，RSR 分布值为因变量，计算线性回归方程： $RSR=a+b*\text{Probit}$ 。通过相关分析和回归分析计算发现 RSR 与概率单位 Probit 存在极大的线性相关， $R^2=0.998$ ，其线性回归

方程： $RSR=-1.138+0.331*Probit$ 。方差分析结果提示 $F=1196.668, P<0.05$ ，表明线性回归模型预测效果显著，计算所得线性回归方程具有统计意义，计算结果如表 5。

4. 分档排序

根据统计计算的 RSR 值对 3 个评价对象分档排序，分档表参照表 6，表中 RSR 临界（拟合值）是根据 Probit 临界值代入回归模型计算所得。排序结果如表 7 所示。

RSR 值大小反映评价对象的相对优劣，其中 2021 级学生的 RSR 值为 0.967，3 个年级中综合水平最优，排 1 位；2020 级学生的 RSR 值为 0.367，综合水平为最劣，排第 3 位；2019 级在前两者之间，属于中档综合水平，排在第 2 位。

从线性回归方程理论数值分析角度对三个年级优劣区别划分，2019 级和 2020 级 Level 同为 2，2021 级 Level 值为 3，Level 值越大综合指标最优，说明 2021 级综合评价结果是最优的。其线性回归方程 $RSR=-1.138+0.331*Probit$ 的拟合效果如图 2 所示，红色为实际值，蓝色为线性预测值，从实际应用角度，三个评

价对象对应上中下三个等级分布在粉色、黄色和绿色不同的区域，对应 2021 级、2019 级和 2020 级分别为上、中和下等级。

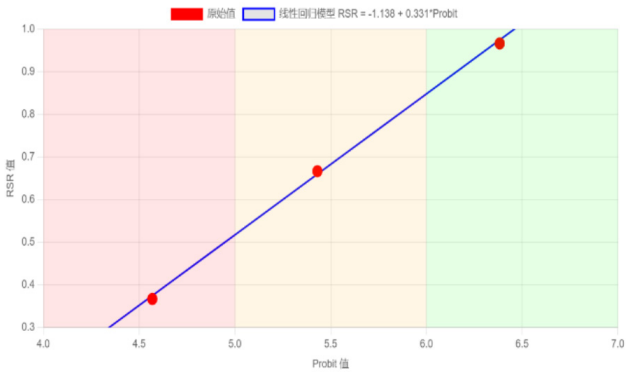


图 2 RSR-Probit 线性拟合效果

四、讨论

（一）联合使用加权 TOPSIS 法和综和秩比法使评价结果客观准确

TOPSIS 法作为多准则决策分析方法被研究者广泛应用于教育质量评价，通过计算各方案与最优和最劣方案的几何距离，从有限方案中选择最优解，其分析方法直观、全面、计算简便和灵活，分析结果可以精

表 4 RSR 分布表格

年级	RSR 分布值	频数 f	累积频数 Σf	平均秩次 R	平均秩次 $R/n*100\%$	Probit 值
2020	0.3667	1	1	1.0	33.3	4.569
2019	0.6667	1	2	2.0	66.7	5.431
2021	0.9667	1	3	3.0	91.7*	6.383

注：表中 * 值格按 $(1-1/4*n)$ 进行估计

表 5 回归模型计算

	非标准化系数		标准化系数	t	p	R^2	调整 R^2	F
	B	标准误差	Beta					
常数	-1.138	0.053	-	-21.619	0.029	0.999	0.998	$F(1,1)=1196.668, p=0.018$
Probit 值	0.331	0.010	1.000	34.593	0.018			

注：因变量 = RSR 分布值

表 6 分档排序临界值表

档次	百分位数临界值	Probit 临界值	RSR 临界值（拟合值）
第 1 档	< 15.866	< 4	< 0.184
第 2 档	$15.866 \sim$	$4 \sim$	$0.184 \sim$
第 3 档	$84.134 \sim$	$6 \sim$	$0.845 \sim$

表 7 分档排序结果

年级	RSR 值	RSR 排名	RSR 拟合值	分档等级 Level
2019	0.667	2	0.657	2
2020	0.367	3	0.372	2
2021	0.967	1	0.971	3

确的反映各个评价方案之间的优劣差距水平。此外, 综和秩和比(RSR)法通过将原始数据转换为秩次, 消除分数分布形态限制, 具有鲁棒性和排序结果清晰直观易于解释等突出优点, 该方法尤其适合教育等领域数据的评价, 通过对学生学习绩效的综合评价有效辅助差异化教学策略制定。本文将两种方法联合使用, 弥补了TOPSIS法不能分档的不足, 而且使RSR法编秩过程导致丧失数据信息的状况有所改善。RSR法对评价对象的排序, 同时对排序的结果分档, 提高了分析的效能, 使得评价结果准确、客观和实用。

(二) 加强质量管理与评价意识, 注重评价结果运用

本文从定性与定量评价角度分析, 2021级评价绩效最好, 其突破该专业在近6年来首次获得国家级奖学金是最好的例证。2019级介于上两者之间。从管理和评价的原因来看, 学校逐步规范教学质量的制度管理, 加强教学质量的督导与科学评价, 实施了评价和管理措施的多元化, 评价指标细化到教学工作的每一个环节。公平评价结果的综合运用可使学生保持自信的学习信念。同时, 也有利于完善教学质量保障制度、规范管理和提高教师改进教学的积极性, 从而达到促使教育教学质量持续改进和提升的目的。

参考文献:

- [1] 中国政府网. (2022). 习近平: 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [EB/OL]. (2022-10-25)[2024-10-11]. https://www.gov.cn/Xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm.
- [2] 蔡红梅, 许晓东. 高校课堂教学质量评价指标体系的构建 [J]. 高等工程教育研究, 2014, 12(3), 177-180.
- [3] 陈浩然. “以学生为中心”的高校课堂教学质量评价指标体系的构建 [J]. 应用型高等教育研究, 2022, 7(3):12-19.
- [4] 张保花, 张三宝. 基于FAHP的应用型高校创新创业教育教学质量评价指标体系构建 [J]. 铜陵学院学报, 2023, 22(2), 113-116.
- [5] 冯惠敏, 黄明东, 左甜, 等. 大学通识教育教学质量评价体系及指标设计 [J]. 教育研究, 2012, 33(11):61-66.
- [6] 徐薇薇, 吴建成, 蒋必彪, 等. 高校教师教学质量评价体系的研究与实践 [J]. 高等教育研究, 2011, 32(1): 100-103.
- [7] 王辞晓, 徐珺岩, 郭利明, 等. 多场景人机协同在线教学评价框架研究——基于层次分析法和熵权法的分析 [J]. 现代教育技术, 2023, 33(1):74-82.
- [8] 胡玲玲, 方继, 熊小庆. 基于TOPSIS法评价2017-2021年江西省医疗机构法定传染病报告质量 [J]. 疾病监测, 2022, 37(7):967-971.
- [9] 刘明明, 田方晨. 新时代高校思政课教学质量提升的阻碍因素及其破解策略 [J]. 思想理论教育导刊, 2024, 24(8):125-133.
- [10] 刘心如, 张志红. 学生视角的教学评价有效性如何——来自德国TBD教学评价的证据 [J]. 上海教育科研, 2024, 32(6):45-53.
- [11] 田凤调. RSR法中的分档问题 [J]. 中国卫生统计, 1993(2):26-28.