

基于层次分析法的高校特色学科发展测评模型

李小飞*, 练莹

长江大学信息与数学学院, 湖北 荆州

收稿日期: 2023年10月4日; 录用日期: 2023年11月10日; 发布日期: 2023年11月23日

摘要

高校学科评估是高等教育发展的重要手段, 对学科建设和教育教学质量具有深远的影响。学科评估的主要目的是以评助建、以评促改, 对学科水平和质量进行评价, 发掘学科培养优势, 发现学科建设中存在的主要问题, 推动学科建设的改进和发展。在高校“双一流”建设视阈下, 挖掘高校特色学科, 构建特色指标, 以学科测评为依据提高教师科学研究的积极性, 提升教师教学的质量, 促进学科不断创新。本文在“双一流”建设视阈下, 利用层次分析法和定量分析法, 对Z校三个具有代表性的理学学科进行研究分析, 建立相对客观公正的学科评价体系, 并利用实际数据进行计算后, 提出合理的改进意见。

关键词

学科评估, 层次分析法, 关联度, 判断矩阵, 灰色多层次综合评价模型

Evaluation Model for the Development of Characteristic Disciplines for Universities Based on Analytic Hierarchy Process

Xiaofei Li*, Ying Lian

School of Information and Mathematics, Yangtze University, Jingzhou Hubei

Received: Oct. 4th, 2023; accepted: Nov. 10th, 2023; published: Nov. 23rd, 2023

Abstract

Discipline evaluation in universities is an important method for the development of higher education, which has a profound impact on discipline construction and the quality of education and teaching. The main purpose of disciplinary evaluation is to evaluate to assist construction and promote reform,

*通讯作者。

evaluate the level and quality of the discipline, identify the advantages of disciplinary training, identify the main problems in disciplinary construction, and promote the improvement and development of disciplinary construction. From the perspective of the “Double First Class” construction in universities, we aim to explore distinctive disciplines in universities, construct characteristic indicators, and use subject evaluation as a basis to enhance teachers’ enthusiasm for scientific research, improve the quality of teaching, and promote continuous innovation in disciplines. From the perspective of “Double First Class” construction, this article uses Analytic Hierarchy Process and Quantitative Analysis to conduct research and analysis on three representative science disciplines at Z University, establish a relatively objective and fair discipline evaluation system, and use actual data to calculate and propose reasonable improvement suggestions.

Keywords

Discipline Evaluation, Analytic Hierarchy Process, Correlation, Judgment Matrix, Grey Multi-Level Comprehensive Evaluation Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高校学科的建设发展与社会经济、教育的发展是离不开的,学科建设对大学质量发展起着重要作用。对高校而言,重点学科水平与高校水平成正比,重点学科的建设如何影响着学校的地位和发展,高校学科评估是科研实力的综合体现,而科研实力又是大学乃至国家科技高质量发展不可或缺的推动力。高校学科建设好,高校的工作质量、教学质量才有保障[1]。对高校学科尤其是重点学科进行评估,有利于合理评价高校学科建设、建立动态退出机制,对于促进高校学风、合理配置科研资源具有重要意义,有利于实现整体学科建设发展[2]。本文以理学类学科建设评估指标体系的建立为重点,根据教育部第五轮高校学科评估的指标体系,采用专家调查问卷方式和层次分析法作为基础模型,构建科学、合理、可行的理学学科建设评估的指标体系,并以Z校3个具有代表性的理学学科作为模型的参数基础进行实证分析,根据分析结果提出学科建设策略。

2. 层次分析法的基本原理与实施步骤

2.1. 层次分析的基本原理

层次分析法(Analytic Hierarchy Process)简称为AHP方法,由美国运筹学家T. L. Saaty教授在上世纪70年代提出,它是把评价者对一个复杂的系统进行评价的思维过程,其基本思想是:评价者把一个复杂的问题分成几个层面和几个因素,然后在同一个层面上的各个因素之间进行简单的比较、判断和计算,就可以得到各种备选方案的重要性程度,这样就为最佳方式的选取提供了一个决策的基础。层次分析法是一种将定性与定量结合起来的评估与决策方法[3]。层次分析法将所要分析的问题层次化,根据问题的性质和所要达成的总目标,将问题分解为不同的组成因素,并按照这些因素的关联影响及其隶属关系,将因素按不同层次凝聚组合,形成一个多层次分析结构模型,最后,对问题进行优劣比较并排列。层次分析法的应用十分广泛,自从被提出以后,学者十分关注层次分析法在各学科上的应用,如在重点学科评估[4] [5] [6]、生态评估[7] [8] [9]、可靠性评估[10] [11] [12]、运筹与优化[13] [14]、临床医学诊断[15] [16]

等方面具有十分重要的作用, 尤其以学校科研评估、绩效评估应用最为广泛。

2.2. 层次分析法的基本步骤

1) 建立层次结构模型。深入分析问题之后, 将问题中的要素分为目标层、标准层、方案层等不同的层级, 并将各层级要素之间的隶属关系以框图的形式表达出来。如果在某一个层级中, 有更多的因素, 则可以把层级再分成更多的层级。

2) 构造判断矩阵。判断矩阵中各元素的值体现了各个因素之间的相对重要性, 通常用数值和它们的倒数来表示。如果可以用一种特定的、实用的比率来表示, 那么就可以使用该比率来表示相对因子的重要性。

当对某一层 n 个指标 C_1, C_2, \dots, C_n 对上一层一个指标 P 的影响进行比较时, 每次只取两个指标 C_i 和 C_j , 用 a_{ij} 表示 C_i 和 C_j 对 P 事物的影响之比, 这就是成对比较法, 其中矩阵 C_1, C_2, \dots, C_n 为成对比较阵。如果一个成对比较阵 A 是一致性矩阵, 则它满足 $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$, $i, j, k = 1, 2, \dots, n$, 并且 A 具有一致性。

3) 确定各层指标权重。对于每一个成对比较阵计算最大特征根及对应的特征向量 ω , 但由于直接定义计算很复杂, 因此可以利用和积法或方根法来近似计算。使用和积法的主要步骤是想将判断矩阵 A 的每一列归一化, 再对按列归一化的判断矩阵按行求和, 最后再进行归一化即为所求的特征向量。这样得到的特征向量即为特征向量的近似值, 在评估模型中作为指标权重。

4) 一致性检验。检验成对比较阵 A 一致性:

① 求出最大特征根

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(A\omega)_i}{n\omega_i};$$

② 求一致性指标

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - 1}{n - 1};$$

③ 根据 n 值查出随机一致性指标 RI ;

④ 计算平均一致性指标比值

$$CR = \frac{CI}{RI},$$

当 $CR < 0.01$ 时, 则满足条件, 否则, 就需要对 A 重新调整, 直到 A 满足要求。

5) 计算组合权向量并做组合一致性检验。计算最下层对目标的组合权向量, 并根据公式做组合一致性检验, 若检验通过, 则可按照组合权向量表示的结果进行决策, 否则需要重新考虑模型或重新构造那些一致性比率比较大的成对比较阵。

3. 基于灰色多层次综合评价的学科评估模型

对于多层次的体系结构, 在对其进行深入的分析 and 研究时, 充分考虑每个指标的相对权重对于评估结果的影响, 从而构建一个多层次的灰色综合评估模型, 来用于对高校学科的评估。将定性与定量更好地结合起来, 可以更好地解决评级指标难以准确量化和统计的问题, 同时还可以消除人为因素带来的影响, 从而最终构建出一个科学、合理、公正、客观的科学评估体系[17]。

3.1. 灰色多层次综合评价模型的思想

灰色多层次综合评价模型以单层次评价模型为基础。其基本思路是: 针对评价的对象具有多层次结

构的特征, 采用 AHP 方法, 先求出每一层指标相对于上层目标的权重, 再由最底层出发, 通过关联系数和权重的乘积, 对这一层进行综合评估, 并以评估结果作为上一层的原始指标值, 构建综合关联度评估。该方法能较好地体现各个指标相对于上层目标的权重。

3.2. 灰色多层次综合评价模型的建立

1) 建立多层次结构体系。首先, 针对具体问题进行深入剖析, 将某一学科的复杂关系按其性质划分为多个类别, 并在此基础上建立人才培养质量、师资队伍与资源、科学研究水平为一级指标的三级体系。相同层次的元素既可以作为准则, 又可以对下一级别的元素起到控制的作用, 使体系具有层次性, 构成了递阶层次结构。如图 1 所示。

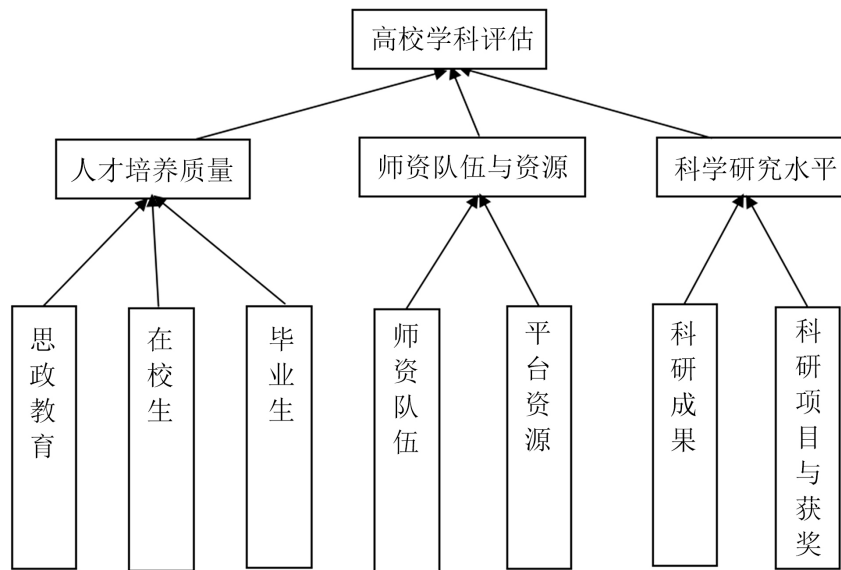


Figure 1. Hierarchical hierarchy chart
图 1. 递阶层次结构图

2) 确定最优指标集。分别从人才培养质量、师资队伍与资源、科学研究水平的原始数据各列中选出最佳值组成。

3) 指标值的标准值处理。因为指标间的量纲和数量级不一样, 无法直接比较, 所以对原始数据进行规范化处理, 即:

$$\lambda_{ik} = \frac{X_{ik} - X_i^{\min}}{X_i^{\max} - X_i^{\min}}$$

其中, λ_{ik} 表示第 i 个学科的第 k 个指标标准化后的值, X_{ik} 是原始值, X_i^{\min} 表示这组数据的最小值, X_i^{\max} 表示这组数据的最大值。

4) 计算关联度系数。

第 i 个学科的第 k 个指标与第 k 个最优指标的关联系数 ζ_{ik} , 其中 $i=1,2,\dots,n$; $k=1,2,\dots,m$ 。

$$\zeta_{ik}(k) = \zeta_{ik} \frac{\min_i \min_k |\lambda_{ok} - \lambda_{ik}| + \rho \max_i \max_k |\lambda_{ok} - \lambda_{ik}|}{|\lambda_{ok} - \lambda_{ik}| + \rho \max_i \max_k |\lambda_{ok} - \lambda_{ik}|}$$

其中, 分辨率 $\rho \in [0,1]$, ρ 一般取 0.5。

5) 根据综合关联度的大小进行排序, 并且根据结果进行综合评价。

4. 实证分析

下面以 Z 校理学学科建设评估体系的建立为重点, 根据第五轮高校学科评估, 选取其中一些具有代表性的指标体系, 主要针对 Z 校的 3 个理学类学科应用灰色多层次综合评价模型的学科评估指标体系进行评估与分析。3 个学科在选取上基于以下条件考虑: ① 3 个学科都属于理学类; ② 3 个学科级别不同, 分别是国家重点学科、国家重点(培育)学科、省重点学科; ③ 3 个学科来源不同, 分别是不同的院系[18]。数据统计资料来源于 Z 校人事处、研究生院、学科建设办公室等部门的相关统计资料, 邀请了 5 位专家为师资队伍中的定性评估数据指标打分, 打分时按照十分制来进行。

4.1. 模型的建立

1) 建立系统的递阶层次结构, 确定学科建设层次评估指标体系

学科建设层次评估指标体系通过征询了部分专家的意见, 并且对初步工作进行分析之后, 按照层次分析法的一般原则, 构建出了指标体系草案。以第五次高校学科评估为目标, 研究的一级指标是: A 人才培养质量、B 师资队伍与资源、C 科学研究水平; 主要考虑的二级指标是: A1 思政教育、A2 在校生、A3 毕业生、B1 师资队伍、B2 平台资源、C1 科研成果、C2 科研项目与获奖; 主要考虑的三级指标: S1 思想政治教育特色与成效、S2 在校生代表性成果、S3 学位论文情况、S4 学生就业与职业发展质量、S5 师德师风建设质量、S6 师资队伍建设质量、S7 学术论文质量、S8 学术著作质量、S9 专利转化情况、S10 科研项目情况、S11 科研获奖情况。

2) 运用层次分析法确定一级指标及二级指标的权重

在指标权重确定过程中, 本研究进行了第二轮专家咨询, 共发放《大学理学学科评估指标体系指标权重咨询表》15 份, 回收有效咨询表 14 份, 回收率为 93%。《大学理学学科评估指标体系指标权重咨询表》每份有 4 个专家判断矩阵, 14 份共有 56 个专家判断矩阵, 将这 56 份专家判断矩阵用 yaahp 软件进行计算, 得到各一级指标及二级指标的权重, 见表 1。

Table 1. Subject evaluation indicators and weights

表 1. 学科评估指标及权重

一级指标	权重	二级指标	权重
A 人才培养质量	0.6267	A1 思政教育	0.1797
		A2 在校生	0.3581
		A3 毕业生	0.0895
B 师资队伍与资源	0.0936	B1 师资队伍	0.0312
		B2 平台资源	0.0624
C 科学研究水平	0.2797	C1 科研成果	0.2331
		C2 科研项目与获奖	0.0466

4.2. 数据处理

表 2 列出了 3 个学科各项指标数据, 并根据上述处理方法计算出各二级指标和三级指标的得分。表中的学科 1、学科 2、学科 3 分别对应国家重点学科、国家重点(培育)学科和省重点学科。根据表 2 即可计算出各一级指标分值表, 即表 3, 所得数据即可作为本次排序的依据。

Table 2. Secondary indicator data and scores**表 2.** 二级指标数据及分值

二级指标	权重	学科 1		学科 2		学科 3	
		数据	分值	数据	分值	数据	分值
A1 思政教育	0.1797	13/3	0.2706	5/12	0.0852	9	0.6442
A2 在校生	0.3581	7/3	0.2493	6	0.5936	5/6	0.1571
A3 毕业生	0.0895	13/4	0.2255	8/15	0.1007	9	0.6738
B1 师资队伍	0.0312	6	0.5936	7/3	0.2493	5/6	0.1571
B2 平台资源	0.0624	3/4	0.1365	7	0.6250	7/3	0.2385
C1 科研成果	0.2331	7/2	0.3325	5	0.5278	2/3	0.1396
C2 科研项目与获奖	0.0466	5	0.5396	5/6	0.1634	5/2	0.2970

Table 3. Score of first level indicators for each discipline**表 3.** 各学科一级指标分值

一级指标	学科 1	学科 2	学科 3	合计
人才培养质量	0.7454	0.7795	1.4751	3
师资队伍与资源	0.7301	0.8743	0.3956	2
科学研究水平	0.8721	0.6912	0.4366	1.999
合计	2.3476	2.345	2.3073	6.999

5. 结论及结果分析

5.1. 结论

从表 3 可以看出,各学科一级指标分值合计分别是学科 1 为 2.3476,学科 2 为 2.345,学科 3 为 2.3073,即学科 1 的分值合计最高,其次为学科 2,最后为学科 3。这与它们分别对应的国家重点学科、国家重点(培育)学科、省重点学科的相对水平是一致的。这充分说明了本文的学科建设层次评估体系是科学合理的。

1) 人才培养质量

从表 3 可以看出,在所评估的三个学科中,学科 3 的人才培养质量分值是最高的,思政教育和毕业生分值最高,即思想政治教育特色与成效最好,毕业生的就业与职业发展质量最好,用人单位评价最高。但是在校生分值最小,即学科 3 在校生的代表性成果少,学位论文质量不高,说明学科 3 的在校生培养质量有待于进一步提高。

学科 2 的人才培养质量分值较低,思政教育和毕业生分值最低,即思想政治教育特色与成效最差,毕业生的就业与职业发展质量最差,用人单位评价最低。但是在校生分值最高,即学科 2 在校生的代表性成果最多,学位论文质量最高,说明学科 2 的思政教育和毕业生的培养质量还需要进一步加强。

学科 1 的人才培养质量分值最低,但思政教育、在校生、毕业生的分值并不是最低,说明学科 1 的思政教育、在校生、毕业生的培养质量较好。

2) 师资队伍与资源

从表 3 可以看出,学科 1 的师资队伍与资源分值较高,其中师资队伍分值最高,说明学科 1 的师德师风建设成效显著,师资队伍建设质量最高。但是平台资源分值最低,说明学科 1 的支撑平台和重大仪器情况不好,需要增加平台资源。

学科 2 的师资队伍与资源分值最高, 其中平台资源分值最高, 说明学科 2 的支撑平台和重大仪器情况良好, 师资队伍分值较高, 说明学科 2 的师德师风建设成效较显著, 师资队伍建设质量较好。

学科 3 的师资队伍与资源分值最低, 其中师资队伍分值最低, 说明学科 2 的师德师风建设成效不显著, 师资队伍建设质量最低, 需要着重加强师资队伍的建设。平台资源分值较高, 说明学科 3 的支撑平台和重大仪器情况较好。

3) 科学研究水平

从表 3 可以看出, 学科 1 的科学研究水平分值最高, 其中科研项目与获奖分值最高, 说明学科 1 的科研项目和获奖最多。科研成果分值较高, 说明学科 1 的学术论文质量、学术著作质量较好, 专利转化情况较好, 新品种研发与转化情况、新药研发情况较好。

学科 2 的科学研究水平分值较高, 其中科研成果分值最高, 说明学科 2 的学术论文质量、学术著作质量最好, 专利转化情况最好, 新品种研发与转化情况、新药研发情况最好。但是科研项目与获奖分值最低, 说明学科 2 的科研项目和获奖最少, 在今后需要适当调整科研政策, 营造科学研究氛围, 鼓励教师进行创新性的科学研究, 以提升学科建设整体水平。

学科 3 的科学研究水平分值最差, 其中科研项目与获奖分值最低, 说明学科 3 的科研项目和获奖最少, 在今后需要多开发科研项目, 增加获奖情况。但科研成果分值较高, 说明学科 3 的学术论文质量、学术著作质量最好, 专利转化情况最好, 新品种研发与转化情况、新药研发情况较好。

5.2. 结果的分析

从上面的结果来看, 三个学科的评估指标值最高的是人才培养质量, 其次是师资队伍与资源, 最后是科学研究水平。可以看出, 三个学科在学科建设中还存在以下问题: 科学研究水平仍然欠缺, 研究到的重大科研项目很少, 取得的科研成果也较少, 并且科研项目获奖不多, 使科研水平停滞不前; 师资队伍与资源建设性不强, 师资队伍建设质量低, 教师队伍规模偏小, 缺乏大师级学术带头人, 有些学科师资队伍建设严重相对滞后, 师资水平有待提高。

针对以上这些问题, 在学科建设中要采取以下措施:

1) 提高科研水平, 增强科研建设。科技水平的发展关乎国家的经济发展、实力发展, 提高科技水平, 是我们进入新时代, 基本实现社会主义现代化的主要推动力, 因此 Z 校需要加强科学研究水平, 创新科研管理机制, 增强科研项目研究, 落实科研项目目标, 严格考核相关内容, 使科学研究水平能不断提高。

2) 加强师资队伍建设。教师职业为教育事业发展奠定了雄厚的基础, 只有把教师队伍与资源建设起来, 我们的教育事业才能够提高质量, 持续发展。Z 校需要加强教师队伍建设的指导思想、总体目标和整体任务, 加强教师的思政教育和行为规范, 树立师德, 构建相应机制, 提高教师的专业能力和素养, 培养造就高端学习带头人, 建立健全的教师管理制度。

基金项目

湖北省教育科学规划 2022 年度重点课题(2022GA031), 长江大学 2022 年教学研究项目。

参考文献

- [1] 胡守忠, 郑凌莺. 基于价值管理地方高校重点学科建设评价研究[J]. 科研管理, 2009(S1): 119-122.
- [2] 赵高长, 高运芳, 覃飞, 等. 地方高校绩效评估中的数学模型[J]. 西安科技大学学报, 2015, 35(2): 264-271.
- [3] 王向前, 崔杜武. 高校重点学科评估模型的研究与实现[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(8): 232-235.
- [4] 蒋科兵, 黄华伟. 运用层次分析法构建重点学科评估模型及应用[J]. 湘潭大学学报(自然科学版), 2012, 34(3): 122-126.

-
- [5] 朱伟, 杨苗苗, 徐晨曦, 等. 基于层次分析法与学科评估的我国高校排名的实证研究——以“人文社科类”专业为例[J]. 漯河职业技术学院学报, 2021, 20(4): 25-29.
- [6] 刘林芽, 秦佳良, 刘全民, 等. 高校科研绩效融合评价模型的构建及应用研究[J]. 教育学术月刊, 2021(10): 49-55.
- [7] 张宇. 模糊层次分析法为基础的东北马鹿生境评价体系模型[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- [8] 刘聪. 基于 UES-PSIR 模型的资源枯竭型城市生态安全评价与对策研究——徐州市的纵向与横向分析[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京林业大学, 2015.
- [9] 单心如, 王峰, 李晓智, 等. 基于层次分析法的危化品道路运输事故风险分析方法[J]. 安防技术, 2023, 11(3): 30-39.
- [10] 张可新. 动车组可靠性评估及维修策略优化方法研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2015.
- [11] 齐金平. 高速铁路动车组可靠性建模方法研究——以兰新客专动车组为例[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州交通大学, 2018.
- [12] 陈初杰. 基于多层次监测数据融合的多状态系统动态可靠度评估方法研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2015.
- [13] 欧阳琦. 飞行器不确定性多学科设计优化关键技术研究与应用[D]: [博士学位论文]. 长沙: 国防科学技术大学, 2013.
- [14] 姚丽娟. 绩效评价背景下中国企业战略成本管理体系的构建[J]. 黑龙江科学, 2023, 14(17): 138-139.
- [15] 徐凯, 郑富豪, 李跃平. 基于 Delphi 法构建某三级医院临床医师能力综合评价指标体系[J]. 福建医科大学学报(社会科学版), 2016, 17(4): 23-27.
- [16] 俞岚, 何飞, 雷霆, 等. 三级综合医院医师临床能力综合评价指标体系构建[J]. 东南国防医药, 2018, 20(4): 425-428.
- [17] 魏志远, 谷新利, 井明霞. 高校重点学科评估指标体系与方法的研究[J]. 石河子大学学报(哲学社会科学版), 2002, 2(1): 52-56.
- [18] 万鑫, 常永伟, 于婷婷, 等. 基于多种组合评价方法的高校学科评估模型[J]. 企业研究, 2010(16): 131-133.