

基于AHP的应用型高校科教融合指标构建研究

李 昀

上海工程技术大学, 上海

收稿日期: 2022年5月17日; 录用日期: 2022年6月7日; 发布日期: 2022年6月21日

摘 要

科教融合是现代高等教育的核心理念, 是高等教育内涵式发展的必然要求, 其功能与价值在应用型人才培养中不断凸显, 应用型高校开展科教融合有利于推动高水平科研和高质量教学的协同发展。研究从理念层、制度层以及操作层三个维度梳理科教融合的相关指标, 试图建立应用型高校科教融合的指标体系, 通过采用AHP方法对其指标权重进行赋值, 并根据所得结果, 提出相应的对策建议, 以期在应用型高校的实践提供一定的参考价值。

关键词

科教融合, 层次分析法, 应用型人才, 指标构建

Research on the Construction of AHP-Based Indexes for the Integration of Science and Education in Applied Universities

Yun Li

Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: May 17th, 2022; accepted: Jun. 7th, 2022; published: Jun. 21st, 2022

Abstract

The integration of science and education is the core concept of modern higher education and an inevitable requirement for the connotative development of higher education. Its function and value are constantly highlighted in the training of applied talents. The integration of science and education in applied universities is conducive to promoting coordinated development of high-level scientific research and high-quality teaching. The research combs the relevant indicators of the integration of science and education from the three dimensions of the concept layer, the system

layer and the operation layer, trying to establish an indicator system for the integration of science and education in application-oriented colleges and universities, and assigns the weight of the indicators by using the AHP method. The countermeasures and suggestions are expected to provide a certain reference value for the practice of science and education integration in application-oriented colleges and universities.

Keywords

Integration of Science and Education, Analytic Hierarchy Process, Applied Talents, Index Construction

Copyright © 2022 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

2019年2月,中共中央办公厅、国务院颁布《加快推进教育现代化实施方案(2018~2022年)》指出要“提升研究生教育水平,完善产教融合的专业学位研究生培养模式、科教融合的学术学位研究生培养模式,加强紧缺高端复合人才培养”。随着高等教育的不断发展,科教融合已成为高校落实五大基本职能的重要手段,是推动我国高等教育内涵式发展的重要途径。而应用型高校是培养应用型、复合型人才的主要场所,深化科教融合理念有利于应用型高校优化人才培养模式,提升人才培养质量,为区域经济发展提供强有力的人才支撑。

2. 应用型高校科教融合的研究概述

目前许多专家、学者已对应用型高校科教融合的探索与实践进行了一定的研究。通过梳理文献可知,张兄武(2010)指出应用型高校应创新教育教学方式和教学管理模式,引导学生在参与科研和社会服务的过程中提升创新能力,鼓励教师将“教学研究”视为第一学术[1]。李伟明(2011)提出要建立精品课程教学体系、改革教学方法和内容及考核方式,培养学生自主科研的能力[2]。宋孝金(2016)认为应用型高校科教融合的外在表现是教学与科研的相互促进,内在要求是专业与学科一体,更高水平是创新创业统一和协同创新[3]。丁良喜和曹莉(2018)指出应用型高校还应从顶层设计、办学理念、教师评级奖励制度等方面大力调整,并建设科研创新平台,为科教融合协同发展创造良好的环境[4]。刘周等(2019)认为应用型高校发展离不开科教产教的双融合,因此要加强政策支持、融合观念转变、校企合作动力、参与程度、合作平台建设等因素的融合[5]。

综上所述,现有的文献已经对科教融合实施过程进行了详细的研究,但仍缺乏用定量的方法对这些指标进行系统的分析。而层次分析法(Analytic Hierarchy Process 简称 AHP)是一种将定性与定量的方法相结合、系统化分析问题的方法。通过将研究问题中的相关因素进行分层,并把每一层级中的因素进行两两对比,判断各因素之间的相对重要性,以此得出每个层级和因素的具体权重,形成最优的解决方案。应用型高校科教融合协同育人模式包含多项准则和影响因素,且许多因素难以进行量化,层次分析法能有效排除主观因素和不确定因素的干扰,使应用型高校科教融合影响因素的研究结果更具科学性和客观性。本文通过建立科教融合在应用型高校实施中的指标体系,分析各指标之间的层次结构关系。有利于厘清科教融合内外部的逻辑关系,为科教融合在应用型高校的实施提出具有针对性的建议。

3. 应用型高校科教融合的指标体系构建

(一) 指标来源的分析

为有效提取影响应用型高校科教融合的相关指标, 本文从文献计量学视角出发, 借助文献分析工具 CiteSpace 对中国知网(CNKI)中有关科教融合的 1023 篇文献进行梳理分析, 揭示了截至 2021 年 4 月 30 日科教融合研究的整体趋势与研究热点, 科教融合研究主题热点图谱如图 1 所示, 科教融合研究前沿的系统可视化对于科教融合指标的提取具有一定启示意义。



Figure 1. Hotspot map of domestic science and education integration research topics
图 1. 国内科教融合研究主题热点图谱

在 CiteSpace 可视化工具中, 研究的热点与关键词的频次和中心性紧密相关。关键词的频次与字体大小呈正相关, 频次越高, 字体越大, 中心性是代表该影响因素在研究网络中的重要程度。根据图 1 国内科教融合热点图谱, 按照不同关键词在文献中出现的频次和中心性, 可得到国内科教融合研究高频关键词列表, 如表 1 所示。

Table 1. List of high-frequency keywords in domestic science and education integration research
表 1. 国内科教融合研究高频关键词列表

序号	关键词	频次	中心性
1	科教融合	632	1.19
2	人才培养	114	0.17
3	产教融合	47	0.12
4	专业建设	45	0.10
5	教学改革	31	0.13
6	协同育人	31	0.11
7	创新型人才	31	0.11
8	创新能力	29	0.11
9	培养模式	26	0.12
10	协同创新	23	0.11

Continued

11	课程建设	19	0.10
12	国家科技奖励	15	0.10
13	培养要素	13	0.09
14	校企合作	11	0.10
15	科研团队	10	0.10
16	创新创业	10	0.11
17	应用型人才	9	0.11
18	科研育人	9	0.10
19	实践教学	8	0.12
20	创新教育	8	0.12

由上表可知,处于核心节点的关键词有两个,分别是“科教融合”和“人才培养”,其频次和中心性都远高于其他关键词,可见,科教融合对于人才培养有直接的相关性,并对“应用型人才”、“创新型人才”等人才的培养有指导作用。大部分学校在开展科教融合的过程中结合了“科研育人”的理念,并通过“课程建设”、“专业建设”、“教学改革”等具体操作推动科教融合协同育人顺利实施。

(二) 指标结构的设置

张喜爱(2009)认为队伍建设、科研项目、科研成果、制度建设、平台建设这5个指标是高校科研团队绩效评价指标体系的主要内容,并以此建立了高校科研团队绩效的层次分析法评价模型[6];沈绮云等(2021)从多元化办学体制、校企协同育人、组织保障等维度构建了产教融合目标达成评价指标体系,用层次分析法分析产教融合开展的效果[7];来阳、姜珊珊(2019)通过层次分析法,选取了基础条件、人才培养过程和教学效果这三个维度的指标,构建了应用型人才培养模式的教学质量评价指标体系[8]。本文通过大量借鉴、整合相关文献的基础上,尝试以系统整体的角度来阐述应用型高校科教融合的主要影响因素,在参考国内科教融合研究主题热点词和专家的意见指导下,经过层层筛选与严格评估最终按理念层、制度层和操作层共确定了12个影响应用型高校科教融合的关键指标,然后由10位具有教育学和管理学背景的专家及教师来判定这些指标是否对于应用型高校科教融合具有直接作用,统计结果如表2所示。

Table 2. The index system of science and education integration in application-oriented colleges and universities

表 2. 应用型高校科教融合指标体系

目标层 A	准则层 B	指标层 C
应用型高校科教融合	理念层 B1	教学学术理念 C1
		科研育人理念 C2
		以学生为中心的理念 C3
	制度层 B2	教科研激励机制 C4
		教学管理机制 C5
		考核评价机制 C6
		产学研合作机制 C7
	操作层 B3	双师型师资队伍建设 C8
		学科专业建设 C9
		课程体系建设 C10
		校企平台建设 C11
		校园文化建设 C12

理念是实践的先导, 科教融合理念引领着高校的办学方向, 在科研与教学活动的执行和实施中产生着重要的影响。理念层主要包括教学学术理念、科研育人理念和以学生为中心的理念共三个指标层。教学学术理念(C1)指的是把教学纳入为学术研究活动之中, 通过赋予教学与科研同等的地位, 来缓解科教分离的状态[9]; 科研育人理念(C2)是将传授知识和创新知识进行有机融合, 从而实现人才培养与科学研究的良性循环, 是培养学生的批判思维和理性精神的重要途径[10]; 科教融合的本质是一种以学生为中心的理念(C3), 从学生的角度出发, 在尊重学生认知规律的基础上, 利用各种教学手段调动学生主动学习、主动求知的积极性, 是基于人的求知和创造本性所发展的高等教育精神[11]。

制度是保障应用型高校科教融合实施的重要渠道, 是强化高校的宏观调控的手段, 将科教融合工作进行的统筹管理, 是破解科教分离现状、促进教师协同发展的必要条件。制度层主要包括教科研激励制度、教学管理机制、考核评价机制、产学研合作机制共四个指标层。教科研激励制度(C4)是科教融合实践创造新的基础条件, 有利于激发教师参与科学研究与教学改革的热情[12]; 教学管理机制(C5)是决定教学质量的核心环节, 系统性、前瞻性的教学管理机制能有效的提升学校内部的组织运作能力, 获得预期的教学效果; 产学研合作机制(C7)主要包括生产、教学和科研三个方面, 三者互利共生且相互制约, 深化产学研的有效联动有利于促进高校科学成果的转化, 满足企业技术创新的需求[13]; 考核评价机制(C6)是开展科教融合活动的一个重要环节, 可以为改进和完善教学方式、优化教学策略提供依据, 多元化的评价体系有利于促进教师和学生各项能力的提升[14]。

理念的引导和制度的制定需要在具体的操作中得到落实, 通过从各应用型高校的探索实践中梳理中共同的措施。操作层包含了“双师型”教师队伍、学科专业建设、课程体系建设、校企平台建设、校园文化建设共五个指标层。“双师型”师资队伍建设(C8)是指既两种不同的职称又具备理论教学素养和实践教学素养的教师, 其扎实的教学能力和丰富的行业经验是应用型高校提升教学质量和科研水平的关键[15]; 学科专业建设(C9)和课程体系建设(C10)是构建应用型大学的基本元素, 直接决定应用型大学的发展水平, 专业建设的重点是教学, 学科建设的重点是科研, 课程是保障教育目标实现的基本依据[16]; 完善校企平台建设(C11)有利于为校企合作育人打下坚实的基础, 为应用型人才的培养提供优质的资源环[17]; 营造科教融合的校园文化(C12), 开创特色科教融合的育人文化, 对于应用型人才质量的提升有不可忽视的作用[18]。

(三) 指标权重的确定

为了确定应用型高校科教融合指标体系对应的权重, 本文引入层次分析法对上述指标进行量化, 并以问卷的形式邀请 10 位具有教育学和管理学背景的专家及教师对指标进行重要程度的判定。根据 A.L. Saaty 提出的“1-9 标度法”对各个层级的不同指标进行两两比较, 以此来判断各个指标的相对重要程度。衡量尺度从 1 到 9 共划分为 5 个等级, 1 代表同等重要、3 代表稍微重要、5 代表明显重要、7 代表强烈重要、9 代表极端重要, 其他在相邻标度之间的程度用 2、4、6、8 来表示, 而比较结果的相对不重要程度则以倒数的形式表示。

1) 层次排序及一致性检验

根据上述的指标体系, 可以构建出应用型高校科教融合构造各层级指标的判断矩阵, 并通过和积法计算每一个矩阵的特征向量与权重。通过判断矩阵各指标的权重, 我们能得出判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} 对应的归一化特征向量 w , 其中 λ_{\max} 代表判断矩阵的最大特征值, n 代表判断矩阵的阶数。

$$\text{即 } A_w = \lambda_{\max} w$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$$

根据 AHP 法, 可以用一致性比率 CR 来对判断矩阵做一致性检验。首先建立 CI 和 CR 这两个一致性

检验指标，其次，需要对各个判断矩阵进行一致性检验，检验公示为

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

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

其中， RI 代表 n 阶判断矩阵的随机一致性指标。当一致性比率 $CR < 0.1$ 时，我们认为该矩阵的不一致程度在容许范围之内，可以通过一致性检验，一般来说， CR 的值越小，其判断矩阵的一致性越高。

Table 3. RI value reference table

表 3. RI 值参考表

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

2) 确定指标权重

应用型高校科教融合有 3 个准则层和 12 个指标层，依据表 2 构建的应用型高校科教融合指标体系，可以构建目标层 A 的判断矩阵，如表 4 所示。目标层 A 判断矩阵的阶数为 3，依据表 3 可知 RI 值为 0.58，权重为 1，最大特征值 $\lambda_{\max} = 3.0183$ ，一致性比率 $CR = 0.0158 < 0.1$ ，说明以上判断矩阵能通过一致性检验，权重系数较为合理，具有可参考性。以同样的方法构建准则层 B1、B2、B3 的判断矩阵。

Table 4. Weight and consistency check of criterion layer B relative to target layer A

表 4. 准则层 B 相对于目标层 A 的权重及一致性检验

A	B1	B2	B3	Wi	一致性检验
B1	1	3	2	0.5485	$\lambda_{\max} = 3.0183$
B2	1/3	1	1	0.2106	$CI = 0.00915$
B3	1/2	1	1	0.2409	$RI = 0.58$
					$CR = 0.0158 < 0.1$

依据层次分析法，综合以上目标层以及各准则层的权重结果，可得到应用型高校科教融合指标权重表，如表 5 所示。在准则层中，理念层 B1 的权重为 0.5485，接近半数，说明在应用型高校科教融合的开展过程中，高校更需要从理念上出发，引导教师把科研思维带入教学，将教学理念融入科研之中，通过理念来指导实践，从而更好的规划制度层 B2，落实操作层 B3。在 B1 的指标层中，以学生为中心的理念 C3 的权重为 0.3008，相较于 C1、C2 的理念更高，说明以学生为中心的理念是有效提升育人质量的基础，高校应转变以往“填鸭式”的教学方式，从学生的角度出发，激发学生主动求知的积极性。通过分析制度层 B2 的指标权重，可知，产学研合作机制 C7 的权重为 0.0856，教科研激励机制 C4 的权重为 0.0505，明显高于其他制度层的指标权重。产学研合作是应用型高校培养应用型人才的主要途径，产学研合作机制 C7 是结合校内校外多方的育人资源，创办育人环境，形成育人合力，为师生的知识创新和生产实践提供有利的条件。教科研激励机制 C4 是促进科研与教学深度融合的保障条件，在平衡教师的科研与教学工作，促进科研成果与教学成果的相互转化方面发挥着重要的作用。在操作层 B3 中，双师型师资队伍建设 C8、学科专业建设 C9 和课程体系建设 C10 都有较高权重，表明在应用型高校开展科教融合的实践过程中，双师型教师是育人的关键因素，其丰富的实践经历和良好的教学能力能有效的提升应用型人才的质量；学科专业建设和课程体系建设是开展科教融合活动的基本保证，优化学科专业结构、完善课程体系是应用型高校实现育人目标的重要条件。

Table 5. Weights of science and education integration indicators in applied universities
表 5. 应用型高校科教融合指标权重表

目标层 A	准则层 B	准则层权重	指标层 C	各层次权重	综合权重
应用型高校 科教融合	理念层 B1	0.5485	教学学术理念 C1	0.1321	0.2409
			科研育人理念 C2	0.1155	0.2106
			以学生为中心的理念 C3	0.3008	0.5485
	制度层 B2	0.2106	教科研激励机制 C4	0.0505	0.2396
			教学管理机制 C5	0.0373	0.1771
			考核评价机制 C6	0.0373	0.1771
			产学研合作机制 C7	0.0856	0.4063
	操作层 B3	0.2409	双师型师资队伍建设 C8	0.0633	0.2626
			学科专业建设 C9	0.0659	0.2737
			课程体系建设 C10	0.0583	0.2421
			校企平台建设 C11	0.0400	0.1662
			校园文化建设 C12	0.0133	0.0553

4. 应用型高校科教融合指标的应用

(一) 建立“以学生为中心”的科教融合理念

“以学生为中心”的理念是美国心理学家卡尔·罗杰斯于上个世纪 50 年代提出的一种教育理念，强调应尊重每个学生的学习成长规律，调动学生主动求知的积极性，发挥其自身的主观能动性，培养创新思维和研究意识。科教融合的过程是一个不断建构、不断创新的过程，其最终目标也是为人才培养而服务，以学生为中心的科教融合首先要从学生的角度出发，把学生的需要作为首要的关注点，对不同的学生实施因材施教，推崇个性化教育，形成个性化的发展，满足人才的个性化需求。应用型高校应建立“以学生为中心”的理念，在实施科教融合的过程中着重培养应用型人才的主动求知意识和批判精神，激发学生的科研热情，提升学生的创新能力。

(二) 健全应用型高校科教融合的管理机制

科教难以融合的主要原因之一是缺少制度上落实与推动，使得科教融合在政策的提出和高校的实际开展中仍存在一定的差距。随着“破五唯”政策的发布，大部分应用型高校紧跟政策导向，破除“唯论文、唯项目”等的重科研、轻教学的评价标准，从制度层面上缓解了科教分离的局面。应用型高校在制定科教融合的管理制度时，一是要建立相应的教科研激励机制，对于主动推进科学成果转化为教学成果、将教学、科研成果应用到生产实践的师生给予一定的奖励，为促进科研与教学的深度融合创造良好的条件。二是要建立各学院之间的联合机制，打破学校各学院、学科、各分管部门之间信息沟通不流畅、资源对接不到位的情况，为不同专业的人才建立合作创新的机会，鼓励学生发挥其专业的优势，共同参与科研项目、科创竞赛等科教融合活动。

(三) 加强应用型高校学科专业一体化

学科和专业是高校办学的基础，决定着高校的办学水平，反映着社会经济发展对高校人才培养的现实需求。学科建设是专业建设的基础，专业建设为学科建设提供动力[19]。加强学科专业一体化有利于促进科研与教学的深度融合，专业建设为教学活动的开展提供重要的支撑，学科建设为促进科研的发展打下坚实的基础。应用型高校应紧密围绕地方产业需求，把握自身的特色优势，对接产业结构的动态调整，

不断规划学科专业建设的方向,提升应用型高校学科专业建设水平,培养满足社会产业需要的应用型人才。

(四) 优化应用型高校课程体系建设

课程是高校人才培养方案的基础,是实现人才培养目标的重要保证[20]。应用型高校的课程体系建设应侧重于课程的实践性和应用型,强调理论知识的有效转化,从而科学合理指导实践。因此,应用型高校的课程结构应结合地方产业对人才的需求和自身的办学定位进行调整,使课程结构的设置应与产业结构相契合。其次,应用型高校的课程内容应偏重于启发性、应用性,在学习理论知识的基础上,将企业中的实际案例和前沿动态引入到课程中,使学生的依据行业标准,提升自身的专业能力和专业素养。最后,应用型高校应开展多样化课程形式,通过采取实验性课堂、项目式学习、课程实训等形式,激发学生的科研热情和科创精神,提升学生的实践能力。

(五) 推进高水平应用型师资队伍建设

应用型师资队伍是培养应用型人才的重要条件,应用型师资队伍的水平直接决定应用型人才的培养质量。因此,应用型高校应把握应用型教师的特色,以“双师型”的要求提升教师队伍的准入门槛,不仅要对教师的教学、科研能力提出基本的要求,还应该着重考察教师的专业素养和实践能力。通过建立科研与教学双向的教师评价机制,从教学育人和成果转换两个方面分别对教师进行考评,一是通过外部的激励措施,对有杰出育人成果的教师给予与研发科研成果同等的奖励;二是从内在动力入手,激发教师对科研的求知欲以及对教学工作的责任意识等,从而兼顾人才培养和科研成果转化的两大要求,实现科教融合的协同育人。

基金项目

上海市教育科学研究项目“应用型高校科教融合协同育人组织模式研究”(项目编号:C20089)。

参考文献

- [1] 张兄武. 应用型创新人才培养模式探讨[J]. 中国高等教育, 2010(Z3): 50-51+56.
- [2] 李伟明, 邵辉, 蒋必彪, 史国栋. 工程应用型创新人才教育的本质思考与实践[J]. 中国高等教育, 2011(10): 54-55.
- [3] 宋孝金. 融合发展: 应用型本科教育的必由之路[J]. 教育评论, 2016(4): 22-25.
- [4] 丁良喜, 曹莉. 应用型大学科研反哺教学可行性探索与优化建议[J]. 教育与职业, 2018(9): 106-109.
- [5] 刘周, 徐本川, 吴向宾. 科教产教双融合的现实之思与应然之策[J]. 中国高校科技, 2019(S1): 67-69.
- [6] 张喜爱. 高校科研团队绩效评价体系的构建研究——基于 AHP 法[J]. 科技管理研究, 2009, 29(2): 225-227.
- [7] 沈绮云, 欧阳河, 欧阳育良. 产教融合目标达成度评价指标体系构建——基于德尔菲法和层次分析法的研究[J]. 高教探索, 2021(12): 104-109.
- [8] 来阳, 姜珊珊. 地方独立院校应用型人才培模式教学质量评价体系构建[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(23): 140-145. <https://doi.org/10.13881/j.cnki.hljxmsy.2019.03.0489>
- [9] 蒋喜锋, 彭志武. 当教学成为学术——教学学术理论的深层意蕴及启示[J]. 江苏高教, 2011(1): 66-69. <https://doi.org/10.13236/j.cnki.jshe.2011.01.049>
- [10] 周光礼, 姜嘉乐, 王孙禹, 陆国栋. 高校科研的教育性——科教融合困境与公共政策调整[J]. 高等工程教育研究, 2018(1): 88-94.
- [11] 朱江煜. 科教融合背景下人才培养模式案例研究——以 C 大学 A 学院为例[J]. 中国高校科技, 2014(10): 62-65. <https://doi.org/10.16209/j.cnki.cust.2014.10.022>
- [12] 罗筑华. 科教融合的困境、潜因与对策[J]. 中国高校科技, 2020(7): 71-73. <https://doi.org/10.16209/j.cnki.cust.2020.07.016>
- [13] 刘鲁平, 徐澍敏, 张跃西. 探索产学研合作机制培养高等应用型人才[J]. 教育与职业, 2007(6): 158-160.

-
- [14] 东明, 尚妍, 贺纓, 唐大伟, 刘晓华, 穆林. 科教融合下新型人才培养模式建设[J]. 高等工程教育研究, 2019(S1): 251-252+261.
- [15] 陈莉. 创新创业教育视域下应用型本科院校“双师型”教师队伍建设探析[J]. 教育与职业, 2019(6): 64-67.
<https://doi.org/10.13615/j.cnki.1004-3985.2019.06.013>
- [16] 刘献君. 应用型人才培养的观念与路径[J]. 中国高教研究, 2018(10): 6-10.
<https://doi.org/10.16298/j.cnki.1004-3667.2018.10.02>
- [17] 吴中江, 黄成亮. 应用型人才内涵及应用型本科人才培养[J]. 高等工程教育研究, 2014(2): 66-70.
- [18] 刘开振, 刘海峰, 殷伟, 陈啸寅, 李刚. 新时代高校科教融合创新育人的着力点[J]. 中国高校科技, 2019(S1): 85-87. <https://doi.org/10.16209/j.cnki.cust.2019.s1.028>
- [19] 张小芳. 本科院校学科专业一体化建设理路[J]. 高教发展与评估, 2016, 32(2): 58-64+100-101.
- [20] 王桂云, 王明明. 构建地方本科高校应用型课程体系[J]. 中国高等教育, 2017(18): 42-44.