

职前教师教育技术能力框架、发展目标与预测模型

黄斌, 姚梅莎, 吴成龙

(西华师范大学教育学院, 四川南充 637009)

[摘要] 为使教师教育技术能力培养和培训达到“需要”与“可能”的统一, 遵循教师教育一体化理念, 首先对教师发展全过程进行了理性把握和综合考量, 设计了包含意识与责任、知识与技能、设计与开发、应用与评价、科研与发展5个一级维度指标, 以及15个二级维度指标的教师教育技术能力框架; 其次考虑到职前培养是教师教育最为关键和基础的阶段, 故以职前培养这一阶段为突破口, 依据能力框架制定了职前教师教育技术能力发展目标, 并参照此目标, 采用G2法确定了能力框架的指标权值; 最后借助BP神经网络建立了职前教师教育技术能力预测模型, 探讨了职前教师的教育技术能力与其影响因素之间的关系, 为预测与评估职前教师的教育技术能力提供了科学有效的方法。

[关键词] 智慧教育; 职前教师; 教育技术能力; 能力标准; 预测模型

[中图分类号] G 650 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-6493(2024)04-0069-10

智慧是教育实践的天然内涵与根本追求, 智慧教育的目的在于转识成智, 促进人的智慧生成与发展。技术推动下的智慧教育正在成为全球教育改革的风向标, 它赋予了教师新的使命, 给教师带来了新的挑战。教育部《关于实施卓越教师培养计划2.0的意见》指出, 要贯通职前职后, 建设一流师范院校和一流师范专业, 全面引领教师教育改革发展。为了从源头上提高教师素质, 满足当下智慧教学需求, 实现教育的跨越式发展, 职前教师的教育技术能力理应随之跃迁并得到新的诠释。构建智慧教育背景下职前教师的教育技术能力框架、发展目标与预测模型是职前教师教育技术能力研究的重要问题, 也是充分彰显新时代教师队伍建设要求和改革方向的根本支撑, 这不仅有利于职前教师培养和职后教师培训的有效衔接, 而且对推动我国教育高质量发展意义深远。

一、研究现状与问题

进入21世纪, 信息技术日新月异, 以数字化、网络化、智能化为特征的信息化浪潮蓬勃兴起, 这

对教师的专业化水平提出了更高的要求, 于是加强职前教师教育技术能力的培养成为深化教育教学改革、全面提高教育质量的关键。2002年教育部颁发《关于推进教师教育信息化建设的意见》, 提议师范院校积极开设现代教育技术公共必修课。在此政策的推动下, 作为培养职前教师教育技术能力的现代教育技术公共课立即受到学者的普遍关注, 关于现代教育技术公共课的教材建设和教学实践等问题在学界掀起了广泛讨论。2004年教育部颁发《中小学教师教育技术能力标准(试行)》, 这不仅为中小学教师教育技术能力的培训与考核提供了依据, 而且为现代教育技术公共课的改革提供了方向, 一时间有关职前教师教育技术能力的研究层出不穷。不过从2017年开始, 研究热度急剧下降, 特别是近三年, 职前教师教育技术能力的研究几乎无人问津。表面上看, 相关研究似乎已经饱和, 但实际上, 在职前教师教育技术能力培养的过程中, 依然存在较多问题亟待解决, 比如培养目标的定位模糊不清^[1]、缺乏合理有效的评价方式^[2]、职前培养和职后培训脱节^[3]、能力培养达不到社会需求^[4]等。

[收稿日期] 2023-10-06

[基金项目] 南充市社会科学“十四五”规划2023年度一般项目“智慧教育背景下职前教师教育技术能力评级指标体系及测评研究”(NC23B327)

[作者简介] 黄斌(1981—), 男, 陕西西安人, 西华师范大学教育学院副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为教育技术学基本理论。

（一）现行标准分析

一方面，现行标准与职前教师培养不契合是导致上述问题的根本所在。职前教师应该具备怎样的教育技术能力，国内没有明确统一的标准，职前教师教育技术能力的现状调查等研究大多直接照搬《中小学教师教育技术能力标准（试行）》。然而，职前教师的教育技术能力与职后教师的教育技术能力是有所区别的，二者在实践应用场合、实践应用水平、实践应用范围、实践应用目的等方面存在明显差异^[5]。《中小学教师教育技术能力标准（试行）》主要立足于职后教师教育技术能力的培训与考核，因此标准中的一些条目并不适用于职前教师。鉴于国内没有针对职前教师的教育技术能力标准，一些学者为此展开了研究。夏熙瑞^[6]、万力勇^[7]分别构建了免费师范生教育技术能力结构模型。因为免费师范生特定的工作去向决定了他们的教育技术能力必须符合我国对中小学教师教育技术能力的要求，所以夏熙瑞、万力勇构建的模型都采用了《中小学教师教育技术能力标准（试行）》的4个维度。王凯萍^[8]构建了包括能力意识、技术技能、设计能力、应用能力、伦理责任5个维度的职前教师教育技术能力结构模型。该模型在《中小学教师教育技术能力标准（试行）》的基础上，创新性地融入了TPACK的要素，将标准中的“基本知识”调整为“理论技能”，即不再强调教育技术基本知识的获得，而是认为在职前教师教育技术能力的理论技能培养中需要包涵学科理论与技术教学理论。陈维维^[9]依据基础教育教师岗位的需求、职前教师成长的内在规律以及高校人才培养的特点，构建了一个较为完善的职前教师教育技术能力体系，包括信息技术基础能力、教学软件制作能力、教学软件运用能力、技术与课程整合能力、技术支持教师专业发展能力。除此之外，付道明^[10]、杨双双^[11]等人也对职前教师的教育技术能力标准进行了探索。尽管这些研究构建了职前教师教育技术能力结构模型，但却没有给出各项能力的权值，不能体现各项能力在结构模型中的地位及重要性，以致于无法对职前教师的教育技术能力进行综合评价。

（二）影响因素分析

另一方面，对职前教师教育技术能力的认识不足，以及对影响因素的不了解是导致职前教师教育技术能力的培养出现问题的另一原因。职前教师教

育技术能力的发展是一个非常复杂的过程，它与职前教师所能接触到的一切环境因素、资源因素和人力因素都有着不同程度的关联。职前教师教育技术能力的培养应该综合考虑这些因素，只有厘清职前教师的教育技术能力与其影响因素之间的关系，才能为职前教师教育技术能力的培养提出切实可行的建议。然而，国内专门针对职前教师教育技术能力影响因素的研究屈指可数。陈瑜林^[12]通过对职前教师教育技术能力培养的调查数据进行非参数检验统计，证实了性别、专业性质、计算机水平等对职前教师教育技术能力有重要影响。杨宁^[13]从访谈中发现，职前教师的教育技术能力受到课程设置、实践机会、教师示范、学习资源、实习环境、教育信念等多种因素的影响。赵笑笑^[14]建立了职前教师教育技术能力影响因素的结构方程模型，使用路径分析验证先前假设，以此探讨影响因素的主次关系及其之间的关联。尽管这些研究探讨了职前教师的教育技术能力水平以及存在的问题，但却没有真正挖掘出引起职前教师教育技术能力不足的原因，所以无法从最根本和最直接的影响因素入手提出建议，导致培养策略与职前教师教育技术能力的形成与发展始终有“一山之隔”，最终出现理论与实践培养脱节的现象。而预测能揭示出客观事物运行中的本质联系与发展趋势，使得决策具有充分的科学依据。目前，预测分析技术被广泛应用于经济学、社会学、生物学、医学等领域。比如医学领域通常以疾病的多病因为基础，寻求导致疾病发生的因素，使用多元线性回归、Logistic回归、Cox回归等方法建立预测模型，评估疾病的发病风险，为采取针对性的预防措施提供指导。随着人工智能的发展，预测方法开始从传统回归向机器学习转变，特别是学习分析技术的不断成熟，使得基于机器学习的预测模型为教育预测带来了新的可能，同时为本研究提供了解决问题的新思路。

（三）待解决的问题

综上所述，虽然学者层面与国家层面分别研制了职前教师与职后教师的教育技术能力标准，不过他们都是以一种割裂的态度来对待教师的职前培养和职后培训。然而，教师的职前培养和职后培训并非有着不可跨越的界限。20世纪60年代兴起的教师专业发展理论认为，教师专业发展需要经历一系列不同的阶段，同理，教师教育技术能力发展也会经历一系列不同的阶段，杨宁^[15]就曾提出教师教

育技术能力发展大致分为“作为学习者—作为教导者—作为协作者—作为领导者”四个阶段。职前教师的教育技术能力发展是教师教育技术能力发展的重要基石,我们只有将职前教师的教育技术能力发展纳入到教师教育技术能力发展中,才能有效促进职前培养和职后培训的一体化建设。此外,职前教师的教育技术能力与其影响因素之间不是简单的线性关系,现有研究使用非参数检验、访谈、结构方程模型等方法难以精确地描述其变化规律,也不具备预测与评估功能,无法让培养策略的制定者对引起职前教师教育技术能力不足的原因形成全面、系统、准确的认识,导致培养策略的制定主要依赖于个人判断,容易出现决策主观化、片面化、随意化的现象。

为此,本研究试图解决两大难题:第一,结合智慧教育背景重构教师教育技术能力标准。此标准包括教育技术能力框架与教育技术能力发展目标两部分。教育技术能力框架代表教师基本的能力要素,无论教师处于何种发展阶段,框架中的能力要素都会在教师身上体现,即框架支持并伴随教师终身教育的发展,使教师能够在不同的发展阶段自然过渡。教育技术能力发展目标代表教师具体的能力要求,教师教育技术能力处于不同的发展阶段时,发展目标是有所区别、有所侧重的,即随着教育技术能力阶段的提高,发展目标呈现出循序渐进、螺旋上升的特点。另外,不同阶段的教育技术能力发展目标都以教育技术能力框架为“母体”,旨在有效衔接职前职后教育,建立完善的教师教育技术能力培养体系。第二,将基于机器学习的预测模型运用于预测与评估职前教师的教育技术能力。对评估需要考虑的多方面影响因素进行量化,为培养策略的制定者提供全局视野,让其提前感知潜在问题,有效弥补主观决策上的片面化倾向,从而使决策过程与决策结果更加科学。

二、能力框架的设计

智慧教育背景下教师教育技术能力是教师在智慧教育教学活动中不断创生、进化和发展而形成的一种能力综合体。智慧教育作为信息时代教育发展的必然结果,它所带来的是技术支持下的课堂教学结构性变革,所以标准亟需改版升级才能契合智慧教育对高素质专业化教师的新要求,同时教师教育技术能力也亟需推陈出新才能肩负

21世纪全面推进教育现代化的新使命。为此,设计一个科学合理的、职前职后通用的教师教育技术能力框架已成为当务之急。

(一) 设计依据

在设计能力框架时,主要参考了与教师教育技术能力联系紧密的TPACK理论、国内外知名的教师能力标准以及教育技术能力标准的相关研究。TPACK理论有助于教师更全面地掌握特定学科的教育技术知识与技能,这一理论为能力框架的设计提供了理论指导。TPACK理论强调教学过程不光要关注学科内容知识(CK)、教学法知识(PK)、技术知识(TK)三个核心要素,还要关注由这三个核心要素交织而成的四个复合要素,即学科教学知识(PCK)、整合技术的学科内容知识(TCK)、整合技术的教学法知识(TPK)、整合技术的学科教学知识(TPCK),故以TPACK理论为基础可以设计出更具结构性的教师教育技术能力框架。国内外知名的教师能力标准和教育技术能力标准的相关研究是前人学术思想与观点的集合,在一定意义上体现了教师能力发展的基本脉络。本研究以《中小学教师教育技术能力标准(试行)》为蓝本,除此之外,既参考了全国高校教育技术协作委员会于2010年制定的《国家高校教师教育技术能力指南(试用版)》、教育部于2014年制定的《中小学教师信息技术应用能力标准(试行)》等国内具有代表性的标准,还参考了英国教育与就业部等机构于1998年制定的《ICT应用于学科教学的教师能力标准》、美国国际教育技术协会于2008年制定的《面向教师的美国国家教育技术标准(2008版)》、联合国教科文组织于2008年制定的《教师信息和传播技术能力标准》等国外具有影响力的标准。纵观这些标准和相关研究,发现它们大多是先将教师能力划分为几个一级维度,然后在其包含的下级维度中再给出相应的行为描述,能力维度之间彼此关联、相互依存、相互促进,并且能力维度几乎都涵盖了意识、技能、设计、应用等内容,这说明它们是教师必须具备的教育技术能力,我们在设计能力框架时值得借鉴。

(二) 设计思路

能力框架的设计思路具体如下:(1)统计《中小学教师教育技术能力标准(试行)》和相关研究能力维度中的词汇,发现“意识”一词的出

现频率较高（仅次于“技能”），这足以表明其重要程度，然后参照《中小学教师教育技术能力标准（试行）》的维度分类，因为“社会责任”维度涉及内容较少，所以把它同“意识与态度”维度整合，将整合后的“意识与责任”作为一级维度，该维度注重教师在日常生活与学习过程中以及传播教学信息时应具有学习意识、应用意识和社会责任。（2）《ICT 应用于学科教学的教师能力标准》强调教师在学科教学中要使用 ICT（信息与通信技术）所需的知识与技能来支持有效教学^[16]，《国家高校教师教育技术能力指南（试用版）》也强调教师要获得对技术的理解，掌握相关的技术技能。毋庸置疑，拥有基本知识与技能是发展教育技术能力的关键，故将“知识与技能”作为一级维度，该维度注重教师掌握相关的技术知识、教学知识和操作技能。（3）《面向教师的美国国家教育技术标准（2008 版）》将 2000 版的“规划、设计学习环境并体验”“教学、学习与课程”“运用技术促进评价”整合为“设计、开发数字时代的学习经验和相关评估工具”^[17]。可见，设计能力和开发能力已成为数字时代教师的必备能力，故将“设计与开发”作为一级维度，该维度注重教师能够根据教学内容和学生的理解进行教学设计、资源开发和环境创设。（4）《中小学教师信息技术应用能力标准（试行）》的制定旨在从制度上保证广大教师具有合格的应用信息技术的专业技能，各国标准也已从单一的技术层面的要求，逐渐向教师应用技术提高教学效果层面转化^[18]，同时，联合国教科文组织把教师是否具有相当的评价能力作为评估一个国家教育发达程度和教育效能的一种依据^[19]，故将“应用与评价”作为一级维度，该维度注重教师应用信息技术进行教学实施、教学管理和评价反思。（5）不仅《中小学教师教育技术能力标准（试行）》对教师的信息化专业发展提出了明确的能力要求，而且《教师信息和传播技术能力标准》也强调教师能够使用信息技术支持自身的专业发展^[20]，结合中小学教师在教学之余开始重视教学研究的特征^[21]，故将“科研与发展”作为一级维度，该维度注重培养教师的教学研究能力、合作交流能力和自我发展能力。

（三）框架解析

基于上述思路，本研究设计的教师教育技术

能力框架分为一级维度（包括 5 个指标）和二级维度（包括 15 个指标），如图 1 所示。能力框架在结构上体现了一定的层次性，从下往上能力要求逐步提高，即以意识与责任作为出发点，在此基础上具备相应的知识与技能，来设计与开发所需的教学资源，通过应用与评价将教学资源效用充分发挥，最后以科研与发展作为落脚点，旨在塑造一批与时代紧密结合的高素质教师队伍。每一维度都是 TPACK 要素的融合且各有侧重，比如知识与技能维度侧重于教学法知识（PK）、技术知识（TK）、整合技术的教学法知识（TPK），设计与开发维度侧重于教学法知识（PK）、学科教学知识（PCK）、整合技术的学科内容知识（TCK），应用与评价维度侧重于整合技术的学科内容知识（TCK）、整合技术的教学法知识（TPK）、整合技术的学科教学知识（TPCK）等。



图 1 教师教育技术能力框架

三、发展目标的制定

教师教育技术能力框架打破了职前培养和职后培训各自为营的“一体两面”教育体系，统筹了教师教育技术能力的大体发展方向。教师教育技术能力发展是一个持续成长的过程，为使教师在此过程中受到连贯一致的教育，以方向为引领并根据教师教育技术能力各个阶段的特点与需求制定具体的发展目标，是一项不可或缺的工作。职前培养是教师教育最为关键和基础的阶段，本研究以职前培养这一阶段为突破口，依据教师教育技术能力框架制定职前教师教育技术能力发展

目标, 从而为开发一套既各有侧重又连续统一的教师教育技术能力一体化发展目标体系打下坚实基础。此外, 本研究还在职前教师教育技术能力发展目标中融入了智慧教育的元素, 以符合 21 世纪培养创新型人才、智慧型人才、实践型人才的内在需求。

(一) 确定发展目标

学习意识是指具有不断更新自身教学观念、提高自身教学能力和专业能力的意识。发展目标包括: 具有持续关注教育技术新理论和新技术发展的意识; 具有学习新理论和新技术提高自身综合能力的意识; 具有运用教育技术促进学生终身学习、完善学生知识结构的意识。应用意识是指能意识到教育技术对教学的重要性, 具有应用新技术改进教学的意识。发展目标包括: 具有积极主动地在教学中运用智慧教学手段的意识; 具有在教学中将信息技术与课程进行整合的意识; 具有培养学生运用教育技术进行自主学习与合作学习的意识。社会责任是指能规范自身的思想观念与行为准则, 引导学生合理合法地使用信息技术。发展目标包括: 能在教学中自觉遵守有关的法律法规和伦理道德; 具有信息安全意识, 树立维护学生数据隐私的责任; 能促进学生正确安全地使用信息技术, 培养学生自我保护的意识。

技术知识是指掌握与教育技术实践相关的信息技术知识。发展目标包括: 掌握计算机的基础知识、工作原理和信息处理原理; 掌握 Windows 操作系统的一般知识和计算机网络的基本原理; 掌握信息获取、存储、加工的理论与方法。教学知识是指了解教育技术以及与学科内容、教学法相关的知识。发展目标包括: 了解教育技术的基础知识, 如核心概念、理论基础、热点主题等; 掌握智慧教学的理论与方法, 能将技术与学科内容、教学法有效整合; 掌握信息技术融合学科教学的常见模式, 如任务驱动教学、项目教学、基于问题的教学等。操作技能是指掌握多媒体教学系统(设备/平台)、学科软件的使用方法, 实现对软硬件的有效利用。发展目标包括: 能熟练操作智慧教学系统及相关设备, 掌握下载和安装常见工具软件的方法; 能熟练操作智慧教学平台(如钉钉、雨课堂)及常用的具有学科特点的工具软件(如几何画板、Chem3D); 掌握智慧教学手段, 能在智慧教学环境下(如智慧教室、虚拟

仿真实验室)开展教学。

教学设计是指能运用系统科学的方法, 对教学要素和教学环节进行分析、计划并做出具体的安排。发展目标包括: 能根据教学内容选择合适的教学媒体和教学策略; 能利用大数据追踪、数字资源共享等信息技术服务教学设计; 能根据教学目标与学情分析进行教学设计, 并对教学设计做出修正和优化。资源开发是指能自主开发所需的教学资源, 并能合理利用、及时推送。发展目标包括: 能熟练使用课件制作工具(如 Powerpoint、希沃白板等)开发教学资源; 能开发音频、视频、图文等易于理解的多模态教学资源, 并能对现有的教学资源进行加工处理, 完成对教学资源的修改和完善; 能挖掘学生学习需求, 实现个性化学习资源推送。环境创设是指能借助技术手段创造富有吸引力的学习环境, 发挥学生的主动性。发展目标包括: 能在教学中引入先进的教学方法与教学策略, 调动学生兴趣; 能运用信息技术丰富课堂内容, 构建利于自主、探究、合作的学习环境; 能运用信息技术为教学活动提供教学辅助, 为学生构建个性化的学习空间。

教学实施是指能选择合适的教学模式和教学方法进行教学实践, 保障教学的顺利实施。发展目标包括: 能将信息技术从教学工具逐步转变为学生的认知工具, 帮助学生完成学习目标; 能通过大数据分析, 了解学生的学习需求和学习情况, 随时调整教学策略和进度; 能运用智慧教学模式开展以学生为中心的教学, 提高教学效果。教学管理是指能对教学过程所涉及的教学信息、教学活动、教学知识等要素进行恰当管理。发展目标包括: 能运用信息技术对教学活动进行调节管理, 维持良好的课堂秩序; 能收集学习过程、学习结果的多模态信息, 进行科学统计、合理分析和有效管理; 能使用云平台(如百度网盘、天翼云盘)对教学知识进行在线管理。评价反思是指能选择合适的评价方法与评价工具, 对教学过程和教学效果进行评价与反思。发展目标包括: 能通过信息技术工具, 促使学生开展自我评价、学生互评; 能利用信息化评价工具(如电子档案袋、量规)收集数据, 对学生进行全面评价; 能对自身的教学进行评价, 并深入分析与反思, 为下一次课做好充分的准备。

教学研究是指能了解本专业的前沿动态, 积

极开展科学研究, 促进自身科研能力发展。发展目标包括: 能在教学研究中不断发展创新, 并在教学中大胆尝试教学研究的成果; 善于以研究者的视角审视发现教学中的问题, 提高自身教学研究水平; 掌握基本的科学研究方法, 不断更新教育理论知识, 了解研究前沿, 创新研究课题。合作交流是指能利用信息化工具与学生、同事、教师等就教学问题进行广泛交流, 保证教学质量。发展目标包括: 能利用信息化工具与学生进行合作交流, 全面了解学生, 因材施教; 能利用信息化工具与同事进行合作交流, 改善自身在教学中的不足; 能利用信息化工具与课程指导教师、实习指导教师进行合作交流, 及时解决在教学中遇到的问题。自我发展是指能在整个职业生涯中, 主动更新自身知识与技能, 并在教育实践中不断提高自身的从教素质。发展目标包括: 能选用合适的评价方法与评价工具, 考察自身知识与技能; 能运用信息技术优化教学过程, 促进自身专业发展; 能参加各种教学比赛和培训, 了解新知识、掌握新技能, 提升自身教学水平。

(二) 确定指标权值

为了支持下文职前教师教育技术能力预测模型的建立, 本研究采用 G2 法, 参照发展目标确定能力框架的指标权值。G2 法即唯一参照物比较判断法^[22], 它通过唯一参照物的比较, 解决了层次分析法一致性判断矩阵难以构造的问题。笔者邀请 22 位专家对指标进行比较判断, 在此基础上综合出一个较理想的结果。

专家在同组指标中挑选出他认为最不重要的一个指标, 分为两种情况:

1. 判断不一致。如果仅有 1 位专家认为某指

标是同组指标中最不重要的, 说明该专家与其他专家的意见分歧较大, 所以不考虑该专家对这组指标的意见。

2. 判断一致。如果有 L_0 ($L_0 > 1$) 位专家认为某指标是同组指标中最不重要的, 那么将该指标记为 u_m , 将该组指标记为 u_1, u_2, \dots, u_m 。设专家 k ($k = 1, 2, \dots, L_0$) 对指标 u_j ($j = 1, 2, \dots, m$) 与指标 u_m 的重要性程度之比为 a_j^k (赋值参考 [23]), 则有 $a_j^k = u_j/u_m$, $a_m^k = 1$ 。通常专家没有把握赋予 a_j^k 一个确定的值, 只能赋予 a_j^k 一个取值范围, 即给出区间赋值, 这时将 a_j^k 的区间赋值记为 $D_j^k = [d_{1j}^k, d_{2j}^k]$ ($d_{1j}^k \leq d_{2j}^k$), D_j^k 的区间宽度 $e(D_j^k) = d_{2j}^k - d_{1j}^k$, D_j^k 的区间中点 $n(D_j^k) = (d_{1j}^k + d_{2j}^k) / 2$ 。

令 $D_j = \bigcap_{k=1}^{L_0} D_j^k = [d_{1j}, d_{2j}]$, $d_{1j} = \max_k \{d_{1j}^k\}$, $d_{2j} = \min_k \{d_{2j}^k\}$; $D_j^* = \bigcup_{k=1}^{L_0} D_j^k = [d_{1j}^*, d_{2j}^*]$, $d_{1j}^* = \min_k \{d_{1j}^k\}$, $d_{2j}^* = \max_k \{d_{2j}^k\}$, $\lambda_j = \frac{1}{2L_0} \sum_{k=1}^{L_0} n(D_j^k) / n(D_j^*)$ 作区间映射: $\varphi_{\lambda_j}(D_j) = n(D_j) + \lambda_j e(D_j)$, 式中 $0 < \lambda_j \leq 1/2$, 这时指标 u_j 的权值 $w_j = \varphi_{\lambda_j}(D_j) / \sum_{i=1}^m \varphi_{\lambda_j}(D_i)$, 将记 w_j 为 w_j^0 。

至此, 如果还有 L_1 ($L_1 > 1$) 位专家认为另一指标是同组指标中最不重要的, 那么同理可得指标 u_j 的权值 w_j^1 。依次类推, 指标 u_j 的最终权值 $w_j^v = (L_0 w_j^0 + L_1 w_j^1 + \dots + L_n w_j^n) / L$, 式中 $L = L_0 + L_1 + \dots + L_n$ 。

经过计算, 得到能力框架的指标权值 (见表 1)。

表 1 能力框架的指标权值 (职前教师)

意识与责任			知识与技能			设计与开发			应用与评价			科研与发展		
0.20			0.25			0.22			0.18			0.15		
学习	应用	社会	技术	教学	操作	教学	资源	环境	教学	教学	评价	教学	合作	自我
意识	意识	责任	知识	知识	技能	设计	开发	创设	实施	管理	反思	研究	交流	发展
0.38	0.26	0.36	0.24	0.39	0.37	0.40	0.32	0.28	0.41	0.23	0.36	0.27	0.38	0.35

四、预测模型的建立

职前教师的教育技术能力与其影响因素之间的

关系错综复杂, 体现出随机性、无序性、非线性等特点, 难以用确定的数学模型进行精确地描述。而机器学习对于解决非线性问题具有不可比拟的优

势, Rumelhart 等人提出的 BP (Back Propagation) 神经网络在处理非线性关系时, 有效避免了选取何种非线性函数的麻烦^[24], 已成为当下应用最广泛的一种神经网络。故本研究借助 BP 神经网络建立预测模型, 探讨职前教师的教育技术能力与其影响因素之间的关系, 为预测与评估职前教师的教育技术能力提供科学有效的方法。

(一) BP 神经网络概述

BP 神经网络是一种按照误差反向传播算法训练的多层前馈神经网络, 它模拟人脑的工作原理, 具有很强的非线性映射、自学习和自适应能力。BP 神经网络包括输入层、隐含层、输出层, 每层都由神经元(节点)构成, 每层的神经元之间无连接, 但相邻上、下层之间的神经元实现了全连接。设三层 BP 神经网络(隐含层为单层), 输入层节点为 x_i 、隐含层节点为 y_h 、输出层节点为 z_o , 输入层节点与隐含层节点之间的权值为 w_{hi} , 隐含层节点与输出层节点之间的权值为 w_{oh} , 隐含层节点的阈值为 θ_h , 输出层节点的阈值为 θ_o 。BP 神经网络的训练过程主要分为信号的正向传播阶段和误差的反向传播阶段。正向传播阶段, 即从输入层到隐含层 $y_h = f(\sum_i W_{hi} X_i - \theta_h)$, 最后到输出层 $Z_o = f(\sum_h W_{oh} Y_h - \theta_o)$ 。计算实际输出 z_o 与期望输出 d_o 的误差 $e = \frac{1}{2} \sum_o (d_o - z_o)^2 = \frac{1}{2} \sum_o (d_o - f(\sum_h W_{oh} f(\sum_i W_{hi} X_i - \theta_h) - \theta_o))^2$, 若误差过大, 则进入反向传播阶段, 即从输出层到隐含层, 最后到输入层, 依次调节 w_{oh} 、 θ_o 和 w_{hi} 、 θ_h , 直至 e 减少到可以接受的程度, 或进行到预先设定的训练次数为止。

(二) 预测模型的结构设计

预测模型的结构设计需要考虑输入层和输出层的节点数, 以及隐含层的层数和节点数。

输入层的节点数由输入样本的指标数来决定, 有多少项指标就有多少个节点。通过上文分析可知, 职前教师教育技术能力的影响因素较多, 一些影响因素得到了广泛的交叉验证, 本研究对其进行归纳, 总结出 10 项指标(影响职前教师教育技术能力的因素), 这些指标(如表 2 所示)即为输入层节点。

表 2 影响职前教师教育技术能力的指标与内涵

指标	内涵
基础水平	职前教师在入学前已经掌握的教育技术相关理论和技术对职前教师教育技术能力的影响
教育信念	职前教师对教育技术的认可和接受程度对职前教师教育技术能力的影响
学习态度	职前教师对教育技术的情感体验、行为倾向等对职前教师教育技术能力的影响
教育实习	职前教师在教育实习中经历的教学设计与开发、教学应用与评价等对职前教师教育技术能力的影响
课程设置	学校开设的“大学计算机基础”“现代教育技术”等课程对职前教师教育技术能力的影响
硬件设施	学校提供的硬件设施(计算机、微格教室等)对职前教师教育技术能力的影响
学校氛围	学校对教育技术的重视程度(举办计算机设计大赛、多媒体教学大赛等)对职前教师教育技术能力的影响
教师示范	教师的教学方法、技术使用过程等对职前教师教育技术能力的影响
学习资源	职前教师接触的资料(课件、课堂录像等)和同学对职前教师教育技术能力的影响
专业背景	职前教师所在专业的性质、学科知识与文化等对职前教师教育技术能力的影响

输出层的节点数等于期望输出的个数。将职前教师教育技术能力的综合评价值作为期望输出(个数为 1)。计算过程具体如下: 先计算一级维度指标的评价值 $q'_r = \sum_{r=1}^{n''} q''_r w''_r$, q''_r 为二级维度指标的评价值, w''_r 为二级维度指标权值, n'' 为一级维度对应的二级维度指标数; 再计算综合评价值 $q = \sum_{r=1}^{n'} q'_r w'_r$, w'_r 为一级维度指标权值, n' 为一级维度指标数。

设置隐含层的层数和节点数是为了控制权值的划分。三层 BP 神经网络就能以任意精度逼近任何非线性函数, 故本研究将隐含层设为单层。隐含层的节点过少可能训练不出或者训练出的网络不能概括样本规律, 而节点过多又会把样本中非规律性的内容纳入进来, 增加训练时间。隐含

层的节点数 (h) 与输入层和输出层的节点数 (i 和 o) 相关, 即 $h = \sqrt{i + o} + a$, a 为 1-10 之间确定的常数。本研究取 a 为 4, h 为 7, 由此得到职前教师教育技术能力预测模型 (见图 2)。

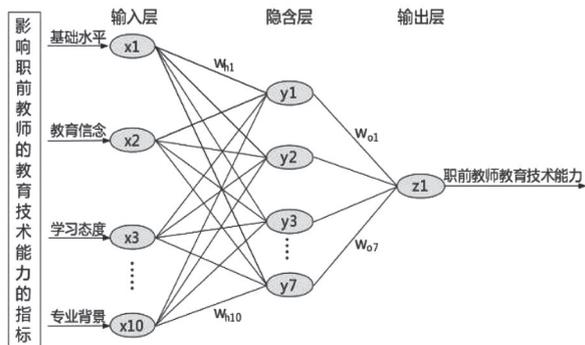


图 2 职前教师教育技术能力预测模型

(三) 预测模型的数据来源

本研究采用问卷法获取数据。问卷包括能力测评部分和影响因素部分, 共 25 道题。能力测评部分是由教师教育技术能力框架的二级维度指标结合相应的发展目标改编的 15 道题, 影响因素部分是由影响职前教师教育技术能力的指标改编的 10 道题。每道题都有“非常不同意”“不同意”“一般”“同意”“非常同意”5 个选项 (赋值 1 到 5)。以全国范围内的职前教师为调查对象, 通过问卷星平台发放问卷, 回收问卷 570 份, 剔除漏答、规律性作答过多以及整份问卷所勾选项皆为同一个等无效问卷, 得到有效问卷 528 份。

为了加快 BP 神经网络的收敛速度, 提高训练效率, 本研究采用 mapminmax 函数对 528 份输入样本与期望输出的数据进行归一化处理, 即 $X'_i = (y_{\max} - y_{\min}) * (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) + y_{\min}$, 式中 X'_i 是 x_i 归一化后的值, X_{\min} 和 X_{\max} 是 x_i 中的最小值和最大值, y_{\min} 和 y_{\max} 是参数 (默认值为 -1 和 1), 同理可得 d'_i 。值得注意的是, BP 神经网络在计算实际输出时, 还要采用 mapminmax 函数进行反归一化处理。

(四) 训练过程和测试结果

本研究使用 MATLAB 软件实现预测模型的训练和测试。

1. 模型的训练过程。函数的选取和参数的设置对网络的性能会有显著影响。本研究选取 newff 函数创建职前教师教育技术能力预测模型

(一个三层 BP 神经网络模型: 输入层、隐含层和输出层的节点数分别为 10、7 和 1), 隐含层的传递函数为 tansig、输出层的传递函数为 purelin, 为了加快训练速度、提高训练精度, 训练方法采用 traincgf 函数。在参数设置方面, 学习速率设为 0.05, 训练精度设为 0.001, 最大训练次数设为 500。调用 train 函数, 将随机抽取的 508 份样本作为训练集对模型进行训练, 训练过程如图 3 所示。随着训练次数的增加, 训练误差逐渐减小。经过 293 次迭代, 模型达到预先设置的精度要求 (训练误差在 0.001 以内)。

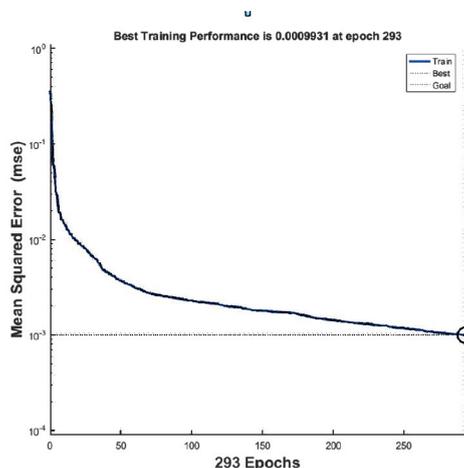


图 3 训练过程图

2. 模型的测试结果。模型训练完毕还需验证其是否具有较强的泛化能力。调用 sim 函数, 将剩下的 20 份样本作为测试集对模型进行测试, 测试结果如图 4 所示。

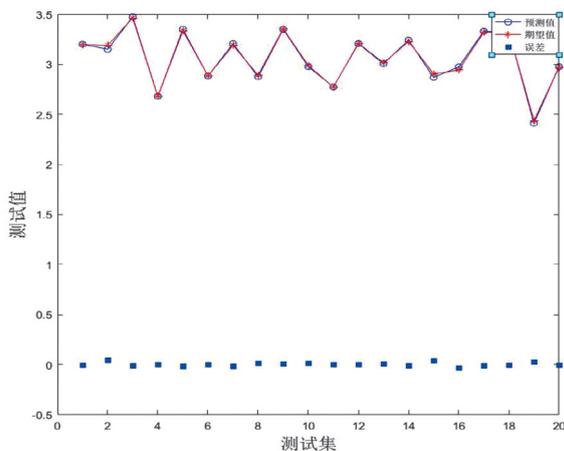


图 4 测试结果图

预测值与期望值的误差很小(最大误差为0.0540,平均误差为0.0015),说明实际输出与期望输出基本一致。另外,实际输出与期望输出的相关关系由拟合值R表示,R越接近1,模型的拟合度就越高。从图5和图6可知,训练集和测试集的

R分别为0.99231和0.98255,数据点集中分布在拟合曲线附近,这体现出模型具有较好的训练和测试效果。换言之,本研究构建的预测模型能根据影响职前教师教育技术能力的各项指标来准确预测与评估他们的教育技术能力。

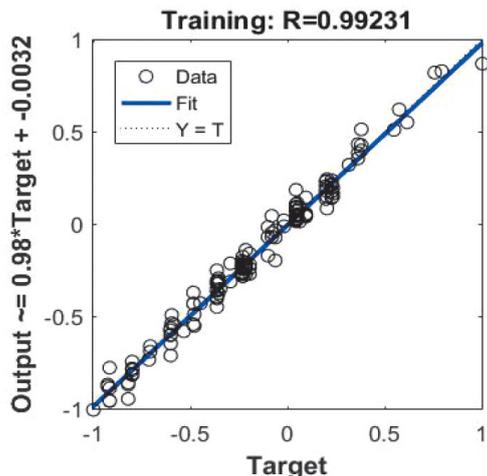


图5 训练集拟合回归图

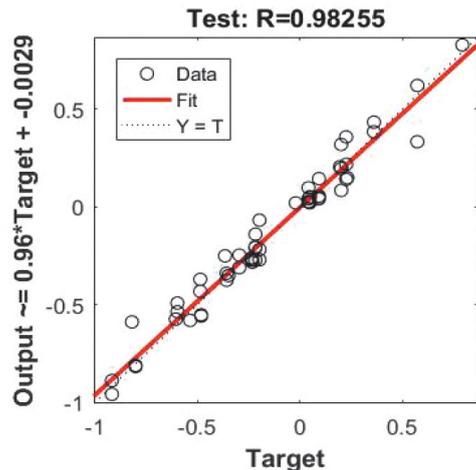


图6 测试集拟合回归图

五、总结与展望

智慧教育倒逼教育体系逐步发生系统性变革,职前教师的教育技术能力必须焕然一新,才能跟上智慧教育实施的步伐。作为智慧教育背景下教师教育技术能力研究的阶段性成果,设计的教师教育技术能力框架纵向打通了教师教育技术能力发展的通道,实现了不同发展阶段的相互衔接,使职前职后教育成为了一个全面沟通、连续统一的完整系统,促进了教师教育技术能力一体化规划方案的部署。在此基础上制定的职前教师教育技术能力发展目标指出了职前教师应该达到的教育技术能力水平,为职前教师教育技术能力的培养与测评提供了依据,不仅可以帮助职前教师进一步明确发展方向,而且更有利于培养能够适应社会变化的教师,提高教师教育的质量与效益。而建立的职前教师教育技术能力预测模型实际上探索了一种基于机器学习的预测模型的构建方法,依托预测模型可以进行智能化测评,推动培养策略和培训决策科学化。一方面可以对职前教师的职前培养进行过程性评价,让学校管理者、课程设计者和任课教师及时发现教学中的不足,尽早提供相应的干预策略,以促进职前教师

教育技术能力的形成与发展;另一方面可以对职前教师的入职培训进行诊断性评价,将评价与培训有机结合,使培训组织单位能按照职前教师教育技术能力水平高低进行分层培训,并为不同能力水平的职前教师提供个性化精准的入职培训方案,摒弃过去“一刀切”的入职培训模式,以此打造测、评、培完整链条,向基础教育输送具有专业信念、专业知识和专业能力的合格教师。尽管如此,本研究仍存在一些不足:其一,虽然设计了教师教育技术能力框架,但只给出了职前教师这一阶段的发展目标和能力框架的指标权值,故本研究只适用于职前教师教育技术能力的预测与评估,希望后续研究能进一步指明教师在其他发展阶段应该达到的教育技术能力水平,以做到职前培养和职后培训统筹规划;其二,虽然与传统预测方法相比,机器学习拥有更为优异的预测性能,但本研究中预测模型的数据都来源于问卷调查,具有一定的人为主观性,这在一定程度上妨碍了研究数据映射教育真实的努力,希望后续研究能用教育过程和教学行为的原始数据进行预测。

需要说明的是,在本文完成之际,恰逢教育部发布《教师数字素养》标准。数字素养是教育

技术能力在数字时代下的延伸和变迁,而笔者坚持使用教育技术能力一词,主要是基于以下考虑:信息技术应用能力、信息素养、数字素养只是教育技术能力在不同时代下的核心指向,并非全部,教育技术能力作为一个更大的概念,理应更具稳定性,教育技术能力一词不应也不会过时。另外,使用教育技术能力一词能更好地与现代教育技术公共课在名称和目标保持一致,更利于职前教师的人才培养需求。

[参考文献]

- [1] 胡天佑, 覃梦蒙. 新时代我国师范教育改革的几个关键问题 [J]. 黑龙江高教研究, 2021 (8): 7-12.
- [2] 韩小强. 地方高校师范生教育技术能力评价现状及对策 [J]. 现代交际, 2012 (10): 224-225.
- [3] 丁兴琴. 基于实践取向师范生培养“211”模式探索 [J]. 中国高等教育, 2018 (23): 56-58.
- [4] 马池珠, 魏拥军, 吴迪, 等. 师范生教育技术能力培养模式构建研究 [J]. 中国电化教育, 2017 (5): 102-110.
- [5] 李玲静. 师范生教育技术能力培养决策模型研究 [J]. 软件导刊, 2012 (2): 172-174.
- [6] 夏熙瑞. 免费师范生教育技术能力结构分析与课程体系重构 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2011.
- [7] 万力勇, 赵呈领, 疏凤芳. 免费师范生教育技术能力结构体系构建 [J]. 现代远距离教育, 2012 (1): 76-80.
- [8] 王凯萍. TPACK 视角下师范生教育技术能力结构构建研究 [D]. 济宁: 曲阜师范大学, 2017.
- [9] 陈维维, 杨欢. 职前教师教育中教育技术能力体系及其建构 [J]. 南京晓庄学院学报, 2011 (3): 116-121.
- [10] 付道明, 吴玮. 职前教师教育技术能力发展研究: 能力体系与课程建设 [J]. 内江师范学院学报, 2010 (7): 108-112.
- [11] 杨双双. 免费师范生教育技术素养研究 [D]. 长春: 东北师范大学, 2010.
- [12] 陈瑜林. 师范生教育技术能力培养效果影响因素研究 [J]. 广州广播电视大学学报, 2011 (5): 47-51.
- [13] 杨宁. 师范生教育技术能力发展: 目标层次、影响因素与培养策略 [D]. 长春: 东北师范大学, 2013.
- [14] 赵笑笑. 师范生教育技术能力培养效果的影响因素分析 [D]. 济宁: 曲阜师范大学, 2015.
- [15] 杨宁, 包正委, 董玉琦. 师范生的教育技术能力发展: 理念、框架与目标层次要求 [J]. 中国电化教育, 2013 (3): 68-73.
- [16] 王炜, 祝智庭. 解析英国《ICT 应用于学科教学的教师能力标准》 [J]. 电化教育研究, 2004 (12): 77-80.
- [17] 缪蓉, 张晓雷. 从教师教育技术能力评估到高级教师资格认证——美国教师评价体系的启示 [J]. 中国电化教育, 2010 (10): 11-15.
- [18] 颜承元, 姜巍. 教师教育技术能力标准的比较研究 [J]. 中小学信息技术教育, 2008 (9): 76-78.
- [19] 王红, 吴强. 高等教育评估的马克思主义哲学审视 [J]. 国家教育行政学院学报, 2015 (12): 23-28.
- [20] 吴全会. 联合国教科文组织《教师信息和传播技术能力标准》解读 [J]. 中国信息技术教育, 2008 (4): 5-8.
- [21] 符果, 范蔚. 中小学教师教育期刊阅读调查研究 [J]. 教学与管理, 2011 (7): 39-41.
- [22] 郭亚军. 综合评价理论、方法及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 32.
- [23] 李刚, 周立斌, 曹宏举. 基于理想排序的群组 G2 赋权方法研究 [J]. 数理统计与管理, 2012 (2): 316-324.
- [24] 夏祥伟, 毛丽娟, 黄金玲, 等. 中国高校研究生体育锻炼与全面健康的相关性——基于 BP 神经网络的实证研究 [J]. 全球教育展望, 2018 (4): 111-128.

(责任编辑: 上官林武)

Pre-service Teachers' Educational Technology Ability Framework, Development Goals and Prediction Model under the Background of Smart Education

HUANG Bin, YAO Mei-sha, WU Cheng-long

(School of Education, China West Normal University, Nanchong 637009, China)

Abstract: As an inevitable trend of global education transformation in the new era, smart education not only subverts the traditional education model, but also puts forward higher requirements for teachers' educational technology ability. In order to make the development and training of teachers' educational technology ability achieve the unity of "need" and "possible", this study follows the concept of integration of teacher education, first rationally grasps and comprehensively considers the whole process of teacher development, and designs a framework of teachers' educational technology ability that includes 5 first level dimension indicators of consciousness and responsibility, knowledge and skills, design and development, application and evaluation, scientific research and development, and 15 second level dimension indicators; secondly, considering that pre-service development is the most critical and basic stage of teacher education, taking the pre-service development stage as a breakthrough, the development goal of the pre-service teacher's educational technology ability is formulated according to the competency framework, and with reference to this goal, the G2 method is adopted to determine the indicator weight of the competency framework; finally, using BP neural networks to build a predictive model of the educational technology ability of pre-service teachers, we discuss the relationship between the educational technology ability of pre-service teachers and their influencing factors, and provide a scientific and effective method for predicting and evaluating the educational technology ability of pre-service teachers.

Key words: Smart Education; Pre-service Teachers; Educational Technology Ability; Competency Standards; Predictive Models