

# 国外教育人工智能的研究热点、趋势和启示

陈颖博<sup>1</sup> 张文兰<sup>2</sup>

(1. 安康学院 电子与信息工程学院, 陕西安康 725000; 2. 陕西师范大学 教育学院, 陕西西安 710062)

**[摘要]** 为了促进人工智能在教育领域的深度应用, 加快实现人工智能为教育赋能, 本文以 Web of Science 数据库核心数据合集中 313 篇以“人工智能+教育”为主题的文献作为研究样本, 利用 CiteSpace 知识图谱软件从文本和视图两方面进行聚类分析, 发现国外教育人工智能的研究热点有智能导师系统、人工智能教育机器人、机器学习、学习模型、智慧学习、计算思维。研究趋势是将计算机技术和神经科学、认知科学结合起来应用于学习认知、情绪认知等。基于此, 本文提出我国教育人工智能研究应深化研究层次, 注重对意识、情感、态度的研究; 重视人工智能应用于教育的效果评估及影响因素研究; 利用 VR/AR 进行跨媒体融合研究, 构建智慧学习空间; 由知识掌握转向智能核心素养的培养; 促进教育人工智能的学习内容、教学模式改革研究。

**[关键词]** 人工智能; 教育; 可视化分析; 研究热点; 研究趋势

**[中图分类号]** G420 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2019)04-0043-16

## 一、引言

随着移动互联网、大数据、超级计算、认知科学等理论及新技术的发展, 人工智能呈现跨越式发展态势, 出现了深度学习、机器学习、人机协同、群体智能、自主操控等研究热点、趋势。我国 2017 年颁发的《新一代人工智能发展规划》指出, 要利用人工智能加快推动人才培养模式、教学方法改革, 构建包含智慧学习、交互学习的新型教育体系。2018 年教育部发布的《高等学校人工智能创新行动计划》《教育信息化 2.0 行动计划》等文件将人工智能上升到国家战略。机器学习、深度学习、学习分析、智能教育机器人等已融入教育, 成为人工智能应用的主要领域。那么, 从 2008 年至

2018 年的十年里, 国外教育人工智能的研究热点、研究趋势有哪些? 国外教育人工智能研究对我国有什么启发? 为了了解这些问题, 本研究利用 CiteSpace 知识图谱软件, 对 Web of Science 数据库核心数据合集中的文献进行可视化分析, 对关键节点或聚类中的文献进行综述, 探究国外教育人工智能的研究热点、趋势, 为我国构建人工智能时代的新型教育生态提供经验。

关于教育人工智能的内涵, 闫志明等人(2017)认为教育人工智能是人工智能与学习科学相结合的新领域, 目标是促进自适应学习的发展和人工智能的教育应用, 更深入地分析学习过程, 影响学习的因素, 为高效学习创造条件。本文的“教育人工智能”主要指人工智能在教育领域的应用。

[收稿日期] 2019-05-22

[修回日期] 2019-06-12

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2019.04.005

[基金项目] 全国教育科学“十三五”规划 2018 年度国家一般课题“乡村振兴战略下西部农村教学点学生数字化学习适应性研究”(BCA180086); 安康学院校级培育科研项目“互联网+安康农产品 O2O 电子商务平台构建研究”(2016AYPYZX11)。

[作者简介] 陈颖博, 硕士, 讲师, 安康学院电子与信息工程学院, 研究方向: 教育数据分析 (519457933@qq.com); 张文兰, 教授, 博士生导师, 陕西师范大学教育学院副院长, 研究方向: 混合式学习与在线学习、新媒体技术与学习。

## 二、数据与方法

### (一) 数据来源

本研究以 Web of Science 数据库核心数据合集 (包括 SCI-EX-PANDED、SSCI、A&HCI、ESCI、CCR-EXPANDED) 为数据来源, 检索条件为主题: artificial intelligence education 或主题: Artificial intelligence education 或主题: AI education 或主题: ai education。学科限定为教育学、心理学、计算机科学等教育技术相关领域, 检索跨度为 2008-2018 年。本研究剔除不符合主题的文献, 共选取 313 篇文献作为研究样本。样本文献的发表时间分布及引文数见图 1。

### (二) 研究工具与方法

本研究主要采用知识图谱分析、聚类分析等对文献进行定量分析。研究工具采用 CiteSpace 5.3.R4。CiteSpace 是一款信息可视化软件, 主要基于共引分析理论和寻径网络算法等, 对特定领域文献 (集合) 进行计量, 以探寻学科领域演化的关键路径及转折点, 并通过绘制一系列可视化图谱, 探测学科演化潜在的动力机制和学科发展前沿 (陈悦, 2014)。使用 CiteSpace 进行文献分析前, 本研究将时间阈值设置为“From 2008 to 2018”; 施引文献 (Node Types) 选择“关键词”共现分析功能, 通过可视化分析得出的知识图谱, 显示国外教育人工智能当前热点及以前的研究热点, 分析未来教育人工智能的发展趋势; 连线阈值数据对象强度设置为夹角余弦距离 (Cosine) 类型; 节点阈值 (Selection Criteria) 设置为每年频次最高的节点数据 (Top N) 类型, 数值为 50, 表示 2008-2018 年 Web of Science 数据

库核心数据合集中, 教育人工智能文献每年被引频次或出现频次最高的前 50 篇。本研究中知识图谱网络修剪方式为寻径网络算法 (Pathfinder)。该算法对“教育人工智能”的知识图谱网络简化了衡量数据相似性的关系, 在检查所有数据之间所有可能的两点路径中只保留最强的连接, 从而建立教育人工智能的研究热点之间最有效的路径。

### (三) 研究过程

本研究首先在 Web of Science 数据库核心数据合集中检索以“人工智能和教育”为主题的文献, 将筛选后的 313 篇文献作为研究样本; 然后用 CiteSpace 软件对研究样本进行文本和视图的可视化分析: 文本分析主要探讨关键词引用频次、突现性和中心性, 视图分析包括关键词共现图谱分析、聚类视图分析、时间线视图分析、时区视图分析等; 最后根据聚类分析结果, 针对性地阅读部分典型文献, 深度了解国外教育人工智能的研究热点与发展趋势。

## 三、统计结果

研究对 Web of Science 数据库核心数据合集中, 2008-2018 年符合主题的文献运用 Citespace 进行可视化分析, 得到模块值 (简称 Q 值) 为 0.6985, 大于 0.3, 意味着本研究划分出的聚类结构是显著的, 平均轮廓值 (Silhouette, 简称 S 值) 为 0.653, 大于 0.5, 说明对于教育人工智能的相关研究的聚类是合理的。从图 1 可以看出, 教育人工智能的研究论文数从 2008 年开始逐年递增, 2016 年达到顶峰, 2017 年和 2018 年稍有减缓, 但每年的引文数逐渐增长。本研究通过知识图谱可视化、LLR 聚类分析、

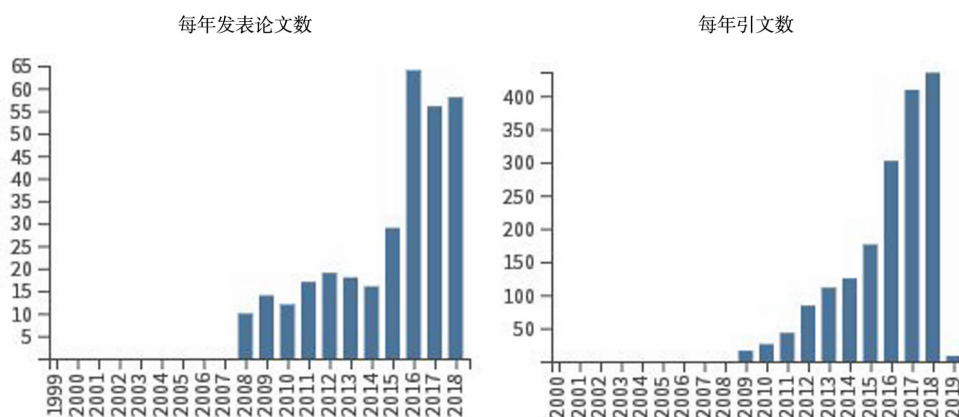


图 1 2008-2018 年国外教育人工智能发表文献与引文分布

高频引用关键词频统计等方法,探索国外教育人工智能的研究热点及研究趋势。

主题文献样本通过 LLR 聚类后有 8 类,分别表示教育人工智能的不同研究主题,包括物联网(聚类#0 internet of things)、能效(聚类#1 energy efficiency)、肯定式探索(聚类#2 appreciative inquiry)、机器学习(聚类#3 machine learning)、人工智能(聚类#4 artificial intelligence)、高等教育(聚类#5 higher education)、计算思维(聚类#6 computational thinking)、美洲印第安人(聚类#7 american indian)、男性(聚类#8 female)。根据聚类后得到的数据形式的不同,本研究从文本类型和图形类型两方面分析。

#### (一) 文本分析:教育人工智能的研究热点

##### 1. 关键词被引频次分析

关键词被引频次可以反映某一领域的研究热点。2008-2018 年教育人工智能的关键词,引用率最高的为聚类#0 人工智能(artificial intelligence) 66 次,第二是聚类#2 教育(education) 39 次,第三是聚类#5 系统(system) 15 次,第四是聚类#0 模型(model) 12 次,第五是聚类 #1 技术(technology) 10 次,第六是聚类#1 环境(environment) 10 次,第七是聚类 #0 大数据(big data) 9 次,第八是聚类#1 知识(knowledge), 8 次(见表一)。

表一 2008-2018 年国外教育人工智能研究高频关键词

序号	引用频次	关键词	聚类号
1	66	artificial intelligence	0
2	39	education	2
3	15	system	5
4	12	model	0
5	10	technology	1
6	10	environment	1
7	9	big data	0
8	8	knowledge	1
8	8	student	4
8	8	design	2

本研究对引用频次 4 次以上的高频关键词进行归纳,对聚类及其包含的典型文献进行分析,归纳出教育人工智能的研究热点知识子群。

##### 1) 智能导师系统

一是 system、environment、big data、intelligent tutoring system、pedagogical agent 等关键词形成的“智

能导师系统”研究热点子群。智能导师系统是以人工智能、计算机科学、教育学、心理学、数学建模、脑神经科学等为基础形成的智能化学习环境。它通过对学习大数据进行聚类分析和智能评估,预测学习水平,发现学习问题,推荐个性化学习资源和策略,进而实现个性化精准学习和辅导。针对智能导师系统辅助学习者学习,赫里拉等(Herrera et al., 2009)开发了模糊信息检索系统,帮助学生更好地学习加权查询语言。阿帕瑞斯克等(Aparicio et al., 2018)的研究表明,智能信息访问系统的数据整合、选择性注释是学习者最迫切需要的。纳比耶维等(Nabiyev et al., 2016)介绍了图论在解决数学应用题智能辅导系统中的应用。在智能评估方面,智能导师系统不仅可以评估学习者个人学习,还可以评估学习系统和研究机构。隆海思翁等(Wong et al., 2012)通过分析在线学习者的交互数据,规划学习内容、生成自适应测试和评估试卷。卡瓦斯(Cavus, 2010)开发了智能评估系统,用以评估学习管理系统的适应性。维拉森娜等(Villaseor et al., 2017)通过对图书馆文献引用进行可视化分析,评估高校的科研水平。凯尔登格(Koedinger, 2015)通过对比实验研究发现,智能导师系统虽然能显著提高学生的学习成绩,但如何支持开放的问题解决式学习,培养学习者分析问题、解决问题的能力,仍是智能导师系统面临的挑战。

##### 2) 人工智能教育机器人

二是 artificial intelligence、science、education、robot 等关键词形成的“人工智能教育机器人”研究热点子群。人工智能教育机器人是人工智能技术具象化、集成化的课堂表现,可以作为学习过程的新角色,形成新的“人机协同”教学形态。人工智能技术的发展使得机器人智能化、人性化的特点愈发显著。国外教育机器人的教学应用是进行语言、科学、技术教育的课堂教学,同时作为在线学习者的学习伙伴和智能助手。比如,乐高机器人在人工智能教育机器人中有重要的影响。我国台湾学者陈源(Chen Yuan, 2012)基于模糊系统开发的乐高 NXT 智能机器人进行科学教育。西班牙学者卡勒等(Cullar et al., 2014)使用乐高机器人结合头脑风暴设计开发智能学习系统,并应用于日常教学。美国密西根大学奥特姆(Autumn, 2018)认为在课堂使用机器人提

供个性化教学,教师的角色可能会转向教学设计和选择机器指导,监控学生进度并提供支持的监督者。教育机器人对传统课堂和师生关系产生了革命性冲击。人工智能教育机器人作为同伴,主要是通过丰富交互形式激发学习兴趣。安思利等(Ainsley et al., 2017)通过对比实验研究发现,聊天机器人和人类学习伙伴对激发和保持学生对语言课程学习兴趣的效果相同。澳大利亚学者蒂姆斯等(Timms et al., 2016)将人工智能、机器人、物联网、传感技术等相结合开发专门用于学习的教育智能机器人,开创了新的师生互动方式。人工智能机器人作为学习助手主要通过对学生分析,提供个性化帮助和指导。桑托斯(Santos, 2018)开发了智能教育助手,在与情境感知环境的交互作用下,为远程教育学生提供个性化帮助。人工智能教育机器人在未来教育中发挥更大的作用,也面临重重挑战。蒂姆斯(Timms, 2016)指出未来教室中,教育机器人将协作教师完成教学,利用传感器支持学习的智能教室。谢林顿(Sheridan, 2016)回顾了人机交互的现状,描述了当前人机交互的主要挑战。

### 3) 机器学习

三是以 machine learning、mode、neural network、distributed system、emotion recognition、educational data mining 热点关键词为代表的“机器学习”,这是人工智能的核心。机器学习以大数据为基础,算法为核心,通过算法让机器从海量数据中学习规律,发现模式并进行预测。目前机器学习主要应用于学生行为建模、预测学习行为、预警失学风险、学习支持和评测、资源推荐等。代表性的研究者是柯克丽和马里斯卡等(Coccoli & Maresca et al., 2018),他们介绍了认知计算的教育应用。认知计算以专家系统技术为基础,利用统计学和数学建模方法,模仿人类推理、自动从数据中提取概念和关系,理解其中含义,并独立从数据模式和先前经验中学习。加拉斯卡等(Garcia et al., 2018)使用机器学习算法建立预测模型,提取描述模型的相关因素,并使用聚类分析影响学生就业的因素。美国卡内基梅隆大学希英儿等(Xing et al., 2016)揭示了如何利用基于大数据的分布式学习策略开发高性能分布式机器学习软件和通用机器学习框架。

### 4) 学习模型

四是 model、interactive visualization、community、meta-analysis 等关键词形成的“学习模型”研究热点子群。学习模型是教育人工智能的技术基础,由学习行为数据算法、数据分析模型、数据分析维度及学习辅助功能等构成。国外研究主要集中在交互可视化模型构建、学习路径分析、数字游戏学习模型等方面。希腊学者迪亚斯等(Dias et al., 2015)介绍了模糊认知映射—交互质量(FCM-QoI)模型。该模型可以对在线学习管理系统用户的交互行为进行可视化,分析交互行为和交互效果的因果关系。尼珍达等(Nigenda et al., 2018)设计了用于规划和评估学习路径的算法模型,可以为学习者推荐最优学习路径、优化学习方法。穆尔等(Moon et al., 2011)通过对全球 1000 多万学龄儿童参与的四款典型数字游戏的奖励系统进行比较,提出数字游戏学习模型,有助于激发自主学习。

### 5) 智慧学习

五是 environment、learning style、intelligent learning space、learning analysis 等关键词形成的“智慧学习”研究热点子群。智慧学习是人工智能 2.0 时代教育应用的创新范式,在跨媒体智能理念的引领下,可以从不同的信息源收集学习环境数据、个体认知数据、生命体征数据、行为数据、脑神经活动数据等,进行多维度的学习分析和跨媒体的泛化推理,揭示学习过程的心理活动、认知机制、行为模式等,并对学习障碍及其原因进行深度分析,作出合理决策,提出科学建议(梁迎丽, 2019)。国外对于人工智能支持的智慧学习主要聚焦学习分析、学习支持系统、智慧学习空间等方面。伯纳兹等(Bernard et al., 2017)提出通过人工智能算法提高学习者学习风格识别精度,促进个性化精准教学;萨马拉科等(Samarakou et al., 2018)开发了用于提取文本理解和学习风格特征的数字化学习系统,帮助学生认识自己的学习风格;博拉斯卡(Porayska, 2016)提出人工智能可以作为支持教育实践和教师元认知的方法论。希腊学者萨马拉科等(Samarakou et al., 2016)提出基于人工智能的学生诊断、辅助、评估系统,能监控学生的理解能力,评估学生的先前知识,建立学习者档案,提供个性化帮助,对学习者的表现进行定量和定性评价;肯尼等(Kenny et al., 2009)开发了计算机语言学习和训练的互动纠错和推荐系统,可以促

进学生学习计算机编程语言;哈利等(Harley et al., 2017)通过整合相关的实证研究和理论研究,为情感认知系统的开发和改进提出了分类方法。德国学者斯坦赤维等(Stantchev et al., 2015)提出了基于云计算的学习服务,利用人工智能技术,对用户不同社交网络呈现的数据进行聚合分析,推断他们的知识和兴趣,评估用户不同主题的知识水平,并推荐他们相关的研究内容,帮助用户获得满意的工作。人工智能的学习支持研究有韩国学者汉等(Han et al., 2010)以人工智能和贝叶斯网络为基础开发了同伴学习代理系统,促进编程学习。人工智能还可以拓展现有学习空间,如基拉等(Kiraz et al., 2012)利用人工智能技术开发了虚拟实验室,可以进行拉伸实验,打破传统实验室空间,实现无界限学习;芒娜娃等(Munawar et al., 2018)提出了基于教学代理认知架构的智能学习空间概念。

#### 6) 计算思维

六是 computational thinking、college student、design、experience、organization、stem 热点关键词形成的计算思维研究子群。计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计及人类行为理解等思维活动。美国学者森恩等(Sung et al., 2017)通过对比实验研究发现,解决数学问题时充分的体验与计算思维的实践结合,可提高初学者的数学理解和编程技能。加丹纳斯等(Gadanidis et al., 2017)研究了人工智能、计算思维和数学建模之间的关联和内部关系。希尔拉帕特等(Silapachote et al., 2017)通过将人工智能元素整合到计算机专业相关课程进行实验研究,发现人工智能可以培养学生的数据结构和算法思维,促进计算思维的培养。

#### 2. 关键词突现性分析

关键词突现性指某一段时间内,该关键词被引用突然上升或者下降,可以体现某领域前沿及发展趋势。关键词突现性值越大,表示该关键词在该时间段的出现频次变化率越高。简而言之,就是某一研究领域内的学者之前没有特别关注某一关键词,但该关键词对该领域又产生了重要影响。随着研究的深入,该关键词会在某个时间点突然出现,成为该研究领域的热点关键词。

2008-2018 年教育人工智能的研究显示,突现性最高的是聚类 0 人工智能,突现性为 3.06,突现

年份为 2009 年;其次是聚类#1 工程教育,突现性为 2.88,突现年份为 2014 年。

表二 2008-2018 年国外教育人工智能研究突现关键词

序号	关键词	突现性	年份	聚类号
1	artificial intelligence	3.06	2009	0
2	engineering education	2.88	2014	1

教育人工智能的前沿研究主要表现在新技术的应用以及由此产生的教育新形态,包括物联网、大数据、泛在学习、人工智能 2.0 等。斯利姆等(Slim et al., 2018)以物联网为基础将 IOAI 应用于嵌入式系统的课程教学中,简化电路板的编程过程。阿鲁克等(Aluko et al., 2018)用数据挖掘技术预测建筑专业学生学习成绩及影响因素。默罕默德等(Mehmood et al., 2017)利用物联网、大数据、超级计算和深度学习技术开发 UTiLearn(泛在学习系统),解决数据分析与管理、系统交互、系统认知、资源规划的灵活性及可扩展性等方面的缺陷。麦加尔等(Magal et al., 2017)通过提取在线语言考试系统的海量数据集,运用大数据方法,分析学习行为和外语考试成绩的关系。希尔佛等(Silva et al., 2018)提出利用人工智能和虚拟现实技术构建混合式学习环境。对于未来人工智能发展的趋势,中国工程院潘云鹤院士(Pan, 2016)描述了人工智能 2.0 形成的外部环境以及人工智能 2.0 开发的技术起点和核心思想,并结合中国社会发展的需求,提出发展人工智能 2.0 的建议。罗尔(Roll, 2016)在分析《AIED 杂志》的 47 篇论文后指出教育人工智能研究的两个方向:一是渐进的过程,关注当前的课堂实践,研究技术的课堂教学应用;二是革命性的过程,主张将新技术融入学生的日常生活,支持学生的文化、实践和社交。

工程教育 2014 年后成为教育人工智能的热点关键词和人工智能教育应用的新领域。工程教育,不是高频关键词而是突现关键词,代表工程教育是教育人工智能研究方向的转折点,是新的研究方向。卡皮奥(Carpio, 2015)提出通过国际在线竞赛激发学生的学习动机,提高学习成绩;萨马拉科等(Samarakou et al., 2015)介绍了专为工程学习者开发的数字化学习系统的试点应用情况。该系统是基于人工智能的学习者诊断、帮助和评估系统,可根据定量和定性参数执行无人参与的诊断、评估和反馈任务。阿提卢拉等

(Atilola et al., 2014) 担心大规模在线课程使工程专业的学生缺乏素描和模型简化的能力, 开发了专门针对工程专业学生的学习系统, 允许学生用平板电脑或鼠标和电脑显示器勾画模型的草图。

### 3. 关键词中心性分析

关键词的中心性可以描述该关键词在研究演化中的重要性(见表三)。关键词大数据(big data)排第一位, 中心度为 0.49, 属聚类#0; 随后依次为儿童(children), 中心度为 0.47, 属聚类#2; 环境(environment)中心度为 0.34, 属聚类#1; 共同体(community)中心度为 0.33, 属聚类#7; 设计(design)中心度为 0.3, 属聚类#2; 青少年(adolescent)中心度为 0.28, 属聚类#2; 技术(technology)中心度为 0.25, 属聚类#1; 识别(recognition)中心度为 0.24, 属聚类#3; 美洲印第安人(american indian)中心度为 0.22, 属聚类#6; 经验(experience)中心度为 0.22, 属聚类#8。

表三 2008-2018 年国外教育人工智能研究中心关键词

序号	关键词	中心度	聚类号
1	big data	0.49	0
2	children	0.47	2
3	environment	0.34	1
4	community	0.33	7
5	design	0.30	2
6	adolescent	0.28	7
7	technology	0.25	1
8	recognition	0.24	3
9	american indian	0.22	6
10	experience	0.22	8

从关键词的中心度及其聚类看, 关键词“大数据”排首位, 代表大数据在研究主题中处于核心地位。桑托斯等(Santos et al., 2016) 提出大数据技术在支持个性化运动技能学习方面有较大潜能, 可穿戴设备、大数据处理、3D 打印及环境智能等技术的发展, 为个性化运动技能学习提供了有效支持, 模拟神经运动交互及提供适当的个性化神经运动支持, 将是教育人工智能研究的重要取向。

关键词“儿童”, 代表人工智能对特殊儿童的社会性培养中发挥重要作用。英国伦敦大学教育学院博拉斯卡等(Porayska et al., 2012) 以发展心理学、视觉艺术、人机交互、人工智能、教育等学科为基础,

开发了可促进自闭症儿童社交技能发展的多模态学习环境。牛津大学胡昂等(Huang et al., 2014) 利用人工智能、传感技术开发电子书阅读行为监测系统, 观察儿童教室阅读行为。法国学者路普·艾斯卡德等(Loup Escande et al., 2017) 通过增强现实技术增强书法练习的视觉反馈, 降低儿童的认知负荷。希腊学者迪瑞卡斯(Drigas, 2012) 通过分析 2001-2010 年人工智能在特殊教育领域的应用研究, 指出人工智能改善了特殊儿童与环境的互动方式, 促进了儿童的学习, 丰富了他们的日常生活, 应用增强现实和人工智能, 能帮助特殊儿童学习关键的社会和情感技能。

中心关键词 3 为学习环境中的教学代理技术。金(Kim, 2015) 指出教学代理研究的范围已经从提供智能指导扩展到关注智能代理如何为学习者提供情感支持。约翰逊(Johnson, 2015) 提出将动画界面代理技术与智能学习环境相结合, 生成能以自然、类人的方式与学习者交互的智能系统, 从而实现更好的学习效果。

中心关键词 4 是基于人工智能的社会化交互推荐系统。西班牙学者桑托斯等(Santos et al., 2015) 提出了基于人机交互和人工智能技术的学习推荐系统, 着重向用户推荐相关学习活动和学习服务, 促进学习者积极参与学习过程。

中心关键词 5 为自适应学习支持系统设计。科丝等(Kose et al., 2016) 开发了智能自适应学习支持系统。该系统以智能分析方法为基础, 开发了以认知发展优化算法训练形成的人工神经网络模型。结果显示, 该系统可以显著提高学生学习编程课程的动机和学习成绩。

中心关键词 6 为人工智能新技术在情感认知中的应用。美国学者金(Kim, 2018) 提出构建基于情感认知的智慧教室系统, 并应用于工程教育领域。智慧教室系统能实时向师生提出建议、调整他们的非语言行为(手势、面部表情、肢体语言等), 从而提高教学效果。

因为 american indian(美国印第安人)的缩写也是 AI, 与研究主题关联不大, 不纳入分析范围。

## (二) 视图分析: 教育人工智能的研究趋势

### 1. 关键词共现图谱分析

关键词共现网络可反映某一领域当前研究热点

及过去出现过哪些热点(陈悦,2014)。比如,图3显示,2008-2010年教育人工智能的热点关键词有学习系统(learning system)、数字化学习(e-learning)。2011-2013年的研究热点变为儿童(children)、设计(design)。2014-2017年的研究热点为人工智能(artificial intelligence)、工程教育(engineering education)、教育(education)、系统(system)、技术(technology)、大数据(big data)、环境(environment)、模型(model)。2018年的研究热点为智能导师系统(intelligent tutoring system)、神经科学(neuroscience)、学生(student)、科学(science)、高等教育(higher education)、元分析(meta-analysis)、情感认知(emotion recognition)等。从研究热点看,教育人工智能应用主要兴起于2015-2017年。2018年出现新的人工智能技术,并快速应用于教育,侧重于将计算机技术和神经科学、认知科学结合起来应用于学习认知、情感认知等。

## 2. 聚类视图分析

聚类视图从不同角度展示研究领域的分布(陈悦,2014),呈现不同的研究主题。从图4可以发现,教育人工智能的发展主要在2015年后,2008-2018年教育人工智能研究从分散到聚合再到分散。2015-2016年面积较小,2017年面积迅速扩大。这

得益于2016年阿尔法狗击败人类职业围棋选手,人工智能再次成为研究焦点。2018年较2017年稍有减少,说明教育人工智能研究领域从2016年开始快速扩大,到2017年达到顶峰,2018年的研究领域逐渐趋于稳定。也就是说,教育人工智能刚开始研究速度增长较快,但没有形成稳定的研究方向。2018年后,人工智能在教育领域逐渐凝练出研究方向,并趋于成熟。聚类的关键节点连线也显示,教育人工智能不同研究方向的关联度逐步增强,逐渐形成良性的网络结构。

## 3. 时间线视图分析

时间线视图便于发现某个研究主题范围的变化,研究的关联性和传承性及研究焦点的演进轨迹(陈悦,2014)。本研究结合CiteSpace的分时连线(Link Walkthrough)功能,分析教育人工智能在不同时区处于繁荣还是低谷时期。

聚类#0 物联网从2008-2017年一直受研究者关注。其中,2013年这类研究达到顶峰,之后逐渐下降。2015年出现了高中心性关键词大数据,并一直持续至今。

聚类#1 能量效率从2011年一直持续到2018年,2015年出现了高中心性关键词技术(technology)、环境(environment)。

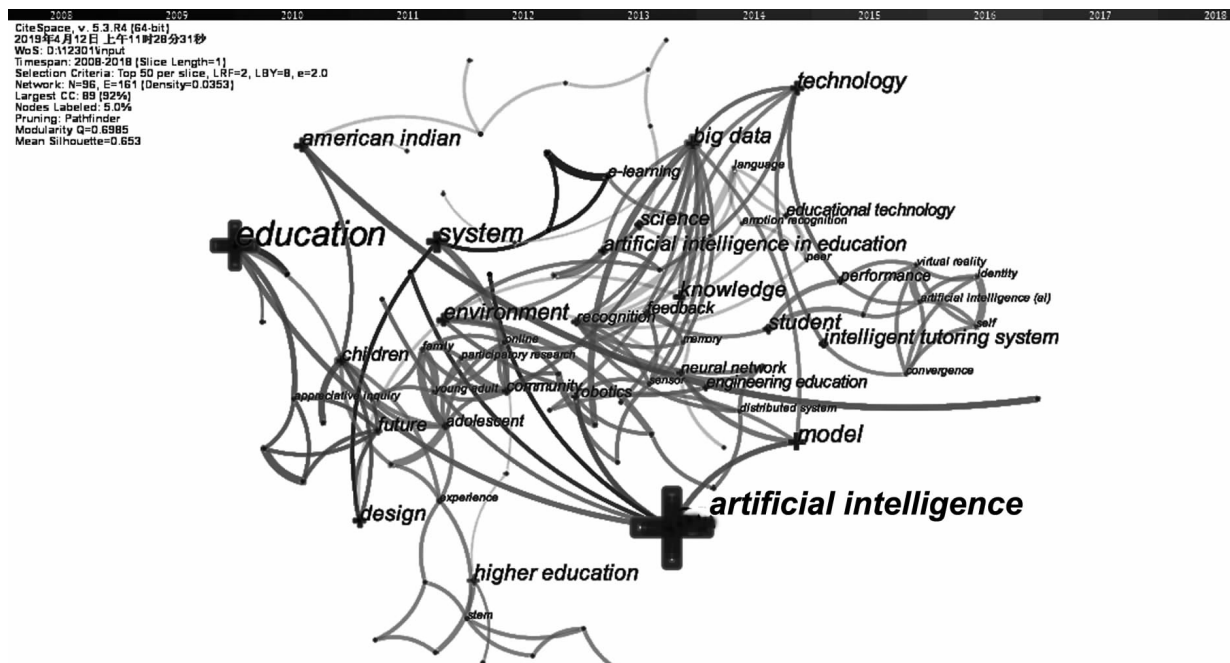


图3 2008-2018 国外教育人工智能的关键词共现图谱

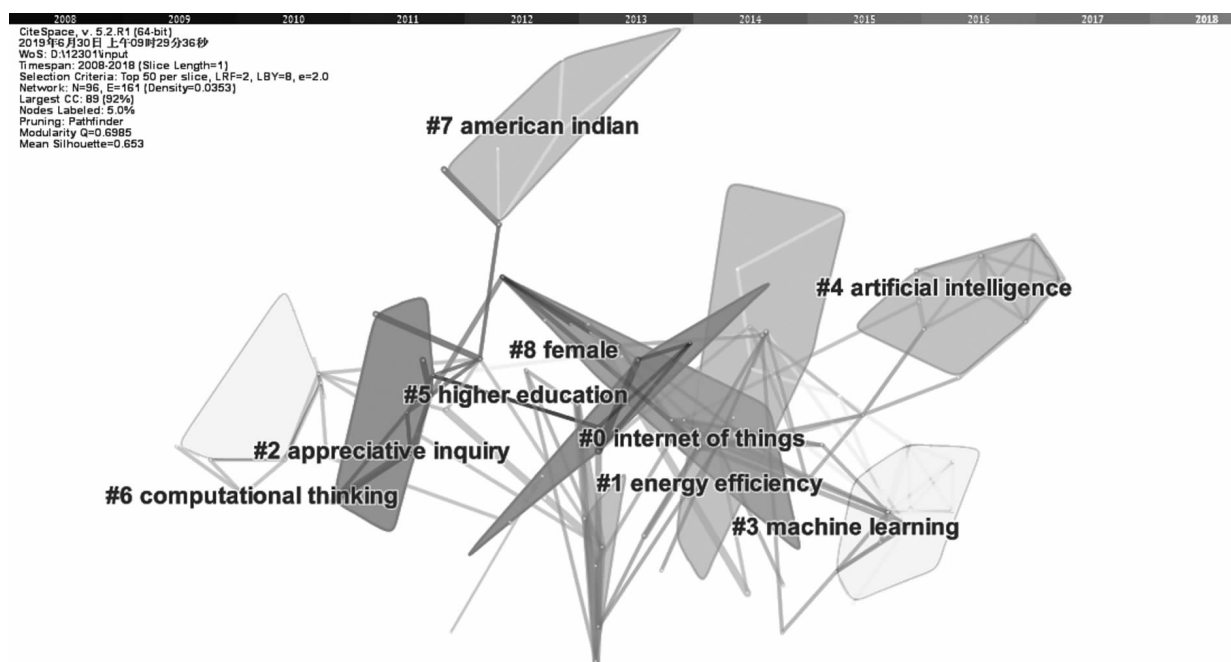


图4 2008-2018年教育人工智能的聚类视图

聚类#2 肯定式探究从2008年到2015年研究一直持续,2015年后趋于冷淡。这一研究主题的热点关键词包括儿童(children)、教育(education)和高频关键词设计(design)。

聚类#3 机器学习在2016-2018年间一直受研究者关注,尽管出现较晚,但一直是研究热点,且还在持续。这一研究主题2015年出现了高中心性关键词神经网络(neural network)到目前一直是研究热点。

聚类#4 人工智能在2013-2015年间短暂出现。高频关键词智能导师系统(intelligent tutoring system)、学生(student),是该主题的研究热点。

聚类#5 高等教育从2008-2015年持续受研究者重视。2009年出现了热点关键词系统(system),2017年出现热点词汇高等教育(higher education),迄今持续,说明人工智能在高等教育中的应用备受关注。

聚类#6 计算思维目前这类研究还没有发展成为主流研究领域,只是作为人工智能的研究热点。

聚类#7 美国印第安人研究从2009年到现在一直在持续,american indian的简写和artificial intelligence相同,所以也成为一个主题聚类。

聚类#8 男性出现时间较短,主要集中在2013-

2014年间,这个主题的出现和聚类#7 美国印第安人主题相关。

由时间线视图和各时间段间的连接关系可以看出教育人工智能研究的传承关系,梳理出研究热点的变化趋势,理清来源和发展脉络。

教育人工智能研究早期的重要热点是学习模型。聚类#0的节点人工智能(artificial intelligence)最早出现在2009年,同年传承至模型(model)。聚类#0的2014年节点的智能(intelligence)。聚类#0的节点人工智能(artificial intelligence)传承关系变化,根据连续判断主要发生在2014年。

2009-2014年人工智能研究聚焦在线学习系统的研究。聚类#2的2009年节点教育(education)同年传承至聚类#0的2009年节点人工智能(artificial intelligence),随后传承至聚类#2的2010年节点学习系统(learning system)、聚类#2的2014年节点儿童(children)。2009年聚类#2节点教育(education),传承关系变化,根据连线判断,主要发生在2015年。

2015-2017年期间,阿尔法狗战胜人类围棋选手,人工智能再次成为焦点。大数据、云计算、数据挖掘等技术开始应用于教育,与教育深度融合。这两个节点传承关系表明,人工智能在2009年就已开



始应用于教育教学中, 聚类#0 的 2009 年出现的节点教育中的人工智能首先传承至聚类#0 的 2014 年节点大数据(big data), 其次传承至聚类#1 中 2016 年节点交互式学习环境(interactive learning environment), 最后传承至聚类#0 中 2017 节点教育数据挖掘(education data mining)。聚类#0“教育中的人工智能”传承关系变化主要发生在 2017 年。

有了大数据等核心技术的支持, 教育人工智能的研究广度和深度不断扩展。研究层次从知识学习深入到行为分析、交互支持、智能导师、情感认知等领域。2012 年聚类#0 中出现高中心性关键词节点大数据(big data)的研究, 一直持续到现在, 可见大数据和人工智能关系极为密切, 是人工智能的关键。大数据出现的同年快速传承至聚类#8 中的“共同体(community)”, 随后传承至聚类#3 中 2016 年的节点“认知(recognition)”、聚类#0 中 2016 年的节点“反馈(feedback)”、聚类#0 中 2017 年节点“教育数据挖掘(education data mining)”、聚类#0 中 2018 年节点“互联网(internet)”。聚类#0“大数据”传承关系变化主要发生在 2018 年。

聚类#1 中 2014 年的高中心性关键词节点“技术(technology)”, 在同年传承至聚类#0 中的“大数据(big data)”和聚类#4 中的“绩效(performance)”,

接着传承至聚类#4 中 2015 年的“智能导师系统(intelligent tutoring system)”, 聚类#3 中 2015 年的节点“识别(recognition)”、聚类#1 中的 2016 年节点“认知科学(cognitive science)”。聚类#1“技术”传承关系变化主要发生在 2015 年。

2017 年至今, 随着认知科学、脑科学的发展, 人工智能的研究层次由行为分析、个性化推荐深入到对学习情感、态度、元认知等意识领域的研究, 探究学习过程中的智能化情感伙伴。聚类#1 中 2015 年节点“环境(environment)”传承至聚类#3 中的 2015 年节点“神经网络(neural network)”、聚类#1 中 2016 年节点“教学代理(pedagogical agent)”、“交互式学习环境(interactive learning environment)”和 2017 年节点“科学(science)”。聚类#1“环境”传承关系变化主要发生在 2017 年。

#### 4. 时区视图分析

时区视图侧重于从时间维度表示研究的演进。某一时区文献越多, 说明该领域处于繁荣时期, 相反, 则处于低谷期。对时区视图分析, 可以快速分析研究趋势和研究前沿(陈悦, 2014)。由图 6 的时区视图可以看出, 国外教育人工智能出现了两个高潮阶段。2008-2012 年教育人工智能研究较多, 2013-2014 年研究处于低谷期; 2015-2018 年人工智能再

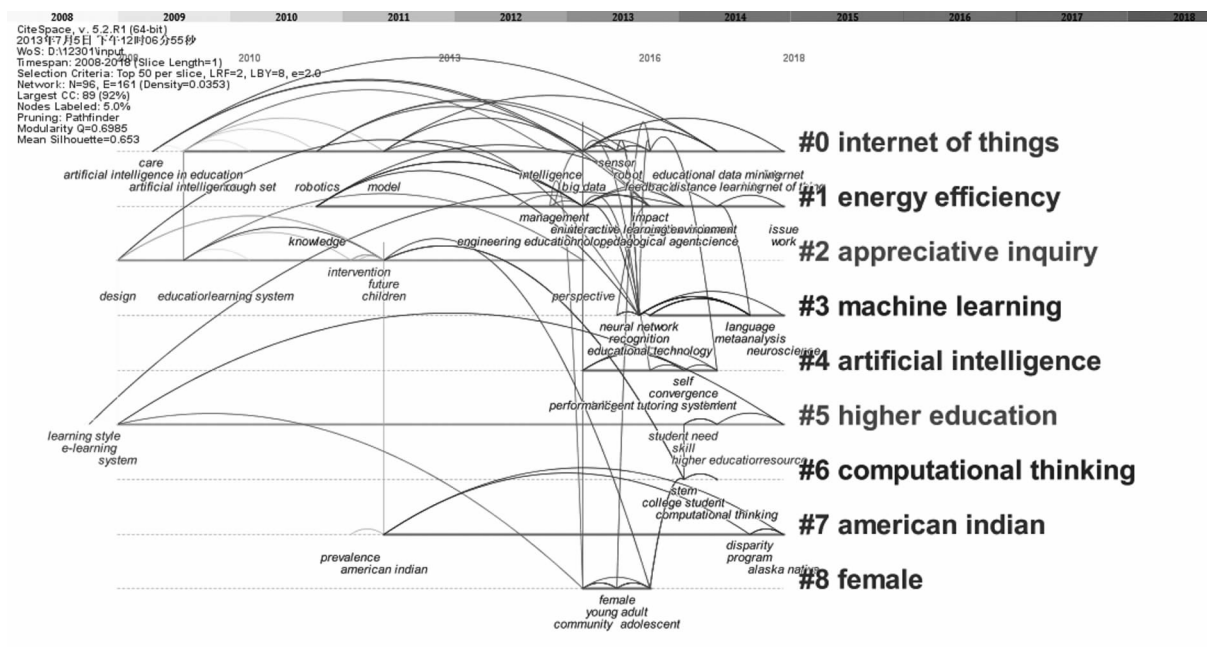


图 5 2008-2018 年教育人工智能的时间线图

次受到广泛关注, 迎来发展高潮, 且持续火热, 出现了大数据、智能导师系统、机器学习、情感认知、计算思维等新的研究热点和研究领域。

#### 四、国内教育人工智能研究现状

为了更好地探讨国外教育人工智能研究的趋势、热点和对未来研究发展的启示, 有必要把握国内教育人工智能的研究现状。本研究在中国知网以“(核心期刊 = Y 或者 CSSCI 期刊 = Y) 并且年 between(2008, 2018) 并且(主题 = 人工智能或者题名 = 人工智能) 并且(主题 = 教育或者题名 = 教育) (精确匹配) 为检索条件, 剔除无关文献后共获得 495 篇文献, 文献数量分布见图 7。

由图 7 可以看出, 2008-2018 年, 国内以教育人工智能为主题在核心期刊和 CSSCI 期刊发表的文献

数整体呈跨越式发展。2008-2015 年教育人工智能研究发文数量较少, 每年约 20 篇, 研究态势比较低迷, 没有成为研究热点。2016-2018 年, 随着人工智能的再次兴起, 教育人工智能的研究跳跃式上涨, 到 2018 年, 每年发表文献数达到 230 篇左右, 2016 年是研究拐点。

本研究将 2008-2018 年国内核心期刊与 CSSCI 期刊刊发的教育人工智能研究文献进行关键词聚类分析, “节点过滤”选择出现 6 次以上的关键词(见图 8)。总体看, 国内近十年教育人工智能的研究热点集中在智慧教育、机器人、深度学习、学习分析、未来教育、机器学习、教育信息化 2.0、教育大数据、个性化学习、创客教育等。从热点关键词可以看出, 国内主要关注高等教育、职业教育阶段教育人工智能研究, 着重借助大数据、机器学习、学习分析等技术,

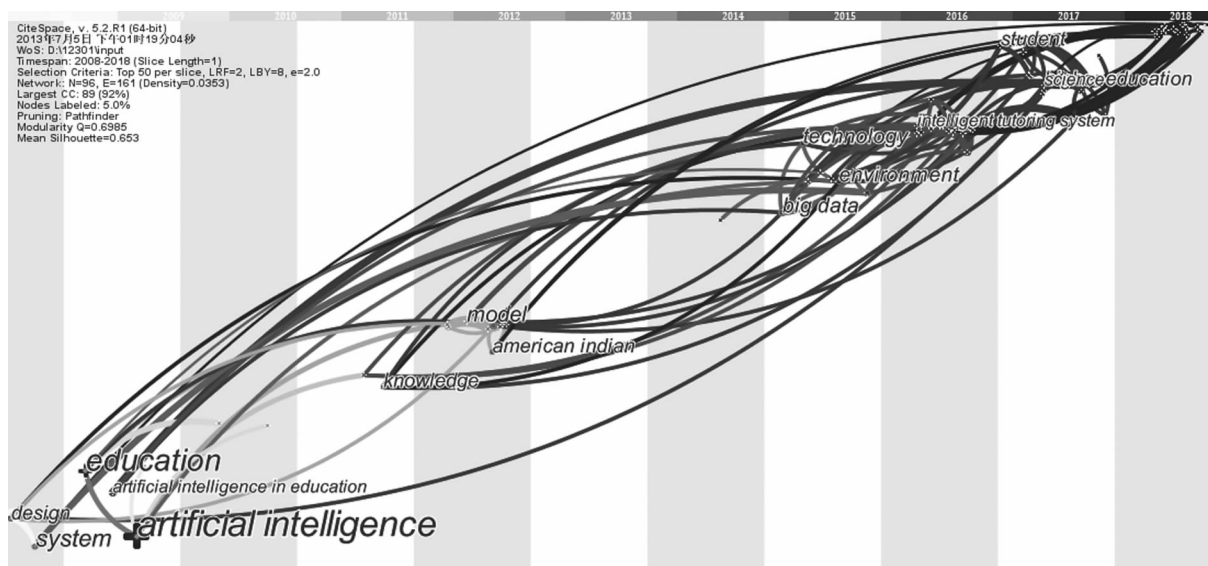


图 6 2008-2018 年教育人工智能的时区视图

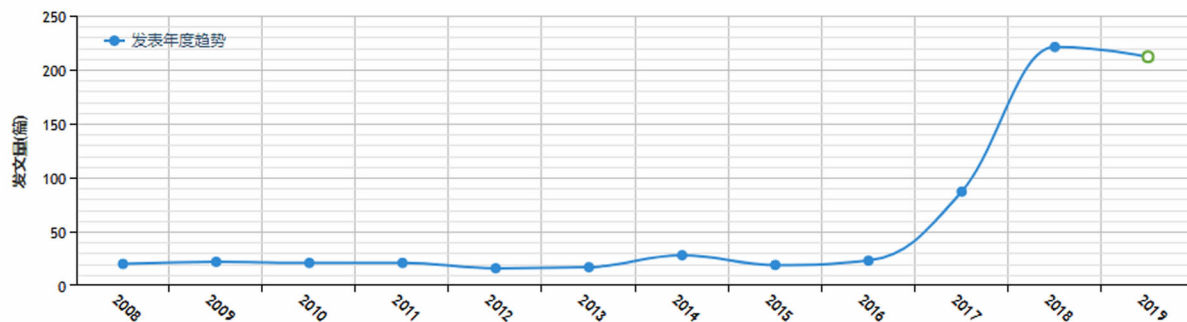


图 7 2008-2018 年国内教育人工智能年度发文量趋势

分析在线学习空间的学习者学习行为,促进个性化学习、提高学习效果。教育人工智能研究伴随着人工智能的研究而被学者关注。该主题研究在2016年后迅速成为研究热点,目前仍在持续。2016-2017年研究的主题比较分散,2018年迄今,逐渐凝练成相对固定的研究方向,研究态势趋于平稳。

国内对人工智能的教育应用研究还处于探索阶段,理论研究较多,实践应用研究较少。聚类分析结果表明,国内对教育人工智能研究的知识结构可以归纳为以下几方面:

1) 人工智能教育应用的理论探索。国内教育人工智能的理论探索主要关注教育人工智能的内涵、发展路径、关键技术、应用框架等(闫志明, 2017; 马玉慧, 2018; 梁迎丽, 2018; 杨现民, 2018)。

2) 教育应用的人工智能技术。国内人工智能教育应用的技术主要有机器学习与深度学习、大数据智能、学习分析、机器智能、混合现实技术、情感计算等。余明华等(2017)发现机器学习教育应用主要集中在学生行为建模、预测学习行为、预警失学风险、学习支持、评测和资源推荐等六方面。刘勇等(2017)认为深度学习的教育应用在于学习追踪、智能助教、智能阅卷、外语辅导等领域。牟智佳等(2017)基于教育大数据设计个性化学习结果预测

研究框架。魏雪峰等(2018)提出了教育测评机器人的理念构想,设计了三大功能模块、四层系统架构与五个应用策略。赵慧琼等(2018)提出教育大数据深度学习的价值取向及面临的挑战,并提出相应策略。陈松云等(2018)从三个层面构建了机器智能教育的实践范式,以实现智能时代的精准教育和个性化学习。

3) 人工智能教育应用可从宏观和微观两方面分析。宏观方面表现为人工智能在不同教育阶段和不同教育形态中的应用。我国教育人工智能主要应用在高等教育阶段,特别是新工科教育,中小学应用少,且主要是机器人辅助计算思维的培养。从教育形态方面看,它主要应用于远程教育、MOOCs等。

微观方面主要体现在不同教育场景的应用,具体表现为课堂学习场景和智慧校园建设:在课堂教育场景方面,石磊(2018)从教育大数据分析、个性化学习推荐系统、教学游戏和教育机器人等角度,分析了TensorFlow的教育应用。科大讯飞吴晓如等(2018)介绍了合肥市某省属重点中学教育各场景中常态化应用科大讯飞智能教学、智能学习和智能管理系统的应用案例。王萍等(2018)设计并分析了新型的学习支持系统:智能虚拟助手。吴文峻(2017)概述了学习大数据分析技术的分析方法和

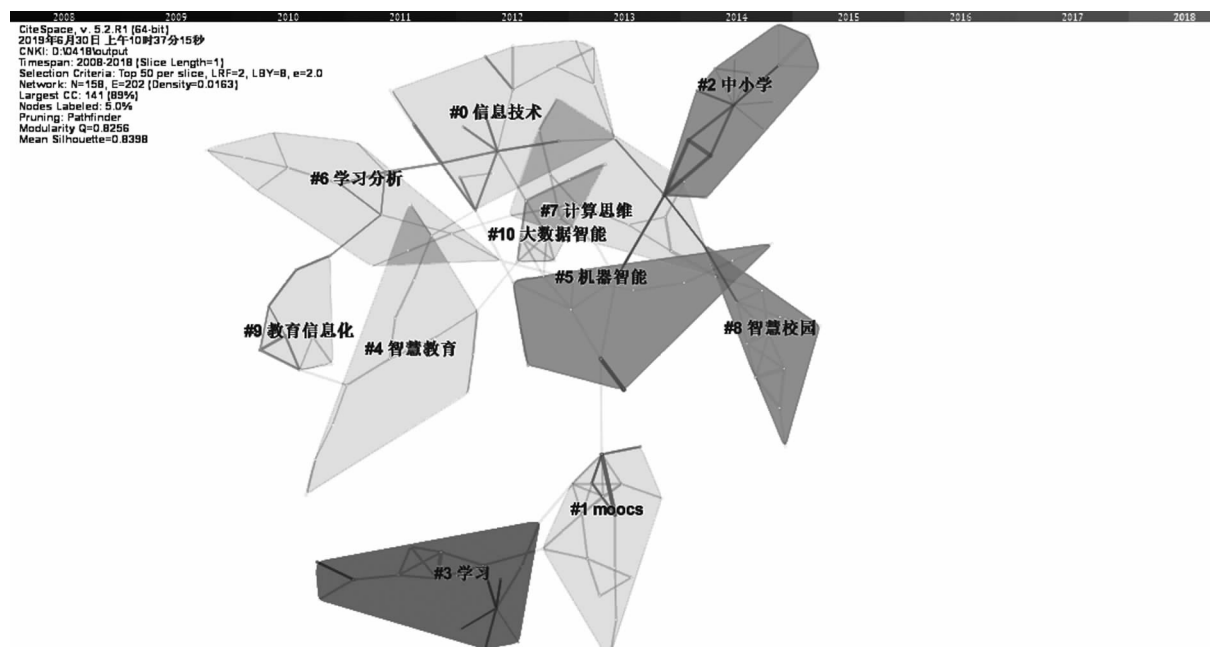


图8 2008-2018年教育人工智能关键词聚类分析

理论架构, 简要介绍了相关应用实例。袁利平等(2018)提出宽度学习可以准确预测学生学业成绩, 给予学生精准评价, 提供小组个性化学习支持, 智能辅助教师教学, 促进远程教学交互发展; 在智慧校园建设方面, 主要通过智慧校园建设高峰论坛和会议探讨如何将人工智能、大数据、区块链等应用于智慧校园的建设和规划中。

4) 人工智能对教育产生的影响。人工智能促进了教育的发展, 为教育注入了新的理念, 催生了智慧教育、未来教育、创客教育、教育信息化 2.0 等新的教育形态。祝智庭等(2018)提出智能教育可以作为智慧教育的实践路径, 智慧教育可以对智能教育起导向作用。曹培杰(2018)认为智慧学习环境强调利用数据和算法读懂学生、发现学生、服务学生, 包括全面感知的学习场所、灵活创新的学校布局和深度交互的网络学习空间; 智慧学习方式倡导学生在问题式学习中学会解决问题, 重点开展深度学习、跨学科学习和无边界学习; 智慧教育管理要破除“效率至上”的评价导向, 充分激发学校的办学活力, 构建全社会参与的教育生态。王同聚(2016)以“智创空间”开展创客教育为例, 提出依托创客空间、创客文化、创客教师、创客课程、创客学习、创客资源和创客环境等进行相互融合与协同发展。任友群、任昌山、杨宗凯等分别从设计理念、顶层设计、实践指导方针等方面对教育信息化 2.0 进行了详细解读。

我国教育人工智能研究还处于探索阶段, 宏观理论研究较多、教育实践应用及效果研究较少。理论研究主要关注人工智能的内涵、技术概述、路径等。教育人工智能的教育学、心理学、人体工程学等理论基础研究, 人工智能教育应用的教与学内在机制研究, 人工智能如何更好地融入教育生态等还存在空白点。教育实践应用还停留在自动阅卷、教育质量数据监控等以提高成绩为目的的低阶智能阶段, 没有深入到以培养核心素养为目的, 对情感、态度、意识等进行深度分析的高阶智能阶段。机器学习、深度学习、学习者行为分析有一定尝试, 但能持续应用于实际教学场景, 支持个性化精准学习, 促进核心素养发展的智能化学习系统还不成熟, 缺少大规模应用的成熟产品, 更没有形成智能教育生态, 缺乏对技术应用效果评估、影响因素及师生的适应性

研究, 还面临保护学习者隐私等问题。

## 五、思考与启示

基于国外教育人工智能的研究热点及研究趋势, 结合国内教育人工智能的研究现状, 本文对未来教育人工智能研究发展做如下思考:

(一) 深化教育人工智能的研究层次, 由学习行为分析深入到意识、情感、态度研究

神经科学、认知科学、心理学和教育学的研究表明, 情感状态一定程度会影响学习者的学习态度和效率。消极的情感状态会阻碍学生的思考过程, 积极的情感会激发学生问题解决和创新的潜能。然而, 情感缺失一直是教育人工智能存在的突出问题。目前国内教育人工智能的研究主要聚焦个性化学习推荐、智能评估、智能导师系统、智慧决策预警、智能助手等方面, 国外的研究除此之外, 还关注情感认知(伯纳兹, 2017)、元认知(博拉斯卡·波姆达, 2016)等意识领域的研究。我国教育人工智能应用研究还处于“低阶智能阶段”, 没有达到具有独立自我意识、情感认知能力和推理思考能力的“高阶智能阶段”。从教育长远规划和发展趋势看, 人工智能研究还需要深化对人类情绪和情感识别及了解, 与脑科学、认知心理学等相关学科融合, 重点推进情感计算、认知计算、智能感知等技术的发展(黄璐等, 2018), 实现对学习者情感、态度、价值观等的干预和培养。

(二) 重视人工智能教育应用的效果评估及影响因素研究

国外教育人工智能研究很多, 不乏一些应用研究, 比如, 森恩(Sung, 2017)的计算思维对比实验研究, 缺乏人工智能应用于教学的效果实证研究, 特别是影响技术应用效果的因素研究, 以及各因素和效果之间的内部影响机制研究, 更没有针对影响因素提出人工智能技术教育应用的改进措施及应用模式。从国外研究趋势看, 国内未来对教育人工智能研究应侧重实证研究, 探究人工智能对学习效果的影响因素及内在机制。

(三) 利用 VR/AR 技术开展跨媒体融合研究, 构建智慧学习空间

2019 年 4 月 29 日, 中国移动发布了《5G + 智慧教育白皮书》。5G 大带宽、低延时的特性, 使虚实

融合呈现技术、交互性穿戴设备、体感数据采集技术等均能实现,为 AR/VR 教学应用提供了技术支持。人工智能虚拟现实教学技术,可以实现学生与学习对象多维交互体验,营造游戏化、沉浸式学习环境,达到真实环境的体验式学习;人工智能的增强现实教学技术,通过创建 AR 场景,把抽象的知识具象化,达到对知识形象、直观呈现,激发学生学习兴趣,促进学生对知识的深入理解。因此,如何将计算机图形图像处理技术、听觉感知技术与自然语言处理技术三者深度结合,实现跨媒体交互和跨媒体学习是当前构建智慧学习环境,实现人工智能教育深度应用的关键。

#### (四) 由知识掌握到智能核心素养的培养

在人工智能时代,低阶认知技能的重要性下降,记忆、复述、再现等初级信息加工任务将由机器代替,深层知识和高阶认知的重要性更加凸显。学生也要具备智能核心素养。智能核心素养指终身学习素养、计算思维素养、设计思维素养、交互思维素养,具体指认知能力、创新能力、联结能力、意义建构能力和元认知能力等高阶认知能力。人工智能可以通过分析学习行为、学习轨迹,实现个性化学习推荐、学习预警、精准指导和评估,但都以学科知识为中心,较少关注学习者的情感、态度、道德、素养等意识领域的养成,缺少通过人工智能促进学生智能核心素养提升的研究。如何利用人工智能技术,通过提升学生在学习、生活、游戏中的创新能力、社会交往能力、意义建构和元认知能力、创新思维等是未来研究应该关注的方向,使人工智能教育的应用由低阶智能阶段深入到能力、思维、情感、态度等高阶智能阶段。

#### (五) 聚焦教育人工智能的学习内容、教学模式改革研究

人工智能时代的学习不再局限于学校,教育将呈现“深度社会化”样态。教育个性化将得到真正实现。人工智能对教育各方面产生巨大冲击,革新教育模式,重塑教育结构,对教师、学生角色重新认知,但国内的研究过于关注技术本身,忽视学习内容、教学方法和教育模式的改革,人工智能和教学还没有实现深度融合。后续研究应聚焦教学内容改革,创新教学方法,重塑和再造教学组织和服务模式等,将教育重心从培养学生掌握低阶认知技能(记

忆、复述、再现等初级信息加工)向培养学生高阶认知能力(识别问题、逻辑推理、意义构建、自我指导等能力)和创新能力转变,从标准化教育向个性化教育转变。面对这些转变,人工智能作为新的工具和创新要素,需要与“教、学、考、评、管”教育各环节的设计结合,构建新型教育生态体系。

## 六、结语

本研究利用 Citespace 对 2008-2018 年国外教育人工智能文献进行了文本分析和视图分析,梳理出近十年国外教育人工智能的研究热点和趋势,通过对国内外教育人工智能的研究现状进行对比分析,总结出国外教育人工智能对国内研究的启示。研究力求在文献的“质”和“量”上达到精准、均衡,但由于英文文献本身在主题词划分及其归类上可能存在偏差,且手工数据筛选存在偶然性,主题词不同但英文缩写相同的情况会导致出现少量非主题文献,这都可能会为研究结论带来一定的误差。同时,由于受文献数量和时间范围的限制,研究在前瞻性方面存在一些局限。

随着 5G 的不断发展,它的大宽带、大规模连接、超低延时等特点将实现万物泛在互联、人机深度交互,“5G + AI”成为加速人工智能与教育深度双向赋能的新动力。然而,在推动教育人工智能融合过程中,还有很多具体问题亟待研究。比如,教育人工智能发展的支持政策研究,人工智能人才培养研究,人工智能应用于教育的道德规范、安全规范、产品标准等相关研究。后续研究将会继续关注人工智能技术的发展,并追踪其在教育领域中的深度应用。

#### [参考文献]

- [1] Ainley, M., Fryer, L. K., & Thompson, A. (2017). Stimulating and sustaining interest in a language course: An experimental comparison of Chat bot and Human task partners[J]. *Computers in Human Behavior*, (75): 461-468.
- [2] Aluko, R., Daniel, E., & Oshodi, O. (2018). Towards reliable prediction of academic performance of architecture students using data mining techniques[J]. *Journal of Engineering design And Technology*, 16(1): 385-397.
- [3] Aparicio, F., Morales-Botello, M. L., & Rubio, M. (2018). Perceptions of the use of intelligent information access systems in university level active learning activities among teachers of biomedical subjects[J]. *Int Jmed Inform*, (112): 21-33.

- [4] Atilola, O., Valentine, S., & Kim, H. H. (2014). Mechanix: A natural sketch interface tool for teaching truss analysis and free-body diagrams[J]. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 28(2):169-192.
- [5] Autumn, E., Chad, E., & Spence, P. R. (2018). I, teacher: using artificial intelligence (AI) and social robots in communication and instruction [J]. *Communication Education*, 67(4):473-480.
- [6] Bernard, J., Chang, T-W., & Popescu, E. (2017). Learning style identifier: Improving the precision of learning style identification through computational intelligence algorithms [J]. *Expert Systems with Applications*, (75):94-108.
- [7] 曹培杰(2018). 智慧教育人工智能时代的教育变革[J]. *教育研究*, 39(8):121-128.
- [8] Carpio, J., Mateo Sanguino, T. J., Merelo Guervs, J. J., & Rivas Santos, V. M. (2015). Open classroom: Enhancing student achievement on artificial intelligence through an international online competition [J]. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(1):14-31.
- [9] Cavus, N. (2010). The evaluation of learning management systems using an artificial intelligence fuzzy logic algorithm [J]. *Advances in Engineering Software*, 41(2):248-254.
- [10] Chen, Y. (2012). An innovative knowledge management learning cycle by LEGO nxt for science education [J]. *International Journal of Innovative Computing Information and Control*, 8(1):791-798.
- [11] 陈松云, 何高大(2018). 机器智能视域下的教育发展与实践范式新探:2018《美国机器智能国家战略的启示》[J]. *远程教育杂志*, (3):18-25.
- [12] 陈悦, 陈超美, 胡志刚, 王贤文(2014). 引文空间分析原理与应用: CiteSpace 实用指南 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [13] Coccoli, M., Maresca, P., M., & Stanganelli, L. (2018). Cognitive computing in education [J]. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 12(3):56-69.
- [14] Cullar, M. P., & Pegalajar, M. C. (2014). Design and implementation of intelligent systems with LEGO Mind storms for undergraduate computer engineers [J]. *Computer Applications in Engineering Education*, 22(22):153-166.
- [15] Dias, S. B., Hadjileontiadou, S. J., Hadjileontiadis, L. J., & Diniz, J. A. (2015). Fuzzy cognitive Mapping of users' quality of interaction with in higher education blended-learning Environment [J]. *Expert Systems with Applications*, 42(21):7399-7423.
- [16] Drigas, A. S., & Ioannidou, R. E. (2012). Artificial intelligence in special education: A decade review [J]. *International Journal of Engineering Education*, 28(6):1366-1372.
- [17] Gadanidis, G. (2017). Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education [J]. *International Journal of Information and Learning Technology*, 34(2):133-139.
- [18] Garcia-Penalvo, F., Cruz-Benito, J., & Martin-Gonzalez, M. (2018). Proposing a machine learning approach to analyze and predict employment and its factors [J]. *International Journal Of Interactive Multimedia And Artificial Intelligence*, 5(2):39-45.
- [19] Han, K. W., Lee, E., & Lee, Y. (2010). The impact of a peer-learning agent based on pair programming in a programming course [J]. *IEEE Transactions on Education*, 53(2):318-327.
- [20] Harley, J. M., Lajoie, S., & Frasson, C. (2017). Developing emotion-aware, advanced learning technologies: A taxonomy of approaches and features [J]. *International Journal of Artificial Intelligence In Education*, 27(2):268-297.
- [21] Herrera-Viedma, E., Pez-Herrera, A. G., & Alonso, S. (2009). A computer-supported learning system to help teachers to teach fuzzy information retrieval systems [J]. *Information Retrieval*, 12(2):179-200.
- [22] Huang, Y., Hsu, C., & Su, Y. (2014). Empowering classroom observation with an e-book reading behavior monitoring system using sensing technologies [J]. *Interacting with Computers*, 26(4):327-387.
- [23] 黄璐, 郑永和(2018). 人工智能教育发展中的问题及建议 [J]. *科技导报*, 36(17):102-105.
- [24] Johnson, W. L., & Lester, J. C. (2015). Face-to-face interaction with pedagogical agents, twenty years later [J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1):25-36.
- [25] Kenny, C., & Pahl, C. (2009). Interactive correction and recommendation for computer language learning and training [J]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 21(6):854-866.
- [26] Kim, Y., & Baylor, A. L. (2015). Research-based design of pedagogical agent roles: A review, progress, and recommendations [J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1):160-169.
- [27] Kim, Y., Behnagh, R. F., & Soyata, T. (2018). Towards emotionally aware ai smart classroom current issues and directions for engineering and education [J]. *IEEE Access*, (6):5308-5331.
- [28] Kiraz, A. (2012). The modeling of tensile test in virtual laboratory design using artificial intelligence [J]. *Journal of the Faculty of Engineering And Architecture of Gazi University*, 27(1):205-209.
- [29] Koedinger, K. R., & Alevin, V. (2015). An interview reflection on "intelligent tutoring goes to school in the big city" [J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1):13-24.
- [30] Kose, U., & Arslan, A. (2016). Intelligent e-learning system for improving students' academic achievements in computer programming courses [J]. *International Journal of Engineering Education*, 32(1):185-198.
- [31] Loup-Escande, E., Frenoy, R., & Poplimont, G. ((2017). Contributions of mixed reality in a calligraphy learning task: Effects of supplementary visual feedback and expertise on cognitive load, user experience and gestural performance [J]. *Computers in Human Behavior*, (75):42-49.
- [32] 梁迎丽, 梁英豪. 人工智能时代的智慧学习: 原理、进展与趋势 [J]. *中国电化教育*, 2019, (2):16-21.
- [33] 梁迎丽, 刘陈(2018). 人工智能教育应用的现状分析、典型特征与发展趋势 [J]. *中国电化教育*, (3):24-30.
- [34] 刘勇, 李青, 于翠波(2017). 深度学习技术教育应用现状

和前景[J]. 开放教育研究, 23(1):113-120.

[35] Magal-Royo, T., & Garc, A. J. (2017). Una aproximación del efecto en el aprendizaje de una lengua extranjera debida a la obtención de datos a través de exámenes en línea de idiomas [J]. Revista de Educación a Distancia (RED), (53):152-158.

[36] 马玉慧, 柏茂林, 周政(2017). 智慧教育时代我国人工智能教育应用的发展路径探究: 美国《规划未来, 迎接人工智能时代》报告解读及启示[J]. 电化教育研究, 38(3):123-128.

[37] Moon, M., Jahng, S., & Kim, T. (2011). A computer-assisted learning model based on the digital game exponential reward system [J]. Turkish Online Journal Of Educational Technology, 10(1):1-14.

[38] 牟智佳, 武法提(2017). 教育大数据背景下学习结果预测研究的内容解析与设计取向[J]. 中国电化教育, (7):26-32.

[39] Mehmood, R., Alam, F., & Albogami, N. N. (2017). Utilearn: A personalised ubiquitous teaching and learning system for smart societies [J]. IEEE Access, (5):2615-2635.

[40] Munawar, S., Toor, S. K., & Aslam, M. (2018). Move to Smart Learning Environment: Exploratory Research of Challenges in Computer Laboratory and Design intelligent Virtual Laboratory I for e-Learning Technology [J]. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 14(5):1645-1662.

[41] Nabiyev, V., Cakiroglu, U., Karal, H., Cebi, A., & Erumit, A. K. (2016). Application of graph theory in an intelligent tutoring system for solving mathematical word problems [J]. Eurasia Journal of Mathematics Science And Technology Education, 12(4):687-701.

[42] Nigenda, R. S., Martinez-Salazar, I., Padron, C. M., & Torres-Guerrero, F. (2018). Design and evaluation of planning and mathematical models for generating learning paths [J]. Computational Intelligence, 34(3):821-838.

[43] Pan, Y. (2016). Heading toward Artificial Intelligence 2.0 [J]. Engineering, 2(4):409-413.

[44] Porayska P. K. (2016) AI as a methodology for supporting educational praxis and teacher metacognition [J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(2):679-700.

[45] Porayska P. K., Frauenberger, C., & Pain, H. (2012). Developing technology for autism: an interdisciplinary approach [J]. Pers Ubiquit Comput, 16(2):117-127.

[46] Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education [J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(2):582-599.

[47] Samarakou, M., Fylladitakis, E. D., & Karolidis, D. (2016). Evaluation of an intelligent open learning system for engineering education [J]. Knowledge Management & E-Learning an International Journal, 8(3):496-513.

[48] Samarakou, M., Fylladitakis, E. D., Fruh, W. G., Hatziaepoulou, A., & Gelegenis, J. J. (2016): An advanced e-learning environment developed for engineering learners [J]. International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), 10(3):22.

[49] Samarakou, M., Tsaganou, G., & Papadakis, A. (2018). An

e-learning system for extracting text comprehension and learning style characteristics [J]. Educational Technology & Society, 21(1):126-136.

[50] Santos, F. R., & Notargiacomo, P. (2018). Intelligent educational assistant based on multi agent system and context-aware computing educative core: experiment with context-aware and multiagent interaction [J]. International Journal of Advanced Computer Science And Applications, 9(9):236-243.

[51] Santos, O., & Boticario, J. (2015) User-centred design and educational data mining support during the recommendations elicitation process in social online learning environments [J]. Expert Systems, 32(2):293-311.

[52] Santos, O. (2016). Training the Body: The potential of AIED to support personalized motor skills learning [J]. International Journal of Artificial Intelligence In Education, 2(2):730-755.

[53] Sheridan, T. (2016). Human-Robot Interaction: Status and challenges [J]. Human Factors, 58(4):525-532.

[54] 石磊(2018). 开源人工智能系统 Tensorflow 的教育应用 [J]. 现代教育技术, 28(1):93-99.

[55] Silapachote, P., & Srisuphab, A. (2017) Engineering courses on computational thinking through solving problems in artificial intelligence [J]. International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP), 7(3):34.

[56] Silva, R., & Spanhol, F. (2018). Use of artificial intelligence in the structuring of hybrid learning environments [J]. Revista Educaonline, 12(1):45-68.

[57] Slim, C., Kharat, M., & Amor, N. B. (2018). Using IOAI in introductory courses to embedded systems for engineering students: A case study [J]. The International Journal of Electrical Engineering & Education, 55(1):62-78.

[58] Stantchev, V., Prieto-Gonzalez, L., & Tamm, G. (2015). Cloud computing service for knowledge assessment and studies recommendation in crowdsourcing and collaborative learning environments based on social network analysis [J]. Computers in Human Behavior, (51):762-770.

[59] Sung, W., Ahn, J., & Black, J. B. (2017). Introducing Computational Thinking to Young Learners: Practicing computational perspectives through embodiment in mathematics education [J]. Technology, Knowledge and Learning, 22(3):443-463.

[60] Timms, M. J. (2016). Letting artificial intelligence in education out of the box: educational cobots and smart classrooms [J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(2):701-712.

[61] Villaseor, E. A., Arencibia-Jorge, R., & Carrillo-Calvet, H. (2017). Multiparametric characterization of science to metric performance profiles assisted by neural networks: A study of Mexican higher education institutions [J]. Scientometrics, 10(1):77-104.

[62] 王萍, 石磊, 陈章进(2018). 智能虚拟助手: 一种新型学习支持系统的分析与设计 [J]. 电化教育研究, 39(2):67-73.

[63] 王同聚(2016). 基于“创客空间”的创客教育推进策略与

实践:以“智创空间”开展中小学创客教育为例[J]. 中国电化教育, (6):65-70+85.

[64]魏雪峰,刘永渤,曲丽娟,等(2018). 教育测评机器人的理念构想与教学应用研究[J]. 中国电化教育, (12):25-30.

[65]Wong, L. H. , & Looi, C. K. (2012) Swarm intelligence: New techniques for adaptive systems to provide learning support [J]. *Interactive Learning Environments*, 20(1):19-40.

[66]吴文峻(2017). 面向智慧教育的学习大数据分析技术[J]. 电化教育研究, 38(6):88-94.

[67]吴晓如,王政(2018). 人工智能教育应用的发展趋势与实践案例[J]. 现代教育技术, 28(2):5-11.

[68]Xing, E. P. , Ho, Q. , & Xie, P. (2016). Strategies and principles of distributed machine learning on big data[J]. *Engineering*, 2(2):179-195.

[69]闫志明,唐夏夏,秦旋(2017). 教育人工智能(EAI)的内涵、关键技术与应用趋势—美国《为人工智能的未来做好准备》和

《国家人工智能研发战略规划》报告解析[J]. 远程教育杂志, 35(1):26-35.

[70]杨现民,张昊,郭利明等(2018). 教育人工智能的发展难题与突破路径[J]. 现代远程教育研究, (3):30-38.

[71]余明华,冯翔,祝智庭(2017). 人工智能视域下机器学习的教育应用与创新探索[J]. 远程教育杂志, 35(3):11-21.

[72]袁利平,陈川南(2018). 人工智能视域下的宽度学习及在教育中的应用[J]. 远程教育杂志, 36(4):49-56.

[73]赵慧琼,姜强,赵蔚(2018). 教育大数据深度学习的价值取向、挑战及展望:在技术促进学习的理解视域中[J]. 现代远程教育, (1):17-25.

[74]祝智庭,彭红超,雷云鹤(2018). 智能教育智慧教育的实践路径[J]. 开放教育研究, 24(2):13-42.

(编辑:赵晓丽)

## Hotspot, Trend, and Enlightenment of Educational Artificial Intelligence Research Abroad

CHEN Yingbo & ZHANG Wenlan

- (1. School of Electronic and Information Engineering, Ankang University, Ankang 725000, China;
2. College of Education, Shaanxi Normal University, Xi' An 710062, China)

**Abstract:** *In order to apply artificial intelligence in the field of education, to accelerate the realization of artificial intelligence to empower education, we searched and evaluated the available literature in the topic area. We collected 313 papers with “artificial intelligence and education” as the theme from the Web of Science database and used CiteSpace from two aspects of text analysis and views on clustering analysis. The results indicate that research abroad focuses on the artificial intelligence education with “intelligent tutor system,” “the robot of artificial intelligence education,” “machine learning,” “learning model” and “wisdom study,” the “computing thinking”. Research tends to combine computer technology with neuroscience and cognitive science and apply it to learning cognition and emotional cognition. Based on our literature review, we propose that education artificial intelligence research in China should be “deepening the research level, pay attention to the study of consciousness, emotion, and attitude”, “attach great importance to the effect evaluation and influence factor research of educational artificial intelligence”, “use VR/AR to conduct cross-media integration research and construct intelligent learning space”, “shift from knowledge mastery to the cultivation of intelligent core accomplishment”, “promoting learning content, teaching model reform of education artificial intelligence”.*

**Key words:** *artificial intelligence; education; visual analysis; research focus; research trends*