

教育人工智能与学习分析： 理论与实践

王萍 著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

上海市教育科学研究项目“人工智能环境下翻译教学的影响因素与提升策略研究”（项目编号：C2021311）

上海外国语大学重大攻关科研项目“生成式人工智能发展背景下的外语教学研究（项目编号：23ZD010）

教育人工智能与学习分析： 理论与实践

王萍 著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书系统性地探讨了教育人工智能与学习分析的理论基础、方法论和实际应用。内容分三部分:第一部分概述基本概念和发展现状,第二部分重点讨论人工智能技术在教育领域的多元场景应用,第三部分聚焦学习分析的方法与应用。书中提供了丰富的技术原理剖析、应用实例分析和具体案例讨论,强调了人工智能和学习分析在推动教育改革和提升质量方面的潜力。本书希望通过全面介绍教育人工智能和学习分析的理论与实践知识,推动这一领域的发展与进步。

本书适合教育人工智能从业者和研究者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

教育人工智能与学习分析:理论与实践 / 王萍著

· 一 上海:上海交通大学出版社,2023.12

ISBN 978-7-313-29957-4

I. ①教… II. ①王… III. ①人工智能—应用—教育工作—研究②学习系统 IV. ①G43-39②TP273

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 243755 号

教育人工智能与学习分析:理论与实践

JIAOYU RENGONG ZHINENG YU XUEXI FENXI: LILUN YU SHIJIAN

著 者:王 萍

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 刷:苏州市古得堡数码印刷有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

字 数:244千字

版 次:2023年12月第1版

书 号:ISBN 978-7-313-29957-4

定 价:78.00元

地 址:上海市番禺路951号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:17.75

印 次:2023年12月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告 读 者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0512-65896959

前 言

教育人工智能和学习分析是计算机科学与教育技术领域的两个重要研究焦点。随着人工智能技术的迅猛进展和大数据在教育领域的普遍应用,教育人工智能和学习分析在推动教育改革和提升教育质量方面展现出了巨大的潜力,它们已成为实现个性化教育、提升教学效果、改善学习体验的关键工具和方法。

本著作旨在深入探讨教育人工智能与学习分析的理论基础、方法论及其在实践中的应用。全书分为三个部分:第一部分是绪论,概述了教育人工智能与学习分析的基本概念、当前发展状况和本书的内容架构;第二部分专注于教育人工智能的应用,包括生成式人工智能、智能虚拟助手、基于图神经网络的知识追踪、基于自动化方法的教育人工智能系统、可解释性教育人工智能,以及在边缘智能环境下的增强现实学习等主题;第三部分聚焦于学习分析,讨论了基于自我调节学习的学习分析、基于时序数据的学习分析和教育视频的智能分析与应用等议题。这些章节详细解读了相关概念、方法和应用,并提供了案例分析和讨论,以帮助读者深入理解和应用这些技术和理论。通过本书,读者将深入理解教育人工智能和学习分析在教育领域的广泛应用和潜在价值,同时也将了解到当前研究的热点和挑战。

本书的目标读者主要包括教育技术领域的研究者、教育工作者、高校师生以及对教育人工智能和学习分析感兴趣的读者。无论是从事教育科学研究的学者,还是从事教育实践的教师,本书都能为他们提供有益的理论指导和实践

经验。对于高校师生来说,本书既是一本学习教材,也是一本拓展视野和引领未来的指南。对于对教育人工智能和学习分析感兴趣的读者,本书将为他们提供全面而深入的知识和思路,帮助他们了解和掌握这一领域的相关理论、方法与实践案例,为后续的研究与应用提供参考。我们期望本著作能为读者提供全面且深刻的理论见解和实践经验,从而促进教育领域的创新与进步。

在本书的编写过程中,我们得到了众多专家学者的大力支持和协助,我们在此向他们表示衷心的感谢。他们的专业知识和宝贵意见使本书的内容更加全面和准确。同时,我们也要感谢上海交通大学出版社对本书的重视和支持,为本书的出版提供了宝贵的机会。

目 录

第一章 智慧教育:教育人工智能与学习分析	001
第一节 教育人工智能	001
第二节 学习分析	018
第三节 本书的内容组织	023
第二章 生成未来:生成式人工智能引领教育革新	029
第一节 大语言模型与生成式人工智能	029
第二节 生成式人工智能的定义与特点	036
第三节 生成式人工智能在教育中的应用	043
第四节 本章小结	052
第三章 个性智慧:智能虚拟助手支持个性化学习	054
第一节 引言	054
第二节 智能虚拟助手概述	055
第三节 基于智能虚拟助手的学习支持系统分析	060
第四节 基于智能虚拟助手的学习支持系统设计与实现	070

第五节	面临的问题与未来发展思考	075
第六节	本章小结	077
第四章	知识网络：基于图神经网络的知识追踪	078
第一节	引言	078
第二节	学习者模型与知识追踪任务分析	079
第三节	图神经网络支持的知识追踪	085
第四节	基于图神经网络的知识追踪应用	099
第五节	基于图神经网络知识追踪研究的挑战	101
第六节	本章小结	103
第五章	智能系统：基于自动化方法的教育人工智能	105
第一节	引言	105
第二节	教育人工智能应用系统的功能模块与问题分析	106
第三节	基于自动化方法的教育人工智能应用系统设计	110
第四节	案例应用研究	115
第五节	价值分析	117
第六节	本章小结	118
第六章	解释信任：可解释性提升教育人工智能效能	120
第一节	引言	120
第二节	教育人工智能的技术应用与问题风险	121
第三节	可解释人工智能概念与发展	126
第四节	可解释教育人工智能的系统框架	131
第五节	可解释教育人工智能的价值与应用	136
第六节	思考与讨论	144

第七节 本章小结	146
第七章 沉浸学习:边缘智能驱动的增强现实学习	148
第一节 引言	148
第二节 增强现实学习分析	149
第三节 边缘智能支持的泛在智慧学习空间	155
第四节 基于边缘智能的增强现实学习分析	159
第五节 研究路径分析	162
第六节 本章小结	165
第八章 自我驱动:基于自我调节的在线学习行为分析	166
第一节 自我调节学习	167
第二节 在线自我调节学习行为分析	171
第三节 基于在线自我调节学习的学业预警	188
第四节 本章小结	202
第九章 时间印记:基于时序数据的学习过程分析	204
第一节 教育时序分析	204
第二节 社会科学时序分析方法	209
第三节 统计时序分析方法	217
第四节 机器学习时序分析方法	220
第五节 深度学习时序分析方法	226
第六节 本章小结	233
第十章 视觉智能:人工智能赋能的教育视频分析与应用	234
第一节 引言	234

第二节	相关研究分析	235
第三节	人工智能在教育视频中应用的理论基础	243
第四节	人工智能对教育视频分析的支持功能	245
第五节	基于人工智能的教育视频应用分析	249
第六节	基于人工智能的教育视频应用设计	254
第七节	本章小结	257
参考文献		259
索引		271

第一章

智慧教育：教育人工智能与学习分析

第一节 教育人工智能

新一轮的科技革命与产业变革中,人工智能(Artificial Intelligence, AI)起到了关键的驱动作用。它正在逐步改变我们的生产、生活、学习方式,并引领人类社会步入一个人机协同、跨界融合、共创分享的智能时代^①。当人工智能与教育场景进行深度融合时,无疑将对传统的教育形态与教育模式产生深远的改造与重构。

一、人工智能的概念与发展

(一)人工智能的概念分析

1. 概念涵义

人工智能的定义受研究者的研究背景、方法和目标的影响,呈现出多元化的特点。不同的学者和专家从不同的角度给出了各自的解释。约翰·麦卡锡(John McCarthy),被誉为“人工智能之父”,他将人工智能定义为:“制造智能机器,尤其是智能计算机程序的科学和工程。”^②这一定义强调了人工智能的实践性质,即是关于如何构建能够模拟或复制人类智能的机器或程序的科学和工程领域。此外,他也指出人工智能是对人类智能的理解和模拟,但并不局限于生

① 习近平向国际人工智能与教育大会致贺信[EB/OL]. 新华社. (2019-5-17)[2022-11-20]. http://news.cyol.com/yuanchuang/2019-05/17/content_18019455.htm.

② McCarthy J. What is artificial intelligence? [EB/OL]. (2007)[2022-11-20]. <http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai/index.html>.

物可观察的方法。斯图尔特·罗素(Stuart Russell)和彼得·诺维格(Peter Norvig)在《人工智能：一种现代的方法》一书中，将人工智能定义为：“研究与设计智能主体(Intelligent Agent)的领域，其中‘智能主体’指的是能够理解、学习数据，并利用这些知识完成特定的目标和任务的系统。”^①这一定义更关注人工智能在实践中的应用，强调了人工智能的主体性，也就是说，人工智能被视为一个能够理解、学习和利用知识来实现特定目标的系统。维基百科则认为，人工智能指的是由人创造的机器所展示的智能，包括研究如何实现这样的智能系统以及实现方式的科学领域^②。这一定义强调了人工智能的创新性和实践性，即人工智能不仅是对智能的模拟，也是对智能的创新和延伸。

总的来说，学者们从各自的研究角度出发，讨论并解释了人工智能的含义，一般认为，人工智能是研究、开发用于模拟、扩展和增强人的智能的理论、方法、技术及其应用系统的一门科学。其核心问题包括建立具有与人类相似甚至超越人类的推理、知识、规划、学习、交流、感知、移动和操作物体能力的系统，以此来通过对智慧的本质进行深入探索，从而扩展人类的智能。

2. 范式分类

人工智能的发展历程中，形成了符号主义、连接主义和行为主义三大主要研究范式，这三种范式都各自提供了对人工智能的独特视角和理论基础。

符号主义，也称逻辑主义或逻辑符号主义，是早期人工智能研究的主要范式。它主张人工智能源于数理逻辑，并认为认知就是通过对有意义的表示符号进行推导计算。符号主义者倾向于使用显式的公理和逻辑体系来构建人工智能系统，将智能形式化为符号、知识、规则和算法，从而实现用计算机模拟人的智能行为。其基本理论包括物理符号系统假设和有限合理性原理，其研究成果包括专家系统、知识表示、推理和自然语言处理等。

连接主义，也称为仿生学派或并行分布处理范式，主张人工智能源于仿生学，特别是对人脑模型的研究。连接主义主要基于神经网络和网络间连接机制与学习算法的智能模拟方法。这一范式倡导利用数学模型来研究人类认知，并

① Russell S, Norvig P. 人工智能：一种现代的方法[M]. 第3版. 殷建平，祝恩，刘越，陈跃新，译. 北京：清华大学出版社，2013.

② Wikipedia. Artificial Intelligence[EB/OL]. [2023-01-10]. https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence.

用神经元的连接机制实现人工智能。其主要理论基础为神经网络及其连接机制与学习算法,研究成果包括深度学习、自组织映射和模糊逻辑等。

行为主义,也称为控制论学派或进化主义,强调智能取决于感知和行为,取决于对外界复杂环境的适应,即不同的行为会表现出不同的功能和不同的控制结构。行为主义认为,生物智能是自然进化的产物,生物通过与环境及其他生物之间的相互作用,从而发展出越来越强的智能。其基本理论包括控制论及感知——动作型控制系统,其研究成果包括行为机器人、遗传算法和强化学习等。

在这三种范式中,符号主义主要研究抽象思维,连接主义研究形象思维,行为主义则研究感知思维。符号主义注重数学可解释性,连接主义倾向于仿人脑模型,而行为主义偏向于应用和身体模拟。随着深度学习等技术的发展,连接主义学派在人工智能领域取得了显著的成绩,相对而言,符号主义被称作传统的人工智能。

3. 相关技术

人工智能是一个包含了计算机科学和庞大数据集合的领域,它涵盖了包括机器学习和深度学习等在内的多个子领域,深度学习可以看作是机器学习的一个更为深入的子集,三者间的关系可以通过图 1-1 进行直观的展示。

人工智能是一个集结了计算机科学、数学、语言学、心理学等多领域知识的交叉学科,它涵盖了包括机器学习、深度学习、自然语言处理、计算机视觉、机器人学等多个子领域^①。这些子领域都在不断地探索和尝试,以实现人工智能的最终目标:创建出能够模拟或超越人类智能的系统。深度学习可以看作机器学习的一个更为深入的子集,三者间的关系可以通过图 1-1 直观地展示。

机器学习是人工智能领域中的一种核心技术,它利用算法和统计模型,对大量数据进行分析和学习,从而构建出能够进行预测或决策而无需特定编程的模型。1997年,计算机科学家汤姆·米歇尔(Tom Mitchell)对机器学习做出了一种更为形式化的定义:“设定 P(Performance,性能)作为衡量计算机程序在某项任务 T(Task)上的执行力,如果一个程序能够借助经验 E(Experience)在执行任务 T 的过程中提高其性能 P,那么我们可以称该程序已经学习了经验

^① IBM. 人工智能(AI) [EB/OL]. [2022-12-30]. <https://www.ibm.com/cn-zh/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>.

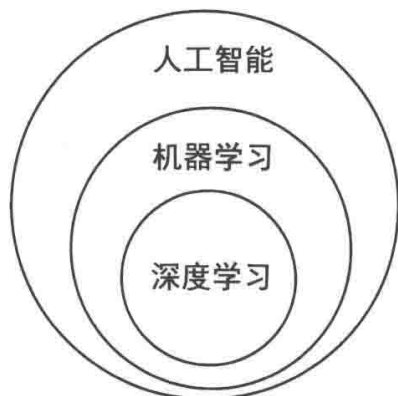


图 1-1 人工智能、深度学习与机器学习

E 并在任务 T 和性能 P 上实现了进步。”因此，机器学习的主要研究内容是如何让计算机模拟或实现人类的学习行为，以获取新的知识或技能，重组已有的知识结构，以持续优化自身的执行效能。

深度学习是机器学习的一个子领域，它主要依赖于神经网络模型，尤其是深度神经网络模型，以模拟人脑的结构和功能，进行复杂的信息处理。深度学习的一个显著特点是，它能够自动地从原始数据中学习和提取有用的特征，这在很大程度上减少了人工干预的需要，使得深度学习能够在处理大规模、高维度、非结构化的数据时，表现出优越的性能。深度学习在语音识别、视觉对象识别、对象检测、药物发现和基因组学等多个领域都取得了显著的成就。

虽然机器学习和深度学习都是人工智能的重要技术，但它们在理论、方法和应用上都有各自的特点和侧重点。在实际的研究和应用中，需要根据具体的任务需求和数据特性，选择或结合使用不同的技术，以实现最佳的人工智能系统设计和性能优化。同时，也需要关注和掌握新的人工智能技术和理论，以应对未来的技术挑战和应用需求。

(二) 发展历史

人工智能的历史可以追溯到 20 世纪 50 年代，当时的科学家开始探索如何使计算机模拟人类的思考方式。1950 年，英国计算机科学家艾伦·图灵(Alan Turing)在他的论文《计算机与智能》(*Computing Machinery and Intelligence*)中首次提出了“机器能否思考”的问题，并设计了著名的图灵测试，作为衡量计算机是否能够展示出与人类相同水平的智能的标准。

1956 年夏天，约翰·麦卡锡(John McCarthy)、马文·明斯基(Marvin

Minsky)等科学家在美国达特茅斯学院举办的会议上首次提出并定义了“人工智能”这一概念,这次会议被公认为标志着人工智能学科的诞生。从那时开始,人工智能开始了它的发展历程,经历了几个阶段的起伏和变化。图 1-2 展示了人工智能的发展历程。

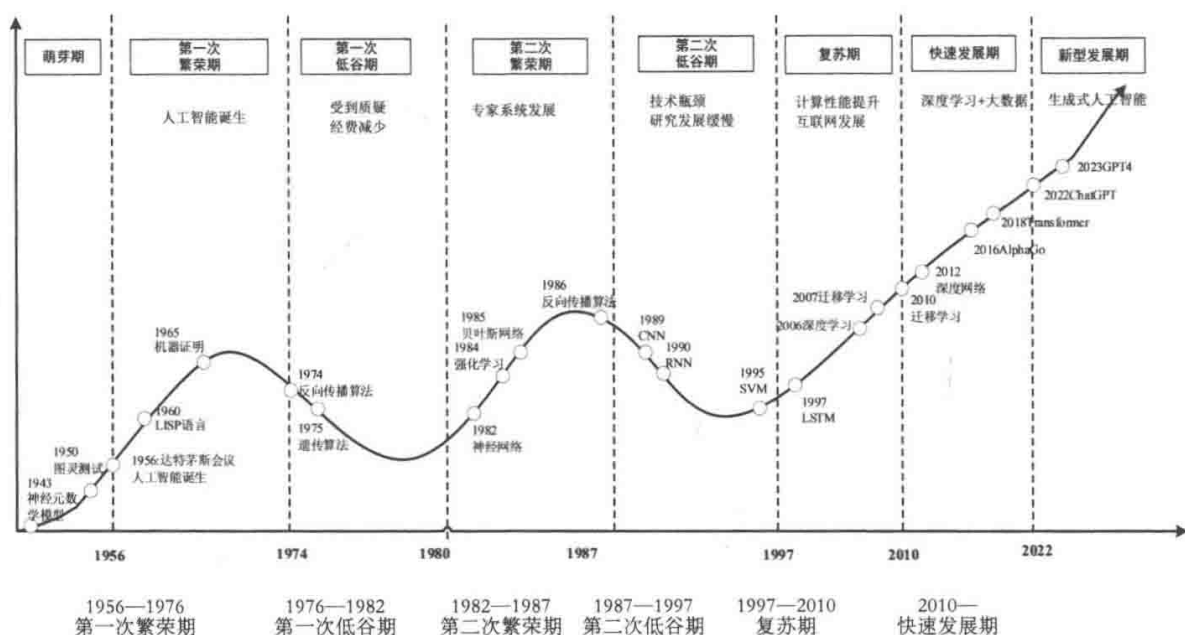


图 1-2 人工智能的发展历史

在人工智能的早期阶段,研究主要集中在基于规则的系统,这些系统通常需要人类专家明确地编写问题解决规则。然后,在 20 世纪 80 年代,机器学习技术开始受到关注,这使得计算机可以从数据中学习规则,而无须人工编写。到了 20 世纪 90 年代,随着互联网的出现,数据量爆炸,机器学习得到了广泛的应用。

进入 21 世纪,随着计算能力的提升和数据量的增长,深度学习开始崭露头角。深度学习是机器学习的一个子领域,它试图模仿人脑的工作方式,自动从数据中学习和提取有用的特征。深度学习的出现,使得人工智能在图像识别、语音识别和自然语言处理等领域取得重要的突破。

在当前的人工智能发展阶段,虽然专用人工智能已经取得了显著的成就,但通用人工智能,即能够在多种任务中表现优秀的人工智能,仍然面临着很多挑战,有着广阔的发展前景^①。总的来说,人工智能的发展历程是一个持续探

^① 谭铁牛. 人工智能的历史、现状和未来[J]. 智慧中国, 2019(Z1): 87-91.

索和创新的过程,它反映了科技发展的历史和人类对智能理解的深化。在未来,我们有理由相信,人工智能将在更多的领域中发挥其重要的作用,并为人类社会的发展带来更大的影响和变革。

二、教育人工智能的研究现状分析

通过对文献分析、地平线报告、Gartner 技术趋势分析三个维度进行深入探讨,梳理教育人工智能的研究现状,并对其在应用层面的研究和进展进行详尽的分析。

(一)教育人工智能研究现况

目前,国内外关于教育人工智能的研究主题主要可概括为以下三大类。

(1)理论探讨:这一类研究主要关注人工智能技术对教育理论和实践的影响,以及人工智能与教育的理论融合。这些研究包括对人工智能在教育中的应用模式、作用机制、效果评价等进行深入分析和讨论,以期提出新的理论观点、教育模式和教学策略。

(2)应用场景研究:这一类研究主要关注人工智能技术在特定教育场景中的应用,包括智慧课堂、智慧校园、智慧教学、智慧评估、智慧管理等。这些研究通常会设计和实现一些人工智能教育应用系统或平台,以验证和展示人工智能在教育中的实际效果和应用价值。

(3)技术开发研究:这一类研究主要关注教育人工智能系统的设计和实现,以及相关的算法和技术的研发。这些研究包括教育数据挖掘、机器学习、深度学习、自然语言处理、知识图谱等在教育中的应用,以期提高教育系统的智能化水平和服务质量。

在这些研究中,理论探讨和应用场景研究已经取得了一些初步的成果,但技术开发研究还处于相对初级的阶段。在教育人工智能的系统应用框架和实现流程方面,一些学者结合人工智能技术特性进行了深入的探讨,提出教育人工智能技术框架主要包括教育数据层、算法层、感知层、认知层和教育应用层^{①②}。另一些学者进一步指出,人机增强智能支持下的教育建模需要包括梳

① 杨现民,张昊.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,2018(3):30-38.

② 徐晔.从“人工智能教育”走向“教育人工智能”的路径探究[J].中国电化教育,2018(12):81-87.

理建模目标、确定教育目标类型、特征提取、调节参数、训练与建模、数据科学验证、真实教育场景可用性验证的阶段^①。然而,这些研究仍主要停留在框架与流程的构建层面,对于如何将框架中的模块和技术应用有效地融入教育实践中,如何设计和实现能够满足教育需求的人工智能系统,如何评价和提升人工智能在教育中的实际效果,等等,都是当前教育人工智能研究亟须解决的问题。

(二)地平线报告对人工智能的分析

地平线报告(Horizon Report)是全球高等教育领域的科技发展趋势报告,每年发布一次,旨在预测未来五年内影响全球高等教育的关键趋势、挑战和技术发展。地平线报告自2014年起便开始关注虚拟助理、自适应学习、自然用户界面、机器人技术等智能技术在教育领域的应用,并尝试分析其对高等教育未来发展的影响。自2017年以来,人工智能被连续列为地平线报告的关键技术,凸显其作为影响教育未来中长期发展的重要技术的地位。在地平线报告中,近年对人工智能相关技术的教育应用分析的特点概括如下。

1. 关注点逐步扩大并全面覆盖

地平线报告从关注学习,到关注研究与技术,再到关注人工智能在教育领域的全面应用。2017年的地平线报告指出,人工智能技术可以“深入理解学习者的特性和思维模式,从而提升在线学习和自适应学习系统的性能”^②。2018年,地平线报告在继续关注学习的基础上,开始视人工智能为有效的研究手段和教学工具,将其用于“增强在线学习、适应学习软件和研究过程,并与学生进行积极的反馈和互动”^③。2019年的报告则进一步指出,人工智能技术可以应用于教育教学的全过程,“可以提供个性化体验,减少工作量和协作分析大型数据集,以为教学应用程序提供借鉴。支持自适应学习等教学方法,满足个性化学习。通过数据建模分析辅助教学策略和教学管理”^④。

① 郑勤华,郭利明.人机协同的敏捷教育建模及实践应用[J].现代远程教育研究,2021,33(04):43-50.

② NMC,EDUCAUSE.2017 Horizon Report | Higher Education Edition[R/OL].(2017-02-12)[2023-2-10].<https://library.educause.edu/resources/2017/2/2017-horizon-report>.

③ EDUCAUSE.2018 NMC Horizon Report | Higher Education Edition (2018-08-10)[2023-2-10].<https://library.educause.edu/resources/2018/8/2018-nmc-horizon-report>.

④ EDUCAUSE.2019 Horizon Report | Teaching and learning edition[R/OL].(2019-04-10)[2023-2-10].<https://library.educause.edu/resources/2019/4/2019-horizon-report>.

2020年的地平线报告在框架、内容、方法和呈现方式上做了大幅度调整,内容包括社会、技术、经济、环境、政治五个维度的宏观趋势,六项关键技术与实践,高等教育领域增长、约束、崩溃和转型四种情景的预测以及实践案例。报告特别强调,人工智能和机器学习是影响高等教育发展的关键技术,其优势正在逐步渗透到学习管理系统、学生信息系统、办公效率应用程序、图书馆和招生服务、自动字幕系统及移动产品等多个领域^①。

2021年的地平线报告指出,新冠疫情并未影响人工智能技术的飞速发展和产业化进程。人工智能在高等教育领域的应用已非常广泛,主要扮演两个关键角色:一是帮助师生应对在教学与学习过程中遇到的挑战,以此促进学习者取得成功,此处的典型应用案例包括各种机器人项目和基于人工智能的学习分析工具等。二是推动课程和相关研究项目的重构,以更好地服务“人工智能一代”。报告强调,第二个角色更为关键,因为它将对未来高等教育的可持续发展产生影响^②。

2022年的地平线报告延续了对人工智能技术与实践的关注,确定了“基于人工智能的学习分析”和“基于人工智能的学习工具”两项关键技术,这两项技术展示了人工智能在高等教育教学的不同层面的应用。其中,基于人工智能的学习分析是指通过人工智能技术来组织、分析和理解数据,以帮助机构进行决策规划和支持学生获得学业成就。基于人工智能的学习工具则旨在引导学生完成任务,通过自动化模式提升教学效率,促进学习者与学习工具的互动^③。

以 ChatGPT 为代表的基于大型语言模型的生成式人工智能是人工智能研究领域的一大重要突破。自 2022 年 11 月以来,这一技术在全球范围内产生了深远影响,为教育领域的知识生产、沟通交流和学习方式创新提供了新的可能

① EDUCAUSE.2020 EDUCAUSE horizon report | Teaching and learning edition[R/OL].(2020-03-12) [2023-2-10]. <https://library. educause. edu/resources/2020/3/2020-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>.

② EDUCAUSE.2021 EDUCAUSE horizon report | Teaching and learning edition[R/OL].(2021-04-15) [2023-2-10]. <https://library. educause. edu/resources/2021/4/2021-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>.

③ EDUCAUSE.2022 EDUCAUSE horizon report | Teaching and learning edition[R/OL].(2022-04-12) [2023-2-10]. <https://library. educause. edu/resources/2022/4/2022-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>.