

教育数据科学应用于个性化教学中的探索与实践

何丽萍

南京邮电大学教育科学与技术学院, 江苏 南京

收稿日期: 2024年7月14日; 录用日期: 2024年8月16日; 发布日期: 2024年8月23日

摘要

个性化教学是教育领域追求的目标, 旨在根据每个学生的学习需求、兴趣和能力提供定制化的教学。教育数据科学(Education Data Science, EDS)作为一门新兴的跨学科领域, 结合了数据科学、学习科学、心理测量学和教育技术。教育数据科学通过分析和挖掘教育大数据, 为实现个性化教学提供了新的视角和工具。本文综述了教育数据科学在个性化教学中的应用, 探讨了其理论基础、实践案例、面临的挑战和未来的发展方向。

关键词

教育数据科学, 心理测量学, 个性化教学, 数据可视化

The Exploration and Practice of the Application of Educational Data Science in Personalized Teaching

Liping He

School of Educational Science and Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing Jiangsu

Received: Jul. 14th, 2024; accepted: Aug. 16th, 2024; published: Aug. 23rd, 2024

Abstract

Personalized teaching is the goal of education field, which aims to provide customized teaching according to the learning needs, interests and abilities of each student. As a new interdisciplinary field, Education Data Science (EDS) combines data science, learning science, psychometrics and

educational technology. Education data science provides new perspectives and tools for personalized teaching by analyzing and mining education big data. This paper summarizes the application of educational data science in personalized teaching, and discusses its theoretical basis, practical cases, challenges and future development directions.

Keywords

Educational Data Science, Psychometrics, Personalized Teaching, Data Visualization

Copyright © 2024 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

个性化教学是指学习进度和教学方法都针对每个学习者的需求进行优化的教学，学习目标、教学方法和教学内容可能会因学习者的需求而有所不同。此外，提供的学习活动对学习者的而言是十分有意义的，由他们的兴趣驱动并且通常是自发行为。教育部制定的《教育十三五规划纲要》中，在创新人才培养模式中提及——“注重因材施教。关注学生不同特点和个性差异，发展每一个学生的优势潜能”。2019年2月，中共中央、国务院印发《2035年中国教育现代化》，提出加快信息时代教育改革，利用现代技术加快人才培养模式改革，完成个性化培养与规模化教育的有机结合。

近年来，教育大数据、学习分析和在线学习平台的逐步发展使得学习轨迹不仅能够得到记录进而形成全学习过程数据链，而且能够对学习过程和结果进行个性化分析和评测；而以深度学习、机器学习、自然语言处理等为代表的人工智能技术兴起，使得测评技术更加智能和精准。因此，可以借助教育大数据和学习分析技术对学习过程中的阶段性学习表现进行评价和归因分析，并结合学习者的个性特征定制基于内容掌握的学习路径，最终促进其对知识的深度理解和概念的掌握。

教育数据科学本身是一个新兴的跨学科领域，建立于数据科学实践以及心理和认知“学习科学”中汲取的现有知识和方法[1]。教育数据科学专注于通过教育数据挖掘和学习分析等技术设计技术和应用来分析教育和学习数据[2]。本研究旨在探讨教育数据科学的兴起，以及在个性化教学中的应用，并给出了具体的实践案例，对挖掘教育数据科学在个性化教学中的潜力有很好的时代意义。

2. 教育数据科学的概念

教育数据科学依赖于数据科学和学习科学的平行论述和实践，数据科学承诺算法的可计算性和客观性，而学习科学方法将学习视为可以通过可计算过程来测量的心理过程。从这个意义上说，教育数据科学是专业知识和学科实践的心理测量形式的演变[3]。

教育数据科学的发展历程是一个跨学科领域的发展史，它结合了数据科学、教育学、心理学、计算机科学等多个领域的理论和实践。以下是教育数据科学发展历程的概述：

(一) 早期发展(20世纪初至中期)

在20世纪初，随着统计学和测量理论的发展，教育评估和测试开始系统化。20世纪中叶，计算机的出现为数据处理提供了新的可能性，但是在教育领域的应用相对有限。

(二) 计算机辅助教学(CAI, 20世纪60年代至90年代)

计算机辅助教学的兴起标志着教育技术的一个重要转折点，教育开始利用计算机进行个性化教学和

评估。

(三) 学习管理系统(LMS, 20世纪90年代至21世纪初)

学习管理系统的发展为收集和分析学生学习数据提供了平台, 这些数据可以用于跟踪学生进度和评估教学效果。

(四) 教育数据挖掘和学习分析的兴起(21世纪初)

随着互联网和数字学习工具的普及, 大量的学习行为数据被生成, 教育数据挖掘和学习分析开始作为一个独立的研究领域出现。

(五) 大数据技术的应用(21世纪10年代)

大数据技术的发展使得教育数据科学能够处理和分析更大规模的数据集, 为个性化学习提供了更强大的支持。

(六) 自适应学习系统的发展

自适应学习系统利用机器学习算法根据学生的实时表现调整教学内容, 这是教育数据科学在个性化教学中的重要应用。

(七) 智能辅导系统(ITS)

智能辅导系统结合了教育数据科学和人工智能, 提供个性化的学习指导和反馈。

(八) 情感计算和社交分析

教育数据科学开始关注学生的情感和社会互动数据, 以更全面地理解学习过程。

(九) 数据隐私和伦理问题的关注

随着数据收集和分析的深入, 数据隐私和伦理问题逐渐受到重视。

(十) 政策和教育改革

教育数据科学在教育政策制定和教育改革中扮演越来越重要的角色, 特别是在评估教育效果和推动教育创新方面。

现如今, 教育数据科学的研究和实践涉及教育学、心理学、数据科学、机器学习等多个学科的知识和方法。未来趋势是教育数据科学将继续发展, 特别是在利用人工智能、机器学习和其他先进技术来提升教育质量和效率。

3. 个性化教学的研究

国内外已有很多学者和大数据公司从不同角度, 对如何应用教育大数据实施个性化教学进行了研究。

在理论层面, 有专家从“学习者建模”的核心理论、“人工智能”的关键技术和“教育数据挖掘”等方面系统论述了“个性化学习”的理论、技术和方法[4]。来自北京师范大学的学者, 重点研究了学习内容的动态组织、学习策略和学习诊断, 研究了基于这三个关键环节的适应性学习模型[5]。

有研究者以大学生各种行为数据为基础, 对数据进行动态更新、实时处理、综合分析。实现对学生思想特征“画像”, 该系统主要针对学生不良情况进行预警处理[6]; 另有研究者则着重分析了社会需求与人才培养之间的关联指标[7]。

有专家认为教育文本蕴含着丰富的学习者认知、行为和情感等信息, 对其进行深度挖掘和分析, 有助于深入探索教育教学的基本规律, 解释教育中存在的问题和现象。文中涉及的挖掘对象仅限于教育文本[8]。

江南大学教育学院科研团队所在的教育信息化研究中心与极课大数据合作, 解决了课题需求与实施方面的落实, 完成了一系列以教学设计、测评效果和资源推送为内容的课题研究成果[9]-[11]。课题组的主要实验对象为中学生, 以梅村高级中学为据点, 学生特点和高校学生有一定的差异。

在个性化学习技术领域，国外起步较早。首先，在理论层面，国外在个性化学习的模式、关键环节、个性化适应学习系统的概念和结构等问题上已经取得了丰富的成果。主要包括个性化学习诊断、个性化学习路径、个性化资源推荐、学习状态可视化和学习干预五个部分[12][13]。其次，在系统层面，国外研究人员开发了许多能够提供个性化服务的自适应学习系统。例如，匹兹堡大学的 Brusilovsky 教授在其早期的文章中，根据学生的知识库、兴趣偏好和教育背景进行了用户建模，为了满足学习者在与系统交互过程中的个性化学习需求，他开发了 InterBook、ELM-ART、KnowledgeSea、AnnotatEd、TaskSieve 等自适应学习系统[14]。后期许多研究成果都是在此基础上进行了改进和补充[15][16]。来自 Eindhoven 科技大学的 DeBra 教授，Freiburg 大学的 Weber 教授等人也分别建造了 AHA!、ELM-ART 等个性化教育超媒体系统[17]。

在国外商业领域，正如 Ben Williamson 在其著作中所探讨的，IBM 和 Pearson 等公司正专注于通过人工智能(AI)和认知计算的发展，推动教育中的个性化学习[3]。这些公司正通过新的数字教学和预测方法，推动学校教育的本质和目的发生根本性变化。典型代表是谷歌前高管 Max ventila 2013 年在旧金山建立的 AltSchool 连锁学校。AltSchool 学校实际上是一个由强大的软件聚合和数据分析工具支撑构成的软件平台，该平台从学生个人工作、项目和第三方标准中引入评估，形成学生在每个领域进步的全面视图。教育工作者可依此迅速判断出学生在哪些方面表现出精通能力，哪些地方需要提高具体的技能。AltSchool 强调通过“体验式学习”和“社交和情感学习”方法“根据学生的需求和热情进行个性化学习”[18]。

4. 教育数据科学应用于个性化教学中的关键技术和案例分析

4.1. 教育数据科学应用于个性化教学中的关键技术

教育数据科学专注于开发和应用数据分析技术，以洞察教育过程中的学习行为、教学策略和教育政策的效果。它使用数据挖掘、机器学习和统计分析等方法来处理 and 解释教育数据[2]。为了更好地将其应用于个性化教学，需要以下关键技术支持：

学习分析(Learning Analytics):

通过分析学生在线学习行为数据来识别学习模式和需求。教育数据科学通过学习分析技术，收集和分析学生在数字学习环境中的行为数据，如在线学习平台的互动、作业提交和考试成绩等。这些数据可以帮助教师了解学生的学习习惯、偏好和困难点，从而为每个学生提供更加个性化的教学支持。

适应性学习系统(Adaptive Learning Systems):

利用机器学习算法为学生提供定制化的学习路径。利用机器学习算法，适应性学习系统能够根据学生的实时表现调整教学内容和难度，确保学生在适合自己的水平上学习，提高学习效率和动机。

预测建模(Predictive Modeling):

通过分析学生的历史数据，教育数据科学可以预测学生的未来学习表现，帮助教师提前识别可能存在学习困难的学生，并采取预防措施。

个性化学习路径(Personalized Learning Pathways):

教育数据科学可以帮助设计个性化的学习路径，根据学生的兴趣、能力和学习进度推荐适合的学习资源和活动。

实时反馈和干预(Real-time Feedback and Intervention):

通过实时监控学生的学习进度和表现，教育数据科学可以为教师提供即时反馈，帮助他们及时调整教学策略，以适应学生的需要。

数据驱动的决策(Data-driven Decision-making):

教育数据科学提供了一种基于数据的决策方式，使教育决策更加客观和精确，有助于提高教学质量

和学生学习成果。

4.2. 教育数据科学的实践案例

基于以上研究，项目课题组以支持个性化教学为目标导向，以教育大数据为背景，设计和开发了一个系统，展示如何将教育数据科学应用于个性化教学。系统对学习者的学习状态的跟踪调查，分析学习者在学习方面的优缺点，并给予学习者有效的学习管理计划，从而做到扬长避短，有效提高教学质量。为了更直观的观察分析结果，系统同时有效地利用数据可视化技术对信息进行了转变处理，限于篇幅，本文仅对其中的学生学习模块给出分析和设计结果。该模块基于心理测量学(Psychometrics)，在个性化教学中评估学生的认知能力和心理特质。从“综合能力诊断、学习困难评估、学习绩效分析和学生心理画像”四个层面对学生数据信息进行展示与剖析，并给出智能化的建议，该模块体系结构图如图 1 所示。

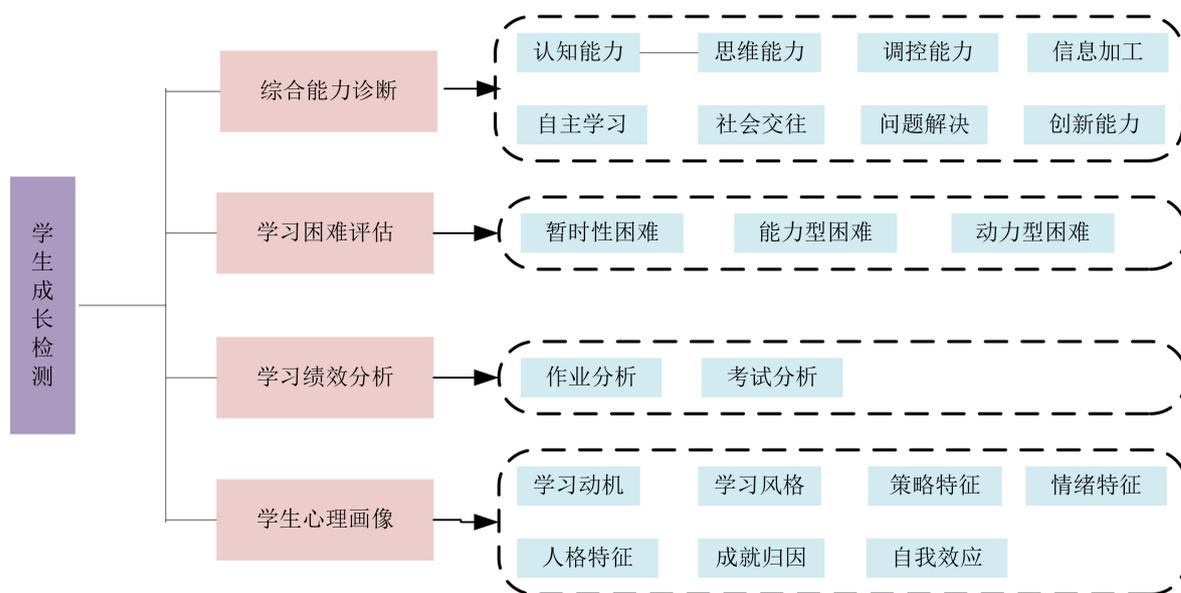


Figure 1. Diagram of the student growth detection system architecture

图 1. 学生成长检测系统体系结构图

下面给出具体功能的可视化分析结果展示。

1) 综合能力诊断：旨在诊断学习者的综合能力，通过采集学习者学习的全过程行为数据，对学习者的认知能力、思维能力、调控能力、信息加工、自主学习、社会交往、问题解决和创新能力八个方面进行个性化诊断，发现学习者存在的问题，并有针对性地相应角度为学习者给出具体的学习建议，促进学习者综合能力的提升。综合能力诊断的可视化分析结果如图 2 所示。

同时在页面中给出学习建议：该同学综合能力判断为 80.0%，在班级同学中处于优秀水平。其认知能力、思维能力、信息加工能力、自主学习能力和问题解决能力均达到优秀；调控能力、社会能力和创新能力均为良好；需要重点关注该生在社会能力方面特别是人际交往和组织管理方面的培养。

2) 学业困难评估：旨在评估学习者的学习困难，包括暂时性困难、能力型困难和动力型困难，发现学习者在学习兴趣、学习动机、学习态度、知识掌握以及语言、阅读、书写、数学等方面的具体困难，让学习者了解影响自己学习的真正因素，并依据对应的学习建议不断改进学习过程、提高学习效率。学业困难诊断的可视化分析结果如图 3 所示。



Figure 2. Visual results of integrated ability diagnostics
图 2. 综合能力诊断可视化结果

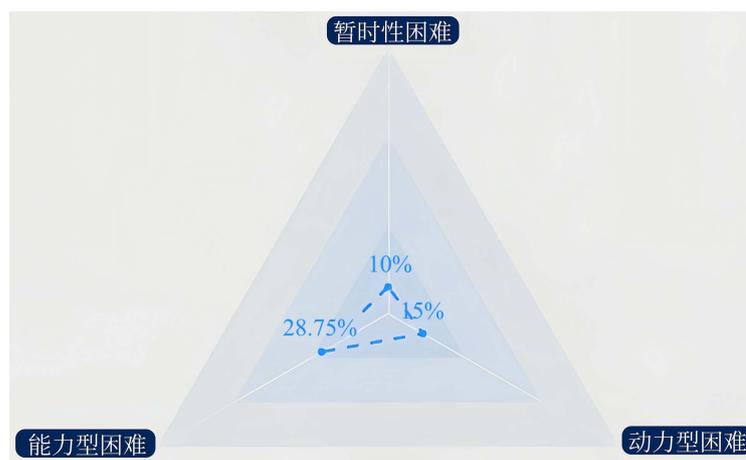


Figure 3. Visualization of the assessment of academic difficulties
图 3. 学业困难评估可视化结果

同时在页面中给出诊断结果：同学在学习上遇到的困难适中，暂时没有遇到影响自身学习的困难，学习动机和学习态度表现良好。相比较而言，该同学在学习能力，尤其是数学方面的能力，比如逻辑推理能力和运算能力上遇到了些许困难。

3) 学习绩效分析：旨在分析学习者的学习绩效，由考试和作业两部分组成，通过分析各学科的历次考试、作业的班级情况和个人成绩变化趋势，以及对考试和作业中的容易、中等、困难三类题型的分析，最后可视化呈现出每位学习者学习绩效的综合变化。涉及到成绩统计、作业统计、对手超越推荐和提升建议几个要点。部分效果如图 4~6 所示。

页面同时给出提升建议：

在重点解难题的同时，不忘检查基础题的答题情况；总体来说成绩相对稳定，需要保持。

4) 学生心理画像：旨在分析学习者的心理画像，通过对学习者的学习动机、学习风格、策略特征、情绪特征、人格特征、成就归因和自我效能感的分析，描绘出学习者的学习心理画像，并提出学习者在这七方面需要保持和注意的问题，让教师、家长和学习者本人都更真实详细地了解每位学习者的特点。

图 7 和图 8 是其中部分可视化效果。



Figure 4. Visual presentation of examination analysis
图 4. 考试分析可视化展示

● 漏交作业 ● 延期作业 ● 已交作业

2023年上半年作业统计

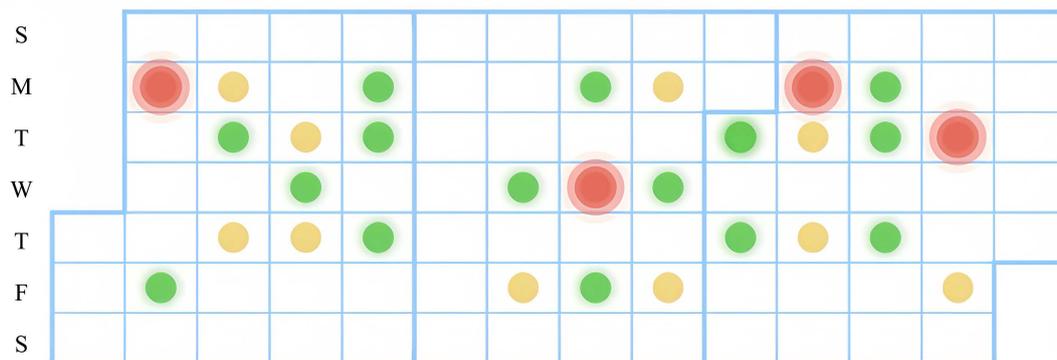


Figure 5. Visual presentation of work analysis
图 5. 作业分析可视化展示

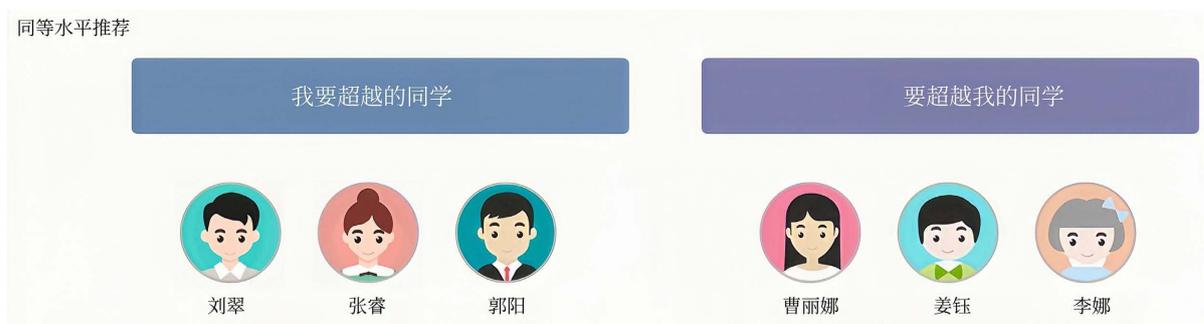


Figure 6. Visual representation of opponents beyond recommendations
图 6. 对手超越推荐可视化展示

配合图 7 的可视化结果，系统页面同时给出了针对该同学的具体认知能力分析和建议：
该同学是场独立型的学习风格，建议老师多给予自主学习的环境。

该同学学习动机较强，具有较强的求知欲和学习兴趣，宜在给该同学提供学习支持的基础上，鼓励自我探索。

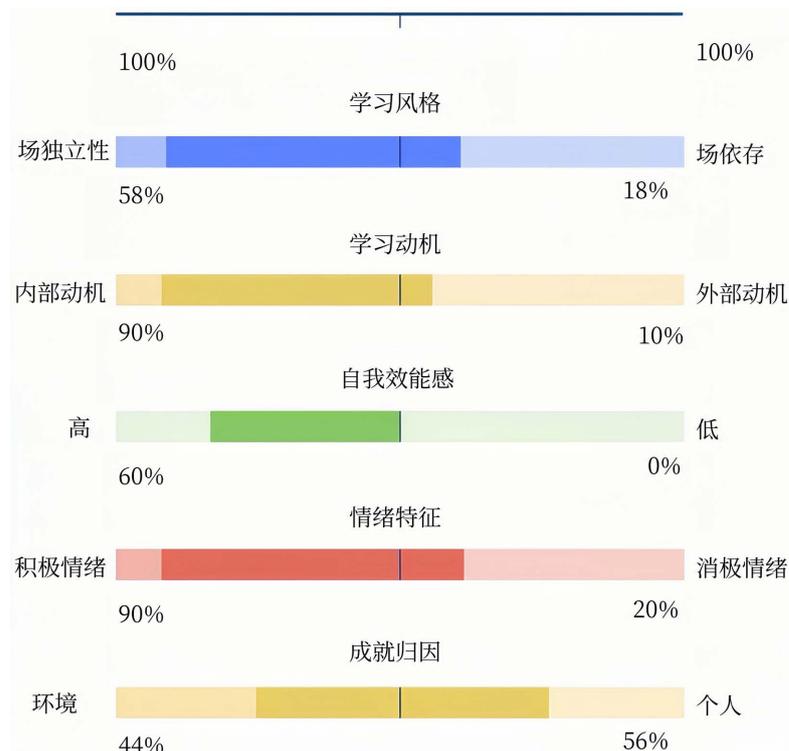


Figure 7. Diagram of cognitive ability
图 7. 认知能力展示图

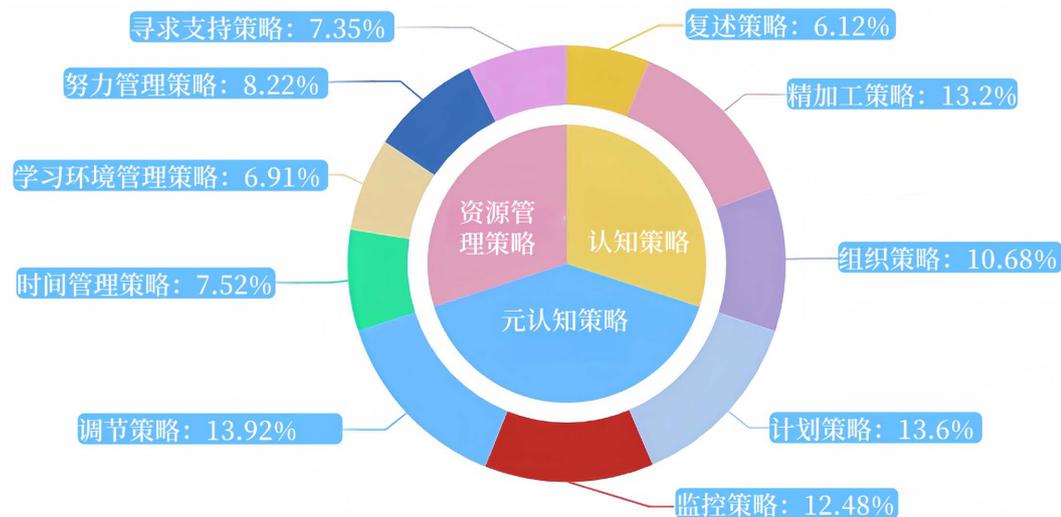


Figure 8. Visualizations of policy characteristics
图 8. 策略特征方面的可视化效果

自我效能感很高，对自己很自信。

该同学拥有更多积极情绪，对于学习更执着、更有热情，要时刻维持其积极情绪。

在成就归因上更倾向归因于个人，并希望通过自身努力获得进步。

配合图 8 的可视化结果，系统页面同时给出了针对该同学的策略特征分析和建议：该同学在认知策略、元认知策略、资源管理策略方面都较强，能够合理统筹安排学习时间、树立信念、激发内在动机。

平台中分析处理的教育数据分为学生学习状态信息和整个年级所有班级的特征信息。根据对学生状态数据信息的分析处理,将个性化建议从学习动力、学习风格、人格特征、自我效能感、成就归因、策略特征和情绪特征等七个方向进行展开,同时进行了相应的可视化显示;根据对成绩数据信息的分析处理,系统先进行选科预测和相应的成绩预测,然后根据所预测的信息进行个性化的教学选择与分析结果可视化;系统另外还提供了一个子系统,提供相关的资讯、会议、教学课程等资源,帮助师生更好地了解最新的教育信息,以便更好地进行个性化的教学。

5. 面临的挑战与未来发展方向

目前针对教育数据科学在个性化教学中的应用,大多数研究只关注于分析教育数据的一个来源。然而,在当前的智慧化学习环境中,记录了许多不同的多源和多模态数据,为了获得更丰富和更精确的模型,融合这些数据预测会取得更好的效果。

同时,讨论教育数据科学在个性化教学中应用的挑战,还涉及数据隐私保护、数据解读的准确性、技术资源的公平分配等。

最后,无论从全球企业层面、国家政府层面、地方学校层面等等,目前缺乏学术研究来理解和描述教育数据化是如何被设计和实施的。

6. 结论

教育数据科学将数据科学方法和认识论与心理科学的方法和认识论结合起来,特别是通过大数据分析来跟踪行为的心理测量学和新兴的心理信息学。它通过分析和挖掘教育过程中产生的大量数据,为教育决策、教学方法和学习过程提供科学的指导和支持。在个性化教学中,教育数据科学的应用尤为重要。教育数据科学在个性化教学中的应用体现在学习行为分析、学习成果预测、教学资源以及学习路径规划推荐等多个方面。它能够帮助教师更好地理解学生的需求,从而提高教学效果。

教育数据科学在个性化教学中的应用,不仅能够提高教学的针对性和有效性,还能够促进学生的全面发展。随着技术的进步和数据的积累,教育数据科学的应用将更加广泛和深入,为实现教育的个性化和精准化提供强有力的支持。

随着研究的深入发展,教育数据科学在个性化教学中的潜在发展方向,包括新技术的应用、跨学科研究的深化以及政策和实践的创新。将教育数据科学应用于个性化教学中,可以极大程度上提高教育质量,实现教育公平。在未来,教育数据科学的应用将更加注重数据的隐私保护和伦理问题,确保数据的合理使用,同时,教育工作者也需要不断提升自身的数据分析能力,以更好地利用教育数据科学为教学服务。

基金项目

南京邮电大学教育科学“十三五”规划项目:“教育大数据背景下基于可视化工具的个性化学习服务模式研究”(项目编号 GJS-XKT2012)。

参考文献

- [1] Cope, B. and Kalantzis, M. (2016) Big Data Comes to School: Implications for Learning, Assessment, and Research. *AERA Open*, 2, 1-19. <https://doi.org/10.1177/2332858416641907>
- [2] Baker, R. and Siemens, G. (2014) Educational Data Mining and Learning Analytics. In: Sawyer, R.K., Ed., *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, Cambridge University Press, 253-272. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.016>
- [3] Williamson, B. (2017) Big Data in Education: The Digital Future of Learning, Policy and Practice. SAGE Publications

- Ltd., 106. <https://doi.org/10.4135/9781529714920>
- [4] 何克抗. 教学代理与自适应学习技术的新发展——对美国《教育传播与技术研究手册》(第四版)的学习与思考之六[J]. 开放教育研究, 2017, 23(5): 11-20.
- [5] 李晓庆, 余胜泉, 杨现民, 等. 基于学科能力分析的个性化教育服务研究——以大数据分析平台“智慧学伴”为例[J]. 现代教育技术, 2018, 28(4): 20-26.
- [6] 施明毅, 杨光莹, 杜敏, 等. 基于校园行为大数据分析的学生画像系统构建探析[J]. 中国多媒体与网络教学学报(上旬刊), 2020(4): 70-71.
- [7] 徐涛. 基于大数据分析的人才培养模式设计[J]. 现代电子技术, 2020, 43(20): 122-125.
- [8] 刘清堂, 贺黎明, 吴林静, 等. 智能时代的教育文本挖掘模型与应用[J]. 现代远程教育研究, 2020, 32(5): 95-103.
- [9] 陈明选, 耿楠. 测评大数据支持下的有效教学研究[J]. 远程教育杂志, 2019, 37(3): 95-102.
- [10] 陈明选, 许晓群, 王玉家. 基于教育测评数据分析的教学优化研究[J]. 中国电化教育, 2018(5): 80-89.
- [11] 陈明选, 王诗佳. 测评大数据支持下的学习反馈设计研究[J]. 电化教育研究, 2018, 39(3): 35-42, 61.
- [12] Charitopoulos, A., Rangoussi, M. and Koulouriotis, D. (2020) On the Use of Soft Computing Methods in Educational Data Mining and Learning Analytics Research: A Review of Years 2010-2018. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, **30**, 371-430. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00200-8>
- [13] Rabelo, A., Rodrigues, M.W., Nobre, C., Isotani, S. and Zárata, L. (2023) Educational Data Mining and Learning Analytics: A Review of Educational Management in E-Learning. *Information Discovery and Delivery*, **52**, 149-163. <https://doi.org/10.1108/idd-10-2022-0099>
- [14] Brusilovsky, P. (2004) Adaptive Navigation Support: From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web and Beyond. *Psychology*, **2**, 7-23.
- [15] Hsiao, I. and Brusilovsky, P. (2011) The Role of Community Feedback in the Student Example Authoring Process: An Evaluation of AnnotEx. *British Journal of Educational Technology*, **42**, 482-499. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01030.x>
- [16] Weber, G. and Brusilovsky, P. (2015) ELM-ART—An Interactive and Intelligent Web-Based Electronic Textbook. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, **26**, 72-81. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0066-8>
- [17] Aroyo, L., Bra, P.D., Houben, G. and Vdovjak, R. (2004) Embedding Information Retrieval in Adaptive Hypermedia: IR Meets AHA! *New Review of Hypermedia and Multimedia*, **10**, 53-76. <https://doi.org/10.1080/13614560410001728146>
- [18] AltSchool (2016) AltSchool to Begin Offering Its Personalization Platform to Schools Nationwide. <https://www.businesswire.com/news/home/20161018005695/en/AltSchool-to-Begin-Offering-Its-Personalization-Platform-to-Schools-Nationwide>