

基于脑电信号的注意力研究热点与趋势

龙博文

重庆师范大学智慧教育研究院 重庆 400000

摘要: 数字化转型推动教育科技变革, 基于脑电信号的注意力研究成为热点。本研究以 2011–2023 年 Web of Science 收录的 1150 篇文献为数据源, 运用 CiteSpace 对发文时间、数量、期刊来源、学科分布、作者与机构等进行可视化分析, 并通过高频关键词构建共现与聚类图谱, 总结研究动态与趋势。结果表明: (1) 该领域发文量较少但逐年上升, 研究集中于生理学与计算机科学, 教育与心理学应用有待深化; (2) 研究主题聚焦于特殊群体, 尤其是注意力缺陷多动症 (ADHD); (3) 研究方法以选择性、持续性、时间与空间注意为核心。建议未来深化教育心理研究, 扩大特殊群体研究, 推进教育应用跨阶段渗透, 强化多设备联动与理论实践结合, 突出生理指标测试在教育研究中的价值, 助力教育改革与创新。

关键词: CiteSpace; 脑电信号; 注意力; 科学知识图谱

1. 引言

教育数字化战略推进下, 我国教育信息化从 1.0 迈向 2.0, 多模态信息融合研究逐步深入。视觉、听觉、语言等单模态人工智能技术取得突破^[1], 但多模态信息整合与处理机制仍是研究重点, 脑机接口成为关键方法。脑电信号 (EEG) 作为非侵入性神经记录技术, 通过头皮电极测量大脑活动, 最初用于医疗, 如今在认知、情感^[2]和感知研究中展现广泛应用潜力。EEG 可揭示大脑处理多模态信息的电生理模式及感觉通道间的协同作用。注意力作为认知心理核心概念, 涵盖持续性、选择性、分配与控制, 影响感知、学习和决策等认知功能, 对注意力缺陷 (如 ADHD) 的研究亦具重要意义。综上, EEG 在跨学科领域中展现了显著学术与实际价值^[3], 为认知科学、心理学和教育研究提供了新视角和工具, 为解决复杂认知问题奠定理论与实践基础, 助力数字时代教育创新^[4]。

2. 研究方法与数据来源

2.1 研究方法

CiteSpace 是一款学术文献可视化分析工具, 由德雷赛尔大学教授开发, 专注于知识交流、研究热点及核心结构探究。其功能涵盖文献共引、关键词共现、时间轴分析等, 能生成详尽的学术知识地图, 帮助研究者识别前沿问题、合作伙伴并提供战略洞见。CiteSpace 因功能强大且易用^[5], 广泛应用于学术研究分析, 满足学界对智能化工具的需求, 是促进学术发展的重要助手。

2.2 数据来源

当前基于脑电信号的注意力水平的中文研究文献较少, 因此本研究为保证所检索文献数据的完整性和准确性, 拟将使用美国科学情报所所研发的 Web of Science (WOS) 数据库作为数据源。以 (“EEG” or “singal” or) AND (“attention” or “attention level”) 为标题检索, 共检索到 880 篇, 又以 (“EEG” or “singal” or) AND (“attention” or “attention level”) 为主题检索, 补充以 “2011–2023 年” 为时间节点, 以核心数据库为搜索源, 参数选择为 Top N=50 进行检索, 共搜索了 1642 篇文献, 去除无效文献与重复文献, 剩余文献量为 1150 篇。

3. 基于脑电信号的注意力水平研究动态

3.1 期刊共被引分析

期刊共被引分析是文献可视化学术研究中的一种重要方法, 有助于评估期刊、研究领域和研究者的表现, 同时也有助于知道未来的研究方向和合作关系建立等^[6], 图 1 为基于脑电信号在注意力领域研究的文献发布期刊共被引网络图。

由图可看出, 被引频次较多的期刊年份集中在 2011 年与 2012 年, 可看出, 研究初始阶段的文献数量虽然不多, 但是比较具有代表性和参考性。其中最多的被引期刊是《NEUROIMAGE》, 这是一本主要关注神经科学和脑成像研究领域的顶尖学术期刊, 被引次数高达 604 次。除此之外可关注到被引频次靠前且中心性最高的期刊为《INT J

PSYCHOPHYSIOL》，这是国际心理生理学期刊(International Journal of Psychophysiology) 的简称，涉及到研究心理和生

理过程之间相互关系的跨学科领域，重点关注到生理测量技术与生理学交叉。

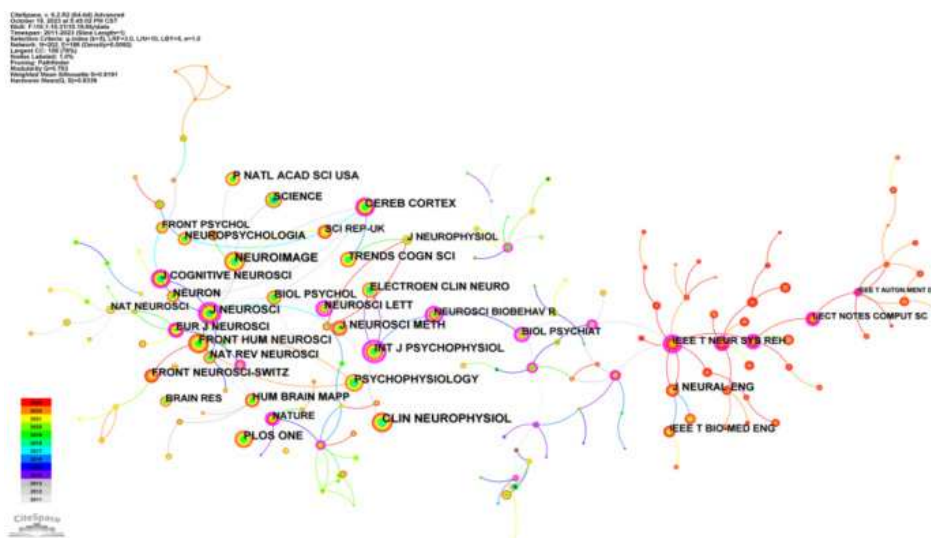


图 1 期刊共被引网络

3.2 文献共被引分析

图 2 显示了 WOS 数据库下“基于脑电信号的注意力研究”的文献共被引网络。表 2 列出了被引频次大于 20 且中心性不小于 0.1 的文献信息。从图表可明显看出，在基于脑电信号对注意力领域中，研究者更倾向于引用 EEG 的含义及其在注意力选择与提取中采用的主要研究工具与方法^[7]。其中被引频次最高的文献题为“EEGNet: A compact Convolutional Neural Network for EEG-based Brain-Computer Interface”，该文介绍了 EEGNet，这是一种为脑电图识别任

务而设计的通用且紧凑的卷积神经网络^[8]，专门涉及用于处理脑电图的识别任务，可在一系列的 BCI 任务中学习各种各样的可解释特征。此外，James A.O’ Sullivan，Alan J. Power 等学者合作撰写的一文，该文从经典的“鸡尾酒会效应”出发，以脑电信号作为主要技术进行了单次实验，并对实验数据进行解码分析，该研究结果表明 EEG 能够作为一种广泛且易于使用的基础技术，对人类在多扬声器自然环境下进行注意力选择的特征提取与研究，该文为后续在注意力领域使用 EEG 研究进一步提供了理论基础。

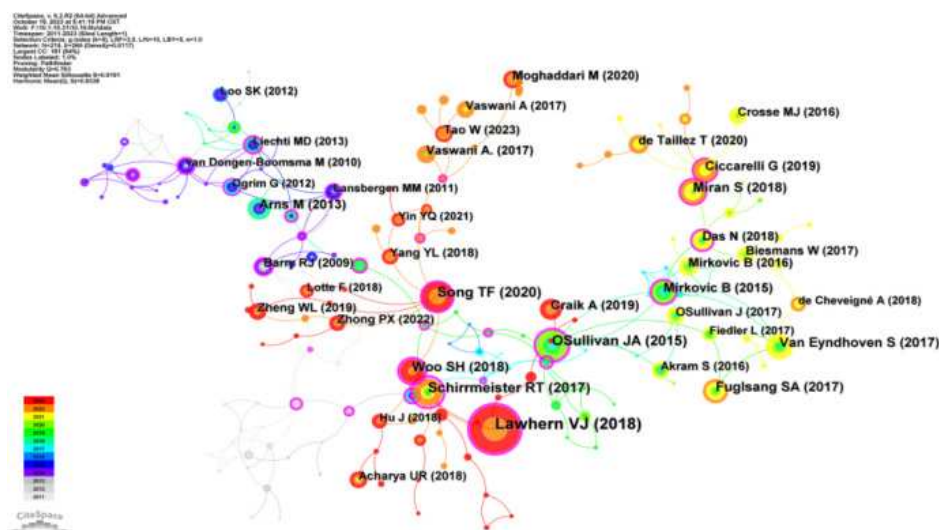


图 2 文献共被引网络

3.3 学科领域分析

利用 CiteSpace 进行学科领域分析,能够科学地把握研究领域核心及其研究重心和趋势,本研究通过对 2011–2023 年内基于脑电信号的注意力研究相关文献进行梳理,把 CiteSpace 软件中选择节点类型设置为 Category,得到的是该研究都涉及到哪些学科领域,得到图 3 基于脑电信号的注意力水平研究的主要学科领域分布图。由所搜集数据发现,该方向的研究在早期主要集中在神经科学、心理学、生物医学、行为科学、计算机科学等学科领域。虽然 2014 年开始涉及到教育领域的研究,但是相对于生物医疗领域还是明显较少,从 2017 年开始,基于脑电信号的对注意力的研究开始较多地应用到了教育领域,包括但不限于特殊教育、学科教育当中。

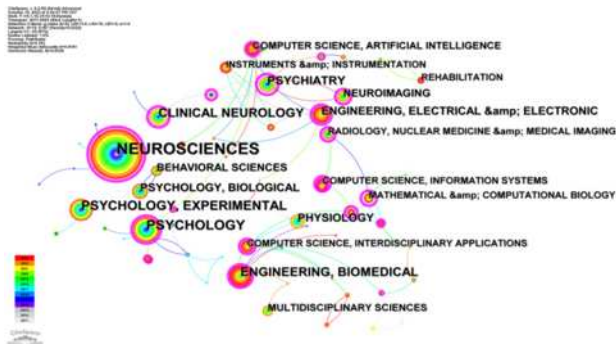


图 3 基于脑电信号的注意力水平研究主要学科领域分布

4. 基于脑电信号的注意力水平研究趋势

3.1 高频关键词分析

通过对“基于脑电信号的注意力水平”相关研究的关键词词频分析,可进一步发现该领域研究的话题取向,本研究中共抽取关键词 128 个,关键词累计总频次达 2717 次。由 WOS 核心数据库中的文献数据对排名前十五的关键词进行汇总可知:2011–2023 年以来,高频词主要集中在 2011 年–2012 年,主要可以被分为两类:一类是基于脑电信号的注意力水平研究方法类:包括 cortex 是词频变化率最高的主题关键词,其次就是 responses、feature extraction、mechanisms 等关键词。第二类则为基于脑电信号的注意力水平研究趋势领域类:attentiondeficit/hyperactivity disorder,ADHD 等。

3.2 关键词共现分析

一个学术研究的关键词不止反映了在某个研究领域的焦点还反映出在该领域的研究热度和研究方向。关键词

共现分析可以较好地反映基于脑电信号的注意力水平研究的热点分布,从而总结出这一研究的热点信息。本研究将所得的样本标准化数据导入软件 CiteSpace,时间选择从 2011 年开始到 2023 年为止,各个时间段内默认设置保留 TopN=50,分析项目选择“关键词”,绘制的图 4

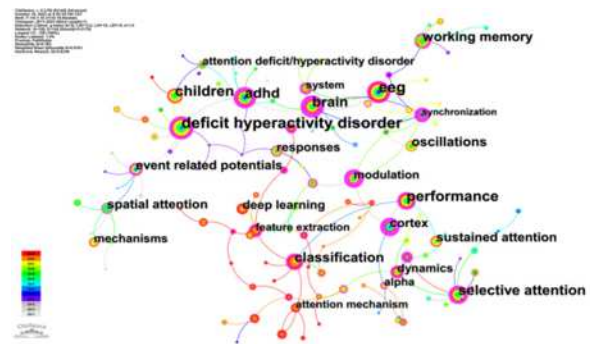


图 4 基于脑电信号的注意力水平研究关键词共现图谱

居于较为核心位置的关键词为“eeg”与“deficit hyperactivity disorder”,其次出现频次较高的关键词为“children”与“ADHD”、“selective attention”、“sustain attention”。基于脑电信号的注意力水平的研究针对特定的特殊人群即注意力缺陷人群的临床与理论研究和应用较多。除此之外,研究者们还关注到将被试的注意力更加细化研究,比如能够使个体在监督类别学习中注意诊断性特征的选择性注意,以及近年来在儿童青少年中有较高发病率的 ADHD 中扮演至关重要的作用的持续性注意力。

5. 基于脑电信号的注意力水平研究结论展望

本研究尝试采用知识图谱的方法,基于 2011–2023 年的 web of science 数据,试图探究基于脑电信号在注意力研究的研究体系及其变动趋势。提出本研究结论:

5.1 研究领域扩展不足,广度与深度有待提高

基于脑电信号的注意力研究逐步升温,但文献数量总体偏少,研究领域主要集中在神经科学和生物医学,扩展至教育领域的研究起步较晚,尤其是针对特殊儿童的教育应用。少量研究涉及艺术教育和体育领域,但脑电信号与智慧课堂教育的结合尚显贫乏。

5.2 分析方法固定,研究对象集中

研究方法主要结合计算机科学技术,广泛使用深度学习算法处理数据,较少采用其他方法。研究对象集中于注意力缺陷/多动障碍(ADHD)人群,利用 EEG 结合视听语音工具解码听觉注意力,并逐渐应用于癫痫患者发病预测

与视听障碍人群的注意力机制探讨。

未来研究需扩展至心理学与教育学领域,实现脑电信号在理论与应用中的深度融合。研究对象应向更多特殊人群延伸,如探索癫痫和视听障碍患者的注意力特性。教育应用应跨阶段渗透,包括监控学生认知状态、优化课程呈现参数、预测学习效率和探究学生认知情感状态,以推动脑电信号在教育中的适应性发展。

参考文献:

- [1] 吴友政,李浩然,姚霆等.多模态信息处理前沿综述:应用、融合和预训练[J].中文信息学报,2022,36(05):1-20.
- [2] Värbu, Kaido & Muhammad, Naveed & Muhammad, Yar. (2022). Past, Present, and Future of EEG-Based BCI Applications. *Sensors*. 22. 3331. 10.3390/s22093331.
- [3] 杨文阳,张文瑄.基于脑电信号的注意力水平评价研究进展[J].生物医学工程学杂志,2023,40(04):820-828.
- [4] Euler, Matt & Schubert, Anna-Lena. (2021). Recent developments, current challenges, and future directions in electrophysiological approaches to studying intelligence. *Intelligence*. 88. 101569. 10.1016/j.intell.2021.101569.
- [5] 汪鹏,邓钰佳,方兴华.在线评论识别用户需求的研究热点与前沿分析[J].标准科学,2023(05):111-116.
- [6] Liu, Dongsheng & Dong, Xingchen & Bian, Dong & Zhou, Weidong. (2023). Epileptic Seizure Prediction Using Attention Augmented Convolutional Network. *International Journal of Neural Systems*. 33. 10.1142/S0129065723500545.
- [7] 冉从敬,李旺,谢真强.中国知网文献共被引方法及实证研究——以“智慧医疗”为例[J].现代情报,2023,43(09):154-164.
- [8] Lawhern, Vernon & Solon, Amelia & Waytowich, Nicholas & Gordon, Stephen & Hung, Chou & Lance, Brent. (2016). EEGNet: A Compact Convolutional Network for EEG-based Brain-Computer Interfaces. *Journal of Neural Engineering*. 15. 10.1088/1741-2552/aace8c.