

# 信息行为领域中脑电技术的应用与展望

陈秋云<sup>1</sup>, 骆婉容<sup>1</sup>, 熊沙沙<sup>2\*</sup>, 鲁才红<sup>2</sup>

<sup>1</sup>华中科技大学同济医学院护理学院, 湖北 武汉

<sup>2</sup>华中科技大学同济医学院附属协和医院, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年7月2日; 录用日期: 2023年8月30日; 发布日期: 2023年9月5日

## 摘要

[目的/意义]揭示目前在信息行为领域中脑电技术的应用现状, 拓展学科边界, 为信息行为领域的脑电技术应用提供思路。[研究设计/方法]本研究系统梳理了Google学术建库至今信息行为领域中应用脑电技术的65篇实证研究, 分析、整理其在信息行为领域的应用现状, 并揭示其对信息行为发展的作用。[结论/发现]本研究从65篇文献编码结果发现, 近年来, 信息行为领域中脑电技术的应用研究的文献显著增加, 有三个研究重点, 一是探讨界面信息布局对用户认知负荷和搜索效率的影响; 二是关于信息安全领域的认知行为; 三是人类决策过程中的从众机制。[创新/价值]展望了信息行为领域中脑电技术的应用前景, 并讨论了信息行为领域应用认知神经科学工具未来的发展方向及面临的挑战, 为信息行为领域中脑电技术的进一步应用提供参考。

## 关键词

信息行为, 脑电图, 脑电技术, 认知神经科学, 应用展望

# The Application and Prospect of EEG Technology in the Field of Information Behavior

Qiuyun Chen<sup>1</sup>, Wanrong Luo<sup>1</sup>, Shasha Xiong<sup>2\*</sup>, Caihong Lu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Nursing, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Union Hospital Affiliated to Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei

Received: Jul. 2<sup>nd</sup>, 2023; accepted: Aug. 30<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 5<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

文章引用: 陈秋云, 骆婉容, 熊沙沙, 鲁才红. 信息行为领域中脑电技术的应用与展望[J]. 计算机科学与应用, 2023, 13(9): 1621-1631. DOI: 10.12677/csa.2023.139161

## Abstract

**[Purpose/Significance]** To reveal the current application status of EEG technology in the field of information behavior, expand the discipline boundary, and provide ideas for the application of EEG technology in the field of information behavior. **[Design/Methodology]** This study systematically sorted out 65 empirical studies on the application of EEG technology in the field of information behavior of Google, analyzed and sorted out its application status in the field of information behavior, and revealed its role in the development of information behavior. **[Findings/Conclusion]** According to 65 articles, in recent years, the application of EEG technology in the field of information behavior has increased significantly, with three research points, firstly, the impact of interface information layout on cognitive load and search efficiency; the second is the cognitive behavior in the field of information security; the last one is the conformity mechanism in human decision-making process. **[Originality/Value]** This paper discusses the application prospect of EEG technology in the field of information behavior, and discusses the future development direction and challenges of cognitive neuroscience tools in the field of information behavior, which provides a reference for the further application of EEG technology in the field of information behavior.

## Keywords

Information Behavior, Electroencephalography, EEG Technology, Cognitive Neuroscience, Application Prospect

Copyright © 2023 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

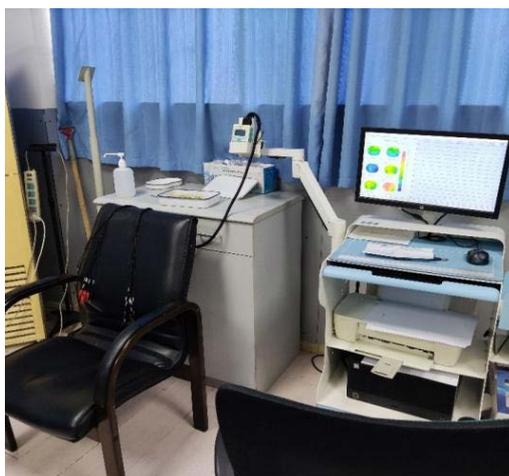
信息行为研究作为图书情报学者关注的核心领域之一,是连接信息服务与信息系统的桥梁[1]。目前,国内信息行为研究方法主要有:访谈及引文分析法、案例分析法、问卷调查法、词频分析法等[2]。这些研究方法受被试主体性影响较大,存在回答者偏向、无法预测外界因素对被试认知、态度和情绪的影响等问题[3],从而导致研究结果存在较大误差。因此,功能核磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)、脑电图(electroencephalography, EEG)、事件相关电位(event-related potential, ERP)等认知神经科学工具被逐渐引入到信息行为的研究中[4]。其中,脑电技术因具有较高的时间分辨率、非侵入性和相对较低的经济成本等特点而受到了越来越多学者的关注。

脑电技术能够记录大脑活动的电生理指标[5],具有与大脑信息加工处理相匹配的毫秒级时间分辨率[6],并且可以将人类的信息行为转化为视觉形式的脑电信号[7],这种测得的大脑电信号被学界命名为脑电图[8]。它通常指头皮上记录的相隔一定距离的脑内神经元群的放电活动[9],主要来源于突触后电位的大量同步放电。其原理是通过安放在脑电帽上的电极进行记录[10],通过电极和导电膏将头皮电位传输到脑电记录仪(见图1、图2)。脑电技术最初应用于医疗健康领域,随着对用户心理和情绪行为研究的深入,因其客观性、无侵入性等优点,国外不断有研究将大脑的电生理信息纳入到信息行为模型的构建中[11],我国的信息行为研究也正在逐步多元化,不断与其他学科进行交叉衔接。

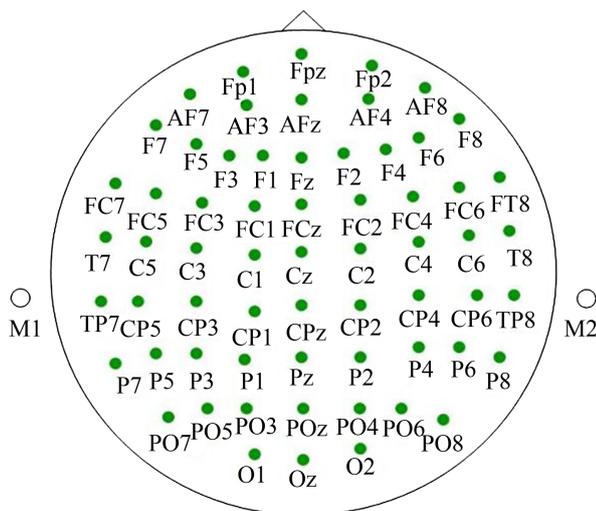
经过多年发展,脑电技术在信息行为研究中的应用领域日益广泛,它能给研究人员提供在自然交互期间人脑活动的客观生理指标,有充足的研究证明,脑电信号中的许多成分与人的认知活动过程密不可

分[12]。脑电技术的应用恰好弥补了传统信息行为领域对个体认知层面上的决策动机、情绪影响及注意力分配等研究的不足。随着脑电研究在信息行为领域的进一步深入，它被视为信息行为领域的前沿内容。为了构建更完整的脑电实验方法论，为未来信息行为领域脑电技术的应用发展提供参考，有必要对已有的相关研究进行梳理。

本文通过对信息行为领域脑电技术的应用现状进行梳理，揭示了在信息行为领域脑电技术的应用特点及其未来发展的重点，拓展了学科边界，为脑电技术在信息行为领域的进一步应用提供了参考。



**Figure 1.** Experimental environment, equipment and subjects  
**图 1.** 实验环境、设备及被试



**Figure 2.** International 10/20 lead system  
**图 2.** 国际 10/20 导联系统

## 2. 研究方法与应用主题

本研究基于以下工作流程展开(见图 3)：在文献采集阶段，中文检索词包括：脑电、脑电技术、信息行为等。英文检索词包括：EEG、electroencephalogram、ERP、information behavior 等。检索策略采用自由词与主题词相结合的方式，在 Google Scholar 搜索得到从建库以来脑电技术在信息行为研究的相关论文共 95 篇，然后采取珠型增长策略进一步获取与这些论文具有各种关联(如引用和共引)的其他论文共 115 篇。

在文献筛选阶段，两位研究人员认真阅读了以上 115 篇论文的题目和摘要，并按照以下标准对论文进行了筛选：① 研究方法主要为实验法；② 实验过程中利用脑电技术；③ 详细描述了研究方法及脑电实验设计。在此过程中，两位研究人员对任何不一致的看法都进行了讨论，直到达成一致。本研究最终确定 65 篇文献为文献综述对象。

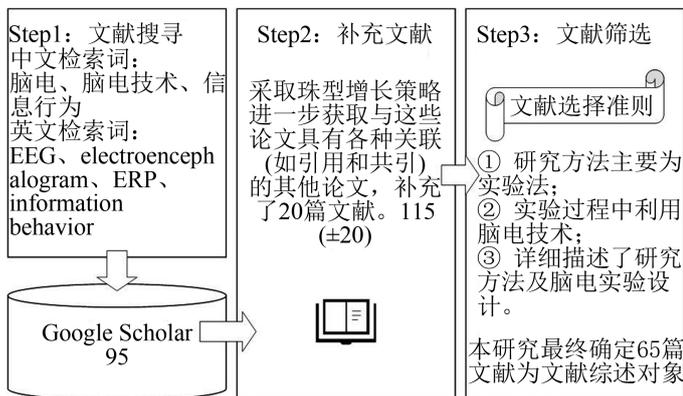


Figure 3. Literature search workflow  
图 3. 文献检索工作流程

### 3. 分析结果

关键词是作者对自己论文最具概括性的描述，可能涉及研究主题、背景、内容或方法等多个方面。本研究利用 VOS viewer 软件，选择“keyword”作为节点，对 65 篇文献绘制了一张知识图谱，从而直观地反映出信息行为研究中应用脑电技术的侧重点，揭示出该领域学术研究的发展背景和发展方向。通过软件调节参数，选择最低出现频率为 4 次的关键词，在出现的 961 个关键词里有 41 个关键词符合条件，对这 41 个关键词进行了知识图谱分析。在该可视化中，节点大小与关键词出现频次成正比，节点间连线的粗细则与两个关键词在同一文献中的共现频次成正比。

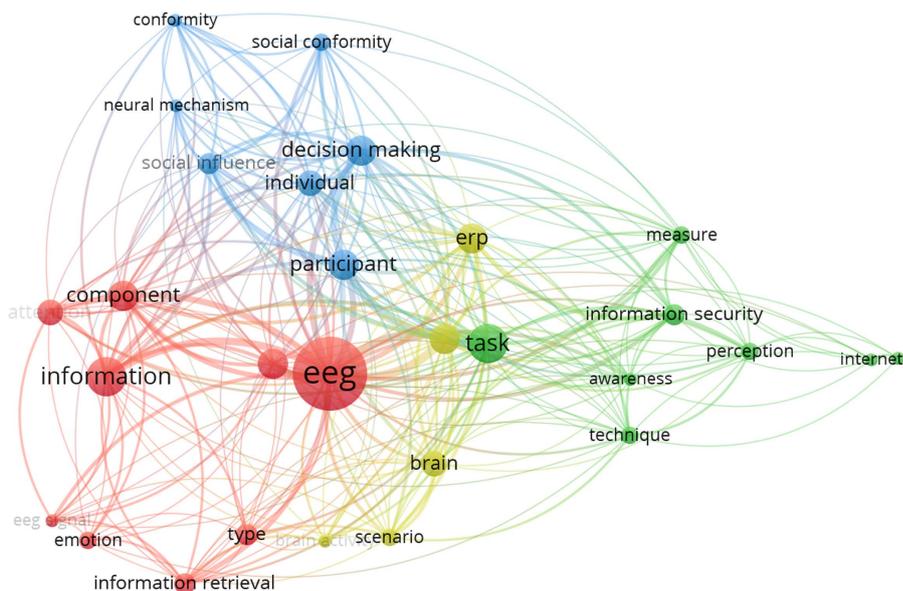


Figure 4. Keyword co-occurrence knowledge graph  
图 4. 关键词共现知识图谱

从图 4 中可看出 65 篇文献在指代脑电技术时多采用“EEG”( $N = 34$ )这一术语,一部分采用其变体“electroencephalogram”( $N = 14$ ),也有一部分文献使用了“electroencephalography”( $N = 12$ )。从图 4 中可看出,根据文献的高频关键词将共线网络分为 3 个聚类群,第一个红色的聚类群主要体现在注意、情感计算等信息检索行为研究“information retrieval”( $N = 24$ ),探讨界面信息布局对用户认知负荷和搜索效率的影响;第二个蓝色聚类主要体现在决策、社会服从等社会从众机制研究“social conformity”“decision making”( $N = 22$ ),探讨人类决策过程中的从众机制;第三个绿色聚类主要涉及意识、认知过程等信息安全研究“information security”“awareness”( $N = 16$ ),测量风险感知,预测个人的信息安全行为。

## 4. 脑电技术在信息行为的应用讨论

现有脑电技术在信息行为领域的相关文献主要体现在人类情感与信息行为的相关性上[13]。该领域有三个研究重点:一是探讨界面信息布局对用户认知负荷和搜索效率的影响[14];二是关于信息安全领域的认知行为[15];三是人类决策过程中的从众机制[16]。

### 4.1. 脑电在信息检索行为的应用

信息检索行为(information retrieval behavior)指的是用户与各信息检索系统在微观层面的交互行为。用户进行信息检索前存在一个初始认知状态[17],然后进行评估以找到满意的信息或获得满意信息之间的差距[18],这个信息检索的过程伴随着情感体验过程,检索行为中的积极或消极情绪会影响用户的注意力、记忆、表现和判断[19],如不同情景下的信息焦虑问题[20]、情感负荷问题[20] [21]等。尽管有研究构建了信息检索与人们的情感与认知因素之间关系的概念图[22],但其中具体的认知机制还需进一步的研究探讨因此基于脑电技术的信息检索是信息行为领域新的研究热点[23]。例如,倪华等[11]在用户对检索结果的兴趣度的计算中应用脑电的客观数据,能够提高对检索结果兴趣度计算的准确性,其数据更加具体,计算更加客观。刘红霞等[24]创新性地提出了一种基于脑电信号并结合图像基本特征信息的图像情感检索模型,通过基于情感的图像检索明确检索目标,提高检索效率。

另外,利用互联网检索健康信息已成为人们日常生活的一项普遍活动[25],一方面,互联网信息来源广泛,如何在数量庞大的互联网信息中找到有价值的信息,成为亟待解决的关键问题;另一方面,互联网信息的质量良莠不齐,用户在搜索健康信息时经常会出现相互矛盾的现象[26]。Zhou 等[27]的研究测量了相互冲突的健康信息对人们的直接影响,但他们未能捕捉到相互矛盾的健康信息的具体认知机制以及相互矛盾的健康信息的长期影响[28]。Catarina 等[29]将脑电技术与移动设备相结合来评估在情绪与认知负荷对人们的持续影响。

### 4.2. 脑电在信息安全行为的应用

信息通讯技术在推动社会飞速发展的同时,也使我们更频繁地受到互联网信息系统的入侵和攻击,并且此类威胁信息安全的行为很难禁绝[30]。无论对企事业单位还是个人而言,都可能面临信誉、经济等的重大损失。信息安全即是以避免或减轻信息风险或安全漏洞等威胁信息资产,保护信息资产的安全为研究目的[31],而信息安全行为是人为因素的体现[32]。因此,了解用户如何感知和应对信息安全风险非常重要,用户对信息安全风险的感知在信息安全行为监测中具有重要作用。

以往关于信息安全风险感知的研究方法过于依赖自我报告[33],存在一定的漏洞和难以准确测量的变量[34],无法完全验证实际的安全行为。于是 Vance 等[35]基于 EEG 的有效测量和信息安全风险感知预测信息安全行为,并与自我报告的方法进行比较,发现安全问题变得突出时,自我报告的措施确实可以预测安全行为,但是 EEG 测量却显著预测了突出和非突出条件下的行为,这表明 EEG 测量是预测安全行为的有力工具。在此基础上, Han 等[36]为了验证大脑对信息安全的敏感性状况,使用 EEG 设备对被

试进行场景验证, 实验结果表明大脑左半球以及大脑皮层所产生的  $\beta$  波对信息安全具有高度敏感反应, 并且  $\beta$  波反应了信息安全风险评估的有效性。

在神经科学工具中, EEG 具有高时态分辨率, 可以通过潜在活动反映大脑活动的变化, 预测用户的信息安全行为, 是信息安全行为研究中自我报告方法的有效补充。

### 4.3. 脑电在信息从众行为的应用

从众行为是个体在他人行为相关的信息条件下, 做出与信息内容一致的判断或决策[16]。信息是决策基础, 信息的感知与人们的行为密切相连。在现代社会中, 由于网络技术的发展, 使得公众获取和传播信息越来越容易, 信息的影响越来越不容忽视。脑电技术可以对个体如何感知信息、信息如何对行为决策产生影响的从众和反从众行为做出神经机制层面的解释。

如 Trautmann-Lengsfeld [37]通过 EEG 对群体压力情景下的从众和反从众行为的神经机制进行研究, 发现群体压力情境影响了早期无意识的视觉知觉加工, 从而导致后期刺激辨别能力的减弱, 甚至对错误的群体观点的适应。Xie [38]等人采用事件相关电位(ERPs)研究了在线图书购买模型中从众行为的神经机制。参与者被要求根据有限的信息, 包括书名、关键词和正面和负面评论的数量, 尽快决定是否购买一本书。研究发现当评价的一致性较高时, P3 都被观察到增加。

Yu [39]等人提出消极情绪, 如害怕社会排斥或有不同意见的羞耻感或内疚感, 也可能是从众的驱动因素, 通过脑电技术加强脑活动对情感体验和行为的映射是未来构建更好的社会从众神经的巨大前景。

## 5. 脑电技术在信息行为领域的应用展望

作为一种认知神经科学研究工具, 脑电技术在信息行为领域具有巨大的应用潜力。直接客观的脑电数据可以丰富数据来源, 帮助学者更好地解释用户行为, 增加结果的有效性和普适性; 通过潜在活动反映大脑活动的变化, 为信息与认知神经科学的交互提供了可能性; 从认知神经科学和脑科学的角度解释了与人类信息行为相关的脑神经机制。本节讨论脑电技术在信息行为领域的未来研究进路和挑战, 为信息行为领域的进一步发展提供更多的思路。

### 5.1. 未来研究进路

脑电技术的引入使得信息行为领域的研究能够从更加客观的生理数据的角度来诠释个人、组织与信息行为的关系。脑电技术的引入拓展了信息行为领域的学科边界, 与医学、认知神经科学、营销学、管理学等多学科交叉融合。

#### 5.1.1. 拓展信息行为研究方法

目前信息行为研究以实证研究为主, 如: 自我报告、问卷调查法。问卷调查的反映直观、不受人数限制、方便操作、格式统一, 便于计算机处理和分析、可以避免调查者因隐私保护不愿意表达真实意愿和经验数据等优势被研究者们广泛使用。但现有问卷调查法在应用过程中信度和效度分析相对缺失, 降低了研究的信效度; 样本类型相对单一, 影响了结论的普适性; 部分研究之间采用二手调查数据, 数据支撑力度不足, 导致这些研究分析相对简单, 缺乏足够的解释力。另外, 问卷设计难以收集纵向数据, 而探究人们信息行为本质规律的理性方法是进行长期纵向追踪与观察。而且当涉及到一些特殊的问题, 例如道德、隐私方面的研究, 被访者可能出于顾虑做出其他回答, 导致研究结果出现偏差。未来研究建议多样化获取研究数据, 可引入新兴的脑电技术收集生理数据的方法作为数据补充[40]。

脑电技术以其高时态分辨率的优势, 可以通过潜在活动反映大脑活动的变化, 更全面地反映用户的认知过程与规律[41]。通过学习一定的知识, 计算机可以从不同情况下的不同人体、语言等表征中提取信

息,并推断出该人当时的情绪信息。除了存在于肢体[42]、语言[43]等非生理信号,情绪信息同时也体现在如血压、皮肤电活动、心率、瞳孔直径、心电 ECG、脑电 EEG 等生理信号中。但目前对情感识别的研究主要是通过比较外在的非生理信号作为研究对象[24],采取的方法也多是通过分析这些非生理信号的变化特点,比如说问卷调查法[44],脑电技术的引入是对传统主观研究方法的有效补充。

### 5.1.2. 信息技术为人类决策过程提供支持

决策在个体的人际交往和认知过程中起着至关重要的作用[45]。通过探索人脑活动与行为认知规律,研究者可以探究认知过程、推理过程。为人机交互系统提供快速的、真实的人的状态信息,实现自动控制以及决定在什么情况下给予用户帮助[46],为人机交互方式提供认知神经科学证据。不同任务难度下,脑电活动的变化和差异可以作为人机协作的基础,例如人机交互过程中人机的分工权重的确定[47],在哪些情况下需要机器的干预以及在哪些情况下人们必须做出决定。当人做出决定时,通过激活大脑的相关区域或处理脑电信号,我们可以知道这个人为什么会做出这样的决定,进而预测决策者的下一步行为[16]。通过识别、感应与监控脑电状态,提升人机系统的可靠性、安全性和效率。

另外,目前的神经科学研究主要是根据某一信息行为中大脑的激活区域和程度来推断用户的心理行为过程[48],并以此为基础构建理论,但这种方法存在一定的局限性。虽然目前已经投入了大量的努力,但对个体决策反应的准确预测仍然很不准确,特别是在实际人机交互系统迫切需要的在线决策反应预测。如何准确提取用户信息行为与采集到的脑电信号之间的一一对应关系,以及如何进行人类行为的精准预测是未来研究的重要方向。

### 5.1.3. 信息行为与认知神经科学的相互促进

在神经科学工具中,脑电技术具有高时态分辨率,可以通过潜在活动反映大脑活动的变化,以揭示认知和行为背后的一般神经机制。这为信息与认知神经科学的交互提供了可能性[49]。认知行为研究侧重于个体行为或组织的相互作用,而脑电图技术的引入则从认知神经科学和脑科学的角度解释了与人类信息行为相关的脑神经机制。例如,研究人员可以从视觉情感信息处理的方向提高信息检索行为的效率[50];从脑电特征所代表的认知吸引力、认知负荷和情绪,个性化调整学习计划和进度[51];根据兴趣提供准确的建议[52];通过评估用户对信息安全风险的感知来预测用户行为[35]。认知神经科学可以在多个应用方向促进信息行为的研究。

将认知行为和脑电数据相结合可能是研究信息行为的更有效方法,因为它使用更多全面客观的数据来描述认知过程并准确预测新的行为[53]。例如,Zadelaar 等人[54]使用集成潜在变量方法同时分析在决策任务中获得的个体行为数据和脑电数据的个体行为差异。

为了能够更好的将脑电等生理信息与认知行为结合起来,认知神经科学领域将纳入能够区分个体差异的方法[55]。与此同时,认知神经科学研究可以提供独特的信息,帮助确定定性个体差异的存在。整合认知行为和脑电信息两种信息源,可能为确定和理解个体差异提供一个特别有效的途径。

## 5.2. 挑战

国际上脑电技术相关探索性研究为信息行为开辟了一个极具前景的研究领域。既有的结合脑电技术的研究为信息行为领域研究提供了诸多有益的借鉴和参考。不过,国际上将信息与认知神经科学结合研究的时间还较短,在诸多领域还值得进一步探索:

其一,当前对脑电数据与人的行为之间一一对应关系的理解仍面临概念模糊的问题,当被试执行一项心理或行为任务时,其本质是将信息行为映射到特定的大脑区域,但人的脑电信号与信息行为之间的对应关系可能是“一对一”、“一对多”甚至是更为复杂的“多对多”关系,这使得从客观大脑活动到

主观精神状态的直接推断是有问题的。它们之间的映射关系很难做到精准的解释。

其二，脑电信号在采集过程中容易受到外界环境的干扰。在实际应用中，由于真实环境非常复杂，干扰源较多，这些不需要的信号主要来自环境噪声、实验误差和生理假象，导致采集到的脑电信号并不准确。例如，对于同一个人的特定活动，所获得的数据可能会根据他们的生理或心理状态而有所不同。

其三，隐私和信息安全保护措施较为薄弱。目前为止，大多数研究都着力于增加脑电信号采集的准确性和可靠性，缺少对数据隐私安全问题的关注。由于 EEG 是对人脑电活动的全面测量，它包含了丰富的隐私信息，而数据和模型在不同部分之间的传输可能会造成严重的隐私威胁。对于谁将有权访问生成的数据，谁将被授予收集这些数据的权限，以及为了什么目的，需要相应的法律法规保护。目前针对保护隐私的脑电技术的研究并不全面，未来还需要继续开发隐私保护型脑电信号信息过滤技术。

## 6. 小结

本文揭示了目前信息行为领域中脑电技术的研究现状及研究特点，填补了信息行为领域关于脑电技术应用研究框架的空白，为脑电技术在信息行为方面的进一步应用提供参考。

通过对信息行为领域中应用脑电技术进行研究的 65 篇文献分析比较发现，近年来，信息行为领域中脑电技术的应用研究的文献显著增加，主要体现在人类情感与信息行为的关联性的研究。该领域有三个研究重点，一是探讨界面信息布局对用户认知负荷和搜索效率的影响；二是关于信息安全领域的认知行为；三是人类决策过程中的从众机制。

由于信息行为领域中脑电技术的研究对输出结果的解释存在模糊性及数据隐私安全等问题，目前在信息行为领域的脑电研究还有一定的局限性，如何将认知神经科学与信息行为进行衔接还需要进一步的探讨。

## 基金项目

本课题为湖北省卫生健康委面上项目“突发公共卫生事件综合性医院应急心理救援机制研究”(项目编号: WJ2021M241)基金资助项目。

## 作者贡献

陈秋云: 提出研究思路, 设计研究方案, 论文撰写与修改;

熊沙沙: 设计研究方案, 论文撰写与修改;

骆婉容: 数据收集与整理, 论文撰写与修改;

鲁才红: 提出研究思路, 论文撰写与修改。

## 参考文献

- [1] Pettigrew, K.E., Fidel, R. and Bruce, H. (2001) Conceptual Frameworks in Information Behavior. *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)*, **35**, 43-78.
- [2] 李佳, 邵迪. 信息行为研究现状及发展述评[J]. 现代情报, 2022, 42(8): 168-177.
- [3] 金晓玲, 于晓宇, 周中允, 等. 信息系统研究中脑电技术的应用: 现状与展望[J]. 工业工程与管理, 2019, 24(6): 1-7.
- [4] 王琳, 熊颖, 江雨薇, 等. 眼动技术方法在图书情报学中的应用研究述评[J]. 数字图书馆论坛, 2020(8): 63-70.
- [5] De Vico Fallani, F., Nicosia, V., Sinatra, R., et al. (2010) Defecting or Not Defecting: How to “Read” Human Behavior during Cooperative Games by EEG Measurements. *PLOS ONE*, **5**, e14187. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014187>
- [6] 庄宁. 基于脑电的情绪加工与识别技术研究[D]: [博士学位论文]. 郑州: 战略支援部队信息工程大学, 2020.

- [7] Songsamoe, S., Saengwong-ngam, R., Koomhin, P., *et al.* (2019) Understanding Consumer Physiological and Emotional Responses to food Products Using Electroencephalography (EEG). *Trends in Food Science & Technology*, **93**, 167-173. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.018>
- [8] Fu, Z., Wu, D.J., Ross, I., *et al.* (2019) Single-Neuron Correlates of Error Monitoring and Post-Error Adjustments in Human Medial Frontal Cortex. *Neuron*, **101**, 165-177. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.11.016>
- [9] Lafon, B. (2017) Low Frequency Transcranial Electrical Stimulation Does Not Entrain Sleep Rhythms Measured by Human Intracranial Recordings. *Nature Communications*, **8**, Article No. 1199. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01045-x>
- [10] Bleichner, M.G. and Debener, S. (2017) Concealed, Unobtrusive Ear-Centered EEG Acquisition: cEEGrids for Transparent EEG. *Frontiers in Human Neuroscience*, **11**, Article No. 163. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00163>
- [11] 倪华. 用户专利检索的眼动和脑电行为特征及其在优化结果排序中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2018.
- [12] Karaka, C., *et al.* (1999) Are Cognitive Processes Manifested in Event-Related Gamma, Alpha, Theta and Delta Oscillations in the EEG? *Neuroscience Letters*, **259**, 165-168. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(98\)00934-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(98)00934-3)
- [13] Krakowska, M. (2020) Affective Factors in Human Information Behavior: A Conceptual Analysis of Interdisciplinary Research on Information Behavior. *Zagadnienia Informatyki Naukowej-Studia Informacyjne*, **58**, 75-95. <https://doi.org/10.36702/zin.725>
- [14] Al-Samarraie, H., Eldenfria, A., Zaqout, F., *et al.* (2019) How Reading in Single- and Multiple-Column Types Influence Our Cognitive Load: An EEG Study. *The Electronic Library*, **37**, 593-606. <https://doi.org/10.1108/EL-01-2019-0006>
- [15] 刘晓君, 李丽丽, 王萌萌, 等. 跨学科知识的交叉与融合机制研究——以脑电技术为例[J]. 科技管理研究, 2022, 42(15): 240-248.
- [16] 王翠翠. 基于决策神经科学的从众与反从众行为研究: 对比财产类决策和健康类决策情景[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [17] Kaplan, S.E. and Reckers, P.M. (1989) An Examination of Information Search during Initial Audit Planning. *Accounting, Organizations and Society*, **14**, 539-550. [https://doi.org/10.1016/0361-3682\(89\)90017-2](https://doi.org/10.1016/0361-3682(89)90017-2)
- [18] Brown, M.E. (1991) A General Model of Information-Seeking Behavior. *Proceedings of the ASIS Annual Meeting, 54th Annual Meeting*, Washington, D.C., 27-31 October, 1991, 9-14.
- [19] 黄崑, 郑明煊, 罗士超, 等. 探索式搜索中基于面部表情识别的用户情绪及影响因素研究[J]. 图书情报工作, 2022, 66(5): 93-104.
- [20] 黄崑, 袁心, 李蕾, 等. 情感负荷视角下协作检索中用户消极情绪感知及其影响因素研究[J]. 图书情报知识, 2020(1): 42-52.
- [21] 夏立新, 周鼎, 叶光辉, 等. 情感负荷视角下探索式搜索学习效果的影响因素[J]. 图书情报知识, 2020(4): 133-141.
- [22] Savolainen, R. (2015) The Interplay of Affective and Cognitive Factors in Information Seeking and Use: Comparing Kuhlthau's and Nahl's Models. *Journal of Documentation*, **71**, 175-197. <https://doi.org/10.1108/JD-10-2013-0134>
- [23] 林志敏. 基于脑电的图像检索技术[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2017.
- [24] 刘洪霞. 基于脑波的情感图像检索的研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 东华大学, 2012.
- [25] Zhang, X., Wen, D., Liang, J., *et al.* (2017) How the Public Uses Social Media Wechat to Obtain Health Information in China: A Survey Study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, **17**, 71-79. <https://doi.org/10.1186/s12911-017-0470-0>
- [26] Nagler, R.H., Vogel, R.I., Gollust, S.E., *et al.* (2022) Effects of Prior Exposure to Conflicting Health Information on Responses to Subsequent Unrelated Health Messages: Results from a Population-Based Longitudinal Experiment. *Annals of Behavioral Medicine*, **56**, 498-511. <https://doi.org/10.1093/abm/kaab069>
- [27] Zhou, L., Zhang, D., Yang, C.C., *et al.* (2018) Harnessing Social Media for Health Information Management. *Electronic Commerce Research and Applications*, **27**, 139-151. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2017.12.003>
- [28] 宋士杰, 齐云飞, 赵宇翔, 等. 冲突性健康信息对用户健康信息搜寻的影响: 基于不确定性视角的探究[J]. 图书情报工作, 2021, 65(11): 24-32.
- [29] Gomes, P.V., Marques, A., *et al.* (2020) The Use of Portable EEG Devices in Development of Immersive Virtual Reality Environments for Converting Emotional States into Specific Commands. *Proceedings*, **54**, Article No. 43.
- [30] Ndel, I.A., Line, M.B. and Jaatun, M.G. (2014) Information Security Incident Management: Current Practice as Reported in the Literature. *Computers & Security*, **45**, 42-57. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2014.05.003>

- [31] Li, Y., Song, L. and Zeng, Y. (2019) Research on Information Security and Privacy Protection Model Based on Consumer Behavior in Big Data Environment. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, **31**, e4881. <https://doi.org/10.1002/cpe.4881>
- [32] Ophoff, J. and Dietz, F. (2019) Using Gamification to Improve Information Security Behavior: A Password Strength Experiment. Springer, Berlin. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23451-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23451-5_12)
- [33] Anderson, C.L. and Agarwal, R. (2010) Practicing Safe Computing: A Multimethod Empirical Examination of Home Computer User Security Behavioral Intentions. *MIS Quarterly*, **34**, 613-643. <https://doi.org/10.2307/25750694>
- [34] Dimoka, A., Davis, F.D., Gupta, A., et al. (2012) On the Use of Neurophysiological Tools in IS Research: Developing a Research Agenda for NeuroIS. *MIS Quarterly*, **36**, 679-702. <https://doi.org/10.2307/41703475>
- [35] Vance, A., Anderson, B.B., Kirwan, C.B., et al. (2014) Using Measures of Risk Perception to Predict Information Security Behavior: Insights from Electroencephalography (EEG). *Journal of the Association for Information Systems*, **15**, Article No. 2. <https://doi.org/10.17705/1jais.00375>
- [36] Han, D., Dai, Y., Han, T., et al. (2015) Explore Awareness of Information Security: Insights from Cognitive Neuro-mechanism. *Computational Intelligence and Neuroscience*, **2015**, Article ID: 762403. <https://doi.org/10.1155/2015/762403>
- [37] Trautmann-Lengsfeld, S.A. and Herrmann, C.S. (2013) EEG Reveals an Early Influence of Social Conformity on Visual Processing in Group Pressure Situations. *Social Neuroscience*, **8**, 75-89. <https://doi.org/10.1080/17470919.2012.742927>
- [38] Xie, Y., Chen, M., Lai, H., et al. (2016) Neural Basis of Two Kinds of Social Influence: Obedience and Conformity. *Frontiers in Human Neuroscience*, **10**, Article No. 51. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00051>
- [39] Yu, R. and Sun, S. (2013) To Conform or Not to Conform: Spontaneous Conformity Diminishes the Sensitivity to Monetary Outcomes. *PLOS ONE*, **8**, e64530. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064530>
- [40] 孙海霞. 国外健康信息规避行为研究综述[J]. 图书情报工作, 2021, 65(9): 138-150.
- [41] 侯冠华. 数字图书信息界面布局影响老年人信息检索交互绩效的眼动实证研究[J]. 国家图书馆学刊, 2020, 29(5): 21-32.
- [42] Essa, I.A. and Pentland, A.P. (1997) Coding, Analysis, Interpretation, and Recognition of Facial Expressions. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **19**, 757-763. <https://doi.org/10.1109/34.598232>
- [43] 蒋丹宁, 蔡莲红. 基于语音声学特征的情感信息识别[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2006, 46(1): 86-89.
- [44] Stemmler, G., Heldmann, M., Pauls, C.A., et al. (2001) Constraints for Emotion Specificity in Fear and Anger: The Context Counts. *Psychophysiology*, **38**, 275-291. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3820275>
- [45] Si, Y., Li, F., Duan, K., et al. (2020) Predicting Individual Decision-Making Responses Based on Single-Trial EEG. *NeuroImage*, **206**, Article ID: 116333. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116333>
- [46] Minnery, B.S. and Fine, M.S. (2009) Feature Neuroscience and the Future of Human-Computer Interaction. *Interactions*, **16**, 70-75. <https://doi.org/10.1145/1487632.1487649>
- [47] Parry, K., Cohen, M. and Bhattacharya, S. (2016) Rise of the Machines: A Critical Consideration of Automated Leadership Decision Making in Organizations. *Group & Organization Management*, **41**, 571-594. <https://doi.org/10.1177/1059601116643442>
- [48] Dimoka, A., Pavlou, P.A. and Davis, F.D. (2011) Research Commentary—NeuroIS: The Potential of Cognitive Neuroscience for Information Systems Research. *Information Systems Research*, **22**, 687-702. <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0284>
- [49] Slagter, H.A. and Bouwer, F.L. (2021) Qualitative versus Quantitative Individual Differences in Cognitive Neuroscience. *Journal of Cognition*, **4**, Article No. 49. <https://doi.org/10.5334/joc.170>
- [50] Lopatovska, I. and Arapakis, I. (2011) Theories, Methods and Current Research on Emotions in Library and Information Science, Information Retrieval and Human-Computer Interaction. *Information Processing & Management*, **47**, 575-592. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2010.09.001>
- [51] Li, X., Hu, B., Zhu, T., et al. (2009) Towards Affective Learning with an EEG Feedback Approach. *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning*, Beijing, 23 October 2009, 33-38. <https://doi.org/10.1145/1631111.1631118>
- [52] Aldayel, M., Ykhlef, M. and Al-Nafjan, A. (2020) Deep Learning for EEG-Based Preference Classification in Neuro-marketing. *Applied Sciences*, **10**, Article No. 1525. <https://doi.org/10.3390/app10041525>
- [53] Turner, B.M., Rodriguez, C.A., Norcia, T.M., et al. (2016) Why More Is Better: Simultaneous Modeling of EEG, fMRI, and Behavioral Data. *NeuroImage*, **128**, 96-115. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.12.030>
- [54] Zadelaar, J.N., Weeda, W.D., Waldorp, L.J., et al. (2019) Are Individual Differences Quantitative or Qualitative? An

Integrated Behavioral and fMRI MIMIC Approach. *NeuroImage*, **202**, Article ID: 116058.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116058>

- [55] Goodhew, S.C. and Edwards, M. (2019) Translating Experimental Paradigms into Individual-Differences Research: Contributions, Challenges, and Practical Recommendations. *Consciousness and Cognition*, **69**, 14-25.  
<https://doi.org/10.1016/j.concog.2019.01.008>