逃离过滤气泡：评估脑电图θ波段同步作为在线新闻阅读中选择性接触的指标

Thomas Krämer
thomas.kraemer@gesis.org
GESIS 莱布尼茨社会科学研究所，德国科隆

Daniel Hienert
daniel.hienert@gesis.org
GESIS 莱布尼茨社会科学研究所，德国科隆

Francesco Chiossi 慕尼黑大学 德国慕尼黑
francesco.chiossi@lmu.de

Thomas Kosch 柏林洪堡大学 德国柏林
thomas.kosch@hu-berlin.de

Dagmar Kern
dagmar.kern@gesis.org GESIS 莱布尼茨社会科学研究所，德国科隆

arXiv:2601.02047v1 [cs.HC] 5 Jan 2026

摘要

当用户偏好认同其信念的信息时，便会产生对在线新闻的选择性接触，从而形成过滤气泡并限制多元视角。交互系统可以通过推荐不同视角来应对这一问题，但要实现这一点，需要一种用于衡量选择性接触的实时指标。我们开展了一项实验，评估脑电图（EEG）和眼动追踪作为选择性接触指标的可行性：通过眼动追踪识别参与者阅读的文本部分，并利用脑电图量化选择性接触的程度。参与者阅读在线新闻，同时我们在获得其对新闻的认同后，收集了他们的脑电图和眼动数据。结果表明，对新闻的认同度与顶叶区域的 theta 频段功率呈正相关。我们的研究结果表明，未来的交互系统可以利用脑电图和眼动追踪感知选择性接触，从而提供更加均衡的信息饮食。本研究提出了一套整合式实验设置，利用基于注视和脑电图的指标识别选择性接触。

CCS 概念

• **以人为中心的计算** → *HCI* 中的实证研究；实验室实验；HCI 理论、概念与模型。

关键词

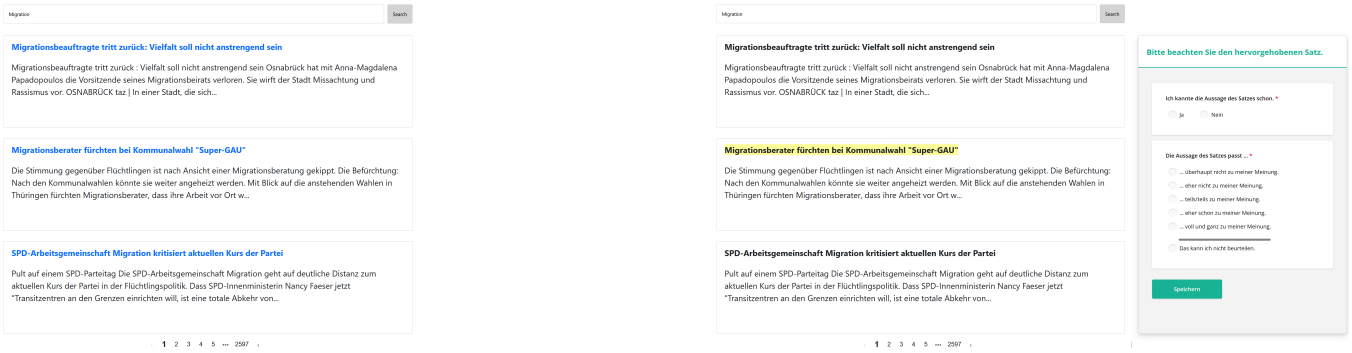
选择性接触、脑电图、眼动追踪、联合配准、新闻、阅读

1 引言与背景

选择性接触是指个体倾向于寻求与其既有态度一致的信息，同时回避相互矛盾的信息，这对维护多元且知情的公共话语构成了重大挑战 [4, 11]。这一现象促成了回声室的形成，使人们接触替代性观点的机会受到限制，从而加剧个体之间的意识形态分歧。量化选择性接触的程度有助于研究人员理解个体如何处理不同观点。在人机交互（HCI）领域，评估选择性接触有助于偏见感知系统提出不同于意识形态立场的多元观点 [2]。传统方法（如自我报告）无法全面捕捉选择性接触的复杂性。这些方法难以充分考虑细微的行为和情境因素。自我报告容易受到社会赞许性和确认偏误等偏差的影响，而日志文件则缺乏推断潜在认知过程所需的细粒度信息 [30]。此外，实验设计通常依赖数量有限且经过人工控制的刺激材料，即“受众俘获问题” [8], , 无法再现现实世界信息环境的丰富性 [29]。

以往研究采用注视时长和注视模式等行为指标来探讨选择性接触。例如，Schmuck 等人 [26] 利用注视数据，研究人们面对与自身态度一致和不一致的刺激时的选择性接触与回避行为。尽管这些方法提供了有价值的见解，但仅凭注视数据无法全面反映认知参与，因为对刺激的注视并不总是意味着注意或信息加工 [10]。心理生理学研究探讨了 θ频段活动作为记忆编码和决策一致性加工标志的作用 [6, 9, 15, 23],，为选择性接触提供了皮层生理学相关指标。然而，这些研究关注的是预先设定的静态图像或决策情境，而非阅读自行选择的信息；而阅读自行选择的信息，是人们浏览新闻或社交媒体内容时的常见情形 [3]。

为克服这些局限，我们开发了一个多模态实验框架，结合脑电图（EEG）和眼动追踪数据，在真实的网页浏览阅读环境中研究选择性接触。我们的研究超越了现有工作，同时分析行为信号（注视） [27] 和生理信号（EEG） [18] , 以探究人们在线阅读新闻时如何处理态度一致和态度不一致的信息。不同于依赖静态视觉刺激 [9, 15, 26], 的既有单模态研究，我们的方法将真实新闻文章作为文本刺激，以视觉上中性的方式呈现，读者可以自然地搜索和阅读，因此更接近现实世界中的信息消费。我们提出将θ频段同步作为衡量选择性接触的一种潜在指标 [9]。我们的结果显示，EEG



(a) (b)

图1：(a)：新闻搜索系统，展示了包含与查询“migration”相关的德国新闻文章的结果列表。(b)：同一界面也用于反馈阶段的用户评分，其中突出显示了一条句子，旁边设有用于评价句子熟悉度和认同度的反馈表单。

参与者阅读态度一致句时的θ同步强于阅读态度不一致句时的θ同步。这项工作为未来研究奠定了基础，旨在利用实时指标开发近乎实时的多模态指标，以理解选择性接触。

2 用于选择性接触多模态评估的实验性新闻搜索系统

为研究在线新闻搜索中的选择性接触，我们设计了一个系统，用于收集并同步眼动追踪数据和脑电图数据。该系统有两个主要目标：(1) 了解用户在新闻阅读过程中的行为；(2) 评估结合眼动追踪与脑电图来检测选择性接触的可行性。为实现这些目标，我们开发了定制的新闻搜索系统，并搭建了用于数据收集和同步的技术设置。本节将介绍新闻搜索系统及其相关技术设置。

2.1 新闻搜索系统

我们实验设计的核心是一个基于网络的新闻搜索应用程序，参与者可以使用它搜索、浏览、选择和阅读在线新闻文章。除了支持用户与新闻内容进行交互外，该系统还支持施测任务前和任务后的问卷，并收集句子级的用户评分。参与者在搜索栏中输入关键词与系统交互，系统随后生成分页结果列表，每页显示三条结果（见图1a）。每条结果都包含文章标题和作为摘要的首句。点击某条结果即可在详细视图中打开全文，参与者可通过返回按钮回到结果列表。分页设计最大限度地减少了滚动操作，从而确保交互过程受到控制。为消除潜在的混杂变量，该应用程序对先前研究 [17, 18]中使用的文本类新闻内容采用统一且受控的呈现方式。结果列表和详细视图中的字体大小（24px）、颜色和布局均保持一致，并显示在一台分辨率为 1920×1080 像素的24英寸屏幕上。

界面中不包含图像或其他装饰元素，因为与文本刺激相比，图形刺激可能会影响认知加工。这种受控环境减少了导致眼动追踪数据产生噪声的外部干扰。新闻语料库包含约86,000篇来自德国在线新闻媒体的文章，其中包括*sueddeutsche.de*、*zeit.de*和*bild.de*。选择这些媒体是为了体现不同的政治倾向。文章通过NewsCatcherApi[1] 在一段特定时期（2023-12-19至2024-08-15）内收集，清除伪迹后，使用Elasticsearch[2]建立索引。借助规模庞大且内容多元的语料库，我们应对了“受众俘获问题” [8]，并模拟日常新闻消费行为。系统纳入任务前和任务后的问卷，用于收集社会人口统计数据、人格特质以及参与者对搜索任务主题的态度。完成搜索任务后，系统会提示参与者对所读文章中的特定句子提供反馈。可根据预先设定的标准选择需要反馈的句子，例如注视时长较长的句子（基于注视数据），或脑电图指标相较于基线出现显著偏差的句子。界面会在原始语境中呈现高亮句子，并请参与者评估自己对句子的熟悉程度，以及对句中表达观点的认同度（见图1b）。

2.2 技术设置

技术设置将眼动追踪、脑电图、鼠标和键盘的输入流整合为时间同步数据输出格式。图2展示了这一过程。眼动追踪器提供的注视数据用于分割脑电记录，从而分析与特定句子相对应的神经活动。这种多模态方法将行为数据（注视）、皮层数据（脑电图）和主观数据（反馈）直接关联起来，有助于全面分析选择性暴露机制。

使用 Tobii Spectrum 眼动追踪器[3] 进行注视追踪，采样率为 300 Hz。使用浸有氯化钠溶液的半干电极记录脑电图，并配备 OpenBCI Python

[1]https://www.newscatcherapi.com [2]https://www.elastic.co/de [3] https://www.tobii.com/products/eye-trackers/screen-based/tobii-pro-spectrum

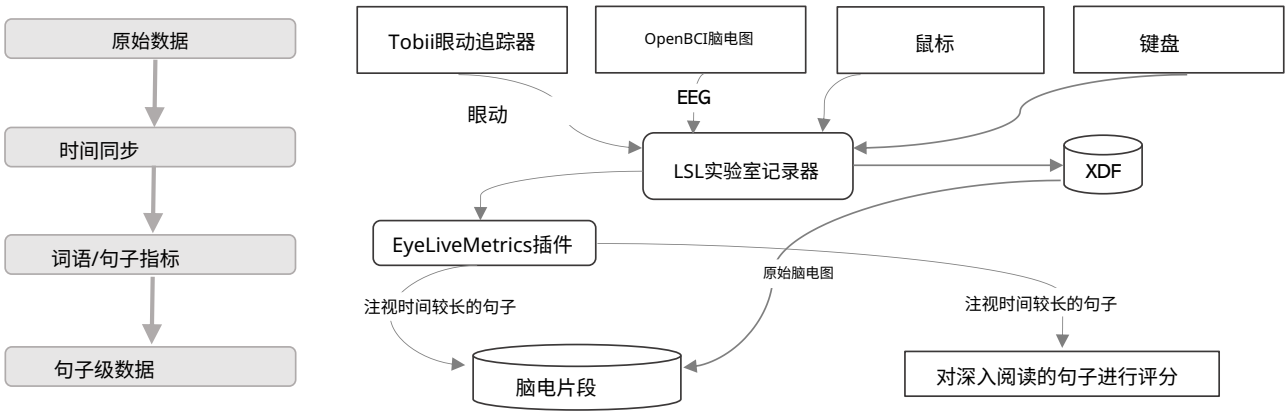


图2：收集数据的流程　　将不同输入流转换为时间同步数据，并计算句子的注视时间，以便　　he 脑电图数据的分段以及　　和数据标注。

配备 Daisy 扩展板的生物传感板4，包含 16 个脑电通道，采样率为 125 Hz，另配参考电极和接地电极[5]。阻抗保持在 20 k 以下Ω。脑电电极按照国际10-20系统 [14], 安装，信号采集自 Fp1、Fp2、F3、F4、Cz、Pz、P3、P4、T3、C3、C4、T4、T5、O1、O2 和 T6 电极。鼠标和键盘输入的记录采样率为 1000 Hz。这四种模态的信号通过 LabStreamingLayer [20]进行传输。Tobii Spectrum 眼动追踪器采集的注视数据通过 Tobii Pro Connector App[6]传输。使用 OpenBCI GUI[7] 检查阻抗，并将脑电图数据传输至 LSL。键盘/鼠标连接器应用[8] 用于将键盘按键、鼠标点击和鼠标位置传输至 LSL。LabRecorder应用[9] 将所有信号流合并为一个 XDF格式的数据文件。使用 Python pyxdf软件包[11] 导入后，所有模态的数据都对齐在同一条同步时间线[10] 上。

接下来，我们使用眼动追踪数据计算单个词语和句子的注视时间。EyeLiveMetrics浏览器插件 [13] 会捕获原始眼动追踪坐标，并将其映射到词语兴趣区（AOI）[12]。为此，我们通过 WebSocket 将一份眼动追踪数据 LSL 流的分支发送到 EyeLiveMetrics浏览器插件中。在 EyeLiveMetrics 中，注视和扫视会被分类并映射到词语兴趣区。对于整个网页中的每个词语，我们都会计算注视起始时间、注视时长等指标，并将其保存到数据库中。我们使用另一个脚本汇总词语注视数据，并计算句子的注视指标，例如注视时长或注视起始时间和结束时间。这样，我们就能直接关联通过眼动追踪测得的对特定文本的阅读、通过脑电图（EEG）测得的大脑认知加工，以及参与者对句子的评分。

3 探索性用户研究

我们在一项探索性用户研究中考察了选择性接触与脑电图 θ同步之间的关系。参与者接触了新闻文章，随后对选定句子表达了自己的认同度。借助这些信息，我们得以系统地分析认同的神经相关因素。

我们选择移民政策作为研究主题，是因为其具有社会相关性，并且能够引发强烈态度。在2025年初的德国大选前民调中，移民政策被评为最重要的议题之一13。这引发了参与者的高度投入和两极分化的反应，有助于开展对选择性接触的研究。我们所在机构的伦理委员会批准了该研究。

3.1 实验流程

在向参与者介绍研究内容后，他们通过签署知情同意书同意参加。随后，实验人员解释任务和新闻语料库，安装脑电图设备，检查电极阻抗，并开始校准眼动追踪器。校准成功后，记录静息状态脑电图（睁眼状态下看着注视十字一分钟，以及闭眼一分钟）。然后，向参与者展示以下任务说明：

您的列车晚点了，现在您有了一些意外的空闲时间。您决定了解一下当前关于移民的争论。请使用

[4]https://shop.openbci.com/products/all-in-one-gelfree-electrode-cap-bundle [5] https://shop.openbci.com/cdn/shop/files/gelfree_electrode_cap_diagram_1020.png 以查看详细位置 [6]https://github.com/labstreaminglayer/App-TobiiPro [7] https://github.com/OpenBCI/OpenBCI_GUI [8] https://github.com/labstreaminglayer/App-Input [9] https://github.com/labstreaminglayer/App-LabRecorder [10] https://labstreaminglayer.readthedocs.io/info/time_synchronization.html [11] https://github.com/xdf-modules/pyxdf [12]https://git.gesis.org/iir/eyelivemetrics

[13]https://www.infratest-dimap.de/umfragen-analysen/bundesweit/ard-deutschlandtrend/2025/januar



图 3：本研究的实验流程。参与者提供知情同意，完成移民政策量表 [24]，，并回答有关移民政策熟悉度和兴趣的问题。随后进行脑电图和眼动追踪器校准。完成静息态脑电记录后，参与者进行了为时 8 分钟的移民政策新闻搜索。任务结束后，参与者对自己注视时间最长的句子的熟悉度和认同度进行评分，随后回答社会人口统计学问题。

进行新闻搜索，并输入任意搜索词。现在开始搜索
移民主题。

我们有意将任务描述保持得较为笼统，除了使用新闻搜索了解移民政策这一“自我获取信息”的目标外，并未设定其他具体目标。为避免给参与者施加压力，事先没有规定时间限制。然而，实验人员会在8分钟后结束搜索环节，移除脑电图设备并停止记录。随后，参与者会对其搜索过程中注视时间最长的19个句子进行评分。为此，他们会再次看到搜索结果列表和详细视图，其中注视时间最长的句子会以黄色高亮显示，并按顺序逐一呈现。对于每个高亮句子，他们需要评价自己对该陈述的熟悉程度（“我已经知道该句子所表达的陈述”，是/否），以及他们对该句子的认同度，采用五点李克特量表进行评分（从 1 = “该句子的陈述与我的观点完全不符”到 5 = “该句子的陈述与我的观点完全符合”）。参与者还可以选择“我无法对此作出评价”。最后，参与者填写关于其社会人口统计信息的问题。整个实验持续了一小时。图3展示了整个流程。

3.2 多模态数据记录

3.2.1 眼动追踪记录与预处理。使用 Tobii Spectrum 眼动追踪器（300 Hz）收集注视数据。参与者坐在距离眼动追踪器约 60 厘米处。使用六点网格进行校准，以确保注视映射准确。为了向参与者呈现注视时长最长的句子，必须对眼动追踪数据进行处理（参见第 2.2 节）。EyeLiveMetrics插件会在参与者完成任务阅读时收集并记录注视时长以及词语的注视开始和结束时间。任务结束后，计算所有浏览过的句子的注视时长总和及其起止时间。我们定义了一个句子级指标：将句中所有词语的注视时长相加，再除以句子中的词数。仅考虑标准化词语注视时长为 > 20 ms 的句子。这一筛选会排除跳过许多词语的句子。按句子注视时长总和降序排列句子。输出为每位参与者注视时长最长的句子。基于此，我们使用注视时长最长的句子中每个词语的注视起始时间对脑电图进行分段

3.2.2 脑电记录与预处理。按照第 2.2 节所述，使用浸有氯化钠（NaCl）溶液的半干电极记录脑电图数据，并将电极连接至 OpenBCI Cyton 生物传感板。连续脑电图数据被分割为多个时间段，并与注视时长最长句子中每个词语的注视开始时间同步。句子分为两种条件：高一致性，包括在五点李克特量表上评分为 4 或 5 的句子；以及低一致性，包括评分为 1 或 2 的句子。

我们使用 MNE-Python [12] 对脑电图数据进行了预处理。首先，应用 50 Hz 陷波滤波器以去除电源线噪声，并使用 0.5–15 Hz 带通滤波器消除高频和低频噪声。信号采用公共平均参考重新参考。使用 Info-max 算法进行独立成分分析，以识别并去除眨眼、眼动和肌肉活动等伪迹。使用集成于 MNE-Python [22, 25] 的 ICLabel 插件自动标记并剔除易产生伪迹的成分。最终分析仅纳入不含残余伪迹、且对应于参与者正确作答并注视目标词的时间段；错误试次和存在干扰项注视的时间段则予以排除。

EEG频率分析考察脑电图信号振荡的频谱特性，包括频率、振幅和相位。频率以赫兹（Hz）为单位测量，表示每秒完成的完整振荡次数；振幅或功率则表示最大值与最小值之间的电压范围。在本研究中，我们考察了θ频段（5–8 Hz）的功率变化。对于被注视的词语，我们根据先前的研究 [7]，计算了相对于基线期（第一次词语注视开始前 -500 ms 至 0 ms）的θ频段功率。根据先前的研究 [9, 15, 16]，我们从电极 P3、P4 和 Pz 中提取了Theta 功率。

我们使用 z分数对数据进行了标准化，以校正参与者之间和电极间变异，其中 baselinef 表示基线期（-500 毫秒至 0 毫秒）内的平均 Theta 功率，而 activitytf 对应于刺激后时间窗（0 毫秒至 1500 毫秒）内的 Theta 功率。

$$Z_{\mathrm{tf}} = \frac{\mathrm{activity}_{\mathrm{tf}} - \overline{\mathrm{baseline}_{\mathrm{f}}}}{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(\mathrm{baseline}_{\mathrm{f},i} - \overline{\mathrm{baseline}_{\mathrm{f}}})^2}}$$

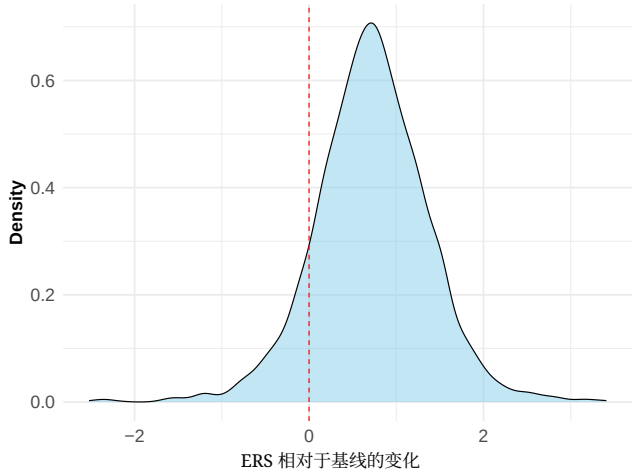


图 4：顶叶区域（1000–1500 毫秒）高认同度与低认同度条件下事件相关同步/去同步（ERS/ERD）差异的后验分布。分布峰值对应 0.71 SD 的功率变化，且 89% 的概率质量位于零以上（红色虚线），表明高认同度条件下的同步强于低认同度条件，贝叶斯因子为 7.8，支持这一差异。

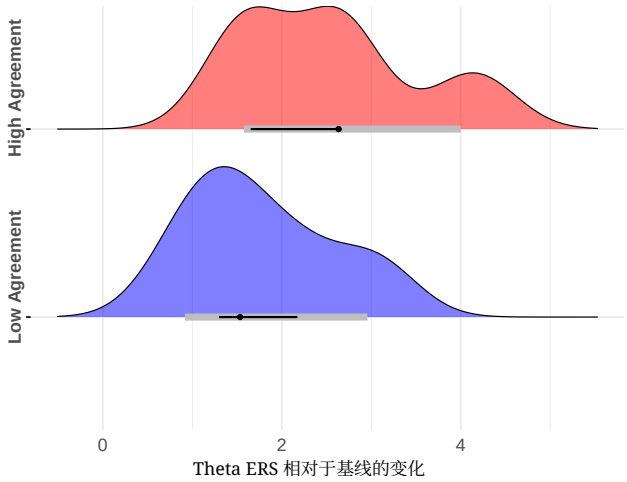


图 5：密度山脊图展示了在 1000–1500 毫秒时间窗口内计算的低认同度和高一致性条件下顶叶区域平均 Theta 事件相关同步/去同步的分布。图中显示了中位数以及 80%/95% 可信区间。

3.3 参与者

我们招募了 8 名参与者。所有参与者的视力均正常或经过矫正（最大为 +/- 4.5 屈光度），且均以德国为母语。他们参与研究获得了 40 欧元的补偿。由于脑电图数据无法使用（1 人）或缺少注视数据（2 人），有 3 名参与者的数据必须排除。因此，以下我们仅报告其余 5 名参与者的结果（2 名男性、3 名女性，平均年龄为 24 岁）。

3.4 结果

关于对句子的认同度，我们获得了对65个句子的评分，其中33个被视为高一致性（在五点李克特量表上评分为4或5），19个被视为低一致性（在五点李克特量表上评分为1或2）。

对1000–1500毫秒时间窗口内顶叶区域（P3、P4、Pz）的平均 z 分数标准化 Theta 功率进行贝叶斯 t 检验，结果显示高一致性与低一致性条件之间存在差异的中等证据（$M = 0.72$, 95% CI $[-0.32, 1.73]$，证据比 $= 7.8$，后验概率 $= .89$）。这表明，在备择假设下观察到这些数据的可能性约为零假设下的7.8倍。图4和图5展示了事件相关 θ同步结果的分布。图6展示了低一致性和高一致性条件下的事件相关 θ同步。

4 讨论与未来工作

在本研究中，我们评估了脑电图和眼动追踪作为一种研究方法，用于实时量化选择性接触。以下将讨论本研究的意义。

缓解选择性接触的交互系统可以利用我们的多模态数据方法（例如脑电图和眼动追踪指标），促进均衡且多元的信息消费。然而，本研究的一个局限在于，我们提出的研究方法使用了眼动追踪和脑电图，而这两项指标在消费设备中并不常见。不过，研究人员可以使用我们的方法，近乎实时地研究交互系统中的选择性接触程度。此外，脑电图与眼动追踪的多模态整合在虚拟现实设备中日益普及，这类设备通常配备眼动追踪传感器，也可进一步搭载脑电电极及其他外围生理测量设备 [1, 5]。未来，我们将使用集成式虚拟现实系统中的消费级传感器，在沉浸式环境中评估我们的方法。总之，我们设想推荐算法能够自适应地减少回声室的强化，并鼓励用户接触态度不一致信息，最终减少单方面信息的传播，降低人们易受错误信息和虚假信息影响的程度。例如，聊天机器人可以通过实时感知选择性接触，在用户阅读新闻时提供其他观点，从而增强用户辨识虚假信息的能力。认知增强一直是人机交互研究中的一个主题，在用于减少人们接触虚假信息时，应当对其进行深入研究 [19, 28]。为此，我们的工作有助于在人机交互领域实现 Boonprakong 等人 [2] 提出的偏见感知系统。

开发调节选择性接触的系统会引发重大的伦理问题。未经用户同意就强加多元观点，可能会让用户感到被强迫，从而削弱他们对偏见感知系统的信任 [21]。此类系统的设计者必须确保透明度，清楚说明内容如何以及为何进行调整。此外，未来的研究还需要

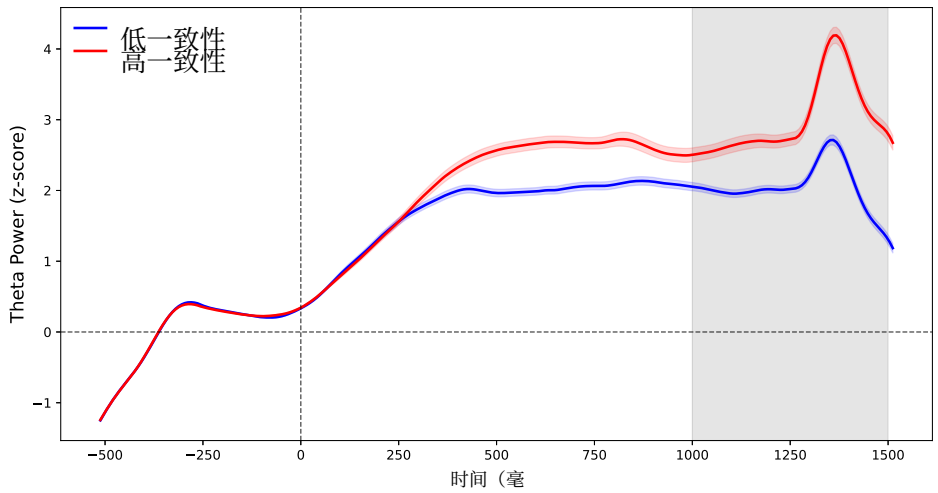


图6：低一致性和高一致性条件下的事件相关 theta 反应。阴影区域（1000–1500 毫秒）标示分析窗口；在该窗口中，我们发现了中等证据，表明高一致性条件下的 θ同步更强。

探讨算法干预可能引入的偏见，因为这类干预可能会对具有特定认知或意识形态特征的用户造成不成比例的影响。

5 结论

我们的探索性研究表明，新闻阅读期间 θ 频段功率的变化或有助于建立一种可操作的方法，用于检测选择性接触。我们将脑电图和眼动追踪与自然阅读行为相结合，以解决自我报告和人工阅读任务的局限性。在一项初步研究中，五名参与者阅读了来自不同政治光谱的新闻；我们发现，有中等程度的证据表明，Theta 功率可作为衡量其对所消费信息认同度较高的预测指标。因此，Theta 功率是实时评估交互系统中选择性接触的一项有前景的指标。尽管我们的系统方法需要在实验环境中使用实验室硬件，但我们相信，未来的消费设备（例如虚拟现实头戴设备）将集成脑电图和眼动追踪。这为未来研究奠定了基础，使其能够考察个体在 θ 反应方面的差异，并探索其他神经生理和注视标记，从而开发可靠的指标，用于检测现实世界信息消费过程中的选择性接触。

致谢

本研究由德国研究基金会（DFG）项目“通过考虑眼动和生理信号克服网络搜索中的选择性接触”（项目编号 525041402）资助。此外，本研究还获得 DFG CRC 1404：“FONDA：大规模科学数据分析工作流基础”（项目编号 414984028）以及 DFG CRC 的支持。本研究还获得 DFG——项目编号 251654672——TRR 161 的支持。

参考文献

[1] Guillermo Bernal、Nelson Hidalgo、Conor Russomanno 和 Pattie Maes。2022年。Galea：一种用于虚拟环境行为研究的生理感知系统。载于*2022年 IEEE 虚拟现实与三维用户界面会议（VR）*。IEEE，美国新泽西州皮斯卡塔韦，66–76。https://doi.org/10.1109/VR51125.2022.00024[2] Nattapat Boonprakong、Xiuge Chen、Catherine Davey、Benjamin Tag 和 Tilman Dingler。2023年。偏见感知系统：探索面对不同观点时认知偏差发生的指标。载于*2023年 CHI*计算系统中的人为因素会议论文集。计算机协会，美国纽约州纽约，1–19。[3] Boonprakong, Nattapat、Pareek, Saumya、Tag, Benjamin、Goncalves, Jorge 和 Dingler, Tilman。2025年。评估新闻推送阅读中确认偏误的易感因素。载于*2025年 CHI*计算系统中的人为因素会议论文集。ACM，美国纽约州纽约，19页。https: //doi.org/10.1145/3706598.3713873[4] Boonprakong, Nattapat、Tag, Benjamin、Goncalves, Jorge 和 Dingler, Tilman。2025年。人机交互研究人员如何研究认知偏差？一项范围综述。载于*2025年 CHI*计算系统中的人为因素会议论文集。ACM，美国纽约州纽约，20页。https://doi.org/10.1145/3706598. 3713450[5] Francesco Chiossi、Thomas Kosch、Luca Menghini、Steeven Villa 和 Sven Mayer。2023年。SensCon：将生理感知嵌入虚拟现实控制器。*ACM*人机交互论文集7，MHCI，文章223（2023年9月），32页。https://doi.org/10.1145/3604270[6] Francesco Chiossi、Changkun Ou、Carolina Gerhardt、Felix Putze 和 Sven Mayer。2025年。利用脑电频率设计并评估一种平衡内部与外部注意状态的自适应虚拟现实系统。国际人机研究期刊196（2025年），103433。https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2024.103433[7] Giorgia Cona、Francesco Chiossi、Silvia Di Tomasso、Giovanni Pellegrino、Francesco Piccione、Patrizia Bisiacchi 和 Giorgio Arcara。2020年。θ波和α振荡作为对延迟意图进行内部与外部注意的标志：一项脑磁图（MEG）研究。《神经影像》205（2020年），116295。[8] James N. Druckman、Jordan Fein 和 Thomas J. Leeper。2012年。公众意见稳定性的一个偏见来源。美国政治学评论106，2（2012年5月），430–454。https://doi.org/10.1017/s0003055412000123[9] Peter Fischer、Matthias Reinweber、Claudia Vogrincic、Axel Schäfer、Anne Schienle 和 Gregor Volberg。2013年。选择性接触的神经机制：一项关于处理与决策一致和不一致信息的脑电图研究。国际心理生理学期刊87，1（2013年），13–18。https://doi.org/ 10 1016 2012 10 011 . /j.ijpsycho. . . [10] Tom Foulsham、James Farley 和 Alan Kingstone。2013年。句子阅读中的走神：切断心智与眼睛之间的联系。加拿大实验心理学杂志/《加拿大实验心理学评论》67，1（2013年），51。[11] Dieter Frey。1986年。信息选择性接触的近期研究。载于实验社会心理学进展，Leonard Berkowitz（编）。实验社会心理学进展，卷19。

Academic Press，美国纽约州纽约，
41 80 10 1016 0065 2601 08 60212 9 – 。https://doi.org/ 。 /S - ( ) - [12] Alexandre Gramfort、Martin Luessi、Eric Larson、Denis A. Engemann、Daniel Strohmeier、Christian Brodbeck、Roman Goj、Mainak Jas、Teon Brooks、Lauri Parkkonen 等。2013年。使用MNE-Python分析脑磁图和脑电图数据。*Frontiers in Neuroscience* 7 2013 13 10 3389 2013 00267 ( )，页。https://doi.org/ 。 /fnins. 。 [13] Daniel Hienert、Heiko Schmidt、Thomas Krämer 和 Dagmar Kern。 。EyeLive-Metrics：利用眼动追踪实时分析在线阅读。载于*2024*年眼动追踪研究与应用研讨会论文集（英国格拉斯哥）（*ETRA '24*）。计算机协会，美国纽约州纽约，文章 81, 7 10 1145 3649902 3656495 页。 2024 [14] https://doi.org/ 。 / 。 Herbert Jasper。 。脑电图临床检查方法委员会报告：1957年。脑电图与临床神经生理学
10, 2 1958 370 375 10 1016 0013 4694 58 90053 1 ( )， – 。 1958 [15] https://doi.org/ 。 / - ( ) - W. Klimesch、M. Doppelmayr、W. Stadler、D. Pöllhuber、P. Sauseng 和 D. Röhm。2001年。情景提取体现为人类脑电图θ波活动中特定过程的增强。《神经科学快报》302，1（2001年），49–52。https://doi.org/
10 1016 0304 3940 01 01656 1 . /S - ( ) - Wolfgang Klimesch、Bärbel Schack 和 Paul Sauseng。2005年。θ波和上α振荡的功能意义。《实验心理学》52，2（2005年），99–108。[17] Thomas Kosch、Albrecht Schmidt 和 Lewis Chuang。2019年。利用脑电图研究快速序列视觉呈现显示参数对工作记忆负荷的影响。，2页。https://neuroadaptive.org/wp-content/uploads/2022/
07 19_ =24 /NAT Programme.pdf#page Thomas Kosch、Albrecht Schmidt、Simon Thanheiser 和 Lewis L. Chuang。2020年。快速序列视觉呈现绝非易事：利用脑电图为速读选择参数时的心理工作负荷。载于*2020*年 *CHI*计算系统中的人为因素会议论文集（美国夏威夷州檀香山）（*CHI '20*）。计算机协会，美国纽约州纽约，1–13。https://doi.org/10.1145/ 3313831.3376766[19] Thomas Kosch、Robin Welsch、Lewis Chuang 和 Albrecht Schmidt。2023年。人工智能在人机交互中的安慰剂效应。*ACM*计算机与人类交互汇刊29，6，文章56（2023年1月），32页。https: //doi.org/10.1145/3529225[20] Christian Kothe、Seyed Yahya Shirazi、Tristan Stenner、David Medine、Chadwick Boulay、Matthew I. Grivich、Tim Mullen、Arnaud Delorme 和 Scott Makeig。2024年。用于同步多模态记录的 Lab Streaming Layer。https://doi.org/10.1101/2024.02.13.580071 arXiv:https://www.biorxiv.org/content/early/2024/02/14/2024.02.13.580071.full.pdf [21] John D Lee 和 Katrina A See。2004年。对自动化的信任：如何设计适当的依赖。《人为因素》46，1（2004年），50–80。https://doi.org/10.1518/hfes. 46.1.50 30392_[22] Adam Li、Jacob Feitelberg、Anand Prakash Saini、Richard Höchenberger 和 Mathieu Scheltienne。2022年。MNE-ICALabel：在 Python 中使用 ICLabel 自动标注独立成分。《开源软件期刊》7，76（2022年），4484 10 21105 04484 。 [23] https://doi.org/ 。 /joss。Xingyu Long、Sven Mayer 和 Francesco Chiossi。2024年。利用脑电图和眼动追踪特征，在虚拟现实中多模态检测外部与内部注意。载于*Mensch Und Computer 2024*论文集（德国卡尔斯鲁厄）（*MuC '24*）。计算机协会，美国纽约州纽约，29–43。https://doi.org/ 10 1145 3670653 3670657 . / 。Steffen Mau、Thomas Lux 和 Linus Westheuser。2023年。《触发点》。Suhrkamp出版社，德国柏林。[24] [25] Luca Pion-Tonachini、Ken Kreutz-Delgado 和 Scott Makeig。2019年。ICLabel：一种自动化脑电图独立成分分类器、数据集和网站。《神经影像》198（2019年），181–197。https://doi.org/10.1016/j. neuroimage.2019.05.026[26] Desirée Schmuck、Miriam Tribastone、Jörg Matthes、Franziska Marquart 和 Eva Maria Bergel。2020年。避开另一方？一项关于政治广告中选择性接触与选择性回避效应的眼动追踪研究。《媒体心理学期刊：理论、方法与应用》32，3（2020年），158。[27] Christina Schneegass、Thomas Kosch、Andrea Baumann、Marius Rusu、Mariam Hassib 和 Heinrich Hussmann。2020年。BrainCoDe：阅读和听力过程中的脑电图理解检测。载于*2020*年 *CHI*计算系统中的人为因素会议论文集（美国夏威夷州檀香山）（*CHI '20*）。计算机协会，美国纽约州纽约，
1 13 10 1145 3313831 3376707 – 。https://doi.org/ 。 / 。Steeven Villa、Thomas Kosch、Felix Grelka、Albrecht Schmidt 和 Robin Welsch。2023年。人类增强的安慰剂效应：预期认知增强会增加冒险行为。《计算机与人类行为》146（
2023 107787 10 1016 2023 107787 ），。https://doi.org/ 。 /j.chb. 。 2023 [29] Heeseung Yu 和 Eunkyoung Han。 。人们只看见自己想看的：一项脑电图研究。《认知神经动力学》18，3（2023年6月），1167–1181。https: //doi.org/10.1007/s11571-023-09982-8 [30] Arne Freya Zillich 和 Sabrina Heike Kessler。2019年。测量在线信息的选择性接触：结合眼动追踪与内容分析，研究用户实际的搜索行为。载于测量媒体使用与接触，Christina Peter、Teresa Naab 和 Rinaldo Kühne（编）。《传播学的方法与研究逻辑》第14辑。Halem，科隆，196–220。https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/176070/