

脑机接口技术在新零售中的应用研究进展

谭平

(湖南工商大学智能工程与智能制造学院, 湖南 长沙 410205)

摘要: 新零售模式让消费者的购物体验得到了升级, 同时也推进了消费购物方式的变革, 使消费者的消费行为有了很大的变化。已有的消费行为分析技术, 较难分析消费者行为决策的实际过程。针对该问题, 本文探讨了脑机接口在新零售消费行为中的应用。脑机接口是一种新的技术手段, 可以利用大脑信号来分析解码用户的意图、分析研究用户大脑活动时的相关规律, 并探索人类在市场环境和相关制度规则下的决策规律, 从更深层次上去发现和研究人类消费行为中的决策机理, 同时也可验证和阐述科学决策、消费行为决策过程中的相关结论, 为新零售消费行为分析和决策神经科学发展提供助力。

关键词: 脑机接口; 新零售; 消费行为; 决策神经科学

中图分类号: TN911

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.33.040

新零售是在大数据技术、人工智能技术等先进科技大范围应用情况下, 企业以信息网络为依托, 通过这些先进的科学技术, 升级并改善商品研发、生产、运输与交易过程, 对商业结构与商业生态圈重新塑造, 并融合线上、线下的服务和体验以及现代物流的全新零售模式^[1]。运用新零售模式升级改善消费购物体验, 对消费购物方式的变革、零售业生态新格局的构建起到了巨大的推进作用。

在新零售模式下, 消费者面对的消费情景发生了很大变化, 例如无人值守店、AR/VR(增强现实和虚拟现实)体验店、“刷脸”支付方式等。这些变化对消费者的消费“心理账户”会产生巨大的影响。由于无人值守, 消费者选择商品时更加自由随意; 由于通过“刷脸”支付, 消费者对购买物品的价值没有消费心理预算。在人们的消费行为愈发个性化、自主化、差异化的今天, 企业推进以顾客为中心的新零售模式, 努力契合消费者心理, 为其带来更具吸引力的消费体验。在这种情况下, 消费者享受了消费乐趣, 但是其消费行为的随意以及缺乏心理预算, 难以达到效益最大化。可见, 新零售带来了消费购物方式的新特性。而如何针对新零售消费的新特性实现消费行为决策最优化, 则是非常重要的研究内容。

消费行为决策是消费者对某一产品进行判断并选择购买的过程。消费行为决策的研究采用的一般模型包括三个部分: 刺激、个体生理/心理、反应。消费行为是消费者在身体内部生理、心理因素和外部环境等刺激下引起的经济活动, 消费者在这些因素的刺激下, 产生购买商品的冲动或动机, 然后做出购买商品的想法或决策, 并完成消费行为。除了消费行为决策一般模型, 还有科特勒模型、恩格尔模型、尼科西亚模型、霍华德—谢思模型等。这些消费行为决策模型考虑的影响因素更加细致,

涉及的消费心理更加详尽。它们从不同的角度认识和揭示消费者行为决策过程的本质和规律。但是由于认识角度和认识方式的局限, 只能部分反映消费者行为决策的实际过程。利用认知神经科学来研究消费行为的方法, 可以更客观、深入地量化相关因素, 并研究消费者行为决策过程以及决策机制, 为消费行为决策优化提供理论基础。

随着认知神经科学的发展, 以及脑科学相关功能测量技术的进步, 结合经济管理、认知、心理、神经科学的交叉学科——决策神经科学开始进入决策领域, 并且吸引了国内外学者的广泛关注^[2]。特别是脑机接口(Brain Computer Interface, BCI)技术的发展, 为脑科学分析提供了良好的分析工具, 并且进一步推进了神经科学在经济学研究中的应用^[3]。通过分析和研究大脑活动规律, 包括人类在市场与制度规则发生变化情况下进行决策的规律, 逐步形成了决策神经科学。决策神经科学拓展并延伸了行为决策科学所研究的内容, 它从神经层面对决策行为特征、决策行为过程进行研究, 探索决策行为的神经机理。与传统的科学决策与行为决策相比, 决策神经科学是在更深层次上研究人类决策的科学机理, 在更深层次上验证科学决策、行为决策的相关结论, 解释优化决策、行为决策不好验证或没法验证的问题。因此, 利用脑机接口技术来分析行为决策, 一方面, 可以发现某些普遍现象与特殊情况之间的差异; 另一方面, 可以发现某些被试数据与大多数数据存在差别的深层次原因, 有合理、科学的理由与依据纠正或者删除不合理的数据。

1 脑机接口技术及其分类

脑机接口是一种直接利用大脑活动信号与环境交换信息

的系统，特点是在不依赖于神经和肌肉的情况下来交换信息，即摆脱了正常与外界交互的通道。脑机接口一般分为非侵入式和侵入式两种。在非侵入式中，常用信号是脑电信号（Electroencephalography, EEG），具有非植入、无创伤、携带方便等优点。脑机接口系统作为一个智能系统，包括信号采集、信号处理、应用接口三个部分，其中信号处理模块又包括预处理、特征提取、模式识别，如图1所示。

信号采集模块通过脑电电极传感器，接触受试者头皮后获取脑电信号，这些信号很微弱，需要通过脑电放大器将它们放大，并进行模数转换变成数字信号，传递给信号处理模块。

信号处理模块对脑电信号先做预处理操作，这个过程包含数据时间对齐、噪声处理、空间滤波等；然后对信号进行时、频、空等相关特征分析，并提取相关特征参数（如幅值、谱能量等）；接着利用机器学习的相关方法对这些特征参数进行训练与测试分类，识别出其大脑的意念状态或指令类型；最后将意念状态或指令类型传递给应用接口模块。

应用接口模块则是将接收的意念状态或指令类型，按指定的协议格式要求传递给应用程序，使应用程序完成具体控制功能。常用的应用程序很多，例如字符拼写器、脑控机器人或脑控虚拟现实等。

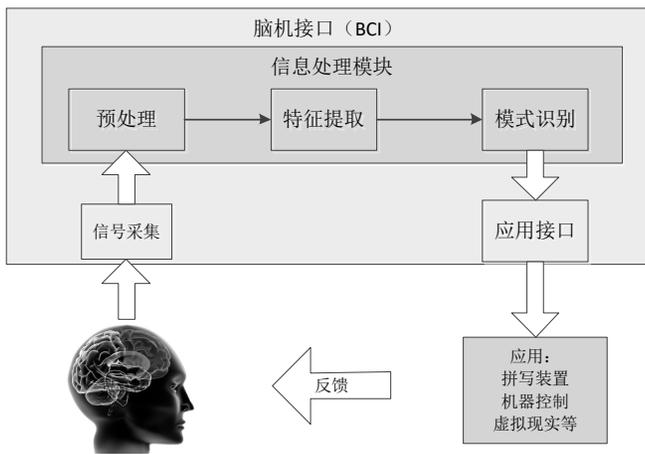


图1 脑机接口系统框图

1.1 脑机接口的采集信号分类

脑机接口需要利用大脑信号才能分析解码用户的意图，所以需要测量大脑活动，然后将测得的信息转换成易处理的电信号。常用的大脑活动监测信号有两大类：基于电生理学的信号和基于血液动力学的信号。

电生理学活动是由电化学神经递质在神经元之间的信息交换产生的。这些神经元在神经元组件内和跨神经元组间产生流动的离子电流。电流通路的种类繁多，可以简化为一个偶极传导电流通过树突状树干从源极流向接收端。这些细胞内的电流

称为初级电流。由电量守恒可知，这些初级电流会被细胞外的电流所包围，而细胞外的电流称为次级电流。可以通过皮层脑电图（ECOG）、脑电图（EEG）、脑磁图（MEG）等传感器来测量这些电生理学活动。

血液动力学响应是一个血液输送能量的过程。在该过程中，血液将葡萄糖释放到活跃的神经元上，其释放速率比非活跃神经元区域高得多。通过血液输送的葡萄糖和氧气导致活跃区域的血管内产生了一些多余的氧合血红蛋白，也导致氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白在局部的比例发生明显变化。这些变化可以通过功能磁共振和近红外光谱等神经影像学的方法来进行量化。因为与电生理学活动相比，它们并不是直接与神经元活动相关联的，所以这些方法也被称为间接法。

1.2 脑机接口范式的分类

大脑信号中包含众多与认知任务相关的同步现象。这些现象中大部分仍然难以理解，且不知道它们产生的原因。但是，为了使脑机接口系统理解它们的意图，人们可以学会用意念来调节它们。通过这样的方式，研究人员已经解码大脑信号的一些具有代表性的生理现象。目前的脑机接口系统中常用范式的信号有视觉诱发电位信号、慢大脑皮层电位信号、P300 诱发电位信号和感觉运动节律信号。表1列出了脑机接口系统的全部控制信号及其主要特点^[4]。

表1 脑机接口范式总结

信号	生理现象	通道数量	训练	信息转换速率
VEP	视觉皮层内的大脑信号调制	高	否	60-100比特/分
SCP	大脑信号内的慢电压移位	低	是	5-12比特/分
P300	小概率事件的刺激造成的正峰	高	否	20-25比特/分
感觉运动节律	感觉运动节律调制	低	是	3-35比特/分

2 脑机接口技术在新零售中的应用

脑机接口技术在新零售应用中主要包括两大类：一类是利用脑机接口技术分析新零售消费行为；另一类是利用脑机接口技术帮助残障人士完成消费行为。

2.1 利用脑机接口技术分析新零售消费行为

利用脑机接口技术分析新零售消费行为是决策神经学和神经经济学的一个重要内容。如利用脑电信号全程记录的被试信息，研究在线团购常用的两类信息（这里用的是喜欢该商品的消费者朋友信息、购买人数信息）是否影响消费者的情感、消费者的态度和他的意愿^[6]。通过实验，发现喜欢商

品的朋友信息对于消费者的购买意愿作用是积极的,而商品购买人数多或者少的信息对消费者态度和购买意愿的影响是不相等的。在网络购物中,研究消费者决策过程时,可以发现并解释网络购物中的消费从众行为,以及面对不一致的商品评论时,消费者认知与情感冲突的神经机理。通过脑电信号发现了消费过程中激励刺激从感官和记忆结构转移到与价值编码相关脑区的大脑处理过程,并通过功能连接,分析并验证了从颞叶皮层神经活动到腹内侧面额叶皮层神经活动的因果信息流,从而解释了消费者获取未来信息是从感官和记忆脑区获取的。

除了使用脑电信号分析外,fMRI(功能磁共振)也是一个重要分析手段。Riedl等设计面对真人面孔和虚拟面孔进行在线消费实验时,通过对fMRI数据分析发现,虚拟面孔可信度的预测准确性低,而真人面孔可信度的预测准确度高。当需要决定是否信任他人时,如果面对的真人面孔,人的内侧额叶皮质活动更加强烈。在网络环境下,消费者分享、评价并建议购买特定产品的行为,会对其他消费者决策产生影响,并且增强他们大脑纹状体的神经活动和眶额叶皮层的神经活动;而当消费者的决策与他人相左时,将激活颞顶连接处脑区神经活动。此外,在假设决策和实际决策两种状况时,卡默勒等研究脑区执行价格估计和选择计算的程序及其差异性。他们利用功能磁共振测量被试者做出真实的和假设的商品购买决策时脑区神经活动情况,发现眶额皮层和腹侧纹状体与商品购买决策的两种类型中的商品激励价值相关。

2.2 利用脑机接口技术实现消费行为

文献设计了基于脑机接口的网上购物系统。该系统通过分析浏览器的内容,在商品图片旁边设置不同频率的闪烁块,诱发被试者的SSVEP脑电信号,再进行分析处理,利用FBCCA等方法识别被试者的购买意图,完成商品选择,实现“意念”购物行为。采用相似的技术,可以实现基于脑机接口的图书馆购书/借书系统。Victor等设计了异步P300脑机接口的浏览器,实现过程中添加区分控制状态和非控制状态的阈值,以来克服命令模式与阅读模式的切换问题。该系统在多发性硬化症(MS)患者中进行了测试应用,平均准确率可达到85%左右,使MS患者能够成功控制BCI网络浏览器,提高了他们的个人自主性。基于脑机接口的购物系统和浏览器,不仅可以帮助残障人士,同时可为消费行为分析提供技术支撑^[5]。

3 结语

脑机接口技术是当前研究的一个重要内容,在新零售消费行为分析中已经起步。脑机接口技术克服了问卷调查式消费行为分析的主观因素,帮助该领域的研究从主观走向客观,将传统经济学中的行为心理分析推向量化的大脑神经元分析,为经济学认识人类行为、揭示消费行为背后的心理动机和偏好机制提供了科学依据,为研究消费者行为决策过程以及决策机制和决策优化提供了理论基础。但是,其发展也面临不小的困难和挑战。例如,脑机接口技术需要有计算机科学、人工智能、神经科学相关背景,而消费行为分析需要有经济学、管理学、营销学等相关背景,这两方面差距较大,跨界难度也大,需要学者们兼具经济管理学的思维和计算机与认知神经科学的基础训练。但应该相信,随着技术的发展,学科交叉融合更加紧密,脑机接口用于新零售消费行为分析中的应用也将更加广泛。

参考文献:

- [1] 李坚飞,孙梦霞,任理.新零售服务供应链线下服务质量稳态的动力机制[J].系统工程,2018,36(06):79-89.
- [2] 潘煜,万岩,陈国青,等.神经信息系统研究:现状与展望[J].管理科学学报,2018,21(05):1-21.
- [3] 李浩,马庆国,董欣.神经组织学:概念解析、理论发展和研究展望[J].管理世界,2016,(08):164-173.
- [4] 陈霖.新一代人工智能的核心基础科学问题;认知和计算的关系[J].中国科学院院刊,2018,33(10):1104-1106.
- [5] 王墨竹,姚建明.基于顾客多维满意度刻画的无人零售终端配置优化研究[J].管理学报,2019,16(01):133-141.
- [6] Kuan K, Zhong Y, Chau P. Informational and normative social influence in group-buying: Evidence from self-reported and EEG data[J]. Journal of Management Information Systems, 2014, 30(04): 151-178.

作者简介:谭平(1981-),男,湖南涟源人,博士研究生,副教授,主要从事人工智能、信号处理方向研究。

基金项目:国家社科基金一般项目“新零售语境下消费行为的新特征与决策神经机制研究”(项目编号:19BGL111)。