

# 神经信息系统研究：现状与展望<sup>①</sup>

潘焯<sup>1</sup>, 万岩<sup>2\*</sup>, 陈国青<sup>3</sup>, 胡清<sup>4</sup>, 黄丽华<sup>5</sup>  
王刊良<sup>6</sup>, 王求真<sup>7</sup>, 王伟军<sup>8</sup>, 饶恒毅<sup>1</sup>

- (1. 上海外国语大学国际工商管理学院、脑与认知科学应用重点实验室, 上海 200083;  
2. 北京邮电大学经济管理学院, 北京 100876; 3. 清华大学经济管理学院, 北京 100084;  
4. 纽约城市大学巴鲁克学院杰克林商学院, 纽约 10010; 5. 复旦大学管理学院, 上海 200433;  
6. 中国人民大学商学院, 北京 100872; 7. 浙江大学管理学院, 浙江大学神经管理学实验室, 杭州 310058;  
8. 华中师范大学青少年网络心理与行为教育部重点实验室, 武汉 430079)

**摘要:** 神经信息系统(neuro information systems, NeuroIS)是认知神经科学理论、方法和工具在信息系统领域的应用,从全新的方法论视角研究和解决信息系统中的相关问题. 神经信息系统的研究主要集中在系统设计与优化、信息服务与决策、社会网络与互动这三大领域,主要的研究范式可分为情景实验的研究范式、心理学及决策科学经典任务应用的研究范式、多任务多方法结合三类. 神经信息系统研究方法有效弥补了传统信息系统研究存在的不足,减少了应答偏差、实现了用户心理过程的准确测量并探索了用户决策的神经机制,发展和深化了信息系统的研究手段和理论基础. 神经信息系统研究在补充和丰富现有理论的基础上,通过探索和发现传统信息系统领域中尚未解决以及存在争议的问题,揭示用户信息决策的机制,打开“黑箱”,推动信息系统科学研究向“更客观,更深入”的方向发展. 当前数字经济蓬勃发展,神经信息系统方向的发展为从事信息系统研究的学者提出了新的历史使命,创造了新的历史机遇.

**关键词:** 神经信息系统; 研究领域; 研究范式

**中图分类号:** C931.6   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2018)05-0001-21

## 0 引言

认知神经科学是利用神经科学和神经生理学的的方法和工具,研究人类认知过程的脑机制的学科<sup>[1]</sup>. 大脑作为人体最为复杂和精密的器官,内部含有上千亿个神经元,并通过突触相互连接. 大脑将外在环境的信息通过不同的感官加以收集、整理和保存,进而产生思想、情绪、记忆、决策和行动. 最近,在管理学领域的研究中,管理学研究者

开始使用认知神经科学方法,直接、客观地测量大脑的活动,探索个体从事管理活动,进行管理决策的认知过程. 认知神经科学为管理学研究领域注入了新的活力,催生了“神经管理学”这一新兴的交叉学科. 2016年,国际知名的出版集团 Frontiers 选定神经管理学为年度研究主题,在全球范围内征召相关论文,推动该领域的研究发展,并指出<sup>②</sup>: 神经管理学的概念最早由中国学者马庆国

① 收稿日期: 2017-10-26; 修订日期: 2017-12-20.

基金项目: 国家自然科学基金委资助项目(71671115; 71471019; 71772124; 71672170; 31700950); 教育部人文社科基金资助项目(17YJA630097); 上海高校特聘教授(东方学者)岗位计划资助项目(TP2015031; TP2016020); 中国工程院咨询研究资助项目(2018-XY-45).

通讯作者: 万岩(1966—),女,上海人,博士、教授、博士生导师. Email: wanyan@bupt.edu.cn

② <http://journal.frontiersin.org/researchtopic/4815/application-of-neural-technology-to-neuro-management-and-neuro-marketing>

教授在2006年提出,该新兴交叉学科通过认知神经科学方法和技术研究管理学的重要问题,着重于探索人们在面对管理问题时的大脑活动和心理过程.这一概念的提出,推动了管理学研究范式的变革,为传统管理学向更科学方向发展提供可能.神经信息系统(neuro information systems, NeuroIS)属于神经管理学的重要分支,是认知神经科学理论、方法和工具在信息系统领域研究中的应用,从全新的视角来研究和解决信息系统研究中的一系列相关问题<sup>[1]</sup>.

近年来,信息系统行为研究与多个学科领域相结合,通过多种研究方法搜集数据,如采用访谈、问卷、实验室实验等方法收集主观数据,利用报表、数据库及社交网络等采集客观数据<sup>[2-4]</sup>.在此基础上,神经信息系统研究从以下两方面有效弥补了信息系统行为研究存在的不足.首先,神经信息系统研究应用多种生理、神经成像工具直接客观地测量情感、认知、决策等引发或伴随的脑活动,能够有效克服传统信息系统研究数据收集过程中的测量偏差.传统的信息系统关于行为学的研究采用主观数据,存在包括共同方法偏差(common method bias)等多种数据偏差问题.认知神经科学中通过常用的神经成像工具直接测量受试者大脑活动的空间定位、频率,数据更加客观准确,有效地提高了研究的效度<sup>[5-6]</sup>.其次,传统信息系统行为研究所搜集的客观数据一般为可观察到的用户行为结果,通过识别策略的设计在一定程度上推断用户决策的心理过程与内在机制.神经信息系统研究利用认知神经科学的工具方法,采集用户决策过程中大脑活动的客观数据,检验现有信息系统的构念等是否与特定大脑区域的功能相对应,能够识别出信息系统构念的维度及其相应的大脑定位,研究信息系统中使用行为的神经加工机制,揭示情感和认知因素对个体决策行为的影响,从而完善信息系统研究的相关理论<sup>[7-8]</sup>.例如,Dimoka<sup>[8]</sup>应用功能核磁共振成像工具,重新研究了“信任”、“不信任”两个构念,发现“信任”与“不信任”分别激活了两个不同的大脑区域,反映了分离的神经处理过程.这一发现提示“信任”与“不信任”可能不简单是同一个构念的两极,而是两个不同的构念,挑战了传统信息系统领域对于“信任”问题的认知.另外,在相关的神

经管理学实验研究过程中,是对相应的实验环境进行了高度的简化或者特别的设计,这些与实际的社会环境也是有区别的.因此神经信息系统研究专注某一类特定的刺激或者环境的情况下,探究决策的心理过程与生物反应之间的内在关系,是对传统信息系统研究在生物机理层面的重要补充.这两者是在不同层面上求解的过程,是定义在不同层级和问题的层面上,应用在不同问题的研究之中.

随着学科发展的融合,越来越多的学者采用认知神经科学使用的研究方法、工具和测量手段研究管理学问题,各个领域的综述类文章纷纷在一流学术期刊发表<sup>[1,9-12]</sup>.神经信息系统的发展快速,但是,无论国内还是国外,这一领域仍处于发展的初期.因此,总结认知神经科学的研究领域、常用方法、工具,概括神经信息系统领域的研究现状、研究范式,厘清该领域的研究脉络,对未来开展神经信息系统领域的研究具有重要意义.

本文系统梳理了国际上神经信息系统领域目前的发展现状,截止目前,包括信息系统领域权威期刊 MIS Quarterly、Information Systems Research、Journal of Management Information Systems、Journal of Association for Information Systems 等都有一系列论文,特别回顾总结了近5年来神经信息系统的相关发表论文.

## 1 认知神经科学研究方法与大脑结构功能

神经信息系统的研究需要借助认知神经科学的方法及工具,但每种仪器的特点、测量对象各不相同,研究的问题、采集数据的结果各有优劣<sup>[1,12-13]</sup>.人们在对脑科学不断地探索过程中,发现大脑极其复杂,不同的区域具有不同的功能,同一区域又可能具有不同功能,而且以系统的模式工作,若干不同功能系统的协同来共同形成最终的决策行为<sup>[14-17]</sup>.

### 1.1 认知神经科学的主要研究工具

认知神经科学的常用研究工具主要包括有功能磁共振成像(fMRI)技术、功能性近红外光谱成像

(fNIRS)技术、正电子发射计算机断层扫描(PET)、脑电图(EEG)、脑磁图(MEG)、经颅磁刺激(TMS)、经颅直流电刺激(tDCS)、眼动仪(eye tracking)、皮肤传导反应(SCR)等设备,这些设备各自收集的神经和生理数据的类型、优势、不足及相关的研究文献见表 1.

表 1 常用的神经科学方法  
Table 1 Neuroscientific methods

神经科学方法	测量	优势	不足
功能性核磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI)	血氧变化	1. 非介入性 2. 数据分析方法较为成熟 3. 空间分辨率高	1. 价格昂贵 2. 时间分辨率不高 3. 限制被试的身体移动,对实验环境要求高
脑电图 (electroencephalography, EEG)	电位活动变化	1. 时间分辨率高 2. 相比于 fMRI,价格相对低廉 3. 通过电信号直接测量大脑活动 4. 操作简单,可用于大规模被试	1. 空间分辨率不高 2. 对大脑深层区域电信号不敏感 3. 受限于简单的实验范式
眼动仪 (eye tracking)	眼球活动	1. 测量注意力的有效手段 2. 有效避免自我报告回忆出错的问题 3. 对被试注视刺激物时有可视化视图	1. 眼动仪不能捕捉眼球周边视图 2. 使用眼动仪时被试头部转动更加谨慎 3. 注视点不一定代表被试真正关心的区域
皮肤传导反应 (skin conductance response, SCR)	汗腺变化	1. 测量情绪反应的有效手段 2. 价格低廉,广泛使用 3. 操作简便,轻微身体移动不会影响数据收集	1. 测量不可预测 2. 容易受习惯性影响 3. SCR 测量的指标并不能作为决定性证据
功能性近红外光谱成像技术 (functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)	合血红蛋白以及脱氧血红蛋白的浓度变化	1. 价格低、便携性好、无噪声,适合用于婴幼儿和老年人被试 2. 时间采样率高,可以测到完整的生理信号.	1. 无法探测大脑皮层内部较深区域的信号 2. 空间分辨率不高 3. 时间精确性不高
正电子发射计算机断层扫描 (positron emission tomography, PET)	血流量、糖代谢和氧消耗的变化.	1. 能够提供全身 3 维和功能运作的图像 2. 能够测量脑内神经递质,遗传受体及脑内代谢等更具临床意义的指标	1. 造价昂贵,研究成本高 2. 需要在体内注入一定的放射性追踪物 3. 空间分辨率不高
脑磁图 (magnetoencephalography, MEG)	磁场变化	1. 高时间分辨率 2. 相对 EEG 更准确的空间定位 3. 不需要固定被试头部,准备时间短,检测过程安全,方便	1. 很难探测大脑深部的磁信号 2. 设备昂贵,对实验环境要求苛刻 3. 空间分辨率不高
经颅磁刺激 (transcranial magnetic stimulation, TMS)	通过改变皮层神经细胞的膜电位,使之产生感应电流,影响脑内代谢和神经电活动	1. 非侵入无痛 2. 能够提供一定程度上因果关系的研究证据 3. 通过改变大脑活动调节认知功能	1. 重复实验可能会有副作用 2. 对主试和被试都有较高要求
经颅直流电刺激 (transcranial direct current stimulation, tDCS)	通过改变皮层神经细胞的膜电位,使之产生感应电流,影响脑内代谢和神经电活动	1. 刺激较弱,几乎不会对人体造成伤害 2. 携带方便 3. 价格较 TMS 低廉 4. 能够提供一定程度上因果关系的研究证据 5. 通过改变大脑活动调节人知功能	1. 可能会带来实验副作用. 2. 空间定位性较差

目前神经信息系统研究中用于测量脑活动的技术主要包括 PET、fMRI、fNIRS 和脑电图(EEG). 在安静状态下,大脑消耗的氧气和葡萄糖速率是其他身体组织的 10 倍. 当某一大脑区域被特定作业或

任务激活时,这个区域需要的能量消耗以及供血供氧都会显著增加.通过追踪供血供氧或能量变化的生理参数,就能知道大脑从事特定作业和任务时,哪部分脑区更加兴奋活跃.这就是 PET、fMRI 和 fNIRS 等设备的基本工作原理.其中,PET 将半衰期较短的放射性标记物(如带放射性标记的葡萄糖或水)注入体内,通过探测标记物在人体内放出的光子,计算大脑中葡萄糖等物质的代谢率,检测脑部代谢活动与心理活动和认知功能的关系.通过改变不同的放射性标记物,PET 可以对大脑内神经递质、遗传受体以及代谢水平进行定量测量.fMRI 和 fNIRS 分别通过测量血液中氧浓度变化引起的血红蛋白磁性改变和血液对近红外波段光谱(6 000 NM ~ 9 000 NM)的散射性变化,检测大脑兴奋区域与心理活动和认知功能之间的关系.通常 PET 可以几十秒内,得到一幅全脑的功能活动图像,空间分辨率在厘米量级.与 PET 相比,fMRI 可以提供更高的时间分辨率和更精细的空间分辨率.基于血氧水平依赖(BOLD)信号的 fMRI 可以在数秒内得到一幅空间分辨率在毫米水平的全脑功能活动图像,但 fMRI 与 fNIRS 一样,其有效的时间和空间分辨率受伴随神经活动所产生的血氧水平生理变化的限制.此外,由于 PET 需要注射使用放射性标记物,因此应用范围受到一定限制.fMRI 和 fNIRS 不需要放射性标记物,可以无创地直接观测大脑的活动模式,因此应用前景十分广泛.fMRI 的主要缺点是设备造价昂贵,使用成本高昂,记录到的信号不是直接的神经电生理信号,时间分辨率只能达到秒级,对实验设计和环境要求相对都比较严格.与 fMRI 技术相比,fNIRS 造价低,便携性好,时间采样率较高,对实验环境要求相对较低,适用于生态性较高、时间较长的研究.fNIRS 的最大缺点是测量深度有限,只能检测大脑皮层表面 1 cm ~ 2 cm 深的功能活动信号,不能测量大脑皮层内部较深区域的信号,无法覆盖全脑,空间分辨率也相对较低.

通常 fMRI、PET、fNIRS 采集的是与特定作业或任务相关的大脑功能像时间序列数据.已经有很多开源或商业化的软件或者工具包,如 AFNI (<https://afni.nimh.nih.gov/>)、Brainvoyager (<http://www.brainvoyager.com/>)、FSL (<https://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/>)、SPM (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>)等,可以对大脑功能像数据进行标准化的分析.进行任务相关的 fMRI、PET、fNIRS 实验设计和数据分析时,一般采用的都是认知减法的逻辑.在实验设计时,需要设置特定的实验作业或任务条件和相应的对照作业或任务条件,尽量控制两种条件的其他成分或无关变量保持不变,仅在希望研究的目标任务或者作业成分上存在差异.这样,在数据分析时,通过将实验状态与对照状态进行统计相减,定位相减后得到的信号变化(fMRI、PET、fNIRS 信号增强)区域,就被认为是与特定任务或者作业成分相关的脑区.

fMRI 数据分析时,需要测量特定作业或任务相关的血氧含量水平(BOLD)的变化来确定哪些大脑区域参与了该项认知功能,任务卷入度越高的大脑区域 BOLD 水平升高越明显,在 MRI 图像上会呈现强烈的激活区域.fMRI 采集的时间序列图像数据通常要首先进行预处理,包括头动矫正、空间配准、标准化、平滑等一系列过程对图像信号进行降噪处理.然后采用一般线性模型(GLM),根据实验设计对数据进行全脑体素(voxel-wise)建模分析,设定一定的统计显著性阈值,通过比较实验状态与对照状态的不同,获得所考察的特定作业或任务相关的主要功能区域.fNIRS 数据处理也包括图像数据预处理和统计建模分析两个步骤.预处理阶段主要是通过傅里叶变换或者离散余弦变换等滤波方法,去除测量信号中的生理噪声(如心率、呼吸等)和随机噪声;并通过主成份分析(PCA)等方法去除运动伪迹.fNIRS 数据统计建模分析主要通过时程波形分析,叠加平均多次重复测量的数据,考察特定任务过程中氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白浓度的平均变化波形,以此得出血液动力相应曲线并进行统计比较分析.与 fMRI 类似,fNIRS 数据的大脑神经活动检测也可采用一般线性模型(GLM)的方法进行统计分析,得出特定认知成份的主要功能脑区.PET 数据图像的重建比较复杂,但统计建模分析与 fMRI 和 fNIRS 类似,可以通过统计比较放射性标记物在脑内的空间分布及数量的差异,来获得特定作业或任务相关的功能代谢或生理生化活动信息.

脑电图(EEG)或者事件相关电位(event-related potential, ERP)技术,通过实时记录大脑从事特定任务时的头皮电位,测量特定作业或任务引起的大脑头皮上搜集到的脑电生理信号的变化来开展研究.并可以通过源定位模型,逆向求解出大致的脑内电活动的源定位. EEG/ERP技术的优点是研究成本相对低廉,时间分辨率可以达到毫秒级,对实验环境要求也没有fMRI那么苛刻.但是,由于EEG/ERP源定位模型数学上逆向求解的困难,只能粗略估计真实脑活动,空间分辨率较差.因此,有效地结合不同大脑研究技术对脑功能活动进行测量,在时间与空间分辨率上同时达到更好的水平是很有前景的研究方向.

EEG/ERP采集的脑电信号比较微弱,一般处于几个微伏到几十微伏之间. ERP数据处理的重点在于将特定作业或任务诱发的电位从自发EEG信号中提取出来进行分析,最终得到与特定任务相关的脑电成份. ERP的数据分析可以购买脑电设备公司配套的分析软件(如brain product、neuroscan)进行分析,也可以用开源的基于Matlab的EEGLAB工具包进行分析. ERP数据分析步骤主要包括滤波、去伪迹、对特定任务事件进行分段、将每种任务事件的ERP波形进行叠加平均得出相对应的脑电成份.如在决策任务中,若被试做出错误决策,出现负性结果,会出现明显的反馈负波(FRN). ERP数据分析的主要指标是特定脑电成份,脑电成分的波幅(反应大脑活动强度),以及脑电成分出现的潜伏期,指从外部刺激(认知任务、心理活动等)出现到大脑开始活动之间的时间间隔.

眼动(eye-tracking)技术主要被用来记录人们在处理视觉信息时的眼动轨迹特征,在心理学、社会科学、人机交互、阅读、广告、营销等领域应用广泛.常用的眼动技术指标有:1)注视,反应个体的认知加工程度;2)眼跳,指注视点或注视方向发生改变,用来获取时空信息;3)追随运动,指眼球追随物体运动,也可反应个体的认知加工.眼动仪可以绘制眼动轨迹和热点图等,直观而全面地反映眼动的时空特征.眼动轨迹能够测出个体的视线在关注对象上移动的轨迹和关注的重点部

分.比如在网站设计的应用上,可以通过对用户眼动轨迹的分析调整网页信息,基于用户关注集中的位置来分布重要信息.热点图通过对所有被试注视信息的叠加来直观反映用户对界面各处的不同关注度.

当机体受到外界刺激或情绪状态发生改变时,汗腺分泌等机能会发生变化,人体的皮肤电阻、电导也会随皮肤汗腺机能变化而改变.因此,通过记录特定作业或任务相关的皮肤传导反应(SCR),即皮电反应,也可以获得任务或者作业过程和机制的一些信息.皮肤电的指标很多,包括皮肤传导(SC)、皮肤电位(EDP)、皮肤电(SP)、皮肤电反射(GSR)等等.其中皮肤电位(EDP)和皮肤传导(SC)应用最为广泛.EDP信号是将1对电极放置在皮肤表面,通过测量经过该表面的微小电流而获得.小汗腺(如手掌和足底)多与行为控制相关.在进行SCR数据分析时,需要考虑皮肤电反应基础水平的个体差异,因为不同个体的皮肤电水平各不相同,甚至同一个体在不同时间,不同环境下也会有所不同.因此,当研究不同个体的皮肤电水平与心理活动之间的关系时,需要去除每个被试的皮肤电信号的基础水平差异,才能更准确的得出皮肤电反应的内在特征随心理活动产生的变化.

TMS和tDCS属于神经调节(neuromodulation)技术.这两种技术方法比较类似,都是通过刺激特定大脑区域的放电来改变个体的认知行为. TMS主要是利用脉冲磁场作用于中枢神经系统来改变皮层神经细胞的膜电位,产生感应电流,通过影响脑内的神经活动和代谢引起生理生化反应.而tDCS是利用恒定、低强度直流电1 mA ~ 2 mA调节大脑皮层神经元活动.

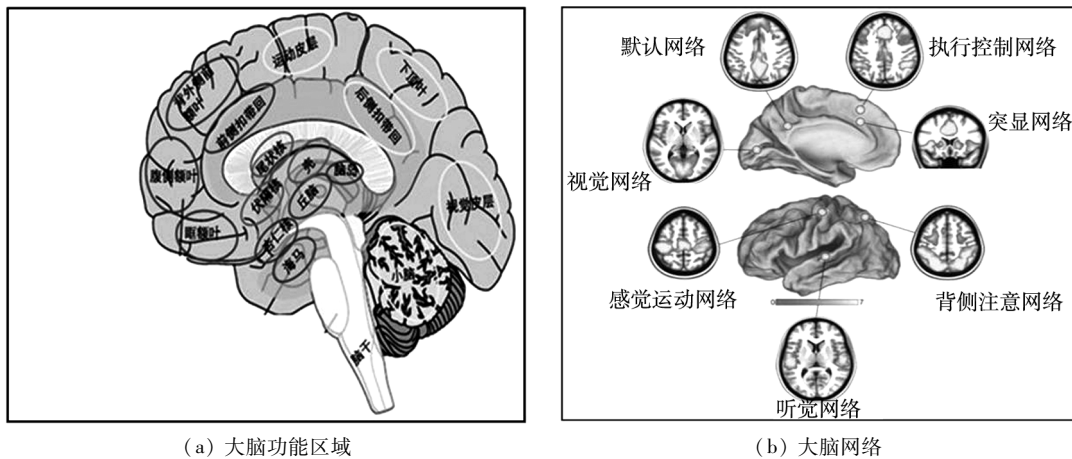
## 1.2 大脑功能区域与网络组织

从功能定位的角度出发,大脑是由多个功能和结构上相对专门化的模块结合而成,不同的认知功能与大脑的不同区域或系统相关,表2与图1a展示了与社会科学研究领域尤其是信息系统研究相关的主要大脑区域,包括前额叶区域(prefrontal cortex, PFC)、大脑边缘系统(limbic system)、基底神经节区域(basal ganglia)以及其他相关区域<sup>[18-23]</sup>.

表2 大脑结构区域及其功能

Table 2 Region of the brain structure and its function

主要脑区	功能区域	负责功能
前额叶区域	前侧扣带回 (anterior cingulate cortex, ACC) 背外侧前额叶 (dorsal lateral prefrontal cortex, DLPFC) 腹侧额叶 (medial frontal cortex, MFC) 眶额叶 (orbital frontal cortex, OFC)	人类的高级认知功能加工,如问题解决、行为调节、工作记忆、推理判断、制定目标并依照目标付诸行为
边缘叶系统	杏仁核 (amygdala) 海马 (hippocampus) 脑岛 (insula) 丘脑 (thalamus)	杏仁核多对恐惧情绪有较强烈反应 海马主要负责个体的对情绪记忆的整合和长时储存加工 脑岛区域对厌恶、回避等负面情绪进行加工 丘脑主要反应个体情绪的唤醒度和警觉性
基底神经节	伏隔核 (nucleus accumbens) 尾状核 (caudate) 壳 (putamen)	大脑多巴胺神经递质释放的主要区域,与个体对奖赏、成瘾、快乐、惩罚、风险加工等行为有着紧密的联系,也是决策研究中非常核心的关注区域
其他区域	后侧扣带回 (posterior cingulate cortex, PCC) 下顶叶 (inferior parietal lobe, IPL) 运动皮层 (motor cortex) 视觉皮层 (visual cortex) 小脑 (cerebellum) 脑干 (brain stem)	后侧扣带回与个体的自我意识加工密切相关 下顶叶区域与空间感觉、数理逻辑相关 运动区负责对躯体运动的调节和行为的实现 小脑支持身体平衡,对人类的其他高级认知功能加工也有一定作用 脑干维持个体生命,包括心跳、呼吸、消化、体温、睡眠等重要生理功能.



(a) 大脑功能区域

(b) 大脑网络

图1 大脑功能区域与网络组织

Fig. 1 Brain functional area and network organization

如果把每一个大脑脑区都看成1个节点,通过研究各个脑区间的联系,可以测量全脑的连接网络.大脑连接网络与互联网和社交人际网络类似,虽然大多数的节点间都没有直接的联系,但是两个节点之间可以通过很少的几个中间节点相连,也就是具有所谓的“小世界”属性.近年的研究已经发现多个大脑的功能性连

接网络,包括视觉网络,听觉网络,感觉运动网络,背侧注意网络,默认网络,突显网络,执行控制网络等.同一个网络中的脑区通常具有时间序列上相依的特性.组成大脑的区域,需要精密协调合作,才能实现认知活动<sup>[18-19,24-27]</sup>.大脑主要的连接网络及其功能如表3及图1b<sup>[27]</sup>所示.

表 3 大脑连接网络及其功能  
Table 3 Brain connection network and its function

大脑网络	包含区域	负责功能
视觉网络 (primary and secondary visual network)	位于枕叶 (occipital cortex), 主要包含位于枕叶距状裂 (calcarine fissure) 区域及周围的初级视皮层 (V1) 和纹外皮层的次级视皮层 (V2)	接收外界视觉信息输入和加工. 背侧通路参与处理物体的空间位置信息以及相关的运动控制, 如眼跳和伸取; 腹侧通路参与物体识别, 例如面孔识别, 也与长期记忆有关
听觉网络 (auditory network)	位于颞上回区域 (superior temporal gyrus), 包括左侧听觉区 (left A1) 以及右侧听觉区 (right A1)	负责对听觉刺激进行加工
感觉运动网络 (sensorimotor network)	辅助运动区 (supplementary motor area); 位于中央前回 (precentral gyrus), 包括旁侧中央小叶 (paracentral lobule) 以及中部扣带回 (middle cingulate cortex) 双侧运动皮层 (motor cortex); 双侧顶叶 (left parietal lobe), 中央后回 (left postcentral gyrus)	接受身体对侧的痛、温、触和本体感觉冲动, 并形成相应的感觉 支配对侧躯体运动, 主要接受来自对侧骨骼肌、肌腱和关节的本体感觉冲动, 以感受身体的位置、姿势和运动感觉 产生控制动作执行的神经冲动
背侧注意网络 (dorsal attention network)	顶叶 - 额叶区域 (parietal-frontal cortex), 包括双侧顶内沟 (intraparietal sulcus) 以及双侧额眼区 (frontal eye field)	负责对外界刺激信息的注意加工, 提供自上而下的注意定向, 持续工作保证任务的完成
默认网络 (default brain network)	腹内侧前额叶 (medial prefrontal cortex) 双侧下顶叶 (inferior parietal) 双侧外顶叶 (lateral parietal) 后侧扣带回 (posterior cingulate cortex) 双侧下颞叶 (inferior temporal cortex)	负责对自我意识的加工, 包括自传性信息, 自我情绪状态、自我评价描述等 负责对他人状态情绪的思考和信息加工, 如心理理论、道德推理、社会评价等 负责对过去事件的回忆以及未来的描绘加工等
突显网络 (salience network)	双侧前脑岛 (bilateral anterior insula) 背侧前扣带回 (dorsal anterior cingulate cortex) 双侧前额叶前部 (anterior prefrontal cortex) 双侧外顶叶 (lateral parietal)	对外在刺激进行评估并选择值得注意的刺激 (如食物、金钱、愉悦刺激等), 从而完成定向, 协调大脑资源采取相应行为
执行控制网络 (executive control network)	背内侧前额叶 (dorsal medial prefrontal cortex) 前额叶前部 (anterior prefrontal cortex) 顶上叶 (superior parietal)	参与多种高级认知任务, 包括活动抑制、情绪加工等, 以及适应性控制

## 2 神经信息系统的领域探索

在管理即决策这一核心思想影响下, 信息系统相关研究理论不断扩展, 如计划行为理论 (theory of planned behavior)<sup>[28]</sup>、期望效用理论 (expected utility theory)<sup>[29]</sup>、前景理论 (prospect theory)<sup>[30-31]</sup> 以及情感启发理论 (affective heuristic theory)<sup>[32-33]</sup> 等. 信息系统的研究注重系统功能服务的同时, 也认识到用户情感体验的重要性, 包括使用的反馈、体验过程中的情绪、各类感知等, 双加工理论研究的框架已经引起学者们的关注. 但由于被试主观或者客

观的原因无法获得客观、深入和准确的数据, 使得传统信息系统研究方法不能有效解决相应的研究问题, 容易导致结果不稳定, 不可重复及不可证伪. 神经信息系统通过深入、客观、科学地解释深层次的原因, 渴望打开与信息系统相关的决策过程的“黑箱”, 将有力促进信息系统领域的研究及实践.

信息系统研究 (或管理信息系统研究) 可以分为 3 大学派: 设计学派 (design science)、行为学派 (behavioral science)<sup>[34]</sup>, 以及计量学派 (quantitative modeling). 其中, 设计学派思想起源于工程领域, 主要关注技术科学, 包括信息系统开发实践

与分析;行为学派属于实证主义,将信息系统研究看成社会科学,从行为学、心理学视角,围绕信息系统的分析、设计、管理、使用等问题,通过主观及客观证据,搭建构念模型或验证理论;计量学派应用计量经济学及博弈论等手段,搭建理论模型,通过客观数据,验证基于定量建模的信息系统理论.

认知神经科学方法作为研究人们情感体验非常有效的技术手段,被迅速应用于信息系统认知、行为领域,主要关注信息系统与用户的互动及融合,强调信息技术和信息系统对个体、群体、组织和社会行为的影响(见图2).一方面,信息技术和

信息系统是为个体、群体和组织服务的,研究者主要从用户使用角度探索信息系统如何满足用户需求,进行系统设计与优化,改善用户使用体检;另一方面,信息技术和信息系统是引发用户行为的重要因素,研究者主要探索信息技术和信息系统如何影响个体和群体行为以及用户之间的相互影响,影响效果受哪些因素影响,即信息服务对决策的影响、社会网络与互动对用户行为的影响.根据信息系统与用户之间融合互动的关系,现有神经信息系统研究主要集中在:①系统设计与优化、②信息服务与决策、③社会网络与互动3个领域.

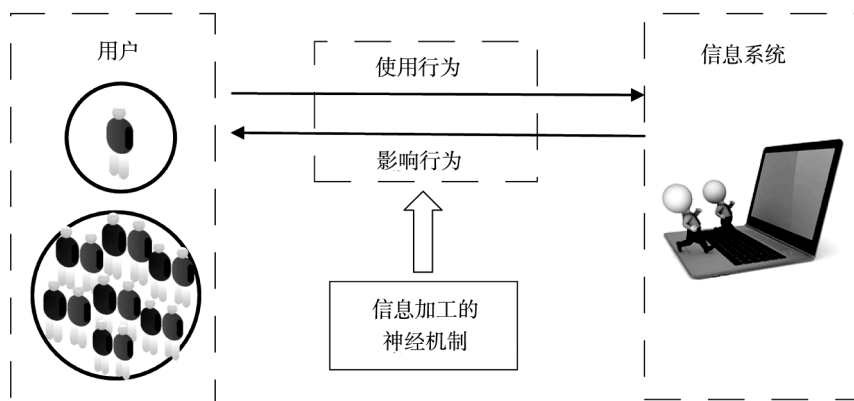


图 2 认知神经科学作用信息系统研究的框架

Fig. 2 Framework of the research on cognitive neuroscience and information system

### 2.1 系统设计与优化

系统设计与优化主要聚焦于决策方法、人机交互、数据库、网络通信、分布计算、人工智能等技术如何满足信息系统各层次用户的需求,从而实现业务管理、信息共享、决策分析等功能,在组织和人的参与下最终实现信息系统的设计目标,更好地为组织和用户服务.信息系统在提供基础功能服务的同时,开始注重提升用户的情感体验.因此,学者们尝试把认知神经科学的研究方法运用到系统设计、系统优化中,即运用神经科学方法来优化信息系统设计,改善用户体验.

Teubner 等<sup>[35]</sup>在电子拍卖情境下研究代理软件对投标者情感体验的过程和投标行为的影响.实验中,使用皮肤电导反应(skin conductance response)和心律测量(heart rate measurements)研究投标人的即时情绪和唤醒度指标.研究表明,无论投标是否成功,代理软件减轻了投标人即时情绪强度和在拍卖过程中的整体唤醒水平;面对

真人投标者,投标人唤醒度更高、出价更低;而当面对代理软件时,唤醒度与出价之间的负性关系就不存在了.因此,代理软件相比于真实代理人,能减少投标人的情绪化行为.

在信息系统设计时,为保证信息系统的实用性、有效性及高效性,系统设计者应充分考虑用户需求,掌握用户心理,保证系统的可操作性与友好性.提升人机交互水平是设计出满足使用者需求、受到使用者欢迎的系统的核心. Huang 等<sup>[36]</sup>研究了用户如何理解和处理信息系统中的常用符号、图标,在实验过程中,采用功能性核磁共振(fMRI)研究了中国用户和英国用户面对4种类型的视觉刺激(图标、照片、汉字和英语单词)的反应,获得了用户大脑神经的数据.研究发现,虽然图标和汉字都激活了大脑中的语义系统,但是用户对图标和汉字的认知加工模式不同,图标和照片在传达意思方面没有文字有效.大脑需要花更多的精力来理解图标和照片表达的意思. Vance 等<sup>[37]</sup>



利用眼动仪技术研究了用户忽略安全提示信息的原因. 结果表明眼球运动记忆效应是忽略行为的原因之一, 人们倾向于习惯性地忽略似曾相识的东西. Vance 等设计出了一个动态的安全提示对话框, 通过不断更新和改变其外观, 能够有效大幅度降低由眼球运动记忆效应引起的习惯性忽略行为. 这一结论有助于研究者们设计出更加有效的安全提示信息. 因此, 使用认知神经科学的方法能够更有效地测试信息系统结构(如, 图形用户界面 graphical user interfaces, GUIs), 了解人机交互过程中个体或群体对系统使用的差异, 从而改善用户体验.

此外, 用户感知有用性与感知易用性极大地影响了信息系统的成败. 用户感知信息系统的有用性和易用性会受到内隐和外显因素的影响<sup>[38]</sup>. 内隐因素包括注意分散 (distraction) 和记忆负荷 (memory load); 外显因素包括用户参与 (engagement) 和沮丧 (frustration). 研究者使用脑电图 (EEG) 测量内隐因素, 使用自我报告法测量外显因素. 研究发现, 内隐因素和外显因素互相作用, 非线性影响用户感知有用性和易用性. 具体而言, 当用户参与度高时, 注意分散对用户感知系统有用性的影响不显著, 当用户参与度低时, 注意分散对感知有用性有显著负面影响. 此外, 当用户感到沮丧时, 记忆负荷对感知易用性有负面影响; 而当用户心情略好时, 记忆负荷对感知易用性有积极影响.

近年来, 国内学者也开始研究采用认知神经科学方法对电子商务背景下网站设计对用户体验的影响. 比如, Wang 等<sup>[39]</sup>使用眼动技术从认知负荷视角对购物网站复杂度及任务复杂度对用户视觉注意和行为的交互影响进行研究, 发现任务复杂度会调节网站复杂度效应, 在简单任务情形下, 网站复杂度会正向影响用户的注意和任务绩效, 在复杂任务情形下, 它们之间会呈现倒 U 型关系. 与以往网站复杂度研究不同, 该研究使用眼动方法探究了网站复杂度—用户结果关系背后的认知过程, 有助于更好的理解用户的注视信息与认知负荷的关联; 人物图像是一种重要的网站设计元素, Wang 等<sup>[40]</sup>对购物网站上人物模特的面部表情进行了研究, 发现相对于非杜乡式微笑, 杜乡

式微笑能吸引更多的注意并提升产品购买可能性. 然而, 微笑类型的这种效应还取决于中国文化中微笑强度的影响, 高强度的杜乡式微笑可能会给中国消费者带来不舒服的感觉, 低强度的含蓄的杜乡式微笑能吸引中国消费者更多的注意. 这些研究为优化网站设计从而改善用户体验提供了帮助.

由此可见, 将认知神经科学的研究方法运用到系统设计、系统优化中, 分析用户情感、认知, 对改善系统功能具有重要意义.

## 2.2 信息服务与决策

信息服务通过研究用户特征, 将有价值的信息与服务传递给用户, 用户接收到信息后, 对信息进行处理、评估, 并形成最后决策. 从这一角度出发, 研究用户信息处理过程, 为用户提供相应服务, 改善用户体验, 从而提升用户决策质量, 具有重要意义. 研究者运用认知神经科学方法, 研究用户对信息服务的感知和体验, 探索影响用户决策的因素, 以改善信息服务的质量.

用户情绪和认知是影响决策的重要因素, 逐渐受到重视, 学者们借助信息系统理论和实验方法的研究, 来探索基本情绪的神经通路和决策的神经机制. 情绪结合个体认知系统和视觉系统, 表现在语言、行为、生理反应 3 个方面, 与信息系统领域多个构念密切相关. 情绪可通过自我报告法和脑电图 (EEG) 方法测量, 脑电图方法更为准确. Gregor 等<sup>[41]</sup>创建了 3 个能够引起用户正向情绪的网页和 3 个能够引起用户负向情绪的网页, 利用两种情绪测量方法, 发现消费者情绪与忠诚度正向相关, 表明情绪能决定消费者最后决策行为.

用户情绪与认知处理互相影响. 个体认知显著影响个体行为, 在决策中具有重要作用. 通常情况下, 个体在认知活动中较少受到外在环境因素的影响和干扰, 利用内在参照对信息进行加工. 个体认知可通过自我报告法和认知神经科学方法测量, 但受多种偏差效应和需求效应影响, 自我报告法存在较大偏差, 认知神经科学方法测量结果更加稳健<sup>[37]</sup>.

研究者通过认知神经科学方法精确测量用户认知来预测用户行为. Vance 等<sup>[37]</sup>通过在爱荷华

博弈任务实验中使用 EEG 技术测量用户的风险感知,发现无论信息安全问题是否显著,基于这种神经响应的风险感知测量可以有效预测用户的信息安全行为.而在信息安全问题不显著时,自我报告法不能有效测量用户对风险的感知,也无法准确预测用户的安全行为.

进一步地,研究者利用认知神经科学方法测量用户认知,探索认知对决策影响的神经机制.用户作为组织信息安全最薄弱的环节,其行为深受研究者关注. Hu 等<sup>[42]</sup>设计了一个基于场景的实验范式,在实验中使用事件相关电位,探究了在人们面临被要求泄露敏感信息时,他们会如何决策以及自控力在决策中起作用的程度.研究发现,大脑的左右半球都参与决策,特别是背外侧前额叶皮质和下额叶皮质附近的区域和决策的关联度很高.相比自控力水平高的被试者,自控力水平较低的被试者该区域的神经活动更低.由于自控力是相对稳定的个人属性,这个研究发现对文献中经常倡导的对员工信息安全培训的有效性提出了怀疑.从个人信息安全的角度出发, Jenkins 等<sup>[43]</sup>使用功能性核磁共振技术(fMRI)来探索当危险信息的警告突然跳出,被试的大脑机制是如何应对,研究发现这种警告提示没有发挥出预计的效果,不但不会引起用户的压力,反而使得用户更容易被暴露在危险的网络环境中,出现这种现象是由于双任务干扰效应(dual-task interference, DTI)的影响.该理论认为人们会受到认知的限制,即使是简单的任务也不能同时执行,由于安全警告带来的干扰强烈地激发了大脑中双任务干扰系统.在干扰效应非常高的情况下,用户大脑中内侧颞叶(medial temporal lobe)的神经活动大量减少,导致容易忽略安全警告.因此,安全警告在一定程度上可以帮助用户免于受到攻击,但警告出现的时间以及次数应该更好的设计.

由此可见,运用认知神经科学的研究方法测量用户情绪、认知,探索其对决策影响的神经机制,对改善用户体验,提升信息服务的质量,及保障信息系统的安全等,都具有重要意义.

### 2.3 社会网络与互动

互联网承载众多信息系统,使得人们在信息交换中扮演着各种重要的角色,促生了社交媒体,

使得人们通过互联网便捷迅速地获取、传播和分享各类信息.个人与个人、个人与群体、群体与群体之间通过信息的传播进行互动,交流思想和情感,增加了社会交流与相互影响.在这些过程中,个体决策常受到群体偏好及行为影响,产生了社会影响(social influence).在线环境中哪些个人或信息值得信任(online trust)、对哪些隐私信息比较关注等问题<sup>[44]</sup>对探索社会影响产生的潜在机制具有重要意义,认知神经科学方法是进行这种探索的有效工具.

研究表明在线环境中信任对个体的经济和社会行为有显著影响,但信任和不信任是同一构念的两极还是两个不同的构念,是传统信息系统研究中存在的悬而未决的问题之一. Dimoka<sup>[8]</sup>让被试面浏览 4 个具有不同信任水平的卖家反馈评价信息页面,同时观测脑区域的活动变化的差异. Dimoka 把功能核磁共振成像(fMRI)作为补充工具测量被试的在线信任程度,得到当被试信任或怀疑虚拟面孔时大脑活动的位置、时间和水平.在线信任主要与大脑中负责认知的区域相关,而不信任主要与大脑中负责情绪的区域相关.具体地,当被试信任屏幕上的卖家时,大脑尾状核(caudate nucleus)、前额叶皮质(anterior paracingulate cortex)、眶额叶皮质(orbitofrontal cortex)就会被激活.不信任则是和大脑中负责消极情绪的杏仁核(amygdala)以及负责害怕失去的岛状皮层(insular cortex)有关.因此,在线信任本质上属于认知领域,而不信任本质上属于情绪领域,这两者是两个不同的概念.

具体到消费者信任, Riedl 等<sup>[11]</sup>使用 fMRI 的方法探讨了在线网络上人们相信真人面孔还是虚拟面孔,结果发现相比于在线网络的虚拟面孔,人们更能够准确预测真人面孔的可信度.当人们需要做出是否要信任他人的决定时,面对真人面孔时,内侧额叶皮质活动更加明显.这一研究对在线网页的设计提供了深远启示:如果在线商家想获得消费者的信任,那么在展示产品设计的时候使用真人面孔更能够取得消费者信任.此外,面对相同信任感水平的产品或面孔,女性用户相比男性用户脑部激活区域更多,负责情绪的杏仁核和岛状皮层更加活跃,这也是女性更容易因情绪引发

购买冲动的根本原因<sup>[7]</sup>。

网络环境下,人们分享、传播信息更加方便快捷,从而影响个体行为和偏好。人们分享、评价并推荐特定产品或服务,影响其他消费者决策。消费者在此过程中,大脑中的纹状体和眶额叶皮层的神经活动明显增加。当与他人存在不同时,颞顶连接处(temporoparietal junction)这部分脑区被激活<sup>[45]</sup>。不同的信息类型对个体情感和行的影响也不同。Kuan等<sup>[46]</sup>探索了在线团购常用的两类信息(商品购买人数信息、喜欢该商品的朋友信息)对消费者的情感、消费态度、意愿的影响。研究设计了包含上述两种信息类型的网页,在实验过程中,用脑电图EEG全程记录被试。结果显示,积极(超出预期)或消极(低于预期)的商品购买人数信息对消费者的态度和购买意愿有着不对称的影响,但喜欢商品的朋友信息对于购买意愿有积极的影响。分析脑电数据,购买人数信息和消极情绪相关,而喜欢商品信息会激发被试的积极情绪。在点击进入产品网页时,消费者一开始是抱着积极的态度,超出预期的购买人数信息不会激发积极情绪,而当购买人数低于预期时则会因为意见不一致导致认知失调,激发出负面情绪。消费者的情感体验的差异影响最终在线购物的行为。国内学者也利用认知神经科学工具对在线购物中的社会影响进行了探索性研究,比如Chen等学者利用事件相关电位技术(ERP),对在线购书情境中的消费者决策进行了研究,解释了消费者在线购物中的从众行为<sup>[47]</sup>,及面对不一致的评论时认知与情感冲突<sup>[48]</sup>的神经机理;Wang<sup>[49]</sup>采用ERP方法探究了购物网站上两种重要的社会化信息线索(产品评分和产品销量)影响消费者决策的神经机制。研究发现消费者在利用线索做出最终决策前会经历感知风险(N2)、信息冲突(N400)到评估分类(LPP)这样一系列的认知加工过程,在这些不同的阶段中,消费者对这两类具有不同诊断性的信息线索的利用存在差异性,为在线情境下的信息线索效应提供了神经层面的解释。

这些研究说明采用认知神经学的方法能够很好地推动信息系统中与用户相关的行为研究,与系统设计与优化、信息服务以及社会网络等各个子领域密切结合,有效地发展了信息系统相关的

理论,弥补了其不足与局限,使得信息系统领域整体研究更加宽广、深入、客观。未来,学者们可以在此基础上采用认知神经学的方法探索更多信息系统相关领域的研究,如人工智能、商务智能、移动互联网、App应用以及其它与用户行为相关的领域。

### 3 神经信息系统的研究范式

在信息系统的研究中采用认知神经学的方法是种新的尝试。最大的难点在于既要能解决信息系统研究的问题与障碍,又要能符合认知神经科学研究的规范与要求。在研究的过程中如何有效地结合?实验范式如何设计?从目前的研究看,神经信息系统的研究范式可分为以下3种类型:信息系统情景实验的研究范式、心理学或决策科学经典实验任务在信息系统应用的研究范式和多任务多方法结合的研究范式。

#### 3.1 信息系统情景实验的研究范式

将现实中的信息系统问题抽象化、在实验室中模拟信息系统的相关场景,应用认知神经学的技术方法与仪器采集数据、通过认知神经科学指标测量信息系统中的相关构念,是神经信息系统研究的第一类主流范式。这类研究范式的最大优势在于研究的问题与管理高度相关、可以较好的揭示信息系统中相关现象与行为的内在认知机制。同时这也对神经信息系统研究的实验设计提出了很高的要求,如果其他变量、影响因素控制不好,研究结论的科学性、可信度以及可重复性将会大大降低。

在这一研究范式下,研究者通常利用功能神经影像工具,在传统信息系统情景实验的基础上探索消费者行为的神经机制。Riedl等<sup>[7]</sup>研究了不同性别对在线商品的信任差异以及其差异背后的神经机制。该研究为了探寻在线信任与特定脑区神经活动的变化关系,研究者在基于信息系统情境下的实验任务中使用fMRI设备来记录被试在实验过程中的行为数据。结果表明,男女在面对具有不同信任感水平的在线产品时,脑部激活的区域是不同的。研究者通过使用fMRI神经科学工具解决了在信息系统领域中在线商品信任,男女是

否存在差异这一问题. Kuan 等<sup>[46]</sup>研究了团购时常用的两种信息类型(购买商品信息;喜欢商品信息)对消费者情感、态度及购买意愿的影响及其潜在机制. 研究者利用脑电图 EEG 测量被试的情绪,利用自我报告法衡量被试的购买意愿. 脑电图分析结果表明,“购买”信息和消极情绪有关,而“喜欢”信息会引发被试积极的情绪. Hu 等<sup>[42]</sup>通过在不同模拟场景里使用神经科学方法探究了自控力对个体泄露机密信息的影响程度,以及个体自控力影响信息安全的神经机制. 实验过程中使用 ERPs 的方法获取被试被要求泄露敏感信息时决策的脑电波数据. 研究发现大脑的左右半球都参与决策,特别是背外侧前额叶皮质和下额叶皮质附近的区域和决策的关联度很高. 相比自控力水平较高的被试,自控力水平较低的被试这两个脑区的神经激活程度相对更低. 当面临泄露机密信息的诱惑时,与自控力较高的被试相比,自控力较低的被试通常是短期导向,不会考虑因泄露安全信息而造成的长远损失,因此自控力较低的被试做决策的速度更快.

### 3.2 经典实验任务在信息系统应用的研究范式

从信息系统中的研究问题出发、对研究问题进行高度抽象,采用经典的心理学、经济学等学科的实验任务或者根据研究目标对其进行改造,通过成熟的范式来测量信息系统中的重要概念,是神经信息系统研究的第二类主流范式. 这一研究范式的优势在于经典任务经过多次检验,被学术界认可,而面对的最大挑战则在于实验任务与信息系统实践中的问题之间存在一定的距离. 管理学是面向商业领域应用的学科,学者们应当更好地建立起实验任务与管理问题之间的联系,从而为研究结论在管理实践中的应用打好基础.

常用的实验任务包括爱荷华赌局任务(Iowa gambling task, IGT)、信任博弈(trust game)和第一价格密封投标拍卖(first-price sealed-bid auction, FPSB)等.

爱荷华赌局任务是由来自美国南加州大学的 Bechara 等在 1994 年通过模拟现实决策情境而设计的实验任务,广泛应用于心理学和神经科学领域来测量个体决策能力. 研究者常用爱荷华赌局任务检验用户对风险的感知及应对. 例如, Vance

等<sup>[37]</sup>采用爱荷华赌局任务研究用户对网络信息安全风险的感知及其应对反应,使用事件相关电位(ERPs)采集被试在实验过程中的脑电波数据,研究发现被试在完成 IGT 任务中对好坏牌反馈诱发的脑电成分可以预测被试对于网络信息安全的感知. 神经反应在信息安全问题显著和非显著条件下都能显著地预测行为,而自我报告的方式在信息安全问题不显著的情况下是无效的.

信任博弈是研究信任、互惠偏好、利他偏好的典型范式. 该任务中存在委托人和代理人两种角色,委托人可以选择不投资或投资一定金额给代理人,代理人获得收益后可以选择返还一定收益给委托人. Riedl 等<sup>[11]</sup>采用信任博弈研究了在线真人和虚拟面孔(avatars)对人们选择决策的影响,探索了形成偏好的深层次机制. 该研究将在线代理人分为真人面孔和虚拟面孔,每个面孔又根据信任维度分为高可信任度和低可信任度两类. 不同信任度的面孔在线代理人的风险机制不同. 被试的任务是判断在线代理人的可信程度,然后决定要不要把资金交由在线代理人进行投资. 研究使用功能性核磁共振(fMRI)收集被试在进行信任博弈实验任务过程中的脑激活数据. 结果表明,面对真人面孔时,内侧额叶皮质活动更加明显,人们更容易信任他人决定.

第一价格密封投标拍卖任务指的是,投标人只能提交 1 次密封式投标,并且不知道其他人的投标情况,投标最高者以其投标获得拍卖品的投标拍卖方式. 在拍卖任务开始之前,被试将被告知拍卖的物品遵循独立私有价值模型(independent private value, IPV). 独立私有价值模型是指拍卖品对于投标者的价值取决于其投标者对于物品的价值判断,与其他投标者的估价以及物品的公共价值无关. 投标者只知道自己的估价,无法获悉其他投标者的估价,但可以获悉其他投标者估价来源的概率分布. Teubner 等<sup>[35]</sup>采用了第一价格密封投标拍卖实验范式研究代理软件对投标者情绪和投标行为的影响,通过使用皮肤电导反应和心律测量作为投标人即时情绪和整体唤醒度的指标. 研究发现无论被试投标成功与否相比于真人代理人,代理软件减轻了投标人的即时情绪强度,以及拍卖过程中的整体唤醒水平. 当被试面对真

人投标者时,唤醒度更高,出价更低.代理软件相比于真人代理人,能减少投标人的情绪化行为.

### 3.3 多任务多方法结合的研究范式

为了解决高度简化的认知神经科学研究要求与复杂的管理学研究问题之间的冲突,规避信息系统情景实验与心理学任务两种神经信息系统研究范式各自的不足,诸多学者采用多任务多方法结合的研究范式,是信息系统研究的最新趋势.

在这一研究范式下,研究者通常进行多项实验研究,在一项实验研究中应用认知神经科学的方法,采用相对“干净”的实验任务探索与信息系统中特定研究问题相关的认知神经机制,得出初步结论.在另一项实验研究中,则采用与现实管理情景更为贴近的行为学实验进一步对研究结论进行验证,从而建立起行为与神经机制之间的联系,提高研究结论的可信度. Jenkins 等<sup>[43]</sup>使用 fMRI 技术来探索用户处理信息安全警告提示的机制,以优化安全警告出现的时机.研究者设计了两个实验:实验一采用 fMRI 技术来探索双任务干扰效应如何影响用户对安全警告信息的反应;实验二中把实验一的结论应用到真实的谷歌浏览器场景中,研究安全警告应该在何时出现才更不容易被用户所忽视.研究结果表明,在浏览器网页刚加载出来、网页上的视频刚结束、用户切换网页等待网站上的视频图片加载、等待网页加载这 5 种情况下,用户更不容易忽视屏幕上的安全信息.

此外,在这一研究范式下,研究者也会基于同一实验设计,利用自我报告法和功能神经影像工具两种测量方式独立进行多次实验,结果相互印证,以保证研究结论的科学性与可信性. Gregor 等<sup>[41]</sup>研究了浏览网页激发的情绪(积极情绪、中性情绪和消极情绪)对用户在线忠诚度的影响.研究者设计了同一组网页,在实验一中采用自我报告法测量用户情绪、在线忠诚度,实验二中则借助脑电图测量用户情绪.实验结果均表明,用户情绪与其忠诚度显著正相关,但脑电图测量结果能够更准确地预测用户情绪.

认知神经科学的方法应用到信息系统领域,核心是解决重要的研究问题,探索新的重大发现.需要学者们以信息系统研究的问题为目标的同时,符合认知神经科学研究的规范,充分利用仪器

设备的固有特性.新的研究技术的出现,必然带来研究范式的改变.采用认知神经科学的仪器采集数据,选择心理学实验范式无疑最为简单,但不一定能满足信息系统研究目标的要求,即解决重大研究问题.信息系统的场景设计,可以直接针对研究问题,但是不一定能满足“干净”的认知神经科学研究的要求.这两种研究范式需要根据研究问题与研究目的进行针对性的选择,多次进行预实验,调整实验的范式与任务,才可能达到科学研究的要求.把自我报告法、行为学实验法、认知神经科学的方法进行结合,多任务多方法的研究范式可以相互补充或者层层递进,研究结果的客观性和重复性无疑最高,也不容易受到质疑,但是对学者研究设计水平与能力要求很高,研究周期长,研究费用也高.无论如何,神经信息系统的 3 类研究范式不仅可以解决实证研究数据来源及可靠性的局限,还可以弥补设计科学和行为科学研究工具的缺陷,在一定程度上补充了原先研究方法的不足,有望推动信息系统的研究往科学化、深度化方向前进.

## 4 认知神经科学对于信息系统研究的贡献

采用认知神经科学方法研究信息系统,经过众多学者一段时间的探索,取得了一系列重要成果,广受关注,解决了之前的一些不足,减少了应答偏误(response bias,可以分为有意造假 deliberate falsification、无意曲解 unconscious misrepresentation)、实现用户心理过程的准确测量、以及探索用户决策的神经机制等,是多学科在研究领域与研究范式的结合典范,很好的推动了信息系统研究的发展.

### 4.1 贡献一:解决“无意曲解”的难点

无意曲解指被试有意与研究者合作,回应真实想法,但由于问题内容或其他因素而不能真实回答所导致的误差.学者们在研究的过程中经常都发现,被试遇到了意想不到的问题,或存在误解的问题,或不能将潜意识的偏好转化为意识加工过的语言,或不能回忆细节,常常不知自己的真实

思维过程,面对调查问卷,要么随意打个分,要么采用中庸办法选择中间值,甚者干脆空白.如用户在浏览网页、或者使用信息系统时,不是很清晰地知道自己会被网页或者系统中哪一部分的设计所吸引,停留更长的时间,并不知不觉的产生使用与选择的偏好,无法通过问卷法和自我报告法描述自己对于系统设计的偏好.与有意造假偏误不同的是,“无意曲解”偏误的本质在于被试对于某一设计的偏好往往是由潜意识决定的,被试无意隐瞒但往往在意识层面感知不到潜意识的偏好.而出现“有意造假”偏误的根源在于被试在意识层面有意地在隐瞒自己的想法和意图.

在用户感知不到潜意识偏好时,认知神经科学方法能够有效获取用户偏好数据. Vance 等<sup>[37]</sup>通过使用眼动仪技术观察被试在重复看到安全提醒信息时他们眼睛的注视区域、停留时长,从而来进一步研究由于习惯而忽略安全提醒的行为是如何发生的. Anderson 等<sup>[50]</sup>又使用眼动技术来探索当危险信息的警告突然跳出时,为什么有些被试会忽略重要的安全警告以及被试的大脑机制是如何应对双任务干扰效应的. 研究者们发现使用认知神经科学方法还能够解决信息系统领域中一直存在争议的学术难点,比如为了验证在线信任和不信任是同一构念的两极还是两个不同的构念, Dimoka<sup>[8]</sup>使用功能核磁共振成像(fMRI)发现在线信任和在线不信任引起了不同脑区的活动变化,因此它们是两个不同的构念. 认知神经科学方法除了能解决存在争议的学术难点,也能够应用到现实生活中.

此外,被试也可能在自己也不知道的情景下,汇报具有特殊性的、有偏差的结果. 女性与男性被试在激素期会产生自然反应,这个阶段的反应和通常时候的选择存在着差异. 如女性在激素期自然而然的会追求打扮美丽,男性则激发出更强烈的占有欲. 因此男女生理差异也会体现在在线购物的消费行为上,女性在排卵期会比在安全期购买更多化妆以及服饰用品,购买转化率更高<sup>[51]</sup>;提升男性睾酮激素水平,可以提升自我感知的竞争力<sup>[52]</sup>,提升男性的经济乐观性及其对高风险混合投资的偏好<sup>[53]</sup>. 这一发现使得在线购物网站的设计者们能够更好地为不同客户推荐他们最可

能购买的产品,使得决策更加简单果断. 使用神经科学方法来研究,一方面可以发现一些普适的特殊的现象所产生的差异,另一方面可以发现个别被试的数据为什么与整体数据存在差别,为纠正或者剔除不合适的数据找到合理、科学的理由与依据. 解决传统研究方法中被试无意曲解所产生“不知”的偏误缺陷,使研究更加完整.

#### 4.2 贡献二:解决“有意造假”偏误

有意造假的产生主要是由于使用传统研究方法时,如自我报告法和量表法,被试为显示自己聪明、或为隐藏个人信息、避免尴尬,而不愿意把内心的想法、意图以及真实的情绪表达出来,从而汇报的是虚假的、不真实的,或者是中庸的数据. 这种情况会带来数据不真实、不准确的困境,影响了研究结论的科学性、真实性、可重复性. 尤其在群体实验过程中,个体被试不愿意在群体环境中把自己真实的想法、观点与行为反应让其他被试知道,从而尽力掩饰自己真实的意图. 被试不愿意表达内心真实想法情况的原因主要是因为被试的主观性偏见(subjectivity Bias)、社会期望偏见(social desirability bias)以及被试揣测到了实验目的(demand characteristics),有意无意地改变他的决策来迎合实验. 在以上3种原因中,大部分被试最容易受到社会期望偏见的影响,主要包括一些敏感的话题,如性别、种族、文化、宗教的差异等,还包括社会认知和道德约束. 不少人其实具有性别歧视和种族歧视的倾向,但通过传统问卷和自我报告的方法,个体对社会的认知会使他们尽量做出符合社会期望的回答,具有歧视倾向的“本我”在经过意识层面加工之后,会形成较符合现实情境的“自我”,随后“自我”会改变自己的外显态度迎合身边社会环境<sup>[54-55]</sup>.

由于被试不能有意操纵自身的大脑活动,研究者们使用神经科学方法,能够有效避免被试由于受到社会主流道德观的约束,不愿意透露其真实想法的倾向. 例如, Hu 等<sup>[42]</sup>研究了自控力对于信息安全的影响,模拟了在面临金钱诱惑的情境下,被试是否会选择透露安全信息. 在实验中,研究者利用人们不能完全控制大脑活动的特性,使用 ERPs 的方法获取其真实想法. 因此,认知神经科学方法可以丰富现有的数据资源,不依赖于单

一的测量方法,从而减少传统方法的偏差. 认知神经科学方法和传统测量方法并不是对立的两种方法,认知神经科学方法是对自我报告法的补充完善,相互印证,弥补了传统研究方法中被试有意造假“不愿”真实报告所产生的偏误,使研究更加客观.

#### 4.3 贡献三:实现用户心理过程的准确测量

在信息系统领域,运用传统的量表法和自我报告法不能测量在线用户使用与选择的过程中伴随的情感体验与态度,如在网络市场营销的研究中消费者在线的情绪、忠诚度(e-loyalty)和信任感等,是持续的、动态变化的、非稳定性的情绪与态度. 这一问题的产生,是由于传统的工具与方法主要都是记录被试情绪与态度的结果,不能很好地记录被试在实验或者认知过程中情绪与态度的变化,从而获取每一个阶段不同的评估值. 采用自我报告法获取被试的情绪与态度主要存在两方面的问题. 一方面,每个被试能力不同,有些被试对感知自身情绪不敏感、对自己的态度不清晰,很可能无法做出客观的评估,这样收集获得的数据本身就具有很大的缺陷与不足;另一方面,实验过程中被试的情绪与态度很多不是单一构念的两极,而是两个构念评估的差值,不同构念相对应的大脑加工系统区域不同,产生的反馈与评价也存在差别. 被试有时候自己也不是很清晰,这就是“纠结”,研究者也没有有效的方法甄别,区分统计显得十分困难. 因此,这为研究中数据的准确性设置了障碍,也会影响最后的研究结论.

通过认知神经科学的方法可以实现准确测量被试的心理过程. Davidson 等<sup>[56]</sup>指出前额叶区域的左右大脑的对称性是情绪测量的核心. 他们通过认知神经科学工具脑电图(EEG)发现,当被试产生积极情绪时,更多的左前额皮质被激活,而当被试产生消极的情绪时,则是更多的右前额皮质被激活. 基于他们的发现,Gregor 等<sup>[41]</sup>分别使用了自我报告法和神经科学方法脑电图(EEG)来测量被试在浏览网页时的情绪. 对于能够感知到自己情绪的被试来说,两种方法都能准确测量其在实验中的情感. 但对于感知自我情绪存在障碍的被试来说,EEG 相比于自我报告法对他们的情绪测量更为准确. 研究者们发现使用认知神经科

学方法不仅能够解决被试主观性的缺陷,还能够弥补传统研究方法的不足. 例如, Vance 等<sup>[37]</sup>同时使用了自我报告法和脑电图 EEG 来测量在线用户对信息安全风险的感知程度,通过对这两种方法进行对比, Vance 等发现自我报告法不能有效测量在线用户对信息安全风险的感知,在信息安全问题不显著的情况下无法准确预测用户的安全行为,但 EEG 无论信息安全问题是否显著,均能够有效地测量和预测用户对风险的感知程度和行为. 因此,采用认知神经科学方法测量可以有效地、准确地测量用户的心理过程,解决了以往“不能”获得数据的问题.

#### 4.4 贡献四:探索用户深层神经机制

传统信息系统用户认知与行为的研究主要采用自我报告法收集数据. 获取数据便捷、成本低廉,但无法“透过现象看本质”来了解决策过程中深层的情绪体验的变化. 由于未获得客观的、深层次用户决策的机制,研究结果可重复性与稳定性不佳,广受诟病. 不同批次收集的数据,采用相同的数据处理与分析方法,结果可重复性仍很低. 部分研究者甚至采用数据驱动因果的方法,根据收集的问卷数据,选择拟合指数最优的模型作为理论模型框架,然后根据此框架补充理论. 众多的学者都有这么一个经验,通过问卷研究验证的理论模型,如果模型相对比较简单,那重复验证的稳定性相对较高的;一旦理论模型比较复杂,层次与维度较多,再加上调节变量等关系,理论模型的重复验证基本不能实现. 另一方面,传统信息系统行为研究范式的局限性导致了自我矛盾的结论常常出现,没有一致的结论. 例如,通过自我报告法进行“隐私关注”与“信任”的研究,研究结论是相互矛盾的,既有隐私关注影响了信任,也有信任影响了隐私关注. 两者究竟是什么关系,是单向影响还是双向影响? 在人们认知加工过程中是共同激发还是单独存在? 目前研究尚未产生确切结果,这都是由于对用户的研究不够深入、不够客观所引发的. 因此,深入探索用户决策机制,保证研究结论的可重复性与稳定性,具有重要意义.

采用认知神经科学方法获得用户大脑的数据,并与行为结果数据、自我报告数据匹配,能够提高研究结果的可信度与可重复性,使得研究结



论更为客观与深入。Gregor 等<sup>[41]</sup>设计了两个实验,分别采用自我报告法与认知神经科学方法收集数据,研究了浏览网页激发的情绪(正面情绪、负面情绪和中性情绪)对用户在线忠诚度的影响机制。Anderson 等<sup>[57]</sup>在第一个实验中使用了眼动技术研究被试忽视安全警告的脑机制,第二个采用行为学实验把第一个实验的结论应用到真实的谷歌浏览器场景中进行研究,探索当用户面临双任务干扰效应时背后的脑机制,尝试找出安全警告应该在什么时机出现更不容易被用户忽略。文献[41,57]的研究,均采用两种不同的研究方法,进行独立的两个实验,分别收集数据,结果相互印证,提升了研究结论的重复性、稳定性、科学性。因此,采用认知神经科学方法测量可以探索用户决策的神经机制,有效地解决信息系统研究中“不深入”的问题。

## 5 神经信息系统研究的展望、意义和历史使命

人类大脑是认识世界与改造世界的关键,也是信息系统领域研究的根本起源。信息系统学科是个有趣、年轻,且包容的学科。随着认知神经科学的融入,信息系统学科的发展将会更加充满活力,填补以前研究的不足与空白,向客观、科学的方向前进一大步。有一些领域非常值得去探索,理论急待创新与突破。同时,也面临着一些困难需要克服与解决,对从事神经信息系统的学者提出了历史使命的要求。

### 5.1 未来值得探索的研究领域

本文认为以下5个方面是神经信息系统研究当前比较欠缺的、急需进行探索与推进,有可能取得重大研究突破的领域。研究结果的新发现与理论的新突破,将有可能建立信息系统新的理论体系,发展信息系统研究的新方向,并对实际商业企业的运营提出建议。

**大数据决策的神经机制。**大数据决策分析是将记录人们行为轨迹的客观数据,运用合理有效的分析算法,通过寻找相关关系,发掘和探索人们行为的一定规律。优点是借助数据科学算法发掘

相关规律,而不是简单的小样本、简单变量研究。然而,大数据决策分析没有探索数据与数据相关背后的原因,没有关注行为产生背后的心理机制<sup>[58]</sup>。采用认知神经科学的方法探索行为大数据的发现,揭示数据与数据之间相关背后的更深层次原因,实现信息系统决策研究的创新与发展,建立新的决策理论与模型。

**在线群体的决策机制。**在线群体是基于信息技术或社交媒体所形成的大规模集体及其成员之间分享共同的兴趣、经验、信仰等,完成特定工作任务。群体决策制定过程具有极高的复杂性,个体成员不仅需要考虑到各类信息,还需要考虑到其他成员的偏好。研究表明,与线下群体相比,在线群体成员间分享更多信息,然而,决策质量却更低<sup>[45,59]</sup>。认知神经科学的工具能够精准测量个体成员信息处理及认知过程,探索在线群体决策过程,提高群体决策效率及质量,完善群体决策理论。

**在线行为的情感体验。**情感是行为的诱因<sup>[60]</sup>,在信息系统用户在线行为研究中,研究者通常通过自我报告法测量用户积极情感或消极情感<sup>[61]</sup>。然而,用户情感评估的分值会随所使用量表、项目顺序、时间以及一些情境因素的变化而变化,存在较强的主观性、不稳定性。此外,自我报告的量表测量也容易受到用户反应倾向的影响,存在误报的可能<sup>[47]</sup>。采用认知神经科学方法能够实时客观测量用户大脑行为,获得相应的情感状态,更具客观性和准确性。

**系统设计与优化体验。**认知神经科学与信息系统结合,对人机交互、电子商务等都有较强的理论和应用价值。研究者可借助认知神经工具测量用户与系统交互时眼动轨迹及大脑活动反应,如眼动追踪系统考察用户的眼动特征,神经功能影像工具测量用户脑活动,都可以客观地反映用户认知过程,从而优化系统设计,使之更适合用户的生理、心理特点,改善人机交互体验(如 Vance 等<sup>[37]</sup>)。认知神经科学对信息系统设计与实施具有重要的实践指导作用。

**个人特性与岗位职责的优化匹配。**每个员工都有其特点、能力和不足,因此适合不同的工作岗位及责任。例如,有些人善于系统设计,有些人善于编写程序,有些人善于创新,有些人则忠于职



守. 研究者可借助基于认知神经科学的工具对已有或未来员工的相关属性进行直接或间接精准测量,将正确的人放到正确的岗位. Hu 等<sup>[42]</sup>建议使用自控能力高的员工管理企业的高价值数字资产. 如果能够实现个人与岗位职责的优化匹配,就可能提高员工的工作效率及工作满意度,从而实现整个组织的效率的提高.

## 5.2 发展神经信息系统的意义、困难与使命

信息系统是管理学的重要分支,神经信息系统(NeuroIS, 2007)采用认知神经科学的理论、方法和工具研究信息系统领域的重要问题. 与神经营销学(Neuromarketing, 2007)、组织神经科学(Organizational neuroscience, 2010)、神经战略管理(Neurostrategy, 2011)、神经商业伦理(Neuroethics, 2016)等新兴前沿交叉学科共同促进了管理学研究的变革. 神经信息系统从事相关研究的学者数量、以及在该领域顶级期刊刊登论文数量都日渐增多,已经在信息系统研究领域形成了一定的学术影响力. 从这个意义上看,神经信息系统在认知神经科学与管理学各子学科的交叉融合中位置重要,承载了推动管理学研究从主观走向客观,从艺术走向科学的重要历史使命. 从亚当·斯密开始,在很长时间里,管理学研究停留在经验传授上,直到泰勒的“科学管理”时代才做出了将管理引向科学的第一次尝试. 值得注意的是,尽管受到泰勒影响而形成的管理科学学派对于管理学研究产生了深远影响,有学者认为该学派并没有真正科学地解决管理问题,因为应用的研究范式和工具具有局限性,对问题观测停留在假设、建模、验证的实证研究上. 由于数据种类与数量不足够、数据精度及可靠性不高,方法的科学性有所欠缺,实际上仍然无法解决在管理实践中分工、协作与效率的科学问题. 大数据是解决数据种类与数据来源的一种方法,而认知神经科学的推动则使得管理学研究从主观走向客观成为了可能. 管理学被视为科学与艺术的融合. 由于神经科学的深化与发展,研究者已经可以对人类大脑外界刺激做出的响应做出科学、量化的标定. 因此,信息系统领域的重要议题,从决策、信任、情绪、信息安全、在线购物到系统设计,都可以在大脑皮层的神经元活动上获得体现及测量,这些数据对基于主观

评分获得的量表数据进行有机补充. 学者们把这些变化记录下来,找出它们之间规律性的关系,就能更加准确的了解人们在不同管理情景中、面对不同管理问题时的行为规律,从而达到管理的科学化. 此外,通过分析这些客观数据,研究者可以更好地剖析管理者做决策的艺术性,尝试用科学来解释艺术,将管理的科学与艺术作为整体来看待. 可以说,通过将神经科学和以信息系统为代表和切入口的管理学研究的目标相结合,有机会寻找到新的理论、方法和工具,实现管理学研究范式的创新,使得从泰勒时代起步的将管理学研究科学化的思潮在可预见的时间内获得深入发展,在保留管理学艺术性的同时,将其科学性的属性进一步发扬光大.

尽管神经信息系统的研究肩负着帮助管理学研究从主观走向客观的重要历史使命,应用认知神经科学的技术手段和方法研究信息系统领域的重要议题,仍然面对着不小的困难和挑战. 一方面,“干净”的认知神经科学研究要求与复杂的管理学研究问题之间存在冲突. 认知神经科学的实验设计要求高度抽象,需要排除掉无关非聚焦因素的干扰,才能科学的获得变量之间的关系. 然而,现实中的管理问题往往高度复杂,包含了许多重要的管理细节;另一方面,往往多个因素相互作用,难以抽象为认知神经科学实验所要求的单个或有限个数因素对结果变量产生影响的研究模型. 举例来说,信任是信息系统领域的重要研究议题. 然而,认知神经科学有关信任的研究中,广泛的采用高度抽象的信任博弈范式,并且已经达成学术共识. 尽管从科学研究的角度看,信任博弈的范式非常干净、采用这一范式开展研究可以获得科学的结论,这一范式与现实商业环境中与信任相关的管理问题差距甚远,难以获得管理学研究者的认可,研究结论也难以直接应用到企业的管理实践中. 神经信息系统领域研究遇到的另一困难是微观的研究问题与相对宏观的企业经营行为之间的矛盾. 神经信息系统的主流是实验室研究,因此,研究问题相对聚焦,只能选择企业经营行为中的一个点切入. 相应的,研究结论难以直接解决全局性的管理问题. 除此以外,认知神经实验室建设投入多、建设周期长、技术发展快、数据收集成

本较高等困难也阻碍着神经信息系统研究的推进。因此,在进入该前沿交叉领域从事研究之前,学者们应当充分认识到困难,进而针对难点进行突破。

除了帮助管理学研究从主观走向客观,神经信息系统领域的发展也将带来管理学研究人才培养模式的转变。目前从事神经信息系统研究的学者有两种截然不同的专业背景:部分学者是认知神经科学专业出身,熟悉认知神经科学实验的研究方法和注意事项,但对管理学知识相对陌生,对于管理问题的提炼和把握不够准确;另一部分学者接受过系统的管理学研究的学术训练,了解怎样的研究问题是管理学界和业界感兴趣的、亟待解决的,但对于认知神经科学相对陌生,这部分学

者开展的研究尽管涉及管理研究的重要议题,但从实验设计的角度看很难达到认知神经科学的严格要求,神经科学方法的应用也不纯熟,仍然需要和神经科学的专家合作。事实上,在神经信息系统领域开展研究,需要学者们兼具管理学的思维和认知神经科学的基础训练。从这个角度看,目前神经信息系统研究者是探索、铺路的一代,在为后来的学者开疆拓土。真正有机会获得快速成长、将神经信息系统研究深入与推广的将是下一代的年轻学者。为神经信息系统培养更多合格的未来的领军人才、参与认知神经科学助推管理学从主观走向客观的浪潮,是当代从事神经信息系统学者肩负的责任,也是时代赋予的使命。

### 参 考 文 献:

- [1] Dimoka A. How to conduct a functional magnetic resonance (fMRI) study in social science research? [J]. MIS Quarterly, 2012, 36(3): 811-840.
- [2] 朱树婷, 仲伟俊, 梅姝娥. 企业间信息系统治理的价值创造研究[J]. 管理科学学报, 2016, 19(7): 60-77.  
Zhu Shuting, Zhong Weijun, Mei Shue. Value creation of inter-organizational information systems governance[J]. Journal of Management Sciences in China, 2016, 19(7): 60-77. (in Chinese)
- [3] 曾德麟, 欧阳桃花, 周宁, 等. 基于信息处理的复杂产品制造敏捷性研究: 以沈飞公司为案例[J]. 管理科学学报, 2017, 20(6): 1-17.  
Zeng Delin, Ouyang Taohua, Zhou Ning, et al. Manufacturing agility of complex products from the perspective of information processing: The case of SF Company[J]. Journal of Management Sciences in China, 2017, 20(6): 1-17. (in Chinese)
- [4] 贺明明, 王铁男, 肖璇. 社会资本对跨组织信息系统吸收影响机理研究[J]. 管理科学学报, 2014, 17(5): 66-83.  
He Mingming, Wang Tienan, Xiao Xuan. Impact of social capital on inter-organizational information systems assimilation [J]. Journal of Management Sciences in China, 2014, 17(5): 66-83. (in Chinese)
- [5] Liang T, vom Brocke J. Neuroscience in information systems research[J]. Journal of Management Information Systems, 2014, 30(4): 7-12.
- [6] Dimoka A, Banker R D, Davis F D, et al. On the use of neurophysiological tools in is research: Developing a research agenda for neurois[J]. MIS Quarterly, 2012, 36(3): 679-702.
- [7] Riedl R, Hubert M, Kenning P. Are there neural gender differences in online trust? An fMRI study on the perceived trustworthiness of eBay offers[J]. MIS Quarterly, 2010, 34(2): 397-428.
- [8] Dimoka A. What does the brain tell us about trust and distrust? Evidence from a functional neuroimaging study[J]. MIS Quarterly, 2010, 34(2): 373-396.
- [9] Benbasat I, Gefen D, Pavlou P A. Introduction to the special issue on novel perspectives on trust in information systems[J]. MIS Quarterly, 2010, 34(2): 367-371.
- [10] Léger P M, Sénécal S, Courtemanche F, et al. Precision is in the eye of the beholder: Application of eye fixation-related potentials to information systems research[J]. Journal of the Association for Information Systems, 2014, 15(10): 1533-1536.
- [11] Riedl R, Mohr P N C, Kenning P H, et al. Trusting humans and avatars: A brain imaging study based on evolution theory [J]. Journal of Management Information Systems, 2014, 30(4): 83-114.
- [12] Robertson D C, Voegtlin C, Maak T. Business ethics: The promise of neuroscience[J]. Journal of Business Ethics, 2016,

- 144(4): 679 – 697.
- [13] Powell T C. Neurostrategy[J]. *Strategic Management Journal*, 2011, 32(13): 1484 – 1499.
- [14] Tom S M, Fox C R, Trepel C, et al. The neural basis of loss aversion in decision-making under risk[J]. *Science*, 2007, 315(5811): 515 – 518.
- [15] Rao H, Kordzykowski M, Pluta J, et al. Neural correlates of voluntary and involuntary risk taking in the human brain: An fMRI study of the Balloon Analog Risk Task (BART)[J]. *Neuroimage*, 2008, 42(2): 902 – 910.
- [16] Glimcher P W, Fehr E. *Neuroeconomics: Decision Making and The Brain*[M]. Cambridge: Academic Press, 2013.
- [17] Lee D, Seo H. Neural basis of strategic decision making[J]. *Trends in Neurosciences*, 2016, 39(1): 40 – 48.
- [18] Elliott R, Baker S C, Rogers R D, et al. Prefrontal dysfunction in depressed patients performing a complex planning task: A study using positron emission tomography[J]. *Psychological Medicine*, 1997, 27(4): 931 – 42.
- [19] Ferstl E C, Rinck M, von Cramon D Y. Emotional and temporal aspects of situation model processing during text comprehension: An event-related fMRI study[J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2005, 17(5): 724 – 739.
- [20] Britton J C, Phan K L, Taylor S F, et al. Neural correlates of social and nonsocial emotions: An fMRI study[J]. *Neuroimage*, 2006, 31(1): 397 – 409.
- [21] Casacchia M, Mazza M, Catalucci A, et al. P02 – 10 abnormal emotional responses to pleasant and unpleasant visual stimuli in first episode schizophrenia: fMRI investigation[J]. *European Psychiatry*, 2009, 24(3): S700.
- [22] Ledoux J. The emotional brain, fear, and the amygdale[J]. *Cellular & Molecular Neurobiology*, 2003, 23(4/5): 727 – 738.
- [23] Murphy F C, Nimmo-Smith I, Lawrence A D. Functional neuroanatomy of emotions: A meta-analysis[J]. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 2003, 3(3): 207 – 233.
- [24] Biswal B, Yetkin F Z, Haughton V M, et al. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echoplanar MRI[J]. *Magnetic Resonance in Medicine*, 1995, 34(4): 537.
- [25] Damoiseaux J S, Rombouts S A R B, Barkhof F, et al. Consistent resting-state networks across healthy subjects[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, 103(37): 13848 – 13853.
- [26] Fox M D, Snyder A Z, Vincent J L, et al. The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102(27): 9673 – 9678.
- [27] Raichle M E. The restless brain[J]. *Brain Connectivity*, 2011, 1(1): 3 – 12.
- [28] Ajzen I. The theory of planned behavior[J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1991, 50(2): 179 – 211.
- [29] Von Neumann J. Morgenstern O. *Theory of Games and Economic Behavior* [M]. Princeton: Princeton University Press. 1953
- [30] Kahneman D. Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1979, 47(2): 263 – 292.
- [31] Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty[J]. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1992, 5(4): 297 – 323.
- [32] Finucane M L, Alhakami A, Slovic P. et al. The affect heuristic in judgments of risks and benefits[J]. *Journal of Behavioral Decision Making*, 2000, 13(1): 1 – 17.
- [33] Peters E. Slovic P. The springs of action: Affective and analytical information processing in choice[J]. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 2000, 26(12): 1465 – 1475.
- [34] Hevner A R, March S T, Park J, et al. Design science in information systems research[J]. *MIS Quarterly*, 2004, 28(1): 75 – 105.
- [35] Teubner T, Adam M. Riordan R. The impact of computerized agents on immediate emotions, overall arousal and bidding behavior in electronic auctions[J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 2015, 16(10): 1 – 30.
- [36] Huang S C, Bias R G, Schnyer D. How are icons processed by the brain? Neuroimaging measures of four types of visual stimuli used in information systems[J]. *Journal of the Association for Information Science & Technology*, 2015, 66(4): 702 – 720.

- [37] Vance A, Anderson B B, Kirwan C B, et al. Using measures of risk perception to predict information security behavior: Insights from electroencephalography (EEG)[J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 2014, 15(10): 679 – 722.
- [38] De Guinea A O, Titah R, Léger P M. Explicit and implicit antecedents of users' behavioral beliefs in information systems: A neuropsychological investigation[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2014, 30(4): 179 – 210.
- [39] Wang Q, Yang S, Liu M, et al. An eye-tracking study of website complexity from cognitive load perspective[J]. *Decision Support Systems*, 2014, 62(6): 1 – 10.
- [40] Wang Q, Xu Z, Cui X, et al. Does a big Duchenne smile really matter on e-commerce websites? An eye-tracking study in China[J]. *Electronic Commerce Research*, 2017, 17(4): 609 – 626.
- [41] Gregor S, Lin A C H, Gedeon T, et al. Neuroscience and a nomological network for the understanding and assessment of emotions in information systems research[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2014, 30(4): 13 – 48.
- [42] Hu Q, West R, Smarandescu L. The role of self-control in information security violations: Insights from a cognitive neuroscience perspective[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2015, 31(4): 6 – 48.
- [43] Jenkins J L, Anderson B B, Vance A, et al. More harm than good? How messages that interrupt can make us vulnerable [J]. *Information Systems Research*, 2016, 27(4): 880 – 896.
- [44] Pan Y, Wan Y, Fan J, et al. Raising the cohesion and vitality of online communities by reducing privacy concerns[J]. *International Journal of Electronic Commerce*, 2017, 21(2): 151 – 183.
- [45] Cascio C N, O'Donnell M B, Bayer J, et al. Neural correlates of susceptibility to group opinions in online word-of-mouth recommendations[J]. *Journal of Marketing Research*, 2015, 52(4): 559 – 575.
- [46] Kuan K K Y, Zhong Y Q, Chau P Y K. Informational and normative social influence in group-buying: Evidence from self-reported and EEG data[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2014, 30(4): 151 – 178.
- [47] Chen M, Ma Q, Li M, et al. The neural and psychological basis of herding in purchasing books online: An event-related potential study[J]. *Cyberpsychology, Behavior & Social Networking*, 2010, 13(3): 321-328.
- [48] Chen M, Ma Q, Li M, et al. Cognitive and emotional conflicts of counter-conformity choice in purchasing books online: An event-related potentials study[J]. *Biological Psychology*, 2010, 85(3): 437 – 445.
- [49] Wang Q, Meng L, Liu M, et al. How do social-based cues influence consumers' online purchase decisions? An event-related potential study[J]. *Electronic Commerce Research*, 2016, 16(1): 1 – 26.
- [50] Anderson B B, Vance A, Kirwan C B, et al. How users perceive and respond to security messages: A neurois research agenda and empirical study[J]. *European Journal of Information Systems*, 2016, 25(4): 364 – 390.
- [51] Zhuang J Y, Wang J X. Women ornament themselves for intrasexual competition near ovulation, but for intersexual attraction in luteal phase[J]. *Plos One*, 2014, 9(9): 1 – 10.
- [52] van Honk J, Will G J, Terburg D, et al. Erratum: Effects of testosterone administration on strategic gambling in poker play [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6(3): 18096
- [53] Cueva C, Roberts R E, Spencer T, et al. Cortisol and testosterone increase financial risk taking and may destabilize markets[J]. *Scientific Reports*, 2015, 5: No. 11206.
- [54] Liechty J M, Bi X, Qu A. Feasibility and validity of a statistical adjustment to reduce self-report bias of height and weight in wave 1 of the add health study[J]. *BMC Medical Research Methodology*, 2016, 16(1): 1 – 10.
- [55] Reuver, M D, Bouwman H. Dealing with self-report bias in mobile Internet acceptance and usage studies[J]. *Information & Management*, 2015, 52(3): 287 – 294.
- [56] Davidson R J, Ekman P, Saron C, et al. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotion expression and brain asymmetry[J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1990, 58(2): 330 – 341.
- [57] Anderson B B, Jenkins J L, Vance A, et al. Your memory is working against you: How eye tracking and memory explain habituation to security warnings[J]. *Decision Support Systems*, 2016, 92(12): 3 – 13.
- [58] Abbasi A, Sarker S, Chiang R H L. Big data research in information systems: Toward an inclusive research agenda[J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 2016, 17(2): 2 – 32.
- [59] Dennis A R. Information exchange and use in group decision making: You can lead a group to information, but you can't make it think[J]. *MIS Quarterly*, 1996, 20(4): 433 – 457.

- [60] Adam M T P, Krämer J, Weinhardt C. Excitement up! Price down! Measuring emotions in dutch auctions[J]. International Journal of Electronic Commerce, 2012, 17(2): 7–39.
- [61] Tams S, Thatcher J, Hill K, et al. NeuroIS—Alternative or complement to existing methods? Illustrating the holistic effects of neuroscience and self-reported data in the context of technostress research[J]. Journal of the Association for Information Systems, 2014, 15(10): 723–753.

## Current situation and prospects of neuro information systems

PAN Yu<sup>1</sup>, WAN Yan<sup>2\*</sup>, CHEN Guo-qing<sup>3</sup>, HU Qing<sup>4</sup>, HUANG Li-hua<sup>5</sup>, WANG Kan-liang<sup>6</sup>, WANG Qiu-zhen<sup>7</sup>, WANG Wei-jun<sup>8</sup>, RAO Heng-yi<sup>1</sup>

1. School of Business and Management, Shanghai International Studies University, Key Laboratory of Applied Brain and Cognitive Science, Shanghai 200083, China;
2. School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
3. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
4. Zicklin Business School, The Baruch College, City University of New York, New York 10010, USA;
5. School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China;
6. School of Business, Renmin University of China, Beijing 100872, China;
7. School of Management, Neuromanagement Lab, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;
8. Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior (Central China Normal University), Ministry of Education, Wuhan 430079, China

**Abstract:** Neuro information system is the application of cognitive neuroscience theories, methods, and tools in the field of information systems. It studies and solves the problems in information systems from a new methodological perspective. Neuro information system studies focus on three fields: System design and optimization, information service and decision-making, and social networks and interactions. The main research paradigms can be divided into three categories: The paradigm of information system experiment, the application of psychology and decision science in information systems, and the combination of multiple tasks and multiple methods. The methods of neuro information system can effectively make up for the disadvantages of traditional information system studies by controlling response bias, realizing the precise measurement of user's psychological process, exploring the neural mechanism of user decision-making, and developing the method and theory of information system research. By exploring the problems which traditional information system have not solved or where there are still controversies, neuro information system study can enrich the existing theory, reveal the mechanism of user information decision-making, open the “black box”, and promote the information system to be “more objective” and “more in-depth”. The research theories and methods in neuro information system put forward a new historical mission for the scholars, and create new historical opportunities.

**Key words:** neuro information system; research areas; research paradigms