



社会情境对知觉决策的影响及其 计算神经机制*

刘玉佩^{1,2)} 王语舒^{1,2)} 占斌^{1,2)} 王蕊^{1,2)**} 蒋毅^{1,2)}

(¹⁾ 中国科学院心理研究所, 认知科学与心理健康全国重点实验室, 北京 100101; (²⁾ 中国科学院大学心理学系, 北京 100049)

摘要 知觉决策指的是个体根据感知觉信息进行选择判断的过程, 是人类适应复杂环境的基本能力。社会情境作为支持个体生存与发展的重要因素, 不仅为知觉决策提供了丰富的信息来源, 还通过自上而下的加工过程调节其决策行为。他人的行为与态度往往促使个体调整自身决策方向以趋向一致。这种社会影响既可能导致决策偏差, 有时也会优化行为表现, 其效应受到群体特征、同伴属性、信心及人格特质等因素的调节。驱动社会影响的动机包括提高决策准确性、获得群体认同以及维护积极的自我概念。近年来, 研究者运用强化学习、贝叶斯推断及漂移扩散模型等理论框架从不同视角探究了社会影响的认知机制。神经影像学研究表明, 社会影响不仅作用于早期的知觉加工与注意分配阶段, 还能通过奖赏、情绪及心智化等高级认知过程调控知觉决策。未来研究应结合建模与神经影像技术, 系统探讨社会情境影响决策的跨层次机制、长期效应以及动态交互规律, 并推动其在群体决策、人机交互与认知障碍干预等领域的应用。

关键词 知觉决策, 社会影响, 自上而下加工, 计算模型, 神经机制

中图分类号 B842

DOI: 10.3724/j.pibb.2025.0217

CSTR: 32369.14.pibb.20250217

人们每天都需要做出各式各样的决策。例如, 当行人到达十字路口时, 需要观察周围的车流情况, 判断通过路口的时机。这种依赖感知觉信息进行快速检测、辨别或分类判断的过程被称为知觉决策 (perceptual decision making)^[1]。在实验室中, 研究者通常采用随机点运动方向判断、线条长度匹配以及颜色辨别等感知觉任务来研究知觉决策。作为探索人类认知加工的重要途径, 对知觉决策的研究不仅有助于揭示决策过程中的信息处理机制, 还在社会实践中具有广泛的应用价值。

现实生活中, 人类往往是在特定的社会情境下做出知觉决策。例如, 在十字路口等待过马路时, 除了关注车流动态, 还会观察他人的过街行为, 以辅助自己判断通行时机。通过观察和交流, 能获取他人的观点、态度与行为等社会信息, 并将其与自身的感知信息整合, 从而做出更具适应性的决策^[2]。常言道: “人云亦云, 人否亦否”, 这一现象反映了他人或群体的态度与行为对个体的认知判断具有深远影响^[3-4]。即便是那些相对自动化、较

为稳定地反映物理世界的知觉决策过程, 也难以完全排除社会情境的作用^[5]。这种来自他人或群体对个体观念、态度与行为的影响, 被称为社会影响 (social influence)。社会影响的一种典型表现是从众 (conformity), 即个体调整自身态度或行为, 使其决策趋向于与群体保持一致^[6-7]。除了可能导致决策偏差, 社会影响有时也能优化知觉决策的表现, 例如, 双人协作训练比单独训练更能提升个体的表现和学习速度^[8]。不仅人类如此, 其他动物 (如恒河猴) 也能够通过观察和模仿同类的行为完成社会学习与决策^[9-10]。

以往研究大多聚焦于知觉决策“自下而上”的信息处理过程: 个体从外界获取的感知觉信息在感觉皮层、感觉运动区和运动区之间逐步传递和转

* 科技部科技创新 2030-“脑科学与类脑研究”重大项目 (2022ZD0208200, 2021ZD0203800) 和国家自然科学基金 (32430043) 资助。

** 通讯联系人。

Tel: 010-64871238, E-mail: wangr@psych.ac.cn

收稿日期: 2025-05-09, 接收日期: 2025-07-25

换, 以提取有效信息并引导个体做出恰当的行为反应。近年来, 越来越多研究发现, 社会情境能够通过“自上而下”的方式影响知觉决策过程, 即社会情境可以调节感觉与高级认知相关脑区的信息处理, 从而影响个体的行为反应^[11]。然而, 关于社会情境如何作用于早期感知觉加工、哪些因素能够调节社会情境的影响, 以及社会情境影响知觉决策的计算机制与神经机制等关键问题, 仍有待深入阐明。

本文系统梳理了近年来有关知觉决策与社会影响的研究。现有研究表明, 社会情境不仅会改变知觉决策的加工过程, 还能提升决策的灵活性与适应性。群体特征、同伴属性、信心水平及人格特质等多种因素均会调节社会影响的作用强度^[12-16]。本综述结合强化学习 (reinforcement learning, RL)、贝叶斯推断 (Bayesian inference) 以及漂移扩散模型 (drift diffusion model, DDM) 等理论视角, 阐释了社会影响的计算机制, 并基于利用脑电图 (electroencephalogram, EEG) 和功能磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 等神经影像技术取得的研究成果, 进一步探讨了社会影响的神经基础^[17-20]。此外, 本文还分析了这些发现对于孤独症谱系障碍 (autism spectrum disorder, ASD) 和神经性厌食症 (anorexia nervosa, AN) 等社会认知障碍的临床应用价值。综上所述, 理清社会情境影响知觉决策的认知神经机制, 不仅有助于深入理解人类决策的社会属性, 也为认知障碍的诊疗、辅助设备研发以及人机交互系统的优化提供了重要启示。

1 社会情境对知觉决策的行为影响

1.1 社会影响引发的知觉变化

社会情境影响知觉决策的最早研究可追溯至1935年Sherif^[21]的开创性工作。研究者让被试在黑暗环境下估计似动光点的运动距离。结果发现, 个体单独判断时结果差异较大, 而在群体环境中, 判断逐渐收敛至群体的中位数。这表明, 他人判断能够影响个体的知觉决策。这一现象不仅出现在刺激模糊的任务中, Asch经典的线条判断实验同样展示了社会影响的显著作用: 即使多数人做出明显错误的判断, 个体也常会选择与群体保持一致。实验后的访谈显示, 约半数做出错误选择的被试坚信自己的感知与群体一致, 提示他人的错误意见可能会扭曲个体的知觉加工^[7]。

进一步实验证据表明, 社会情境导致的决策变化主要源于知觉加工过程的改变。Germar等^[17]通过颜色感知任务发现, 被试在单独辨别双色方块主色时正确率较高, 但在群体决策环境中更倾向于遵循多数人形成的判断规范, 且即便脱离这一社会情境后, 所习得的规范仍能持续影响其判断 (图1a)。在此过程中, 社会影响改变了个体感觉证据的累积过程^[5], 表明他人的意见会引导个体选择性地关注那些支持群体判断的证据特征^[22]。Zhan等^[23]采用视觉形状分类任务发现, 观察他人的选择可以导致显著的知觉决策变化 (即视觉分类边界向他人的判断标准发生偏移)。更重要的是, 这种改变并非短暂的行为调整, 而是形成了稳定且持久的知觉变化, 甚至长达6周之久。有趣的是, 即使是经过充分训练、形状分辨能力更强的个体, 仅仅进行90 min有偏差反馈的雙人交互训练, 也会显著改变他们原有的知觉边界, 凸显了社会影响在塑造知觉体验方面的强大效应 (图1b)。综上所述, 社会情境能够引发稳定且持久的知觉改变, 为其自上而下调节知觉加工过程提供了有力证据。

正如谚语“三个臭皮匠, 顶个诸葛亮”所言, 集体智慧往往能够超越个体能力。研究发现, 当个体能准确识别并采纳高质量的社会信息时, 社会影响还能提升个体的任务表现。Bahrami等^[24]通过光栅对比度辨别任务考察了个体在独立判断与团队协作判断时的表现差异。实验中, 参与者首先进行独立判断, 若与同伴意见不同, 则需通过交流沟通达成一致的判断。结果显示, 在两人感知能力相近时, 协作判断优于个体独立判断, 决策过程中对信心的动态交流还能有效纠正错误, 但当双方能力差距较大时, 协作判断反而不及高能力者的独立判断。近期研究也发现, 双人视知觉学习能显著提升训练效果。Zhang等^[8]比较了单独训练和双人互动训练在光栅朝向辨别任务中的表现。在训练过程中, 参与者能够通过实时反馈评估自身及同伴的表现。研究结果显示, 双人互动组在辨别能力提升和学习速率上均优于单独训练组, 且提升效果与同伴的能力密切相关, 与能力更强的搭档共同训练时提升最为显著。

社会影响这一现象不仅存在于人类, 同样广泛见于动物的知觉决策和学习过程中。例如, 观看同类行为有助于恒河猴学习抽象规则。Subiaul等^[9]训练2只恒河猴按照特定顺序对触摸屏上显示的4张图片做出反应。若让它们先观察另一只猴子执

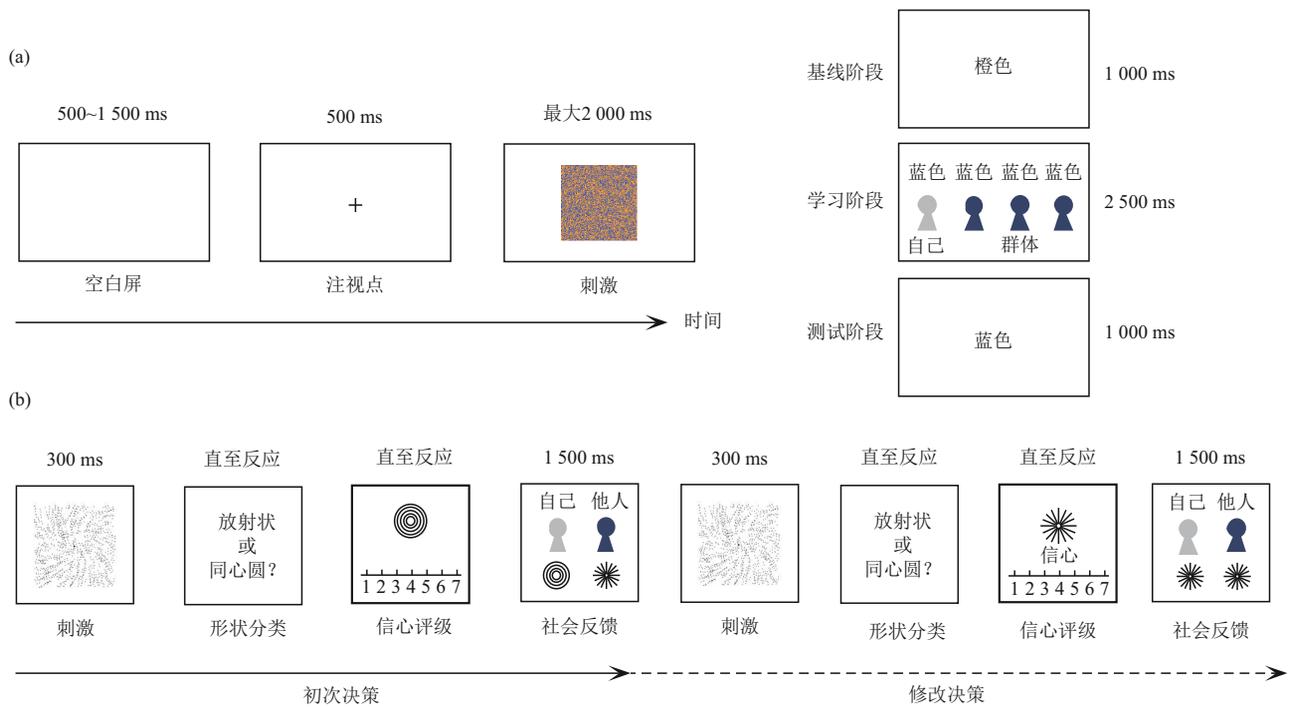


Fig. 1 Paradigms for social context effects in perceptual decision-making

图1 社会情境影响知觉决策的研究范式

(a) 多人互动训练范式。实验任务为判断双色方块的主色是橙色还是蓝色。实验包括3个阶段：基线阶段，个体单独完成任务，仅呈现自身判断结果；学习阶段，个体与多名同伴共同完成任务，决策后呈现所有人的判断结果（同伴反应由计算机模拟，实验者通过操纵同伴反应来营造特定的社会规范）；测试阶段，流程与基线阶段相同。(b) 双人互动训练范式。实验任务是将视觉刺激分类为径向或同心模式（形状分类任务）。每个试次包括2次决策：被试观察刺激后，先进行初次分类判断，随后呈现自己和同伴的选择结果；在修改决策阶段，被试需要对同一刺激再次进行分类。每次分类选择后都需进行信心评估。实验分为3个阶段：前测阶段，个体单独完成任务，无社会反馈；训练阶段，个体与一名同伴同时完成任务，每次决策后提供社会反馈（同伴反应实际由计算机模拟）；后测阶段，流程与前测相同。

行相同的任务，它们将更快地学会新的图片序列。由于观察和反应实验中四张图片的空间位置均不同，因此恒河猴并不是简单地通过动作模仿来学习，而是学习了刺激-反应联结的抽象规则，并能根据学习情况做出适当的行为反应。Meunier等^[10]的研究也表明，恒河猴能通过自发观察习得同类的刺激-奖赏关联。这些研究表明，在人类和非人灵长类动物的知觉决策过程中，社会影响均发挥着重要作用，这可能源于共同的进化基础。个体通过观察同类行为获得社会信息，或通过保持与群体一致的行为来增强群体认同，这些都对生物个体的适应与生存发展具有重要意义。

1.2 社会影响的调节因素

在复杂的社会环境中进行决策时，多种因素调节着社会影响的效应，包括群体特征和同伴属性等外部因素，也涉及信心水平和人格特质等内在特征。理解这些调节机制，对于准确把握社会情境下个体行为的变化规律至关重要。

群体特征对社会影响具有重要调节作用，其中群体规模和观点一致性是两个关键因素。研究表明，群体规模与社会影响并非简单的线性关系。Asch^[6]发现，当报告错误答案的同伴达到3人时，被试的从众出错率升至31.8%，远高于仅有1名同伴时的错误率（3.6%），然而随着同伴数量继续增加，错误率增长幅度显著减缓。后续研究同样发现，当群体规模超过5人时，社会影响效应增长幅度趋于平缓^[14, 25]。此外，群体观点越一致，越被认为准确且具有规范约束力，个体也更容易受其影响，而一旦出现不同意见，群体的社会影响力便会显著减弱^[26]。例如，当群体中出现一个选择正确答案的伙伴时，个体服从多数人错误意见的频率骤降至原来的1/4^[6]。值得注意的是，即使异议者的观点本身是错误的，也能显著促进个体抵抗从众压力并坚持自身判断^[27]。

同伴属性同样会调节社会影响效应。一项关于动物社会学习的元分析表明，同伴的熟悉度、地位

等社会特征会显著影响动物对社会信息的使用^[28]。例如, 鸟类倾向于学习和模仿熟悉的、经验丰富的群体成员的筑巢与迁徙行为^[29-30], 而黑猩猩则更常模仿群体中高社会地位成员的行为^[31]。熟悉度往往代表着可靠性, 人们总是更倾向于信赖可靠的同伴。研究发现, 4岁人类儿童在学习新事物的语义和形态时, 明显偏好向先前提供过准确信息的人寻求帮助^[32]。社会地位同样也是重要的影响因素, 通常地位较高的人具有更大的影响力和信服力。Santamaria-García等^[33]发现, 与高社会地位(或实验任务中表现更优异)的同伴协作时, 个体判断更准确且反应更迅速。

随着技术的发展, 人机互动在社会影响研究中日益受到关注。同伴是真人还是机器人, 以及是否存在真人实时互动, 这些人际因素显著调节社会影响的效应。Vollmer等^[15]发现, 成年人容易受到人类群体的影响而产生从众行为, 但能够有效抵抗由3个机器人形成的群体压力。Qin等^[34]则观察到, 在人机混合群体(例如1个机器人和3个人类同伴)中, 个体会表现出与纯人类群体相似程度的从众行为。这一表面上的矛盾可能源于群体构成的差异: 当人类在混合群体中占多数时, 个体易接受少数机器人的存在并展示出从众行为; 但当机器人占多数时, 这种特殊的社会环境可能会提高个体对刺激的敏感性, 增强其抵制从众的能力。Duderstadt等^[35]的研究进一步发现, 即使将互动对象替换为计算机算法, 仍然能施加显著的社会影响, 导致个体知觉决策的改变。然而, 真人实时互动能产生更强的社会影响。Zhan等^[23]研究表明, 即使离线呈现同伴的选择, 个体的知觉决策也会受到影响; 而当真人同伴实时参与任务时, 这种即时互动将显著增强社会影响效应。

除外部环境因素外, 社会影响还受到个体内部认知特性的调节。决策通常伴随着不同程度的信心。作为监控不确定性的一种元认知过程, 信心直接影响个体对社会信息的依赖程度和整合方式^[36-37]。“不确定时复制”(copy when uncertain)的社会学习策略为信心影响决策提供了理论基础——当个体对自身判断缺乏信心, 或认为同伴提供的信息更可靠时, 更有可能关注社会信息、寻求建议并调整决策^[36, 38]。相反, 个体对自己的判断越自信时, 越不容易受他人影响^[13, 23], 且能更有效地影响他人决策^[39]。在集体决策中, 信心交流有助于校正错误及优化决策。Koriat^[40]发现, 即使

缺乏实时互动, 仅通过选择更自信成员的意见, 也能重复Bahrami等^[24]“合作判断优于独立判断”的研究发现。然而, Koriat认为, 在这一过程中信心往往反映的是群体共识(consensus)而非决策准确性。因此当多数人判断失误时, 依赖高信心者的判断反而可能降低合作判断的质量。以上研究表明, 在充满不确定性的环境中, 信心水平是调节个体与社会信息整合过程的关键变量。

人格特质与发展水平也是调节社会影响效应的关键因素。研究显示, 与普通儿童相比, 孤独症谱系儿童较少表现出从众行为, 自闭特质量表(autism spectrum quotient, AQ)得分与从众倾向呈负相关^[16]。在成年人群体中也存在类似规律, 自闭特质低(表现为更高的社交技能)、外倾性高的个体对社会信息更加敏感^[23]。近期研究表明, 个体对社会影响的易感性会调节知觉偏差的效应, 高易感性个体更容易受到错误信息的干扰, 从而导致其决策准确率显著降低^[41]。此外, 具有集体主义倾向的个体更偏好使用社会信息而不是个体信息^[37]。发展视角下, 社会影响效应呈现明显的年龄相关变化。随着大脑逐渐发育成熟, 青少年对社会影响的敏感度显著上升。研究发现, 4岁儿童决策已会受到社会信息的影响(采用Asch实验范式, 超过1/3试次服从错误答案), 但此时主要表现为行为调整而非知觉加工的改变^[42]。7岁儿童使用社会信息的程度显著低于10岁和13岁儿童^[43]。关键转变出现在12~14岁: 此阶段儿童的判断开始稳定地受到他人决策的影响, 计算建模分析进一步表明, 社会影响已能导致感知觉加工本身的改变^[12], 提示青春早期是社会影响作用机制由表层反应深化至知觉加工水平的关键阶段。

综上所述, 各种外部或内部调节因素共同构成了社会影响动态变化的复杂机制。这一过程不仅体现了个体与环境的持续互动, 也揭示出社会影响独特的认知与神经基础。未来研究应进一步结合发展和神经科学视角, 深入剖析不同调节因素的作用机制及其交互效应, 同时关注这些发现在社会适应与临床干预中的转化价值。

1.3 社会影响的基本动机

个体调整决策以趋同于群体或他人的过程受到多种因素的共同调节。然而, 个体在社会情境中为何会主动调整自己的判断? 理解社会影响产生的原因是深入揭示社会情境如何作用于知觉决策的重要前提。对此, 已有研究深入探讨了社会影响背后的

心理机制,认为驱动个体调整决策的核心动机主要包括3类:获取更准确信息的渴望、获得群体认同的需求,以及维持积极自我概念的意愿^[3]。

一方面,个体通常希望在决策前获取更多信息与证据以提高准确性。但由于自身能获得的信息有限,个体往往将他人的观点视为有益补充。个体通过整合社会信息来提升决策准确性的机制,被称为“信息性影响”^[44]。当任务难度较高或输入信息较为模糊时,不确定性增加,个体更容易将他人判断视为有价值的参考^[21]。此外,个体对信息源可靠性的评估也会影响信息的整合。例如,高度一致的群体观点,熟悉或地位较高的同伴的信息更容易被采纳^[32-33],个体还会根据他人表现出的信心来评估其信息可靠性,并相应调整自己的判断^[13]。

另一方面,作为社会性动物,人类有建立和维持积极人际关系的需求。获得社会接纳是人类生存与发展的重要动机,这一机制被称为“规范性影响”^[44]。在生活中,社会接纳被视为一种奖励,个体通常会服从社会规范以获取认同,而违反规范则可能遭受孤立或惩罚^[45]。因此,即使在刺激明确的简单任务中,个体在群体中仍可能服从他人错误的选择^[7]。研究发现,社会规范会调节个体的知觉决策,使其判断向群体观点偏移^[17, 46]。除群体压力外,社会互动中还存在互惠现象(即个体在交流互动中给予对方回报和支持的行为)。在知觉决策中,互惠体现为个体受同伴影响的程度取决于对方受自己影响的程度:当同伴采纳其意见时,个体也更倾向于回报性地接纳同伴意见^[13, 47]。

此外,人们普遍倾向于保持积极的自我评价,认为自己优于一般人。来自他人或群体的接纳认同在塑造自我概念中起着关键作用,个体往往通过与他人保持一致来增强自我形象^[3, 48]。Stallen等^[49]发现,当被赋予特定群体成员身份时,个体仅在该群体内表现从众,这一效应并不会扩展至其他群体。另外,社会比较(即个体通过与他人进行比较来评估自身)也具有重要影响,例如与优秀的同伴互动时常能激发更高水平的自我表现^[8]。

这3种动机各有侧重,但在实际社会情境中往往共同存在且相互作用。随着社会情境变化,它们的影响力和表现形式会动态调整,使个体能够灵活适应不同社会环境,优化行为决策。例如,在某些情境下个体可能更重视社会认同,而在其他情境下则可能优先考虑任务效率或自身兴趣。总之,社会影响的心理机制是多层次、动态变化的复杂过程,

理解这些基本动机有助于我们更全面地把握人类社会行为的本质。

2 社会情境影响决策的计算机制

以往社会影响的相关研究主要聚焦于社会从众行为的动机探讨^[3, 44]。这些研究回答了个体为何会因社会影响而改变决策,而近年来,研究者转向关注社会影响如何改变个体知觉决策背后的认知和计算机制。已有研究发现,社会从众行为可以用强化学习机制来解释:个体在与群体意见不一致时会产生预测误差信号,进而驱动行为调整^[50]。此外,贝叶斯推断为理解个体如何整合社会信息与个体信息,更新信念并修正决策以适应群体观点,提供了重要视角^[18, 25, 37, 51]。同时,漂移扩散模型也被广泛用于探究社会影响是通过知觉偏差还是反应偏差影响知觉决策。

这3种理论框架并非彼此对立,而是从不同视角探讨了社会情境作用于决策的过程和结果。强化学习模型强调社会奖励与惩罚,认为与群体一致可以提高准确性或带来认同感和归属感,从而强化从众行为。贝叶斯模型通过概率推断机制,解释个体如何在不确定环境下整合自身经验与社会信息,依据信息可靠性赋予不同权重,更新信念并调整决策。漂移扩散模型则将知觉决策描述为在噪声中累积感觉证据的动态过程,并进一步分解为不同的认知加工成分,用以揭示社会影响作用于感知与判断各环节的具体效应。综上,3类模型分别从最大化奖励、概率推断和动态证据累积等不同视角,共同构建了社会情境影响知觉决策的认知计算理论框架。接下来,本文将分别基于这3类模型,系统梳理社会情境影响决策的计算机制。

2.1 强化学习模型

在强化学习模型中,个体通过与外部环境进行交互,不断依据环境反馈的奖励或惩罚来更新自身的策略。当反馈表明行为正确时,该行为模式会得到强化;反之,当反馈提示行为错误时,个体会根据实际结果与预期结果之间的差异,即“预测误差”,及时调整行为以获取最大化奖励(图2a)^[52]。在社会情境下,来自他人或群体的反馈和评价构成了重要的社会性奖赏或者惩罚,对个体的行为选择产生重要影响。社会规范为特定文化环境下适宜或不适宜的行为提供了参照,偏离社会规范的行为可能导致个体被群体排斥等负性后果。因此,在群体决策中,遵循社会规范的行为通常被视为正确并获

得社会性奖赏, 而违背社会规范的行为则容易遭受惩罚。这一强化机制驱动个体基于社会反馈修正自己的决策策略^[19]。相关研究表明, 个体决策与群体意见的冲突程度类似于强化学习模型中的“预测误差”信号, 社会冲突的程度可以有效预测个体后续的从众行为^[50]。这种社会反馈既可能通过信息性奖励(即利用群体信息提升决策准确性), 也可能通过规范性奖励(即为了获得认同而服从群体意见)共同优化个体行为, 使其趋向于符合社会规范。

在知觉决策领域, 已有实证证据表明社会反馈能够通过强化学习机制影响个体判断。Germar等^[46]发现, 当个体判断与社会规范(在实验中以群体多数人的选择或偏好为操作性定义)产生冲突时, 会引发负向预测误差信号。值得注意的是, 这种预测误差并非一次性事件, 而是在反复的社会互动中持续累积, 促使个体逐步形成知觉偏差。例如, 在多人决策情境下进行颜色辨别任务时, 若个体判断“蓝色”而大多数人判断为“橙色”, 为了最小化预测误差, 个体在知觉加工阶段更倾向于采纳与社会规范一致的信息(如群体更偏好的橙色), 从而在后续决策中更可能作出符合社会规范的判断。强化学习理论认为, 预测误差信号在决策调整中起着关键作用, 持续推动个体的知觉与社会规范趋同。这表明社会规范的影响不仅仅源自表面的群体压力, 还能通过强化学习机制逐步内化, 即使在脱离社会情境后, 这一内化影响仍可持续存在。

2.2 贝叶斯推断模型

强化学习模型解释了个体在追求社会奖励的驱动下产生从众行为的机制, 但该模型尚未解答个体在决策过程中如何整合多源信息的问题。在社会情境中, 决策者面临一个关键挑战: 如何将自身已有的知识经验(个体信息)与他人的判断或行为(社会信息)进行整合? 更具体地说, 个体如何评估不同信息的可靠性, 并据此赋予权重, 从而优化决策? 贝叶斯模型为此提供了一种基于概率推理的理论框架。基于贝叶斯推断原理, 个体可以将先验信念(自身已有知识或经验)与新获得的外部信息(如他人反馈)及其可靠性相结合, 通过不断更新后验信念来实现信念的动态调整, 从而做出适应性决策(图2b)。在知觉决策领域, Toelch和Dolan^[18]构建了社会影响下的信息决策模型, 认为个体能以贝叶斯推断的方式整合个体和社会信息, 进而优化判断。研究者假设, 群体中的个体试图对

某一连续环境参数(如水源的方向)进行有效估计。由于最初对探测目标了解有限, 信息的可靠性通常比较模糊, 需要通过反复学习来提升。社会信息的可靠性学习在计算层面与强化学习类似^[53], 都受预测误差驱动。个体通过观察他人反应及其信心水平^[24], 动态评估社会信息的准确性, 并根据不同信息源的可靠性为其分配相应权重。通常情况下, 人们倾向于赋予自身掌握的信息更高的权重, 与社会信息进行动态平衡。整个决策过程中, 信息源的权重不断调整, 以实现信念与行为的持续优化。值得注意的是, 虽然贝叶斯模型与强化学习模型都包含误差最小化的计算过程, 但二者存在本质区别: 贝叶斯模型强调通过先验和新证据的概率整合, 动态更新信念以应对不确定性, 而强化学习则侧重于通过奖惩反馈最大化行为收益, 从而优化行为策略。

研究者将贝叶斯决策模型应用于Asch的从众实验^[18]。该实验要求被试选择与目标刺激长度相等的线段。为了增加可信度, 研究者引入了中性试次(即大多数人会做出与实际呈现刺激一致的正确判断), 让被试相信其他同伴具备较高的判断准确性, 而在设计的关键试次中, 大多数同伴会选择相同的错误答案, 此时, “贝叶斯决策者”需整合社会信息重新做出选择。模型假设所有同伴的错误率大致相当, 因此每个人的判断被赋予相近的权重。当同伴错误率较低时, 社会信息的可靠性较高, 与群体不一致的判断正确概率较低, 从概率最优角度出发, 服从群体意见是理性选择。在Asch^[7]的研究中, 被试独自完成线条判断任务时错误率低于1%, 但在社会影响下, 超过75%的被试至少有一次服从错误答案的从众行为, 整体来看有37%的被试在一半及以上的关键试次中服从多数人的错误选择。这一结果表明, 即使在简单知觉任务中, 个体仍能以贝叶斯推断方式整合个体与社会信息, 并适时修正决策。从信息性影响的角度看, 当自身判断不确定性较高而群体高度一致时, 服从大多数人的意见是贝叶斯决策的合理选择^[18]。

目前, 贝叶斯模型已广泛应用于各类决策领域, 为理解决策过程中信息整合的内在机制提供了有力理论支持。知觉决策相关研究表明, 个体能够以贝叶斯推断的方式动态更新对任务的初始信念和置信度, 综合权衡自身信念的不确定性与社会信息的可靠性, 更新信念并相应调整行为决策^[25, 51]。然而, 尽管贝叶斯模型精准描述了个体如何整合社

会信息, 却未能解释个体在决策过程中如何随时间累积感觉信息证据并做出判断, 这正是漂移扩散模型可补充和拓展的关键。

2.3 漂移扩散模型

序列抽样模型是一种描述决策过程的重要数学模型, 其核心假设是个体在多个选项间的决策过程可以通过逐步累积带有噪声的感觉证据来描述, 一旦证据累积到某个选择的决策阈值, 个体便会做出相应反应。当前知觉决策领域中广泛使用的标准序列抽样模型是 Ratcliff^[54] 提出的漂移扩散模型。该模型通过拟合被试选择和反应时的数据分布, 能够将知觉决策分解为不同的认知加工成分, 包括对感觉证据的累积、决策标准的设定以及决策的时间特征等方面 (图 2c)。这不仅有助于更好地理解 and 预测多选择任务中的决策过程, 也为研究人类决策机制提供了新的理论框架和定量工具。

基于这一理论框架, 研究者使用漂移扩散模型来探究社会情境对知觉决策的作用机制: 社会影响是否能真正改变个体的知觉加工过程, 抑或是短暂的行为层面的改变? 理论上, 社会影响导致决策偏差的认知机制可以分为知觉偏差和反应偏差两种。前者是指社会情境或者他人选择改变了个体对感觉信息的加工方式。在漂移扩散模型框架下, 知觉偏差主要体现在感觉证据积累的速度变化上 (即漂移率 (drift rate)), 反映了个体对相关刺激加工效率的调整。例如, 在群体观点影响下, 支持多数人意见的证据累积速度更快^[46]。相较之下, 反应偏差则强调社会影响主要通过改变个体的主观反应倾向来调整决策, 而未实质影响感觉信息本身的加工。在模型参数上, 这一机制通常对应感觉证据积累起始点 (starting point) 的偏移, 体现了个体在决策前就存在的先验倾向。例如, 为避免群体排斥, 个体的证据累积起始点会更靠近群体意见的决策边界。目前, 已有神经科学研究探索了这些模型参数与神经活动的关联。例如, 漂移率的变化反映了在决策过程中证据累积过程的动态特性。当漂移率增加时, 顶内沟外侧 (lateral intraparietal cortex, LIP) 神经元的放电频率会随着证据的不断累积而逐步升高^[55]。此外, 漂移率的提升还可表现为偏侧化准备电位 (lateralized readiness potential, LRP) 潜伏期的缩短, 提示神经系统对信息的加工效率提高^[22]。而起始点的偏移则被发现与对默认选项的主观偏好相关, 腹内侧前额叶

(ventromedial prefrontal cortex, vmPFC) 的激活强度能够反映这种先验偏好的强弱^[56]。这些发现揭示了模型参数变化可能对应不同神经机制, 但其具体关系仍有待进一步研究。

大多数研究利用漂移扩散模型发现, 社会影响主要引起知觉偏差, 进而导致决策向社会规范偏移^[5, 17, 22, 46]。然而, 也有研究者认为社会影响主要通过反应偏差作用于知觉决策^[57]。Toelch 等^[57] 研究发现, 有效的社会信息可以提高决策准确率, 这一效应在模型中表现为起始点的偏差, 即社会信息通过改变决策标准来影响知觉决策。该研究结果与先前研究不一致的可能原因是: 先前研究中被试在决策前已经知晓了大多数人的选择, 而在该研究中物理刺激与社会信息是同时呈现的, 被试可能没有充分的时间整合社会信息与自身感知的信息, 因此只能通过主动调整决策标准, 使其偏向与社会信息一致的方向。综合现有证据表明, 社会影响通过两种机制影响知觉决策: 一方面, 当强大的社会压力存在时, 会引发短期的反应偏差, 进而导致从众; 另一方面, 社会规范能引发持久的知觉偏差, 从而引发长期的规范遵守^[46]。Zhan 等^[23] 的研究验证了社会影响导致长达数周稳定的视知觉改变。Germar 等^[17] 的研究也证实, 社会规范学习会导致个体对规范一致信息的累积偏差, 即在决策过程中更多累积符合社会规范的感觉证据并进行加工。该知觉偏差即便在离开群体之后也依然存在, 因此个体在独自决策时仍会做出符合社会规范的选择。总体而言, 尽管知觉决策的变化在特定情境下可能源于决策标准改变所引发的反应偏差, 但更多的证据支持知觉决策的改变主要源于知觉偏差。

以上 3 类模型对社会情境影响知觉决策的解释并非完全独立, 在一定程度上可以相互补充和交叉应用。强化学习模型强调社会影响能通过反馈学习机制作用于个体的知觉决策。这一理论强调行为后果的价值评估, 以及基于经验与环境反馈的动态调整机制, 从而有助于解释个体如何通过社会性反馈的学习改变行为, 特别是在面临规范冲突时的适应性调整。然而, 目前利用强化学习理论解释知觉决策的研究相对有限, 仍需进一步实证支持, 并考察不同动机下的机制差异。贝叶斯模型则揭示了个体在社会情境下如何整合多元信息, 并通过评估信息的可靠性更新信念, 从而更灵活地调整对外部环境的判断, 以适应不同的社会情境。漂移扩散模型能

够描述决策过程中感觉证据随时间累积的动态变化, 为解析知觉决策机制提供了定量工具。基于3类模型的互补视角, 结合神经影像学手段, 未来的

研究有望更系统地阐明社会影响下知觉决策的认知神经机制。

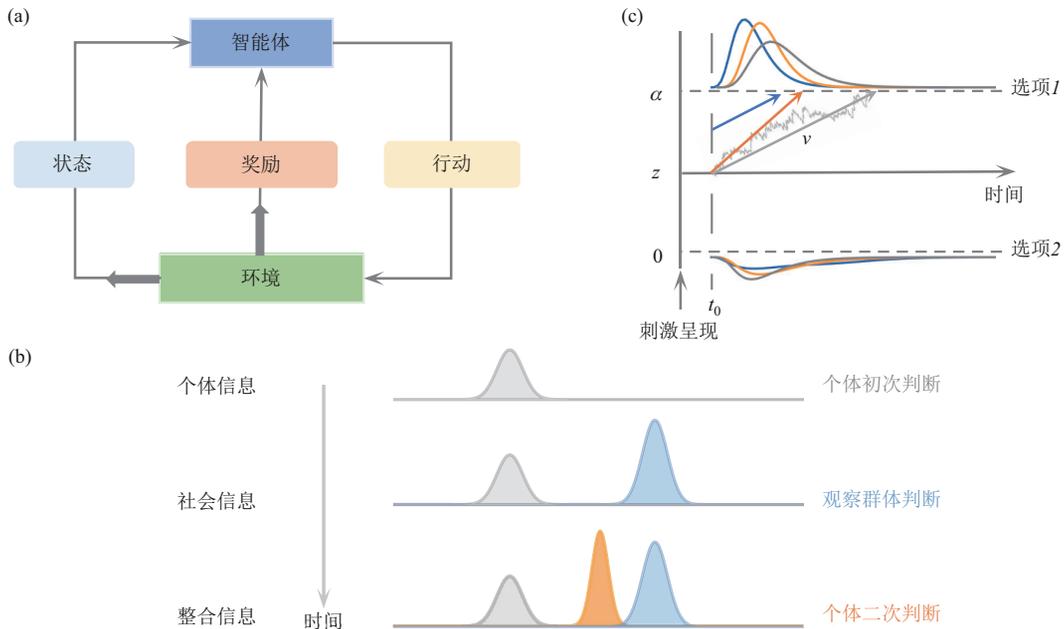


Fig. 2 Computational models explaining social influence on decision making

图2 社会情境影响决策过程的计算模型示意图

(a) 强化学习模型。个体(智能体)根据环境的状态和奖励不断调整其行为, 以优化决策并实现奖励最大化。(b) 贝叶斯推断模型。个体基于已有的信息进行初次判断, 随后通过观察群体判断获取社会信息。个体将根据初次判断和群体判断各自的可靠性分配权重, 并整合形成二次判断。从初次判断到二次判断的变化可通过信念更新进行预测。(c) 漂移扩散模型。该模型将知觉决策建模为在噪声环境中动态累积感知证据直至达到决策边界的过程, 通过分解不同认知加工成分揭示社会信息作用于感知与判断各环节的具体机制。该模型有4个关键参数: 漂移率(drift rate, v)体现信息加工效率; 起始点(starting point, z)反映决策前的初始偏好倾向; 决策边界(decision boundary, α)表征决策阈值; 非决策时间(non-decision time, t_0)包括感觉编码和动作执行耗时。图中灰色箭头表示基准决策过程; 蓝色箭头表示起始点偏移的情况, 其起始点更靠近选项1边界, 因此累积较少感觉证据即可达到决策阈值; 橙色箭头表示漂移率偏移的情况, 其斜率更大, 反映了更高效的感觉证据累积过程。

3 社会情境影响知觉决策的神经机制

近年来, 随着神经影像技术的不断进步, 研究者得以深入探究社会情境对知觉决策过程的神经机制。已有证据表明, 社会影响可通过多层次神经机制作用于知觉决策: 一方面, 社会情境能够调节早期视觉皮层活动及注意分配过程, 直接影响感觉信息的编码与整合; 另一方面, 社会因素也能通过激活奖赏系统、情绪网络及社会认知脑区, 自上而下地影响知觉决策过程。本部分将从低水平感知加工和高级认知过程两个层面, 探讨社会情境作用于知觉决策的神经环路及其功能特性。

3.1 社会影响调节早期知觉加工的神经机制

本节聚焦于社会影响如何通过调节知觉决策的

早期感知与注意加工环节发挥作用。Shadlen等^[58]的早期电生理实验记录了清醒猕猴在随机点运动方向辨别任务中的单个神经元活动, 发现顶内沟外侧不仅接收并整合多种感觉信号的输入, 更重要的是, 还能编码与感觉证据累积相关的决策变量, 并预测猴子的选择。有观点认为, 社会影响导致的选择改变或决策速度的变化, 可能体现在该区域的神经活动中^[4]。知觉决策依赖于顶叶皮层对感觉信息的持续整合, 而社会情境因素可通过自上而下地调控顶叶皮层的感觉证据累积过程显著改变决策输出。这种调控机制使得顶叶神经活动模式能够作为预测从众行为的有效生物标记^[59]。此外, Berns等^[60]利用脑成像技术研究了群体压力下进行心理旋转任务时的神经机制。结果显示, 当个体服从群

体错误选择时, 右侧顶内沟 (intraparietal sulcus, IPS) 和枕上回 (superior occipital gyrus) 区域的激活增强, 这些区域正是心理旋转任务特异性激活脑区, 支持了从众行为主要源于社会影响对早期知觉加工的调节。Kelly 和 O'connell^[61] 的研究也发现, 感觉证据累积与偏侧化准备电位密切相关, 其波幅的增大对应于跟随多数人选择所导致的漂移率提升。这些研究共同表明, 社会影响确实能够改变与感觉证据累积相关的神经活动。

研究者考察了社会影响对视觉皮层神经活动的调节作用, 发现群体压力能够自上而下地调节早期 P1 成分, 影响视知觉加工。Trautmann-Lengsfeld 和 Herrmann^[62] 发现, 当个体服从错误的群体意见时, 其 P1 成分波幅会显著降低, 而服从正确群体意见时则表现为 P1 波幅的增强。类似地, Zanesco 等^[20] 发现, 面对模棱两可的刺激, 若与群体意见相冲突, P1 波幅出现增加, 个体随后倾向于修正自身的判断。除了群体压力的即时影响外, 社会互动中的社会比较机制同样会影响基本视觉感知。例如, 在光栅朝向辨别的知觉学习中, 与单独训练相比, 双人互动训练中个体的表现更易受优秀同伴的影响, 表现为学习效果更佳、进步更快。脑成像研究发现, 双人训练时, 个体的早期视觉皮层 (early visual cortex, EVC) 对任务相关刺激的表征更加精细, 且与社会认知脑区如背外侧前额叶皮层 (dorsolateral prefrontal cortex, dlPFC) 和双侧顶叶皮层 (bilateral intraparietal lobe) 的功能连接增强^[8], 进一步支持了社会情境能在知觉决策过程中直接改变早期视觉皮层的神经活动。

除了对感知加工机制的影响外, 已有研究提出, 社会情境还可以通过调节注意分配过程, 进一步影响个体的知觉决策。相关实验发现, 在社会交互情境下, 个体执行知觉辨别任务时, 与早期注意加工相关的 N1 波幅显著增大, 提示社会影响可能促进更多的注意资源投入到任务相关的信息加工过程中^[22]。Germar 等^[63] 提出了注意对齐假说 (attentional alignment hypothesis), 认为社会影响会使个体偏向于注意与社会规范相一致的刺激特征, 由此促进从众行为。利用稳态视觉诱发电位方法, 研究者发现社会规范能引导个体选择性地增强对规范一致特征的注意, 同时抑制对规范不一致特征的注意; 即便社会规范信息消失, 这种注意偏差依然存在^[63]。该研究进一步证实了社会影响能够持续改变感知觉的早期注意过程。

3.2 社会情境下高级认知加工影响知觉决策的神经机制

社会情境对知觉决策的高级认知加工环节具有重要调节作用, 主要体现在奖赏、情绪与心智化等过程。在奖赏加工方面, 当个体与他人或群体的意见一致时, 腹侧纹状体 (ventral striatum, VS) 得到激活^[64], 驱动个体更倾向于采纳群体意见。当个体选择与群体意见不一致时, 在 250~350 ms 时窗内会诱发更强的内侧额叶负波 (medial frontal negativity, MFN)。MFN 对强化学习中的预测误差高度敏感, 其波幅随个体与群体不一致程度的增加而增强。这种结果与预期期间的差异会使个体在随后的决策中修正选择, 以缩小与群体的分歧^[65]。此外, Zhang 和 Gläscher^[66] 发现, 即时的社会影响可通过右侧颞顶联合区 (temporoparietal junction, TPJ) 与腹内侧前额叶皮层和前扣带皮质 (anterior cingulate cortex, ACC) 之间的功能耦合发挥作用; 同时, 社会预测误差 (即与同伴选择的一致性) 和奖励预测误差共同在壳核 (putamen) 中被表征, 表明大脑的奖赏中枢和社会中枢构成互相协调的神经网络, 共同支持社会影响对决策的调节^[66]。

在社会情境下, 渴望被社会接纳的动机会通过情绪加工的调节进一步影响决策。当个体被群体接受时, 不仅奖赏相关脑区被激活, 还会产生积极情绪。当个体在知觉决策中选择与同伴保持一致时, 除了右侧尾状核 (caudate) 等脑区有显著激活外, 与社会接纳和情绪状态相关的膝下前扣带回 (subgenual ACC) 也会被激活, 表明个体的从众行为可能受到群体认同所引发的积极情绪的调节^[49]。另一方面, 群体排斥会引发消极情绪, 伴随着背侧前扣带回皮质 (dorsal ACC) 和前脑岛 (anterior insula, AI) 等与惩罚和消极情绪加工相关脑区的激活^[67]。在社会互动中, 个体选择与群体不一致时会激活参与情绪调节的杏仁核 (amygdala), 而与群体对抗导致的社会孤立则会激活尾状核^[60]。为了避免社会排斥及其带来的消极情绪体验, 个体更容易受社会压力影响而选择服从群体。

心智化能力是支持社会影响的另一项重要高级认知机制。心理理论 (theory of mind) 指出, 个体具有理解和推测自身与他人心理状态的能力, 包括信念、意图和情感等, 这种能力有助于人们解释和预测他人行为, 并进行有效的沟通与合作^[68]。背内侧前额叶皮层 (dorsomedial prefrontal cortex, dmPFC) 和颞顶联合区在处理社会信息和推测他

人心理状态时起着至关重要的作用^[68-70]。在双人决策中, 个体更容易受到易感性高(即容易受他人影响)的同伴的影响^[47]。背内侧前额叶皮层和颞顶联合区追踪了同伴的易感性, 并在决策修正阶段增加了与背侧前扣带回皮质的功能耦合^[13], 表明心智化能力在社会互动中显著影响个体决策过程。进一步地, 在接受实时社会影响后, 个体往往还需要整合自我与社会信息进行信念更新, 这一过程涉及与推理功能相关的背内侧前额叶皮层^[51]。

综上所述, 现有研究表明, 社会影响不仅作用于早期知觉加工、信息整合和注意分配阶段, 还通

过奖赏、情绪以及心智化等高级认知过程调控知觉决策。相关神经机制涉及多个脑区, 包括参与视觉及注意功能的早期视觉皮层和顶内沟, 以及与高级认知相关的腹侧纹状体、杏仁核、脑岛、前扣带回、颞顶联合区及前额叶皮层(图3), 揭示了社会情境对知觉决策自上而下的多层次调控机制。未来研究应从多尺度神经层面揭示不同社会情境对知觉加工及决策过程的具体作用机制, 并据此构建系统阐释社会影响调控知觉决策的层级化神经网络模型。

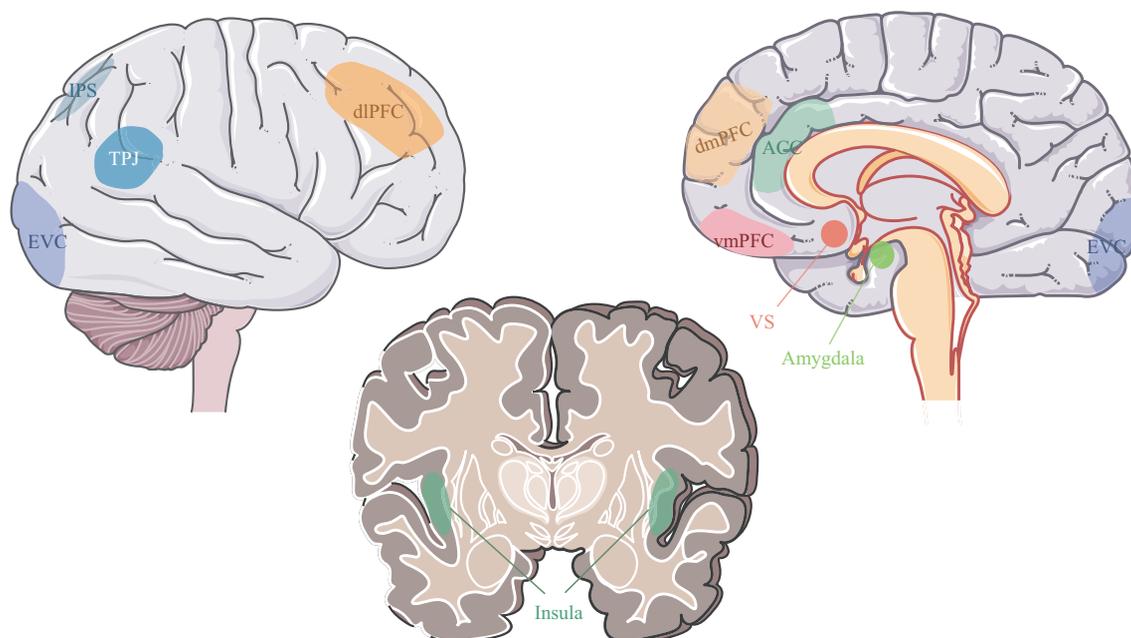


Fig. 3 Schematic diagram of brain regions involved in the influence of social context on perceptual decision-making

图3 社会情境影响知觉决策涉及的脑区示意图

社会情境影响决策的过程涉及多个脑区的活动, 包括早期视觉皮层和顶内沟等视觉及注意功能相关的区域, 以及腹侧纹状体、杏仁核、脑岛、前扣带回、颞顶联合区及前额叶皮层(背外侧、背内侧、腹内侧)等高级认知相关区域。矢状图为右脑图。脑模板来自 Servier Medical Art (<https://smart.servier.com/>) (CC BY 4.0许可)。Insula: 脑岛; IPS: 顶内沟; EVC: 早期视觉皮层; TPJ: 颞顶联合区; Amygdala: 杏仁核; ACC: 前扣带回; dIPFC: 背外侧前额叶; dmPFC: 背内侧前额叶; vmPFC: 腹内侧前额叶; VS: 腹侧纹状体。

4 应用、总结与展望

4.1 相关认知障碍研究与应用

许多认知障碍表现为知觉加工和知觉体验的改变, 如孤独症谱系障碍和神经性厌食症等^[11]。深入探讨社会情境对这些疾病的影响, 不仅有助于理解其发病机制, 也为相关疾病的诊断、治疗及预防提供了新的思路 and 参考。

孤独症谱系障碍是一类以社会交往障碍和刻板

行为为主要特征的神经发育障碍, 多在儿童期发病。这类患者往往表现出在社会互动和感知觉加工等方面的异常。与神经发育正常儿童相比, 孤独症儿童在知觉决策过程中较少因社会影响而产生从众行为, 表现出对社会压力的较强抵抗性^[16]。基于漂移扩散模型的研究表明, 12岁以上的神经发育正常个体对社会影响的敏感性源于知觉决策中感觉证据积累的系统性偏差, 即有偏向性地加工与社会规范一致的感觉输入信息^[12, 23]。相比之下, 孤独

症儿童在决策过程中表现出明显的社会信息整合缺陷：社会信息对其感觉证据积累速率的调节作用较弱，因此难以有选择性地处理符合社会预期的信息^[12]。这一现象与贝叶斯理论框架下的“弱先验假说”^[71]相符，孤独症儿童不易受到自上而下因素（包括社会因素）的影响，更依赖自下而上的感觉信号，其决策过程以即时感官证据为主导，因此对社会影响的敏感性较低。进一步神经生理学研究发现，相较于普通儿童，孤独症儿童的脑后部基本节律（posterior basic rhythm），呈现出发育更快和提早成熟的特点^[72]。该节律的发育进程被认为与视觉加工、注意分配等认知能力的发展密切相关^[73]。这种脑功能的异常发育，可能削弱孤独症儿童的社会信息整合能力，进而导致其对社会影响敏感性较低和从众倾向较弱。

神经性厌食症是一种以极端限制饮食、对身材和体重有严重扭曲认知为核心特征的进食障碍，多见于青少年女性。患者通常过度关注自身体型，对外界评价高度敏感。神经性厌食症的发生和发展与社会环境紧密相关。家人、同龄人及社交媒体的观点和态度被认为是引发饮食失调和身体形象问题的重要社会因素^[74]。研究发现，父母对青少年体型的批评与其进食障碍症状显著相关^[75]。厌食症患者往往会扭曲自我形体的感知，倾向于高估自身体型并对身材不满意，认为体重较轻者更具吸引力。这一异常评价标准既与顶叶、前额叶皮层、脑岛和杏仁核等身体信息感知和情感相关脑区的功能异常有关^[76-77]，也与社会环境的持续影响密不可分。有研究表明，在年轻女性群体中，频繁参与“贬低肥胖”讨论（如贬低身材、鼓励瘦身等）显著增加其饮食失调的风险^[78]。Sang等^[79]采用视觉适应范式发现，即使短时间暴露于异常偏瘦或偏胖的体型图片，仍会显著改变个体对正常身材的主观估计，且这种偏移效应在短期内仍可持续存在。由此推测，若个体长期处于“以瘦为美”的媒体环境下，持续接触或偏好较瘦体型的图片，可能会导致更为持久的体型认知偏差，从而增加发生进食障碍的风险。值得注意的是，社会环境亦能正向调节个体评价标准。研究显示，当群体规范反对“贬低肥胖”时，成员对朋友体型的接纳度显著提高^[78]。因此，通过调节社会规范、营造支持正向身体观的社会环境，有望降低个体罹患神经性厌食症的风险。

比较而言，孤独症和神经性厌食症的一个共同点在于，二者在社会背景下的决策任务中均表现出

对社会影响敏感性的异常，但具体表现方式有所不同：孤独症个体受到社会因素自上而下的调控较弱，而厌食症个体则更为敏感。未来研究可从社会影响与知觉决策的视角，重点关注感觉表征脑区与奖励、社会认知等脑网络之间的功能连接异常，为孤独症和神经性厌食症的干预与预防提供机制性见解。

4.2 总结与展望

知觉决策会受到自上而下的社会情境影响而发生改变，往往向他人或群体一致的方向偏移。这种影响可能导致决策偏差，但也有助于个体通过评估并采纳高质量的社会信息，提升决策表现。驱动决策调整的动机包括提高决策准确性、获得群体认同以及维护积极的自我概念。在这一过程中，群体特征、同伴属性、信心水平及人格特质等因素共同调节着社会影响的效应。在青春早期阶段，个体逐渐具备将社会影响融入自身决策过程的能力，这也体现了社会影响的进化基础。根据不同的理论框架，社会影响下决策的变化有多种解释。强化学习模型认为，这反映了个体为减小与他人或群体决策之间的“预测误差”而不断调整自身判断的过程；贝叶斯理论框架将其理解为个体对自身信息与社会信息及其可靠性的综合权衡后做出的最优决策；漂移扩散模型则可以追溯社会影响在决策过程中直接引发的知觉偏差。神经影像学的研究表明，社会影响能作用于早期视觉皮层，通过调节刺激特征的基本加工及注意分配过程，使个体选择性地关注他人或群体偏好的刺激特征。此外，社会影响还可通过奖赏机制、情绪体验以及心智化加工等高级认知过程发挥调节作用。例如，与他人或群体一致的决策会激活奖赏系统，增强积极情绪体验。同时，对自身与他人心理状态的推测也会促使个体调整决策，趋向于与群体保持一致。

尽管现有研究初步揭示了社会情境对个体决策行为的重要影响及其计算神经机制，但仍存在若干关键问题亟待深入探索。首先，当前研究主要关注社会影响的即时效应^[8, 17, 46]，而新近证据表明社会情境可能通过神经可塑性产生持久的感知觉改变。这种长期塑造作用的条件、时程规律及神经基础仍有待解析。其次，信心作为核心元认知过程，其动态变化显著调节着社会影响的效应强度^[13, 23, 47]。任务难度也会通过影响个体信心进而影响决策。这种双重调节机制提示可能存在层级化的社会信息整合模型，未来研究可通过实验操纵结

合计算建模来解构这一交互作用。此外, 自闭特质、社会易感性和集体主义倾向等个人特质, 可能通过调节社会信息权重分配影响决策。未来研究可从“特质-神经环路-行为”的角度探讨不同人群受社会情境影响的机制。这不仅有助于阐明“社会大脑”的决策运作原理, 同时也为改善认知障碍群体的社会功能提供理论依据。值得一提的是, 计算建模为解决这些问题提供了重要工具。不同模型间存在优势互补: 强化学习模型可以考察基于社会反馈的行为适应机制, 贝叶斯模型能通过动态更新信念以量化社会情境对知觉决策的影响, 漂移扩散模型则能描述决策过程中动态的感觉证据累积。3类模型从最大化奖励、概率推断和动态证据累积3个维度, 构建了社会情境影响知觉决策的多层次理论框架。这种模型互补性使研究者能够根据研究问题灵活整合多种模型, 更全面地解释知觉决策的认知机制。未来通过整合不同建模方法, 有望建立更完善的理论框架, 深入刻画社会情境影响知觉决策的计算过程。

探索群体决策的动态交互规律、人机交互影响及其跨层次神经机制也是未来的重要发展方向。当前研究多聚焦于社会交互前后的决策变化, 往往忽视了真实情境中个体基于动态实时信息进行决策调整的过程。因此, 亟需发展将动态实验范式与计算建模相结合的研究方法, 以精确刻画群体决策中信息在成员间的传递、放大和修正过程。通过实时追踪个体在社会动态中的行为调整, 可以揭示群体决策的信息级联机制, 进而阐明社会影响的传播路径^[80]。此外, 目前对于社会影响究竟导致决策偏差还是优化任务表现的边界条件暂不明晰, 这也是未来研究需要深入探讨的问题。随着机器人及大语言模型的发展, 人机交互与日常生活的联系越来越紧密。现有研究表明在人类与机器人混合群体中也存在社会影响, 但其强度通常弱于与真人实时互动。不过, 关于人机交互引发社会影响的具体效应, 目前研究结果尚存争议^[15, 34], 其潜在机制是否与人类产生的社会影响相同, 也有待进一步探究。值得一提的是, 目前大多数实验采用计算机程序模拟同伴数据, 这在一定程度上降低了研究的生态效度, 后续研究需要考虑提高实验设计中互动情境的真实感^[81]。在神经机制方面, 未来研究应系统探讨社会影响如何在感知觉加工与高级认知过程之间形成跨层次交互与协同作用, 进而调控知觉决策, 并在此基础上构建整合性神经网络模型, 为社

会情境影响知觉决策过程建立系统的解释框架。

在应用层面, 推动社会情境影响知觉决策的研究具有重要现实意义。感知觉是注意、记忆和推理等认知加工的基础, 阐明社会影响作用于知觉决策的计算神经机制, 为理解和优化现实中的各类复杂决策提供了重要思路。在社会决策领域, 群体极化常常会降低决策质量。理解社会互动中决策偏差的形成机制, 为优化个体或群体决策提供了理论支持和实践指导。例如, 在企业决策^[82]或医疗会诊中, 完善群体内部信息共享机制, 可有效避免从众效应或决策极化现象, 从而提升协同决策的科学性和有效性。在人机交互领域, 将社会情境影响决策的认知模型融入智能系统, 有望增强系统的适应性及用户体验。具体而言, 在教育辅助程序中增加模拟同伴互动或群体学习情境, 有利于提升用户的沉浸感和学习效果, 在社交应用中利用人工智能增强社群功能, 有助于加强用户的情感认同与社区粘性, 并提高社交互动满意度^[83]。更重要的是, 社会影响相关研究为认知障碍的病因诊断和干预方案提供了新的理论视角和工具^[12, 79, 84]。关注孤独症谱系障碍、神经性厌食症等社会认知障碍患者在社会情境下的行为表现及其脑机制, 开发针对性的干预措施(如机器人互动^[85]、虚拟现实社交训练、基于脑机接口的社交脑网络调控技术等), 有助于改善患者的社会功能并促进其适应能力。展望未来, 应多维度、跨层次地持续探索社会情境影响下的知觉决策机制, 进一步推进脑机接口与计算神经机制的融合研究, 为基础研究与应用实践搭建更坚实的桥梁。

参 考 文 献

- [1] Summerfield C, Blangero A. Perceptual decision-making// Tremblay L. Decision Neuroscience. Amsterdam: Elsevier, 2017: 149-162
- [2] Morin O, Jacquet P O, Vaesen K, *et al.* Social information use and social information waste. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2021, **376**(1828): 20200052
- [3] Cialdini R B, Goldstein N J. Social influence: compliance and conformity. *Annu Rev Psychol*, 2004, **55**: 591-621
- [4] Mojzisch A, Krug K. Cells, circuits, and choices: social influences on perceptual decision making. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2008, **8**(4): 498-508
- [5] Germar M, Schlemmer A, Krug K, *et al.* Social influence and perceptual decision making: a diffusion model analysis. *Pers Soc Psychol Bull*, 2014, **40**(2): 217-231
- [6] Asch S E. Opinions and social pressure. *Sci Am*, 1955, **193**(5):

- 31-35
- [7] Asch S E. Studies of independence and conformity: I. A minority of one against a unanimous majority. *Psychol Monogr Gen Appl*, 1956, **70**(9): 1-70
- [8] Zhang Y, Bi K, Li J, *et al.* Dyadic visual perceptual learning on orientation discrimination. *Curr Biol*, 2023, **33**(12): 2407-2416.e4
- [9] Subiaul F, Cantlon J F, Holloway R L, *et al.* Cognitive imitation in rhesus macaques. *Science*, 2004, **305**(5682): 407-410
- [10] Meunier M, Monfardini E, Boussaoud D. Learning by observation in rhesus monkeys. *Neurobiol Learn Mem*, 2007, **88**(2): 243-248
- [11] Takagaki K, Krug K. The effects of reward and social context on visual processing for perceptual decision-making. *Curr Opin Physiol*, 2020, **16**: 109-117
- [12] Large I, Pellicano E, Mojzisch A, *et al.* Developmental trajectory of social influence integration into perceptual decisions in children. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2019, **116**(7): 2713-2722
- [13] Mahmoodi A, Nili H, Bang D, *et al.* Distinct neurocomputational mechanisms support informational and socially normative conformity. *PLoS Biol*, 2022, **20**(3): e3001565
- [14] Milgram S, Bickman L, Berkowitz L. Note on the drawing power of crowds of different size. *J Pers Soc Psychol*, 1969, **13**(2): 79-82
- [15] Vollmer A L, Read R, Trippas D, *et al.* Children conform, adults resist: a robot group induced peer pressure on normative social conformity. *Sci Robot*, 2018, **3**(21): eaat7111
- [16] Yafai A F, Verrier D, Reidy L. Social conformity and autism spectrum disorder: a child-friendly take on a classic study. *Autism*, 2014, **18**(8): 1007-1013
- [17] Germar M, Duderstadt V H, Mojzisch A. Social norms shape visual appearance: taking a closer look at the link between social norm learning and perceptual decision-making. *Cognition*, 2023, **241**: 105611
- [18] Toelch U, Dolan R J. Informational and normative influences in conformity from a neurocomputational perspective. *Trends Cogn Sci*, 2015, **19**(10): 579-589
- [19] Wu H, Luo Y, Feng C. Neural signatures of social conformity: a coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis of functional brain imaging studies. *Neurosci Biobehav Rev*, 2016, **71**: 101-111
- [20] Zanesco J, Tipura E, Posada A, *et al.* Seeing is believing: early perceptual brain processes are modified by social feedback. *Soc Neurosci*, 2019, **14**(5): 519-529
- [21] Sherif M. A study of some social factors in perception. *Archives of Psychology*, 1935, **187**: 17-22
- [22] Germar M, Albrecht T, Voss A, *et al.* Social conformity is due to biased stimulus processing: electrophysiological and diffusion analyses. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2016, **11**(9): 1449-1459
- [23] Zhan B, Chen Y, Wang R, *et al.* Prolonged visual perceptual changes induced by short-term dyadic training: the roles of confidence and autistic traits in social learning. *iScience*, 2025, **28**(2): 111716
- [24] Bahrami B, Olsen K, Latham P E, *et al.* Optimally interacting minds. *Science*, 2010, **329**(5995): 1081-1085
- [25] Park S A, Goïame S, O'Connor D A, *et al.* Integration of individual and social information for decision-making in groups of different sizes. *PLoS Biol*, 2017, **15**(6): e2001958
- [26] Morris W N, Miller R S, Spangenberg S. The effects of dissenter position and task difficulty on conformity and response conflict. *J Pers*, 1977, **45**(2): 251-266
- [27] Nemeth C, Chiles C. Modelling courage: the role of dissent in fostering independence. *Eur J Soc Psychol*, 1988, **18**(3): 275-280
- [28] Camacho-Alpizar A, Guillette L M. From whom do animals learn? A meta-analysis on model-based social learning. *Psychon Bull Rev*, 2023, **30**(3): 863-881
- [29] Guillette L M, Scott A C Y, Healy S D. Social learning in nest-building birds: a role for familiarity. *Proc Biol Sci*, 2016, **283**(1827): 20152685
- [30] Newton I. Learning and social influence on bird migration. *Ardea*, 2024, **112**(2): 171-199
- [31] Horner V, Whiten A, Flynn E, *et al.* Faithful replication of foraging techniques along cultural transmission chains by chimpanzees and children. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2006, **103**(37): 13878-13883
- [32] Corriveau K H, Pickard K, Harris P L. Preschoolers trust particular informants when learning new names and new morphological forms. *Br J Dev Psychol*, 2011, **29**(Pt 1): 46-63
- [33] Santamaría-García H, Pannunzi M, Ayneto A, *et al.* 'If you are good, I get better': the role of social hierarchy in perceptual decision-making. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2014, **9**(10): 1489-1497
- [34] Qin X, Chen C, Yam K C, *et al.* Adults still can't resist: a social robot can induce normative conformity. *Comput Hum Behav*, 2022, **127**: 107041
- [35] Duderstadt V H, Mojzisch A, Germar M. Social norm learning from non-human agents can induce a persistent perceptual bias: a diffusion model approach. *Acta Psychol*, 2022, **229**: 103691
- [36] Carlebach N, Yeung N. Flexible use of confidence to guide advice requests. *Cognition*, 2023, **230**: 105264
- [37] Toelch U, Bruce M J, Newson L, *et al.* Individual consistency and flexibility in human social information use. *Proc Biol Sci*, 2014, **281**(1776): 20132864
- [38] Pescetelli N, Hauperich A K, Yeung N. Confidence, advice seeking and changes of mind in decision making. *Cognition*, 2021, **215**: 104810
- [39] Pulford B D, Colman A M, Buabang E K, *et al.* The persuasive power of knowledge: testing the confidence heuristic. *J Exp Psychol Gen*, 2018, **147**(10): 1431-1444
- [40] Koriat A. When are two heads better than one and why?. *Science*, 2012, **336**(6079): 360-362
- [41] Anlló H, Watanabe K, Sackur J, *et al.* Effects of false statements on visual perception hinge on social suggestibility. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2022, **48**(8): 889-900
- [42] Haun D B M, Tomasello M. Conformity to peer pressure in preschool children. *Child Dev*, 2011, **82**(6): 1759-1767
- [43] Hamm N H, Hoving K L. Conformity of children in an ambiguous perceptual situation. *Child Dev*, 1969, **40**(3): 773-784

- [44] Deutsch M, Gerard H B. A study of normative and informational social influences upon individual judgement. *J Abnorm Psychol*, 1955, **51**(3): 629-636
- [45] Stamkou E, Homan A C, van Kleef G A. Climbing the ladder or falling from grace? A threat-opportunity framework of the effects of norm violations on social rank. *Curr Opin Psychol*, 2020, **33**: 74-79
- [46] Germar M, Mojzisch A. Learning of social norms can lead to a persistent perceptual bias: a diffusion model approach. *J Exp Soc Psychol*, 2019, **84**: 103801
- [47] Mahmoodi A, Bahrami B, Mehring C. Reciprocity of social influence. *Nat Commun*, 2018, **9**: 2474
- [48] Chen X, Liu J, Luo Y J, *et al.* Brain systems underlying fundamental motivations of human social conformity. *Neurosci Bull*, 2023, **39**(2): 328-342
- [49] Stallen M, Smidts A, Sanfey A G. Peer influence: neural mechanisms underlying in-group conformity. *Front Hum Neurosci*, 2013, **7**: 50
- [50] Klucharev V, Hytönen K, Rijpkema M, *et al.* Reinforcement learning signal predicts social conformity. *Neuron*, 2009, **61**(1): 140-151
- [51] De Martino B, Bobadilla-Suarez S, Nouguchi T, *et al.* Social information is integrated into value and confidence judgments according to its reliability. *J Neurosci*, 2017, **37**(25): 6066-6074
- [52] Shamay-Tsoory S G, Saporta N, Marton-Alper I Z, *et al.* Herding brains: a core neural mechanism for social alignment. *Trends Cogn Sci*, 2019, **23**(3): 174-186
- [53] Behrens T E J, Hunt L T, Woolrich M W, *et al.* Associative learning of social value. *Nature*, 2008, **456**(7219): 245-249
- [54] Ratcliff R. A theory of memory retrieval. *Psychol Rev*, 1978, **85**(2): 59-108
- [55] Roitman J D, Shadlen M N. Response of neurons in the lateral intraparietal area during a combined visual discrimination reaction time task. *J Neurosci*, 2002, **22**(21): 9475-9489
- [56] Lopez-Perssem A, Domenech P, Pessiglione M. How prior preferences determine decision-making frames and biases in the human brain. *Elife*, 2016, **5**: e20317
- [57] Toelch U, Panizza F, Heekeren H R. Norm compliance affects perceptual decisions through modulation of a starting point bias. *R Soc Open Sci*, 2018, **5**(3): 171268
- [58] Shadlen M N, Newsome W T. Motion perception: seeing and deciding. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1996, **93**(2): 628-633
- [59] Bogdan P C, Moore M, Kuznietsov I, *et al.* Direct feedback and social conformity promote behavioral change *via* mechanisms indexed by centroparietal positivity: electrophysiological evidence from a role-swapping ultimatum game. *Psychophysiology*, 2022, **59**(4): e13985
- [60] Berns G S, Chappelow J, Zink C F, *et al.* Neurobiological correlates of social conformity and independence during mental rotation. *Biol Psychiatry*, 2005, **58**(3): 245-253
- [61] Kelly S P, O'Connell R G. Internal and external influences on the rate of sensory evidence accumulation in the human brain. *J Neurosci*, 2013, **33**(50): 19434-19441
- [62] Trautmann-Lengsfeld S A, Herrmann C S. EEG reveals an early influence of social conformity on visual processing in group pressure situations. *Soc Neurosci*, 2013, **8**(1): 75-89
- [63] Germar M, Albrecht T, Mojzisch A. Social norm learning alters feature-based visual attention: evidence from steady-state visual evoked potentials. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2023, **49**(11): 1460-1466
- [64] Campbell-Meiklejohn D K, Bach D R, Roepstorff A, *et al.* How the opinion of others affects our valuation of objects. *Curr Biol*, 2010, **20**(13): 1165-1170
- [65] Chen J, Wu Y, Tong G, *et al.* ERP correlates of social conformity in a line judgment task. *BMC Neurosci*, 2012, **13**: 43
- [66] Zhang L, Gläscher J. A brain network supporting social influences in human decision-making. *Sci Adv*, 2020, **6**(34): eabb4159
- [67] Tomlin D, Nedic A, Prentice D A, *et al.* The neural substrates of social influence on decision making. *PLoS One*, 2013, **8**(1): e52630
- [68] Frith C D, Frith U. Mechanisms of social cognition. *Annu Rev Psychol*, 2012, **63**: 287-313
- [69] Amodio D M, Frith C D. Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nat Rev Neurosci*, 2006, **7**(4): 268-277
- [70] Ogawa A, Kameda T, Nakatani H. Neural basis of social influence of observing other's perception in dot-number estimation. *Neuroscience*, 2023, **515**: 1-11
- [71] Pellicano E, Burr D. When the world becomes 'too real': a Bayesian explanation of autistic perception. *Trends Cogn Sci*, 2012, **16**(10): 504-510
- [72] Takagaki K, Russell J, Lippert M T, *et al.* Development of the posterior basic rhythm in children with autism. *Clin Neurophysiol*, 2015, **126**(2): 297-303
- [73] Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Brain Res Rev*, 1999, **29**(2/3): 169-195
- [74] Spadine M, Patterson M S. Social influence on fad diet use: a systematic literature review. *Nutr Health*, 2022, **28**(3): 369-388
- [75] 李丹, 阮淑贞, 王葵. 父母体重体形相关批评言论对青少年进食障碍症状的影响. *中国临床心理学杂志*, 2024, **32**(2): 344-349, 343
- Li D, Ruan S Z, Wang K. *Chin J Clin Psychol*, 2024, **32**(2): 344-349, 343
- [76] Gaudio S, Quattrocchi C C. Neural basis of a multidimensional model of body image distortion in anorexia nervosa. *Neurosci Biobehav Rev*, 2012, **36**(8): 1839-1847
- [77] Friederich H C, Brooks S, Uher R, *et al.* Neural correlates of body dissatisfaction in anorexia nervosa. *Neuropsychologia*, 2010, **48**(10): 2878-2885
- [78] Cruwys T, Leverington C T, Sheldon A M. An experimental investigation of the consequences and social functions of fat talk in friendship groups. *Int J Eat Disord*, 2016, **49**(1): 84-91
- [79] Sang X, Dong X, Bao M. Short-term visual adaptation to body shape induces sustained aftereffect on body size estimation. *Vision*

- Res, 2025, **227**: 108538
- [80] Tump AN, Pleskac T J, Kurvers R H J M. Wise or mad crowds? The cognitive mechanisms underlying information cascades. *Sci Adv*, 2020, **6**(29): eabb0266
- [81] 黎穗卿, 陈新玲, 翟瑜竹, 等. 人际互动中社会学习的计算神经机制. *心理科学进展*, 2021, **29**(4): 677-696
Li S Q, Chen X L, Zhai Y Z, *et al.* *Adv Psychol Sci*, 2021, **29**(4): 677-696
- [82] Zhang M, Ma X, Chen W, *et al.* Group polarization in board decisions about strategic change: evidence from Chinese publicly listed companies (2008-2018). *Manag Organ Rev*, 2023, **19**(2): 201-232
- [83] Xie G, Wang X. Exploring the impact of AI enhancement on the sports app community: analyzing human-computer interaction and social factors using a hybrid SEM-ANN approach. *Int J Hum*, 2025, **41**(14): 8734-8755
- [84] Zhu D, Al Mahmud A, Liu W. Social connections and participation among people with mild cognitive impairment: barriers and recommendations. *Front Psychiatry*, 2023, **14**: 1188887
- [85] Kouroupa A, Laws K R, Irvine K, *et al.* The use of social robots with children and young people on the autism spectrum: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 2022, **17**(6): e0269800

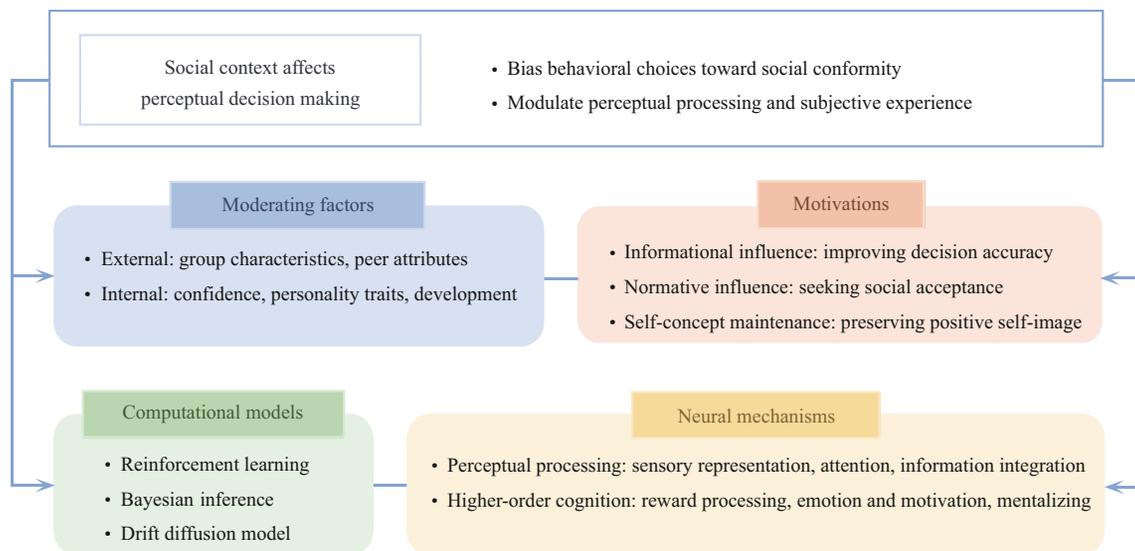
The Influence of Social Context on Perceptual Decision Making and Its Computational Neural Mechanisms*

LIU Yu-Pei^{1,2)}, WANG Yu-Shu^{1,2)}, ZHAN Bin^{1,2)}, WANG Rui^{1,2)**}, JIANG Yi^{1,2)}

⁽¹⁾State Key Laboratory of Cognitive Science and Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

⁽²⁾Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Graphical abstract



Abstract Perceptual decision making refers to the process by which individuals make choices and judgments based on sensory information, serving as a fundamental ability for human adaptation to complex environments. While traditional research has focused on perceptual decision making in isolated contexts, growing evidence highlights the profound influence of social contexts prevalent in real-world scenarios. As a crucial factor supporting individual survival and development, social context not only provides rich information sources but also shapes perceptual decision making through top-down processing mechanisms, prompting researchers to recognize the inherently social nature of human decisions. Empirical studies have demonstrated that social information, such as others' choices or group norms, can systematically bias individuals' perceptual decisions, often manifesting as conformity behaviors. Social influence can also facilitate performance under certain conditions, particularly when individuals can accurately identify and adopt high-quality social information. The impact of social context on perceptual decisions is modulated by a variety of external and internal factors, including group characteristics (*e.g.*, group size, response consistency), attributes of peers (*e.g.*, familiarity, social status, distinctions between

* This work was supported by grants from the STI2030-Major Project (2022ZD0208200, 2021ZD0203800) and The National Natural Science Foundation of China (32430043).

** Corresponding author.

Tel: 86-10-64871238, E-mail: wangr@psych.ac.cn

Received: May 9, 2025 Accepted: July 25, 2025

human and artificial agents), as well as individual differences such as confidence, personality traits, and developmental stage. The motivations driving social influence encompass three primary mechanisms: improving decision accuracy through informational influence, gaining social acceptance through normative influence, and maintaining positive self-concept. Recent computational approaches have employed diverse theoretical frameworks to provide valuable insights into the cognitive mechanisms underlying social influence in perceptual decision making. Reinforcement learning models demonstrate how social feedback shapes future choices through reward-based updating. Bayesian inference frameworks describe how individuals integrate personal beliefs with social information based on their respective reliabilities, dynamically updating beliefs to optimize decisions under uncertainty. Drift diffusion models offer powerful tools to decompose social influence into distinct cognitive components, allowing researchers to differentiate between changes in perceptual processing and shifts in decision criteria. Collectively, these models establish a comprehensive methodological foundation for disentangling the multiple pathways by which social context shapes perceptual decisions. Neuroimaging and electrophysiological studies provide converging evidence that social context influences perceptual decision making through multi-level neural mechanisms. At early perceptual processing stages, social influence modulates sensory evidence accumulation in parietal cortex and directly alters primary visual cortex activity, while guiding selective attention to stimulus features consistent with social norms through attentional alignment mechanisms. At higher cognitive levels, the reward system (ventral striatum, ventromedial prefrontal cortex) is activated during group-consistent decisions; emotion-processing networks (anterior cingulate cortex, insula, amygdala) regulate experiences of social acceptance and rejection; and mentalizing-related brain regions (dorsomedial prefrontal cortex, temporoparietal junction) support inference of others' mental states and social information integration. These neural circuits work synergistically to achieve top-down multi-level modulation of perceptual decision making. Understanding the mechanisms by which social context shapes perceptual decision making has broad theoretical and practical implications. These insights inform the optimization of collective decision-making, the design of socially adaptive human-computer interaction systems, and interventions for cognitive disorders such as autism spectrum disorder and anorexia nervosa. Future studies should combine computational modeling and neuroimaging approaches to systematically investigate the multi-level and dynamic nature of social influences on perceptual decision making.

Key words perceptual decision making, social influence, top-down processing, computational modeling, neural mechanisms

DOI: 10.3724/j.pibb.2025.0217

CSTR: 32369.14.pibb.20250217