

神经经济学:迈向脑科学的决策科学*

刘长江^{1,2,3} 李 纾^{**1}

(¹中国科学院心理研究所,北京,100101)(²沈阳师范大学管理学院,沈阳,110034)(³中国科学院研究生院,北京,100049)

摘 要 神经经济学是一门应用神经科学技术来确定经济决策的神经机制的新兴学科。文章首先概述了神经经济学这一学科,说明了经济学、心理学和神经科学与神经经济学之间的关系并主要介绍决策与奖惩系统和情绪在神经经济学中的研究发现及相关理论。文章最后评价了神经经济学在发展中的问题。

关键词: 神经经济学 决策 大脑

决策(decision-making)是经济学研究的核心,也是心理学乃至神经科学研究的热点之一。经济学传统上认为,决策最大化是理性的、自我利益驱动的、非情绪化的,而心理学思想扩展了经济行为的模型,并严肃地质疑了经济学的理性决策假设^[1]。尽管如此,人们为什么要做出决策,又是怎样做出决策的,决策的神经机制是什么,这些问题依然面临严峻挑战^[2]。神经经济学借助于神经科学所提供的客观可测量的研究工具应运而生,本文对神经经济学这门新兴学科进行初步介绍。

1 神经经济学简介

神经经济学(Neuroeconomics)是一个新兴的跨学科领域,它运用神经科学技术来确定与经济决策相关的神经机制^[3]。这里的“经济”应该更广义地理解为(人类或其他动物)在评价选项(alternatives)所做出的任何决策过程。2002年诺贝尔经济学奖得主Vernon Smith在颁奖大会上做了题为“经济学中的建构主义和生态理性”报告,在报告中他提到,“新的大脑影像技术激发神经经济学研究去探索大脑的内在秩序及其与人类决策(包括固定赌博的选择,也包括由市场和其他制度规则所中介的选择)之间的关系”^[4]。此后,越来越多的研究者开始关注这一学科。

神经经济学综合了经济学、心理学以及神经生物学等诸多学科。经济学试图用一个单一的、逻辑上统一的形式来整体描述所有的选择行为;心理学则考察价值在主观估计和客观估计之间所存在的差异方式,并提出种种心理模型来解释这些观察到的行为偏好。神经生物学着眼于最简单的、可能存在的神经回路来解释最简单的可测量的行为元素。由此看来,这些学科解释人类的选择行为的不同之处在于他们操作的水平不同^[5]。此外,当前,脑成像技术成为神经科学最盛行的工具。许多脑成像技术比较人们在执行不同任务(包括实验任务和控制任务)时的脑区差异。借用脑成像技术,神经经济学可以直接测量思维和情感,从内部观察人的行为,探讨“黑箱子”问题,从而促进我们对大脑与行为之间关系的理解。正如Camerer等经济学家和神经生物学家所言,“新的工具定义了新的科学领域,并消除了旧有边界”^[6],神经经济学借助于脑成像等神经科学技术,打破了这三大学科的界线。

神经经济学研究主题分为两大类^[3]:1)确定决策过程中的神经过程,此时,标准经济学模型能很好地预测行为;2)研究“异象”(anomalies),此时,标准模型不能很好地预测行为。然而,这门新兴学科似乎并没有明确规定其研究内容,大凡在其定义框架之下的研究都可以归结为神经经济学的研究课题。在我们所查到的综述中,所涉及的内容可谓包罗万象,例如,Zak^[3]提到1)奖赏获得,2)确定性、模糊性和满足延迟,3)学习和策略;4)合作;Kenning等^[7]提到1)偏好,2)效用和奖赏系统,3)公平、利他和信任,4)学习、记忆和知识,5)经济决策。

2 神经经济学的研究发现

神经经济学不仅从神经角度证实了经济学和心理学的—些发现,更有意义的是,其研究结果从内在机制上解释传统研究中出现的一些异象。尽管这一学科在近两三年才得到发展,但是研究者当前已经在一些方面取得一定进展。下面回顾经济学研究中两大主题在神经经济学研究中的发现。

2.1 决策与奖惩系统

研究者认为,奖赏过程和惩罚过程是决策过程的重要组成部分^[8]。神经成像研究已经确定了一些与奖赏过程相关的脑区^[9],包括前额叶皮层(含不同的子区,也就是背外侧前额叶皮层和前额脑区底部)、杏仁核、基底神经节(包括尾状核,较外侧的壳核和苍白球)以及腹侧被盖区。

研究进一步将奖赏区分为预期奖赏和实际奖赏,并发现不同的脑区负责不同类型的奖赏。例如,Knutson等^[10]让9名被试通过按钮对标有不同颜色的线索做出反应。实验任务是,对黄色线索快速按钮获得\$1奖赏,对绿色线索按钮不会得到奖赏,对红色线索不要求做出反应。每个试验之后,主试告诉被试他们在这一试验中赢了多少,以及总共赢得多少。在被试收到奖赏反馈或没有奖赏反馈之前与之后,研究者获得被试的fMRI信号。奖赏预期产生富含多巴胺受体的腹侧纹状体脑区的活动(包括尾状核和壳核),而通知赢得奖赏则产生内侧前额叶皮层(MPFC区)的活动。Knutson等^[11]进一步增加了奖赏量(\$5),结果表明,当通知货币奖赏时在MPFC(BA 10/32),后扣带回皮质(BA 26/30)以及顶叶皮质

* 本文受中国科学院“百人计划”、国家自然科学基金委员会(NSFC:70671099)资助。

** 通讯作者:李纾,男。E-mail:lishu@psych.ac.cn

层(BA 7)脑区中产生活动。有趣的是,在预期奖赏条件下,MPFC脑区活动比基准线(即没有结果)还低,Knutson等解释为,这一区域负责效用功能,而腹侧纹状体的伏隔核指导着奖赏期望和学习。

Trepel等^[12]总结了决策效用、体验效用及结果概率在认知神经科学中的研究。大脑加工决策效用体现了与奖赏期望或对未来事件主观价值的评价相关的活动。研究发现多巴胺系统、腹侧纹状体、前额叶皮层和杏仁核在表征决策效用中发挥一定作用。而大脑加工体验效用体现了在体验好坏结果时的活动,而且随结果的效价或数量发生调整。体验效用的神经机制与边缘系统、脑干以及皮质区所构成的网络相关。在体验奖赏时,纹状体、眼眶部前额叶皮层和额前正中皮层发挥作用;在体验损失时,杏仁核发挥作用。最近的研究也开始说明表征结果概率的脑区,比如侧顶叶、多巴胺系统,然而,还没有研究提供直接证据支持结果概率的脑区机制。

对动物和人类进行的研究证实^[13],当人们在不同时间得到的奖赏之间做出选择时,选项的相对价值会因为人期望兑现的延迟而大打折扣。McClure等^[14]采用fMRI技术考察了这一时间贴现(time discounting)的神经因素。研究者发现有两个独立的系统参与到这一决策中。与中脑多巴胺系统相关的边缘系统由做出即时可得奖赏的决定优先激活;相反,侧前额叶皮层和后顶叶皮质由跨期选择所激活。而且,这两个系统的相对活动与被试的选择直接相关,被试选择时间更长的奖赏时,额-顶叶脑区活动相对更大。根据这一发现,理性的长期计划是由前额叶皮层负责,而冲动的即时决定则由边缘系统掌管。

2.2 决策与情绪

神经科学的研究表明,情绪在人类生存方面发挥重要作用。例如,Sanfey等^[15]采用fMRI记录最后通谍游戏来研究参与经济决策的认知过程和情绪过程的神经机制。他们发现,当游戏者对公平提议与不公平提议做出反应时,不公平的分配方案引发了与情绪和认知相关的大脑活动(情绪活动的脑区在前脑岛,而认知活动的脑区在背外侧前额叶皮层),而且拒绝不公平的分配方案会引起前脑岛活动显著提高,从而证明情绪可能是直接来自决策本身的反应。

Damasio等研究者(1994)对额前正中皮层(VMPFC)受损的病人(例如著名的病人 Phineas Gage)进行观察,他们发现,尽管病人的智力正常,但他们的情绪和情感出现异常,而且在决策过程也表现得异常。据此他们提出了躯体标识假说(somatic marker hypothesis)^[16]。该理论认为,决策受躯体状态(或标识信号)所影响,躯体状态来源于生物调节过程,包括情绪和情感过程。躯体状态是由“初级诱发物”和“次级诱发物”所激发。初级诱发物是引起愉快或厌恶的习得状态,而次级诱发物是回忆个人事件或假想的情绪事件而产生的存在物。依据这一理论,几个不同的大脑结构参与引起决策过程中的躯体状态。杏仁核是初级诱发物引起躯体状态的神经系统中的一个关键机制,VMPFC是次级诱发物引起躯体状态的重要机制。杏仁核的反应是突然的并且适应快速,而VMPFC的反应则缓慢和深思熟虑,并且持续时间长^[7]。

Bechara^[16]采用赌博游戏证实了,人们在对未来事件的期望过程中产生躯体状态(或情绪信号),从而引导做出决定。

他还发现,VMPFC病人对未来结果(无论是正面的还是负面的)不敏感,主要受即时预期所指引。也就是,VMPFC病人“近视未来”,即使他们在面临严重后果时,也会增加未来惩罚或者降低未来奖赏。由此可见,VMPFC区受损妨碍了躯体信号的正常加工,但其他认知功能所受影响很小。这一损害导致决策过程中病理性损伤,严重地影响了日常决策的效率。躯体标识假设与那些认为情绪、情感在决策过程中发挥主要作用观点一致,但不同于那些认为躯体信号只对决策系统产生噪音的观点。

3 神经经济学的继续探索

神经经济学是新兴学科,经济学、心理学和神经科学三大学科的研究为神经经济学的研究奠定了基础,研究者对其理解也非常广泛。从这一角度来看,方兴未艾的神经经济学有着广阔的发展前景。然而,在其发展道路上,神经经济学也必须克服一些障碍,或者增进研究方式。此外,一些新的课题也需要神经经济学与其他学科携手前进。

已有研究多采用动物为被试,进而推广到人类的决策行为。因为人类与动物决策的基本心理过程在长期进化发展过程中保留得基本相似,因此,用动物进行神经科学研究可以为人类的决策行为基本心理机制提供有意义的启示^[12]。但随着神经科学研究工具(例如fMRI技术)的发展,对人类尤其是正常人类(非病患者)的研究也越来越多。尽管当前无论是以动物为研究对象还是以病人或正常人为研究对象都已得到一些有意义的结果,但是风险决策神经机制的精确作用还没有得到充分理解。例如,脑功能成像研究可以证实一定脑区与一定的决策行为存在相关,但这并不能排除某些其他脑区也执行相应的决策任务。

决策科学是理解人类如何行为,也就是如何做出选择的科学,而行为一方面产生自控制系统和自动系统的相互作用,另一方面产生自知系统与情感系统的相互作用^[6]。研究者早已关注认知系统,而直到最近,情绪在决策过程中的作用才得到越来越多的关注,这一点在国内的决策研究中尤为突出。对于神经经济学而言,确定情绪的位置及发生的情境是一个挑战^[7]。在心理层面上,人类决策制定划分为理性决定和非理性决定两类。由此,一些经济学家猜测,理性决定是大脑皮层的产物,而非理性决定是其他大脑系统(古老情绪系统)的产物。然而,Gimcher等^[17]指出,没有证据表明在大脑内部隐藏着理性和非理性这两个完全独立的系统。Knutson等^[18]探讨预期奖赏的量和概率引起脑区活动,结果表明,尽管皮层下脑区表征一种情感成分,但皮层脑区表征一种概率成分,而且,可能整合了情感成分和概率成分。那么以前研究所证实的认知和情绪会引起大脑不同区域的活动是否还有更深层的意义呢?

当前神经经济学的研究多数还处于一种假设状态,因此这门新兴学科有着广阔的发展空间。国内外的心理学、经济学以及神经科学各从不同的角度促进决策科学的发展,但是,也许正如Gimcher等^[17]所言,真正理解人类如何和为何做出选择毫无疑问需要神经经济学。当然,现在来评判神经

经济学能最终对预测人类行为有多大贡献为时过早,神经经济学为解决决策科学问题也必然需要迎接严峻的挑战和考验。

4 参考文献

- 1 Kahneman, D. , & Tversky, A. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 1979, 47: 263 - 291
- 2 Sanfey, A. G. , Loewenstein, G. , McClure, S. M. , & Cohen, J. D. Neuroeconomics: cross-currents in research on decision-making. *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, 10(3): 108 - 116
- 3 Zak, P. J. Neuroeconomics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2004, 359: 1737 - 1748
- 4 Smith, V. Constructivist and ecological rationality in economics. Prize lecture, Dec 8, 2002
- 5 Glimcher, P. W. , & Rustichini, A. Neuroeconomics: The confluence of brain and decision. *Science*, 2004, 306: 447 - 452
- 6 Camerer, C. , Loewenstein, G. , & Prelec, D. Neuroeconomics: How neuroscience can inform economics. *Journal of Economic Literature*, 2005, 43 (1): 9 - 64
- 7 Kenning, P. , & Plassmann, H. NeuroEconomics: An overview from an economic perspective. *Brain Research Bulletin*, 2005, 67 (5): 343 - 354
- 8 Paulus, M. P. , Rogalsky, C. , Simmons, A. , Feinstein, J. S. , & Stein, M. B. Increased activation in the right insula during risk-taking decision making is related to harm avoidance and neuroticism. *NeuroImage*, 2003, 19: 1439 - 1448
- 9 Marschner, A. , Mell, T. , Wartenburger, I. , Villringer, A. , Reischies, F. M. , & Heekeren, H. R. Reward-based decision-making and aging. *Brain Research Bulletin*, 2005, 67(5): 382 - 390
- 10 Knutson, B. , Adams, C. M. , Fong, G. W. , & Hommer, D. Anticipation of increasing monetary reward selectively recruits nucleus accumbens. *Journal of Neuroscience*, 2001, 21, RC159: 1 - 5
- 11 Knutson, B. , Fong, G. W. , Bennett, S. M. , Adams, C. M. , & Hommer, D. A region of mesial prefrontal cortex tracks monetarily rewarding outcomes: Characterization with rapid event-related fMRI. *Neuroimage*, 2003, 18: 263 - 272
- 12 Trepel, C. , Foxa, C. R. , & Poldrack, R. A. Prospect theory on the brain? Toward a cognitive neuroscience of decision under risk. *Cognitive Brain Research*, 2005, 23: 34 - 50
- 13 Stuphorn, V. Neuroeconomics: The shadow of the future. *Current Biology*, 2005, 15(7): 247 - 249
- 14 McClure, S. M. , Laibson, D. I. , Loewenstein, G. , & Cohen, J. D. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science*, 2004, 306: 2105 - 2108
- 15 Sanfey, A. G. , Rilling, J. K. , Aronson, J. A. , Nystrom, L. E. , & Cohen, J. D. The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game. *Science*, 2003, 300: 1755 - 1758
- 16 Bechara, A. Risky business: Emotion, decision-making, and addiction. *Journal of Gambling Studies*, 2003, 19 (1): 23 - 51
- 17 Glimcher, P. W. , & Dorris, M. C. , Bayer, H. M. Physiological utility theory and the neuroeconomics of choice. *Games and Economic Behavior*, 2005, 52: 213 - 256
- 18 Knutson, B. , Taylor, J. , Kaufman, M. , Peterson, R. , & Glover, G. Distributed neural representation of expected value. *Journal of Neuroscience*, 2005, 25(19): 4806 - 4812

Neuroeconomics : Decision Science for Brain Science

Liu Changjiang^{1,2,3}, Li Shu¹

(¹ Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101) (² School of Management, Sheng Normal University, Shenyang, 110034)
(³ Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049)

Abstract Neuroeconomics is an emerging transdisciplinary field that uses neuroscientific measurement techniques to identify the neural substrates associated with economic decisions. A brief introduction to the neuroeconomics was presented. the relationship of neuroeconomics with the other three disciplines of economics, psychology, and neurobiology, and the most recent findings, which mainly focus on rewarding system and emotion with decision were reviewed and discussed. Implications for further research were discussed

Key words: neuroeconomics, decision-making, brain

(上接第 499 页)

Visual Marking : A New Hypothesis of Attention Selection through the Top-down Processing

Cui Xiangyu, Xu Baihua

(Department of Psychology and Behavioral Science, Zhejiang University, Hangzhou, 310028)

Abstracts Visual marking is a recent hypothesis abroad on the mechanism of attention selection through the top-down processing. According to this hypothesis, the new items gained an attention priority in search through the goal-driven inhibition of locations of the old items. This article made a brief review of the classical experiment paradigms used in the research of visual marking, and the evidences for this hypothesis from behavior experiments and brain mapping research as well as some studies questioning the hypothesis of visual marking. Finally, some issues were discussed concerning the future study of visual marking.

Key words: visual marking, attention selection, top-down processing, attentional capture