

认知努力现状综述

阿美娜

内蒙古师范大学心理学院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2024年2月4日; 录用日期: 2024年3月21日; 发布日期: 2024年3月29日

摘要

人们倾向于使用最小工作原则来决策与行动, 这些都是关于认知努力的讨论, 研究者们用有根据的证据来研究认知努力。认知努力的测量主要采用元认知、任务表现、过程追踪和生理测量。也可以用认知负荷、疲劳操作、个体差异以及时间压力来操作认知努力在任务表现中的差异。还收集了近些年研究对认知努力范式的研究和讨论。本文采用文献调查法, 主要回顾了认知努力的概念、测量、操作、以及行为范式, 总结认知努力的研究现状, 探讨未来在心理学领域中认知努力的研究发展方向。

关键词

认知努力, 测量, 综述

A Review of the Current Situation of Cognitive Effort

Meina A

School of Psychology, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Feb. 4th, 2024; accepted: Mar. 21st, 2024; published: Mar. 29th, 2024

Abstract

People tend to apply the principle of minimum effort when making decisions and taking actions, which all revolve around cognitive effort. Researchers employ evidence-based methods to investigate cognitive effort, primarily utilizing metacognition, task performance, process tracking, and physiological measures. Additionally, differences in task performance related to cognitive effort can be assessed through factors such as cognitive load, fatigue, Individual differences, and time pressure. Research and discussion of cognitive effort in recent years are also collected. Using the literature survey method this paper mainly reviews the concept, measurement, operationalization methods, and beha-

vioral paradigms associated with cognitive effort. It summarizes the current research status while also discussing potential future directions for studying cognitive effort within the field of psychology.

Keywords

Cognitive Effort, Measurement, Review

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

比起一场漫无目的的讲座，人们更容易专注于喜爱的节目；比起微分学，更喜欢进行简单的加法运算；比起杂乱无章的文本，更容易阅读问答形式的文章。前者都比后者消耗更多的认知资源，需要更多的认知努力。尽管我们对努力思考的感觉非常熟悉，但科学地定义这一概念却非常困难。当一项任务是费力的时候，我们投入了多少认知努力？

来自不同专业的研究人员已经确定了认知努力的许多不同方面，他们的每一个贡献都是有价值的。本文对近些年认知努力成果进行梳理，阐述了认知努力在心理学领域的主要研究内容、研究的局限性并展望了未来研究方向。

2. 认知努力的概念及测量

认知努力(cognitive effort)，许多不同学科的研究人员都对努力产生了浓厚的兴趣，尤其是行为经济学、市场营销和心理学(包括认知、社会、道德、临床和进化心理学)。几乎在学习这些主题的任何一门入门课程的时候都会说人类倾向于寻找避免脑力消耗也就是认知努力。人类的时间、知识和脑力都是有限的，所以进化让选择减少认知努力的策略，选择快速和节约的信息处理方法。卡尼曼也在《思考快与慢》里提出的双系统思维：一种是相对努力的思维，一种是相对轻松地思维。这两种不同类型的思维涉及不同的处理策略并经常产生非常不同的结果。努力通常是假定的，是通过有根据的猜测来了解如何操纵和衡量努力。

认知努力指的是在处理信息、思考和决策时所付出的智力和心理投入[1]。这包括学习新知识、记忆信息、解决问题等认知活动。深入研究认知努力对社会的实际影响具有广泛而深远的影响。这一领域的研究关注人类思维过程、学习、记忆、问题解决等认知功能，其影响涵盖了教育、职业发展、社会决策以及心理健康等多个方面。

首先，认知努力在教育领域具有重要性。深入研究个体在学习过程中的认知努力水平，有助于发展更有效的教学方法。个性化的学习策略，基于个体的认知特点，可以提高学生的学术表现。这对于塑造未来教育体系，更好地满足学生需求，具有显著的社会影响。其次，对认知努力的研究对职业发展产生深远影响。了解在职场中个体如何应对挑战、处理信息和做出决策，有助于提高员工的绩效。此外，能够根据不同行业和工作要求量化认知努力，为培训和领导力发展提供指导，从而促进职业发展和组织成功。社会决策是另一个受认知努力研究影响的领域。了解公众在面对社会问题时的认知过程，有助于政策制定者更好地制定公共政策。通过考虑人们在决策过程中的认知努力，可以提高政策的接受度和实施效果，推动社会朝着更加公正和可持续发展的方向发展。最后，认知努力的研究对心理健康具有积极影响。

深入了解个体在面对压力、焦虑等情绪困扰时的认知努力水平，有助于发展更精准的心理干预和治疗方法。这对于提升整体社会的心理健康水平，创造更具有支持性和健康的社会环境，具有显著意义。总体而言，认知努力的研究对于社会的多个层面产生深远影响。从优化教育体系到提升职业发展，再到制定更智慧的社会政策和促进心理健康，这一领域的探索为塑造更健康、智慧和可持续的社会未来提供了坚实基础。

认知努力测量可以分为四个主要类别：元认知、任务表现、过程跟踪和生理测量。

评估认知努力最直接的方式可能是询问人们对自己认知努力的自我评估，也称为元认知。努力的元认知测量通常包括要求被试对一项任务的努力程度进行评级。而像医院的疼痛报告量表一样，不同的人可能使用不同的方式使用这个量表。对一个人来说“非常努力”的事情可能会被另一个人或同一个人在不同的背景下评为“适度努力”。自我报告，主观疲劳或努力的自我报告评定量表[2]。然而，这种方法最大的缺陷是人们通常对自己的心理状态缺乏了解，这可能会极大地削弱自我报告的可信度。其他元认知方法包括观察行为，比如人们倾向于回避他们认为更困难的任务[3] [4]。

任务表现，研究者可以测量人们在某项任务上的表现——保持一个人付出的努力量不变，当任务变得更加费力时，准确性和速度都会下降；保持任务的要求不变，付出更多的努力就会增加花费的时间，提高表现[5]。反应质量，如正确率和反应率；反应时间做出决策所需要的时间；行为上的劳累，随着任务时间的增加，准确性降低或响应变慢；改变决策的频率。然而，任务绩效衡量标准的适用性有限；例如，测量准确性不适用于基于偏好的任务或其他不依赖于规范性标准的任务。

过程跟踪，尽可能直接的观察人们参与的心理过程。例如，被试可能会被要求在做决定时大声描述他们的决策过程[6]，通过记录鼠标点击或移动来观察决策行为[7]或者在他们查阅相关信息时追踪他们的眼动。然而过程跟踪通常会改变想要测量的变量，例如大声描述决策的过程可能破坏那些难以以语言表达出来的思维过程[8]。

最后一种方法是检查生理反应，这种测量不太可能干扰被测量的心理过程，也不依赖于被试反省和解释自己的心理状态。心率和瞳孔扩张等唤醒指标与认知消耗有关[9]。同样，功能性核磁共振成像和脑电图也可以用来测量大脑活动的增加。因为大脑的一些区域(例如，前扣带皮层、前岛叶和背外侧前额叶皮层)与认知努力有关[10]。然而，就像其他测量方法一样，生理测量的有效性经常受到质疑，因为它们受到大量外部因素的影响，如压力和唤醒程度。

3. 认知努力的操作

研究人员已经很好地利用了对认知努力的理解，发展了无数的操作方法，极大地推动了该领域的发展。有四种认知努力的操作方法分别是认知负荷，疲劳操作，个体认知差异和时间压力。

认知负荷，操纵人们在某项任务上花费更多努力的一种方法是诱导认知负荷，要么通过增加任务的难度，要么通过指导语让被试同时完成多重任务。在其他条件相同的情况下，认知负荷会损害任务表现，通常表现为准确性较低和反应较慢。然而，在压力下，人们可能会转向更容易的策略来进行补偿，甚至可能会减少总体努力支出。例如，因为任务变得太难而随机猜测这样会[11]减少反应时间。认知负荷操作也很难管理。适当的任务难度水平取决于个体差异，可能需要阈值来发现。

疲劳操作，它通过在任务开始之前耗尽人们的精力来减少他们可用的精力。疲劳的决策者预计会做出更慢、更不准确的反应。例如长时间的高要求认知活动，如 Erikson Flanker 任务[12]；视觉注意力的任务[13]；或任务转换。然而，与认知负荷一样，如果疲劳的被试选择不同的策略来处理问题，这些预期的关系可能会中断。诱导疲劳比其他操作更耗时，而且可能会让被试感到不愉快。目前还不清楚是否有不同类型的疲劳应该区别对待。例如，目前尚不清楚睡眠不足、马拉松式的复杂数学运算或观看悲剧电影

导致的情绪疲惫是否会产生同样的效果。

个体差异，利用个体认知能力的差异。对于有一定认知限制的人(例如，较低的工作记忆容量)来说，依赖于这些执行资源的策略可能更费力[5]。因此，这些个体可能在任务上表现得更差，或者倾向于使用更少这些资源的策略。例如，知识、技能和智力资源通常是相互关联的，而且往往与其他人口特征(如年龄和社会经济地位)有关。

时间压力，时间压力预计会提高反应速度并降低反应质量。例如分配给任务的限制时间[14]。时间压力可以被操纵到与认知负荷范式类似的效果，并且同样受到诱导策略转变的可能性的影响。而且，并不是所有耗时的过程都一定费力，也不是所有费力的过程都一定耗时。

4. 认知努力的范式

这些年心理学家研究探讨出了很多关于认知努力的行为范式。一些是通过选择需要认知努力更高或者更低的任务，选择模式被视为认知努力成本或避免认知努力的偏好的指示。另些项研究通过使用一些需要经过深思熟虑才能正确回答的任务来衡量典型的认知努力支出。在这里我们也探讨四个认知努力的范式。

理性电池(Rationality battery)理性推理任务的任务表现是衡量思维倾向或“认知吝啬”的一种方法。思维倾向被认为是在一个光谱上，一端是倾向于使用认知上要求更高的机制来解决问题，被称为分析思维倾向。另一个极端是对认知捷径的偏好，即直觉性思维倾向。直觉思维倾向于更多地依赖启发式，这可以减少认知努力。在理性推理任务中的任务表现取决于使用更多的认知机制和避免过度依赖启发式反应。Toplak *et al.*表明，认知反思任务即评估进行认知工作能力，也评估其意愿[15]。然而最近的研究质疑规范性反应是否费力。表现可能取决于认知能力，而不是努力。

需求选择任务(Demand selection task) Kool, McGuire *et al* 等人的需求选择任务选择范式显示了支持认知努力最小化或需求回避的证据[3]。在这个任务中，被试对数字进行奇偶数或大小判断。努力需求是由任务转换的频率控制的：一条行动线有更频繁的任务转换，因此增加了努力需求。需求选择任务范式被认为是认知努力或需求回避的一种隐性测量，因为参与者没有被告知任务的需求，也没有被给予任何激励来选择高或低需求的行动线。然而，一些被试发现了需求操纵，一些证据表明这导致了努力回避的增加。

认知努力折扣范式(Cognitive effort discounting paradigm) Westbrook 等人使用认知努力折扣范式量化了努力成本的个体差异[4]。在这个范例中，参与者在执行低要求工作记忆任务(1-back)以获得小奖励或执行高要求工作记忆任务以获得大奖励(n-back, n 为 2, 3, 4, 5 或 6)之间进行反复选择。低需求任务的奖励根据被试的选择而调整，目的是在低需求和高需求选项之间找到一个主观的无差异点。认知努力折扣任务量化了由于多个需求水平的认知努力成本而产生的主观货币折现。由于任务负荷水平和提供量都是明确的，因此认知努力折扣任务是一种明确的认知努力度量。

奖励任务的认知努力支出 The Cognitive Effort Expenditure for Rewards Task (C-EEfRT) EEfRT 通过要求参与者在低努力和高努力的按钮按下任务之间进行选择，以获得小而静态的货币奖励，而不是高而可变的货币奖励，从而衡量关于体力劳动奖励的决策。一种新的基于心理努力的决策任务，与 EEfRT 任务完全平行，称为努力奖励的认知支出任务(c-EEfRT)。所使用的认知努力，即努力设置转换，是基于努力折扣任务。奖励任务的认知努力 - 支出(c-EEfRT)是一种使用认知努力成本适应的人类奖励相关决策行为测量方法。奖励金额和奖励概率与 EEfRT 完全相同，但在 C-EEfRT 中，被试在困难和容易的认知任务之间做出选择。在每项任务中，受试者都要在屏幕上观看一系列数字，每次显示一个数字。数字从 1 到 9 不等，不包括 5。如果数字是蓝色的，受试者指出这个数字是偶数还是奇数。如果数字是黄色的，受试

者指出数字是小于 5 还是大于 5。在简单的任务中，所有的判断都是相同的类型，屏幕上有标签帮助参与者记住每种颜色的规则，并且只需要四个判断就可以完成。在困难的任务中，数字颜色/判断类型交替（需要努力的认知集合切换），标签不显示（进一步消耗工作记忆），并且需要 19 个判断才能完成。可以看出跟需求选择任务很像，c-EEfRT 被描述为奖励任务的认知努力支出是需要选择任务的激励版本。

当前的一个突出的问题是认知努力是否可以可靠地测量。如果这四个任务有一个共同的潜在构念，即发挥认知努力的意愿或倾向，我们就可以预期，这四个任务都与享受和参与认知要求高的任务有关。

理性推理任务可能无法衡量认知努力，理性推理任务被用来作为一种方便、快捷和隐含的衡量成功标准——参与深思熟虑的推理。一系列研究质疑在这些项目上表现出色是需要努力的假设。深思熟虑仍然是费力的，但在研究中常用的项目，可能不需要深思熟虑，但可以通过直觉来解决。表现取决于足够的分析和反思能力，但尚未得到恰当的定义。尽管任务表现与多种现实世界的结果有关，但研究者还是警惕使用理性推理项目来衡量认知努力。

认知努力折扣衡量的是认知努力，努力折扣是一种行为经济学的方法，用于评估金钱奖励的认知努力折扣。它是明确评估认知努力支出和认知努力成本的有用的工具。这个任务被主观地认为是研究中最需要脑力的任务。是基于 n-back，一个成熟的工作记忆范式与参数变化的认知负荷。努力折扣范式的一个优点是，表现水平根据参与者在实践阶段的能力和表现进行调整。然而，表现出色的人可能会觉得 1-back 很无聊，尤其是在参与更高级别的任务后。还可能受到个体奖励敏感性差异的影响，因为有些个体对奖励不太敏感。这强调了区分内在动机和外在动机的重要性。

需要选择任务可以衡量认知努力。需要选择的隐性性质使其具有吸引力，然而，隐性性质也可能限制任务的预测能力，因为任务受到诸如侧面和颜色偏好以及是否首先感知到的需求差异的影响。

5. 研究现状和对将来的影响

对认知努力的深入研究有助于我们更好地理解个体在学习和教育中的表现。Leonard, J. A., Cordrey, S. R. (2023) 研究发现幼儿(4-6 岁)会根据自己的表现结果来调整努力程度[16]。一旦我们了解了儿童是如何决定何时坚持、何时放弃的，我们就可以利用这些知识来制定策略，帮助所有年龄段的人坚持自己的目标，建立有效的在线学习平台，甚至设计学习易处理问题的智能代理。有证据表明，即使是非常小的孩子也能理性地察觉到他们的努力何时会有回报。例如，13 至 18 个月大的婴儿在看到成人努力和毫不费力地成功后会更加努力地完成任务，但如果他们看到成人的努力没有回报，他们会理性地选择不尝试[17][18]。教育体系可以通过根据不同学生的认知努力水平制定个性化的教学方法，增加奖励，提高学习效果。了解学生在学术任务中付出的认知努力，可以为教育者提供有针对性的指导，促使教育体系更加灵活和适应不同学生需求的发展。

认知努力的研究对职业发展有着深远的影响。一些人倾向于将认知努力的功能纳入神经经济学模型，该模型将认知努力视为劳动/休闲权衡决策的成本[19]。因此，认知努力的成本可能因环境而异，也就是说，“当一个人已经在努力工作时，比几乎不工作时付出的努力成本更高”。根据这一提议，认知努力可能被认为代表了增加劳动力的成本，这与机会成本的代表有微妙的区别。在职场中，个体需要不断适应新的信息和任务，通过深入研究认知努力，我们能够了解在职业环境中人们如何处理复杂的工作任务，以及他们在面对挑战时的决策过程。这对于职业培训和领导力发展提供了宝贵的见解，有助于提高员工的绩效和职业生涯的成功。

认知努力的深入研究对于心理健康的理解和治疗也具有积极的影响。研究发现意想不到的成功，会让人在后续的任务中投入更多的努力[20]。研究还是发现自闭症谱系的患者跟一般人对努力投入发现有不同的反应[21]。临床观察表明，患有自闭症谱系障碍的个体寻求社会互动的动机可能会减少，但在追求

某些非社会刺激(即有限的兴趣)方面花费努力的动机却会增加。在心理学领域,了解个体在面对压力、焦虑和其他心理健康问题时的认知努力水平,有助于发展更有效的心理健康干预和治疗方法。这对于改善个体的心理健康状况,提高整体社会的幸福感具有重要的意义。

Wu, R., Ferguson, A. M., & Inzlicht, M. (2023)发现人们跟讨厌付出努力一样讨厌无所事事。当另一种选择是什么都不做时,人们不一定会避免努力,有时甚至会为了努力而避免什么也不做[22]。但是随着研究的进行,人们更愿意容忍什么都不做以避免付出努力。无聊和努力的结果都是一样的,所以我们研究努力投入看看什么条件什么任务会增加人们的努力投入,在什么时候努力投入停止,再因为什么激励而开始努力投入。

总体而言,认知努力的深入研究在推动社会多个领域产生了深远影响。这一研究方向为社会的全面发展提供了多维度的支持。通过理解认知努力的多样性和复杂性,我们能够更好地构建和理解社会。

6. 展望

努力的概念对于理解心理学和行为经济学等的许多子领域至关重要。尽管已经取得了很大的进步,也学到了很多,但不同的研究传统使用不同的术语,不同的努力概念,以及不同的方法来操纵和衡量努力,阻碍了进展。

从认知的角度衡量努力似乎有一些局限,未来我们可以寄希望于神经科学。一些研究人员已经专注于大脑定位和相关区域,如前扣带皮层[23]、前岛叶[24] [25],以及外侧前额叶皮层[26]在认知努力中参与。然而,大脑定位并不完全简单,大脑的各个区域可以参与多种功能,并且大脑功能可以分布在许多区域,未来可以更多地探索认知努力在大脑整体的参与。

本文只专注于讨论了认知努力,其他类型的努力如身体努力,情感努力或者社会努力等都需要被讨论。认知努力许多不同方面也已确定。一些研究人员专注于待处理的信息或待完成的处理,一些研究人员专注于认知系统,其他研究人员则专注于生理基础。还有一些人研究了认知资源的可用性和使用动机。目前,不同的解释被视为替代解释,而它们可以用来填补彼此的空白。为了避免研究人员各执一词,重要的是要把这些碎片整合到一个整体的框架中,也是未来研究需要关注的部分。尽管到目前为止,解开努力的结构非常困难,但我们不能让自己放弃。如果我们全力以赴解决这个问题,我们的努力就会得到回报。

参考文献

- [1] Tyler, S.W., Hertel, P.T., McCallum, M.C. and Ellis, H.C. (1979) Cognitive Effort and Memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **5**, 607-617. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.5.6.607>
- [2] Wright, P. (1975) Consumer Choice Strategies: Simplifying vs. Optimizing. *Journal of Marketing Research*, **12**, 60-67. <https://doi.org/10.1177/002224377501200109>
- [3] Kool, W., McGuire, J.T., Rosen, Z.B. and Botvinick, M.M. (2010) Decision Making and the Avoidance of Cognitive Demand. *Journal of Experimental Psychology: General*, **139**, 665-682. <https://doi.org/10.1037/a0020198>
- [4] Westbrook, A., Kester, D. and Braver, T.S. (2013) What Is the Subjective Cost of Cognitive Effort? Load, Trait, and Aging Effects Revealed by Economic Preference. *PLOS ONE*, **8**, e68210. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068210>
- [5] Faber, L.G., Maurits, N.M. and Lorist, M.M. (2012) Mental Fatigue Affects Visual Selective Attention. *PLOS ONE*, **7**, e48073. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048073>
- [6] Russo, J.E. and Doshier, B.A. (1983) Strategies for Multiattribute Binary Choice. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **9**, 676-696. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.9.4.676>
- [7] Freeman, J.B. and Ambady, N. (2010) MouseTracker: Software for Studying Real-Time Mental Processing Using a Computer Mouse-Tracking Method. *Behavior Research Methods*, **42**, 226-241. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.226>
- [8] Schooler, J.W. and Engstler-Schooler, T.Y. (1990) Verbal Overshadowing of Visual Memories: Some Things Are

- Better Left Unsaid. *Cognitive Psychology*, **22**, 36-71. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(90\)90003-M](https://doi.org/10.1016/0010-0285(90)90003-M)
- [9] Charles, R.L. and Nixon, J. (2019) Measuring Mental Workload Using Physiological Measures: A Systematic Review. *Applied Ergonomics*, **74**, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.028>
- [10] Westbrook, A. and Braver, T.S. (2015) Cognitive Effort: A Neuroeconomic Approach. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, **15**, 395-415. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0334-y>
- [11] Mata, R., Schooler, L.J. and Rieskamp, J. (2007) The Aging Decision Maker: Cognitive Aging and the Adaptive Selection of Decision Strategies. *Psychology and Aging*, **22**, 796-810. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.22.4.796>
- [12] Boksem, M.A., Meijman, T.F. and Lorist, M.M. (2005) Effects of Mental Fatigue on Attention: An ERP Study. *Cognitive Brain Research*, **25**, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.04.011>
- [13] Lin, H., Saunders, B., Friese, M., Evans, N.J. and Inzlicht, M. (2020) Strong Effort Manipulations Reduce Response Caution: A Preregistered Reinvention of the Ego-Depletion Paradigm. *Psychological Science*, **31**, 531-547. <https://doi.org/10.1177/0956797620904990>
- [14] Payne, J.W. and Bettman, J.R. (2008) Walking with the Scarecrow: The Information-Processing Approach to Decision Research. In: Koehler, D.J. and Harvey, N., Eds., *Blackwell Handbook of Judgment and Decision Making*, Blackwell, Oxford, 110-132. <https://doi.org/10.1002/9780470752937.ch6>
- [15] Toplak, M.E., West, R.F. and Stanovich, K.E. (2011) The Cognitive Reflection Test as a Predictor of Performance on Heuristics-and-Biases Tasks. *Memory & Cognition*, **39**, 1275-1289. <https://doi.org/10.3758/s13421-011-0104-1>
- [16] Leonard, J.A., Cordrey, S.R., Liu, H.Z. and Mackey, A.P. (2023) Young Children Calibrate Effort Based on the Trajectory of Their Performance. *Developmental Psychology*, **59**, 609-619. <https://doi.org/10.1037/dev0001467>
- [17] Leonard, J.A., Lee, Y. and Schulz, L.E. (2017) Infants Make More Attempts to Achieve a Goal When They See Adults Persist. *Science*, **357**, 1290-1294. <https://doi.org/10.1126/science.aan2317>
- [18] Lucca, K., Horton, R. and Sommerville, J.A. (2020) Infants Rationally Decide When and How to Deploy Effort. *Nature Human Behaviour*, **4**, 372-379. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0814-0>
- [19] Kool, W. and Botvinick, M. (2014) A Labor/Leisure Tradeoff in Cognitive Control. *Journal of Experimental Psychology: General*, **143**, 131-141. <https://doi.org/10.1037/a0031048>
- [20] Doan, T., Castro, A., Bonawitz, E. and Denison, S. (2020) "Wow, I Did It!": Unexpected Success Increases Preschoolers' Exploratory Play on a Later Task. *Cognitive Development*, **55**, Article ID: 100925. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100925>
- [21] Damiano, C.R., Aloï, J., Treadway, M., Bodfish, J.W. and Dichter, G.S. (2012) Adults with Autism Spectrum Disorders Exhibit Decreased Sensitivity to Reward Parameters When Making Effort-Based Decisions. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, **4**, Article No. 13. <https://doi.org/10.1186/1866-1955-4-13>
- [22] Wu, R., Ferguson, A.M. and Inzlicht, M. (2023) Do Humans Prefer Cognitive Effort Over Doing Nothing? *Journal of Experimental Psychology: General*, **152**, 1069-1079. <https://doi.org/10.1037/xge0001320>
- [23] Aston-Jones, G. and Cohen, J. D. (2005) An Integrative Theory of Locus Coeruleus-Norepinephrine Function: Adaptive Gain and Optimal Performance. *Annual Review of Neuroscience*, **28**, 403-450. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.28.061604.135709>
- [24] Dosenbach, N.U.F., Visscher, K.M., Palmer, E.D., Miezin, F.M., Wenger, K.K., Kang, H.C., Burgund, E.D., Grimes, A.L., Schlaggar, B.L. and Petersen, S.E. (2006) A Core System for the Implementation of Task Sets. *Neuron*, **50**, 799-812. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.04.031>
- [25] Power, J.D. and Petersen, S.E. (2013) Control-Related Systems in the Human Brain. *Current Opinion in Neurobiology*, **23**, 223-228. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.12.009>
- [26] Duncan, J. and Owen, A.M. (2000) Common Regions of the Human Frontal Lobe Recruited by Diverse Cognitive Demands. *Trends in Neurosciences*, **23**, 475-483. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(00\)01633-7](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(00)01633-7)