首都师范大学学报(社会科学版)
Journal of Capital Normal University
(Social Sciences Edition)
2017 年第 2 期 (总第 235 期)
心理研究

选择/无选法:探究人类认知策略表现的新范式

司继伟 艾继如

摘 要: "选择/无选法"是国内外认知策略研究中一种相对新颖的范式。通过分别在有选择和无选择条件下,收集个体解决问题时的策略运用情况,可以获得关于策略库、策略分布、策略执行效能及策略选择等多方面信息,对探究人类认知加工中复杂策略选择行为具有重要意义。文章着重阐释了"选择/无选法"的产生背景、理论依据、研究设计要求及其适用领域,并进一步结合当前研究进展状况深刻剖析了该范式的合理性、局限性与可能的改进空间。

关键词: 认知策略; 策略选择; 选择/无选法; 策略适应性
中图分类号:B842.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1004 - 9142(2017)02 - 0164 - 06

一、选择/无选法的产生背景及理论依据

人类的认知特点之一就是个体运用各种策略完成大量的认知任务[①],认知心理学界关于策略的研究可追溯到 20 世纪 70 年代。1972 年,Newell 和 Simon 出版《人类问题解决》,首次揭开了策略研究的先河。当今许多研究[②③④]普遍采用

收稿日期:2016 - 10 - 21
作者简介:司继伟,男,山东阳谷人,山东师范大学心理学院教授,博士。
艾继如,女,山东临沂人,山东师范大学心理学院研究生。(山东 济南 250358)
山东师范大学心理学院研究生封洪敏、王玉璇参与了该研究,在此表示感谢。
基金项目:本文得到国家自然科学基金项目(31371048)、山东省自然科学基金项目(ZR2010CM059)和教育部人文社会科学研究项目基金(09YJAXLX014)资助,并得到山东省强化建设重点学科"发展与教育心理学"专项经费资助。

① Siegler, R. S. Cognitive variability. Developmental science, 2007, 10(1): 104 - 109.

② Hodzik, S., Lemaire, P. Inhibition and shifting capacities mediate adults' age - related differences in strategy selection and repertoire. Acta psychologica, 2011, 137(3): 335 - 344.

③ Uittenhove, K., Lemaire, P. Sequential difficulty effects during strategy execution. Experimental Psychology, 2012, 59(5): 295 - 301.

④ Uittenhove, K., Poletti, C., Dufau, S., et al.. The time course of strategy sequential difficulty effects: an ERP study in arithmetic. Experimental Brain Research, 2013, 227(1): 1 - 8.

的策略定义是 Lemair 和 Reder 在 1999 年提出的"策略是为完成较高目标或任务的某一或某一系列的程序"①。Lemaire 和 Siegler 提出了用于解释策略运用的概念性框架:(1)策略库(strategy repertoire),关于个体完成指定任务时可能用到的所有策略的总和。(2)策略分布(strategy distribution),关于每一策略的使用次数、频率。(3)策略执行(strategy execution),关于个体使用策略的速度与准确性。(4)策略选择(strategy selection),关于个体如何从策略库中选择某一策略解决给定问题。② 策略分布的变化被视为不同情境参数和问题参数的函数。关于人类认知表现的策略研究被视为可深入探索的研究领域之一。

然而在实证研究中,采用何种方法准确观测并收集分析个体的策略运用情况,以往大量研究多直接采用"选择法"(choice method),然而,Siegler 研究发现"选择法"存在以下明显缺陷:(1)容易产生"选择效应"偏差,这同时存在于问题和个体特征上。问题特征如精确策略主要用于解决难度大的问题,不够精确策略多用于解决简单问题,这样就会出现低估精确策略的速度与准确率,而高估另一策略表现的偏差。关于策略使用偏好的个体特征,如优等生偏好使用策略 A,差生偏好策略 B,即使策略 B 优于策略 A,使用策略 B 的成绩也可能会低于策略 A(可能由于优等生运用策略 A 时更细心),从而高估策略 A。(2)仅令被试自由选择策略,难以研究策略选择的适应性③。

关于策略选择的标准认知模型,如 SCADS④,ACT-R⑤ 和适应性决策者⑥等假设:不同策略的行为表现是策略选择的决定性因素之一。这些模型预测,假如在某一特定问题上,策略 A 比其他策略更快,且策略都一样精确,那么我们更倾向于选择策略 A。由于可选策略的表现特征在选择策略中起着重要作用,所以需要对这些策略的速度和准确度进行无偏测量⑦。

Siegler 和 Lemaire 的"选择/无选法"(the choice/no-choice method)设计可以评估策略特征、策略适应性、策略选择如何随策略表现变化及其策略变化的影响因素,这既消除了"选择法"的局限,又为选择策略的速度和准确性的无偏测量提供了方法。"选择/无选法"一般在无选条件下,要求被试运用某一指定策略解决所有问题,从而获得此策略行为特征的无偏估计⑧;"选择/无选法"通过比较有选条件和无选条件下的策略表现特征差异,发现有选条件优于无选条件,容许独立于策略的使用频率和策略行为特征的情况下,进一步检验策略选择的适用性。

二、选择/无选法的研究设计

(一)基本设计模式

在"选择/无选法"中,一般设计两种实验条件:一是选择条件(choice condition),要求被试自由选择各种策略解决问题(首先执行此条件,预防无选条件的策略遗留效应影响)。二是无选择条件(no-choice condition),要求被试使用某种指定策略解决所有问题。一般无选择条件中,子条件的数目等于选择条件中策略的可选数目,且每种子条件下只可以运用指定的策略解决所有问题。例如:有选择条件是自由选择三种策略(策略 A,B, C)中任何一种解决问题,对应的无选条件分别是:只用策略 A 解决所有问题,只用策略 B 解决所有问题和只用策略 C 解决所有问题的三种子条件。

① Lemaire, P., Reder, L. What affects strategy selection in arithmetic? The example of parity and five effects on product verification. Memory and Cognition, 1999, 27(2): 364 - 382.

② Lemaire, P., Siegler, R. S. Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. Journal of Experimental Psychology - General, 1995, 124(1): 83 - 96.

③ Siegler, R. S., Lemaire, P. Older and younger adults' strategy choices in multiplication: testing predictions of ASCM using the choice/no - choice method. Journal of experimental psychology: General, 1997, 126(1): 71 - 92.

④ Shrager, J., Siegler, R. S. SCADS: A model of children's strategy choices and strategy discoveries. Psychological Science, 1998, 9(5): 405 - 410.

⑤ Lovett, M. C., Anderson, J. R. History of success and current context in problem solving. Cognitive psychology, 1996, 31(2): 168 - 217.

⑥ Payne, J. W., Bettman, J. R., Johnson, E. J. The adaptive decision maker. Cambridge University Press, 1993.

⑦ Luwel, K., Onghena, P., Torbeyns, J., et al.. Strengths and weaknesses of the choice/no - choice method in research on strategy use. European Psychologist, 2009, 14(4): 351 - 362.

⑧ 张俊、刘儒德:《学习策略选择的过程和影响因素》,《北京师范大学学报》(社会科学版),2011 年第 6 期,第 21 - 29 页。

(二)可收集的信息、处理方式与任务要求

"选择/无选法"设计可帮助我们得到大量关于个体策略的信息:(1)策略库。选择条件下被试采用何种策略类型,是否运用所有备选策略;若没有,主要运用哪种策略类型。(2)策略分布。选择条件下,(不同类型的)个体使用某种策略的次数或频率及其运用策略解决的不同类型问题情况。(3)策略执行。分别记录选择条件和无选条件下问题解决的反应时与准确率,比较各无选子条件下的策略执行效力,进一步得出策略执行与被试、问题等因素间的关系;而选择条件下的数据,可得出被试的策略偏好及不同类型被试使用策略的行为特征等。(4)策略选择和策略适应性。该范式最优越之处体现于无选条件下的策略执行效力的比较;选择条件和无选条件下策略选择的差异,发现个体自主策略选择是否更具有策略适用性。

Siegler 和 Lemaire 曾在年轻和年长成人多位数乘法策略选择研究中首次使用选择/无选法。在其研究的前两个实验中,年轻成人被试(实验一)和年长成人被试(实验二)分别在选择/无选条件下解决不同类型的乘法问题(如,7×10,10×16,7×17,16×13 等)。有选择条件下,从计算器或心算两种策略中任选一种解决问题。无选择条件下,子条件 1:必须使用计算器解决所有问题;子条件 2:必须使用心算解决所有问题。随机分配被试到两种实验顺序下(有选条件 - 无选子条件):有选择—只使用计算器—只使用心算,有选择—只使用心算—只使用计算器。在实验三中,选择条件下,被试从三种策略中(心算、计算器、纸笔算)任选一种;无选条件下,分别在三种子条件下(心算、计算器、纸笔算)运用对应指定的某种策略解决三组难度相似的问题。实验一研究年轻成人运用计算器或心算解决多位数乘法问题,检验选择/无选法的适用性;实验二研究策略选择的发展变化(比较相同任务中,年长成人和实验一年轻成人的表现差异),进一步验证选择/无选法的可利用性;实验三将选择/无选法进一步扩展应用到复杂多策略选择研究中。

"选择/无选法"设计中,首先,在无选条件下可以收集到不受选择效应偏差(问题和个体差异)影响的策略无偏估计。例如:Siegler 和 Lemaire 实验一分析比较无选条件下的策略执行效力(反应时和准确率),反映不同策略的相对优势。其次,在选择条件下,可以收集到策略库和策略选择分布,收集并比较选择和无选条件下的策略执行差异,进一步发现相比于无选择条件,有选择条件的整体加权组合表现产生更快更准确的策略行为效力,发现策略选择的适用性。例如:在有选择条件下,被试选择使用计算器策略的频率是 44%,选择使用心算策略的频率是 56%。那么每一问题中整体模拟速度是[56% *(无选心算子条件下平均速度)] + [44% *(无选计算器子条件下的平均速度)]。策略整体模拟表现与有选择条件下的策略表现相比较,二者差异越大,策略选择适应性就越优。此研究首次表明"选择/无选法"对研究策略选择和策略发展中的重要贡献,此方法的最大优势在于获得显著的策略行为特征的无偏估计,并可以进一步评价策略选择的适应性。

不同的研究方法适用于不同的研究对象,任何一种研究范式都存在其适用的范围与条件。"选择/无选法"适用于研究个体运用各种策略完成某一特定任务的情景。其对于任务的要求如下:(1)解决问题的策略具有多样性特点。(2)可基于问题有效评估各种策略,且各策略较易于分辨。(3)确定无选子条件下,任务只能使用指定的某一策略。(4)更适用于外部行为表现可对使用策略验证的任务。

三、选择/无选法的具体领域应用

选择/无选法在国内外数学认知研究领域内几乎没有限制。该方法已经成功地运用于儿童、年轻成人,甚至是老年人的数学认知研究的许多任务中,比如数量判断任务①、加减法任务②、乘法任务③、估算④等。在数学研究认知领域,数学教

① Luwel, K., Lemaire, P., Verschaffel, L. Children's strategies in numerosity judgment. Cognitive Development, 2005, 20(3): 448 - 471.

② Lemaire, P., Callies, S. Children's strategies in complex arithmetic. Journal of Experimental Child Psychology, 2009, 103(1): 49 - 65.

③ Imbo, I., Duverne, S., Lemaire, P. Working memory, strategy execution, and strategy selection in mental arithmetic. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 2007, 60(9): 1246 - 1264.

④ Walsh, M. M., Anderson, J. R. The strategic nature of changing your mind. Cognitive psychology, 2009, 58(3): 416 - 440.

育改革的新趋势是旨在获得适应性专长(adaptive expertise)而不是常规专长:教学应该能够促进学生有效地创造性地灵活采用多种策略解决数学问题的能力[①]。一般认为,适应性专长是指有目的地、创造性地灵活使用已学程序的能力,即个体能够根据具体问题特征,灵活选择策略,更迅速准确地解决问题。由于"选择/无选法"可以提供策略适应性的信息,已被用来考察小学数学教育中儿童适应性专长的发展[②]。而关于策略行为的文化差异的研究也采用"选择/无选法",发现亚洲人相比于非亚洲人存在高效率的策略表现,较低的策略适应性[③④]。近年来,Hickendorff 等人还将选择/无选法扩展至复杂除法解题策略的研究。[⑤] Lemaire 等人则进一步将有选/无选法与双任务范式结合,基于 Baddeley 的工作记忆成分(使用双任务范式来考察工作记忆的成分),进一步研究执行功能/工作记忆中影响策略选择的潜在干扰因素如策略抑制、策略转换与执行成本等研究[⑥⑦],而且选择/无选法的适用对象也从正常个体扩展至临床病人[⑧]。

除了最初的数学认知领域,选择/无选法还被扩展用于拼写、决策、问题解决和货币兑换等其它多个领域。值得注意的是"选择/无选法"并不受限于已有具体领域的策略研究上,原则上也可以扩展到更一般的问题解决策略(启发式)或者学习策略。"选择/无选法"还可扩展于日常策略选择,如 Davies 研究的运动电子邮件,驾驶时的表现目标影响被试的模块选择等领域,[⑨]也可用于评估使用各种外部表征(如表格、图案、公式的运用)或各种心理肌肉运动(如网球运动中正反手的使用,足球运动中左右脚的使用)的流畅性和适用性等领域。

四、选择/无选法的优势、局限及可能改进

(一)选择/无选法的优势

从当前研究来看,"选择/无选法"的主要优势在于:第一,"选择/无选法"是目前可获得策略行为特征无偏估计的唯一方法,无选择条件的设置可有效消除前文所提到的"选择效应",从而得到策略有效性的无偏数据。第二,比较选择条件和无选条件数据,可客观评价问题、策略特征对策略执行、选择的影响,进一步比较其相应的反应时和正确率,可反映出被试策略选择的适应性。在"选择/无选法"出现之前,以往研究没有开展过此类探索。第三,"选择/无选法"可从实证数据中表明多种策略的采用比仅使用某种策略的任务表现更佳。这一优势使选择/无选法范式具有更强的说服力。假若不能同时收集选择条件和无选条件下的策略执行数据,研究者们就难以理解人们使用某些策略的原因,如何选择策略,以及在某种情况下某种策略为何使用得更为频繁。此外,"选择/无选法"较易实现与其它研究范式(如双任务范式)或技术(如 ERP、fMRI)结合,而且其适

① Torbeyns, J., De Smedt, B., Ghesquière, P., et al.. Jump or compensate? Strategy flexibility in the number domain up to 100. ZDM Mathematics Education, 2009, 41(5): 581 - 590.

② Verschaffel, L., Luwel, K., Torbeyns, J., et al.. Conceptualizing, investigating, and enhancing adaptive expertise in elementary mathematics education. European Journal of Psychology of Education, 2009, 24(3): 335 - 359.

③ Imbo, I., LeFevre, J. A. Cultural differences in strategic behavior: A study in computational estimation. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 2011, 37(5): 1294 - 1310.

④ Imbo, I., LeFevre, J. A. Cultural differences in complex addition: efficient Chinese versus adaptive Belgians and Canadians. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 2009, 35(6): 1465 - 1476.

⑤ Hickendorff, M., van Putten, C. M, Verhelst N D, et al. Individual differences in strategy use on division problems: Mental versus written computation. Journal of educational psychology, 2010, 102(2): 438 - 452.

⑥ Hickendorff, M. Explanatory latent variable modeling of mathematical ability in primary school: crossing the border between psychometrics and psychology. Departement Psychology, Faculty of Social and Behavioural Sciences, Leiden University, 2011.

⑦ Lemaire, P. Executive functions and strategic aspects of arithmetic performance: The case of adults' and children's arithmetic. Psychologica Belgica, 2010, 50(3 - 4): 3 - 4.

⑧ Lemaire, P., Lecacheur, M. Strategy switch costs in arithmetic problem solving. Memory & cognition, 2010, 38(3): 322 - 332.

⑨ Davies, S. E - mails on the Move: Do Performance Objectives Influence Modality Choice Whilst Driving? London: University College London, 2010.

用范围并不局限于考察算术问题策略。

(二)选择/无选法的局限性

任何一种研究范式都存在其局限性,"选择/无选法"的局限性在于:

第一,在"选择/无选法"中,无选择条件的子条件数目必须与有选择条件中可供选择的策略数目相等。而人类策略的多样性和研究成本有限之间的矛盾迫使研究者必须限制所要考察的策略数目,因此多数研究中的有选择条件实际上是"限选条件",无论限制哪些策略,必然导致数据的外部效度和生态效度的风险。一味追求策略的全面性则可能因无选择条件过多而引起被试的疲劳和注意力分散等问题,从而影响被试的最佳策略执行。

第二,由于多数情况下,外部行为不会自发伴随策略的使用,这使得研究者不容易确定被试是否使用了指定策略。为了保证实验的信效度,研究者可以通过各种途径控制被试的策略使用。例如,Luwel 等人在研究判断格子中色块数量的策略选择中,要求被试作数量判断同时用手指指着目标空格子(减法策略)或色块格子(加法策略)。还有用简笔画等简单提示或限制回答时间等方法,使被试运用指定策略。在这些研究中,通过自发或实验诱发外部行为来判断是否运用指定策略的准确性大大提高,但外化行为指示可能干扰同时的策略选择过程,所以运用时需谨慎。

第三,对被试的策略选择的适应性的评定标准仍然存在争议。在该范式中,被试策略选择的适应性是以每种条件下每个题目上的表现或每一被试的表现来衡量的。然而,在题目水平上的严重不足是:策略选择的适用性仅在整合水平上确立,而不能在个体水平或个体×题目交互水平确定,即很难评估某个体策略选择上是否更具适用性,或相对于无选条件,此个体在选择条件下解决某一特定问题是否更快更准。解决方法是同一个体参加所有条件的任务,运用个体表现水平,然而,练习与学习效应的影响需要平行测验来排除,而平行题目很难找到,就只能在不同条件下使用同样的题目。在被试个体表现水平上,对实验环境的控制很难完美,致使被试一时分心的偶然因素等都可能导致被试在不同条件下某题目的策略使用误差。因此研究者只能在分析数据时通过观察、反应时及错误数据来排除误差。

第四,"选择/无选法"最大的局限性是没有考虑不同的题目间、不同个体间抑制其他策略的认知努力差异;有选条件下的选择过程可能会更耗时(由于策略的选择),此选择过程还可能会受到问题-策略特定联结强度的影响;策略效率比较可能由于存在的策略转换代价而变得复杂。这些可能会危及有选条件和无选条件的比较,而这些因素的影响有待于以后的进一步研究。

(三)选择/无选法的发展与可能改进

"选择/无选法"作为研究人类认知策略的有价值的工具之一,作为可获得策略行为特征无偏估计的唯一方法,为了使其使用隐患最小化,充分发挥其价值,需要进一步探讨和改进。

第一,改进选择条件和无选条件,增大实验的生态效度与外部效度。Kornell 在考查分散学习与集中学习对词对记忆效果的研究中,通过模拟真实的情境,增加了实验的生态效度。[①] 有学者已建议考虑对有选条件和无选条件借鉴增加、改进实验条件,不断接近真实情况,模拟真实的情境,以增加实验的外部效度、生态效度。以往研究者在设置有选条件时,往往只考虑"自由选择"一种形式,而很难考察其选择是否最佳及其策略选择的灵活性。所以在有选条件中设置"最佳选择"条件,即要求个体根据特定任务的特点选择出自己认为最适当的策略,这一选择条件对所选策略结果的准确性有了明确要求,更加符合现实中的策略运用活动。当前研究中逐渐采取最佳策略的策略选择作为"选择/无选法"中的有选条件。Imbo 和 LeFevre 的研究中采用的选择最佳策略的有选择条件,并对策略适用性采取了新定义,就是最适合策略基于问题特征,基于个人在无选条件下的表现决定出要选择的最佳策略,策略的适应性依据于被试选择的最佳策略的百分数。在司继伟、杨佳等以及孙燕、司继伟、徐艳丽的研究中,同时设置出"自由选择"和"最佳选择"的有选

① Kornell, N. Optimising learning using flashcards: Spacing is more effective than cramming. Applied Cognitive Psychology, 2009, 23(9): 1297-1317.

条件,并通过比较被试在两种选择条件下的策略行为特征差异,充分揭示出加入"最佳选择"的有选条件的必要性。[①②] 值得注意的是,其采用了Lemaire 等人提出的当前普遍公认的策略选择适用性的定义:对于某问题,使用某对应策略能得到最精确的估计结果,假若采用此策略,那该被试在此问题上的策略选择是适应的,反之则是不适应的。[③]

第二,"选择/无选法"与其它研究范式和技术手段结合,得到更丰富全面的数据。如Torbeyns 等在研究中将该范式与年龄顺序/能力水平匹配设计范式相结合,探究数学不良儿童的策略发展问题。[④] 结合先进的认知神经科学技术手段例如眼动技术[⑤]、事件相关电位技术[⑥⑦]和功能性磁共振成像技术[⑧]等,使"选择/无选法"拥有更多的数据来源,提升了策略选择过程的准确性,减少了外在行为指示的可能干扰,同时从神经生理等层面阐明人类策略运用的复杂过程。

第三,随着"选择/无选法"范式研究的不断增加,统计方法的变化与发展成为可能,在特定领域,对特定任务类型或特定被试组的策略适应性进行元分析成为可能,这些分析进一步提供研究人类策略选择的适应性及其任务、被试、背景等变量的影响;后续研究也可以考虑采用 Rieskamp 和Otto 在研究学习者完成决策任务时采用的微观调节法(micro-regulated method)[⑨]等,进一步改进并发展新方法测量个体×项目水平、个体水平的策略适应性等。

第四,针对研究目的不同,选择性改进"选择/无选法"进行研究,选择/无选法"可同时收集策略分布、策略执行与策略选择,而近年有研究选择性考察策略执行,将其中的无选法与线索提示相结合,进一步发现策略间的相互影响,进一步丰富与发展策略选择的认知模型。

第五,为了更接近实际情景,还可从纵向角度运用"选择/无选法"范式结合工作记忆负荷来研究策略随年龄的发展变化,可以分析个体内(与条件有关)与个体间(与人有关)的差异,以及其他的个体差异来源,如技能或性别差异。许多研究者如 Imbo 和 LeFevre 已开始将"选择/无选法"与双任务范式相结合进一步研究策略运用的潜在影响因素以及策略适应性、执行成分功能的差异,进一步丰富与发展"选择/无选法"范式。

总之,经过不断地改进与完善后的"选择/无选法",在未来数学认知研究乃至其它领域认知策略研究中将发挥日渐突出的优势。

(责任编辑:子聿)

① 司继伟、杨佳、贾国敬、周超:《中央执行负荷对成人估算策略运用的影响》,《心理学报》2012 年第 11 期,第 1490 - 1500 页。

② 孙燕、司继伟、徐艳丽:《数学焦虑影响估算策略运用的对比研究》,《心理发展与教育》2012 年第 3 期,第 263 - 270 页。

③ Lemaire, P., Arnaud, L., Lecacheur, M. Adults' age - related differences in adaptivity of strategy choices: evidence from computational estimation. Psychology and Aging, 2004, 19(3): 467 - 481.

④ Torbeyns, J., Verschaffel, L., Ghesquiere, P. Strategy Development in Childrenwith Mathematical Disabilities Insights from the Choice/No - Choice Method and the Chronological - Age/Ability - Level—Match Design [J]. Journal of Learning Disabilities, 2004, 37(2): 119 - 131.

⑤ Green, H. J., Lemaire, P., Dufau, S. Eye movement correlates of younger and older adults' strategies for complex addition. Acta psychologica, 2007, 125(3): 257 - 278.

⑥ Yagoubi, R. E., Lemaire, P., Besson, M. Effects of aging on arithmetic problem - solving: an event - related brain potential study. Journal of Cognitive Neuroscience, 2005, 17(1): 37 - 50.

⑦ Luwel, K., Schillemans, V., Onghena, P., et al.. Does switching between strategies within the same task involve a cost?. British Journal of Psychology, 2009, 100(4): 753 - 771.

⑧ Cowan, R. Does it all add up? Changes in children's knowledge of addition combinations, strategies, and principles. The development of arithmetic concepts and skills: Constructing adaptive expertise, 2003: 35 - 74.

⑨ Rieskamp. J., Otto, P. E. SSL: A theory of how people learn to select strategies. Journal of Experimental Psychology - General, 2006, 135(2): 207 - 236.