

归纳推理和演绎推理的关系理论及其模型*

雷明¹ 陈明慧¹ 赵维燕² 赵光^{**1}

(¹ 辽宁师范大学脑与认知神经科学研究中心, 大连, 116029) (² 济宁医学院精神卫生院, 济宁, 272113)

摘要 归纳推理和演绎推理是否属于同一认知加工过程是推理心理学研究领域的热点问题。单过程和双过程理论是阐述这两种推理形式内在关系的主要理论类型。总体上, 病理研究、元分析、ERP 研究更多地支持单过程理论, 而运用 fMRI、PET 等技术的研究更倾向于支持双过程理论的观点。因此, 由于实验范式的多样性以及研究手段的缺陷等原因现有研究仍无法针对这一问题得出确切结论。在未来的研究中, 应多关注推理的加工过程中有关时间进程的研究, 建立更科学合理的心理推理理论。

关键词 归纳推理 演绎推理 单过程理论 双过程理论

1 引言

推理 (reasoning) 是评估前提和结论之间潜在关系的能力, 是一种高级认知过程。推理内容通常由两个部分组成: 一是由一个或多个命题组成的前提, 二是根据前提做出的结论 (Goel, Gold, Kapur, & Houle, 1997)。推理心理学是人们用心理学研究方法对推理过程的有关规律进行科学研究后获得的知识体系, 主要表现在通过实验研究描述并揭示推理过程中加工规律以及通过建构理论模型对推理加工过程中的有关规律进行理论解释 (胡竹菁, 2015)。

根据前提与结论的性质及其关系可将推理分为归纳推理和演绎推理两种推理形式 (Goel et al., 1997)。归纳推理 (inductive reasoning) 是指从特定事件、事实向一般事件或事实进行推论的过程, 是从已经 (或当前) 观察到的现象推及即将观察到的未知现象的心理过程 (陈庆飞, 雷怡, 欧阳寒璐, 李红, 2009)。演绎推理 (deductive reasoning) 是在某些前提成立的条件下推测必然会出现的特定结论, 是做合乎逻辑的推论的心理过程 (杨群, 邱江, 张庆林, 2009)。从定义上看, 归纳推理是从特殊到一般的推理过程, 而演绎推理则是从一般到特殊的推理过程, 两种推理类型似乎是截然对立的心理加工

形式, 然而不同的推理理论、加工模型和实证研究对归纳推理和演绎推理是否拥有相同的心理机制还存在较大争议。本文将在整理介绍归纳和演绎推理的相关认知理论以及加工模型的基础上探讨这两种推理类型的关系。

2 推理的过程理论

以单过程理论和双过程理论为代表的过程理论是阐述归纳与演绎推理关系的主要心理学推理理论类型, 其关注点在于归纳和演绎在认知加工过程和推理过程中的异同 (Xiao, Li, Long, Lei, & Li, 2014)。此外, 推理信号检测模型也对归纳推理与演绎推理的关系进行了探讨。因此, 接下来我们将对这些理论模型进行着重分析。

2.1 单过程理论

单过程理论认为归纳推理和演绎推理实际上是相同的思维过程, 二者在认知过程上并无本质区别。推理的标准转化模型 (criterion-shift account)、心理模型 (mental model theory) 以及贝叶斯模型 (bayesian model) 等均支持单过程理论。

标准转化模型认为, 归纳推理和演绎推理的唯一不同在于判断标准, 而并无认知过程差异。无论是对演绎有效性还是归纳强度的评估, 都是命题在一个单一连续体上的位置函数 (Rips, 2001)。这个

* 本研究得到国家自然科学基金项目 (NSEC:31400870) 的资助。

** 通讯作者: 赵光。E-mail: zhaoguang721@163.com

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20180438

连续体的一端为“毫无价值”，即给出的信息（前提）完全无法给结论提供任何支持，如前提为“一只青蛙一张嘴”，结论为“操场上有两个人”，在此命题中前提对于判断结论是否为真而言毫无价值；而连续体的另一端为“深信不疑”，即若所给信息（前提）为真，结论必然为真，如前提“ $5 < 6, 6 < 10$ ”为真，那么结论“ $5 < 10$ ”也必然为真。其他命题如“明天不是晴天（前提），那么明天会下雨（结论）”则处于这两个极端间，因此可以通过一个命题在这个连续体上所处位置来判断该命题的可信度。同时该模型认为，演绎推理比归纳推理有着更严格的判

断标准。也就是说，人们在把一个命题判断为演绎正确时所用的标准要比把这个命题判断为可信程度强时所用的标准更为严格。如图1所示，标准一表示归纳的标准，即区分可信程度强和不强的标准。标准二表示演绎推理的标准，即区分演绎有效和无效的标准。一些命题可被判断为可信程度强，但并没有足够的证据把它们判断为演绎有效，而演绎有效的命题则一定是可信程度强的命题，因此有些研究者主张把演绎有效命题看作是归纳命题的一种特殊情况，只需关注归纳命题即可（Rotello & Heit, 2009）。



表1 各变量之间的平均数、标准差和相关关系

Johnson-Laird (1994) 提出的心理模型理论主要应用于解释演绎推理,但也同样适用于归纳推理。依照这一理论,在推理过程中,推理者首先基于对前提的理解和自己的一般性知识,构建一个或多个关于前提的心理模型,这些心理模型往往暗示着某些结论,推理者通过寻找模型的反例来检验这些结论的有效性 (Schaeken, Johnson-laird, & D'Ydewalle, 1996), 如根据前提“ $A < C, B < C, D = B, E = C$ ”, 判断结论“ $D < E$ ”是否正确。假设前提必然为真,推理D与E之间的关系时,推理者可能产生“ $A < B = D < C = E$ ”, “ $B = D < A < C = E$ ”以及“ $A = B = D < C = E$ ”等多个心理模型,当模型中并未找到关于“ $D < E$ ”的反例时,结论有效。又如,前提为“所有科学家都是美食家,有些美食家是画家”,结论“有些科学家是画家”,在前提为真的情况下,存在“有些科学家是画家”的反例(“所有是画家的美食家都不是科学家”)因此并不能仅凭前提条件判定结论是否为真。心理模型理论认为:当前提必然为真,推理出的结论也必然为真时,此种推理为演绎推理;而当前提为真,但无法判定推理结论的真假时,此种推理过程为归纳推理。可见心理模型理论并没有对归纳推理和演绎推理做出明确区分,支持

了归纳与演绎推理属于同一认知加工过程的观点 (Khemlani, Barbey, & Johnson-Laird, 2014)

虽然贝叶斯模型主要运用于解释归纳推理,而归纳推理作为一种或然性推理,在某些情况下也能有正当的逻辑理由 (Rotello & Heit, 2009), 当这些情况发生时人们可以直接进行演绎推理。因此演绎推理和归纳推理都是在既有的贝叶斯规则基础上进行修正的结果,属于同一心理加工过程 (Griffiths, Kemp, & Tenenbaum, 2006)。

2.2 双过程理论

与单过程理论不同,双过程理论认为,人们能够用两种不同维度对一个命题进行评估:演绎正确性和归纳强度 (Rips, 2001)。双过程理论支持推理有两个潜在机制的观点,如:启发过程 (heuristic processing) 和分析过程 (analytic processing) (Bago & De Neys, 2017; Evans & Stanovich, 2013)。其中启发过程依赖直觉,速度较快,而分析过程依赖工作记忆,速度较慢,同时也更谨慎 (Hawkins, Hayes, & Heit, 2016; Hayes, Heit, & Rotello, 2014)。如前提“所有植物都需要水,玫瑰需要水”为真,得出结论“玫瑰是植物”,在判断结论真假时,如果仅依赖启发过程则应很快得出结论为真,因为结论与常识相符;

而倾向将结论判定为假的被试可能经过更谨慎的分析过程，因为仅根据前提无法直接推理出结论。关于启发和分析个过程是如何作用于推理活动的仍存在争议，目前讨论较多的观点主要有默认干预模型、平行双过程理论和混合双过程理论。

默认干预模型认为推理活动分为启发和分析过程两个阶段，人们首先在启发过程产生一个默认答案，而在分析过程中对这个默认答案进行干预和修正，当分析过程产生的答案与启发过程产生的默认答案冲突时，推理者会接受分析过程的答案，如果分析过程给出的答案实际上是错的，那么推理者最终也会给出错误答案（Bago & De Neys, 2017; Evans & Stanovich, 2013）。平行双过程理论认为个体在进行推理活动时，分析和启发过程同时启动，产生两个平行答案，二者是竞争关系，至于哪个过程会取得竞争“胜利”，要考虑可利用认知资源以及时间压力等因素（Handley, Newstead, & Trippas, 2011），因此平行双过程理论也称为平行竞争模型。实验研究发现，无论是默认干预模型还是平行竞争模型，似乎都不能完美的解释实验数据，因此混合模型应运而生（Bago & De Neys, 2017）。混合模型认为，人们在进行推理活动时，首先由快速的启发过程产生多个平行的答案，这些平行答案接下来会交给分析过程去处理，混合模型综合了默认干预模型的系列加工和平行竞争模型的平行加工的特点。

双过程理论认为进行归纳推理和演绎推理时均需要经历分析和启发过程，但二者受到分析和启发这两个机制的影响程度并不相同（Evans, 2012; Rotello & Heit, 2009）。进行归纳推理判断时更受快速启发过程的影响，因为快速启发过程主要利用上下文信息和相似性信息，而不需要判断命题在逻辑上是否有效；与此相反，演绎推理过程需要进行逻辑判断，更多地受慢速的，包含更谨慎、更准确的分析过程的影响（Hahn, Harris, & Oaksford, 2013）。

3 信号检测分析与认知神经科学证据

3.1 归纳与演绎推理具有相同认知过程以及共同的神经基础

Rotello 和 Heit（2009）在实验中要求被试对同一命题既做归纳判断又做演绎判断（Rips, 2001），其中，当被试做归纳判断时需要根据前提判断结论的可信程度强弱；而做演绎判断时要求被试判断结论的有效性，必然为真为有效，否则为无效（前提

数量为 1,3,5 的情况各占三分之一）。此外，判断之后被试还需对自己所做判断进行包含 5 个等级的信心评估。最后，通过对比前提相似性和结论有效性对归纳推理和演绎推理的影响发现，相似性或推论长度对归纳推理的影响更大，而结论有效性则对演绎推理有更大的影响（Heit & Rotello, 2010），但这一结果并不能直接反应归纳推理和演绎推理是否拥有相同的认知过程。因此，针对这一结果，研究者提出信号检测模型试图更好地揭示演绎推理与归纳推理的关系，并最终成为极具代表性的解释推理过程理论的模型。其中，单维信号检测模型支持归纳与演绎推理同属一个认知加工过程，而二维信号检测模型支持归纳与演绎推理存在认知加工分离的观点。

如图 2 所示，在单维信号检测模型中归纳和演绎仅存在反应标准的不同。与无效命题相比，有效命题需要更高强度的证据支持，在图中表现为在任何信心水平下演绎推理的判断标准都比归纳推理更靠右。单维信号检测模型与单过程理论均假设归纳和演绎推理本质上是相同的，唯一的差别在于判断标准，因此支持了归纳推理与演绎推理具有相同认知过程的观点。

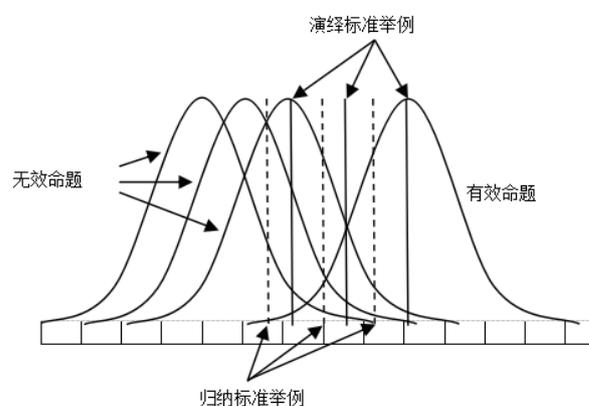


图 2 归纳推理和演绎推理的单维模型示意图

病理研究发现，左侧额叶受损病人的归纳推理成绩和演绎推理成绩均显著低于正常人群或右侧脑区受损病人的成绩，说明两种推理形式在左侧额叶区域可能出现功能重叠（Waltz et al., 2004）。在进行图形归纳推理任务时，无论归纳规则是否被拒绝均出现晚期正成分（late positive component, LPC）波幅的显著增大，而演绎推理有关的 ERP 研究中同样发现晚期正成分的诱发（Chen et al., 2007; Li, Luo, Cao, & Li, 2009）。不同于以往研究中要求被试判断推理类型之后进行命题有效或无效的两极判断的做

法, Malaia, Tommerdahl 和 McKee (2015) 要求被试在“肯定正确”, “可能正确”, “可能错误”, “肯定错误”四个选项间进行选择判断, 增加被试对归纳推理和演绎推理有效性判断的准确性和可靠性, 实验结果并未发现对演绎推理与归纳推理进行有效性判断时存在显著的 ERP 成分波幅的差异, 支持了归纳与演绎推理属于同一认知加工过程的观点。此外一项关于归纳推理以及演绎推理的元分析研究发现, 虽然现有研究由于任务种类, 研究手段的差异导致归纳推理与演绎推理激活脑区出现差异, 但在总体上, 归纳推理和演绎推理活动在双侧脑区均存在激活, 并且无论是哪种推理形式在左侧脑区的激活总是与语义加工或解释过程有关, 而在右侧脑区的激活则均与空间信息加工、执行功能等认知过程相关 (Marinsek, Turner, Gazzaniga, & Miller, 2014; Turner, Marinsek, Ryhal, & Miller, 2015)。说明两种推理形式可能存在部分激活脑区位置或激活程度的差异, 但实际涉及的认知过程并无本质差异, 二者很可能拥有相同的认知神经基础。

3.2 归纳与演绎推理存在认知加工分离

Rotello 和 Heit (2009) 将对演绎有效命题的肯定反应 (被试判断为可信度强或有效的反应) 定义为击中率, 把对演绎无效命题的肯定反应定义为虚报率, 发现归纳推理的虚报率要高于演绎推理, 而二者的击中率没有区别。两种条件下的击中率相同表明被试在两种条件下的判断标准相同, 这显然与单维信号检测模型中归纳和演绎判断标准不同这一假设不一致。因此, 研究者使用蒙特卡罗模拟预测单维信号模型的数据分布情况, 同样发现两种推理形式的判断标准并无差异。

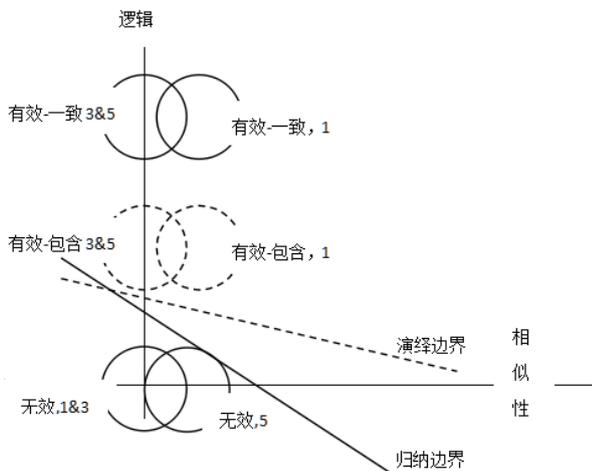


图3 归纳推理和演绎推理二维模型示意图

显然, 单过程理论在对实验数据的解释上还存在漏洞, 因此, 研究者又在单维信号检测模型基础上建立了具有两个判断维度的二维信号检测模型。如图3所示, 两个维度分别为“明显的逻辑正确性”和“相关知识的一致性 (相似性)”, 原则上这两个维度分别代表了“分析”和“启发”过程。其中, 与“相似性”维度相比, 有效命题和无效命题在“逻辑”维度上的差别更大; 无效命题一般在“逻辑”维度上更低, 而在“相似性”维度上则不一定, “相似性”维度与前提数量有关, 前提数量的增加将增大被试对命题强度的判断。在这个模型中, 被试做归纳或演绎判断时区分可信程度强和不强、有效和无效的标准相同。归纳和演绎在两个维度的相对权重反映在判断标准的坡度上, 其中, 演绎推理更强调逻辑性, 演绎决定边界的坡度更缓, 如图中虚线所示。由于归纳和演绎的判断标准的坡度不同, 而且在一个维度上的平均值可能比在另一个维度上大, 所以二维模型允许的归纳和演绎判断的准确性 (即击中率) 可以不同, 并且无需考虑标准的变化。Rotello 和 Heit (2009) 同样运用蒙特卡罗模拟对二维模型进行数据模拟, 发现二维模型能够很好地模拟实际情况, 也就是说, 相比于单维信号检测模型, 二维信号检测模型似乎能够更好地解释归纳和演绎推理的关系, 反驳了归纳推理与演绎推理属于认知过程完全相同的观点。

Parsons 和 Osherson (2001) 发现与更多地表现在左半球区域激活的归纳推理不同, 与演绎推理相关的认知过程出现明显的右半球偏侧化优势。Goel 等 (1997) 采用 PET 技术研究归纳推理与演绎推理的差异发现归纳推理激活了左内侧额叶、左侧扣带回、左额叶上回等区域, 演绎推理的主要激活区域则是左额下回, 并且激活程度显著高于归纳推理, 演绎推理和归纳推理在额叶区域激活脑区的分离为这两种推理分属不同的认知加工过程提供了证据。此外, 进行数字归纳推理时发现更多背外侧额叶 (DLPFC) 激活 (Liang, Jia, Taatgen, Zhong, & Li, 2014), 而以往演绎推理研究则更多发现腹侧额叶 (VMPFC) 激活 (Goel & Dolan, 2003)。

虽然双过程理论得到诸多 fMRI 研究的支持, 但 fMRI 研究中脑区活动的差异容易受不同的基线水平设置的影响, 对时间定位不够精确等缺陷也对结果的科学性和准确性产生不利影响 (Long et al., 2015)。此外, 在进行不同推理时可能存在的“肯

定反应偏向”（肯定反应偏向 = (击中率 + 虚报率) / 2）差异以及反应选择、决策相关的非认知过程差异也能引起脑区激活模式的差异，因此多数 fMRI 研究无法确认归纳推理和演绎推理的脑区激活模式的差别是否由推理过程引起（Windmann & Hill, 2014）。

3.3 是否存在第三种可能？——旧理论修正以及新理论模型的建立

近年来，双过程理论似乎比单过程理论获得了更多认知神经科学研究和理论支持（肖凤等, 2012; Tsujii, Okada, & Watanabe, 2010），但对双过程理论的质疑也从未间断。双过程还未有普遍认可的定义，现有的双过程理论的支持证据往往存在模棱两可的问题，同时具有用单过程理论即可解释的现象被强制运用于双过程理论的嫌疑等诸多弊端（Evans & Stanovich, 2013）。因此，一些研究者认为单过程理论足以解释归纳推理和演绎推理的异同，无需使用双过程理论（Keren & Schul, 2009; Kruglanski & Gigerenzer, 2011）。

虽然，现有研究分别通过行为实验、ERP、PET 以及 fMRI 等手段为单过程和双过程理论提供数据支持，但有关两种理论的探讨仍纷争不断。此外，这两种理论不是非此即彼的关系，即仍然可能存在第三种理论模型能够更好地阐述演绎和归纳推理是否在认知过程中存在差异（如运用计算机数据可以很好地模拟归纳和演绎推理的认知过程）。由于推理类型的多样性，归纳和演绎推理在各自的研究领域仍然存在较大分歧，如，有关归纳推理的研究大多支持推理过程中存在左侧偏侧化现象，但与图形归纳或数字归纳以及与空间信息相关的归纳推理任务却发现右半球脑区也存在明显激活（Yang et al., 2009）；采用无效三段论推理任务发现演绎推理过程中显著的右半球加工优势，然而采用有效三段论推理和线性推理等演绎推理材料时激活脑区集中在左额叶、颞叶等左半球脑区，而未发现右半球脑区或顶叶的激活。此外，Knauff, Fangmeier, Ruff 和 Johnson-laird（2003）的研究中则发现了演绎推理在双侧颞顶区的激活。因此，在两种推理形式均有诸多推理类型（如归纳推理包含数字推理、图形推理等，而演绎推理包含线性三段论推理、范畴三段论推理等类型）且任务难度不一的情况下，笼统地将归纳和演绎推理的激活脑区进行整合和比较缺乏合理性（杨群等, 2009; von Sydow, 2017）。单过程理

论和双过程理论可能分别适用于一些推理类型，如，与数字或图形相关以及与基于知识概念相关的归纳推理可能与属于空间推理类型的演绎推理过程拥有相同的认知加工过程，而以语义信息加工为主以及更多依赖于启动过程的基于知识相似性的归纳推理过程与无效性演绎推理过程存在较大的认知加工差异（肖凤等, 2012）。

4 总结与展望

归纳推理是从特殊到一般的升华，是运用已有知识对新事物进行预测的过程，但这种预测的正确性存在一定概率，是一种或然性推理。而演绎推理则是假设某种前提必然成立时得出肯定结论的过程，即如果前提为真，那么结论必然为真，是做合乎逻辑的推论的心理过程。因此在基础定义以及对结论的把握程度上两种推理有着本质区别，无可厚非，归纳与演绎推理绝不是完全相同，更不是相互隔离的加工过程。在未来研究中还可从以下角度进行探索：

（1）结合宏观与微观技术手段，提供更可靠的实证研究证据。ERP, fMRI 等手段均从宏观角度对推理过程中的脑活动进行研究，未来研究中还可采用更多元的分析方法，如 ERP 时频分析、fMRI 功能连接手段以及微观细胞水平研究手段（李晓芳, 张明明, 龙长权, 2016），为进一步修正推理类型的关系理论或提出更加科学合理的新理论模型提供有力支持。

（2）关注推理的时间进程研究。如果归纳与演绎推理属于同一加工过程，那么两种推理形式应在加工深度或推理的时间进程上出现差异。相反，如果两种推理形式属于不同的认知加工过程，那么在基础认知加工过程之后，两种推理类型应在某个时间点出现功能差异。推理作为高级认知加工过程，需要较多认知资源参与并耗费一定的加工时间，以往关于推理的研究过于专注归纳推理和演绎推理认知过程中加工脑区的空间差异，往往忽略了推理的时间进程问题（Hawkins, Mittner, Forstmann, & Heathcote, 2017）。

（3）减少推理活动中知识背景因素的影响。大部分推理研究均需要被试忽略命题内容所诱发的背景知识把推理看作一种抽象命题形式，而贝叶斯算法为心理推理领域提供的新范式中，命题内容常是日常生活和现实世界的事件，被试不必刻意去忽

略自己所了解的与命题内容有关的知识 (Singmann, Klauer, & Beller, 2016; von Sydow, 2017)。因此, 今后研究中应减少推理活动中知识背景因素的影响, 采用更科学有效的方式研究归纳与演绎推理的范式。

参考文献

- 陈庆飞, 雷怡, 欧阳寒璐, 李红. (2009). 归纳推理多样性效应的发展及其争论. *心理科学进展*, 17(5), 901-908.
- 胡竹菁. (2015). 我在推理心理学领域中的研究历程. *心理与行为研究*, 13(5), 599-605.
- 李晓芳, 张明明, 龙长权. (2016). 演绎与归纳推理比较的神经机制: 问题与趋势. *心理学进展*, 6(4), 376-383.
- 肖凤, 李红, 龙长权, 陈庆飞, 王荣燕, 李富洪. (2012). 归纳推理的认知神经机制. *心理科学进展*, 20(8), 1268-1276.
- 杨群, 邱江, 张庆林. (2009). 演绎推理的认知和脑机制研究述评. *心理科学*, 32(3), 646-648.
- Bago, B., & De Neys, W. (2017). Fast logic? Examining the time course assumption of dual process theory. *Cognition*, 158, 90-109.
- Chen, A. T., Luo, Y. J., Wang, Q. H., Yuan, J. J., Yao, D. Z., & Li, H. (2007). Electrophysiological correlates of category induction: PSW amplitude as an index of identifying shared attributes. *Biological Psychology*, 76(3), 230-238.
- Evans, J. St. B. T. (2012). Spot the difference: Distinguishing between two kinds of processing. *Mind and Society*, 11(1), 121-131.
- Evans, J. St. B. T., & Stanovich, K. E. (2013). Dual-process theories of higher cognition: Advancing the debate. *Perspectives on Psychological Science*, 8(3), 223-241.
- Goel, V., & Dolan, R. J. (2003a). Explaining modulation of reasoning by belief. *Cognition*, 87(1), B11-B22.
- Goel, V., Gold, B., Kapur, S., & Houle, S. (1997). The seats of reason? An imaging study of deductive and inductive reasoning. *Neuroreport*, 8(5), 1305-1310.
- Griffiths, T. L., Kemp, C. K., & Tenenbaum, J. B. (2006). Bayesian models of inductive learning. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 28, 2665.
- Hahn, U., Harris, A. J. L., & Oaksford, M. (2013). Rational argument, rational inference. *Argument and Computation*, 4(1), 21-35.
- Handley, S. J., Newstead, S. E., & Trippas, D. (2011). Logic, beliefs, and instruction: A test of the default interventionist account of belief bias. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(1), 28-43.
- Hawkins, G. E., Hayes, B. K., & Heit, E. (2016). A dynamic model of reasoning and memory. *Journal of Experimental Psychology General*, 145(2), 155-180.
- Hawkins, G. E., Mittner, M., Forstmann, B. U., & Heathcote, A. (2017). On the efficiency of neurally-informed cognitive models to identify latent cognitive states. *Journal of Mathematical Psychology*, 76, 142-155.
- Hayes, B. K., Heit, E., & Rotello, C. M. (2014). Memory, reasoning, and categorization: Parallels and common mechanisms. *Frontiers in Psychology*, 5(7), 529.
- Heit, E., & Rotello, C. M. (2010). Relations between inductive reasoning and deductive reasoning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(3), 805-812.
- Johnson-Laird, P. N. (1994). Mental models and probabilistic thinking. *Cognition*, 50(1-3), 189-209.
- Keren, G., & Schul, Y. (2009). Two is not always better than one. *Perspectives on Psychological Science*, 4(6), 533-550.
- Khemlani, S. S., Barbey, A. K., & Johnson-Laird, P. N. (2014). Causal reasoning with mental models. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 849.
- Knauff, M., Fangmeier, T., Ruff, C. C., & Johnson-Laird, P. N. (2003). Reasoning, models, and images: Behavioral measures and cortical activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(4), 559-573.
- Kruglanski, A. W., & Gigerenzer, G. (2011). Intuitive and deliberate judgments are based on common principles. *Psychological Review*, 118(1), 97-109.
- Li, F. H., Luo, Y. J., Cao, B. H., & Li, H. (2009). Electrophysiological correlates of inductive generalization. *Journal of Psychophysiology*, 23(1), 27-34.
- Liang, P. P., Jia, X. Q., Taatgen, N. A., Zhong, N., & Li, K. C. (2014). Different strategies in solving series completion inductive reasoning problems: An fMRI and computational study. *International Journal of Psychophysiology*, 93(2), 253-260.
- Long, C. Q., Lei, X., Chen, J., Chang, Y., Chen, A. T., & Li, H. (2015). Event-related potential parameters of category and property violations during semantic category-based induction. *International Journal of Psychophysiology*, 96(3), 141-148.
- Malaia, E., Tommerdahl, J., & McKee, F. (2015). Deductive versus probabilistic reasoning in healthy adults: An EEG analysis of neural differences. *Journal of Psycholinguistic Research*, 44(5), 533-544.
- Marinsek, N., Turner, B. O., Gazzaniga, M., & Miller, M. B. (2014). Divergent hemispheric reasoning strategies: Reducing uncertainty versus resolving inconsistency. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 839.
- Parsons, L. M., & Osherson, D. (2001). New evidence for distinct right and left brain systems for deductive versus probabilistic reasoning. *Cerebral Cortex*, 11(10), 954-965.
- Rips, L. J. (2001). Two kinds of reasoning. *Psychological Science*, 12(2), 129-134.
- Rotello, C. M., & Heit, E. (2009). Modeling the effects of argument length and validity on inductive and deductive reasoning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(5), 1317-1330.
- Rotello, C. M., & Heit, E. (2014). The neural correlates of belief bias: Activation in inferior frontal cortex reflects response rate differences. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 862.
- Schaeken, W., Johnson-Laird, P. N., & D'Ydewalle, G. (1996). Mental models and temporal reasoning. *Cognition*, 60(3), 205-234.
- Singmann, H., Klauer, K. C., & Beller, S. (2016). Probabilistic conditional reasoning: Disentangling form and content with the dual-source model. *Cognitive Psychology*, 88, 61-87.
- Tsujii, T., Okada, M., & Watanabe, S. (2010). Effects of aging on hemispheric asymmetry in inferior frontal cortex activity during belief-bias syllogistic reasoning: A near-infrared spectroscopy study. *Behavioural Brain Research*, 210(2), 178-183.
- Turner, B. O., Marinsek, N., Ryhal, E., & Miller, M. B. (2015). Hemispheric lateralization in reasoning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1359(1), 47-64.
- von Sydow, M. (2017). *Rational and semi-rational explanations of the conjunction fallacy: A Polycasual approach Momme von Sydow*. Paper presented at the Thirty-Ninth Annual Conference of the Cognitive Science Society, Austin, TX.
- Waltz, J. A., Knowlton, B. J., Holyoak, K. J., Boone, K. B., Back-Madruga, C., McPherson, S., Miller, B. L. (2004). Relational integration and executive

function in Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 18(2), 296–305.

Windmann, S., & Hill, H. (2014). Dissociating electrophysiological correlates of subjective, objective, and correct memory in investigating the emotion-induced recognition bias. *Consciousness and Cognition*, 29, 199–211.

Yang, Y. H., Weiner, J., Liu, Y., Smith, A. J., Huss, D. J., Winger, R., Lovett-Racke, A. E. (2009). T-bet is essential for encephalitogenicity of both Th1 and Th17 cells. *The Journal of Experimental Medicine*, 206(7), 1549–1564.

The Relationship and Theoretical Model of Inductive Reasoning and Deductive Reasoning

Lei Ming¹, Chen Minghui¹, Zhao Weiyan², Zhao Guang

(¹Research Center of Brain and Cognitive Science, Liaoning Normal University, Dalian, 116029)

(²School of Mental Health, Jining Medical University, Jining, 272062)

Abstract Reasoning is a kind of cognitive process related to high-level thinking activities. People can evaluate the relationship between the premise and the conclusion through different reasoning processes. In the psychological field, inductive reasoning and deductive reasoning are two principal aspects of reasoning. The process of launching new specific conclusions according to general principles is called deductive reasoning. Inversely, inductive reasoning is the activity of thinking that induces general rules from specific things or phenomena. Existing studies focus on the nature and characteristics of the two types of reasoning, but only a few articles discuss the underlying cognitive mechanism and the relationship between them. However, it is undeniable that the relationship between inductive reasoning and deductive reasoning has become a key issue in the field of reasoning psychology. There are several theories meant to reveal the relationship between inductive and deductive reasoning. For example, “single-process theory” supports that inductive reasoning and deductive reasoning share the same cognitive process. “One-dimension signal detection model” is constructed based on this theory. ++According to this model, deductive reasoning requires more support than inductive reasoning in the strength of evidence, which results in higher judgment standard of deductive reasoning compared to inductive reasoning. Therefore, the only difference between induction and deduction is reaction criteria. The opposing view comes from the “dual-process theory”, which holds that inductive reasoning and deductive reasoning are two differently cognitive processes. Studies of cognitive neurophysiology, which provide strong evidence for this theory, have found that activation of brain regions is not exactly the same in the two reasoning processes, and the two kinds of reasoning are differently affected by heuristic and analysis processes. More specifically, Induction and deduction are both influenced by the two cognitive mechanisms of analysis and heuristic processes, but the proportion is different: inductive judgment is more likely to be affected by the fast heuristic process. On the contrary, deductive judgment is more likely to be affected by the analysis process which is a more cautious, and usually a more accurate reasoning. The “two-dimensional signal detection model”, which supports the dual process theory, holds that the difference between the two kinds of reasoning is the relative weight of similarity and logicity, which reflected in the slope of the judgment standard. That is, deductive reasoning emphasizes the logic angle in a higher degree and has slower slope in decision boundary than inductive reasoning. Compared with the one-dimensional signal detection model, the two-dimensional signal detection model allows different judgments (i.e. hit rates) of the accuracy of inductive and deductive reasoning, regardless of the change of standard. To some extent, the two-dimensional signal detection model can better explain the relationship between inductive reasoning and deductive reasoning.

Based on the comprehensive analysis of previous studies, we summarize the theories and mechanism about the relationship of inductive and deductive reasoning, and try to put forward our own viewpoints. We found that current ERP and pathological studies tended to support the single-process theory. However, other investigators who do fMRI-based or PET-based studies are more likely to verify the dual-process theory. Future research can focus on the time course of reasoning and use new paradigms to analyze the similarities and differences between the inductive reasoning and deductive reasoning. What's more, different research methods, such as time-frequency analysis method and molecular technique, should be taken in order to provide more convincing evidence for these theories.

Key words inductive reasoning, deductive reasoning, single process theory, dual process theory