

认知诊断研究进展

刘丹 林世威^{通讯作者}

(长春师范大学, 吉林 长春 130032)

摘要: 认知诊断理论是建立在项目反应理论基础上的新一代测量理论, 在教育统计实践领域中具有广泛的应用前景。认知诊断理论的相关研究主要通过认知诊断模型、认知诊断评价等方面来进行展开。上述各个方面的进展促进了认知诊断理论的发展以及使得认知诊断理论应用领域的多样化。

关键词: 认知诊断; 模型; Q 矩阵; 评价

认识诊断理论 (Cognitive Diagnosis, CD) 作为新一代测量理论的核心, 从提出至今获得了广泛关注, 其不仅关注个体能力水平评估, 同时也对被试的认知结构及心理加工过程进行了深入考察。认知诊断理论是将现代测量学和认知心理学进行结合, 将教学评价不再只停留在从传统的宏观能力方面, 更加地体现在个体内在认知结构的微观方面, 以此来对个体进行个性化的诊断与评估, 达到具有针对性的个性化教学。在对认知诊断相关文献进行梳理得出: 虽然认知诊断相关方面的研究在数量上呈现逐年递增的一个趋势, 研究内容也呈现出多样化态势, 但是大多数的研究多集中于理论和应用这两个方面。在理论研究方面, 多集中于认知诊断理论、认知诊断模型, 以及认知诊断方法的提出; 在应用研究方面, 则主要是对各学科知识的认知诊断评价与分析。

一、认知诊断理论的发展

Frederiksen.N 等 (1993) 所编著并出版的新一代测验的测验理论 (Test Theory for a New Generation of Tests) 一书中, 首次正式提出了新一代测验理论的概念。Frederiksen.N 等在书中将能力水平与认知水平、宏观与微观的评估并举, 将测试这一概念解释为对学生当前所熟知的和所能完成的事实进行整理和解释的技术, 而不仅仅限于一种能力水平的概念。在分析研究中得出, 在测验领域中, 认知水平是更加深入地能力水平的一种探究, 能力水平研究的目的只是对于能力的一种定位。而对于认知水平研究方面, 其更多的在于认知能力结构和性状的诊断。刘声涛等 (2006) 所发表的《新一代测验理论—认知诊断理论的源起与特征》一文中对从认知诊断的源起、概念、特征及认知诊断研究的基础、框架、意义和难点等七个方面对认知诊断的理论与技术进行了详细的论述与评价; 涂冬波等人 (2008) 所发表的《教育考试中的认知诊断评估》中指出认知诊断评估作为教育和心理测量学界新兴起的一项技术, 主要是指在以传统考试的基础上为学生提供针对性的诊断信息, 即提供被试对知识、技能掌握水平的情况, 对教育教学具有重要意义, 不但能够提升学生的学习成绩, 同时也能够提升教师的教学水平, 从而提高教学质量; 汪文义等 (2015) 编著的《教育认知诊断评估理论与技术研究》一文中则主要解决以下关键问题: 怎样从量化的角度确定测验所考察的属性, 属性层级结构和测验项目所考察的属性; 如何量化评价诊断测验的信度和效度; 如何实现高效而低成本的计算机自适应诊断测验等理论与技术问题。罗照盛 (2019) 编著的《认知诊断评价理论基础》一

书中则主要介绍了认知加工理论基础、认知诊断评价测验的编制、认知诊断评价理论基本模型及参数估计方法、认知诊断评价结果分析与运用、认知诊断评价理论的新进展等。

二、认知诊断模型的发展

认知诊断理论是建立在传统测验理论基础之上的结合心理学以及测量学两个方面的一种理论学说, 通过对被试内在认知结构、加工技能以及认知过程进行诊断评估与测验。当下, 在各领域内 DINA 模型、GDINA 模型、ASM 模型等认知诊断模型应用比较广泛。据统计, 到目前为止诊断模型数量已超过二十种。将已开发出的认知诊断模型进行分类, 可分为下列两大类: 一类是潜在分类模型, 这类模型多对被试在测试后所得的得分情况进行数据的分析, 从而得出被试内在认知结构方面的差异, 以此为依据进行被试的分类, 比如, Tatsuoka 等提出的 RSM 规则空间模型、DINA 模型及贝叶斯网络 BN 模型等; 与上述模型相对应的为潜在特质模型, 该模型同样是对被试的分数进行数据分析, 但其主要是挖掘出被试的内在认知结构。例如, 多成分潜在特质模型 MLTM、推广多成分潜在特质模型 GLTM 等。

Q 矩阵理论作为研究认知诊断理论必不可少的部分。Tatsuoka 创立了规则空间模型 RSM, 同时, 开发并使用了 Q 矩阵工具以及提出有关 Q 矩阵理论。Q 矩阵理论主要以测量认知属性, 同时将它转为项目反应模式, 作为对相关内容进行认识诊断的首要环节, Tatsuoka 所提出的完整 Q 矩阵理论包括以下七个方面, 分别为: 认知属性层级结构 (AHS)、邻接矩阵 (A)、可达矩阵 (R)、典型项目考核模式 (Qr)、理想掌握模式 (QS)、测验矩阵 (Qr)、理想反应模式 (ERP)。Kikumi K Tatsuoka, James E Corter (2004) 等人采用认知诊断技术对各年级被试数学水平进行分析, 将此次测试所获得的数据结果, 利用规则空间技术对被试的内在认知结构的加工过程进行了探究, 对被试在对考察内容当中的各属性的掌握情况进行了相应的分析与讨论。Song 等人运用 EM 算法对认知诊断模型 DINA 模型进行了相应参数的估计与讨论。Culpepper 等人在 2015 年发表的文章中提出利用 DINA 模型的贝叶斯模型, 采用吉布斯抽样从项目猜移参数、主体属性参数和潜在类概率的联合后验分布进行相应研究。Estimating 等人提出多种认知诊断模型。同时, 对两种算法最大似然 (ML) 和最大后验 (MAP) 进行了估计与讨论。Jonathan 等人主要对认知诊断模型可靠性度量进行了详细系统的分析。de la Torre Jimmy 对认知诊断模型 DINA 模型进行了详细的阐述与说明。同时讨论并分析出 DINA 模型的期望最大化和马尔可夫链蒙特卡罗算法。最后得出对模拟数据以及真实数据的分析结果。徐坚等人采用认知诊断模型 AHM 模型, 先是编制出相应的认知诊断测试试卷, 在对多名被是在数学学科因式分解的掌握情况进行认知诊断相关的研究, 从而了解并得出所测被试在因式分解知识方面的内在认知结构的状态, 最后, 利用所得结果, 分析被试在因式分解知识方面的欠缺部分, 整理出

详细的报告，并以整理所得报告作为依据来进行个性化的补救教学，采用上述认知诊断研究步骤，能够更好地提升教师的教学效果，促进因材施教方法的发展。曾汕以小学组合图形面积的计算为载体，采用多级评分的聚类分析方法，编制 python 程序对数据进行分析，进而得出学生在学习该知识时存在的问题。同时，又将不同的性别、年级、地域的学生对于统一知识的掌握情况进行比较分析。最终，基于认知诊断研究指出补救教学的方向，从而实现个性化教学。王立东等在认知诊断理论在数学教育评价中的应用一文中通过对数据结果进行分析，对不同的认知诊断模型进行比较分析，为后续教学提供诊断性信息，达到了诊断性测验的目的。也为本研究在进行认知测验过程中提供了理论基础。DINA 认知诊断模型是由 Junker 等人于 2001 年所开发的一种较新颖的、具有显示项目特征函数的认知诊断模型。其全称为“决定性输入、噪音与门模型”，该认知诊断模型具有表达关系式简单、参数估计准确等优点，成为目前在认知诊断领域普遍选择的认知诊断模型。周金芝、杨明在 Q 矩阵在认知诊断测量中的应用研究一文中指出 Q 矩阵在认知诊断测量中发挥着重要作用。同时在文中提出 DINA 模型和朴素贝叶斯网分类器是两种围绕 Q 矩阵构建的认知诊断模型，通过分析两种模型中 Q 矩阵的构建过程及 Q 矩阵对两种模型的影响，研究 Q 矩阵在认知诊断测量中的应用。该研究对 DINA 模型进行了相应的阐述；刘兰在初中生“溶液”认知障碍的探查研究一文中指出初中生在智慧技能、认知策略、言语信息等三个认知障碍存在差异。那迎春（2013）所发表的文章中对 DINA 模型与 NIDA 模型的选择进行了比较研究。首先，分别运用 EM 算法对 DINA 模型的参数进行估计。其次，运用联合极大似然法对 NIDA 模型参数进行估计，选择最优认知诊断模型。最后，用 matlab 软件实现了模拟，并对模拟结果进行了分析。高旭亮等人开发了一般化的分部评分认知诊断模型（GPCDM），将 GDM（von Davier, 2008）和 PC-DINA（de la Torre, 2012）相比，GPCDM 的 Q 矩阵定义更加灵活，项目参数的约束条件更少的最优的多级认知诊断模型。近年来，在多种认知诊断模型中，应用方便的认知诊断模型 DINA 模型成为目前认知诊断研究领域所被广泛应用的并被多名学者选择的认知诊断模型。认知诊断模型 DINA 认知诊断模型是一种较新颖的、具有显示项目特征函数的认知诊断模型。DINA 模型的全称为“决定性输入、噪音与门模型”。该认知诊断模型的应用领域非常广泛。例如，在测验编制和计算机自适应测验方面，Henson & Douglas（2005）提出了以 K-L 信息量（Kullback-Leibler Information）为理论依据，以认知诊断模型 DINA 模型下来进行相应研究；Finkelman & Roussos（2009）提出利用遗传算法进行自动编制认知诊断模型测验；Cheng Y. & Chang H.（2009）在 DINA 模型下进行了认知诊断的计算机自适应测验（CD-CAT）研究。其他方面 Junker & Sijtsma（2001）利用 DINA 模型来研究传递推理。除了上述在进行测试项目的编制以及计算机自适应测试相关应用外，认知诊断模型 DINA 模型在有关教育教学的应用也非常广泛，多集中于数学、英语等学科，但在化学学科方面目前应用较少。涂冬波（2009）利用 DINA 模型，对小学数学问题的解决利用认知诊断相关理论通过编制相应测试项目来对儿童内在认知状态进行相关分析研究。吴芳菲（2009）同样

利用认知诊断模型 DINA 模型对小学六年级被试在数学学科方面的能力进行了系统的分析与研究。在其他学科方面，陈艳梅（2009）用该模型对九年级被试的阅读能力进行了认知诊断相关的评价研究。在教育教学测验应用方面，采用认知诊断模型 DINA 模型进行相应认知诊断的分析与研究，不但有助于向家长、老师和学生等各方面了解学生在一类知识上的掌握模式与知识理解水平，还能根据得到的被试内在知识状态指导测试项目的编制，从而能够更好地来提升之后的测试试卷的质量与效果，进而能够更科学、更加准确、系统化地对学生的内在结构能力进行评估，从而通过个性化的教学以此来提升学生的学习质量，达到因材施教的教学目标。

三、认知诊断评价的发展

在教育测量和评价等多个研究领域当中，由于统计学和认知心理学的深入发展，促使着教育评价正在发生着巨大的变化。近几年，由于国家对职业教育的高度重视，对教育评价同样提出了更加严格的要求，为教育评价的发展提供了强有力的支持。尤其在 20 世纪 70 年代所发展起来的认知心理学，它为认知诊断评价提供了理论基础并且成为了认知诊断创新思想的重要力量。现如今的教育教学评价大多数都是以认知问题和任务的解决而开发为基础。认知诊断评价应该首先需要利用认知结构开发出相对应的测试项目，对研究内容的认知属性进行合理建构，从而能够得出被试在某种知识的某一方面是否存在缺陷与不足。综上所述，认知诊断评价就是对被试的认知属性掌握情况进行详细系统的分类。由路易斯（Louis A. Roussos）等人提出的认知诊断评价过程具体分为以下几个方面：描述评价目的、描述认知属性、开发测试项目、选择诊断模型、利用统计方法分析诊断数据、对被试提出个性化评价建议。

认知诊断作为新一代测验理论的核心，具有非常广泛的前景。同时通过不断提出的多种认知诊断模型以及其在教育教学实践当中的广泛应用，均说明了认知诊断理论逐渐得到了越来越多的关注。相信随着更多学者对认知诊断相关理论的持续探索与研究，有关认知诊断应用的前景必将在未来的教育和心理测量研究中发挥越来越重要的作用。

参考文献：

- [1] Frederiksen N, et al. Test theory for a new generation of tests. Hillsdale, NJ: LEA, 1993.
- [2] 刘声涛, 戴海崎, 周骏. 新一代测验理论——认知诊断理论的源起与特征 [J]. 心理学探新, 2006 (04): 73-77.
- [3] 漆书青, 戴海崎, 丁树良. 现代教育与心理测量学原理 [M]. 江西: 江西教育出版社, 1998.
- [4] 汪文义, 宋丽红. 教育认知诊断评估理论与技术研究 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2015.
- [5] 罗照盛. 认知诊断评价理论基础 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2019.
- [6] 涂冬波, 漆书青, 戴海崎, 蔡艳, 丁树良. 教育考试中的认知诊断评估 [J]. 考试研究, 2008 (04): 4-15.

本论文是吉林省教育学会“十四五”科研规划课题“高中生化学学习认知诊断研究”（立项编号 G214980）成果之一。