

●马费成 郝金星

概念地图在知识表示与知识评价中的应用(Ⅱ)*

——概念地图作为知识评价的工具及其研究框架

摘 要 概念地图构建方法关心概念选取、概念分类、中心概念定位、连接概念和交叉概念等几个主要问题。概念地图分析法集中在:分析概念地图组成成分,比较概念地图和基准概念地图的相似度,以及两者的综合。概念地图构建方法、分析方法、分析指标的信度和效度,三者密不可分,共同构成概念地图作为知识评价工具的研究框架。图2。表1。参考文献28。

关键词 概念地图 知识地图 结构分析 知识评价

分类号 F280

ABSTRACT Methods for the construction of concept maps are related to the selection of concepts, the classification of concepts, the orientation of central concepts, linking concepts and cross concepts. The concept map analysis methods is focused on the analysis of components of concept maps, the comparison of the similarities between concept maps and the benchmark concept map and the integration of the two. The construction methods, analysis methods and analysis indicators comprise a research framework of concept maps as knowledge evaluation tools. 2 fig. 1 tab. 28 refs.

KEY WORDS Concept map. Knowledge map. Structural analysis. Knowledge evaluation.

CLASS NUMBER G254

1 概念地图作为知识评价工具的机理

根据以往的研究成果,我们认为概念地图作为知识评价工具的研究可以具体细化为概念地图构建方法、概念地图分析方法以及分析指标的信度和效度3个子领域。三者具有图1所示的关系。

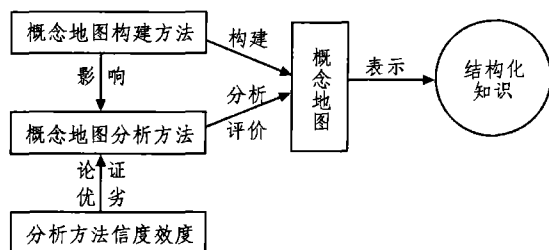


图1 概念地图作为知识评价工具的机理

概念地图表示关于某个主题的结构化知识(认知结构)。但是由于知识的复杂性,不同的概念地图构建方法,需要不同的认知能力,结果反映不同类型的知识(如陈述性知识、过程性知识等)。概念地图的构建方法直接决定了实际使用概念地图评价的知

识的类型。概念地图分析方法研究如何对概念地图进行分析和计分,进而对知识做出评价。可以从很多角度对概念地图进行分析,比如组成成分分析、比较分析、综合分析等。分析方法存在优劣,主要通过分析方法的信度和效度加以说明。只有达到较高信度和效度的分析方法,才可以比较准确地分析概念地图,进而评价结构化知识。

本文主要阐述3个子领域的研究内容和研究进展,在此基础上提出概念地图作为知识评价工具的研究框架、目前的主要问题,以及未来的研究趋势,为进行实证研究奠定基础。

2 概念地图构建方法

根据诺瓦克等人提出的概念地图构建准则^[1],概念地图构建方法关心概念选取、概念分类、中心概念定位、连接概念和交叉概念等几个主要问题,由以下几个步骤组成。

(1)概念选取。列出关于某个主题的所有重要的概念。比如“反映概念地图组成要素的概念地图”中的“概念标示”、“连接语”、“等级结构”等^[2]。

* 本文系国家社科基金项目“基于IRM及KM范式下的情报学发展模式研究”(项目编号03BTQ012)研究成果之一。

(2)概念分类。它分为两个层次:横向(广度)结构和纵向(深度)结构。横向结构区分关联性强弱不同的概念。关联性强的一组概念聚合在一起,形成概念簇。比如“反映概念地图组成要素的概念地图”中的“词”、“符号”、“概念”等都是和“概念标识”紧密相关的概念,所以聚合在一起。而“连接语”是另外一组概念。这几组概念联合并列在一起,形成概念图的横向结构。纵向结构将不同意群中的概念,按照概念的宽窄程度分类。宽泛的概念在上,具体的概念在下。这是个递归的过程,在每个意群中按照同样的思路确定横向结构和纵向结构。

(3)定位中心主题,连接概念。获取中心主题概念,作为整个概念地图的根节点。比如“反映概念地图组成要素的概念地图”中的“概念地图”^[3]。从中心节点出发连接每个意群的中心节点,形成中心概念地图的第二层,并且注明关系的说明。比如该图中“概念标识”、“连接语”、“等级结构”和“语境依赖的”等4个概念簇组成第二层。关系说明分别为“具有”、“具有”、“具有”和“是”。在每个意群内部,继续选取中心概念,然后继续上述过程,形成以下诸层。比如“概念标识”细化为“词”、“符号”、“概念”等,“概念”又进一步分化为“规则性”和“关系”等。这样一层一层连接所有概念的等级关系。

(4)连接交叉概念。交叉关系是存在于不同意群之间的概念之间的关系。仔细研究概念地图中的各个概念,看它们是否存在交叉关系。连接交叉关

系,并给出说明。比如文献^[4]“反映概念地图组成要素的概念地图”中,“规则性”和“有意义的”之间的连接表示“规则性”是“有意义的”,就为交叉关系。

Ruiz-Primo 等人在总结前人研究的基础上,进一步细化了概念地图服务于知识评价的构建方法^[5]。根据他们的研究,概念地图的构建方法一般需要考虑两部分内容:任务形式和作答形式。任务形式类似于以何种形式问问题,作答形式指用户以何种形式回答问题。任务形式包括任务需求、任务约束和任务内容结构。任务需求指产生概念地图的具体要求。比如,人们可能被要求自由构建概念地图;在给定地图框架的情况下,填充概念地图;排序标有概念和关系的卡片;论述问题,然后由研究者或者专家绘制概念地图等。任务约束指任务给定的限定条件。这些限定条件根据不同的任务,差别很大。比如要求构建等级结构的概念地图;要求利用给定的概念构图;要求利用给定的连接语构图;要求论述为什么概念之间存在这样的关系等等。任务内容结构指任务内容本身所具有的结构,一般来说指等级结构和网状结构两种。诺瓦克等人根据有意义学习理论,强调概念之间的等级结构。

不同任务形式的任务约束和任务内容结构不同,需要不同的认知能力,结果影响测量得知识的类型^[6]。任务约束在该过程中起到决定性作用,常见的任务约束表现为如图2的几种形式^[7]。

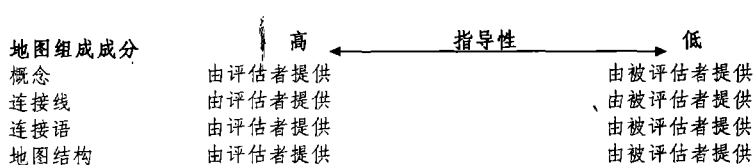


图2 任务约束的指导性

如果任务约束落在左边,则该任务约束就是高指导性约束,落在右边则可以为低指导性约束。如果给定了概念或者连接线或者连接语,就可以称之为“内容丰富”性约束;如果给定了图的结构,则可以称为“内容缺乏”性约束。比如 Ruiz-Primo 等人在其研究中,对于给定概念构图(construct-map-from-scratch)和填充构图(fill-in-the-map)(包括给定结构填充概念,以及给定概念填充关系两种形式)进行了详细讨论^[8]。

给定任务约束,是为了解复杂的认知过程,让人们在构图过程中集中在某一方面的认知过程,从而提高评价方法的信度和效度。比如,对于高指导性的内容缺乏性约束,用户将会集中精力考虑概念的内涵,适合于准确把握知识,所以对于图的分析适合内容为主的分析。又如,对于高指导性的内容丰富性约束,用户将会集中精力安排图的逻辑结构,用于合理地解决问题,所以对于图的分析适合结构为主的分析;我们又把它称作“与内容无关”或者“基本与内容

无关”的概念地图构建方法。

为了进一步限制概念地图的构图方法,人们提出了针对特殊需求的构图过程。比如 Nelson 等人提出的揭示因果图(Revealed Causal Map)就详细提出了一种与内容无关的构图方法,该方法无论在理论上还是在实际应用中,都得到了人们的认可^[9]。

作答形式一般包括作答方式、作答格式特点和构图者3个方面。作答方式包括笔纸绘图、口头表述以及计算机辅助作答。作答的格式特点决定于任务形式,被评估者根据任务的具体要求给出答案,反映不同的格式特点:可能是完整的树形结构,或者是填充概念,或者是填充关系等。构图者也在很大程度上决定于任务形式,一般来说构图者为被评估者本身,但是如果任务形式要求答题人对概念结构进行口头或者书面论述,而不直接绘图,构图者就由研究人员或者教师承担。但是一般来说,构图者就是被评估者本身,所以在本文未加说明,构图者取此含义。

3 概念地图分析方法

概念地图的分析方法,又称概念地图的计分系统(Scoring System)。综合以往的研究,目前常见的概念地图分析方法集中在3个方面:分析概念地图组成成分,比较概念地图和基准概念地图的相似度,以及两者的综合。

3.1 概念地图组成成分分析法

分析概念地图组成成分是最早产生的概念地图分析方法。诺瓦克等人曾详细论述了如何利用该方法评价学生的成绩,并且提供了比较全面的计分系统^[10]。他们认为应该分析命题(命题、交叉关系的数量和准确程度)、等级关系和示例。根据该计分系统,每个正确的命题得1分,每个正确的层次得5分,每个正确的交叉关系得10分,每个正确的示例得1分。在此之后的很多分析方法,都是在此基础上改进而成。比如说分支数量的多少,意群数量的多少等等^[11]。需要说明的是,并不是所有概念地图的组成成分都可以用来有效地分析概念地图,进而用来评价知识,能否用它们来分析概念地图,决定于它们本身的信度和效度^[12]。

通过分析概念地图组成成分评价知识,具有一定的理论依据(比如奥斯贝尔的有意义学习理论^[13]),并且能够反映特定学生对某一方面知识的理解程度,比如能够反映出学生对哪些命题理解错

误,哪些概念的上下位类关系不清楚等等。这种方法得到了一定的实证证明。其中 Wallace 等人通过实证研究发现,在学生培训之后,概念地图总得分升高了^[14]。但是这种方法致命的一个问题是分析过程需要大量的人为参与,特别是需要具有相当知识水平的教师和专家加以判别,所以当学生数量大的时候,便很难实施。

3.2 概念地图比较分析法

另一种分析方法是将构图者构建的概念地图和基准地图进行比较,然后对重叠部分进行计分。这种方法假定存在某种概念地图(即基准地图)可以理想地反映该知识领域的结构化知识。

在大量的研究中存在大量的概念地图比较方法。Goldsimith 和 McClure 通过图的相似度比较进行概念地图的比较分析^[15-17]。第一步为识别概念的概念组,概念组由概念和其直接相邻的概念组成。第二步,两个概念组之间的相似度由两个概念组交集中元素的个数除以两个概念组并集中元素的个数得出。第三步,对构图者构建的概念地图中的某个概念识别其概念组,和基准地图相应概念的概念组进行比较,计算出相对于该概念的相似度;对概念地图中的所有概念重复这一过程,然后计算出整个概念地图的平均相似度。概念之间关系的名称(即连接语)被忽略。Lomash 等人通过定义概念相似度和关系相似度来构建积分表^[18]。他们将概念相似度定义为基准地图中的概念被学生提及的比例,然后将这个比例映射成“完全”(100%)、“大部分”(67%~99%)、“部分”(33%~66%)、“少部分”(1%~32%)以及“没有”5个类别。类似地将关系相似度映射成“强”(100%)、“一般”(50%~99%)、“弱”(1%~49%)和“无”4类。在此之后的很多方法都是基于这些基本的分析,进一步衍生出来的。

这种方法可以在一定程度上实现计算机辅助分析,但也存在问题,其中之一是由谁产生基准地图。1994年 Acton 等人做了一些探索性的研究,认为由单个专家构建的基准地图不可靠,由一组专家产生的平均地图作为基准地图才比较客观和可靠^[19]。根据不同专家产生的基准地图可能对知识产生不同的评价结果。

3.3 综合方法

第3种方法综合了概念地图组成成分分析法和比较分析法。这种思想诺瓦克等人也有提及:在前面提到的计分系统上,增加概念地图的相互比较。近期

的研究有 Rye 和 Rubba 提出的以概念地图比较为主,个人概念地图组成分析为辅的计分系统^[20]; Besterfield - sacre 等人提出的以概念地图组成成分分析为基础,专家评价(和专家地图进行比较)为调整的计分方式等^[21]。这些具体方法的区别在于选用哪些组成成分作为分析对象,从哪些方面进行比较,如何制定具体的计分规则等等。

综合分析方法,同时采纳了组成成分分析方法和比较分析方法,具有两者的优势,可以更加全面地评价知识,在一定程度上提高评价的准确程度和可靠程度。但是因为组成成分分析方法和比较分析方法本身没有明显的互补性,所以这种融合的作用也是有限。并且,由于综合分析法,要力图修补这两种分析方法的缺点,使得具体操作过程更加烦琐。

4 分析指标的信度和效度

4.1 分析指标的信度

分析指标的信度(Reliability),指使用该分析指标测量结果的可靠性和一致性,也就是该分析方法能否稳定地测量到它要测量的内容的程度。信度一般有几种方法加以测量。但由于人的知识的主观性和动态变化性,对于知识的分析方法的信度测量最适合采用复本信度和评分者信度。通常, Cronbach's alpha 指标检测测量同一内容的不同指标之间的复本信度^[22-24], Cohen's kappa 指标检测测量评分者可靠程度^[25]。一般地,如果这两个指标超过 0.7 就表明该测量达到比较好的信度。具体到本项研究,分析方法的信度指概念地图分析方法用于评价知识的可靠程度。有很多因素影响概念地图分析方法用于知识评价的信度,常见的有:(1)被评价者构图能力的差别;(2)评价者对待评价领域知识的差别;(3)概念地图分析方法本身的信度。前两者对于最终结果的信度影响不大,所以目标集中在提高分析方法的可靠性验证。在以往的研究中,因为分析方法需要大量的人为参与,很大程度上决定于专家如何给概念地图评分,所以对于分析方法本身的信度主要报道了评分者信度,对于其他信度报道不多^[26]。

4.2 分析指标的效度

分析指标的效度(Validity),指使用该分析指标测量结果的正确性和真实性,也就是该分析方法能够有效地(真实准确地)测量到他要测量的内容的程

度。效度是个多维概念,往往相对于特定的研究目的、研究范围和研究角度进行不同维度的测量。一般来说,需要考虑如下 3 种效度:内容效度(content validity)、准则效度(criteria validity, concurrent validity)和结构效度(construct validity)。对于本项研究,分析方法的内容效度指该概念地图的分析方法是否符合理论要求,符合人们的逻辑和思维习惯。准则效度指该方法和其他评价知识的方法(比如多项选择题,面试等)等已经被公认为比较好的测量知识的方法相比,是否具有较高的相关性。比如 Turns 等人将概念地图计分方法和多项选择等考试方式进行比较^[27]。测量准则效度的前提是具有公认的效标,在知识评价方面,虽然多项选择等方法被广泛应用,但是很多研究者质疑其评价知识的有效性。分析方法的**结构效度**则是指该分析方法提出的测量指标是不是真正测量了构图者的结构化知识。这可以通过预测效度、区分效度和会聚效度实现。比如人的知识很大程度上决定问题解决的效果,所以检查该指标体系能否预测问题解决成效,则可以测量预测效度。该指标体系有很多具体指标,这些指标可能测量的都是结构化知识的某一个方面,比如结构化知识的深度,则这些指标通过因子分析应该会聚到一起,这就是会聚效度;如果另外一些指标测量知识的广度,则这些指标通过因子分析就不应该和前面的指标会聚,这就是区分效度。

5 概念地图作为知识评价工具的研究框架、主要问题和发展趋势

5.1 概念地图作为知识评价工具的研究框架

概念地图构建方法、分析方法、分析指标的信度和效度三者密不可分,共同构成了概念地图作为知识评价工具的研究框架,如表 1 所示。概念地图构建方法是概念地图评价知识的前提。离开了科学的构建方法,概念地图便有可能偏离方向,不能有效地提取所需要的知识。概念地图分析方法是概念地图评价知识的基础,没有科学的评价指标,概念地图就不可能评价知识。分析指标的信度和效度是概念地图评价知识的保证,离开了高信度和效度的分析指标,评价结论就可能产生偏差,达不到评价目的。

表1 概念地图作为知识评价工具的研究框架

考虑侧面	概要要求	具体要求	示例或说明
概念地图构建方法	任务形式	任务要求	产生概念地图任务的具体要求
		任务约束	构建概念地图本身的约束
		任务内容结构	树型结构或者网状结构
	作答形式	作答方式、构图特征以及构图者	指被评估者利用何种方式完成概念地图的绘制。比如要求被评估者自己手绘树型概念地图。
概念地图分析方法 (指标体系)	组成分析	内容分析	分析概念和关系本身的正确程度。
		结构分析	分析概念安排、连接和摆放等概念地图组成成分之间的结构信息。
	对比分析	内容分析	分析被评价的概念地图中概念和关系本身和基准概念地图的相似度。
		结构分析	分析被评价的概念地图的概念安排、连接和摆放等结构信息和基准概念地图的相似度。
	综合分析		上述方法的综合应用
分析方法的信度和效度	信度	重测信度 复本信度 折半信度	分析工具本身的信度。经常使用 Cronbach's alpha 衡量测量同一内容的不同指标的信度。如果该值大于 0.7, 表明该组指标具有比较高的信度。
		评估者信度	分析评价同一内容的不同评估者的信度。一般采用 Cohen's kappa 进行测量。如果该值大于 0.7, 则表明评估者具有较高的信度。
	效度	内容效度	指标符合逻辑, 反映测量内容。这是最基本的效度指标。测量的方法一般是进行专家审核, 或者根据理论直接推导指标。
		准则效度	指标和公认的准则之间的一致性。该方法使用的前提是存在公认的准则。
		结构效度	指标对实际结果的预测能力。这是最有力的效度指标, 测量的方法较多, 比如可以通过回归分析等方法进行测量。
		区分效度和会聚效度	测量相同内容的指标应该会聚; 测量不同内容的指标应该相互区别。经常使用因子分析和相关性矩阵进行测量。

5.2 研究过程中的主要问题和发展趋势

(1) 概念地图实际上是内容和结构两部分的问题。概念地图的内容分析和结构分析都有可能成为比较准确的评价指标。虽然同时考察概念地图的内容和结构, 可以增强知识评价的准确程度, 但是这也使人们混淆了概念地图内容分析和结构分析对知识评价的作用, 不能有效地找到内容分析和结构分析的评价指标。这使得人们在进一步的研究中, 应该进一步区别对待内容分析和结构分析。在清楚内容分析和结构分析对知识评价的作用机理后, 再进一步综合

内容分析和结构分析, 以进行全面的知识评价。

(2) 分析方法的信度和效度的提高, 往往意味着增加约束以及增加操作步骤的复杂度, 进而降低分析方法的可实施性。通过以上讨论, 我们确实发现在概念地图作为知识评价工具的研究中, 有一些方法确实有很高的信度和效度^[28], 但是操作过程约束很多, 需要大量的人为参与, 耗费大量的时间和资源。这些方面都限制了分析方法的可实施性。人们特别希望基于概念地图的分析, 能够找到适合计算机进行的自动评价知识的方法。

(3) 目前概念地图分析方法研究集中在如何通过概念地图分析,有效地评价学生学习知识的效果。其实在现实生活中,我们应该更关心学生学习到知识后,利用这些知识去解决问题的能力。所以利用概念地图评价学生解决问题的能力也应该纳入到概念地图作为分析工具的研究重点。另外,当前的概念地图作为评价知识的工具的研究还局限在教育领域,而教育领域学生样本的特殊性,可能会影响评价方法的一般性。

针对这些问题,我们可以展望概念地图作为评价知识工具的发展趋势。首先需要区分概念地图的内容分析和结构分析,澄清不同分析对不同类型的知识评价的作用。在此基础上,考虑构建更加全面、准确、可靠的区分不同领域和不同任务的知识评价指标体系。其次需要进一步考虑概念地图分析的自动化研究。目前概念地图作为评价工具的研究步骤烦琐,可实施性不强。但考虑到评价过程中很多机械重复的步骤,以及当前信息技术,特别是语义网络技术和人工智能技术的发展,概念地图分析的自动化研究,特别是半自动化研究,具有较强的可行性。在此基础上,可以考虑构造全面的基于概念地图的知识评价系统。

参考文献

- 1,10,12 Novak, J. D. and D. N. Gowin. Learning How to Learn. 1984, Cambridge, U. K. :Cambridge Univ. Press.
- 2,3,4 马费成,郝金星.概念地图在知识表示和知识评价中的应用(Ⅰ)——概念地图的基本内涵.中国图书馆学报,2006(3)
- 5 Ruiz-Primo, M. and R. J. Shavelson. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. Journal of Research in Science Teaching, 1996, 33(6)
- 6 Ruiz-Primo, M., et al., Comparison of the reliability and validity of scores from two concept-mapping techniques. Journal of Research in Science Teaching, 2001, 38(2)
- 7 Surber, J. R. . Mapping as a testing and diagnostic device, in Spatial Learning Strategies: Techniques, Applications, and Related Issues, C. D. Holley and D. Dansereau, Editors. 1984, Academic Press; Orlando, FL.
- 8 Ruiz-Primo, M., et al. . On the validity of cognitive interpretations of scores from alternative concept-mapping techniques. Educational Assessment, 2001, 7(2)
- 9 Nelson, K. M. , et al. . Understanding software operations support expertise: A revealed causal mapping approach. MIS Quarterly, 2000. 24(3)
- 11 Armstrong, D. J. . Causal mapping: A discussion and demonstration, in Causal Mapping for Research in Information Technology, V. K. Narayanan and D. J. Armstrong, Editors. 2005, Idea Group Publishing; Hershey PA.
- 13 Ausebel, D. P. . The Psychology of Meaningful Verbal Learning. 1963, New York: Grune and Stratton.
- 14 Wallace, J. D. and J. J. Mintzes. The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology. Journal of Research in Science Teaching, 1990, 27(10)
- 15 Goldsmith, T. E. and D. M. Davenport. Assessing structural similarity of graphs, in Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge Organization, R. W. Schvaneveldt, Editor. 1990, Ablex; Norwood, NJ.
- 16 Goldsmith, T. E. , P. J. Johnson, and W. H. Acton. Assessing structural knowledge. Journal of Education Psychology, 1991, 83
- 17,26 McClure, J. , B. Sonak, and H. Suen. Concept map assessment of classroom learning: Reliability, validity and logistical practicality. Journal of Research in Science Teaching, 1999, 36
- 18 Lomask, M. , et al. ConnMap: Connecticut's use of concept mapping to assess the structure of students' knowledge of science. in Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching. 1992. Cambridge, MA.
- 19 Acton, W. H. , P. J. Johnson, and T. E. Goldsmith. Structural knowledge assessment: Comparison of referent structures. Journal of Education Psychology, 1994, 86
- 20 Rye, J. A. and P. A. Rubba. Scoring concept maps: An expert map-based scheme weighted for relationships. School Science and Mathematics, 2002, 102(1)
- 21 Besterfield-Sacre, M. , et al. . Scoring concept maps: An integrated rubric for assessing engineering education. Journal of Engineering Education, 2004, 93(2)
- 22 风笑天. 社会学研究方法. 北京: 中国人民大学出版社, 2005
- 23 Cooper, D. R. and P. S. Schindler. Business research methods. 2003, Boston: McGraw - Hill/Irwin.
- 24 柯惠新等. 调查研究中的统计分析法. 北京: 北京广播学院出版社, 1992
- 25 Cohen, J. . A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement, 1960. 20
- 27 Turns, J. , C. Atman, and R. Adams. Concept maps for engineering education: A cognitively motivated tool supporting varied assessment functions. IEEE Transactions on Education, 2000, 43(2)
- 28 Yin. Y. and R. J. Shavelson. Application of Generalizability Theory to Concept-Map Assessment Research. 2004, Graduate School of Education and Information Studies, University of California; Los Angeles, CA.

马费成 武汉大学信息资源研究中心主任、教授、博士生导师。通信地址: 武汉大学信息管理学院。邮编 430072。

郝金星 武汉大学和香港城市大学博士生。通信地址同上。
(来稿时间: 2006-01-17)