

●马费成 郝金星

概念地图及其结构分析 在知识评价中的应用(III):实证研究*

摘要 进行概念地图的结构分析可以在一定程度上有效地评价知识。对概念地图作为知识评价工具的研究框架进行了实证分析;提出了18个概念地图结构分析的测量指标,并验证了这些指标的信度和效度。对概念地图及结构分析在知识评价中应用的实证研究,为进一步利用概念地图全面评价知识奠定了基础。表3。图4。参考文献46。

关键词 概念地图 知识地图 结构分析 知识评价 实证研究

分类号 F280

ABSTRACT Structural analysis of concept maps can effectively evaluate knowledge to some degree. The authors make an empirical study of concept map as a research framework of knowledge evaluation, propose 18 measurement indicators for the analysis of concept maps, and prove the credibility and effectiveness of these indicators. The empirical study can be a basis for the comprehensive evaluation of knowledge by using concept maps. 3 tabs. 4 fig. 46 refs.

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

CLASS NUMBER F280

概念地图作为知识评价工具的研究还存在很多问题,两个主要的问题是区分概念地图的内容分析和结构分析在评价知识方面的作用^[1]。鉴于内容分析的自动化依赖于人工智能技术的进一步发展,所以此次实证研究将论证通过概念地图的结构分析来评价结构化知识的合理性;同时论证一组适合自动化分析的概念地图结构化分析方法的信度和效度,为进一步利用概念地图全面评价知识研究奠定研究基础。在本项研究中,只考虑概念地图的组成成分分析。

概念地图研究框架的目标可具体细化为:①论述概念地图结构化分析的理论基础;②运用“与内容无关”的概念地图构图方法并构建概念地图;③提出概念地图结构化分析方法;④测量该方法的信度和效度,并加以解释。考虑到任务本身对于知识评价的影响^[2],我们将此次待评价的知识定位于问题解决过程中用到的结构化知识。由于人们工作和学习的主要目的之一是解决问题,所以评价问题解决过程中的结构化知识具有典型性。同时考虑到具有有效的问题解决能力的个体,表现出清晰的等级和逻辑结构^[3-4],以及诺瓦克等人提出的概念地图的理论基

础^[5],此次研究采用树型结构进行分析。

1 概念地图结构分析的理论基础

一般地说,概念地图的构建过程是构图者根据其认知结构,命名节点、摆放节点位置、连接相关节点的过程^[6]。在认知科学中,结构化知识常常被称为认知结构^[7],我们认为认知结构和结构化知识具有相同的内涵。

概念地图归根到底是一种表现构图者认知结构的工具;它的结构反映了构图者认知结构中概念如何安排、连接和摆放^[8]。在认知结构中除去概念本身的内涵,概念的合理组合和搭配是非常重要的内容,它决定了人们是否真正理解该概念的内涵,以及有效运用这些概念去解决问题。

在认知科学中,认知结构是多维变量,最基本两个维度是认知结构的广度(extent)和深度(precision)^[9]。人们在解决问题的过程中,需要两种基本的能力即理解能力和实践能力^[10]。较广的认知结构反映了个体可以处理多种因素,并且决定了他在该领域具有较强的信息处理能力^[11]。具有较广认知结构

* 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)的研究成果之一。

的个体,能够比较全面地理解问题,具有较窄认知结构的个体具有较高的理解能力。同时,具有较广认知结构的个体丢失问题解决过程中重要变量以及重要可选方案的可能性也较少^[12]。认知结构广可能得到比较好的问题解决效果。

较深的认知结构同样有助于处理信息和解决问题。认知结构深使得个体可以很好理解解决问题诸因素之间的先后关系,产生相应的解决问题的假设和逻辑结构(比如:如果…那么结构),然后基于这些假设和逻辑结构深入地分析问题^[13]。认知结构浅,则会增加个体的认知负担,导致解决问题过程中的混乱和分歧^[14]。个体具有清晰的序列和逻辑结构可以得出比较准确和有效的解决方案^[15]。认知结构深也可能达到比较好的问题解决效果。

通过上述分析不难得出结论:广度和深度是认知结构中和问题解决相关两个重要维度。概念地图作为反映认知结构的工具,其结构的广度分析和深度分析也应该是最重要的分析途径。

在前人的研究中,很多指标可以归纳为认知结构(结构化知识)的广度和深度两个方面。比如,概念地图的分支个数、等级关系条数可以归为广度方面^[16];概念地图的等级层数可以归为深度方面^[17]。除此之外,我们还可以根据离散数学中树的结构和和前人提出的指标,进一步提出一些跟结构化知识广度和深度有关的指标,比如概念地图结构中每一层的节点个数可以视为广度指标,从根节点到叶子节点的路径长度可以视为深度指标等。更重要的,根据认知科学理论,问题解决过程可以看做是信息处理过程,这使得我们可以考虑借助信息论分析概念地图结构。

2 概念地图的描述

根据诺瓦克等人提出的概念地图构图准则^[18]以及“与内容无关”概念地图构图方法^[19],一个普通的概念地图(如图1)进行抽象后是一个图。但是,如果概念地图进一步去掉交叉关系,则可以表示成一棵有多权树(如图2)。

如图1所示,概念地图的广度分析可以解释为对概念地图形成的树的横向结构的分析,比如为树某一层上的概念个数。概念地图的深度分析则可以解释为对概念地图形成的树型结构的纵向分析,比如树的层数。因此,进行概念地图结构分析的基础是对概念地图进行正规化描述。

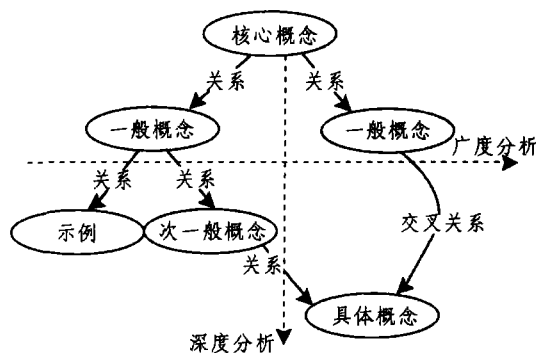


图1 概念地图示例

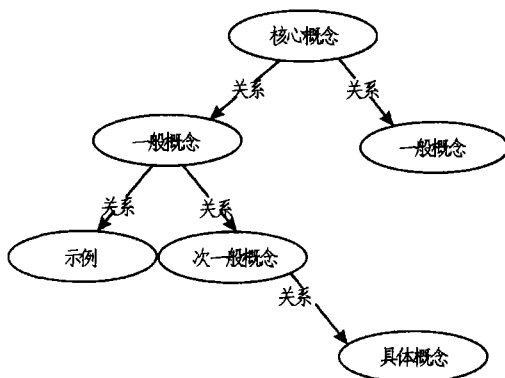


图2 去掉交叉关系的概念地图

2.1 概念地图的正规化描述

为了准确地描述和存储概念地图,我们首先需要对概念地图进行正规化。

- (1)一幅概念地图看做一棵“树” C 。
- (2)每个概念看做“节点” v ;节点的集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$,其中有且仅有一个根节点 $v \in V$ 。
- (3)概念之间的连接看做“边” e ;边可以表示为某两个节点的有序对,比如 $\langle v_1, v_2 \rangle$;边的集合 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ 。

则上述概念图2可以被描述为如下树型结构为主的图结构:

$$C = \langle V, E \rangle,$$

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\},$$

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$$

如图3所示。以后可以使用离散数学中有关树的术语描述概念地图,比如根节点、叶节点、内点、分支、子树等。

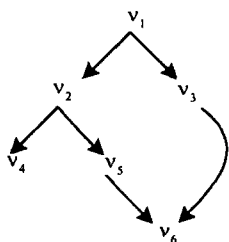


图3 概念地图的正规化描述

(4) 每个意群看做去除交叉关系之后的树的“子树”。比如节点集合 $\{v_2, v_4, v_5, v_6\}$ 及其边集合 $\{<v_2, v_4>, <v_2, v_5>, <v_5, v_6>\}$ 形成一个意群, 节点集合 $\{v_3\}$ 形成一个意群。意群也称概念簇。

(5) 交叉关系连接两个意群。为分析方便, 我们规定所有交叉关系的方向由上层概念指向下层概念。在图3中, 概念 v_3 指向 v_6 的关系形成交叉关系, 因为它跨越了 $\{v_2, v_4, v_5, v_6\}$ 和 $\{v_3\}$ 两个意群。

(6) 由一个概念到另一个概念之间的所有经过的关系组成“路径”, 所经过的关系个数称为“路径长度”。比如概念 v_1 和 v_6 之间的所有关系形成两条路径: $v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6$ 和 $v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow v_6$, 其路径长度分别为3和2。

2.2 概念地图在计算机中的存储结构

概念地图可以采用任何数据结构中任何一种图的表示形式加以存储, 比如: 邻接矩阵, (逆) 邻接表, 十字链表及邻接多重表等。图的邻接矩阵表示是最常用的表示方法之一, 任何一个图 G 的邻接矩阵表示为

$$A(G) = (a_{ij})_{n \times n}, \text{ 其中 } a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } <v_i, v_j> \in E \\ 0, & \text{若 } <v_i, v_j> \notin E \end{cases}$$

比如图3可以用如下邻接矩阵表示

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

2.3 概念地图结构基本属性的定量计算

通过建立图的邻接矩阵, 可以计算出关于某个节点的一些基本属性。

(1) 节点 v_i 的分支个数 nb_i :

$$nb_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

比如图3中, 节点 v_1 的分支个数 $nb_1 = 2$ 。

如果除去交叉关系(比如边 $<v_3, v_6>$), 分支个数为0的节点为叶节点, 比如图3中 v_3, v_4 和 v_6 就是叶子节点。

(2) 节点 v_i 到节点 v_j 的路径长度, 路径条数:

计算路径长度和路径条数需要构造可达性矩阵 $R = A + A^2 + A^3 + \dots + A^{n-1}$ 。

对于上例,

$$R = A + A^2 + A^3 + A^4 + A^5 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

在 A^2 中, 如果 $a_{ij} = k$, 则表示节点 v_i 和节点 v_j 之间具有 k 条长度为2的路径。在 A^3 中, 如果 $a_{ij} = k$, 则表示节点 v_i 和节点 v_j 之间具有 k 条长度为3的路径。在可达性矩阵 R 中, 如果 $a_{ij} = k$, 则表示节点 v_i 和节点 v_j 之间具有 k 条路径。

3 概念地图结构分析指标

3.1 现有指标及相关改进指标

本节提到的这些指标, 或者前人已经建立了比较好的内容效度, 或者逻辑上很自然地接受为测量知识广度和深度的指标。这里列出的指标体系, 已经具有了可被接受的内容效度。

(1) 测量结构化知识的广度指标:

指标1: 节点个数(NodeNum)。指概念地图中节点的个数, 因为节点个数决定于分支个数的多少, 分支体现树的横向结构, 所以我们把它归为广度指标。该指标也源于 Novak 和 Gowin 的研究^[20]。

指标2: 叶节点个数(LeafNum)。概念地图中叶节点的个数。概念地图中的叶节点往往表示最具体的概念或者概念的示例。该指标也源于 Novak 和 Gowin 的研究^[21]。

指标3: 分支个数(BranchNum)。概念地图中节点的分支个数大于2的节点个数。该指标仍源于 Novak 和 Gowin 的研究^[22]。

指标4: 最大层宽度(MaxLevelWidth)。概念地图中节点最多的层的节点个数。该指标源于 Roehler 等人的研究^[23]。

指标5: 等级关系的个数(HieRelNum)。概念地图中表示等级关系的个数。该指标源于 Novak 和

Gowin 的研究^[24],有时该指标被称为知识复杂度指标,比如文献^[25]。

指标6:交叉关系的个数(CrsRelNum)。概念地图中表示交叉关系的个数(Novak),该指标源于 Novak 和 Gowin 的研究^[26],有时该指标被称为知识集成度指标^[27]。

指标7:总宽度(TotalWidth)。概念地图中所有关系的个数,TotalWidth = HieRelNum + CrsRelNum。

指标8:平均宽度(AvgWidth)。概念地图中每个节点的平均宽度。该指标也称为关系密度(Density)^[28],即 AvgWidth = TotalWidth/NudeNum。

(2)测量结构化知识的深度指标:

指标9:层数(LevelNum)。概念地图中登记关系的层数(Roehler et al., Beyerbach)。

指标10:最大叶节点深度(MaxLeafDepth)。概念地图中从根节点到叶节点的最长路径长度。该指标源自 Morine-Dershimer 的研究^[29]。

指标11:叶节点深度总和(TotalLeafDepth)。概念地图中从根节点到每个叶节点的所有路径长度的总和。因为有交叉关系的存在,从根节点到叶节点的路径可能多于一条。该指标改进自 Morine-Dershimer 的研究^[30]。

指标12:根节点到叶节点的路径总条数(TotalLeafPath)。概念地图中从根节点到叶节点的所有路径的条数。

指标13:平均叶子深度(AvgLeafDepth)。概念地图中从根节点到每个叶节点的路径长度的平均值,即 AvgLeafDepth = TotalLeafDepth/TotalLeafPath。它改进自 Morine-Dershimer 的研究^[31]。

指标14:路径总深度(TotalDepth)。概念地图中从根节点到其他节点的所有路径长度的总和。该指标改进自 Morine-Dershimer 的研究^[32]。

指标15:路径总条数(TotalPath)。概念地图中从根节点到其他节点的所有路径的条数。该指标源自 Knoke 和 Kuklinski 的研究^[33]。

指标16:平均路径深度(AvgDepth)。概念地图中从根节点到其他节点的路径的平均长度。即 AvgDepth = TotalDepth/TotalPath。

3.2 基于信息熵的测量指标

认知科学认为,问题解决过程可以看做是信息处理过程^[34]。信息论正是研究信息处理过程一般规律的科学理论^[35]。当利用信息论解释信息处理过程时,增加概念地图的广度,意味着增加问题处理的不

确定性,是增加信息熵的过程;增加概念地图的深度,意味着减少问题的不确定性,是减少信息熵的过程。根据认知理论,解决问题过程需要进行广度思考(比如有意义学习理论中的“综合调整”过程),以对该问题有全面把握;但是不能一味地进行广度思考,更重要的是要进行深度思考(比如有意义学习理论中的“渐进差别”理论),以实现解决问题^[36]。因此,在某种程度上,高质量的概念地图结构,应该在注重概念地图广度的同时,也注重它的深度,以减少问题的不确定性。因此我们认为,信息熵可以用来分析概念地图结构。

为了进一步确定如何利用信息熵分析概念地图结构,我们进一步考虑了决策理论中利用信息熵决策树的生成原理和面向问题解决的结构化知识评价过程的相似性。利用信息熵的决策树的生成原理是:通过使决策树中节点的不确定性最少来构造一种有效的决策树结构,使该树能有效区分不同的信息,做出正确决策^[37]。这实际上正是人们进行有效问题解决过程的基本思路^[38]。我们可以根据决策树生成原理,检测反映人们认知结构的概念地图的结构是否遵循了该规律,有效评价其结构化知识。

遵循这样的思路,我们对该方法描述如下。

(1)节点*v*的信息熵 E_v 计算:

$$E_v = - \sum_{i=1}^r \left[- \frac{p_i}{q} \right] \log_{n-1} \left(\frac{p_i}{q} \right)$$
,其中 r 为节点 v 的分支总数; p_i 为节点 v 中第 i 个分支所包含的所有子节点的个数; q 为节点 v 所有子节点的个数; n 为整个树结点的个数。

比如图3中概念地图,

$$En_1 = - \frac{4}{5} \log_5 \left(\frac{4}{5} \right) - \frac{1}{5} \log_5 \left(\frac{1}{5} \right) = 0.111 + 0.200 = 0.311$$

$$En_2 = - \frac{1}{3} \log_5 \left(\frac{1}{3} \right) - \frac{2}{3} \log_5 \left(\frac{2}{3} \right) = 0.228 + 0.168 = 0.396$$

(2)整个树的信息熵采用两种形式表示:

指标17:信息熵总和(EntropyTotal), $TE = \sum_{i=1}^n E_{v_i}$ 。

指标18:非叶子节点平均信息熵(EntropyChild),

$$EE = \frac{TE}{n-l} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{v_i}}{n-l}$$
,其中, n 为整个概念地图节点的个数; l 为整个概念地图叶子节点的个数。

就图3中概念地图而言, $TE = 0.707$; $EE = 0.707/$

$(6-3)=0.236$ 。

因为这两个指标考虑到了节点的不确定性,这些不确定性是通过概念地图的分支结构表示出来的,所以我们认为这两个指标属于结构化知识的广度测量指标。

4 实证研究

本部分通过实证研究,进一步验证前边所提18个指标的信度和效度。

实验采用某大学信息系统系学生作为样本,让学生独立解决问题,构建“与内容无关”的概念地图,并提交任务报告。

4.1 实验步骤

实验分为三个阶段。阶段一是实验准备阶段。在该过程中,我们对实验参与者进行一周的概念地图培训。确保每一位参与者掌握“与内容无关”的概念地图构建方法。第二阶段是实验执行阶段。实验任务是解决某企业招聘活动中应聘者选择的问题。然后实验要求参与者利用所提供的概念,分析实际招聘过程中,提出该问题的解决方法并给出详细阐述理由,形成任务报告。然后总结该过程,利用给定的概念,构建“与内容无关”的概念地图。实验任务介绍5分钟,任务分析和报告撰写15分钟,概念地图绘制10分钟,总共30分钟。第三阶段是实验的数据处理阶段。该过程主要包括任务报告的评分,概念地图的规范化以及数据的输入、整理和分析。

4.2 实验控制

(1)参与者相关因素控制

本实验中,参与者相关因素控制通过随机样本选取和参与者实验前培训两种方法进行。

在样本选择上,我们采用了随机样本选取的方法。经过自愿参与,随机抽取,我们从某高校信息系统专业的学生中,选择40名学生参与实验。这些学生的年龄,性别以及相关行业经验(比如人力资源管理)都没有显著差别。

在选择实验参与者中,我们进行了为期一周的概念地图培训,培训结束后,所有实验者参与者都通过了“与内容无关”的概念地图构建方法的基本测试。

(2)评价者相关因素控制

在该实验过程中,评价者主要是对参与者提交的任务报告进行评价。由于该问题没有标准答案,所以评价过程主要依赖于评价者自身对问题的理解。为

了保证评价过程的可靠性,我们选用了两位博士研究生分别评价这些报告,这两位研究生不了解该实验的目的、过程等。评分结束后,根据这两组数据的相关性,利用Cohen's kappa评定报告评估过程的可靠性。

(3)概念地图构建方法的控制

我们根据文献^[39-40],构造“与内容无关”的概念地图,具体的构造步骤如下。

①由评估者给定解决问题所需的一套规范概念。②学生利用这些概念绘制概念地图,构图过程中,注重概念的安排、连接和摆放等结构信息;但是学生在绘制过程中,可以提出自己的新概念,增加新的节点。

在处理过程中,我们不区别正确及错误的连接,因为根据认知科学,即使错误的连接也是认知结构的一部分,从思考过程上考虑,也有助于问题解决^[41]。

4.3 实验数据的处理和测量

(1)概念地图的处理和存储结构

遵循“与内容无关”的概念地图构建方法,首先对概念地图进行后期处理。后期处理的关键是使学生新增的概念标准化。处理结束后,我们利用下面的结构存储概念地图。如图4所示,其中ID表示编号;MapNo表示该概念图的编号;Concept1表示边的起始节点编号;Concept2表示边的终止节点编号;CLink表示该关系是否是交叉关系:1为等级关系,2是关联关系;Rem为注释。

(2)报告测量

对于报告测量,我们由两名博士研究生评分。评审时首先找出合理的理由,然后根据每一条理由本身给出合适质量分,1分表示好,2分表示很好,3分表示最好;所有理由的质量分累计为该参与者的最终报告得分。由于该报告得分将作为该实验的被解释变量,对实验结果有重大影响,所以必须保证该评估过程的可靠性。为了检测评估过程的可靠性,我们要求这两名研究生独立评估所有的报告。评估结束后,运用Cohen's kappa计算这两组数据的信度指标,结果显示两名博士研究生的评分记录表明两者具有很高的可信性,其Cohen's Kappa达到0.87。

4.4 实验结果分析

4.4.1 测量指标区分效度和会聚效度

我们利用主成分因子分析法和最大方差正交旋转法测量^[42]这些指标的区分效度和会聚效度。所谓因子分析 (Factor Analysis) 是主成分分析 (Principal Components Analysis) 的推广, 它从研究相关矩阵内部的依赖关系出发, 把一些具有错综复杂关系的变量归结为少数几个综合因子 (主因子) 的一种多变量统计分析方法。其基本思想是根据相关性大小把变量分组, 使同组内的变量相关性较高, 但不同组的变量相关性较低, 方差最大正交旋转法使我们在找出主因子的同时, 更加准确地把握这些主因子的意义, 作出合理的解释^[43]。这也是为什么我们可以利用因子分析验证区分效度和会聚效度的原因。

我们将 18 个指标作为输入变量, 运行 SPSS 软件, 得到如表 1 所示结果。

表 1 测量指标因子分析结果
Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
NodeNum	.136	.804
LeafNum	-.210	.875
BranchNum	.156	.775
MaxLevelWidth	-.277	.799
HieRelNum	.136	.804
CrsRelNum	.231	.626
TotalWidth	.225	.924
AvgWidth	.193	.369
EntropyTotal	-.314	.846
EntropyChild	-.548	.701
LevelNum	.788	-.185
MaxLeafDepth	.897	-.092
TotalLeafDepth	.835	.337
TotalLeafPath	.653	.573
AvgLeafDepth	.956	-.048
TotalDepth	.897	.166
TotalPath	.917	.306
AvgDepth	.964	-.077

注: Extraction Method: Principal component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 3 iterations.

根据该结果, 我们以 0.6 为阈值, 可以很清楚地

看到除平均宽度 (AvgWidth) 之外的 17 个指标具有比较好的区分效度和会聚效度。在表 1 中, 主因子 1 可以代表结构化知识的深度指标, 主因子 2 代表结构化知识的广度指标。这和我们在前边提到的广度测量指标和深度测量指标基本一致。平均宽度和这两个主因子都有比较低的相关度, 可以测量结构化知识的其他纬度, 我们将它排除在广度指标之外。

4.4.2 测量信度

我们进一步测量 9 个广度指标和 8 个深度指标的信度。一般地, 信度指标采用 Cronbach's alpha 测量^[44], Cronbach's alpha > 0.7 表示该组指标具有比较高的信度。

对于 9 个广度指标, 其 Cronbach's alpha = 0.8909。对于 8 个深度指标, 其 Cronbach's alpha = 0.6726。

这些数据说明, 广度指标的信度较高, 而深度指标的信度相对较低。这可能是因为深度指标中的部分指标测量了结构化知识的其他纬度, 所以降低了整体的信度。我们可以在今后的研究中, 进一步细化结构化知识深度指标的研究。

4.4.3 筛选最具预测效度的指标

我们使用逐步多变量回归分析筛选最具预测效度的指标。回归分析是研究一个变量 (因变量或被解释变量) 对其他变量 (自变量或解释变量) 的单向依存关系, 即研究因变量随自变量的变化而变化的情况^[45]。存在多个自变量时, 我们称为多变量回归分析。当自变量很多时, 为了达到最好的回归效果, 需要选择一组“最优”的自变量。逐步回归法就是一种使用最广的选择“最优”自变量的方法。

本实验中, 因为任务报告是参与者知识水平的最终体现, 问题解决过程中的结构化知识水平高低, 直接决定了最终报告的质量, 所以用报告成绩作为被解释变量。然后, 我们利用本文提出的 18 个指标作为解释变量, 去解释 (或者说预测) 报告成绩。由于这些指标测量知识的不同侧面, 所以可能在本实验中不能用于很好地解释问题解决过程中的结构化知识。因此, 我们利用逐步回归法对这些变量进行筛选, 以选出最具有解释能力 (预测效度) 的指标。

通过运行 SPSS 的逐步多变量回归分析功能, 最终得到 4 个最具预测效度的指标: 分支个数 (BranchNum)、信息熵总和 (EntropyTotal)、层数 (LevelNum) 和路径总深度 (TotalDepth)。利用这些指标进行的回归分析的总体显著性检验如表 2 所示。

表2 多变量回归分析模型整体结果

(1) 模型概览 ^b					(2) 方差分析 ^b					
模型	复相关系数	决定系数	标准回归系数	Std. Error of the Estimate	模型	平方和	自由度	均方	F	显著性
1	.656 ^a	.431	.366	6.41565	1 回归	1090.980	4	272.745	6.626	.000 ^a
					残差	1440.620	35	41.161		
					总和	2531.600	39			

a. 解释变量: (Constant), EntropyTotal, TotalDepth, LevelNum, BranchNum.

b. 被解释变量: Quality

a. 解释变量: (Constant), EntropyTotal, TotalDepth, LevelNum, BranchNum.

b. 被解释变量: Quality.

该结果说明,报告成绩总体上和这4个指标具有显著的线性关系(显著性水平 $p < 0.001$, 表示线性关系很显著)。整个模型的决定系数 R^2 为 0.431, 这表示该模型可以解释报告质量的 43.1%。经过大量的文献阅读,得知前人的概念地图结构分析的回归结果。进一步分析回归系数,如表3所示。

表3 多变量回归分析回归系数

模型	回归系数		标准回归系数	t	显著性	共线性指标	
	B	Std. Error				容忍度	VIF
1 (Constant)	48.022	14.388		3.338	.002		1.885
BranchNum	6.283	1.924	.572	3.266	.002	.531	1.547
LevelNum	-4.486	2.159	-.329	-2.077	.045	.647	1.523
TotalDepth	.025	.012	.326	2.072	.046	.657	2.013
EntropyTotal	-36.164	9.085	-.720	-3.981	.000	.497	

注:被解释变量: Quality

根据上述结果,可以看到 BranchNum, LevelNum, TotalDepth 和 EntropyTotal 4 个指标对于解释报告成绩 Quality, 都有显著作用(其显著性水平 $p < 0.05$)。进一步经过残差分析、多重共线性(Multi-collinearity)等分析^[46], 都证明了该模型是一个比较成功的回归模型。

根据回归系统,可以写出回归方程如下:

$$Quality = 48.022 + 6.283 \times BranchNum - 4.486 \times LevelNum + 0.025 \times TotalDepth - 36.164 \times EntropyTotal$$

通过运用该回归方程,可以根据 BranchNum, LevelNum, TotalDepth 和 EntropyTotal 4 个指标预测更大范围内学生的成绩,预测的准确程度有 43.1%。

标准回归系统反映了自变量对于解释因变量的重要程度,其绝对值越大,表明该变量的作用越大。通过表3,我们不难发现,基于信息熵建立的测量指标,具有很强的解释作用。

5 结论

通过该实验过程,我们可以得出一些重要的结

论。首先,概念地图的结构分析方法作为知识评价工具具有合理性。其次,我们论证了本文提出的这组指标的信度和效度,其中4个主要指标 BranchNum, LevelNum, TotalDepth 和 EntropyTotal, 可以解释 43% 的最终成绩。第三,本实验证明了基于信息熵的概念地图结构分析有很强的预测能力,是一个重要的概念地图结构分析指标。这样本研究的主要目的已经基本实现。

下面我们进一步对回归结果进行讨论。

(1) 通过回归分析,我们证明了本文提出的 18 个测量指标中的 4 个测量指标具有较高的预测效度。但这个结果并不意味着其他指标的评价结构化知识的预测效度低,也并不意味着这 4 个指标对于所有的结构化知识评价任务都具有较高的预测效度。尽管如此,我们以事实证明了概念地图的结构分析作为知识评价工具具有合理性。

(2) 针对此次实验,4 个结构分析指标可以解释 43% 的最终成绩,相对于以往的研究已经是很成功的。这很可能归功于我们提出的基于信息熵的评价

指标。因为如果去掉 EntropyTotal 指标,再进行回归分析,我们发现决定系统降到了 17%,说明了基于信息熵的评价指标在解释报告成绩过程中的巨大作用。

(3)这4个指标可以解释最终成绩的43%,这说明还有多于50%的因素,不能由这些指标解释。这些不能解释的部分,可能来源于我们还没有识别的结构化知识的其他维度,比如指标 AvgWidth 所代表的结构化知识维度;也可能源自“与内容无关”的概念地图构建过程中的内容控制因素,以及该实验过程中的其他一些因素。

(4)尽管该实验产生的回归方程和其他结论受到实验本身条件的限制(比如实验对象、实验任务等)而很难应用到实践中去,但实验方法还是有很好的应用价值,特别是对需要进行大批量的结构化知识评价的时候。在实践中,对于大批量的结构化知识评价,我们可以遵循该实验过程进行任务考核,考核结束后,随机选取少量样本,经过逐步多变量回归分析确定回归方程,然后利用该回归方程,再自动预测其他人的成绩。

本研究仅仅是在一定程度上拓展了概念地图的机构分析作为知识评价的研究。基于这种思路,还需要做大量的工作实现更准确基于概念地图结构分析的知识评价。首先需要做进一步研究,找到一组适合评价某一类知识的比较稳定的结构分析测量指标体系。在此基础上,进一步考虑不同领域、不同任务、不同参与者等对于指标体系的影响。从而针对这些方面,找到相应的可供测量的结构分析指标体系。除了单纯的概念地图组成结构分析,可以进一步考虑通过引入被评价的概念地图结构和基准概念地图结构的对比分析,来增强评价能力。在实际工作中,我们不仅关心个人知识评价,而且关心团队知识测量。可以进一步考虑概念地图组成成分结构测量、团队成员之间概念地图结构对比分析以及团队成员概念地图结构和基准地图对比分析等测量指标,进行有效的团队知识评价。这些研究将会极大地推动知识评价领域,乃至整个知识管理领域的跨越式发展。

参考文献

- 1 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.中国图书馆学报,2006(4)
- 2 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)
- 3 Gentner, D. and A. L. Stevens, *Mental Models*. 1983, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- 4, 15 Hong, E. and F. O'Neil, Instructional strategies to help learners build relevant mental models in inferential statistics. *Journal of Education Psychology*, 1992, 84
- 5, 12 Wilson, J. R. and A. Rutherford, *Mental models: Theory and application in human factors*. *Human Factors*, 1989, 31
- 6, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 26 Novak, J. D. and D. N. Gowin, *Learning How to Learn*. 1984, Cambridge, U. K.: Cambridge Univ. Press.
- 7, 23 Jonassen, D. H., K. Beissner, and M. Yacci, *Structural Knowledge: Techniques for Representing, Conveying, and Acquiring Structural Knowledge*. 1993, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- 8 Novak, J. D., *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps™ as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. 1998, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- 9 Whetten, D. A. and S. C. Clark, An integrated model for teaching management skills. *Journal of Management Education*, 1996, 20
- 10 Bieri, J. and E. Blacker, The generality of cognitive complexity in the perception of people and inkblots. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 1956, 53
- 11, 34 Marek, P., R. A. Griggs, and C. S. Koenig, Reducing cognitive complexity in a hypothetic—deductive reasoning task. *Thinking and Reasoning*, 2000, 6
- 13 Newstead, S. E. and R. A. Griggs, Thinking about THOG: Sources of error in deductive reasoning problem. *Psychological Research*, 1992, 54
- 14 Ruiz—Primo, M., et al., On the validity of cognitive interpretations of scores from alternative concept-mapping techniques. *Educational Assessment*, 2001, 7(2)
- 15 Khalifa, M., C. W. R. Kwok, and R. Davison, Process and content structuring in collaborative learning. 2000, Department of Information Systems, City University of Hong Kong: Hong Kong.
- 19, 39 Roehler, L., et al., Teacher's knowledge structure: Documenting their development and their relationship to instruction. 1990, Michigan State University Institute for Teaching: East Lansing: MI.
- 25, 27 Carley, K. and M. Palmquist, Extracting, representing and analyzing mental models. *Social Forces*, 1992, 70
- 28 Morine-Dersheimer, G Tracing conceptual change in preservice teachers. in *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. 1991. Chicago. (转第24页)

评价。而以往许多冲突的升级,往往是管理层没有及时获得相关信息。因此,建立行业内的公关信息传递渠道,使从外界获得的信息在界内能通畅地传递,在当前环境下变得十分重要。图书馆行业可以利用现代信息技术,建立起媒体监测系统,以及使所监测到的公关信息在图书馆行业内迅速传递的渠道。

(4) 建立图书馆行业公关组织。

危机应对的重要一环,是当危机出现以后,管理者能够迅速调动各种资源处理机制以应对危机。中国图书馆学会要成为图书馆行业管理的枢纽,就应该建立以学会为中心、可灵活调动界内智力资源和公关资源的政府游说、危机处理、媒体应对的动员机制。由于我国图书馆界缺乏公关传统、公关理论与公关人才,中图学会不可能像ALA一样由多个组织构成行业的公关体系。因此,中图学会应该成立专业的公关组织,对外研究处理公关事宜,发布公关信息,监测公关动向;对内宣传普及公关知识,进行公关业务与公关技能的培训,对可能引发行业性影响的公关事件进行指导。

参考文献

- 1 Norton A. Library Public Relations. In: Kent A. Encyclopedia of Library and Information Science, 15
- 2 卫五名. 美国公共关系理论研究脉络初探. 国际关系学院学报, 2002(3)
- 3 初景利. 公共关系是图书馆管理的重要环节. 黑龙江图书馆, 1987(2)
- 4 OGR. OGR Mission. <http://www.ala.org/ala/washoff/ogr/ogrofficegovernment.htm> (2006-02-15 查询)
- 5 ALA Development Office. ALA Major Donors, Funders and Partners. <http://www.ala.org/ala/development/majordonors/majordonors.htm> (2006-02-15 查询)
- 6 Public Relations and Marketing Section. <http://www.ala.org/ala/lama/lamacommunity/lamacommittees/publicrelationsb/publicrelations.htm> (2006-02-15 查询)
- 7 各国庚款余额退还情形. 见: 教育部编. 第一次中国年鉴(戊编 教育杂录. 庚款与教育文化), 上海: 开明书店, 1934
- 8 中华教育文化基金董事史系表. 见: 教育部编. 第一次中国年鉴(戊编 教育杂录. 庚款与教育文化). 上海: 开明书店, 1934
- 9 周继武. 国家图书馆借书记. 南方周末, 2004-10-14
- 10 方文玉. 利用古籍受阻 北大学者述说困惑. 中华读书报, 2005-03-23
- 11 漆永祥. 别把古籍整理活活掐死——从“苏图事件”再谈古籍收藏与利用的矛盾及建议. 中华读书报, 2005-06-15
- 12 北塔. 公图“守书奴”: 宫廷里的太监?. 中华读书报, 2005-06-15
- 13 范并思. 华东师范大学信息学系系主任, 教授. 通信地址: 上海华东师范大学. 邮编 200062. (来稿时间: 2006-03-03)
- 14 初景利. 公共关系是图书馆管理的重要环节. 黑龙江图书馆, 1987(2)
- 15 仇佩亮. 信息论与编码. 北京: 高等教育出版社, 2004
- 16 West, L. H. T., P. J. Fensham, and J. E. Garrard, Describing the cognitive structures of learners following instruction in chemistry, in Cognitive Structure and Conceptual Change. 1985, Academic Press: Orlando, FL.
- 17 Han, J. and M. Kamber, Data Mining: Concepts and Techniques. 2000, Orlando, FL: Academic Press.
- 18 Quillian, M. R., Semantic memory, in Semantic Information Processing, M. Minsky, Editor. 1968, MIT Press: Cambridge, MA.
- 19 Nelson, K. M., et al., Understanding software operations support expertise: A revealed causal mapping approach. MIS Quarterly, 2000, 24(3)
- 20 Kinchin, I. M., D. B. Hay, and A. Adams, How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. Educational Research, 2000, 42(1)
- 21 何晓群. 现代统计分析方法与应用. 北京: 中国人民大学出版社, 1998
- 22 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
- 23 张德培等. 应用概率统计. 北京: 高等教育出版社, 2000
- 24 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. 邮编 430072.
- 25 郝金星. 武汉大学和香港城市大学博士生. 通信地址: 1. 同上; 2. 香港城市大学管理学院信息系统系. (来稿时间: 2006-01-17)