维普资讯 http://www.cqvip.com

基于概念图的个性化自主学习分析模型及实现

A Set of Web based Assistant Learning Tools based on Concept Map Theory

申瑞民　汤铁阳

（上海交通大学计算机科学与工程系　上海200030）

Abstract　Based on the Concept Map theory, the paper establishes an assistant learning analysis model on concept map in the application of eduction assessment field, which is composed of the construction, analysis, storage and feedback modules. According to the model, we develop a set of assistant learning tools based on Web.

Keywords　Concept map, Spatial database, Middleware, ActiveX

一、引言

当前基于Web的远程教学日趋成为网络应用的一个热点，目前也已有不少较成熟的远程教育系统，其基本特点是基于Internet广博的教学资源，模拟传统教学中的课程、管理、学习、交流、练习、考试一套基本的流程，例如Vschool，DLC[1]等。但是，学习者在参与这些教学后，学习成果如何，对课程的理解程度怎样，大量的学习者的学习模式如何作为后续教学的参考，目前还没有提出较成熟的整体解决方案实例。本文所讨论的就是针对教学系统另一个重要组成部分，教学成果评测，采用概念图（Concetp Map）的理论，提出基于Web的交互式、个性化自主学习评价、分析、反馈模型及其基本实现。

二、概念图理论及应用

概念图理论是一种关于信息组织、表达、分析的技术。借助它，研究者将一组彼此关联又各具复杂含义的信息转化成易于理解、条理化的结构以做进一步的分析[2]。直观地说，概念图就是一组网络图，图中的每一个节点表示某个信息或概念，各个节点之间的边表示节点之间相互的联系。概念图理论则致力于如下的几个研究方面[3]：

①如何选择、划分、表示信息节点；

②信息状态有效分类、描述；

③构建、表述、结构化存储概念图；

④对概念图采用不同数学方法进行有针对性的分析。

概念图作为专家系统中的一种重要的评估方法，在医学、地理、教学系统中已有了广泛的应用。例如在对于社区神经健康分析的应用中，医务人员通过分析神经系统测试者对测试项的概念图，了解测度者的精神健康状况，已有了较成熟的应用。Jefrey A Johnsen*，David E. Biegel，等[4]作了详细描述。

针对教学评价分析的应用，White和Gunstone于1992年提出了概念图理论的六大应用方面[3]：

①针对某组相关知识，描述教学参与者对其理解情况。

②检查、判断学习者是否达到教学要求。

③了解学习者对于不同知识点及其联系的理解情况。

④比较分析学习者在学习前后对学习内容的掌握程度。

⑤在一组知识点中找出相对关键的那些重点。

⑥作为教学辅助工具，协助参与者之间的教学讨论。

目前概念图在教育领域中的应用，主要是作为一种评测手段或方法，由学生手动绘制指定范围的概念图，再由教师进行分析，得到反馈；其在基于Web的远程教学上的应用，Chiung-Hui Chiu等设计了一个基于Web的交互式概念图辅助工具，主要是通过表格辅助网络图的方法了解学生知识理解信息，再由其分析模块分析比较学生信息，得出分析结果；H. E. Herl[5]等设计的CRESST's knowledge mapping software则用Java实现一个交互式概念图表示、分析工具；对于交互式概念图构建，面向对象概念图信息分析，概念图信息有效存储，概念图信息主动式反馈，目前还没有一套完整的设计方案与实例。

本文中所探讨的基于Web自主化学习辅助工具就是以某一门具体课程作为研究对象，将其内部知识点作为信息节点，构建概念图，参考面向对象数据库的存储、操作技术，然后分析比较不同教学参与者的概念

维普资讯 http://www.cqvip.com

图，得出对每位学习者的横向与纵向的学习评价，并给出相应反馈结果(学生自主课件浏览概念图)，包括概念图描述工具、概念图分析工具、概念图存储转化工具的一整套贯穿自主化学习过程的辅助工具集。

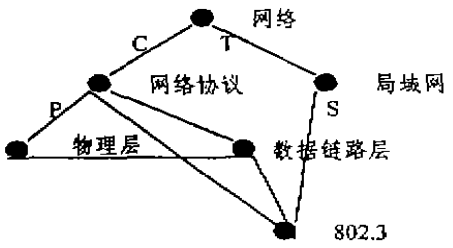
三、基于概念图建立个性化自主学习、评价模型

1. 个性化学习的应用背景

在基于 Web 的远程教学中，学习者开展学习的一个主要途径就是通过多媒体学习课件，这类学习课件通常都会提供一个课件浏览目录树，学习者也就通过这棵目录树的引导循序渐进地开始课程的学习，从某种意义上来说目录树决定了整个课程内容中知识点的分布结构，然而大量的实践表明，知识点之间的复杂联系并不能仅仅通过树状图清楚地表现出来，而且由于学习者对于知识点的理解各有不同，事实上，每个教学参与者，对于课程的知识与内容，在头脑中都有自己的一张概念图。因此如果我们通过交互式工具，将这些概念图表示出来，分析其学习成果，并定制出面向每个特定学习者的课件浏览概念图，引导学习者的自主化学习，将更符合现代教育理论中学生自主化学习的模式。同时通过对于大量的概念图进行横向与纵向的比较，对于分析学习理解程度，知识点难易程度，课程内容安排的合理程度，都有着一定的指导意义。

2. 个性化学习信息的概念图表示

构建概念图有两个基本要素——节点与边。根据节点选择范围，有两种分类方法[4]，确定性节点和不定性节点。前者，节点选择的范围是固定，便于分析与管理，后者因其对象的不确定性、不利于分析与评价。个性化学习信息的概念图属于前者，其中的信息节点即课程内容中的知识点，数量有限，相对固定。



C: 属性关系； T: 分类关系； P: 组成关系； S: 承接关系

图 1

学习信息的概念图的边，本质上描述了不同知识点之间的关联，具有一定的属性 Collins 和 Quillian 于1972年[5]提出了一种表示系统联系的分类方法：(1)包含关系；(2)从属关系；(3)类同关系；(4)组成关系；(5)承接关系；(6)因果关系；(7)优先关系。

在经过修整后，在学习信息的概念图的边属性中，我们提出以下的分类方式：(1)分类关系；(2)承接关系；(3)属性关系；(4)因果关系；(5)组成关系。通过节点和属性边我们构建了以图1为例的概念图。

3. 概念图的分析数学模型

构建完成概念图之后，如何分析概念图中的信息节点、边的关系所包含的丰富信息，比较不同构建者对相同知识点而构建的概念图。了解学生在学习前后对知识点的理解情况，是否达到教师所要求的理解程度。

对于单个概念图的分析，Dr. Anna Cicognani[4]提出自己的分析、统计方法，他们为特定概念图设定了四种评定参数，(1)语义内容评分；(2)组织结构评分；(3)节点选用数目；(4)关联边数目。前两种分析参数，主要针对不同边进行归类与打分，并以此来计算信息节点的关联参数与属性参数。后两组中，其中节点选用数是指，与其他节点含有关联边的非孤立节点数，这两组参数是在计算概念图评分时考虑的常规参数。

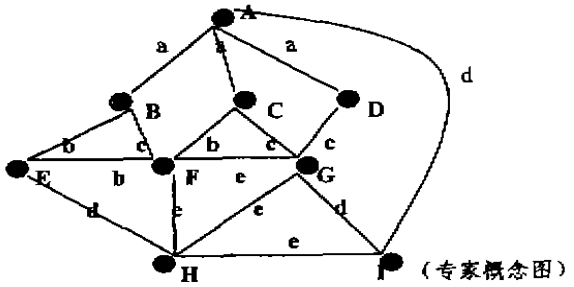


图2

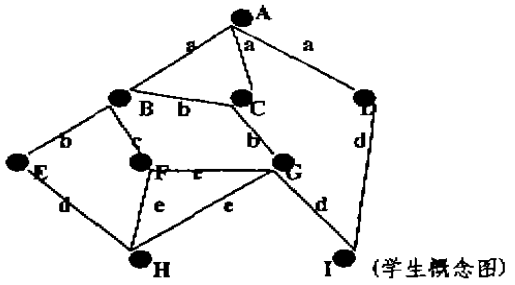


图3

对于不同概念图的分析比较，Kokoski 和 Housner 于1994年提出了路径寻找分析法(PathFinder Analysis)[5]。通过比较学习者与专家的概念图，我们将了解学习者对某组知识点的理解程度是否达到了要求，路径寻找分析法确立了七个分析对象：(1)在专家概念图中所涉及的所有信息节点；(2)在专家概念图中每个节点，与之相关联的信息节点组；(3)在学生概念图中每个节点，与之相关联的信息节点组；(4)在所比较的概

维普资讯 http://www.cqvip.com

念图中每个节点其关联节点组的交集;(5)在所有概念图中每个节点其关联节点组的交集节点数;(6)在所有概念图中每个节点其关联节点组的并集节点数;(7)将(5)除(6)的商。

由于在构建概念图时,学习者组织节点和边的多样性和不可预见性,因此将学习者的概念图与专家的概念图相比较,得到相对标准得分,更具有指导意义;但在 Kokoski 和 Housner 所提出的路径寻找分析法并没有将学生对边的类型进行选择,所以在下文我们所提出的分析方法中,我们将以路径寻找分析法为基础,以边类型选择作为参数加以对比参考。

以图2、图3为例,图中分别列出学习者与专家各自就相同的知识组作比较,从而得出学生的参考标准得分。

表1 概念图比较统计表

节点	专家图中关联节点组	学生图中关联节点组	共同节点	相交节点数(size)	合并节点数(Union Size)	商(size/Union size)
A	B,C,D,I	B,C,D	B,C,D	3	4	0.75
B	A,E,F	A,C,E,F	A,E,F	3	4	0.75
C	A,F,G	A,B,G	A,G	2	5	0.4
D	A,G	A,I	A	1	3	0.33
E	B,F,H	B,H	B,H	2	3	0.67
F	B,C,E,G,H	B,G,H	B,G,H	3	5	0.6
G	C,D,F,H,I	C,F,H,I	C,F,H,I	4	5	0.8
H	E,F,G,I	E,F,G	E,F,G	3	4	0.75
I	A,G,H	D,G	G	1	4	0.25
参考得分.						5.3/9 * 100 = 59

表2 边信息统计表

概念图	不同类型边数目统计					
	a 类型	b 类型	c 类型	d 类型	e 类型	总边数
专家概念图	3	3	3	3	4	16
学生概念图	3	3	1	3	2	12

从表1、表2看出,表1得出学生的标准参考分.59分,通过表2的比较,可以了解到学生对 a 类关系理解较好,具体应用而言,学生可能对概念的记忆能力较好,对分类关系(a 类型)边,构建与专家概念图相同,但可能其他例如,因果判断、关联判断能力则相对较差。

4. 个性化学习信息数据库

上文中,我们构建了概念图,并提出了分析方法,关键是如何将这些传统手动的采用纸和笔操作转换成计算机可操作的交互式行为,如何将概念图的复杂信息转换成计算机可结构化存储、分析的对象。

显然,概念图中的节点和边是我们的主要研究对象,在学习信息概念图中,信息节点就是知识点,其本身包含了包括内容表述,涉及章节点,学习课件中相关的 URL 链接等属性,同时,它在概念图中与其他知识点的网络关系也构成了其关联属性,对于关联属性,针对上文所论述的数据分析方法,我们还必须定义一个数据、关联属性操作集。下文,我们将概念图的信息表示与存储,及相关操作集进行具体讨论。

概念图对象的空间对象描述 描述存储概念图中的空间信息对象,分析对象之间的关联信息,是空间数据对象分析的典型应用。空间数据对象通常应用于表述,分析具有物理空间属性、有机构成属性、工程设计属性,或概念空间表现属性的彼此都具有相互关联的对象。对于这类数据对象的存储与操作,面向对象数据库由于其面向对象的属性描述方法、面向对象的 SQL 语言,在描述直观性、操作简便性方面具有更大的优势。但由于目前关系数据库的广泛应用,以及关系数据库技术的成熟,因此仍在关系数据库上建立抽象空间数据库视图,如图4所示的三层结构[5]。

关联属性操作集 关联属性操作集在个性化学习概念图分析中(见图4)主要运用在信息节点数据处理模块,按照上文中定义的数据分析模型,这里主要处理交/并的操作。

四、基于个性化自主学习分析模型的实例:Web 自主学习辅助工具集

1. Web 自主学习辅助工具集应用场景描述

对于上述的应用模型,基于 Web 远程教学的应用实例 Web 自主学习辅助工具集,通过 Web 自主学习辅助工具集,学习者将开始自主化学习。学习流程如下:学习者在经过一定阶段的课程学习后,可以就某一章节所涉及的知识点构建自己的概念图,在客户端提供了交互式概念图工具,绘制概念图,通过将概念图信息上交在服务器端,概念图分析比较工具将学生概念图与专家概念图比较得出学生学习情况并反馈,同时概念图页面工具生成课程知识点自主导航页面,类似课件目录树形式,所以学生在了解自己学习情况的同时,可以根据课程知识点自主导航页面,开始自主学习,见图5。

2 概念图交互式表述工具

这是一个运行在客户端的 Active X,学习者可以自由地拖动知识点列表中的节点,同时选择不同类型的边,绘制概念图。在绘制结束后,概念图信息被结构化存储,与概念图形本身同时传输到服务器端。

维普资讯 http://www.cqvip.com

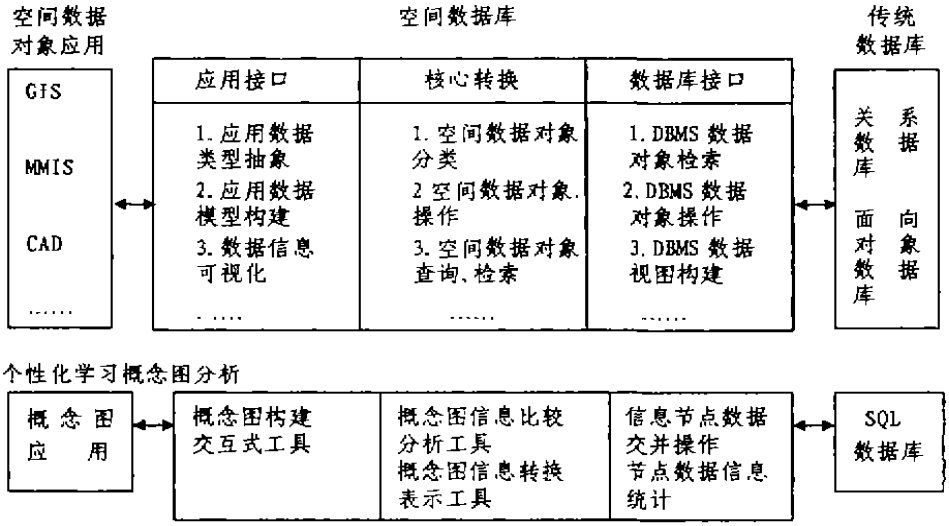


图4

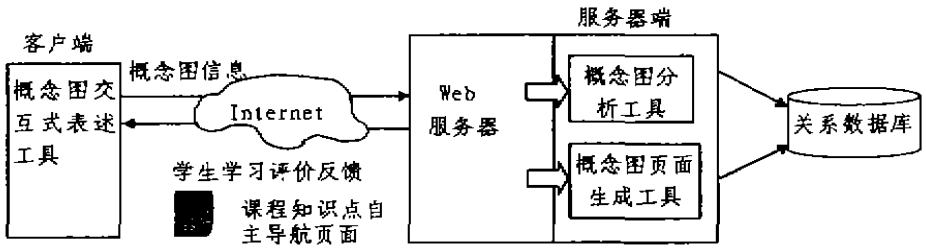


图5

3. 概念图分析工具，概念图页面生成工具

这两个工具作为组件运行在服务器端。概念图分析工具主要以概念图交互式表述工具的结构化信息作为输入与专家概念图进行比较，得出学生的学习成果；同时通过调用概念图页面生成工具以概念图形为基础，及相关知识点数据库的 URL 信息生成课程知识点自主导航页面。

4. 个性化学习信息数据库

个性化学习信息数据库中主要包含了学生概念信息表、知识点描述信息表，同时个性化学习信息数据库也是整个教学系统的一组成部分，学生概念信息表结构描述如下：

字段描述								
用户号	概念图号	知识点号	知识点数	关联点描述串(0]串表示)	边总数	A类边数	...	E类边数

知识点描述信息表如下：

字段描述			
知识点号	知识描述	知识点相关 URL	扩展属性...

总结 概念图在传统的专家系统评价系统中已有了较成熟的应用，但是如何以计算机作为辅助工具，以 Web 广博的信息资源作为分析对象，仍有广阔的应用前景。本文中的个性化工具集--Web 自主学习辅助工具集，已基本实现了在 Web 基础上对学生学习成果的概念表示、分析、存储；但是在搜集了大量的学生学习信息之后，如何对学习信息作进一步的数据挖掘，分析，从而得出学生学习的典型模式，作为参考，不断促进教学系统的改善，在这一方面仍有很好的发展前景。

参考文献

1 www. Vschool. com; www. dlc. sjtu. edu. cn

2 Oughton J M, Reed W M. The influence of learner differences on the construction of hypermedia concepts: a case study. Computers in Human Behavior, 1999, 15: 11～50

3 Herl H E, et al. Reliability and validity of a computer-based knowledge mapping system to measure content understanding. Computers in Human Behavior, 1999, 15: 315～333

4 Cicognani Dr A. Concept Mapping as a Collaborative Tool for Enhanced Online Learning. Educational Technology & Society, 2000, 3(3): 1436～4522

(下转第28页)

维普资讯 http://www.cqvip.com

3.4 域与数组之间的关系

将高层建模语言所描述的求解问题计算步骤直接编译成并行计算机上的可执行代码，一方面工作量太大，另一方面可移植性差。目前，DPML、DMSL、ZPL、DPHL 等语言一般选取某种可编译的并行语言，例如 HPF 或 C+MPI，作为转换成并行计算机上运行的目标语言。

高层建模语言（下面以 DPHL 为例）中的域不等同于传统程序设计语言（下面以 HPF 为例）中的数组，虽然在转化成目标语言时通常用数组来具体实现域的定义和基于域的计算，但二者在本质上是不同的。

首先，相对于数组而言，域的抽象层次更高。DPHL 中将应用问题的求解空间抽象出来，以域的形式独立进行定义，使得描述问题更简洁，可读性好，程序的描述过程更接近于数学上的表达。

其次，域更利于进行并行性分析。我们知道，在真实应用问题中，变量通常具有空间性和数学属性，并且变量在二者之间所呈现的并行特性往往是不同的。例如，对于作用在3维空间[I,J,K]的变量 U，U 的每一个元素为2维矩阵[M,N]，HPF 通常将 U 定义为5维数组参与运算，使得变量的空间性和数学属性湮没在程序代码中，不利于并行化工具对空间性和数学属性分别实施并行性分析。DPHL 语言将变量的空间特性与变量的数学属性分开定义（例如：U MATRIX(M,N) area），使得程序综合器在生成目标程序时能根据不同的并行特性，组织成较为优化的并行代码。

最后，高层建模语言中的域与所生成的目标语言中的数组不一定存在一一对应的关系，例如上面3.2-(1)中的子域 AREA_B 可以用数组加条件判断语句加以实现。

另外，基于域的计算表达方式更为灵活，以 DPHL 语言中的域赋值语句为例，例如：

U=(U@EI-U@WI)/(X-X@WI);

其中变量 U 定义在3维域上，X 定义在1维域上，U 和 X 不同形；而 HPF 语言中的数组赋值语句要求语句中参与计算的数组必须同形。

结束语 本文提出了并行程序的一种新的构造途径——并行程序概念设计方法。并行程序概念设计方法以高层建模语言为基础，在程序编写方面具有串行程序的简单性，高层建模语言描述的计算步骤经并行程序综合器优化和分析，自动生成可在并行计算机上编译运行的并行程序。本文重点介绍了高层建模语言的核心概念——域的定义及其支持并行程序概念设计的抽象方法。

目前，我们在 DPHL 语言的基础上构造了一个并行程序自动生成系统，并且用"显式差分法求解三维 N-S 方程"、"三维湍流直接数值模拟"、"红-黑排序、SSOR 迭代法求解五点迭代格式椭圆型 Possion 方程"等实例课题进行了验证，所生成的并行程序在"神威-II"并行计算机上取得了较好的运行性能[7]。

参考文献

1 臧斌宇. 实验方法-并行化编译研究的基础. 见：计算机与微电子科学技术国际研讨会论文集. 北京：北京大学出版社，1998. 268～270

2 Francis R S, et al. A Data Parallel Modeling Language. Journal of Parallel and Distributed Computing, 1994, 21, 46～60

3 Decker K M, Wylie B J N. Software Tools for Scalable Multilevel Application Engineering. The International Journal of Supercomputing Applications and High Performance Computing, 1997, 11(3): 236～250

4 The ZPL Parallel Programming Language. http, www. cs. washington. edu/research/zpl.

5 Lin C, Snyder L. A Portable Implementation of SIMPLE. International Journal of Parallel Programming, 1991, 20(5): 363～401

6 陆林生，等. DPHL 语言设计方案：[江南计算技术研究所内部研制报告] 1998.5

7 董超群. 基于 DPHL 语言的并行程序自动生成技术 [工学博士论文] 2000.11

（上接第42页）

5 Shekhar S. Spatial Databases—Accomplishments and Research Needs. IEEE Tran. on Knowledge and Data Engineering, 1999, 11(1)

6 Johnsen J A, et al. Concept mapping in mental health: uses and adaptations. Evaluation and Program Planning, 2000, 23, 67～75

7 Chin Chiung-Hui, et al. The evaluation and influence of interaction in network supported collaborative concept mapping. Computers & Education, 2000, 34: 17～25