

应用知识图构建及其可视化方法

李建勋 张永进 郭莲丽 袁欣伟

(西安理工大学 西安 710048)

摘 要 针对不同知识的组合应用问题,提出一种应用知识图模型的构建和可视化表示方法。给出交互接口、本体操作、知识类型、知识规约的形式化描述;并针对可计算机程序化的知识,建立了一种描述框架,介绍了其构建方法、基本模型、可视化绘制流程。该应用知识图采用组件、WebService方式建立,面向主题应用服务,解决了业务流程中的多种知识融合应用问题,提高了系统服务搭建的效率,并具有良好的可扩展性、灵活性和实用性。

关键词 应用知识图,业务主题,知识可视化

中图法分类号 TP391 **文献标识码** A

Construction and Visualization Method of Application Knowledge Map

LI Jian-xun ZHANG Yong-jin GUO Lian-li YUAN Xin-wei

(Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract According to the combinations and application problem of different knowledge, the paper put forward a construction and visual representation method about application knowledge map (AKM), gave the formal description of interactive interface, ontology operations, knowledge types and knowledge statute, introduced construction method, basic model and visual drawing process. Oriented to business topics, the AKM is built by components and WebServices, solves the integration problem of diverse knowledge application in business process, and improves system service establishment with good efficiency, scalability, flexibility and practicality.

Keywords Application knowledge map, Business topics, Knowledge visualization

1 引言

近年来,随着知识管理相关理论研究的发展,知识图作为一个用于描述知识关系、知识转移、知识积累的良好模型被广泛应用。在现有的知识图模型中,概念图^[1]是一种以知识为结点,以知识分类或语义逻辑为基础的关联网络图,其具有面向主题、描述力强、绘制灵活等特点,受到了众多学者的高度关注。文献[2]重点研究了基于概念聚类的知识图模型,文献[3,4]则分别探讨了面向产品开发的知识图构建方法以及企业知识集成方法,陈立娜等^[5]还研究了知识管理中企业知识图的绘制方法,Thian-huat^[6]和 Yang^[7]则分别将其应用到在线新闻和新产品开发中,姜云飞等^[8]还具体探讨了知识图中的规划识别算法。但纵观现有文献,在理论模型和知识应用框架描述上,均未有效地表示出知识间的交互接口,并且淡化了经知识加工后的成果数据的传递模式,从而缺乏一个知识组合服务的实用化模型。为此,本文在现有概念知识图的基础上,给出了应用知识图的描述方法,并以系统化应用服务主题作为联接知识的主线,通过建立交互接口、知识本体操作、知识类型、知识规约等要素,使得知识图和业务问题或决策问题直接联系起来,有效地提高了概念图的实用性,解决了可计

算机程序化知识的便捷应用问题。

2 应用知识图

对于知识应用来说,每种知识的运用实际上是对原始信息采用知识中给定的方法(知识本体)进行加工,这个加工过程需要信息的输入和输出(知识接口),同时包含对信息的约束(知识规约),对知识处理后的数据成果则予以保存或者传递给另一个知识进一步分析处理。籍此,引入了4个知识应用的要素:知识类型、知识接口、知识规约、知识本体,并采用形式化语言对应用知识图进行了表述。

2.1 应用知识的要素

1)知识类型:一般来说,知识可划分为显性知识和隐性知识两类。在显性知识中,仅有本体可进行逻辑化描述的知识才直接对应于一段计算机程序化处理过程,称这种知识为可程序化知识(PK, Programed Knowledge)。显然,对于PK来说,完全可以使用一种算法结构来代替知识的本体,进而实现计算机求解。而非PK则需要使用人工操作、流水线操作、机械操作方式来代替。限于篇幅,本文则将研究范围限定在PK内。

2)知识接口:知识接口分为输入接口 C_{in} 和输出接口 C_{out}

到稿日期:2011-11-03 返修日期:2012-02-17 本文受国家高技术研究发展计划“863”(2006AA01A126),国家自然科学基金(51109177),教育部人文社会科学研究青年基金项目(10XJCZH002)资助。

李建勋(1977—),男,博士生,讲师,主要研究方向为知识管理、中间件, E-mail: jxli@xaut.edu.cn; 张永进(1970—),男,博士,教授,主要研究方向为GIS、软件体系结构; 郭莲丽(1978—),女,博士生,主要研究方向为金融工程与投资管理; 袁欣伟(1975—),男,博士,副教授,主要研究方向为知识管理。

两类。设 I, J, M 均为有限下标集, 若将一个服务系统 S 中所有可使用到的基本数据类型进行汇总, 则其总量是有限的, 因而可以获得一个基本数据类型域 $B = \{b_i | i \text{ 属于 } I\}$, b_i 为一个单一的基本数据类型, 是用来产生其它复杂数据结构的原始数据类型集, 其给定了系统中基本数据类型的种类及数量, 具体元素可根据不同的行业领域而设定。基于 B 可定义一个复杂数据结构 $C = (\times_{j=1}^m b_j) \cap (\forall b_j \in B)$, 知识的输入接口和输出接口则定义为有限个 C 的集合, 即 $\{C^1\} \vee \{C^2\} \vee \dots \vee \{C^M\}$ 。例如一个洪水预报服务系统中, 基本数据类型域 B 包括整型、浮点型、字符型、日期型 4 种, 分别用 $B = \{n, f, s, t\}$ 表示, 则其对应的复杂类型则可能有 $C^1 = nm, C^2 = fff, C^3 = nf, C^4 = nt, C^5 = nmfst$ 等多种, 其中采用 C^3 传递测站编号及其雨量值, 而 C^5 则可用于传递断面编号、预报方法号、预报值、预报方法名、预报时间, 而作为预报模型知识的输入接口则可由 $C_m = \{C^3, C^5\}$ 构成。

3) 知识规约: 由于超过知识使用范围而强行应用 PK 将不能获得预期效果, 因此在知识内部必然存在一种约束判断算子 u , 如果 u 返回真, 则目前的数据输入匹配了知识接口要求, 并可以获得数据结果, 否则将无法正确执行。另外, 算子 u 还必须采用默认化处理, 以提高系统服务的鲁棒性。设 P_m 为当前的数据输入集, 则默认化处理如下: ① $|P_m| < |C_m|$, 此时输入条件数量不足, 需要通过补充默认值来完成, 如无默认值则 u 算子返回假; ② $(\exists x_i \in |P_m|) \cap (\exists y_i \in |C_m|) \cap (x_i \neq y_i)$, 此时输入条件类型不匹配, 可采用类型转化机制将其强制转化, 如无法转化则 u 算子返回假; ③ $|P_m| > |C_m|$, 此时输入条件超出知识预计范围, 则将排在 $|C_m| - |P_m|$ 位后的输入数据剔除后再进行判别。

4) 知识本体: 知识本体是知识内容中对原始数据加工处理方法的逻辑化算法结构描述, 其形式化表示为映射 $f_n: C_m \rightarrow C_{out}$, 即输入 C_m 通过一段逻辑处理, 最终转化为 C_{out} 。映射 f_n 一般为双射, 但可能不存在逆映射, 其实现是依靠组件方式来完成, 并采用面向对象组件思想设计开发, 通过 WebService 方式进行发布、共享。

2.2 应用知识图

根据以上要素, 记服务系统 S 中所有 PK 的集合为 SK , SK 构成 S 知识空间, 应用知识则刻画为一个 4 元组 $AKM = (N, K, R, Q)$ 。其中 $N = [n_i]$ 为知识节点集, n_i 由 UDDI (Universal Description, Discovery, and Integration) 构成, 具有唯一的索引, 用以描述知识的名称; $K = [k_i]$ 是 SK 的一个非空子集 (SK 中元素可以重复被 K 利用) 且 k_i 与 n_i 相对应; $R = [r_{ij}]$ 是一个有向流关系, 构成 AKM 的边集, 指代知识节点 k_i 向 k_j 传递成果数据, 且要求 $dom(R) \vee cod(R) = K$, 即 K 中不存在孤立的、没有流关系的知识节点; $Q = [exp_{ij}]$ 是 AKM 的控制流, 其中逻辑表达式 exp_{ij} 是对 k_j 的规约算子 u 的扩展, 用于提高知识图的灵活度, 并容纳工作流的相关内容, 实现类似流水线方式的作业操作, 当 exp_{ij} 成立时, k_i 产生的数据成果才满足约束 $u(k_j)$ 并同时流向 k_j 。另外在 AKM 中, 还需建立 R 的前驱和后继关系算子来构建 AKM 的局部形态: 算子 $pred(k_i) = \{k_j | f_{ji} \in F\}$ 用于获取知识节点的前驱节点, 算子 $succ(k_i) = \{k_j | f_{ij} \in F\}$ 用于获取后继节点, 两算子构成的局部形态则主要有分支、顺序、汇集、发散、反馈 4 种, 以简化 AKM 的构造。

根据以上定义, 显然 AKM 也具有类似 PK 的接口、规

约、本体等要素, 若将一个 AKM 整体看作一个 PK, 则可将 AKM 的定义广义化。设保存业务领域内所有 AKM 的知识空间为 Π , 则 AKM 中 k_i 可扩展为 $k_i \in (SK \cup \Pi) \cap (k_i \neq AKM)$ 。如此而来, 一个实现了的 AKM 便可通过共享被其它 AKM 所复用, 构成一个父子关系, 算子 $parent(AKM) = \{akm_i | (akm_i \in \Pi) \cap (\exists akm_j. k_j = AKM)\}$ 用于获取 AKM 的父图集, $children(AKM) = \{akm_i | (akm_i \in \Pi) \cap (\exists AKM. k_j = akm_i)\}$ 用于获取 AKM 的子图集。

3 AKM 构建及可视化方法

知识可视化是在科学可视化、数据可视化和信息可视化的基础上发展起来的新兴研究领域, 指使用图解等视觉表征手段来描述个体知识^[9], 形成可以直接作用于人感官的知识的外在表现形式, 从而促进知识的应用、传播和创新。但现有的概念图描述都拘泥于使用形式化的标准, 并不能有效地表现知识处理成果之间的传递关系, 也无法有效表示知识规约, 为此本文给出了如下的可视化构建方法和基本模型。

3.1 AKM 构建方法

AKM 的构建包括服务分析、知识识别、知识分级、知识组织、知识审查、联合展现 6 个模块, 是一个动态的、不断产生新知识、更新知识的过程。①服务分析: 以业务需求为导向, 确定知识的领域空间、数据类型, 将知识分门别类地归类在不同范畴内, 并构建专业术语; ②知识识别: 使用形式化的方法, 按知识属性、知识间关系识别知识, 确定知识的本体, 给出输入接口到输出接口的映射方案; ③知识分级: 将知识按照应用层次关系划分等级, 不同等级面向不同的子图层次; ④知识组织: 按特定语义联系 (即主题) 来组织知识, 建立知识的索引链接, 记录 AKM 对人、场所等事相的关联, 完成知识配置和个性化定制; ⑤知识审查: 审查知识资产及其来源, 并通过知识审查来确定知识规约和数据资源的正确性; ⑥联合展现: 根据知识分类, 配合专业术语和图元, 将 AKM 中的各种要素、关系进行描述, 综合采用目录等级层次、树形结构或者网状结构把 AKM 展现出来。

3.2 AKM 可视化描述

AKM 是面向具体业务的服务机制, 可与 SOA 无缝结合, 为此本文按照“知识服务面向应用, 工作流面向作业任务”的思想, 将知识服务组合与工作流技术予以整合, 以工作流方式组织领域内的业务知识, 从而形成一个以混搭方式建立的可编辑、可重用、机制灵活的知识服务环境。依据第 2 小节内容, 我们建立几个基本描述图元来描述 AKM 。知识节点 k_i 使用倒角矩形表示, 知识名称 n_i 描述在矩形框内, 带箭头线条描述数据的流向 r_{ij} , exp_{ij} 则在知识节点外用菱形符号表示。据此建立的分支、顺序、汇集、发散、反馈 4 种局部形态可表示为如图 1 所示的可视化形式。同时, 为了便于在应用过程中的个性化表现, 对各图元均设置作者、标签、可见性、外表图像 4 个属性, 其中作者和标签用于对知识进行辅助描述, 可见性分为隐藏和显示, 外表图像则引入外部图像文件作为知识节点的形象化表示。下面给出 XML Schema 规范化表示方法。

```
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  targetNamespace="http://akm.xaut.edu.cn">
  <xs:element name="PKRelationType"><xs:all>
    <xs:element name="from" type="xs:integer" minOccurs="1"/>
    <xs:element name="to" type="xs:integer" minOccurs="1"/>
  </xs:all>
</xs:element>
```

```

    xs:all>/>/xs:element>
</xs:element name="PKType">/>/xs:all>
<xs:element name="PKName" type="xs:string"/><xs:element
    name="ComponentID" type="xs:integer"/>
<xs:element name="PKQualifiedExpression" type="xs:ExpPat-
    tern"/><xs:element name="PKLabel" type="xs:string"/>
<xs:element name="PKVisible" type="xs:boolean"/><xs:ele-
    ment name="PKImageURL" type="xs:URI"/>
</xs:all>/>/xs:element>
<xs:element name="AKM"><xs:complexType><xs:sequence>
<xs:element name="PK" type="PKType"/><xs:element name="
    PKRelation" type="xs:PKRelationType"/></xs:sequence>
<xs:attribute name="AKMName" type="xs:string"/><xs:attri-
    bute name="AKMUDDI" type="xs:UDDI"/>
<xs:attribute name="PKCount" type="xs:integer"/><xs:attri-
    bute name="AKMCreateDate" type="xs:date"/>
<xs:attribute name="AKMAuthorID" type="xs:integer"/></xs:
    complexType>/>/xs:element>/>/xs:schema>

```

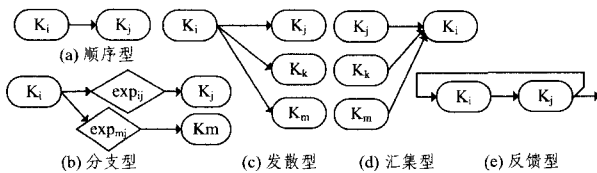


图1 AKM基本模型

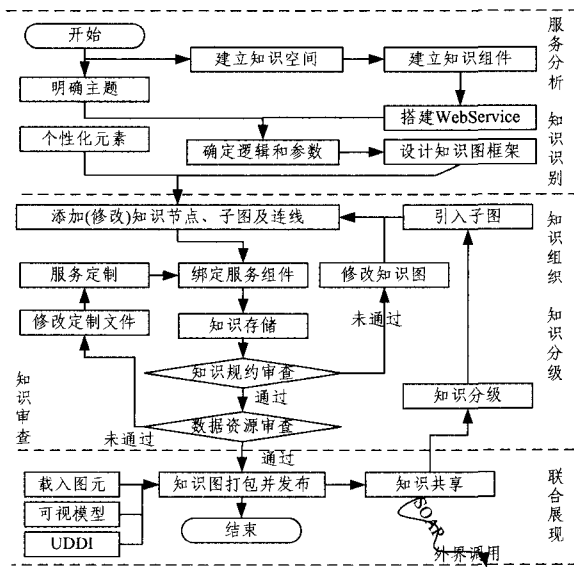


图2 AKM可视化绘制流程

对于一个具体的应用服务而言,其AKM可视化模型绘制步骤如下(见图2):①分析应用,明确服务主题,根据业务服务领域建立知识空间;②按照具体需求将空间内知识进行组件化封装,并采用WebService方式对外开放;③确定知识应用逻辑、专业术语及基本数据类型,构建用于各知识节点输入\输出接口的数据结构;④制定知识图的模型框架,并建立相应的个性化元素,如背景、色彩、字体、样式等;⑤利用工作流技术,实现在运行阶段的流程整合和信息整合,完成知识节点、子图、连接线的绘制和描述,为各知识节点绑定服务组件并存储;⑥开展知识规约和数据资源的审查,对于未通过者实施再修改和重定制;⑦将审查通过的知识图予以打包,载入可视化图元,采用目录等级层次、树形结构或者网状结构进行表现,隐藏绘制细节;⑧赋予AKM唯一标识UDDI,发布AKM

并建立共享策略,使他人可采用SOAP协议访问调用,并以子图的方式引用到其它AKM的绘制中。

4 实例验证及应用分析

4.1 应用知识图实例

为了验证本文模型的实用性和有效性,我们基于AXIS编写了一个AKM可视化平台,并搭建了知识组件UDDI服务器,以WebService方式提供知识的本体服务。下面以水利行业的洪水预报业务为例,对上述AKM模型进行实例验证。洪水预报模型基于新安江模型,主题为陕西省境内总面积6.71万平方公里的渭河流域洪水预报,业务应用中的重点测站包括魏家堡、林家村、咸阳、临潼、华县,集水面积分别为30661、37012、46827、97299、106498平方公里。由于干支流、上下游、局与局、站与站资料交流较少,未能与气象部门有机联接,并且相关理论众多、知识结构复杂,缺乏一个在现有信息资源下的高精度预报方案,因此本文借助MODIS所提供的高时间分辨率、高光谱分辨率、适中空间分辨率影像数据,结合水文预报相关知识理论,建立了一个洪水预报AKM。该AKM的原始数据类型集 $B=\{f,n,t,c,s\}$,其元素分别为浮点数、整数、日期、色彩、字符串;系统所用到的复杂数据结构 $C=\{f,n,t,c,s,nf,nn,nt,ft,nft,ffc\}$,其元素按业务需求不同而表示不同的参量,如 f 可表示流量、蒸发量、张力水容量、稳定下渗率等, n 可用于描述测站编号、像素点位, nf 可表示测站编号与蒸发量所构成的MODIS蒸散发演算成果。AKM的PK由“MODIS处理”、“参数率定”、“精度评定”、“坡地汇流”、“单位线”等12个知识组成,其中“参数率定”被复用了4次,分别表示为 $k_{2[1]}$ 蒸发产流参数、 $k_{2[2]}$ 水源划分参数、 $k_{2[3]}$ 坡地汇流参数、 $k_{2[4]}$ 河网汇流参数;“数据预处理”被复用了4次,分别用于 $k_{9[1]}$ 流域蒸发数据、 $k_{9[2]}$ 流域降雨数据、 $k_{9[3]}$ 历史数据、 $k_{9[4]}$ 实测流量中的数据检验、数据标准化等预处理工作;“过程线图”被复用了2次,分别用于呈现 $k_{10[1]}$ 预报流量过程和 $k_{10[2]}$ 实测流量过程。在AKM中“MODIS处理”、“坡地汇流”、“河网汇流”、“蒸发产流”和“过程线图”采用子图方式实现,各知识节点的前驱后继如表1所列,“精度评定”、“峰值展示”、“过程线图”是系统的输出,各PK均采用组件方式实现,限于篇幅下面仅给出蒸发产流的内部组件原型。

根据水文学蒸发产流知识,流域蒸发计算不考虑流域内土壤含水量在面上分布的不均匀性,而是按土壤垂直向分布的不均匀性将土层分为3层(上层蒸散发量 EU ,下层蒸散发量 EL ,深层蒸散发量 ED),用3层蒸发模型来计算蒸发量。在新安江模型中,蒸发产流知识本体对应的算法如下:

$$\begin{cases} f/F=1-(1-\frac{W'}{WMM})^B, A=WMM[1-(1-\frac{W_0}{WM})^{\frac{1}{1+B}}], WM=\frac{WMM}{B+1} \\ R=\int_A^{PE+A} \frac{f}{F} dW', PE=P-E=P-(EU+EL+ED) \end{cases}$$

式中, R 为总径流量, f 为产流面积, F 为全流域面积, W' 为流域单点的蓄水量, WMM 为流域单点最大蓄水量, WM 为张力水容量, B 为蓄水容量-面积分配曲线的指数, PE 为扣除雨期蒸发后的降雨量, P 为实测降雨量, E 为演算蒸发量, A 、 W_0 均为中间变量。若设 WU 为上层张力水蓄量, WL 为下层张

力水蓄量, LM 为下土层张力水容量, C 为深层蒸散发扩散系数, EP 为蒸散发能力, 则蒸发量的计算还需符合如下非线性规则: 若 $P+WU \geq EP$, 则 $EU=EP$, $EL=0$, $ED=0$; 若 $P+WU < EP$, 则 $EU=P+WU$; 若 $WL > C \times LM$, 则 $WL=(EP-EU) \times WL/LM$, $ED=0$; 若 $WL < C \times LM$ 且 $WL \geq C \times (EP-EU)$, 则 $EL=C \times (EP-EU)$, $ED=0$; 若 $WL < C \times LM$ 且

$WL < C \times (EP-EU)$, 则 $EL=WL$, $ED=C \times (EP-EU) - WL$ 。在这些参数中 LM 、 WM 、 B 来自知识节点 $k_{2[1]}$ 的成果数据, EU 来自 MODIS 影像数据经过知识节点 k_1 和 $k_{9[1]}$ 处理后的成果, F 为已知量。知识规约为: 蓄满产流, 单元流域内至少有一个测站, 且单元内地形、地貌、水系特征具有一致性。

表 1 MXAJ-AKM 中的知识节点

标识	知识名称	知识本体(组件名)	知识接口(C _{in} /C _{out})	前驱	后继	层次	复用数
k_1	MODIS 处理	MODISProcessor	$n, \langle ff \rangle / nf$		$k_{9[1]}$	2	1
$k_{2[1 \sim 4]}$	参数率定	ParamGetter	$\langle ft \rangle, \langle f \rangle / \langle f \rangle$	$k_{9[3]}$	$k_{2[1 \sim 4]}$	1	4
k_3	精度评定	DecisionEvaluation	$\langle f \rangle, \langle f \rangle / n$	k_{11}		1	1
k_4	坡地汇流	SlopeConvergence	$n, \langle f \rangle, t / nft$	$k_{2[3]}, k_7, k_8$	k_5	2	1
k_5	河网汇流	RiverConfluence	$n, \langle f \rangle, t / nft$	$k_{2[4]}, k_4$	$k_{10[1]}, k_{12}$	2	1
k_6	蒸发产流	EvaporationRunoff	$n, \langle f \rangle, t / nft$	$k_{2[1]}, k_{9[1]}, k_{9[2]}$	k_7	2	1
k_7	水源划分	WaterDivision	$nt / \langle f \rangle$	$k_{2[2]}, k_6$	k_4	1	1
k_8	单位线	UnitHydrograph	$n, t / f$		k_4	1	1
$k_{9[1 \sim 4]}$	数据预处理	DataPreprocessing	$\langle nft \rangle / f$		$k_6, k_2, k_{10[2]}$	1	4
$k_{10[1 \sim 2]}$	过程线图	ProcessChart	$\langle nft \rangle / \langle nn \rangle$	$k_5, k_{9[4]}$	k_{11}	2	2
k_{11}	数据比较	DataComparison	$\langle nft \rangle, \langle nft \rangle / f$	$k_{10[1 \sim 2]}$	k_3	1	1
k_{12}	峰值展示	PeakShows	$\langle nft \rangle / nft$	k_5		1	1

图 3 则是采用以上知识绘制的基于 MODIS 的新安江模型洪水预报 MXAJ-AKM(为了美观, 隐藏了部分图元)的系统运行界面, 界面左侧为 AKM, 右侧上半部为当前洪水预报时所采用的 MODIS 图像, 下半部为预报所得的过程线。通过该 AKM, 我们在渭河流域实现了洪水流量预报的分析和对比, 形成了一个更加直观、可灵活修改、搭建方便、高精度的水文预报服务系统。该预报系统综合采用多种类水文预报知识, 并可便捷地调整 k_7 节点将 2 水源修改为 3 水源进行预报, 实现系统的灵活修改, 或加入地下径流到预报系统中, 从而进一步改善系统预报精度。另外, 如果将多个类似本系统的预报模型进行组合, 则可获得一个全面的水文预报服务系统, 实现多模型组合预报, 有力地为防汛抗旱决策支持服务。

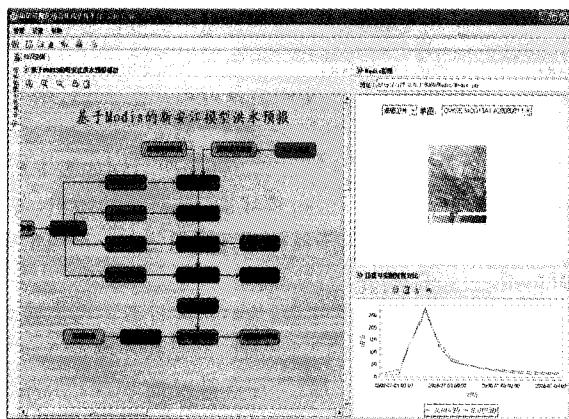


图 3 基于 MODIS 的新安江模型洪水预报 MXAJ-AKM

4.2 应用知识图应用分析

除了上述应用实例之外, 还将本方法有效地应用到应急响应、会商研讨等多个业务服务环境中。从总体应用效果来看: 这种基于主题的知识组合应用方式符合人们的思考习惯, 能将零散孤立或不断爆炸的知识资源进行合理归并形成知识空间, 以便领域专家分析和共享; 采用 AKM 来描述业务应用的事件、主题, 处理过程可以清晰地看到系统业务的各个环节, 也可以观察每个知识节点的具体成果, 有助于直观地分析知识的运用情况; AKM 能够把信息量大、类别多的不同知识进行融合, 按照应用目标进行灵活搭建、快速修改、不断积累和完善, 并能够根据知识发展的状况及时更换相应的组件、中

间件, 从而快速地适应业务需求的发展, 体现知识的创新以及多专家研讨; AKM 的构建方法支持人机结合机理, 可研究业务应用领域或决策支持领域过程中专家运用知识及知识图的过程, 实现知识共享与传递, 引导专家进行深入的分析与论证, 支持群体智慧的激发、产生、演化和涌现。

结束语 本文通过以主题的方式来描述和组织应用, 建立应用知识图 AKM, 并给出其构建方法和可视化描述, 在更高层面、更大粒度上实现了知识的积累与重用, 并基于 Web-Service、组件等技术, 形成了一个可灵活搭建、形象直观的知识应用表示机制, 在业务服务与领域知识间架起了一座沟通桥梁。目前, 该 AKM 方法已经成功地应用到国家“863”项目中, 并开展了示范应用。下一步的研究工作主要在以下几个方面: ①对非 PK 知识进行描述, 特别是将隐性知识通过人机交互的方式融入到业务服务中; ②丰富图元表现, 提高 AKM 的可视化效果, 增强图元表现的灵活性; ③建立面向 AKM 包或图库的知识发现机制, 提高 AKM 的共享程度。

参考文献

- [1] 张会平, 周宁, 陈勇跃. 概念图在知识组织中的应用研究[J]. 情报科学, 2007, 25(10): 1570-1574
- [2] 潘星, 王君, 刘鲁. 一种基于概念聚类的知识地图模型[J]. 系统工程理论与实践, 2007(2): 126-133
- [3] 苏海, 蒋祖华, 伍宏伟. 面向产品开发的知识地图构建[J]. 上海交通大学学报, 2005(12): 2034-2039
- [4] 傅湘玲, 吴国仕, 张笑燕. 企业知识集成的体系结构研究[J]. 情报学报, 2008, 27(1): 102-109
- [5] 陈立娜. 知识管理中企业知识地图的绘制[J]. 图书情报工作, 2003(8): 58-60
- [6] Thian-huat O, Hsinchun C, Waiki S. Newsmap: A knowledge map for online news[J]. Decision Support System, 2005, 39(4): 583-597
- [7] Yang J. Knowledge integration and innovation securing new product advantage in high technology industry[J]. The Journal of High Technology Management Research, 2005, 16(1): 121-135
- [8] 姜云飞, 马宁. 一种基于规划知识图的规划识别算法[J]. 软件学报, 2007, 13(4): 686-693
- [9] Eppler M J, Burkard R A. Knowledge Visualization: Towards a New Discipline and its Fields of Application[R]. ICA Working Paper. University of Lugano, Lugano, 2004