

文章编号: 1000-582X(2013)01-043-07

面向船体分段生产调度的知识导航系统设计

黄咏文¹, 蒋祖华¹, 毛祖杰², 王 俊²

(1. 上海交通大学 机械与动力工程学院, 上海 200240;

2. 上海外高桥造船有限公司, 上海 200137)

摘 要: 为了解决船体生产调度任务决策过程中容易迷失方向, 效率低下的状况, 紧密结合生产调度的领域特性, 研究了知识地图以及生产调度相关原理, 确立了基于知识地图的船体分段生产调度知识导航体系结构, 并分析了其实现的关键技术为面向船体分段生产调度的本体、语义节点的构建集成技术、基于本体的语义关联和知识地图实现技术等, 将知识导航系统应用于船体生产调度领域。最后, 针对某船厂曲面车间的船体分段调度派工过程, 构建了知识导航原型系统实例来进行说明。

关键词: 知识地图; 知识导航; 知识管理; 船体分段; 调度

中图分类号: TP393

文献标志码: A

Design of ship-block production scheduling oriented knowledge navigation system

HUANG Yongwen¹, JIANG Zuhua¹, MAO Zujie², WANG Jun²

(1. School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;

2. Shanghai Waigaoqiao Shipbuilding Company, Shanghai 200137, China)

Abstract: A knowledge map based knowledge navigation system model is established by combining the domain characteristics of production scheduling to counter the schedulers' low-efficiency on account of confusion during production scheduling process. Key technology points, i. e. knowledge ontology building, semantic node integration, ontology based semantic relevance and the map implementation technique are analyzed. The knowledge navigation system is applied to ship-block production scheduling decision-making process. The method and technologies are verified in the ship-block scheduling process of a workshop in a shipbuilding factory.

Key words: knowledge map; knowledge navigation; knowledge management; ship-block; scheduling

在船体分段生产调度过程中, 调度员经常需要配置多种复杂资源和动态调整各级作业计划, 如何使调度员及时获取能辅助决策的各种相关信息和知识, 适应这种具有高度复杂性和动态性的业务环境, 是亟待解决的问题。知识地图是对概念和知识关联

的切实表述或分类^[1], 可以全面描述与组织相关的知识资源, 清晰展示知识资源的全貌, 揭示各知识单元之间的关系, 能提供图与知识资源的有效链接^[2], 方便检索与调用知识, 以及共享知识资源^[3], 可以辅助船体分段生产调度决策。

收稿日期: 2012-08-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71271133, 70971085); 教育部博士点基金资助项目(20100073110035); 上海市教育委员会科研创新重点项目(13ZZ012)

作者简介: 黄咏文(1987-), 男, 上海交通大学博士研究生, 主要从事知识地图与导航研究。

蒋祖华(联系人), 男, 上海交通大学教授, 博士生导师, (E-mail)zhjiang@sjtu. du. cn。

近年来,国内外学者在知识地图方面做了大量研究。Tserng 等^[4]构建了知识地图模型用于辅助知识共享和重用,并详细阐述了其设计的 5 个关键技术。Yang^[5]构建了建筑领域里的文献知识地图,并介绍了知识抽取的方式和步骤。Chan 等^[6]建立了针对网络资源的功能本体和概念地图,使信息的搜索更为高效。Shaw^[7]将知识地图技术运用到在线学习领域,并进行了绩效评估。刘征等^[8]分析了面向过程的工业设计知识地图的特点,并设计了知识节点操作技术。苗蕊等^[9]提出一种虚拟社区的层级知识地图构建方法,运用神经网络的方法进行聚类研究。但目前很少有文献针对船体生产调度过程中的知识需求来讨论知识地图的构建和使用。笔者以船体分段生产调度为应用领域,分析其知识需求的特点,研究面向船体分段生产调度的基于知识地图的知识导航^[10]系统及其关键技术和实现方法,为船企分段生产调度提供辅助决策的平台。

1 生产调度与知识地图

1.1 船体分段生产调度知识的分类

生产调度^[11-12]就是配置各种调度资源和组织执行生产进度计划的工作。某船企的曲面车间生产作业调度系统的框架和业务逻辑如图 1 所示,首先曲面车间接受到企业 SEM 系统下达的生产计划,根据生产能力、库存信息以及工时定额,制定车间作业计划,下发给各生产班组进行生产;各生产班组对生产计划执行情况进行控制,并对影响生产的各个因素状态进行监控,将所跟踪和采集得到的相关数据向上层反馈;曲面车间实时根据反馈情况可对生产计划进行动态调整。图 2 具体描述了曲面车间进行分段生产调度过程中派工业务的流程,车间根据生产任务和可用资源进行能力平衡的评估,如果资源满足需求,就利用派工规则进行安排,否则调整生产计划。在各生产班组作业过程中,还需要实时根据资源的改变情况,进行派工的调整。

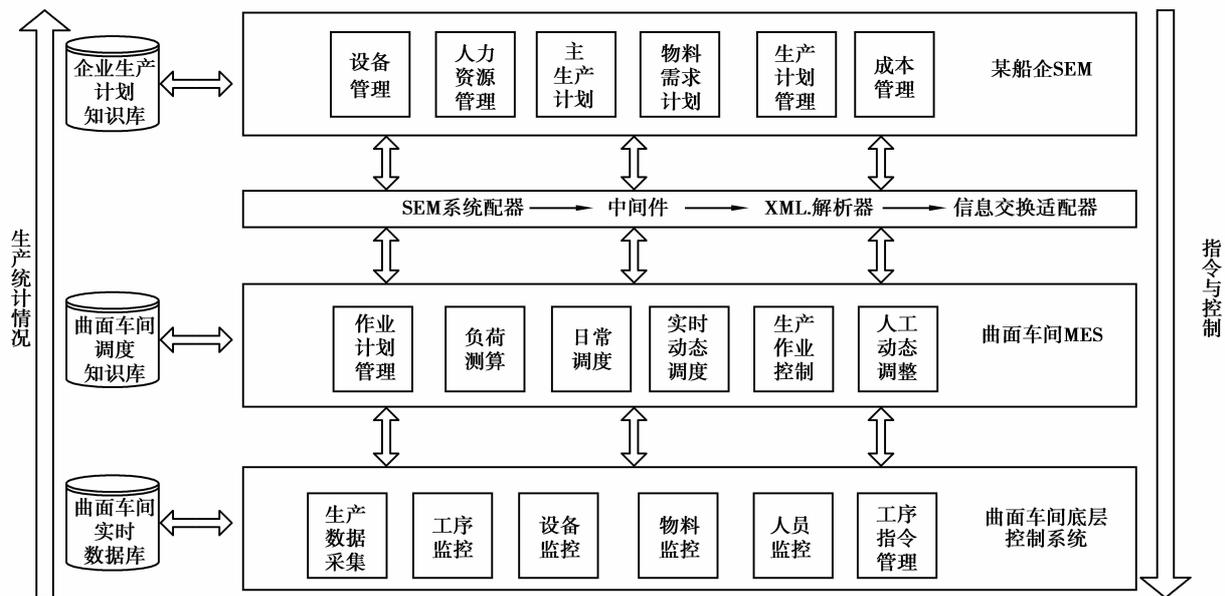


图 1 某船企曲面车间生产调度系统的基本框架图

可以看出,从船体分段生产调度的系统框架和业务流程上来讲,其所涉及的知识范围虽然非常广泛,但具有很强的领域特征,主要包括以下几类知识:

- 1) 调度任务知识。主要包括场地布置、班组派工、设备分配、时间规划等任务集。
- 2) 调度资源知识。主要包括场地资源、人力资源、设备资源、时间资源等相关知识。

3) 调度规则知识。主要是指执行任务过程中遵循的规则和约束,比如班组派工过程中的物量平衡原则、设备分配过程中的负荷限制原则等。

4) 调度流程知识。指描述执行各种调度任务时的流程性知识。

5) 调度方案知识。主要是具体到计划执行过程中的方案和实例,包括场地安排方案、班组临时调整记录等知识。

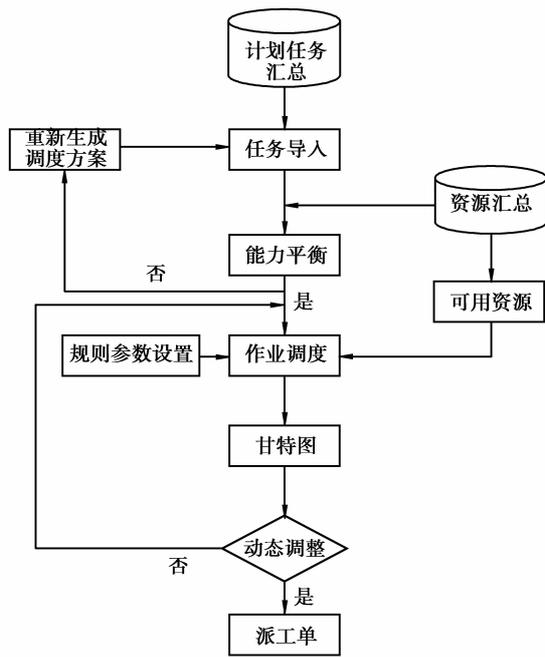


图 2 曲面车间船体分段调度派工流程图

1.2 基于知识地图导航的生产调度过程

调度员在进行分段生产调度决策时,需要应对多种复杂资源的调度配置和作业计划的动态调整。在已有生产调度的专家决策经验和案例知识的基础上,寻找灵感与借鉴,无疑是帮助调度员突破瓶颈,解决问题的一条捷径。知识地图作为构建在知识库和语义网络层之上的一个智能互联的导航层,为实现上述捷径提供了一个导航平台(见图 3)。因此,笔者提出了基于知识地图的船体分段生产调度知识导航模型,利用知识地图将专家经验和案例知识,组织和整合到一个共享的导航平台上,用户可以通过一定的接口从系统界面搜寻获取可能对自己有帮助的知识。

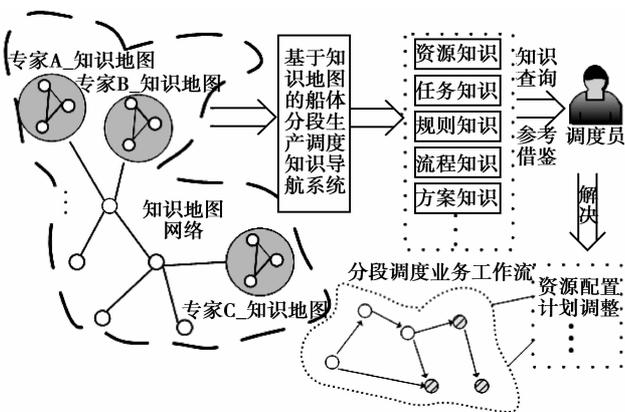


图 3 基于知识地图导航的分段生产调度过程

2 基于知识地图的知识导航体系

知识地图提供一个智能互联的环境^[13],能使用户有效地获取、共享和管理知识资源,并提供所需的知识导航服务,辅助实现知识创新、协同工作、问题解决和决策支持。基于知识地图的船体分段生产调度知识导航体系的层次图如图 4 所示。

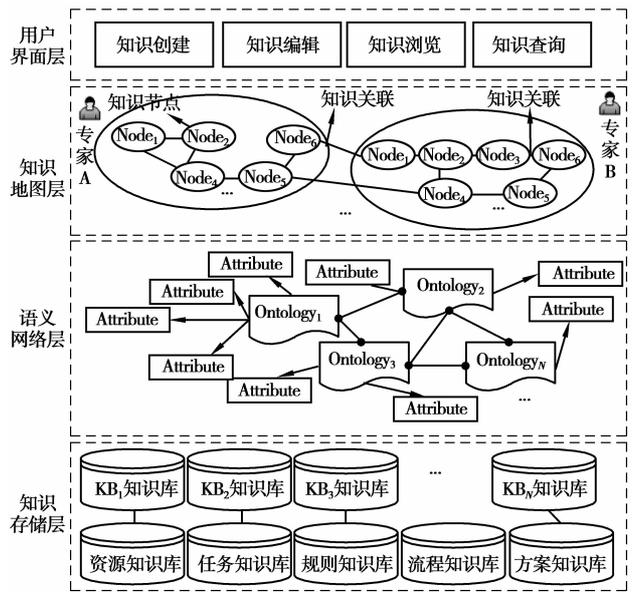


图 4 基于知识地图的知识导航系统层次模型

1) 用户界面层为用户提供船体分段生产调度决策相关知识的学习和知识检索等功能,利用 Web2.0、VML 和 XML 技术来构建界面层。

2) 知识地图层是汇集了所有生产调度领域专家的知识地图。知识节点和知识关联关系按照专家的对调度任务处理流程来设定。一个专家处理不同任务时可能涉及相同的知识节点,不同专家的知识地图之间也有知识关联。

3) 语义网络层是一张语义网络,是由知识库设计者综合所有船体分段生产调度相关知识,用本体构造的全局逻辑结构,与知识地图层中的知识节点相映射。通过设计船体分段生产调度领域本体,进行语义化描述,并确定语义节点间的关联关系,可以构建船体分段调度全局语义视图。

4) 知识存储层描述了船体分段生产调度领域知识在存储介质上的存储方式和物理结构,对应着实际存储在外存储介质上的知识库。船体分段生产调度相关知识库主要包括资源知识库、任务知识库、规则知识库、流程知识库和方案知识库。

3 知识导航系统的关键技术

3.1 面向船体分段生产调度任务决策的本体构建

本体^[14]是语义网络层的核心要素,是知识存储层各知识库进行语义融合的基础,根据已有生产调度的专家决策经验和案例知识,笔者开发了一套本体,图 5 所示为该本体的一个片断,该片断主要描述了进行生产调度管理决策过程中涉及的 5 个本体概念:历史任务、调度资源、规则约束、流程步骤和实施方案。“历史任务”主要描述的是船体分段生产调度过程中已完成的各种任务。“调度资源”描述调度过程可配置的资源。“规则约束”描述在任务决策过程中的约束和禁忌。“流程步骤”描述执行各类任务的不同技术路线。“实施方案”主要描述的是对具体调

度任务的解决方法,这是企业在以往生产调度任务执行过程中的经验的积累。

RDFS (Resource Description Framework Schema)是一个网络资源对象和其间关系的数据模型,也是一种基本的本体描述语言。RDFS 的基本结构是三元组的集合,可用具有节点和有向边的图来表示。图中的节点代表三元组中的主体和客体,表示概念。边代表谓词,表示概念间的关系,其方向总是由主体指向客体。笔者利用 RDFS 对上述本体进行描述,构建一个专门针对船体分段生产调度领域知识的命名空间,用前缀 idk: 来表示: Xmlns: idk=http://SBPS-kdg.org/schemas 其中 SBPS 指 Ship Block Production Scheduling,即船体分段生产调度。

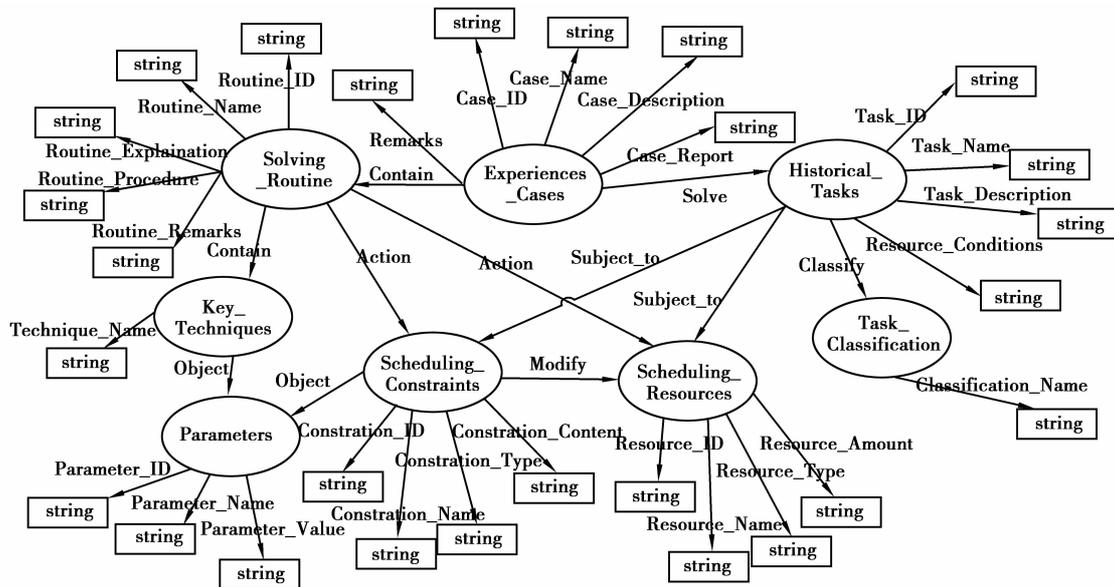


图 5 面向船体分段生产调度的本体片断

3.2 语义节点的构建集成技术

语义节点在构建过程中,需要进行语义集成。语义集成是指对语义节点的各种操作,主要包括节点融合、节点添加、节点删除、节点更新等语义管理操作。以节点融合为例,语义融合的作用是使多个相关的语义节点生成一个新的内涵一致的复杂语义节点。语义节点在语义层是用本体进行描述,设语义层由 S 个语义节点构成,一个语义节点通过物理映射一个或多个本体。知识库 KB 是由 m 个本体构成,即

$KB = \{O_1, O_2, \dots, O_m\}$, O_i 是本体。则对于 S 个语义节点的融合集成可以表示为

$$Interger_KB = \bigcup_{j=1}^S (\bigcup_{i=1}^N O_i)$$

式中: O_i 表示第 j 个语义节点 S_j 映射的 i 个本体; N 表示语义节点 S_j 映射的本体的总数量。按船体分段生产调度领域本体的形式化描述,节点融合是对概念集合的语义合并操作,即对此概念属性的集成处理。令 Attr 表示概念属性,则由 $Attr_t^C (t=1, 2, \dots, n)$ 表示概念 C 由 n 个属性描述。

设 $O_{integer}$ 是集成后的本体, n 是待集成的本体总数目, O_i 是第 i 个待集成本体。 f_p 描述本体映射在语义层的位置,则集成算法用如下描述:

```

i=1
While(i<=n)
Do {fp = locate(Ointeger, Oi)

```

```

If ( $f_p \neq \text{null}$ )
    { compare( $O_{\text{integer}}, O_i, f_p$ )
If (similar( $O_{\text{integer}}, O_i, f_p$ ) or
    compatible( $O_{\text{integer}}, O_i, f_p$ ))
    then { merge( $O_{\text{integer}}, O_i, f_p$ ), delete
( $O_i$ ) }
    else
    { if(incompatible( $O_i, O_{\text{integer}}, f_p$ ))
return } } i++;
    
```

该节点融合算法每次只对两个本体进行定位比较,即一次输入两个本体源,得到集成化的新本体,再把该新本体作为一个本体源与新输入的本体进行比较,在具体操作上需执行基于语义的规范语言与进行语义内容的识别,即分析和判断两个本体的关键词是否属同义词,从而进行融合操作。

3.3 基于本体的语义关联

知识导航系统的关联查询技术不是进行简单的关键词匹配,它可以充分利用关联关系在知识地图中找到与其密切相关的所有知识。船体分段生产调度领域本体的概念之间,包含继承关系(isa)、相同关系(same as)、部分-整体关系(part of)、动作-客体关系(action object)等,这些概念之间的关系蕴含了丰富的语义信息,有效利用这些信息对提高知识查询的准确性、有效性无疑有巨大帮助。笔者用语义关联系数(Semantic Relevance Coefficient, SRC)进行定义语义网络层里概念之间语义关联度,表 1 为船体分段生产调度本体概念间的语义关联系数设定举例。

表 1 本体概念间语义关联系数

语义关系	SRC	举例解释
same as	1	Zuli(组立) - same as -> Assembly(装配体) Carbon dioxide-arc welding(二氧化碳气体保护焊)-similar with-> Automatic submerged-arc welding(埋弧自动焊)
isa	0.9	Curve_block(曲面分段) - isa -> Zuli
isa ⁻¹	0.4	Zuli - isa ⁻¹ -> Curve_block(曲面分段)
part of	0.7	Hatch_door - part -> Ship
part of ⁻¹	0.3	Ship - part of ⁻¹ -> Hatch_door
action object	0.1	Move - action object -> Block
...		

对于每种语义关系的语义关联系数(SRC)设定可以根据不同的应用领域重新进行定义。从表 1 可以看出“isa”的 RSC 比“isa⁻¹”的 RSC 大一些,因为子类一定继承了父类所有属性,然而父类却不一定包含了子类所有的属性。所以,当查询某父类概念,关于其子类概念的知识同样也应该被推送给用户参考。这样,知识查询、知识推送的有效性明显增强。

3.4 知识地图的实现技术

首先建立船体分段生产调度相关的资源知识库、任务知识库、规则知识库、流程知识库和方案知识库,设定知识资源的存储位置、逻辑关系以及和语义网络层上本体单元的物理映射关系;然后通过本体和语义网技术来规范语义层的语义节点和关联,构建船体分段生产调度领域本体集,形成语义网络层。以“任务”、“流程”、“资源”、“规则”和“方案”为主题,构建知识节点和知识关联,并划分知识单元,和语义网络层里的本体单元保持呼应,建立语义链接,从而实现知识单元间的逻辑推理,通过 VML 和 SVG 技术和绘图引擎实现知识地图层的表示,最后利用 HTML 链接和 URI 定位技术描述知识节点的其他属性或者详细情况,通过普通网页超链接的形式进行显示,调度员可以进行各种应用操作。

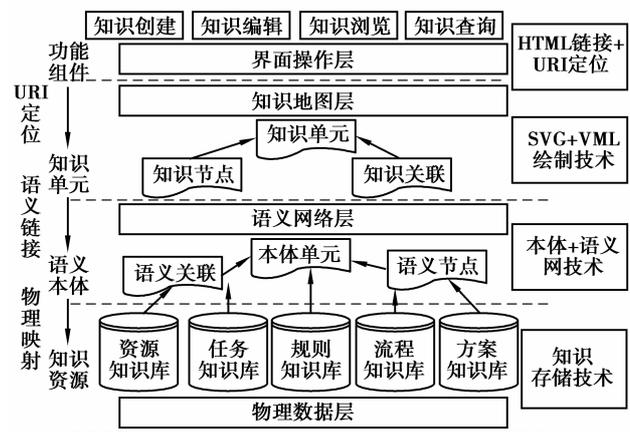


图 6 知识地图实现的技术方案

4 面向船体分段生产调度知识导航原型系统及应用实例

船体分段生产调度知识导航原型系统的建立要经过从知识获取与整理、语义本体和关联构建集成、知识地图实现、知识导航应用几个阶段。

1) 知识的获取和整理。以曲面车间船体分段

调度派工为主题(见图 2),通过搜集各生产管理相关部门、各不同调度岗位上专家处理的调度任务、资源、流程、规则和方案等领域知识,进行分析和审核,将这些知识资源规范化输入到数据库和知识库中。

2)语义本体和关联构建集成。通过 Protégé 软件构造生产调度领域本体,利用本体来描述语义节点的内容,定义语义节点间的关联关系。图 7 描述了曲面车间船体分段调度派工知识本体片断和语义关联的定义。

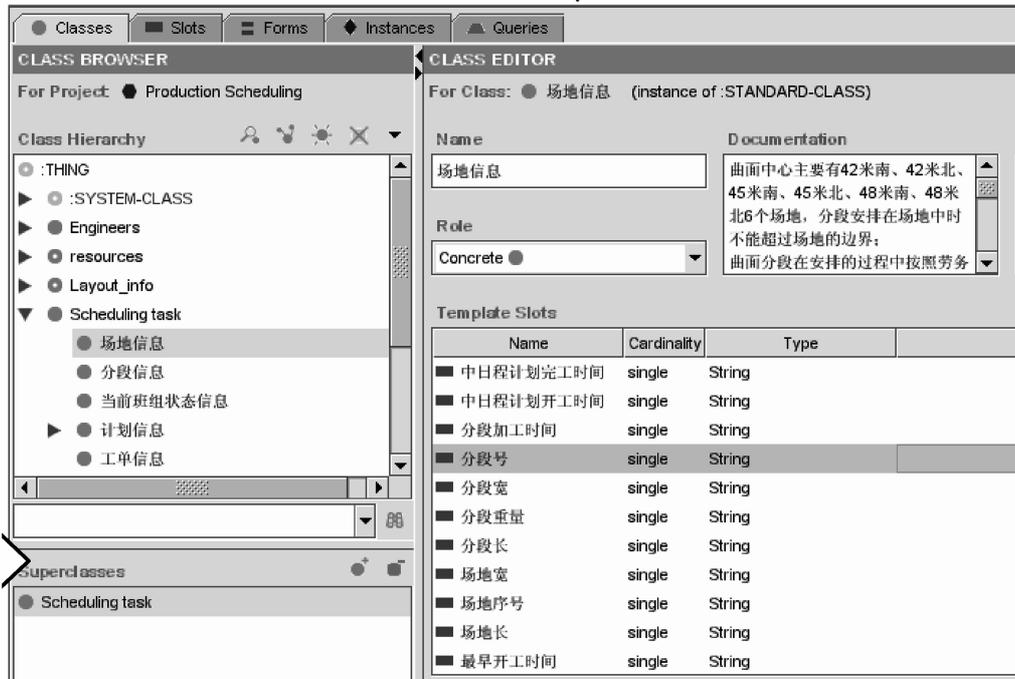
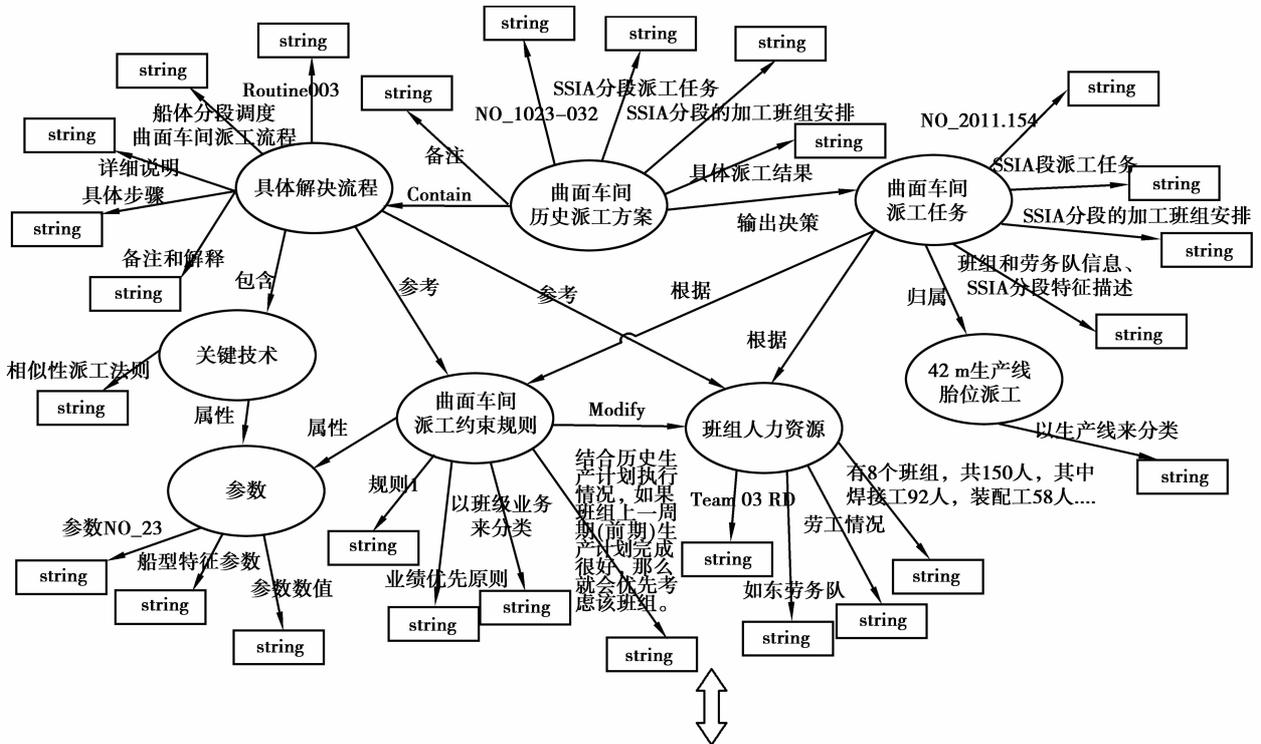


图 7 调度派工知识本体片断及语义关联实现

3) 知识地图实现。其中知识地图层绘制步骤为:

a. 统计当前地图层知识节点数目 m 。

b. 如果 $m > 0$, 清空绘图引擎里的知识节点位置记录表和关系记录表, 并添加当前地图环境下的所有知识节点; 如果 $m < 0$, 则退出并报错。

c. 绘制 SVG 图形, 产生新的知识节点和知识关联, 形成知识主线^[15]。

d. 遍历所有知识节点, 判断是否全部被枚举, 如果是, 则绘图完毕; 否则定位该知识节点, 读取其位置和关系记录, 进行绘制, SVG 图形动态更新。

4) 知识导航应用。在知识导航系统中, 每个调度专家有与其业务相关的知识地图区域, 如图 8 所示, 在整个分段调度派工业务决策过程中, 用户都有知识地图的导航, 能获取符合用户需求的知识, 提高了决策的效率, 也更好地实现了知识共享和重用。



图 8 船舶曲面分段生产调度知识地图用户层视图

5 结 论

制造型企业知识密集型部门的知识共享和导航方法是国内外研究的一个热点。笔者面向船体分段生产调度的生产决策部门, 研究了基于知识地图的知识导航体系结构, 分析和说明了其关键技术, 并开发出原型系统。从语义的层面管理知识资源, 并构建知识地图层, 为可视化知识导航创造了基础, 所有与生产调度决策相关的知识及关联关系都显示在知识地图上, 作为知识导航系统在船体生产调度领域的应用探索, 在辅助调度员进行决策时能发挥一定的作用, 但如何能更高效和准确地进行知识导航, 建

立比较完善的导航评价和反馈机制, 还需要进一步深入研究。

参考文献:

[1] Gómez A, Moreno A, Pazos J, et al. Knowledge maps: an essential technique for conceptualization[J]. Data & Knowledge Engineering, 2000, 33(2): 169-190.

[2] Rao L L, Mansingh G J, Osei-Bryson K M. Building ontology based knowledge maps to assist business process re-engineering[J]. Decision Support Systems, 2012, 52(3): 577-589.

[3] Jung J J. Semantic annotation of cognitive map for knowledge sharing between heterogeneous businesses[J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(5): 5857-5860.

[4] Tserng H P, Yin S Y L, Lee M H. The use of knowledge map model in construction industry [J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2010, 16(3): 332-344.

[5] Yang J B. Developing a knowledge map for construction scheduling using a novel approach[J]. Automation in Construction, 2007, 16(6): 806-815.

[6] Chan C C, Yu S R. Functional ontology and concept maps for knowledge navigation; an application example for contest robot[J]. Information Technology Journal, 2011, 10(9): 1740-1746.

[7] Shaw R S. A study of learning performance of e-learning materials design with knowledge maps [J]. Computers & Education, 2010, 54(1): 253-264.

[8] 刘征, 孙凌云, 鲁娜. 面向过程的工业设计知识地图构建[J]. 机械工程学报, 2010, 46(8): 181-187.

LIU Zheng, SUN Lingyun, LU Na. Construction of process-oriented industrial design knowledge map[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2010, 46(8): 181-187.

[9] 苗蕊, 刘鲁, 李明. 基于层级成长单元结构算法的虚拟实践社区知识地图的构建[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(3): 530-536.

MIAO Rui, LIU Lu, LI Ming. Knowledge map creation in virtual communities of practice using hierarchical growing cell structures [J]. Systems Engineering: Theory & Practice, 2011, 31(3): 530-536.

[10] Kiu C C, Tsui E. TaxoFolk: a hybrid taxonomy - folksonomy structure for knowledge classification and navigation[J]. Expert Systems with Application, 2011, 38(5): 6049-6058.

- 析[J]. 火炸药学报, 2010, 33(6): 80-83.
- QIAO Lijie, LIU Zhitao, WANG Zeshan. Analytical study on combustion residue of modular charge[J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2010, 33(6): 80-83.
- [9] 李煜, 郭德惠, 赵成文, 等. 新型含能纤维可燃药筒性能研究[J]. 含能材料, 2009, 17(3): 334-338.
- LI Yu, GUO Dehui, ZHAO Chengwen, et al. Characterization of combustible cartridge cases enhanced by novel energetic fibers[J]. Chinese Journal of Energetic Materials. 2009, 17(3): 334-338.
- [10] 赵成文. 新型可燃药筒的制备及性能研究[D]. 南京: 南京理工大学硕士学位论文, 2008.
- [11] Robert J. Photomultiplier tubes are versatile components [J]. Biophotonics International, 2005, 12(10): 30-33.
- [12] Herbert D J, Saveliev V, Belcari N, et al. First results of scintillator readout with silicon photomultiplier[C]//
 Proceedings of the 2004 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, October 16-22, 2004, Rome, Italy. Piscataway: IEEE Press, 2004, 7: 4185-4189.
- [13] Wójcik W. Application of fibre-optic flame monitoring systems to diagnostics of combustion process in power boilers[J]. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences, 2008, 56(2): 177-195.
- [14] Li F, Yoshino T. Compact optical smoke sensor that uses an integrating cylinder[J]. Applied Optics, 2003, 42(1): 45-50.
- [15] Goud D, Gardiner D P, LaViolette M, et al. Further development of a smoke sensor for diesel engines[J]. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2009, 131(2): 022801.
- (编辑 张 苹)
-
- (上接第 49 页)
- [11] Qi X T. Outsourcing and production scheduling for a two-stage flow shop [J]. International Journal of Production Economics, 2011, 129(1): 43-50.
- [12] Zhong W Y, Chen Z L, Chen M. Integrated production and distribution scheduling with committed delivery dates[J]. Operations Research Letters, 2010, 38(2): 133-138.
- [13] Lin F R, Yu J H. Visualized cognitive knowledge map integration for P2P networks [J]. Decision Support Systems, 2009, 46(4): 774-785.
- [14] Fujiwara R, Kitamura A, Mutoh K. Ontology-based manufacturing knowledge navigation platform [C]//
 Proceedings of the 2011 IEEE 9th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, September 8-10, 2011, Subotica, Serbia. Piscataway: IEEE Press, 2011: 175-179.
- [15] 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, 39(12): 2034-2040.
- SU Hai, JIANG Zuhua, WU Hongwei. Building knowledge map for product development[J]. Journal of Shanghai Jiao tong University, 2005, 39(12): 2034-2040.
- (编辑 张 苹)