

基于规则的空间关系推理

江西理工大学建筑与测绘工程学院 潘燕群

[摘要]空间关系的形式化表示和推理是目前地理本体领域的研究热点,本文简要介绍了目前比较有几种代表性的空间关系模型,在此基础上提出了一种拓扑和方向组合的空间关系模型及其 OWL 形式化表示,并通过扩展推理规则实现了简单的空间关系推理。  
[关键词]空间关系 OWL 规则 Jena 推理

1 引言

随着语义网和本体理论的不断发 展,地理本体领域的研究越来越受到重视,目前地理本体领域研究的热点之一就是空间关系的形式化表示和推理。空间关系是指空间实体之间的一些具有空间特性的关系,它反映了实体内部或实体与实体之间的空间存在关系。目前,人们对空间关系的研究主要包括拓扑、方向和距离三大类空间关系,这三类空间关系又分别称为拓扑、顺序和度量关系。要将空间关系用本体语言来表达并实现推理,就要找到将空间关系形式化表示的方法,常规的知识形式化表示方法不适合空间关系知识,需寻找适合空间关系的形式化表示方法。本文简单介绍了目前比较有代表性的几种拓扑关系模型和方向关系模型,在此基础上提出了一种拓扑和方向组合的空间关系模型及其 OWL 形式化表示,扩展了推理规则并通过 Jena InferenceAPI 编程实现了简单的空间关系推理。

2 空间关系的形式化表示模型

2.1 拓扑关系模型

国内外相关领域的研究人员提出了许多拓扑关系的表示模型。比较有代表性的有:①Randell 等人提出的 RCC 拓扑关系描述模型。RCC(Region Connection Calculus)模型,是利用数理逻辑来描述目标间的拓扑关系的方法,它以区域为基元, $C(x,y)$ 为模型中基本二元关系,表示区域  $x$  与  $y$  相连接,关系  $C(x,y)$  具有自反性和对称性。根据  $C(x,y)$  可以定义 15 种基本的拓扑关系集合。②Egenhofer (1990, 1991, 1994)建立的 9-交模型。该模型以 $\partial A, A^0, A^-, \partial B, B^0, B^-$ 分别表示  $A, B$  的边界、内部和外部,  $A, B$  的拓扑关系用 9 元组( $A^0 \cap B^0, A^0 \cap \partial B, A^0 \cap B^-, \partial A \cap B^0, \partial A \cap \partial B, \partial A \cap B^-, A^- \cap B^0, A^- \cap \partial B, A^- \cap B^-$ )描述,每个元组有 0 和 1 两种取值,所以理论上能表示 512 种关系,由于很多关系是无用或者自相矛盾的,所以联系实际情况可以得到 68 种关系。③基于三个理论工具的空间关系表示模型。三个理论工具是:整体部分学、位置论和拓扑学。利用这三个理论工具构造形式化的空间特征和公理,加入到 OWL 原语中去能够明确性形式化地表达空间特征和拓扑关系。

2.2 方向关系模型

空间对象的方向关系是指空间中一个对象(目标对象)相对于另一个对象(参考对象)的位置,反映空间对象间的顺序(ordering)关系。近年来,对方向关系模型研究取得了很大的进展。代表性的模型主要有:①Frank 提出的“圆锥”方向关系模型。该模型将经过参考对象  $A$  的直线将参考对象周围的空间划分为相同形状的四个或八个互不相交的部分(图 1 为八方向划分),八方向划分用定性方向符号  $E, W, S, N, EN, ES, WN, WS$  分别表示所对应的地理空间中的东、西、南、北、东北、东南、西北、西南。②Frank 提出的基于投影的方向关系模型,该模型将经过参考对象  $A$  的水平和垂直的直线对平面进行划分,  $N, S, W, E$  对应于四条射线上的四个方向,  $NE, SE, SW, NW$  表示被两条直线划分出的四个象限的方向(图 2)。③Freska 和 Zimmermann 提出的“双十字”方向关系模型,基于人类感知空间的方式,方向关系分为前后左右等。“双十字”模型中,除参考对象和主对象外,引入了视点对象,表示相对方向关系。首先,从视点对象到参考对象的直线将平面分成三部分,然后垂直于该直线并分别经过视点和参考对象的两条直线再将平面细化,划分成 15 个部分,对应于 15 个方向关系,其中有 2 个点、7 条线、

6 个区域(图 3)。该模型用三元关系表示相对方向系。

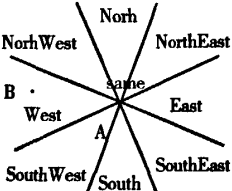


图 1 “圆锥”模型

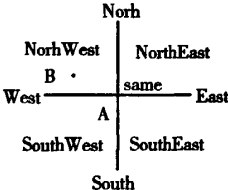


图 2 投影模型

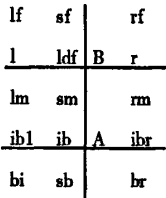


图 3 “双十字”模型

2.3 拓扑和方向组合的空间关系模型

虽然空间关系的形式化表示模型有很多,具有代表性的有文中介绍的三种,但这三种都具有自身的缺陷。RCC 模型中的关系是基于数理逻辑的定义,虽然具有较强的推理功能,但是 RCC 只能用于描述两个区域之间的拓扑关系,因而实用性受到了很大的限制。9-交模型能完备地描述拓扑关系,但是推理能力较差,并且很难用形式化的语言来描述。基于三个理论工具的空间关系表示模型能够明确性形式化地表达空间特征和拓扑关系,并且能够实现 OWL 表示和推理,但没有实现方向关系的表示和推理。

结合拓扑关系和方向关系建立组合的空间关系模型,其中拓扑关系模型归纳平面上点、线、面之间的 19 种拓扑关系(郭仁忠(1997, 2001)),得到相离(disjoint)、相邻(touch)、相交(intersect)、包含(contain)、被包含(within)、相等(equal)6 种基本的拓扑关系。方向关系模型分为内部方向关系(In\_Direction\_Relation)和外部方向关系(Out\_Direction\_Relation),两者都采用八方向“圆锥”模型。

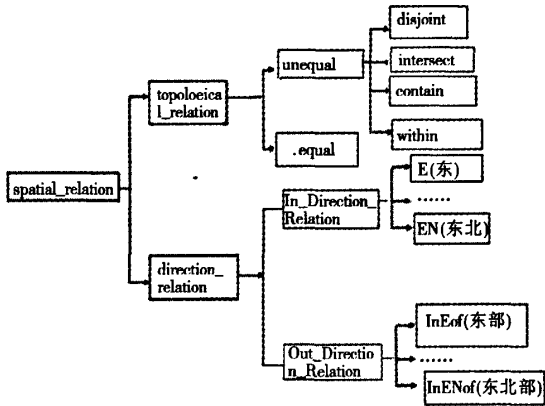
2.4 拓扑和方向组合的空间关系模型的 OWL 表示

OWL 是 W3C 推荐的 Web 本体语言标准,位于本体语言栈的最上层。OWL 继承并扩展了 RDF 和 RDFS,所以 OWL 与 RDF 有很多相似之处,但是较之 RDF,OWL 是一门具有更强机器解释能力的更强大的语言。OWL 和 RDF 一样采用三元组(Subject, Predicate, Object)为基本单元来描述信息,Subject 和 Object 是资源, Predicate 是属性,三元组表示的是资源 Subject

的 Predicate 属性的值是 Object。

要将拓扑和方向组合的空间关系模型用 OWL 表示,就要确定空间实体的分类和属性谓词及其分类。由于现实中各种空间实体根据各自的空间属性大多是作为点、线、面的实例对象来存储的,所以将空间实体抽象为点(Point)、线(Line)、面(Area)三类,每一个特定的实体都是这三类中某一类的实例。属性谓词及其分类如图 4 所示,其中 contain 和 within 是逆反并且传递的,E 与 W、ES 与 WN 等方向关系是传递的,disjoint、intersect、equal 是对称的。运用本体建立工具 Altova Semantic-Works 建立 OWL 语言描述的本体库文件 schema.owl。下面是 schema.owl 文件的片段:

```
<owl:ObjectProperty>
<owl:TransitiveProperty rdf:ID="contain">
<rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#unequal"/>
<owl:inverseOf>
<owl:TransitiveProperty rdf:ID="within"/>
<owl:inverseOf>
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty"/>
<owl:TransitiveProperty>
<owl:TransitiveProperty rdf:ID="WN">
```



3 拓扑和方向组合的空间关系模型的推理

3.1 Jena 推理引擎

Jena 是专门用来构建语义网应用的开源软件,它为 RDF、RDFS 和 OWL 提供了一个可编程实现的环境。推理功能是 Jena 中的一个子系统,它的目的就是把推理机制和推理器引入到 Jena 中,通过 Jena 包中的 Inference API 开发推理程序。

3.2 推理规则的扩展

Jena 自带的推理引擎是基于规则的推理引擎,OWL 本身并不具备描述空间关系知识的能力,要实现推理需把模型中类和属性之间隐含的知识扩展成规则。比如,如果 A contain B,并且 A disjoint C,那么可以推出 B disjoint C;如果 A InWof B (A 在 B 的西部),那么 A within B,within 和 contain 是逆反的,所以 B contain A;隐含的知识很多,不能一一列举。把这些知识按 Jena 规则语法扩展成规则语句,保存到 schema.rules,片段如下:

```
<prefix pre: <http://www.owl-ontologies.com/Ontology1214406142.
owl#>.
@include <OWL>.
@include <RDFS>.
#ADD RULES:
[add1:(?a pre:disjoint ?b),(?c pre:In_Direction_Relation ?b) ->
(?a pre:disjoint ?c)]
[add2:(?a pre:contain ?b),(?c pre:In_Direction_Relation ?b) ->
(?a pre:contain ?c)]
[add3:(?a pre:contain ?b),(?a pre:disjoint ?c) -> (?b pre:dis-
```

```
joint ?c)]
[add4:(?a pre:within ?b),(?b pre:disjoint ?c) -> (?a pre:dis-
joint ?c)]
[add5:(?a pre:In_Direction_Relation ?b) -> (?a pre:within ?b)]
[add6:(?a pre:within ?b) -> (?b pre:contain ?a)]
[add7:(?a pre:contain ?b),(?b pre:contain ?c) -> (?a pre:con-
tain ?c)]
[add8:(?a pre:disjoint ?b) -> (?b pre:disjoint ?a)]
[add9:(?a pre:InEof ?b),(?c pre:InWof ?b)->(?a pre:E ?c)]
#RDFS RULES:
[rdfs5a:(?a rdfs:subPropertyOf ?b),(?b rdfs:subPropertyOf ?c)
-> (?a rdfs:subPropertyOf ?c)]
[rdfs6:(?a ?p ?b),(?p rdfs:subPropertyOf ?q) -> (?a ?q ?b)]
4 实验
```

为了验证上述模型和规则,在 Windos XP 操作系统下,在 NetBeans IDE6.1 中运用 Java 语言,通过 Jena InferenceAPI 编写了实验程序。实验中用到本体文件 schema.owl、规则文件 schema.rules 和数据文件 data.rdf。数据文件中描述了 Area 实例 A1、A2、A3、Point 实例 P1 之间的部分关系。通过推理引擎绑定本体文件和规则文件可以推理得到全部隐含关系。程序运行界面:



5 结束语

拓扑和方向组合的空间关系模型适合空间关系的本体语言形式化表示,丰富了空间关系的表达,结合扩展的规则能够较好的实现简单对象的空间关系推理,但是模型还不成熟,规则还不完备,今后还要继续对模型加以完善,扩展规则,以实现更复杂、更全面的空间关系推理。

参考文献

[1]黄茂军.地理本体的关键问题和应用研究[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2006.  
[2]金均强.基于本体的空间数据建模[D].硕士学位论文,武汉大学,2005.  
[3]崔巍.用本体实现地理信息系统语义集成和互操作[D].博士学位论文,武汉大学 2004.  
[4]王欢,曹茜.基于本体和 SWRL 的空间关系的表示与推理方法[J].微电子学与计算机,2007,24(7)166-168.  
[5]曹茜.空间关系推理的知识表示与推理机制研究[D].武汉大学,2002.  
[6]王洪伟,徐家春等.基于本体模型的信息检索机制研究[J].情报学报,2004,23(1):3-8.  
[7]黄茂军,杜清远,吴运超等.地理本体及其应用初探[J].地理与地理信息科学,2004,20(4):1-5.  
[8]孙敏,陈秀万.地理信息本体论[J].地理与地理信息科学,2004,20(3):6-10.  
[9]Chen G, Lu R Q, Jin Z. Construct- (下转第 88 页)

MOFs 材料经常具有不饱和配位的金属和大的比表面积,这使得其在化学工业上有大量的应用,如传感器、催化剂、分离、气体的储存、过滤、膜分离,光学、电学和磁学材料等。一些 MOFs 可以作为催化剂,用于许多类型的反应,如氧化、环氧化、甲氧基化、酰化、羰基化、水合、烷氧基化、脱氢、加氢、异构化、低聚、多聚和光催化等方面。由于 MOFs 材料大部分具有孔隙结构和特殊的构造,在气体的存储方面有潜在的应用。对于 MOFs 的存储应用,主要集中在甲烷和氢等燃料气上。Yaghi 等对有 MOF-5 骨架结构的 16 种 MOFs 进行了甲烷吸附性能的研究,这些骨架的孔是均匀、周期性排列的,孔隙率达到 91.1%。由于多孔材料特有的骨架结构和表面性质,使得其对不同的气体的吸附作用不一样,从而可以对某些混合气体体系进行分离。由于特殊的结构,一些 MOFs 材料具有好的光学、电学和磁学等性能。例如,一些骨架具有三棱镜结构,因而产生了很好的光学性能,Yaghi 等合成了具有三棱镜结构的次级构造单元  $\text{Fe}_3\text{O}(\text{CO}_2)_6$ ,由这种次级构造单元构成的骨架具有较好的光学性能。

#### 4. MOFs 的研究进展

目前,国外在开展 MOFs 材料的研究方面,主要有美国的 Yaghi、日本的 Kitagawa 等课题组,得到了一系列结构稳定,具有可逆吸附  $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$  等气体分子以及  $\text{CCl}_4$ 、 $\text{C}_6\text{H}_6$  等有机溶剂蒸汽分子的多孔配位聚合物。国内也有一些科研小组已经开始了这方面的研究,如中国科学院福建物质结构研究所的洪茂椿等、大连化物所的孙立贤等、吉林大学的裘式纶等、南开大学的许炜等、天津大学的魏文英等。但是,国内的研究还仅仅局限于化合物的合成和结构的表征,对于金属有机骨架(MOFs)材料在储氢等方面的应用报道还不多。

#### 5. 总结

近年来,越来越多的研究团体开始关注 MOFs 的合成研

究,具有大孔径、高比表面积的 MOFs 已成为微孔材料研究领域的一个热点,它给多孔材料科学带来了新的曙光。新型结构 MOFs 多孔材料的研究及其在应用方面的开发具有重要的理论和应用价值。

#### 参考文献

- [1]Gautam R. Desiraju.Crystal engineering.From molecules to materials[J].Journal of Molecular Structure,2003,656:5-15
- [2]M.O'Keeffe, M. Eddaoudi, Hailian Li,et al. Frameworks for Extended Solids: Geometrical Design Principles[J].Journal of Solid State Chemistry,2000,152:3-20
- [3]Jesse L. C. Rowsell, Omar M. Yaghi. Metal - organic frameworks: a new class of porous materials[J]. Microporous and Mesoporous Materials,2004,73:3-14
- [4]Kitagawa S.,Kitaura R.,Noro Shin-ichiro.Functional Porous Coordination Polymers[J].Angew.Chem.Int.Ed.,2004,43:2334-2375
- [5]魏文英.新型金属有机骨架的合成,结构表征及催化性能[D].天津:天津大学,2005:1-5
- [6]Rowsell J.L.C.,Millward A.R.,Park K.S.,et al. Hydrogen Sorption in Functional metal -organic frameworks [J].J.Am.Chem.Soc.,2004,126:5666-5667
- [7]Cussen E.J.,Claridge J.B.,Rosseinsky M.J.,et al.Flexible sorption and transformation behavior in a microporous metal-organic framework[J].J.Am.Chem.Soc.,2002,124:9574-9581
- [8]Nijkamp M.G.,Raaymakers J.E.,van Dillen A.J.,et al.Hydrogen storage using physisorption materials demands [J].Appl.Phys.A,2001,72:619-623
- [9]Chester A.W.,Clement P.,Han S. Faujasite zeolitic materials,US 6136291, 2000-10-24

(上接第 83 页) 即高低卫星追踪和低低卫星追踪。前一类是高轨卫星(如地对地静止卫星, GPS 卫星等)追踪低轨(LEO)卫星或空间飞行器,后一类是处于大体为同一低轨道上的两颗卫星之间的追踪,两颗卫星间可以相距数百千米,这两类 SST 技术都将 LEO 卫星作为地球重力场的传感器,以卫星间单向或双向的微波测距系统测定卫星间的相对速度及其变率。这一速度的不规则变化所产生的信息中,就包含了地球重力场信息。卫星轨道愈低,这一速度变化受重力场的影响愈明显,所反映重力场的分辨率也愈高。

随着科技的发展,生活需求的多样性, GPS 定位技术会深入到生活的各个方面,其强大的功能,灵活多变的形式,必然会出现丰富多彩的应用功能,继续其迅猛的发展势头。

(上接第 85 页) ing Virtual Domain OntologiesBased on Domain Knowledge Reuse[J]. Journal ofSoftware, 2003,14(3): 350-355.

[10]Stanford Medical Informatics. Protege-UserGuide[EB/OL]. <http://protege.stanford.edu/publications/UserGuide.Pdf> 2004.

[11]Andy Seaborn.Jena tutorial,A programmer's introduction to RDQL.<http://jena.sourceforge.net>. Oct,2004.

[12]Harding, J. Geo-ontology Concepts and Issues, Report of a workshop on Geo-ontology, Ilkley UK, September, 16 " C17, 2003.

(上接第 86 页) 法的综合应用,在对零件进行三维造型设计后,采用并行设计手段,利用其它工程分析和设计方法对零件的各种性能进行分析并优化,最终实现零件的设计。针对机械设计课程的内容特点,可以考虑介绍与课程相近的设计方法。例如可在课程中有关结构设计的内容中穿插三维造型设计内容、在零件强度设计的内容中穿插有限元分析方法,并进行结果对比、对典型零件的规范化的设计步骤,可以用计算机辅助设计来实现,穿插并行设计知识等。

#### 5. 结论

机械设计课程教学内容改革中,应注意以基础为主,适当

#### 参考文献

- [1]李征航,黄劲松著.GPS 测量与数据处理[M].武汉:武汉大学出版社.2005
- [2]于来法.GPS 城市与工程控制网的技术设计.河南测绘.1992.(2):21-24
- [3]李明福.基准点间的兼容性对测量在线性工程中的应用的影响浅析.水利水电测绘.1996.(3):18-21
- [4]李雷.GPS 定位技术在工程测量中的应用[J].2004
- [5]张正禄.工程测量学的发展现状和趋势[J].科技大学学报.2003

[13]Gruber T.Towards principles for the design of ontologic knowledge sharing.International Journal of Human-Computer, 1995, (5/6):907-928.

[14]ScottBurton, PatriciaBehn?GIS Solution in Public Safety [A]. In: The First International Symposium on Geo-information for DisasterManagement [C]. theNether-lands, 2005.

[15]Jena2 API.<http://jena.sourceforge.net/ontology/index.html>. Oct,2004.

引入新知识。当然,这要占去一定的学时,为了克服学时少的问题,可以通过购置或自制多媒体教学素材,采用多媒体教学手段,在不增加学时的基础上给学生一些现代设计方法的基本概念和基本方法,有兴趣的学生也可以课后自学。这种对比学习可使学生在既掌握了课本基本知识同时又了解到了许多新东西,为学生的后续学习打下了良好的基础。

#### 参考文献

- [1]濮良贵,纪名刚.机械设计.8版.北京:高等教育出版社,2005