

基于 GIS 语义的遥感图像检索

陆丽珍

(浙江大学地球科学系, 浙江省 GIS 重点实验室, 杭州 310028)

摘要 语义图像检索为填补图像低层视觉特征和用户高层语义之间的鸿沟而产生, 图像语义描述和提取是其关键。提出了一种基于 GIS 语义的遥感图像检索 (GIS semantics-based remote sensing image retrieval, 简称 GISSBIR) 方法, 主要涉及空间对象的语义表达和语义匹配两方面内容。利用面向对象 GIS 语义模型和概念语义网络共同表达空间对象的语义, 设计了语义调解器处理用户与系统之间的语义不一致。通过对 GIS 原子查询结果进行布尔运算得到矢量查询结果, 在此基础上得到与 GIS 数据具有统一坐标框架的遥感图像检索结果。实验结果表明 GISSBIR 方法是有效的。

关键词 GISSBIR 概念语义网络 语义调解器 面向对象 GIS 语义模型

中图法分类号: TP75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2005)10-1207-05

Remote Sensing Image Retrieval Based-on GIS Semantics

LU Li-zhen

(Zhejiang Provincial Keylab of GIS, Earth Science Department of Zhejiang University, Hangzhou 310028)

Abstract Semantics-based image retrieval research comes forth for filling the gap between images' low level vision features and users' high level semantics, and image's semantic description and extraction are its crucial problems. An approach of GIS semantics-based remote sensing image retrieval is proposed. This approach mainly includes two parts: the description of spatial features' semantics and semantic matching. Object-oriented GIS semantic model and conceptual semantic network are simultaneously applied to describe the spatial features' semantics. A semantic mediator is designed to process the semantic contradiction between user and system. The system will execute a group of atomic queries to get relevant results. Assembled through Boolean calculation, these results will afterward lead to vector GIS retrieval results. Based on vector query results, by reading the remote sensing image data which have the same coordinate frame with GIS data from areas determined by the minimum exterior rectangle obtained as the union of all vector polygons, final GISSBIR retrieval results shall be produced. This approach is applied to retrieve high resolution remote sensing image database, and the results are satisfied.

Keywords GIS semantics-based remote sensing image retrieval, concept semantic network, semantic mediator, object oriented GIS semantic model

1 引言

海量遥感图像的自动查询和选择, 迫切需要有效的基于内容的图像检索方法^[1]。目前基于内容

的图像检索系统一般采用颜色、纹理、形状等中低层视觉特征描述图像内容, 而这些特征与人对图像的认知即图像的高层语义之间存在着“语义鸿沟”^[2]。基于语义的图像检索技术正是为了填补这一鸿沟而产生的。然而, 由于图像理解技术发展水平和对认

基金项目: 国家自然科学基金项目(40271087); 浙江省自然科学基金项目(401006)

收稿日期: 2005-04-11; 改回日期: 2005-07-18

第一作者简介: 陆丽珍(1969 ~), 女, 讲师。2005年于浙江大学获地图学与地理信息系统专业博士学位。主要研究方向为遥感图像处理、GIS 数据模型及应用。E-mail: lulizhen21@163.com

理解水平的限制,这种对图像高层语义的理解还无法由计算机自动处理得到。

受遥感图像数据库基于内容检索方法^[3]启发,结合遥感图像总可以通过一定的方法与地理坐标关联的特点,提出一种基于 GIS 语义的遥感图像检索(GISSBIR)方法。该方法利用面向对象 GIS 语义模型和概念语义网络共同表达 GIS 空间对象的语义,并采用语义调解器的方法对查询请求语义与标准语义进行匹配,运用 GIS 工具执行标准语义查询请求,得到矢量 GIS 检索结果,再在矢量查询结果基础上,用各矢量多边形并集的最小外包络矩形范围读取与 GIS 数据有统一坐标框架的遥感图像数据,从而得到最终的 GISSBIR 检索。

GISSBIR 中, GIS 数据可以看作是与之具有相同坐标框架的遥感图像所描述内容的具体体现,是地理环境的一种先验知识。GISSBIR 利用了 GIS 数据表达空间对象语义的能力,实现快速检索空间对象的目的,为遥感图像库内容检索提供了一种可行的思路。实验结果表明,GISSBIR 方法是有效的。

2 空间对象的语义表达

空间对象的语义是指空间对象所表达出来的含义,主要包括空间信息、属性信息和时间信息 3 种语义。空间信息的语义采用度量、方向和拓扑等空间关系表达,其中度量关系如距离度量等的研究已相当成熟;方向关系大多采用基于锥形和基于投影的模型来表达;拓扑关系一般采用基于维数扩展 9IM 模型表达。虽然目前广泛采用的空间关系模型并不能精确表达空间对象间的空间关系,但鉴于遥感图像内容检索本身是一项相似性检索工程,上述空间关系模型可以认为已基本能满足其实际需要。

2.1 属性信息的语义表达

2.1.1 存在的问题

空间对象属性信息的语义表达一般建立在对信息进行语义分类的基础上,采用分类体系的方法。例如,在土地资源管理系统中采用土地利用现状分类体系来描述各种用地的分类含义。分类体系虽然保证了空间对象的分类含义是符合行业(或领域)标准,即同一领域具有专业背景的研究者能透明地存取和理解这些数据,但它并不能保证不同领域的系统之间、以及用户与系统之间没有语义歧义。

空间对象的语义歧义主要是由以下 3 方面因素

决定的:一是不同领域有各自的术语、命名习惯和分类体系,这就决定了各领域在表达同一概念时存在语义冲突;二是信息查询者采用的自然语言与系统的分类体系间必定存在语义歧义;三是随着人们认识的不断深化,概念的内涵与外延发生了变化。空间对象的语义冲突决定了在属性信息的存储和管理中,仅采用分类体系不足以达到空间信息互操作的目的。

2.1.2 语义冲突解决方案——概念语义网络

为弥补分类体系表达属性信息语义的不足,提出一种概念语义网络(concept semantic nets,简称 CSN),其用网络图表示概念及概念间的关系。CSN 中的结点代表概念(即分类含义),弧表示两概念之间的语义联系^[4]。利用 CSN,可以建立概念间相互错综复杂的关系,例如概念间的语义相等、语义相交、语义包含、语义矛盾、语义模糊等关系^[5]。其中语义相等是指概念 C_1 与概念 C_2 具有相同的内涵和外延;语义相交是指概念 C_1 域中的部分值和概念 C_2 域中的部分值对应;语义包含是指概念 C_2 域中的每个值在概念 C_1 域中都有对应值,但反之不成立,相当于聚类关系,即 C_1 是父概念, C_2 是子概念;语义矛盾是指概念 C_1 域中的值和概念 C_2 域中的值不存在对应关系;语义模糊是指根据已有的知识无法判断两概念之间的对应关系。

土地利用类型 CSN 可以采用以下方法构造:首先对两套土地利用类型体系分别建立 4 层分类树,其中第 1 层是最高层,用于描述最具有概括性的概念,2~4 层分别对应于 1 级、2 级和 3 级分类,且上一层概念是对后一层概念共同属性的概括,而后一层概念是对上一层概念的细化,同一层概念是平等的兄弟关系;再根据两分类树各概念节点的语义关系为各节点建立语义联系,结果如图 1 所示。

为保证 CSN 的可读性,图 1 中只代表性地画出了两分类树间的语义关系,而并未标示出两分类树所有概念之间的语义关系。例如,分类树 Q_2 的农用地包含 Q_1 中林地、耕地, Q_2 的林地与 Q_1 中林地语义相等。

2.2 空间对象的整体语义表达

目前空间对象的语义表达模型主要有 ER(entity-relationship)模型、语义数据模型、IFO(Is-a relationships, Functional relationship, complex Objects)模型和面向对象的整体空间数据模型(OOESDM)等。其中,OOESDM 是面向对象技术与

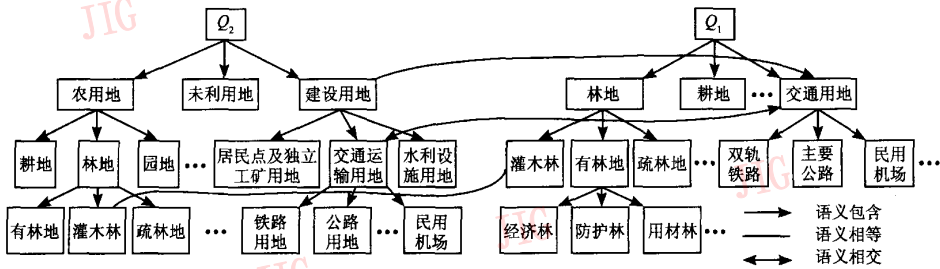


图 1 土地利用类型概念语义网络图

Fig.1 Landuse type concept semantic network

GIS 技术结合产生的新一代 GIS 数据模型, 它将地理空间按照人的思维方式理解为基于空间对象的空间, 并从整体论的角度出发考虑地理空间, 将客观世界作为整体看待, 重视研究空间对象间的语义关系, 把空间、属性和时间 3 种属性看成是空间对象中并列或同等重要的^[6]。

在 OOESDM 基础上提出面向对象 GIS 语义模型 (object-oriented GIS semantic model, 简称 GISSM), 将描述空间、属性、时间等空间对象的信息, 与空间关系、语义关系、聚集关系、联合关系等函数封装在自定义的空间对象中, 实现 GIS 空间对象各类信息的整体存储和处理, 如图 2 所示。

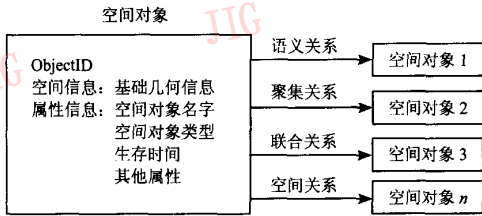


图 2 面向对象 GIS 语义模型 GISSM

Fig.2 Object-oriented GIS semantic model

GISSM 中的空间关系是指对象间的度量、方向和拓扑等关系; 语义关系是指通过对象的属性体现的关系; 聚集、联合关系表示对象之间的聚集、联合等空间依存关系。GISSM 模型通过空间信息、属性信息、空间关系、语义关系等, 较好地表达了空间对象的整体语义。

GISSM 虽然提供了对象与对象间语义关系的识别机制, 但并未提供属性语义不一致的解决方案, 因此还存在局限性。为此, 在语义模型的基础上, 采用 CSN 解决属性信息的语义不一致, 即采用面向对象 GIS 语义模型与 CSN 共同表达空间对象的语义。

3 空间对象的语义匹配

3.1 空间对象属性信息匹配

空间对象属性信息的语义匹配采用基于 CSN 的语义调解器来完成, 其基本思路为对信息查询者 (即用户) 提交的查询请求进行分析, 获得属性信息集 (由 1 个或多个概念组成); 借助 CSN 将这些概念与语义库中相应的概念进行语义冲突识别, 得到概念间的语义关系类型; 再针对语义关系类型进行语义冲突处理, 从而输出标准语义, 以用于后续查询, 如图 3 所示。

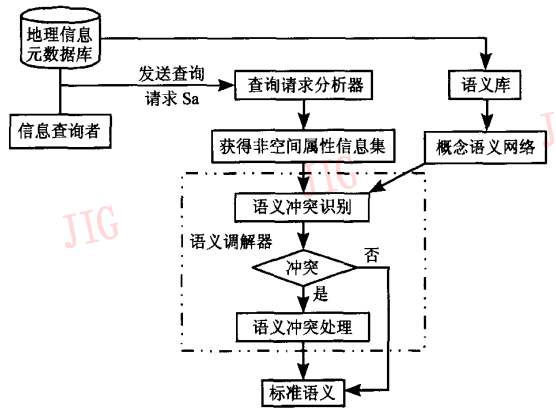


图 3 语义调解器工作流程

Fig.3 Semantic mediator work flow

语义调解器实质上可分为语义冲突识别和语义冲突处理两部分, 即由语义冲突识别器和语义冲突处理器两部分组成, 其具体处理流程如下:

- (1) 信息查询者发送查询请求 Sa;
- (2) 系统分析发送的请求, 获得查询语句中的属性信息集;

(3) 借助概念语义网络,通过语义冲突识别器判断用户的概念与语义库中的概念是否有冲突,并识别冲突类型;

(4) 若有冲突,用语义冲突处理器处理各种类型的语义冲突,并得到标准的语义。

3.2 空间对象的整体语义匹配

空间对象的整体语义匹配主要包括空间对象分类含义和空间关系的语义匹配两个方面,分类含义采用语义调解器实现语义匹配,而空间关系的语义匹配是在对空间关系谓词进行了约定,并建立了谓词库的基础上进行的。在执行检索时,系统首先将空间关系信息集中的谓词与谓词库中的标准谓词进行匹配,再执行标准空间关系谓词函数,从而达到相应的检索结果。

GISSBIR 算法流程如图 4 所示,用户递交的查询请求,经分析器分解为属性信息集和空间关系信息集两部分,其中属性信息集可通过概念语义调解器匹配得到标准的概念语义,而空间关系信息集可通过谓词库匹配得到标准的空间关系谓词;系统按两集合中的标准语义将查询请求分解为一组标准的原子查询(即不可再分的查询),并执行这些原子查询,以获得各个原子查询的结果;然后将这些结果用布尔运算进行组合,得到矢量 GIS 检索结果;最后在矢量查询结果基础上,用各矢量多边形并集的最小外包络矩形范围读取与 GIS 数据有统一坐标框架的

遥感图像数据,得到最终的 GISSBIR 检索结果。

4 试验与结果分析

基于 GIS 语义的遥感图像检索原型系统 GISSBQuery 以 VC++ 为编程环境,以 Oracle 为遥感图像数据容器,以 Oracle Spatial 为矢量 GIS 数据容器,并采用分布式计算模式进行开发,实验使用的图像为高分辨率卫星和航空影像。

为验证 GISSBIR 方法的有效性,以查询请求“检索在面积大于 5 000m² 湖泊的北面、距湖泊小于 0.5km、与绿地相接的面积大于 500m² 的广场用地”为例,来进行分析。

用户递交的上述查询请求,经查询请求分析器分析后,分解为属性信息集 $A = \{ \text{湖泊, 绿地, 广场用地} \}$ 和空间关系信息集 $S = \{ \text{面积大于 } 5\,000\text{m}^2, \text{在} \dots \text{的北面, 距离} \dots \text{小于 } 0.5\text{km}, \text{与} \dots \text{具有相邻关系, 面积大于 } 500\text{m}^2 \}$ 。分析属性信息集 A 可知, A 中的 3 个属性语义都不符合标准命名规范,必须进行调解。通过 CSN 分析可得如下结果:湖泊为水域的实例,与水域具有语义包含关系;绿地与林地具有语义相交的关系,广场用地与交通用地具有语义包含关系。空间关系信息集 S 通过谓词库匹配为系统中的标准谓词,如在 \dots 的北面的标准谓词为 North of \dots 等。

用户的自然语言查询请求通过以上调解,构建得到 4 个标准的原子查询,并组织成原子查询集合 $AS = \{ \text{Query traffic objects whose areas have to be larger than 500 square meters, which locate at places holding a distance of less than 0.5 kilometers to the water bodies whose areas have to be larger than 5 000 square meters, which locate at the north of the water bodies, which are conjoint to wood objects} \}$ 。系统分别执行这 4 个原子查询,并将这些结果用 AND 布尔运算加以组合,得到矢量 GIS 查询结果,如图 5(a) 所示,其中,深色多边形区域即为满足上述查询条件的交通用地。

在矢量查询结果基础上,用各矢量多边形并集的最小外包络矩形范围读取与 GIS 数据具有统一坐标框架的遥感图像数据,得到最终的 GISSBIR 检索结果,如图 5(b) 中矩形框内的部分。从目视判断检验来看,查询结果与查询请求是相符的,这说明 GISSBIR 是有效的。

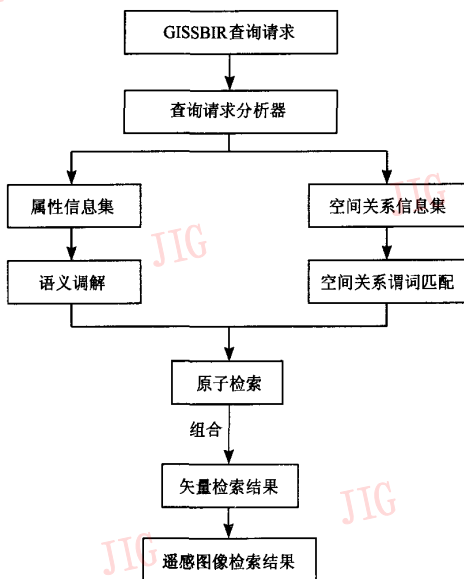


图 4 GISSBIR 算法流程

Fig. 4 GISSBIR arithmetic flow



(a) 矢量查询结果



(b) 最终查询结果

图 5 GISSBIR 查询结果

Fig.5 GISSBIR retrieval results

5 结 论

针对语义图像检索存在的问题,结合遥感图像总可以通过一定的坐标转换方法与地理坐标关联的特点,提出了基于 GIS 语义的遥感图像检索 GISSBIR 方法。该方法采用了面向对象 GIS 语义模型和概念语义网络共同表达空间对象的语义,设计了语义调解器处理用户与系统之间的语义歧义,通过分解查询请求,并对 GIS 原子查询结果进行布尔运算得到矢量查询结果,在此基础上得到与 GIS 数据具有统一坐标框架的遥感图像检索结果。实结果实验表明,GISSBIR 达到了一定的检索质量,为遥感图像库内容检索提供了一种可行的思路。

参考文献 (References)

1 Lu L Z, Liu R Y, Liu N. Remote sensing image retrieval using color and texture fused features[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(3): 328 ~ 333. [陆丽珍, 刘仁义, 刘南. 一种融合颜色和纹理特征的遥感图像检索方法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(3):

328 ~ 333.]
 2 Cheung K K T, Lp H H S. Semantic retrieval by spatial relationships [A]. In: Proceedings of the 16th International Pattern Recognition Proceedings [C], Quebec City, Canada, 2002, 3: 16 ~ 19.
 3 Luo R, Zhang Y S, Fan Y H. Research on content-based image retrieval in remote sensing imagery database [J]. Journal of Remote Sensing, 2002, 6(1): 24 ~ 29. [罗睿, 张永生, 范永弘. 遥感图像数据库基于内容查询的研究[J]. 遥感学报, 2002, 6(1): 24 ~ 29.]
 4 Hsinchun Chen, Schatz B, Ng T, et al. A parallel computing approach to creating engineering concept spaces for semantic retrieval: the illinois digital library initiative project [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1996, 18(8): 771 ~ 782.
 5 Huang Y X, Ke Z Y, He J B, et al. GIS semantic interoperability based on metadata mediator [J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(8): 851 ~ 857. [黄裕霞, 柯正谊, 何建邦等. 基于元数据调解器的 GIS 语义互操作 [J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(8): 851 ~ 857.]
 6 Xiao L B, Zhong E S, Liu J Y, et al. Spatial conceptual data model of GIS [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2001, 26(5): 387 ~ 392. [肖乐斌, 钟耳顺, 刘纪远等. GIS 概念数据模型的研究 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2001, 26(5): 387 ~ 392.]