1000-9825/2000/11(12)1598-09 ©2000 Journal of Software 软件学报 Vol.11, No.12

空间推理与地理信息系统综述*

刘亚彬，刘大有

(吉林大学 计算机科学系，吉林 长春 130023)

(吉林大学 符号计算与知识工程国家教育部开放实验室，吉林 长春 130023)

E-mail: yabinl@public.cc.jl.cn

摘要：对空间推理SR(spatial reasoning)和地理信息系统GIS(geographic information system)进行了全面的综述.介绍了空间推理和地理信息系统的应用和国内外发展概况，在对大量资料进行分析的基础上，给出了空间推理和地理信息系统的关键属性、主要研究方向和研究热点.

关键词：空间推理；地理信息系统

中图法分类号：TP18 **文献标识码**：A

空间推理是指利用空间理论和人工智能AI(artificial intelligence)技术对空间对象进行建模、描述和表示，并据此对空间对象间的空间关系进行定性或定量分析和处理的过程.目前，空间推理被广泛应用于地理信息系统、机器人导航、高级视觉、自然语言理解、工程设计和物理位置的常识推理等方面，并且正在不断向其他领域渗透，其内涵非常广泛.空间推理的研究在人工智能中占有很重要的地位，是人工智能领域的一个研究热点.

地理信息系统是一个能够收集、存储、处理和显示地理空间信息(例如，表示位置的数据)的计算机系统.一些研制者甚至认为地理信息系统还包括操作人员和系统的数据[1].地理信息系统技术被广泛用于科学调查、军事、资源管理和发展规划等领域.地理信息系统是空间推理应用得最为广泛的领域之一，也是空间推理的研究热点之一.

本文第1节对空间推理的"领域问题"(FAQs)进行了全面的综述.第2节对地理信息系统的"领域问题"进行了全面的综述.

1 空间推理综述

空间推理的研究起源于70年代初，最初是以量空间(例如，仅包括{-,0,+}的量空间，它代表实数线的两个半开区间以及它们的分界点)为研究对象的.多维的并且不能通过单一的纯量空分表示的空间，只是在近年来才成为AI，更确切地说，成为了知识表示中的一个重要研究领域[2].由于空间推理的研究对象的转变，极大地扩展了空间推理的应用领域，使空间推理的理论和应用研究近年来有了长足的进展.

在国外，近年来成立了许多专门从事空间推理方面研究的协会和联盟，如NCGIA(National Center for Geographic and Analysis)，USGS(U.S. Geological Survey)，欧洲定性空间推理网SPACENET以及匹兹堡大学的空间信息研究组和慕尼黑大学空间推理研究组等等.国际知名期刊Artificial Intelligence近年来发表了许多篇空间推理方面的文章，而且呈逐年增长的趋势，这可以从这本期刊近年来的总目录中看出.在一些大学里，不仅有越来越多的研究人员从事空间推理方面的研究工作，而且还在大学生和研究生中开设了空间推理方面的课程.近几年来，空间推理方面的学术会议也越来越多.IJCAI(international joint conference on artificial intelligence)

* 收稿日期：2000-04-17；修改日期：2000-10-29

基金项目：国家自然科学基金资助项目(69883003)；国家863高科技项目基金资助项目(863-306-ZB05-01-2)；国家教育部博士点基金资助项目；吉林大学符号计算与知识工程国家教育部开放实验室基金资助项目

作者简介：刘亚彬(1965—)，男，辽宁锦州人，博士生，讲师，主要研究领域为知识工程，空间推理；刘大有(1946—)，男，河北乐亭人，教授，博士生导师，主要研究领域为知识表示，知识工程，Agent系统，空间推理，专家系统，GIS.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

自 1993 年以来已经召开过 3 次空间推理研讨会;NCGIA 自成立以来也已组织过两次空间推理研讨会.2000 年 6 月在美国新奥尔良召开的 IEA/AIE-2000(industrial & engineering applications of artificial intelligence & expert systems)研讨会,2000 年 6 月在美国德克萨斯州召开的 AAAI-2000 研讨会,2000 年 8 月在柏林的 Humboldt 大学召开的 ECAI-2000(14th European conference on artificial intelligence)等人工智能学术会议,都是以时空推理为主题的[3~5].许多大学和研究机构纷纷在 Internet 网上建立了空间推理网站,通过这些网站,研究人员可以十分方便地查询资料和进行交流.截止到 2000 年 4 月初,Internet 网上共有空间推理方面的网站 11 700 多个.以上种种迹象表明,空间推理已成为人工智能的一个成熟领域.

1.1 空间推理及其关键属性

究竟什么是空间推理?什么样的空间实体是我们可以接受的?空间推理具有哪些性质或属性?空间推理的主要研究方向和研究热点有哪些?对这些"领域问题"的正确回答和解释是我们进一步开展研究工作的基础.

我们查阅了大量的关于空间推理的论文、仔细研究了专门从事空间推理方面研究的组织机构的工作,并浏览了 Internet 网上的许多关于空间推理方面的站点,但只发现了一些关于空间推理的不同侧面的解释和说明,却始终没有找到有关空间推理的全面的、权威的定义.我们对一些学者给出的解释和说明[6~9]进行了回顾、分析和比较后认为,所谓空间推理是指利用空间理论和人工智能技术对空间对象进行建模、描述和表示,并据此对空间对象间的空间关系进行定性或定量分析和处理的过程.

在空间推理过程中,我们必须确定什么样的空间对象是我们可以接受的(即特定空间的本体论).本体论的第 1 个问题是,什么是空间对象的基元?在数学空间理论中,点(或点和线)被视为空间对象的基元,诸如区域之类的扩展空间对象可以被视为点的集合.而在空间推理领域中,则倾向于将空间区域视为空间对象的基元.其理由是:首先,如果利用空间理论对物理对象进行推理,那么任何实际物理对象的空间延伸必定类似于空间区域,而不会类似于点之类的更低维的对象;其次,大多数自然语言提及的"点"也不是精确的点;第 3,如果需要,研究者可以利用空间区域来定义点[10].但是,当我们对一个三维物理对象进行抽象时,有时需要把一个三维物理对象视为二维甚至一维对象.本体论的第 2 个问题是,什么是嵌入空间的本质?按照惯例,研究者可以将嵌入空间的本质视为 R^n.但研究者也可以把嵌入空间想像为离散或有限的,这样可能对我们的实际应用更有帮助.本体论的最后一个问题是,如何为多维空间建模?一个方法是分别考虑每一维,每个区域分别向每一个维上作投影,然后在每一维上进行推理.此方法的不足是两个实际上不重叠的个体,它们的投影却可能重叠在一起.

至此,我们认为,空间推理具有以下 11 项关键属性,其中,至少前 7 项是基本空间推理所必须具备的,其余的为可选项.

(1) 空间推理是以空间和存在于空间中的空间对象为研究对象.我们不能脱离空间和存在于空间中的空间对象来研究空间推理.

(2) 在空间推理过程中运用人工智能技术和方法.

(3) 空间推理处理的是一个或几个推理的问题.

(4) 空间推理是基于空间和存在于空间中的空间对象已经被建模的前提下.我们不能在没有模型的情况下讨论空间推理.

(5) 空间推理必须能够给出关于空间和存在于空间中的空间对象的定性或定量的推理结果.

(6) 空间推理必须能够描述空间行为.

(7) 当空间推理模型把问题分解为几个组成部分时,必须能够描述这些组成部分的相互作用.

(8) 在空间推理过程中,可能用到空间谓词,空间中确定的点使某些空间谓词为真,而使另一些空间谓词为假.

(9) 空间推理应该能够处理带有模糊性和不确定性的空间信息.

(10) 空间推理中应该能够添加和处理时间因素,即成为时空推理.

(11) 空间推理应该具有空间自然语言理解能力.

目前,空间推理被广泛地应用于地理信息系统、机器人导航、高级视觉、自然语言理解、工程设计和物理位置的常识推理等领域,并且正在不断向其他领域渗透.正是由于空间推理具有广阔的应用现状和应用前景,才激励

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

着空间推理研究者不断研究和探索.

1.2 空间推理的主要研究方向

我们首先介绍几个有代表性的空间推理研究机构、网站以及它们的研究工作,在后面给出的空间推理的主要研究方向和研究热点是在对它们的研究工作进行分析和总结之后得到的.这些有代表性的空间推理研究机构和网站有以下几个:

• 美国国家地理空间数据交换所 NGDC(National Geospatial Data Clearinghouse)所属的 USGS(U. S. Geological Survey)站点是美国国家空间数据基础设施 NSDI(National Spatial Data Infrastructure)的重要组成部分.这个交换所提供了一个来自于 USGS 的查找地理空间信息或空间参考数据的途径,这些数据是以元数据的形式存在的.这个站点是由 USGS 和美国联邦地理数据委员会(FGDC——Federal Geographic Data Committee)共同维护的.USGS 根据数据内容可以分为生物学资源信息、地理信息、国家地图绘制信息和水资源信息这 4 个分布的数据集合.

• 美国国家地理信息和分析中心 NCGIA(National Center for Geographic Information and Analysis)是一个独立的研究联盟,致力于包括 GIS 在内的地理信息科学和相关技术的基础研究,成立于 1988 年.这个联盟的 3 个协会是加利福尼亚大学、布法罗大学和缅因州大学,主要由国家自然科学基金会 NSF(National Science Foundation)资助,现在,这个联盟每年得到大约 500 万美元的资助.今天,NCGIA 已经成为一个国际的基础研究焦点,它的 3 个站点吸引了来自世界各地的短期和长期访问者,它的教育节目也满足了不同层次的学生的需要.NCGIA 的研究课题主要包括:空间数据的精度和不确定性、认知的模型和表示等.

• 欧洲定性空间推理网 SPACENET 是一个由多所大学联合的空间推理的网络,分布在欧洲的有 12 个 SPACENET 站点,是由欧盟资助的.由英国利兹大学计算机研究学院主任 Anthony Cohn 教授领导,致力于空间表示和自动推理(尤其是定性空间推理)以及拓扑和形式化的空间模型.Cohn,Randell 和 Cui 等人曾提出了著名的区域连接演算(RCC)算法.

• 匹兹堡大学的空间信息研究组,是一个致力于空间信息的理解和应用的研究机构.它们的研究主要涉及 GIS、超文本导航和科学可视化的特征、空间推理的形式方法和人们对空间认识经验的研究.

• 慕尼黑大学空间推理研究组,主要研究方向是定性空间推理.包括空间位置知识的表示、空间信息传播约束、定性空间推理和神经网络模型的综合.

• 瑞士洛桑的 AI 实验室 EPFL,主要研究方向包括自然语言的语义和逻辑分析、时空推理、语言和感知之间的关系.

通过对以上一些有代表性的空间推理研究机构和网站以及它们的研究工作的分析和总结,在查阅许多空间推理方面的论文的基础上,我们得到了空间推理的主要研究方向.由于空间推理涉及的内容和空间推理的应用领域都十分广泛,我们不能把空间推理的研究方向列举得过于详细.下面给出的主要研究方向是我们对空间推理的许多研究方向进行分类、归纳和整理之后得到的.

(1) 空间数据库的精度.

(2) 空间关系语言.

(3) 空间推理与地理信息系统.

(4) 空间决策支持系统.

(5) 空间数据的不确定性处理.

(6) 形式化的绘图知识.

(7) 时空推理.

(8) 定性空间推理.

(9) 空间推理的用户界面.

(10) 基于实例(CASE-BASED)的空间推理.

(11) 空间推理的认知问题.

(12) 空间推理与机器人视觉.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

(13) 常识推理.

(14) 区域连接演算 RCC-8.

1.3 空间推理的研究热点

大量的空间推理文献、近年来召开的国际空间推理学术会议以及 Internet 网的空间推理站点都表明,时空推理 STSR(spatio-temporal spatial reasoning)、定性空间推理 QSR(qualitative spatial reasoning)和地理信息系统是空间推理的研究热点.

• 时空推理

总的来说,影响空间推理结果的因素包括空间因素和时间因素.所谓时空推理是指在空间推理过程中添加时间因素.地表、地下和大气等空间对象的状态不仅受到空间因素的影响,同时,从一个漫长的时间过程来看,也必将受到时间因素的影响.可以说,时空推理是更为一般的空间推理,或者可以说空间推理是时空推理的一个特例.目前,时空推理方面的研究还处于起步阶段.下面,我们简单地介绍一些权威学者对时空推理的认识和他们提出的时空推理模型[11,12].

Richard A. Block 在他的论文"Psychological Time and the Processing of Spatial Information"中指出:"与其说空间为时间提供了一个框架,不如说时间感知为空间感知提供了一个框架"."位置和持续时间之间、个人经验和常识之间以及期望和回顾之间存在重要的区别".他提出了上下文时间模型,并且把它扩展到空间,模型着眼于哪些变量对持续时间和其他种类的时间体验之间及行为和判断之间的相互作用有影响,这些变量包括实验者的特征、时间周期、时间周期上的活动和时间行为.

A. G. Cohn, Z. Cui, D. A. Randell 在他们的论文"Exploiting Temporal Continuity in Qualitative Spatial Calculus"中提出了一个空间知识推理的逻辑框架,目的是为人工智能系统的表示和推理提供一个形式上的时间和空间的公理理论.他们的形式方法可以用于时间或空间区域,并且提供了一套基本关系和推理机.特别是他们定义了基本关系的合成表,可以用于检验时空约束,甚至用于检验区域特征的时空演变.

在论文"Temporal Dynamics and Geographic Information Systems"中,Stephen Stead 认为,现实世界是沿着一条根据数值的时间范围划分的有唯一顺序的时间路线运转.他借鉴考古应用中的为时间建模的方法,提出了标准切割时间技术方法,存储风景快照作为解释背景.Stead 把已知数据元素表示在四维空间(x,y,z 和 t)中,这样一来,就可以为现实世界的过程建模了.

2000 年 6 月在新奥尔良召开的 IEA/AIE-2000 研讨会和在德克萨斯召开的 AAAI-2000 研讨会以及 2000 年 8 月在柏林召开的 ECAI-2000 等空间推理研讨会,都是以时空推理为主题的.

• 定性空间推理

当描述一个空间配置或对这样的配置进行推理的时候,要获得精确、定量的数据通常是不可能的或不必要的.在这种情况下,可能要用到关于空间配置的定性推理[13].定性空间表示包括许多不同的方面,我们不仅要判定什么样的空间实体是我们可以接受的,同时还要考虑描述这些空间实体之间关系的不同方法.例如,我们可以仅考虑它们的拓扑结构、大小、形状,或它们之间的距离.当然,这些概念之间并不是完全独立的[14].

Clarke 用 $C(x,y)$ 表示两个区域 x 和 y 是相互连接的,所谓连接是指两个由点集构成的区域共享一点.在区域连接演算 *RCC*-8 系统中,这种解释被稍加改动为:共享一点的区域的闭包,改动后的解释有助于区分区域、区域的闭包和区域的内部.*RCC*-8 是用于定性空间表示和推理的拓扑结构方法,定性空间表示和推理中的空间区域是一个非空的拓扑空间子集.在 *RCC*-8 演算中,使用 8 个穷举并且不相交的关系来描述两个空间区域之间的拓扑关系.

另一个拓扑关系表示和推理的方法是"n-交集"表示[15,16],在这种表示方法中,每一个区域都与 3 个点的集合联系在一起,这 3 个点的集合分别是区域的内部、区域的边界和区域的补.两区域间的关系可以通过用一个被称为 9-交集的 3×3 的矩阵来刻画,矩阵的每个元素表示来自每个区域的相应集合的交集是否为空.实际上,利用一个更为简单的 2×2 的 4 交集矩阵就可以充分地描述 *RCC*-8 关系.可是,3×3 的矩阵允许表示更多的考虑到区域和嵌入空间之间关系的集合.

• 地理信息系统

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

地理信息系统技术被广泛用于科学调查、军事、资源管理和发展规划等领域.例如,当发生自然灾害时,应急规划者可以利用地理信息系统容易地计算出响应时间,也可以利用地理信息系统来查找受到波及的区域.

地理信息系统与空间推理有着密不可分的关系.首先,在地理信息系统中往往需要利用空间推理理论.其次,绝大多数的空间推理研究机构和网站的空间推理研究都涉及到地理信息系统.再次,在空间推理方面的文献中,有关地理信息系统的研究是最多的.最后,地理信息系统是空间推理的最成熟也是最广泛的应用领域.下面,我们介绍地理信息系统.

2 地理信息系统综述

地理信息系统是为了解决资源与环境等全球性问题而发展起来的技术与产业.世界上第1个地理信息系统管理系统于1964年产生于加拿大(C地理信息系统管理),它是针对加拿大丰富的土地资源,为农业服务而开发的.它的出现,为以后地理信息系统管理应用于其他国家和领域奠定了基础.70年代末80年代初,欧洲的大多数国家也相继开发了地理信息系统管理软件,如英国的VTRAK和GIMMS.但北美的软件产品仍然占欧洲市场的主导地位,如美国的ARC/INFO,MapInfo以及加拿大的SPANS等仍被欧洲各国广泛采用.目前,澳大利亚的地理信息系统管理软件在国际市场上也逐渐占据了重要地位,如遥感图像处理软件、GENAMAP等地理信息系统管理软件,其特点是技术新颖,通用性强,简单实用.目前,地理信息系统管理的应用领域已发展到60多个,且用户数以每年2.6倍左右的速度增长,成为年增长率为35%的新兴技术产业.

我国的地理信息系统研究始于70年代.1994年4月,中国地理信息系统协会的成立,标志着我国的地理信息系统技术和产业发展进入了一个新的阶段.目前,地理信息系统在北京、天津、上海等大城市和沿海地区已取得很大的发展.国家科技部将其列入"九五"重中之重科技攻关项目.MAPGIS,VIEWGIS,CITYSTAR,GEOSTAR等一批优秀国产GIS软件已经开始在众多领域得到广泛应用,成为国内GIS市场上一支不可忽视的力量.

2.1 地理信息系统的定义及其关键属性

关于地理信息系统的定义非常多,我们首先对一些学者和研究机构给出的定义[17~20]进行回顾、分析和比较.在此基础之上,我们认为USGS给出的定义是比较全面的.USGS(2000)认为,地理信息系统是一个能够收集、存储、处理和显示地理空间信息(例如,表示位置的数据)的计算机系统.为了更好地理解地理信息系统,我们有必要对"地理"、"信息"和"系统"进行简单说明.

· 地理

之所以使用"地理",是因为地理信息系统具有"地理"或"空间"特征.空间对象可以通过具体位置来引用或关联.例如,地图是现实世界中空间对象的图示表示,不同风格的符号、颜色和线用于表示二维地图中不同的空间特征.

· 信息

大量的数据都可以由地理信息系统来处理,所有现实世界对象都有特定的特征集合或描述属性集合.为了弄清所有的空间特征,必须存储和管理位置信息和非空间的文字数据.

· 系统

说明地理信息系统是基于系统方法的.地理信息系统可以把它的组成部分组合为一个综合的整体.

下面,我们给出地理信息系统的关键属性.我们认为,至少前5项是地理信息系统所必须具备的,其余为可选项.

(1) 地理信息系统是基于计算机的系统.

(2) 地理信息系统具有数据采集和数据输入功能.

(3) 地理信息系统具有数据存储和数据管理功能.

(4) 地理信息系统具有数据操作和数据分析功能.值得注意的是,这里提到的数据分析功能是指绘制等值线图、区域覆盖图和计算面积等传统的地理信息系统分析功能,不包括空间推理方面的功能.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

(5) 地理信息系统具有数据表示和数据输出功能.

(6) 地理信息系统应该能够根据现有的或增加的空间结构信息对空间结构进行定量或定性的推理.

(7) 地理信息系统应该能够处理具有模糊性和不确定性的信息.

(8) 地理信息系统应该能够添加和处理时间因素,这样的地理信息系统被称为时空地理信息系统.

(9) 地理信息系统应该能够处理面向对象的数据模型.

(10) 地理信息系统应该有非常友善的用户界面,使略有专业知识甚至不懂专业知识的操作人员可以方便地操作地理信息系统.

2.2 地理信息系统的起源和应用

在法国 Lascaux 附近的山洞中,发现了克鲁马努猎人(旧石器时代晚期在欧洲的高加索人种,生活在大约35000年前)绘制的动物图画,这些动物图画描述了追踪动物的路线和动物的迁徙路线.我们发现这些早期的记录符合现代地理信息系统的组成结构:图形文件与属性数据库相结合.

今天,生物学家把可以发射无线信号的项圈套在动物的脖子上,利用人造卫星上的接受器来接收动物的脖子上的项圈发射的无线信号,以此来追踪北美驯鹿和北极熊的迁徙路线.在地理信息系统中,使用不同颜色的线来标注动物的迁徙路线.于是,研究人员可以利用地理信息系统在旧的开发规划图上添加迁徙路线,以此确定旧的开发规划对动物的潜在威胁.

地理信息系统成为空间推理研究热点的一个极为重要的原因是,地理信息系统有非常广泛的应用现状和前景.下面,我们结合具体实例,从以下几个方面[31]简单地介绍地理信息系统的应用.同时,通过这些实例反映地理信息系统在国外的应用现状和发展趋势.

• 绘制地图

为了自动生成地图,研究人员把传统的地图制图技术与地理信息系统技术相结合.利用地理信息系统的数字方案(包括比例尺、行政边界和水文地理特征),绘图人员可以绘制出标准地图.

• 位置选择

地理信息系统可以帮助人们根据周围环境选择合适的位置.例如,自来水公司可以利用地理信息系统在区域为半英里的范围内寻找新水井的潜在位置.为了进行分析,自来水公司服务区域的数字地图已经存储在地理信息系统中,利用地理信息系统的缓冲功能,已经绘制出自来水公司服务区域半英里范围内的缓冲地带.缓冲地带"窗口"用于观察和组合各种各样的与水井位置选择有关的地图覆盖范围.土地使用情况图和土地覆盖显示图展示了区域的开发使用情况.在寻找水井位置时,地理信息系统用于根据土地使用情况图和土地覆盖显示图来选择未开发区域,对已开发区域不作更多的考虑.为了避免不能用作饮用水的河流中的水进入水井,可以利用地理信息系统为这些不能用作饮用水的河流建立一个缓冲范围,并且把这个缓冲范围也绘制在地图上.再把表示缓冲范围的地图与土地使用情况图和土地覆盖显示图结合起来,以避免对不能用作饮用水资源的河流区域的分析.

• 紧急响应规划

可以利用地理信息系统把公路网和地球科学信息相结合,以分析地震的后果和火灾响应时间.例如,消防队的位置是根据公路网来绘制的.地理信息系统调用的网络分析功能,用于计算应急交通工具从消防队到城市的不同区域所需的时间.网络分析功能考虑到两个因素,即从消防队到事发地点的距离和应急交通工具基于公路类型的行驶速度.通过假设在交叉路口发生故障的所有公路都无法通过,来描述因地震引起的公路网堵塞.这时,消防队就要绕道赶往事发地点,应急交通工具从消防队到事发地点所需的时间将显著延长.

• 地形显示

传统地图是真实世界的抽象,重要元素的采样通过表示实际对象的符号描绘在纸上,使用地图的人必须解释这些符号.地形图通过等高线来表示地表的形状,地表的实际形状仅能以智能视觉的形式来理解.地理信息系统中的图形显示技术可以用于生成逼真的三维透视图.例如,地理信息系统可以根据探测卫星发回的图像生成军事战区地形的三维透视图.

• 模拟环境效果

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

地理信息系统还可以用于模拟环境效果.例如,地理信息系统可以根据矿业公司提供建议的矿井的平面图(二维)、建议的矿井的海拔高度和已经被数字化的其他相关地形信息(例如,小土山和池塘)生成采矿后的地形结果透视图(三维),这个结果透视图生动地说明了采矿前后的地形变化,可更加有效地向观众传送信息.

2.3 现有的地理信息系统的不足和研究热点

Bittner 和 Frank 在他们的论文中称,"地理信息系统在空间数据的不确定性的处理和空间数据的有效组织方面的能力非常弱."[22]

香港大学的 Yee Leung 博士在他的专著中指出,"目前的地理信息系统提供了一个强大的数据输入、存储、检索和显示环境,而它们的分析、建模和推理能力受到了很大限制.它们基本上是处于数据丰富而理论缺乏的境地."NCGIA 的科学家认为,目前的地理信息系统的不足主要表现在以下几个方面[23~25],首先,地理信息系统的推理能力还非常有限;其次,目前的地理信息系统几乎不能处理地理信息系统中的不确定性;最后,目前的地理信息系统中还不能很好地添加和处理时间要素.

作者经过分类、归纳和整理,总结出了地理信息系统的研究热点问题供读者参考.这些研究热点问题主要有:

- 地理信息系统中模糊性不确定性的处理

不确定性广泛存在于地理信息中[26],是地理信息所固有的.因此,一个地理信息系统和其他空间推理系统应该能够有效地处理不确定性.

- 面向对象的地理信息系统

空间数据还可以通过面向对象的方法来表示.在空间对象视图框架中,空间对象被表示为熟悉的现实世界的对象,它直接反映用户感知现实的方式,不仅可以提供有效的用户接口,还可以通过封装和继承增强数据的重用性、可维护性和可扩充性.近年来,一些研究者已经开发了诸如 GEO++[27],Smallworld GIS[28]和 TIGRIS[29]之类的面向对象的 GIS 原型.但遗憾的是,迄今为止还没有真正的面向对象的地理信息系统.这些所谓的面向对象地理信息系统实际上是没有真正对象模型特征的对象处理程序,它们是伪装的对象视图用户接口.

- 时空地理信息系统

空间对象的状态不仅受到空间因素的影响,同时,从一个漫长的时间过程来看,也必将受到时间因素的影响.因此,一个 GIS 应该能够添加和处理时间因素,成为所谓的时空地理信息系统.

此外,随着空间推理的发展和数字地球研究课题的出现,又提出了许多新的研究热点.在这里,我们也列出了一些新的研究热点,供读者参考.这些新的研究热点包括:

- 利用全球定位系统 GPS(global position system)为不同环境中的民用或军事交通工具进行了导航的问题.
- 地理信息共享方法.
- 空间关系语言.
- 多任务地理信息系统.
- Agent 及多 Agent 系统与地理信息系统的综合.
- 空间相似性.
- 三维地理信息系统.
- 模糊(fuzzy)和粗糙(rough)地理数据的综合.
- 动作驱动的(action driven)的地理空间本体论.

3 结束语

虽然我们对空间推理和地理信息系统进行了较为全面的综述,但是,由于空间推理和地理信息系统所涉及的理论和应用领域十分广泛,再加上篇幅的限制,所以对一些理论和应用的介绍还不够详细.有兴趣的读者可以查阅本文已给出的或其他相关的参考文献.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

References:

[1] NCGIA Research Initiative. http://WWW.ncgia.ucsb.edu/research/.

[2] Renz, J., Nebel, B. On the complexity of qualitative spatial reasoning: a maximal tractable fragment of the region connection calculus. Artificial Intelligence, 1999,108(1/2):69~123.

[3] The IEA/AIE-2000 Workshop on Applications of Spatio-Temporal Reasoning Workshop Report, 1999.

[4] The AAAI-2000 Workshop on Spatial and Temporal Reasoning for Collaborating Mobile Agents Workshop Report, 1999.

[5] The ECAI-2000 Workshop on Current Issues in Spatio-Temporal Reasoning Workshop Report, 1999.

[6] Matsuyama, T., Wada, T. Cooperative spatial reasoning for image understanding. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1997,11(1):205~227.

[7] Egenhofer, M. J. Reasoning about binary topological relations. In: Gunther, O., Schek, H. J. eds. Second Symposium on Large Spatial Databases. Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 1991. 143~160.

[8] NCGIA Meeting & Conferences. http://lg.msn.com/intl/cn/.

[9] http://www.qucis.queensu.ca/~janice/spat.html/.

[10] Biacino, L., Gerla, G. Connection structured. Note Dame Journal of Formal Logic, 1991,32(2):61~75.

[11] Egenhofer, M. J. Abstracts of Paper. NCGIA Research Initiative. 1999.

[12] Goodchild, M.F. Discussions at the NCGIA Specialist Meeting. 1999.

[13] Renz, J. A canonical model of the region connection calculus. In: Cohn, A. G., Schubert, L., Shapiro, S. C., eds. Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Proceedings of the 6th International Conference (KR'98). 1998. 330~341.

[14] Leung, Y. Intelligent spatial decision support systems. Berlin: Springer-Verlag. 1997, 1998. http://nsdi.Usgs.gov/nsdi/.

[15] Clementini, E., Sharma, J., Egenhofer, M. J. Modeling topological spatial relations: strategies for query processing. Computer and Graphics, 1994,18(6):815~822.

[16] Egenhofer, M., Franzosa, R. Point-Set topological spatial relations. International Journal of Geographical Information System, 1991,5(2):161~174.

[17] GEODATA Institute. http://www.geodata.soton.ac.uk/.

[18] U. S. Geologic Surver URL. 1998. http://nsdi.Usgs.gov/nsdi/.

[19] Cohn, A., G. Calculi for qualitative spatial reasoning. In: Pfalzgraf, J., Calmet, J., Campbell, J., A. eds. Artificial intelligence and symbolic mathematical computation. Vol. 1138 of LNCS, Berlin: Springer-Verlag. 1996. 124~143.

[20] Paper presented at the International Workshop on Dynamic and Multi-Dimensional GIS held at Hong Kong, 1997.

[21] http://lg.msn.com/intl/cn/.

[22] Bittner, T., Frank, A. U. On representing geometrics of geographic space. In: Poiker, T.K., Chrisman, N., eds. Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Data Handling. 1998.

[23] Krek, A., Frank, A. Optimization of quality of geoinformation products. In: Proceedings of the 11th Annual Colloquium of Spatial Information Research Centre. 1999.

[24] Goodchild, M.F., Longley, P.A. The future of GIS and spatial analysis. In: Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., *et al.* eds. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management. New York: Joan Wiley & Sons. Inc., 1999. 567~580.

[25] Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., *et al.* Rhinal introduction. In: Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., *et al.* eds. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management. New York: John Wiley & Sons. Inc., 1999. 1~20.

[26] Guesgen, H.W. Reasoning about distance with words. In: Proceedings of the IJCAI-99 Workshop on Spatial and Temporal Reasoning. 1999. 55~61.

[27] Van Oosterom, P., Van Den Bos, J. An object-oriented approach to the design of geographic information system. Computer and Graphics, 1989,13:409~418.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

[28] Chance, A., Newell, R., Theriault, D. An object-oriented GIS: issues and solutions. In: Proceedings of the European GIS Conference. 1990. 179~188.

[29] Herring, J. TIGRIS: a data model for an object-oriented geographic information system. Computer and Geosciences, 1991,18:443~452.

A Review on Spatial Reasoning and Geographic Information System

LIU Ya-bin, LIU Da-you

(*Department of Computer Science, Jilin University, Changchun* 130023, *China*);

(*Symbol Computation and Knowledge Engineering, Open Laboratory of the Ministry of Education, Jilin University, Changchun* 130023, *China*)

E-mail: yabinl@public.cc.jl.cn

Received April 17, 2000; accepted October 29, 2000

Abstract: In this paper, a review is presented on the SR (spatial reasoning) and the GIS (geographic information system). The use and the general development situation of the SR and the GIS are introduced. By analyzing large amount information, the key attributes, the major directions of research and the hotspot of research of the SR and the GIS are given.

Key words: spatial reasoning; geographic information system

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn