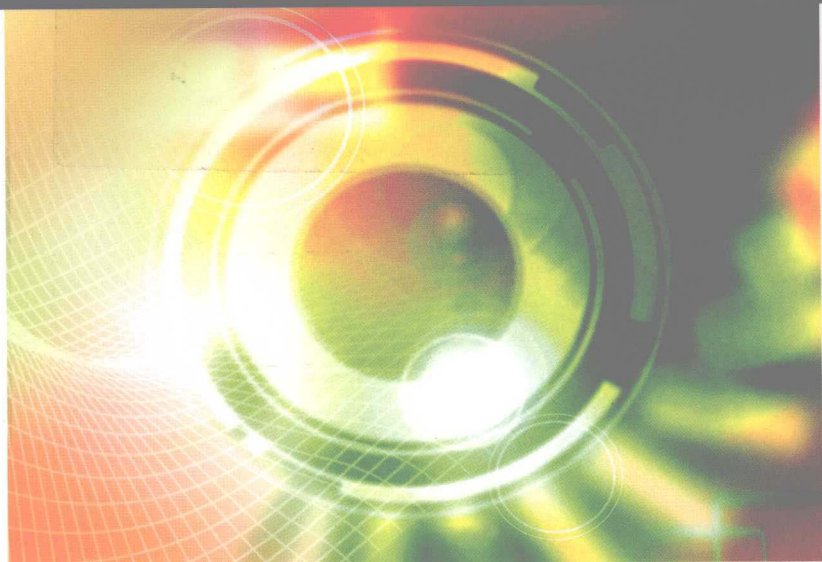


# 时空数据库 查询与推理

郝忠孝 著



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 时空数据库查询与推理

郝忠孝 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是在作者近十年进行时空数据库研究、教学的基础上撰写的。书中系统论述和分析了时空数据库、空间数据库、移动数据库等若干新的查询、空间数据推理等新技术和理论。

本书共分十四章,主要内容包括:空间数据库最近邻查询,基于Voronoi图的反向最近邻、组最近邻、多类型最近邻查询;线段最近邻、反向最近邻查询,基于线段索引树的平面线段集最近邻查询;基于空间填充曲线的高维空间最近邻、 $k$ -最近对、高维空间范围查询;基于主存 $\Delta$ -tree的高维数据连接;移动对象连续最近邻查询;主方向关系网络一致性;Vague区域关系和Vague方向关系组合推理,Vague区域关系和Vague时间关系组合推理等。

本书可作为计算机科学与技术、地理信息系统、机器人技术、人工智能、卫星遥感、气象分析、地质灾害分析等领域所包括的相关专业的高年级本科生或硕士生选修课教材,也可供从事上述领域研究的博士生、科研人员及工程技术人员等参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

时空数据库查询与推理/郝忠孝著. —北京:科学出版社,2010  
ISBN 978-7-03-027184-6

I. ①时… II. ①郝… III. ①数据库系统 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第061160号

责任编辑:卢秀娟 耿建业 / 责任校对:陈玉凤  
责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

陈海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年4月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年4月第一次印刷 印张:29 1/4

印数:1—2 500 字数:564 000

定价:78.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 作者简介



郝忠孝,教授,山东蓬莱人,1940年12月生,中共党员,曾任原东北重型机械学院副院长,齐齐哈尔大学副校长,哈尔滨理工大学学术委员会主席。现任哈尔滨理工大学博士生导师、哈尔滨工业大学博士生导师(兼)。原机械电子工业部有突出贡献专家、享受国务院政府特殊津贴、全国优秀教师、省共享人才专家、

省级学科带头人、省计算机学会副理事长。

主要研究领域:①空值数据库理论。在国内外首次提出了空值数据库数据模型,完成一系列相关研究,形成了比较完整的理论体系,著有国内外第一部该方面的论著《空值环境下数据库导论》。②数据库 NP-完全问题的求解问题。首次基本解决了求全部候选关键字、主属性,基数为  $M$  的候选关键字,最小候选关键字等问题,著有《关系数据库数据理论新进展》一书。③数据库数据组织的无环性理论研究。对无  $\alpha$  环、无  $\beta$  环、无  $\gamma$  环的分解条件与规范化理论研究方面有了突破性进展,著有《数据库数据组织的无环性理论》。④时态数据库理论研究。系统提出并完成了时态数据库中基于全序、偏序、多粒度环境下的各种时态理论问题研究,完成了《时态数据库设计理论》的论著。⑤主动数据库理论研究,著有国内外第一部该方面的论著《主动数据库系统理论基础》。⑥空间、时空数据库理论研究,首次解决了空间数据库线段最近邻查询的问题,著有《时空数据库查询与推理》。

作为负责人完成了国家、省部级项目 10 项;获省部级科技进步奖一、二、三等奖共 6 项。发表学术论文 250 余篇,其中,国家一级论文 160 余篇、在《计算机研究与发展》上发表个人学术论文专辑两部,被 SCI、EI 等检索 130 余篇。1991 年发表学术论文数居中国科技界第五位(并列)。著书六部。

## 前 言

数据库技术是在 20 世纪 60 年代末作为数据管理的最新技术登上数据处理舞台的。四十年来,数据库技术和计算机网络技术已成为当今世界计算机应用中两个最重要的基础领域。80 年代以来,由于非传统应用领域的不断扩大,针对一些特殊领域的应用提出了许多新的数据管理要求功能,传统数据库已经不具备这种能力。

针对一些特殊领域的应用,空间数据库和时态数据库已经成为现代数据库的两个重要分支。但是,随着越来越高的数据库应用要求,单独的时态数据库和空间数据库已经无法满足需求,在这种情况下,时空数据库的诞生成为必然。空间数据库一般不保存历史变化或只保留若干典型时间点的全局状态快照序列,具有较弱的时空语义建模能力,无法提供时态分析功能。而时空数据库是包括时间和空间要素在内的数据库系统,其时空模型是一种有效组织和管理时态地理数据、属性、空间和时间语义更完整的数据模型。

关系数据库虽然能够支持空间数据的存储,能够较好地处理拓扑关系,但是由于空间数据的多维性与关系数据库中的二维表不相适应,无法支持对空间数据的高效访问,对表示横跨空间区域的复杂层次关系无能为力。对于面向对象的数据模型虽然能够处理拓扑关系和层次关系,但对空间中重要的连续性现象的处理却有些乏力,迫使研究人员必须考虑能够为空间数据处理服务的模型,这是产生空间数据库的原因。“空间数据处理”这一术语是在 1972 年开始使用的;2003 年美国学者 Shekhar 和 Chawla 所著的 *Spatial Databases*, 是国际上第一本全面论述空间数据库的著作,该书全面而简洁地介绍了空间数据库的基本主题。

在关系数据库中,最主要的查询手段是由一组固定的基本操作构成的,这些基本的关系操作是构成复杂查询的基本构件。而空间数据库却没有这种规范的固定的基本操作,起码是到目前为止还没有能够实现满足所有应用要求的这种规范且固定的基本操作。

空间操作的算法有三个必须考虑的出发点:算法的正确性、CPU 的代价、I/O 代价。这就促使算法的设计过程比关系数据库中的算法设计过程更为复杂。而在关系数据库中,通常只考虑算法的时间复杂度。

空间数据库及时空数据库作为现代的面向对象的高级数据库技术,正广泛应用于与空间时间数据有关的许多领域,国内外学者对其理论、结构和实现技术等方面进行了广泛的研究。其中,有关空间及时空数据库的查询问题是当今空间及时

空数据库的研究重点。

时空数据库是对移动对象的相关信息数据进行描述、存储和处理的。移动对象数据库是时空数据库的一个重要分支。移动对象与空间对象数据的不同之处就在于它的任何一个数据项的时间戳的帧都是单调递增的,其数据处于不停地变化与更新中。

空间数据库系统是描述、存储和处理空间数据及其属性数据的数据库系统。空间数据库基本功能包括三个方面:①对空间数据的存储;②对空间数据查询的支持;③对空间数据分析推理。

对空间数据的存储技术本书不做重点讨论。本书重点讨论的问题是三个基本功能的两个:①空间数据查询;②空间数据分析推理。

空间数据查询既有属性查询,也有空间查询,还可实现空间与属性之间的交叉查询。

空间查询与空间分析推理是最重要的功能,也是区别于其他数据库系统的本质特征。

空间推理(Spatial Reasoning)是人工智能学科处理常识性空间知识的一种方法。定性空间推理(Qualitative Spatial Reasoning)是通过定义一组空间关系并寻找这些关系间的联系来进行的,其研究对象是人类对几何空间中空间对象及其定性关系认知常识的表示与处理过程。

空间推理的核心是定性空间推理,定性空间推理主要是针对空间关系的推理。空间关系(包括拓扑关系、方向关系、度量关系)是空间查询与分析的基础。定性空间推理是对几何形状或者运动性质进行定性的推理。

20世纪90年代后期到现在,有关空间数据库的大量论文开始出现,空间数据库、时空数据库、移动对象数据库开始成为数据库系统领域研究的一个重要部分。数据库的应用无论是面向实际工程应用,还是面向非实际工程应用均具有很高的实用价值和经济价值。因此,本书重点和较为深入的讨论时空数据库、空间数据库、移动对象数据库查询与空间分析推理的理论问题。

由于查询的研究远未达到满意程度,特别是空间推理中的定性空间推理问题中的有些问题还刚刚起步,甚至远未达到解决实际问题的程度。本书将对空间、时空、移动数据库最近邻和其他类型的查询所取得的部分成果分别作出讨论和详细介绍。

本书通过讨论它们的空间查询与空间分析推理的理论如果能够起到抛砖引玉的作用,正是作者所期盼的。另一个目的是作者从事数据库理论研究工作三十余年,作为一种责任想把研究的一些结果留给年轻同志,使有兴趣的同行和读者深入到这一领域。

本书以时空数据库各类查询方法和数据推理为主线,力求用通俗易懂的语言

来较为全面、系统地介绍包括:空间数据库最近邻查询、基于 Voronoi 图的反向最近邻、组最近邻、多类型最近邻查询;线段最近邻、反向最近邻查询,基于线段索引树的平面线段集最近邻查询;基于空间填充曲线的高维空间最近邻、 $k$  最近对、高维空间范围查询;基于主存  $\Delta$ -tree 的高维数据连接;移动对象连续最近邻查询;主方向关系网络一致性;Vague 区域关系和 Vague 方向关系组合推理,Vague 区域关系和 Vague 时间关系组合推理等。对这些内容的相关技术、理论进行了详细的讨论,特别对于数据推理均进行了实例分析。力求做到条理清晰、逻辑性强、易于理解。

本书可作为计算机科学与技术、地理信息系统、机器人技术、人工智能、卫星遥感、气象分析等领域所包括的相关专业的高年级本科生或硕士生选修课教材,也可供从事上述领域研究的博士生、科研人员及工程技术人员等参考。

本书的出版得到了哈尔滨理工大学的鼓励和支持、科学出版社林鹏、耿建业和卢秀娟同志的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

我的学生李松、刘永山、王森、李博涵、徐洪波、刘艳、宋广军、孙冬璞、何云斌、刘润涛等博士做了大量的富有成效的工作。本书的所有图表的绘制由李松、王森等博士完成。特别是李松对全书进行了审校,提出了许多宝贵的意见。在此书出版之际,向他们表示诚挚的感谢。

作 者

2010年1月于哈尔滨

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 预备知识</b> .....	1
1.1 时空数据库概述 .....	1
1.1.1 空间数据库基本功能与分类 .....	1
1.1.2 空间数据类型 .....	2
1.1.3 空间数据结构 .....	3
1.1.4 空间数据特征 .....	4
1.1.5 空间对象具有的特殊性 .....	5
1.2 空间数据存储和查询 .....	6
1.2.1 空间数据存储 .....	6
1.2.2 空间查询 .....	7
1.2.3 空间对象近似化 .....	9
1.2.4 空间查询处理步骤 .....	9
1.3 空间数据库索引 .....	11
1.3.1 空间数据库索引技术概述 .....	11
1.3.2 B-树和 B <sup>+</sup> 树索引结构 .....	11
1.3.3 R-树索引结构 .....	13
1.3.4 R-树操作 .....	15
1.3.5 R <sup>*</sup> 树 .....	21
1.3.6 四叉树及其变形树 .....	22
1.4 本章小结 .....	23
<b>第 2 章 空间数据库最近邻查询</b> .....	24
2.1 空间数据库最近邻查询概况 .....	24
2.1.1 空间数据库最近邻查询的意义 .....	24
2.1.2 空间数据库最近邻查询的研究现状 .....	25
2.1.3 最近邻查询方法概论 .....	26
2.2 顺序最近邻查询 .....	27
2.2.1 最近邻查询的定义 .....	27
2.2.2 最近邻查询的测量距离 .....	28
2.2.3 基于 R-树的最近邻顺序查询算法 .....	31



2.3	Voronoi 图及生成方法 .....	32
2.3.1	Voronoi 图的定义与性质 .....	33
2.3.2	基于 Voronoi 图的邻近关系类型 .....	35
2.3.3	Delaunay 三角网的定义与性质 .....	35
2.4	静态环境下基于 V-树的 NN 查询 .....	37
2.4.1	基于 Voronoi 图的 V-树结构 .....	37
2.4.2	基于 Voronoi 图的 1NN 查询 .....	40
2.5	基于 Voronoi 图的 $k$ NN 查询 .....	41
2.6	静态环境下基于 Voronoi 图的 $c$ NN 查询 .....	44
2.6.1	连续最近邻查询问题的定义和描述 .....	45
2.6.2	基于 Voronoi 图的 $c$ NN 查询算法 .....	45
2.7	动态创建局部 $k$ 阶 Voronoi 图的连续 $ck$ NN 查询算法 .....	47
2.8	本章小结 .....	50
<b>第 3 章</b>	<b>反向最近邻查询 .....</b>	<b>52</b>
3.1	反向最近邻查询概述 .....	52
3.1.1	问题产生背景 .....	52
3.1.2	反向最近邻查询研究现状 .....	53
3.2	反向最近邻查询的定义与性质 .....	54
3.2.1	反向最近邻查询定义 .....	54
3.2.2	反向最近邻查询的性质 .....	54
3.3	基于 RNN-树的反向最近邻查询算法 .....	57
3.4	基于 RDNN-树的反向最近邻查询算法 .....	60
3.5	Delaunay 图的增量生成方法 .....	63
3.5.1	基础定义与定理 .....	63
3.5.2	Delaunay 图的增量生成算法 .....	64
3.6	基于 Delaunay 图的反向最近邻查询 .....	66
3.6.1	Delaunay 树 .....	66
3.6.2	基于 Delaunay 图的反向最近邻查询算法 .....	66
3.7	本章小结 .....	70
<b>第 4 章</b>	<b>基于 Voronoi 图的组和多类型最近邻查询 .....</b>	<b>71</b>
4.1	基本定义与定理 .....	71
4.2	基于 Voronoi 图的组最近邻查询 .....	75
4.3	局部范围约束的多类型最近邻查询 .....	77
4.3.1	基本概念 .....	78
4.3.2	满足范围约束条件的查询算法 .....	79

4.3.3	单个数据集的处理算法	81
4.3.4	局部范围约束的多类型最近邻查询算法	82
4.3.5	Pcmt_NN 算法的剪枝策略及分析	83
4.4	障碍物群中最优有序路径的查询	85
4.4.1	基本定义	85
4.4.2	$k$ 完全相异可视最优有序路径查询	89
4.4.3	障碍空间 $k$ 全局相异最优有序路径查询	94
4.5	本章小结	98
<b>第 5 章</b>	<b>线段的最近邻查询</b>	<b>100</b>
5.1	线段最近邻查询的基本理论	100
5.1.1	点与线段最近邻查询的相关定义	100
5.1.2	线段与线段不相交时的位置关系	103
5.1.3	基于两条线段不相交的有关定理	105
5.2	线段最近邻查询方法	108
5.2.1	R-树中 MBR 与线段的 MBR 的筛选规则	108
5.2.2	基于 Mindist 的筛选规则	108
5.2.3	判断线段与线段的位置关系的算法	109
5.2.4	线段与线段不相交时位置关系的确定算法	110
5.2.5	查询线段与被查询线段的最近距离的算法	110
5.2.6	查询线段在 R-树中的遍历算法	111
5.3	基于线段索引树 SI-树的平面线段集最近邻查询	112
5.3.1	线段索引树 SI-树	112
5.3.2	线段索引树的生成	114
5.3.3	线段集的最近邻查询的剪枝规则	115
5.3.4	基于 SI-树的最近邻查询算法	116
5.4	线段的反向最近邻查询	119
5.4.1	平面线段反向最近邻的相关定义	119
5.4.2	基于 Rcd-树的平面线段反向最近邻查询算法	120
5.5	本章小结	122
<b>第 6 章</b>	<b>基于空间填充曲线的空间查询</b>	<b>124</b>
6.1	基于空间填充曲线网格划分最近邻查询	125
6.1.1	Hilbert 曲线的映射方法	126
6.1.2	Z 曲线的映射方法	128
6.1.3	Gray 曲线的映射方法	129
6.1.4	基于空间填充曲线索引结构	131

6.2	基于空间填充曲线最近邻查询 .....	132
6.3	高维空间基于 Z 曲线的近似 $k$ 最近对查询 .....	143
6.3.1	基本定义 .....	143
6.3.2	高维空间基于 Z 曲线的近似 $k$ 最近对查询算法 .....	145
6.3.3	误差分析 .....	147
6.4	基于 Hilbert 曲线的高维 $k$ 最近对查询 .....	148
6.4.1	网格划分 .....	149
6.4.2	基于 Hilbert 曲线的高维 $k$ 最近对查询 .....	151
6.5	基于 Hilbert 曲线的近似 $k$ 最近邻查询 .....	154
6.6	基于 Z 曲线高维空间范围查询 .....	156
6.6.1	网格划分 .....	156
6.6.2	分割规则 .....	159
6.6.3	Z 曲线的高维空间范围查询算法 .....	162
6.7	基于 $B^Z$ 树高维空间范围查询 .....	163
6.7.1	$B^Z$ 树索引结构 .....	164
6.7.2	$B^Z$ 树上的操作 .....	165
6.7.3	$B^Z$ 树高维空间范围查询算法 .....	166
6.8	基于 Hilbert 曲线网格划分聚类 .....	167
6.8.1	聚类 .....	168
6.8.2	基于 Hilbert 曲线网格划分聚类算法 .....	169
6.9	本章小结 .....	178
<b>第 7 章</b>	<b>曲面最近邻及反向最远邻查询</b> .....	<b>180</b>
7.1	柱面及锥面上的点最近邻查询 .....	180
7.2	球面上的点的最近邻查询 .....	182
7.2.1	利用球面 Voronoi 图计算最近邻 .....	182
7.2.2	利用欧式空间内的空间数据索引结构 .....	183
7.2.3	降维方法 .....	183
7.2.4	曲面投影于平面 .....	187
7.3	反向最远邻的过滤与查询 .....	189
7.3.1	查询点的 RFN 过滤判断 .....	190
7.3.2	过滤后给定点的 RFN 的查询 .....	192
7.3.3	RFF 查询及动态更新 .....	194
7.4	动态数据集的反向最远邻 .....	196
7.4.1	增加数据点的情况 .....	196
7.4.2	减少数据点的情况 .....	197

---

7.5 本章小结 .....	198
<b>第8章 基于主存 <math>\Delta</math>-tree 的高维空间连接</b> .....	<b>200</b>
8.1 理论基础 .....	200
8.1.1 主成分分析 .....	200
8.1.2 $\Delta$ -tree .....	201
8.2 基于主存 $\Delta$ -tree 的高维数据自相似连接算法 .....	202
8.3 基于主存 $\Delta$ -tree 的高维空间相似连接处理 .....	210
8.3.1 基于主存 $\Delta$ -tree 的相似连接索引结构 .....	210
8.3.2 基于主存 $\Delta$ -tree 的相似连接算法 .....	214
8.4 基于主存 $\Delta$ -tree 的高维空间 $k$ NN 连接处理 .....	216
8.4.1 基于主存 $\Delta$ -tree 的 $k$ NN 连接索引结构 .....	216
8.4.2 基于主存 $\Delta$ -tree 的 $k$ NN 连接算法 .....	222
8.5 本章小结 .....	229
<b>第9章 时空数据库最近邻查询</b> .....	<b>230</b>
9.1 时空移动对象概述 .....	230
9.1.1 移动对象的描述 .....	230
9.1.2 移动对象环境的特点 .....	231
9.1.3 移动对象数据的空间属性 .....	231
9.1.4 移动对象的位置的表示 .....	232
9.1.5 对象位置不确定性的表示与处理 .....	232
9.2 时空数据库索引技术 .....	233
9.2.1 移动对象索引技术 .....	233
9.2.2 时空数据库索引技术要求 .....	234
9.2.3 TPR-树时空索引结构 .....	235
9.2.4 TPR* 树 .....	238
9.3 基于 TPR-树的时间段最近邻查询 .....	239
9.3.1 基于 TPR-树的时间段最近邻查询 .....	240
9.3.2 基于分界时间的 TPR-树最近邻查询算法 .....	242
9.4 移动对象的连续 $k$ 最优有序路径查询 .....	244
9.4.1 基本概念 .....	244
9.4.2 移动对象的连续 $k$ 最优有序路径查询 .....	246
9.4.3 静态全局算法 .....	247
9.4.4 动态局部算法 .....	248
9.5 移动对象动态反向最近邻查询 .....	251
9.5.1 基本定义与定理 .....	251

9.5.2	利用时空距离函数计算移动对象 $q$ 的动态最近邻	253
9.5.3	利用时空距离函数及限界区域查询 $q$ 的动态反向最近邻	256
9.5.4	时空索引结构	259
9.5.5	时间段里 $q$ 的动态反向最近邻查询算法	260
9.6	本章小结	262
<b>第 10 章</b>	<b>时空道路网络中最近邻查询</b>	264
10.1	启发式计算时空道路网络的最近邻查询理论基础	264
10.1.1	查询模式分析	265
10.1.2	选择移动查询点的最近邻启发式规则	266
10.1.3	$P$ 区域和 $R$ 区域	266
10.1.4	道路网络的划分和边界点的选择	269
10.2	启发式时空道路网络中的最近邻查询	269
10.2.1	启发式时空道路网络中的最近邻查询算法	269
10.2.2	启发式时空道路网络中的连续最近邻查询算法	271
10.3	时空道路网络中移动对象的连续最近邻查询	272
10.3.1	基本定义和定理	272
10.3.2	$c$ NN 查询算法	275
10.3.3	实例分析	279
10.4	网络环境下移动对象的不确定性最近邻查询	281
10.4.1	移动对象的不确定性轨迹模型	281
10.4.2	相关概念	285
10.4.3	道路网络中移动对象的概率近邻查询过程	285
10.4.4	概率计算	289
10.5	本章小结	294
<b>第 11 章</b>	<b>移动对象的轨迹查询</b>	296
11.1	移动对象轨迹的描述	296
11.1.1	插值方法	296
11.1.2	插值方法描述轨迹	297
11.1.3	道路网络轨迹的插值方法	301
11.1.4	线性函数表示方法	302
11.2	移动对象的不确定轨迹和查询	302
11.2.1	时间不确定性	302
11.2.2	空间不确定性	303
11.2.3	时空不确定性	303
11.2.4	轨迹的不确定查询	305

---

11.2.5	移动对象轨迹的更新策略	308
11.3	移动对象过去轨迹查询	308
11.3.1	轨迹更新索引	309
11.3.2	原四叉树索引存在的不足	311
11.3.3	将来轨迹 FT-四叉树	312
11.3.4	更新算法	313
11.3.5	基于 FT-四叉树的高维空间查询	315
11.4	网络中移动对象轨迹查询	316
11.4.1	网络模型	317
11.4.2	索引结构	319
11.4.3	插入算法	319
11.4.4	移动插入算法	320
11.4.5	查询算法	321
11.5	本章小结	323
<b>第 12 章</b>	<b>主方向关系网络一致性检验和组合推理</b>	<b>325</b>
12.1	空间推理概述	325
12.1.1	空间关系研究的意义	325
12.1.2	空间推理类型	325
12.1.3	定性空间推理	326
12.2	空间方向关系模型和区间代数	328
12.2.1	定量的方向关系模型	328
12.2.2	定性的方向模型	329
12.2.3	区间代数中的凸关系	329
12.2.4	矩形关系网络	330
12.3	基于 MBR 的主方向关系模型	331
12.3.1	最小矩形边界框 MBR 的定义	331
12.3.2	矩形代数与主方向的关系	334
12.3.3	矩形代数的基本运算	336
12.3.4	基于 MBR 主方向关系运算	337
12.4	主方向关系网络一致性	339
12.4.1	一致性检验问题	339
12.4.2	点物体的空间主方向表示及代数运算	340
12.5	基于 MBR 的主方向关系的一致性检验算法	342
12.5.1	主方向关系的子类	342
12.5.2	一致性检测	343

12.5.3	基于 MBR 主方向关系上的可达类	344
12.5.4	基于 MBR 的主方向关系的一致性检验算法	346
12.6	基于矩阵的方向关系组合推理	348
12.6.1	基本概念	349
12.6.2	方向关系矩阵间的运算	351
12.6.3	方向关系矩阵间组合	352
12.6.4	原子方向关系矩阵间的组合推理规则	354
12.7	原子方向关系与基本方向关系的组合	356
12.8	基本方向关系矩阵之间的组合	359
12.9	本章小结	361
<b>第 13 章</b>	<b>Vague 区域关系推理</b>	<b>363</b>
13.1	不确定的区域关系	363
13.1.1	空间关系概述	363
13.1.2	确定性空间区域关系	363
13.1.3	不确定性空间区域关系	364
13.2	Vague 集和 Vague 区域	366
13.2.1	Vague 集的定义与性质	368
13.2.2	Vague 区域的定义	368
13.3	无核 Vague 区域关系	371
13.3.1	无核 Vague 区域的描述与划分	371
13.3.2	同一平面中的无核 Vague 区域关系	373
13.3.3	不同平面中的无核 Vague 区域关系	376
13.3.4	两类空间关系的旋转对应关系	377
13.3.5	实例分析	377
13.4	同一平面中的含核 Vague 区域关系	381
13.4.1	含核 Vague 区域的描述与划分	381
13.4.2	同一平面中的含核 Vague 区域关系	383
13.4.3	蕴涵定理和算法	388
13.4.4	实例分析	390
13.5	不同平面中的含核 Vague 区域关系	395
13.5.1	DPVR 关系交集模型	396
13.5.2	DPVR 关系和 CPVR 关系的旋转对应关系	398
13.5.3	实例分析	400
13.6	含洞 Vague 区域关系	402
13.6.1	含洞 Vague 区域基本概念	404

---

13.6.2	Vague 洞区域关系 .....	405
13.6.3	凸壳化洞区域关系 .....	408
13.6.4	含洞不规则 Vague 区域关系 .....	410
13.6.5	实例分析 .....	411
13.7	多范畴的 Vague 区域关系 .....	415
13.7.1	多类粗糙 Vague 区域关系表示 .....	415
13.7.2	粗糙 Vague 区域关系的可能蕴涵式 .....	419
13.7.3	Vague 区域关系的相互转化及关联性 .....	421
13.8	本章小结 .....	422
<b>第 14 章</b>	<b>Vague 区域关系组合推理 .....</b>	<b>423</b>
14.1	Vague 区域关系和 Vague 方向关系组合推理 .....	423
14.1.1	Vague 方向关系表示 .....	424
14.1.2	Vague 方向关系的动态邻接关系 .....	427
14.1.3	Vague 方向关系和区域关系的复合关联推理 .....	428
14.1.4	实例分析 .....	429
14.2	Vague 区域关系和 Vague 时间关系组合分析 .....	432
14.2.1	Vague 时间段关系 .....	432
14.2.2	线性 Vague 时间段关系 .....	433
14.2.3	周期性双向叠合时间段关系 .....	438
14.2.4	Vague 时间段关系和 Vague 区域关系的复合推理 .....	441
14.2.5	实例分析 .....	442
14.3	本章小结 .....	445
	<b>参考文献 .....</b>	<b>447</b>



# 第 1 章 预备知识

## 1.1 时空数据库概述

时空数据库是在空间数据库的基础上加上时间维而构建的,移动数据库是时空数据库的特例。用此,首先介绍空间数据库的相关内容。

### 1.1.1 空间数据库基本功能与分类

空间数据库与传统关系数据库相比,具有更广泛的应用前景,它能够支持多种空间数据模型、空间抽象数据类型以及一种能够调用这些抽象数据类型的查询语言,并支持索引、查询、更新操作算法以及用于查询优化的特定领域规则。

在当今,空间数据库正广泛地被应用到人类社会的各个方面。如今,对海量的复杂的空间信息进行集成、表示、存储、查询、检验、计算、加工和管理,越来越需要空间数据库的支持。面向实际工程的一些应用领域(航天航空、军事系统、火箭导弹系统、军事情报、卫星监测及图像处理、移动通信、多媒体数据库、地理信息系统(GIS)和气象云图分析等多种领域)和面向非实际工程应用(人工智能、知识发现、数据挖掘、模式识别、CAD/CAM 系统等诸多领域)都得到了广泛应用。

空间数据指的是用于表示空间物体的位置、形状、大小和分布特征等诸方面信息的数据,适用于描述所有二维、三维和多维分布的关于区域的物体。空间数据的特点是不仅包括物体本身的空间位置及状态信息,还包括表示物体的空间关系(即拓扑关系)信息。属性数据指的是非空间数据,用于描述空间物体的性质,对空间物体进行语义定义。

空间数据库不仅仅是地理信息系统(GIS)的核心,而且其应用范围已经远远超出了地理信息系统,地理信息系统只不过是空间数据库的第一个实际应用罢了。因此,它在科学研究与实际应用领域的重要性越来越大,这是由于空间和时间提供了集成信息的重要方法,这些信息早已远远超出了 GIS 领域。

空间数据库系统是描述、存储和处理空间数据及其属性数据的数据库系统。空间数据库基本功能包括三个方面:

- (1) 对空间数据的存储;
- (2) 对空间数据查询的支持;
- (3) 对空间数据分析推理。