



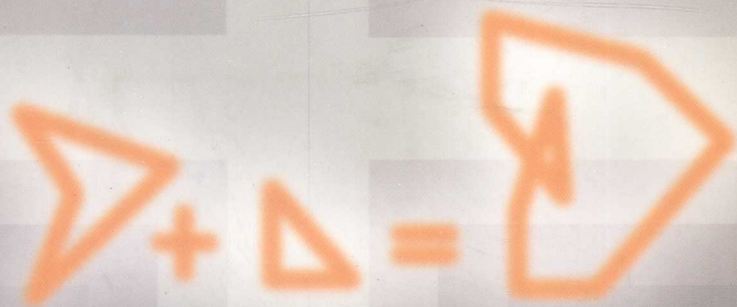
测绘科技专著出版基金资助

CEHUI KEJI ZHUANZHU CHUBAN JIJIN ZIZHU

空间图形的 代数表示与形态变换

翟京生 朱长青 著

1111	111	111
111 111	1 1	1 1
111 111	1 1	1 1
111 111	1 1	1 1
11111111	1 1	1 1
11111 111111	1111 111	1111 222
11111111 111	1 1 1	1 1 2
111 111 111	1 1 1	1 1 2
111 111 11111	1 1 1 11	1 1 2 22
1111 1111 111 111	1 11 1 1	1 11 2 2
11111 111 111	111 1 1	111 2 2
111 111 111	1 1	2 2
1111	11	22



测绘出版社

测绘科技专著出版基金资助

空间图形的 代数表示与形态变换

翟京生 朱长青 著

测绘出版社

• 北京 •

内容简介

本书是在翟京生博士的博士论文基础上,由翟京生博士和朱长青博士编写而成的一本关于空间图形代数变换方面的专著。全书共分7章。第1章概论,介绍了空间图形代数的研究对象、目的、方法和研究现状,以及空间信息科学的研究现状;第2章介绍了空间图形的单元化;第3章群的空间图形代数;第4章介绍的是单元形态的代数方程;第5章单元形态的代数分析模型;第6章地图图形的代数表示;第7章地图图形的代数分析。

本书在内容上具有较高的学术价值,并获得了“测绘科技专著出版基金”的资助。本书可供从事空间图形代数研究的科技人员以及大专院校相关专业师生参考,并有一定的指导意义。

©翟京生 朱长青 2005

图书在版编目(CIP)数据

空间图形的代数表示与形态变换/翟京生,朱长青
著. —北京:测绘出版社,2005.9
ISBN 7-5030-1267-6

I. 空... II. ①翟...②朱... III. ①空间几何—代数表示②空间几何—形态—变换 IV. 018

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 048584 号

空间图形的代数表示与形态变换

翟京生 朱长青 著

测绘出版社出版发行

地址:北京市西城区复外三里河路 50 号 邮编:100045

电话:(010)68512386 68531558 网址:www.sinomaps.com

北京通州次渠印刷厂印刷 新华书店经销

开本:890mm×1240mm 1/32 印张:5.5 字数:150 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

印数:0001—3000

ISBN 7-5030-1267-6/P·405

定价:15.00 元

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

前 言

随着数学和计算机等科学的结合与发展,空间地理信息的获取、存储、分析以及传输的形式和方法不断地更新和变化,空间信息科学的研究也正在从定性分析到定量分析,欧几里德几何到模糊几何,矢量处理到栅矢混合处理,几何视觉尺度到可变的视觉尺度等方面产生着质的变化。这些变化导致了近十几年来各种各样的空间图形处理技术、概念和方法的出现,构成了空间信息系统研究和建立的理论依据。

空间图形和数字图像是空间信息科学研究的主要数据类型。数学形态学和图像代数体现了数字图像代数理论研究和发展的现状。同时,分形理论和地图代数则开拓了空间图形代数的研究领域。然而,它仅是点的变换,至今仍然没有扩展到线、面和体的单元子集,明显地落后于对数字图像的认识和理解;而以线、面和体组成的最小单元的空间变换具有并行和整体的特征,与逻辑思维的方式不同,它体现了图形思维的特点。至今,仍然没有形成完善的数学体系。

数学形态学是研究数字图像形态结构的理论和方法,主要的研究对象是二值的数字图像。然而,经过扩展的多值图像的形态变换只是点的变换,无法再实现数字图像的并行处理,失去了数学形态学本来的意义。由于二值图像的属性具有一致性,如果抛开数字图像的物理特征,它与空间图形的形态是完全相同的。那么,数学形态学的研究领域能否扩展到空间图形,以便实现空间图形的代数变换?答案是否定的。关键的原因是数字图像的代数和不等于分别由它们的边界组成的空间图形的代数和。同时,又可证明数字图像和形态算子构成的代数系统是么半群,无法实现与数的加、减相同的空间图形的代数变换。

基于空间图形的特点和数学中群的思想,本书按照空间图形的单元化定义,经过单元变量的置换函数,组成空间数据的代数结构。

同时,又由数字图像与空间图形的形态一致性,参照数学形态学的理论体系,导出空间图形代数的基本概念、理论、模型和方法,最终形成基于群的空间图形的代数系统。

空间图形代数是图形思维的逻辑映射。它的研究对象是单元化的空间图形,如何扩展单元子集的定义,给出图形思维和逻辑思维的结合点和生长点,形成完备的空间图形的代数体系,最终导致图形思维的数学化,是一个极其复杂和不断完善的长期过程。

本书给出的空间图形的代数变换只是作者对这一问题思考的一次初步尝试,还有许多方面有待进一步的研究和完善。可以相信,随着图像和图形科学研究的不断深入,空间图形代数理论和应用必会由此产生质的飞跃。

本书是根据翟京生博士的博士论文,由朱长青博士整理、校对以后完成的。

特别感谢李德仁院士和王家耀院士多年来的指导。感谢测绘出版社及测绘科技专著出版基金的资助。

作者

2004年6月

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 空间图形代数的研究对象、目的和方法	(2)
1.3 空间图形代数的研究现状	(4)
1.4 空间信息科学的研究现状	(7)
1.5 本书安排	(10)
第 2 章 空间图形的单元化	(12)
2.1 空间图形单元的概念	(12)
2.2 置换和代数结构的构造	(19)
2.3 迹与代数结构的运算	(24)
2.4 本章小结	(31)
第 3 章 群的空间图形代数	(32)
3.1 代数算子的选择	(32)
3.2 单元的加法	(35)
3.3 单元的逆元和减法	(43)
3.4 最小单元及单元分解	(47)
3.5 单元的等价和表示	(54)
3.6 本章小结	(59)
第 4 章 单元形态的代数方程	(61)
4.1 单元的二元 N 次方程	(61)
4.2 线性单元方程	(66)
4.3 单元的形态谱方程	(73)
4.4 单元的参数方程	(79)
4.5 本章小结	(86)
第 5 章 单元形态的代数分析模型	(88)
5.1 单元的包含和导航	(88)

5.2	形态距离和代数误差分析·····	(92)
5.3	形态特征与代数模型·····	(99)
5.4	纹理特征与代数模型·····	(111)
5.5	本章小结·····	(116)
第6章	地图图形的代数表示·····	(118)
6.1	地图图形的单元化·····	(118)
6.2	单元拓扑的代数变换·····	(123)
6.3	单元查询的代数函数·····	(127)
6.4	本章小结·····	(133)
第7章	地图图形的代数分析·····	(135)
7.1	形态异化与代数分离·····	(135)
7.2	水深数字的识别、组合与定位·····	(141)
7.3	图形形态的自动跟踪·····	(149)
7.4	本章小结·····	(154)
结束语 ·····		(151)
参考文献 ·····		(159)

第 1 章 概 论

1.1 引 言

空间图形是一个由点、线、面和体组成的单元子集,单元的变换和相互关系可表示出客观实体的图形形态和空间分布,是地理信息科学研究的核心内容。

由于数学和计算机科学的结合,空间地理信息的获取、存储、分析和传输的形式和方法出现了巨大的变化,由定性分析到定量分析,欧几里德几何到模糊几何,数值方程到数学形态学,空间地理信息科学现已产生了质的变化。这些变化导致了近十几年来各种各样的图形图像技术、概念和方法的出现,构成了地理信息工程研究和建立的理论依据。

空间图形的变换是介于主观与客观之间的,具有逻辑思维和形象思维的双重特征,取决于空间图形最小单元的定义。例如,点单元的变换是数值方程研究的对象,计算机科学和现代数学同时作用于点单元,完整地解决了空间图形的投影变换、可视化和形态叠加等问题,实现了由数字地图到地理信息科学这一历史性的飞跃。然而,除了点单元以外,由线、面和体单元的空间变换具有并行和整体的特征,与目前代数学的研究对象不同,至今,仍然没有形成完善的数学体系。

数学形态学是研究图像形态的理论和方法,主要的研究对象是二值的数字图像。扩展的多值图像的形态学只是点的变换,无法再实现数字图像的并行处理,失去了数学形态学本来的意义。因而,数学形态学研究的本质是数字图像的形态,不是具体的物理特征。

二值图像的属性具有一致性。如果抛开数字图像的物理特征,显然,它与空间图形的形态是完全相同的。那么,数学形态学的研究领域能否扩展到空间图形,以便实现空间图形的代数变换?答案是否定的。关键的原因是图像的代数和不等于分别由它们的边界组成的空间图形的代数和。同时,又可证明图像和形态算子构成的代数系统是幺半群,无法实现与数的加、减相同的空间图形的代数变换。

正是基于空间图形的这些特点的认识和思考,本书试图按照空间图形的单元化定义,由单元变量的置换函数,构成空间数据的代数结构。同时,又由图像与图形形态的一致性,参照数学形态学方法,导出空间图形代数变换的概念和方法。目的是给出空间图形的群的代数系统。

1.2 空间图形代数的研究对象、目的和方法

按照 Corbett(1985)单元结构的理论,空间图形可表示成由点、线、面和体的形态组成的单元子集。然而,单元的形态具有多样性,它与拓扑和代数等价。例如,点的单元可以组成线、面和体的单元。反之,体的单元则可退化为面、线和点的单元。因而,单元子集是相关的,它不仅是形态和拓扑单元的组合,又具有空间和代数特征。

按照代数算子的定义,引入逆元的概念,同时,经过单元子集的扩展,则可形成群的空间图形的代数系统。因而,空间图形代数就是研究图形单元子集和相互之间数量关系和形态特征的理论和方法。

不同的单元子集组成了不同的空间图形代数的分支和领域。空间图形代数的研究内容,除了形态单元和拓扑单元的变换外,主要包括以下几个方面:

1. 空间数据的代数结构

经过空间图形和数字图像的单元化,引入单元变量的置换函数,形成空间图形的单元结构。同时,导出单元形态的组织、变换和查询的代数函数。

2. 空间图形的代数变换

引入代数算子的概念,经过单元子集的扩展,给出逆元的定义。同时,结合单元形态的加法和减法定理的证明,形成群的空间图形的代数系统。

3. 单元形态的最小分解和组合

按照单元的形态特点,给出单元的最小分解定理,同时,经过等价和相似单元的引入,导出最小单元的基底空间,实现单元的坐标表示和空间变换。

4. 单元形态的代数方程

给出单元代数方程的定义,证明单元方程有解的充要条件,并且结合单元的形态特点,形成单元形态的代数方程。

5. 单元变量的形态统计模型

按照单元形态的统计特点,导出单元形态距离的定义,形成单元统计的代数模型;同时,给出单元形态的最小误差定理和单元变量的最优无偏估计。

6. 单元形态的代数分析模型

按照单元的形态和拓扑特征,结合单元的代数变换,给出单元的形状、尺度、纹理、包含和距离分析的代数方程。同时,又由单元的空间特点,导出智能化的线状单元的跟踪和点状单元的识别函数。

空间图形代数系统具有的群的类型决定了代数变换的性质。按照群的理论,要实现与数的加、减相同的代数变换,代数算子和单元子集的组合必须满足如下的约束条件。

- (1)代数算子是二元的闭运算;
- (2)代数算子是可结合的;
- (3)代数算子是可交换的;
- (4)集合具有唯一的零元;
- (5)集合元素都有一一对应的逆元。

它们是空间图形的代数变换和模型评价的理论依据。

空间图形代数的研究方法就是按照群的充要条件,模拟数学形

态学的理论体系,经过代数算子的定义,然后给定单元子集的逆元,又由单元子集和代数算子的组合,形成群的空间图形的代数系统。单元子集是与拓扑等价的,它是空间图形的形态映射和空间分布的反映。因而,经过空间图形的单元化,结合单元变量的置换函数,构成空间数据的代数结构,也是空间图形代数研究的重要方法。

空间图形的概念不仅是指用矢量形式表示的空间数据,数字图像的边界和骨架等形态特征仍可组成空间图形的单元子集。因而,空间图形代数的研究对象是单元化的图形和图像。

1.3 空间图形代数的研究现状

至今,空间图形代数仍没有形成完整的理论体系。这一概念的提出只是反映了图形图像学领域的研究和发展的趋势,是本书按照辩证的哲学观点,经过现有的空间数据的代数模型、概念和方法的综合与归纳,形成的空间图形本质特征的认识和思考。

空间图形和图像是地理信息科学研究的主要对象。数学形态学和图像代数体现了图像变换理论的研究和发展现状。同时,分形和地图代数开拓了空间图形代数的研究领域。然而,它仅是点的变换,至今仍然没有扩展到线、面和体的单元子集,明显地落后于对图像的认识和理解。

数学形态学是一个特殊的数字图像处理方法,它是研究图像形态与快速并行处理方法的理论。因而,形态变换是由小尺度的特征影像集合(结构元)与目标影像的相互作用来实现,最大特点是将大量复杂的影像处理转换成目标的移位与逻辑运算的组合来完成,硬件实现简易,算法灵活,速度快。

数学形态学是法国地质学家 Matheron 和 Serra 于 1965 年创立的。此后,1968 年法国巴黎矿业学院又在此基础上组建了世界闻名的数学形态学研究中心。

数学形态学是以二值图像作为主要研究对象,以集合论为基础

发展起来的(Heijmans 1990)。其理论基础包括 3 个部分:(1)代数学,即用集合运算来研究图像的各种变换;(2)几何概率统计,主要研究随机几何和小样本问题;(3)整型几何,主要研究图像函数及其关系,由各不同位置上相类似的形状来表示目标图像的结构,数学形态学中,是由结构元素的概念来实现的,根据不同的目的,选择不同大小和形状的结构元素与目标图像相互作用,形成图像的形态变换,从而达到图像分析和特征提取的目的。

数学形态学理论目前已由二值图像处理扩展到了多值图像处理,由图像处理扩展到了图形处理。Haralick 等人(1989)提出了多值图像的形态学采样理论;Lantuejoul(1984)提出了基于大地线特征长度的非欧形态学理论;Ghosh(1991)提出了负几何形状的概念;Zhuang(1986)提出了结构元优化与分解理论;L. Vincent(1989)和 Tact(1991)提出了图的数学形态学理论。最近,有关完备格的形态学理论、超数学形态学和图像代数学理论也都取得了许多新的进展。

数学形态学也是一门应用性非常强的学科。法国数学形态学研究中心,根据数学形态学理论,最早研究成功了纹理分析系统(唐常青 1990)。几十年来,这个中心已出售了数十项关于自动图像分析系统方面的专利,专门用于图像形态学分析的设备也早已商品化(Haralick 1987),例如:Golay 逻辑处理器,Dill3、PICAP、CLIP 处理器阵列和 Delft 图像处理芯片等。Machine Vision International 公司已开始生产工业用的形态学视觉分析系统。

随着数学形态学在图像分析与识别方面的应用,出现了许多实用的算法与模型。其中主要包括:形态滤波(C. Song 1990; Serra 1982);保持边缘的形态滤波(Maragos 等 1987;Stevensen,1986);图像增强(S. Bruch 1975);形态纹理分析(R. Haralick 1989);图像的形态整型(Heijmans 1991);骨架化与数据压缩(Jang 1990、陈晓勇 1991);图像的形态分解(Pitas 1990);形态大小分布函数和形态协方差函数(Sinha 1991);边缘梯度函数和峰/谷提取(Miteheu 等

1989);图像的形态匹配(Shepiro 1987);图像的拓扑结构和几何形态分析(唐常青 1990);图像的尺度和相关性分析(Matheron 1975);图像的形态谱分析(丁晓青 1989);手写字体的形态学快速识别(龚伟等 1990);图像数据库的并行检索(杨立等 1988);以及图像的骨架与结构元等(朱长青 1997)

数学形态学在测绘中的应用始于 1986 年,在短短的几年中获得了很快的发展。例如 Fostner(1986)用于航空像片内定向时框标的自动识别;Banon 和 Sara(1989)分别用于雷达图像的特征提取;Douglas(1989)用于 Spot 图像的滤波和增强;Martel(1989)用于图像的几何特征分析与印度洋重力异常的确定;Ansoult(1990)用于土地利用图的自动扫描输入;李德仁等(1990)用于高逼真度不规则三角形格网 DEM 的快速构建;陈晓勇等(1991)用于 CCD 扫描等高线图的自动栅格一矢量化;朱文忠、朱长青等(1996)用于地图模式识别;Pesaresi(2001)用于高分辨度遥感影像分割;朱长青等(2003)用于遥感影像道路提取等。

空间图形的形态特征和相互关系的研究仍然是基于点的空间变换和搜索,这是由现代数学和空间图形的结合与发展的程度决定的。空间覆盖、搜索和变换是空间图形代数的理论研究和实际应用的主要方面(崔伟宏 1995),它们分别给出了空间图形的重合点、关联点和相邻点的空间特征,现已形成了空间图形处理和分析系统的理论基础。例如,美国的 Arc/Info、Intergraph、MapInfo,德国的 SiCAD,澳大利亚的 HCS 和中国的 GeoStar、Citystar 等都是按照这一理论体系,成功地实现了空间图形的逻辑设计、组织管理和形态分析,构成了商业化的地理信息系统。

然而,随着空间图形的研究和认识的深化,已经发现点的空间变换的理论和方法不适合于空间图形的综合和识别问题的解决。单元形态的理解具有逻辑和形象思维的双重特征,反映的是空间形态的整体性,而且,现已构成了影响地理信息系统实用性的关键因素,是空间图形代数的理论研究最为活跃的领域。例如, Mandelbrot

(1983)按照客体的形状具有的相似性,提出了空间图形的分形理论; Ghosh(1988)引入了数学形态学方法,提出了多边形的形态变换的概念和方法; Zadeh(1965)按照智能和思维的相对性,提出了模糊数学的理论; 胡鹏等(1993)按照地图符号的构图和组合,提出了地图代数的概念和方法、Hopfield(1982)模拟智能感知的心理学特点,证明了神经网络的等价性,提出了随机的神经网络模型。这些概念和方法作用于空间图形的分析和处理中,至今已经形成了各种各样的应用模型和实用技术。它们主要包括:空间图形的超图结构(Bouoille 1983),平面图形复杂性的分维度量(Glynn 1991),曲线的分形插值(王桥 1995),图形特征提取的最优化网络模型(Ticker 1989);(Sejnowski 1985),空间图形的形态分解和组合(Ghosh 1988),文字识别的神经网络(胡守仁等 1992),海底深度的模糊聚类(翟京生 1988)等。

空间图形的综合和识别问题的提出,加速了空间图形与图像的交叉研究。点单元到线单元的空间变换和逻辑思维到图形思维的方式转化是这一研究的最大特点,并且导致了大量的概念和方法的出现。现已形成了不同程度的积累,有力地深化了对空间图形的本质特征和内在规律的认识,预示了空间图形代数系统产生的必然性。

1.4 空间信息科学的研究现状

由于计算机科学的点变换和空间图形的整体性之间矛盾的运动和发展,空间图形的数字化、形态综合和数据结构已经构成目前制约地理信息科学研究和应用的关键问题。

由手扶跟踪数字化仪,按照人工识别的方式,实现空间图形的数字化,已经远不能适应海量空间数据的获取。最近,随着计算机和扫描仪等硬件环境的不断完善,图像的分析 and 识别已经构成了地理信息系统理论研究和技術方法亟待突破的核心问题。国内外许多大学、公司和研究单位普遍开展了这方面的研究。有的已经建立了较

为成熟的系统,并且部分地投入了实际生产应用。它们主要包括:德国汉诺威大学研制的 RAVEL 栅矢转换系统,英国 LaserScan 公司研制的 VPRAK 扫描数字化系统,美国 Microtek 公司研制的 RV-master 栅矢转换系统,日本 NTTHumanInterface 实验室研制的 MARIS 大比例尺地图识别和自动输入系统,中国地质大学研制的 CADRV 自动跟踪和屏幕编辑系统,清华大学研制的自动图纸矢量化系统。至今,著名的商业化地理信息系统都已具有栅矢自动转换的功能。

空间图形数字化理论和技术的研究经历了手扶跟踪、自动跟踪、目标识别和人工智能的技术发展历程。其中,关键的技术主要由 3 部分组成,即空间目标的分离、识别和跟踪。然而,具体的方法却是多种多样的。至今,仍没有形成统一的数学方法。

对于特征目标的自动分离,目前使用的方法主要有:Illert 等人(1984)提出的可变矩形框架的匹配,Bly(1984)提出的表示连接分量的 L 图和 S 图模型;Emani 和 Usher(1990)提出的面积比滤波器和共线分量聚类的算法;Ansoult 和 Nagasamy(1990)提出的形态学地图的符号分离算法;Barrd(1990)提出的方向直方图的字符分离算法,以及翟京生(1993)提出的形态纹理和海图符号提取的形态模型。

空间目标的识别主要采用的是统计识别、句法识别和人工智能的方法。最近,数学形态学和神经元网络也用于了空间图形的理解和识别。例如,龚声理等(1990)应用高阶关联的神经网络解决变形符号的识别;丁晓青(1989)按照目标图像的形态谱分析,实现了汉字笔画的形态表示和识别。

自动跟踪技术从本质上讲大都采用的是连接分量的骨架和边缘提取的方法。目前的主要进展是:Suyuki 等人(1989)提出的启发式边界跟踪算法和 Liow(1990)提出的保持不同区域间公共边界关系不变的曲线跟踪方法。这两种方法不仅保持了原始目标之间的拓扑关系不变,而且,可能在跟踪的同时直接获取这种关系,极大地方便了空间图形的分析和识别。

数据结构始终是地理信息系统设计的核心问题。任何 GIS 系统的诞生总是由此开始的。例如,美国 Arc/Info 的拓扑结构和关系模型,Tiger 的 J. Corbett 二维单元结构,TDGIS 的八叉树结构,加拿大 GeoVision 的全关系型数据模型和法国 IGN 的超图数据结构。然而,数据结构至今仍是矢量点的空间变换,不可能形成线、面和体的单元映射。同时,拓扑结构的连动性又严重限制了海量空间数据的存储和管理。因而,Bergstra(1989)扩展了单元子集的定义,提出了单元形态的方向边结构。Bertrant(1993)引入了代数学方法,提出了空间图形的超边映射结构。Ghosh(1988)经过单元变量的置换,提出了单元形态的变换理论,给出了空间图形的代数结构。Requicha(1989)提出了单元形态的代数分解方法,实现了空间数据结构的逆向映射。同时,又由计算机科学的发展,面向对象的数据结构的研究也已取得了相当的进展。例如,Codd(1981)提出了由对象、操作和规则组成的面向对象的数据模型。Ullman(1983)扩展了 Codd 给出的对象的概念,代之于同时包含对象、关系和分布的专门集,实现了属性数据与空间图形的一体化。

空间图形的综合是按照用途、比例尺和图形特点,经过单元的选取、化简、概括和关系协调,建立能够反映单元的空间分布和形态特征的变换模型的理论和方法。显然,单元的形态综合不是简单的比例变换,它的核心概念是单元形态的识别(王家耀 1993)。这一认识非常重要,它揭示了空间图形综合的本质特征,反映了目前各种综合模型普遍存在的问题。例如,Douglas(1973)提出的保持特征点不变的平面图形化简方法;Bradford(1988)提出的基于栅格叠加的由双线到单线的转换模型;Zhenze(1993)按照等深线和水深的关系,提出的水深选取模型。显然,它们只是图形综合的具体方式,忽略了综合参数的辨识和形态特征的识别,空间图形的特征和属性已知是它们的必要条件。

然而,缩小了的空间图形与复杂的客体之间的矛盾已经影响到了 GIS 研究的各个方面。随着空间图形变换理论和技术的发展,这

一矛盾表现的制约性也就越加突出。作为解决矛盾的唯一方式,空间图形的综合研究也就不可能停止。例如,经过现代数学和模式识别理论的引入,已经开始侧重于空间图形的整体特征的研究,再次关注空间图形的形态特征和相互关系的识别与理解。最近,出现了许多智能化的综合模型,它们主要包括:基于知识库的地图综合专家系统(孙群 1993);地形特征的形态提取和识别(陈晓勇 1991);海图图形的神经网络综合模型(田震 1996);点状单元的模糊分级和选取(陆效忠 1990);地形特征线的识别和化简(Kweon 等 1994);等高线的化简和分形测度(王桥 1995)以及基于知识推理的居民地综合模型(Vicars 1989)。

空间图形的数字化、形态综合和数据结构已经构成 GIS 理论研究的关键问题。经过国内外学者十几年的研究和实验,这些问题的研究从理论体系、数字方法和实用系统的开发上,正在趋于成熟和完善,并且面临着重大的突破。它们作为地理信息科学的研究方向,已经处于十分重要的地位。

1.5 本书安排

本书主要目的是经过单元变量的置换函数,组成空间数据的代数结构,形成基于群的空间图形的代数系统。主要内容包括空间图形的单元化与代数结构、空间图形代数的基本理论、空间图形代数分析模型及地图图形识别等。

本书内容安排为:

第 1 章,概论。按照集合论的观点,经过空间图形的单元化,定义了单元子集的概念,给出了空间图形代数研究的对象、方法和目的。系统地分析了空间图形代数的理论研究和应用现状。给出了本文解决这一问题的关键技术方法的研究状况和存在的问题。同时,介绍了本文的组织结构和研究内容。

第 2 章,研究了空间图形的单元化与代数结构。经过空间图形