

文章编号: 1000-050X(2000)05-0377-86

地图信息自动综合基本问题研究^{*}

毋河海¹

(1 武汉测绘科技大学土地科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要 对地图综合的几个基础理论问题和技术方法作了相应的论述, 提出了以下主要结构化综合的学术论点和方法: ①综合(抽象与概括)并不为地图学与 GIS 所独有, 而是科学认知的普遍手段, 因而地图综合就是哲学意义上的抽象概括原理在空间数据处理中应用的一个特例。②地图综合实质的信息变换观。③综合对象的 DLM 观。④综合算子的再综合(DLM 信息变换类和 DCM 图形再现类)的必要性。⑤结构化综合的三级实现模型。

关键词 自动综合; 综合模型; 算法

分类号 P208; P283.1 文献标识码 A

地图综合是一个国际难题, 是地图信息和 GIS 的多层次应用的一个重大科学与技术问题。近几年来, 尽管已出版了数本论述地图自动综合的专著, 但迄今为止, 仍没有一个关于自动综合问题的明朗的解决方案(Ramirez, 1995)。因为地图综合涉及地图学、图形图像、离散数学、CAD/CAM、图论、拓扑、计算几何、模式识别、计算机视觉等多个学科领域, 需通过集成这些学科领域的有关科学理论和技术方法来解决。

从科学与技术问题的角度出发, 地图综合的基本概念模式可表达为“为什么(Why)”、“是什么(What is)”、“做什么(What is to be done)”、“何时(When)”、“何处(Where)”、“怎么做(How)”等(5W+1H)6 个问题。大体上可把前 3 个问题归结为基础理论问题; 后 3 个问题归结为技术方法问题。

1 地图自动综合的基础理论问题

1.1 地图综合“为什么”

这个问题基本明朗, 它是指大空间到小空间的映射、生成较小比例尺的地图或生成另一分辨率的空间数据库、为不同层次的决策提供适宜信息、减少信息的存储空间、降低数据处理和传输时间开销等。

1.2 地图综合“是什么”

这个问题可从哲学范畴与过程本质两方面来阐述。

1) 从哲学范畴上看, 综合不是为地图学科与 GIS 所独有, 而是科学认知的基本手段。因此, 从宏观上看, 地图综合就是抽象概括(综合的同义语)这一认知方法在空间数据处理中应用的一个特例。数字地球——21 世纪认识地球的方式, 需要建立相应的数字地图金字塔, 这正是地图/地理信息综合的目标所在, 它是通过综合、处理数字地球海量数据达到认识地球的目的。

2) 从过程本质上看, 笔者提出地图综合本质的“地理信息变换观”。由于 DLM 是由实体信息和实体之间的关系构成, 因此地图综合这一信息变换过程就体现为: 根据一定的条件(目的、用途、比例尺等), 把初始状态下(比例尺 1、地图性质 1、地图用途 1、...)的实体集 $E_{\text{初始}} = \{e_{\text{初始}}\}$ 及关系集 $R_{\text{初始}} = \{r \mid r \in E_{\text{初始}} \times E_{\text{初始}}\}$ 变换为在新条件下(比例尺 2、地图性质 2、地图用途 2、...)的实体集 $E_{\text{新}} = \{e_{\text{新}}\}$ 和关系集 $R_{\text{新}} = \{r \mid r \in E_{\text{新}} \times E_{\text{新}}\}$ 。如图 1 所示(毋河海, 1993, 1995a)。

1.3 地图综合“做什么”

“综合什么”就是要明确在数字环境下综合的对象问题, 而这个问题恰恰是被忽略了的问题。例如, 在 McMaster & Shea(1989)的概念模型中,

收稿日期: 2000-08-22.

* 国家自然科学基金资助项目(49971068); 国家测绘局测绘科技发展基金资助项目(97010)。

就只包括内在目标或为什么要综合(Why); 状态评价或何时综合(When); 空间和属性变换(综合算子)或怎样综合(How), 而没有论述“综合什么(What)”的问题。

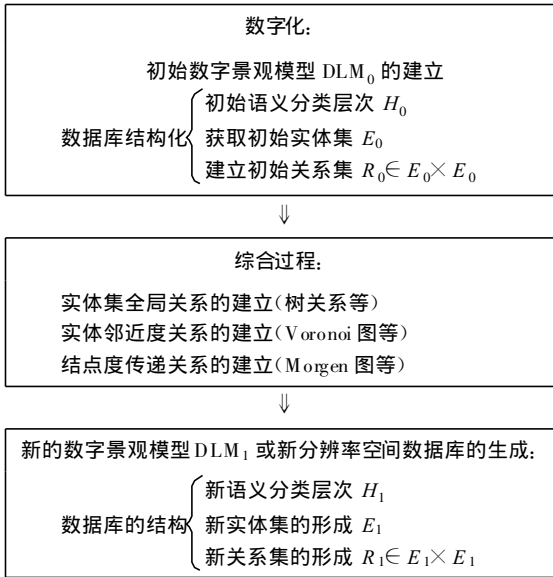


图 1 地图综合对象的 DLM 观

Fig. 1 The DLM View as the Object of Generalization

综合的实质性对象是空间数据库中的地理信息, 德国学者们把它称为数字景观模型(digital landscape model, DLM), 它用属性、坐标与关系来描述存储对象, 是面向地形物体的, 没有规定用什么符号系统来具体表示, 因而它又是独立于表示法的。这种以数字形式存储的抽象的地理实体和关系, 概括了多种用户的共同需求, 它把地形物体的信息存储与它们在图形介质的符号表示分离开来, 提高了数据检索与图形表示的灵活性, 随时可以由同一个 DLM 形成满足特殊需要的信息子集, 必要时可按照特殊要求和专用图式输出专用地图, 这一过程叫做数字制图模型(digital cartographic model, DCM)。由此可见, DCM 是面向图形符号或面向制图表示的, 是地图生产者所特有的模型, 其他部门未必感兴趣(毋河海, 1991)。

2 地图自动综合的基本技术方法

2.1 “何时(When)”: 实施综合的条件

“何时”是指在什么条件下执行什么综合操作。除了物体本身的资格条件外, 自动地建立物体的邻近度关系或 context 关系是解决问题的一个主要手段。

2.2 “何地(Where)”: 实施综合操作的地域定位
“何地”指在什么地方进行什么综合操作。同一综合操作在不同地区的应用条件应该是不同的, 即在不同性质的地区不能使用同样的综合条件。

“何时/何地”是一个紧密联系的问题, 它们合起来就是要研究满足综合要求的自动地理分区和对地理实体进行评价, 既要拥有对地物在全局结构中的地位进行评价的机制, 也要拥有对地物在局部地段的相对重要性进行区分的手段。显然, 树结构关系、Morgen 结点度图(毋河海, 2000)和 Voronoi 图将能分别完成上述任务。因此, 这里实际上是关于空间数据处理中的计算机视觉问题, 或者是空间数据处理中的特殊模式识别(结构关系识别)问题。

2.3 “怎么做(How)”: 建立结构化自动综合的基础模型与算法

以前主要是针对单个地物的孤立综合, 现在都已在逐步探讨顾及相互关系的综合途径。笔者提出了基于模型与算法的结构化地图综合原理与方法。

2.3.1 综合的基础模型

结构化综合的基础模型分为 3 个子模型来实现(毋河海, 1991)。

1) 总体选取(构思)子模型解决选取多少实体的问题, 即对所编图或新分辨率数据库进行“构思(conception)”, 宏观上确定综合目标的总容量或总貌。

地理现象是尺度依赖的, 不同尺度的空间数据库或不同比例尺的地图所表达的地理目标是极为不同的, 即在不同的尺度下体现着不同的地形目标范畴。例如, 在不同比例尺地图上, 等高线的含义在发生演变: 在大比例尺地形图上, 等高距较小, 等高线可以表示出地貌形态的各个微型元素(斜坡、坡足线、斜坡变陡线等), 这时, 在测图误差范围内, 等高线可以认为是精确的数学线; 在中比例尺地形图上, 等高距较大, 等高线只能表示中型地貌形态整体(丘陵、河谷、洼地等), 且不是全部(既有选取, 又有概括), 这时, 等高线可看作是地貌形态的造型线; 在小比例尺地图上, 如在 1:400 万地图上, 0.2mm 的等高线线划宽就对应着实地宽度为 800m 的地貌高程带, 显然, 这时等高线表示的已不是具体的地貌形态, 而是大型地貌单元的轮廓或结构了。

对于其他地图要素, 如居民地、水系等, 也有类似的情况。

随着比例尺的缩小, 地图的几何精度逐渐让位于地理形态与结构的表达。这对评价地图信息自动综合成果具有重要意义。

对于地图来说, 由于用途的不同确定不同的比例尺, 即地图比例尺是地图用途的主要反映。从大比例尺地形图的工程应用、中比例尺一览图的规划管理到小比例尺区域地理图的区域发展与宏观决策, 形成一个地图/地理信息变换(处理)体系, 即由数学上的精确几何图形表达达到区域地形类型刻画向大范围空间结构的变换。一旦比例尺决定了, 地图或数据库的技术分辨率即所表达的地理信息的详细程度也就基本确定了。这样, 比例尺就成为地图用途的主要体现者和地图内容详细程度的主要决定者。在数字环境下, 比例尺便成为地图用途的量化替身, 从而可把地图载负量(地图内容详细程度的概括指标)随比例尺的变化作为总体选取模型的主导因素来研究。

(1) 地图总体载负量变化的机理分析

关于地图载负量的变化, 当其他条件(地图用途、地区特征等)相同时, 比例尺就是一个决定性的因素。在这种情况下, 地图载负量的总体变化趋势可用逻辑数学手段描述如下。

把比例尺序列粗略地划分为特别定义的大、中、小三个区间, 并取比例尺分母的对数把比例尺的几何级数变化转换成算术级数来处理。在大比例尺区间, 地物几乎全部选取, 且基本上按比例符号表示, 这使得资料图与新编图的对应图形基本上呈现为相似关系; 全取虽然使单位面积上的物体个数(数值载负量)呈几何级数增加, 而物体图形也同时按几何级数缩小, 因此, 面积载负量保持不变。同时, 在此阶段注记载负量所占的百分比又极其小, 因此在这个区间, 总载负量保持不变或变化甚微。在小比例尺区间, 符号与注记的继续缩小受到限制, 尽管单位面积中所选物体的数量在急剧减少, 而总载负量趋于饱和, 围绕着极限载负量在波动。在中比例尺区间, 呈过渡性质。如图 2 所示, 这是一种拉伸型的 S 曲线, 又叫 Sigmoid 曲线或 Logistic 曲线。

下面使用 F. Toepfer 的地图载负量的量测数据(对于比例尺 1:1 万、1:2.5 万、1:5 万、1:10 万、1:20 万、1:50 万和 1:100 万, 其对应的载负量分别为 3.7%、5.7%、12.1%、17.5%、19.4%、22.6%和 23.3%)来验证上述变化规律, 如图 3 所示。

(2) 地图总体载负量变化的数学模型的建立
可供选择的数学模型有生长曲线、对数生长

曲线和带导数三次多项式等。这里仅介绍生长曲线。

生长曲线(Logistic Curve)又称为皮尔曲线(Pearl-Curve)(图 4)。其数学模型为:

$$Y = L / (1 + ae^{-bt})$$

式中, L 、 a 、 b 是参数, 其中 L 是函数 Y 增长的上限。

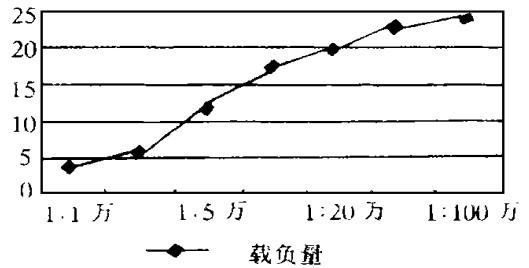


图 2 地图载负量变化的数学模型

Fig. 2 Mathematical Model of Loading Variation

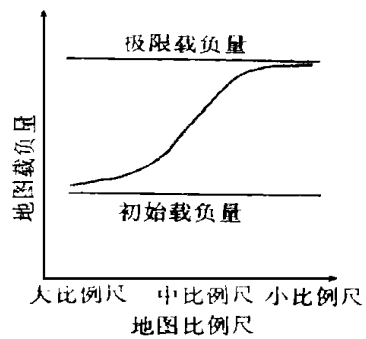


图 3 地图载负量的变化规律

Fig. 3 The Law of Map Loading Variation

该函数描述了地图载负量与比例尺大范围变化的依赖关系, 借此可根据新地图用途的具体比例尺从总体上确定新编图的总体载负量。

在自相似的线性变化区间, 统计回归法、开方根规律(F. Toepfer)、分形学方法(王桥, 1986)和 Smka 的多因子指数模型(Smka, 1970, 1974)均具有重要的理论参考价值。

2) 结构选取(构图)子模型解决选取哪些实体的问题。这里的任务是为了实现总体选取(构思)模型而进行结构分配。因此, 其核心问题是结构识别, 即在数据库所存储的地理元素间的语义(层次、等级)、几何和关系信息的基础上, 建立为综合所需要的若干新的关系信息, 以查明地理实体在空间结构中的地位, 为地物的分配式选取提供结构依据, 对新图或新数据库进行“构图(configuration)”。显然, 关系信息制导着结构模型的实施, 即实体的选取与否不仅取决于

它本身所固有的一些属性(质量、数量指标),还要顾及它在全局结构中的地位及与周围同类型和不同类型实体的联系,即相对重要性。

从几何方面看,地图内容由点、线、面三类目标组成。在进行结构化综合时,每类目标的描述除了在数据库中所存储的物体本身特征以外,还需要进一步建立两方面的为综合所需要的新关系,即物体在邻近关系中的重要性评价和物体在全局结构中的地位认定。

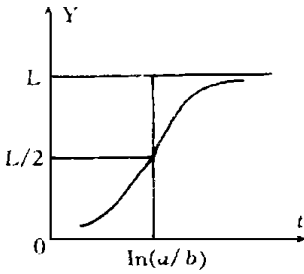


图4 生长曲线

Fig. 4 The Growth Curve

(1) 点群目标的结构化描述

若仅考虑图形信息描述,则点状物体仅有平面点位和 / 或高程信息 (x, y, z) , 没有形状特征

或其形状特征可以忽略。这样,点状物体集合的分布特征成为重点描述对象,可用多层凸壳嵌套(图5)及其衍生物(相邻凸壳的投影合并)互不相交的嵌套多边形(图6)(毋河海,1995d,1997)、Delaunay三角网(艾廷华,2000)等来描述其分布特征,其中图6(c)是点群目标的线性化表示。

当把多层凸壳嵌套结构变换为一个多边形时,得出一个新的衍生体,离散点集的一种遍历方法,这种方法确保遍历路径不自相交。

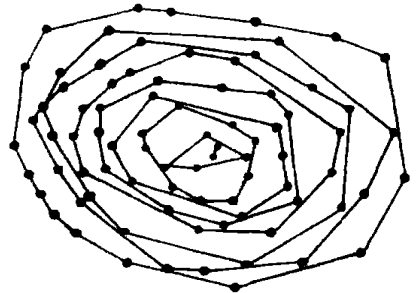
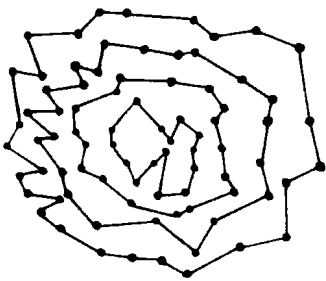
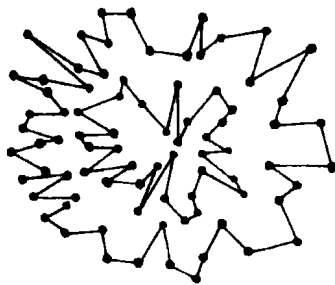


图5 点群目标的多层凸壳嵌套法结构化描述

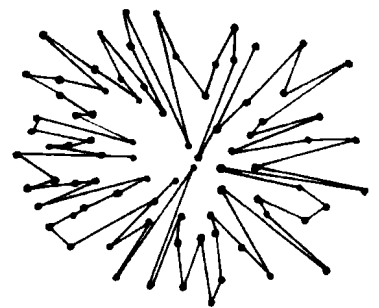
Fig. 5 The Structured Description of Scattered Point Group by Embedded Convex Hulls



(a) 合并为四层嵌套多边形



(b) 合并为二层嵌套多边形



(c) 合并为一个多边形

图6 嵌套凸壳合并为互不相交的嵌套多边形

Fig. 6 Merging an Embedded Convex Hulls into an Embedded Polygons without Self-intersections

(2) 线群目标的结构化描述

线状地物是地图内容的主要组成部分(约占地图线符内容的80%),因此其结构化描述和线状要素的自动综合就成为主要研究对象。此处有两种情况:自然树结构和人工网络结构。

自然线群目标的树结构描述中,常见河系是其典型,这种结构的建立为从全局上评价每条河流在总结构中的地位显然是重要的。因此,在自动综合过程中要及时地建立所需的树结构关系,一方面确定了各条河流在总体(树)结构中的地位,另一方面也自动地确定了取舍的着眼区,即树

结构的叶结点层。但是在树结构中处于同一层次,特别是作为取舍对象的最低层中的各条河流并不具有同样的重要性,它们之间是有差别的,而这种差别对于综合(选取)具有直接的关联。为区分同一结构层中各个目标之间的差异,要建立线状要素的Voronoi图。线状目标的Voronoi图可以给出各个线状目标的统计上的流域面积,该面积越大,则表明河流较长或河间距较大或位于流域分布的边沿地区。这正好都是河流要优先选取的条件(毋河海,1995b)。

对于较大型的复杂自然线状要素(如河流、海

岸线等)还需进行其本身特征的进一步揭示。由于线状目标在其不同段落会有不同的复杂度,不能把具有不同复杂度的段落混在一起用一种方法进行描述和用一种算法进行处理。这就产生按复杂度将其分段的必要性(郭庆胜, 1995),使其各段具有近似相同的图形特征(曲折程度或分数维等),以便采用具有针对性的处理算法和自适应地设置处理参数,这就是“因线制宜”。

人工线群目标的网结构描述中,道路网是其典型例子。道路具有明确的语义信息,通常用赋权图来表示。关于道路网的结构化描述, Franke (1994)提出了基于图论的方法,我国学者对这一方法进行了深入的试验研究(王家耀, 1992; 祝国瑞, 徐肇忠, 1990)。

(3) 面群目标的结构化描述

面群目标分为连通面群与离散面群两类。对于前者可采用通常的网络拓扑关系;对于后者,一方面要描述各个面块的形状与结构特征,另一方面还要描述各个面块之间的静态结构关系与动态尺度规律。静态结构可用 Delaunay 三角网来描述;动态尺度规律可用分形学粗视化原理来描述(王桥, 1996)。

(4) 三维地貌的结构化描述

在地图上表示地貌的主要手段是等高线,而在 GIS 中除了等高线以外,为便于进行地貌特征的数值分析、多专题的叠置分析等,建立与利用 DEM 是正确的选择。

在地图数据库中或在 GIS 空间数据库中所存储的是表示地貌的等高线,即在数据库中的存储实体是每条等高线而不是地貌形态本身,如谷地与山体等,后者是地理实体。在人工综合中,作业员由等高线群识别地貌实体是一件极为容易的事,而在数字环境下就不同了。因此,为了描述地貌结构,就要找到地貌形态(谷地或山地),它们均表现为一组相关的等高线弯曲。这组等高线弯曲之所以相关,是因为它们被一条没有存储在数据库中的山脊线和谷底线联系着,即地性线。它们是骨架线,因而又可称为地貌结构线。用地性线集来描述地貌就反映了地貌的整体结构特征。直接从等高线集中查找地性线的逆源跟踪法(费立凡, 1983, 1993)、平行曲线曲率分析法等(毋河海, 1995a)的计算过程过于复杂,通常用 DEM 作过渡,但这时要求高质量 DEM (HQDEM),即在 DEM 生成时不能形成平顶山头 and 填高谷底(毋河海, 1996b),以确保所导出的地性线的正确性。

在较大的地理区域中,地性线呈现出明显的

结构特征,通常为树形结构。可对树结构作进一步的分析(如分形学的粗视化动态分析),以获取更有价值的信息。

一般的 DEM 所直接表示的是矩阵状的高程信息,没有地貌实体和结构,除了导出地性线外,可进一步计算如坡度、坡向等。其中坡度信息可用来进行用于地貌综合的地貌区划。地貌区划也是一种地貌宏观描述(时晓燕, 1995)。

3)几何(处理)模型解决图形的塑造问题。前两个子模型均是面向物体集合的,而几何处理模型是面向物体本身的,是对各个要表达的物体进行抽象概括(塑造)。几何模型就是为不同形态、不同性质的要素提供不同的几何处理方法。当前的很多算法都是针对这个问题的。

2.3.2 综合算子的 DLM 观

综合的基础算法与综合的过程分解有关。笔者多年以来始终主张综合操作的 DLM 观。地图综合是一个整体任务,由于这个任务包含一系列不同性质的操作,就需要把它分解为若干个子过程来实现。不同学者对地图综合过程提出了不同的分解模式,包括最为常见的三算子模式(选取、概括和移位)和四算子模式(选取、概括、合并和移位); G. Hake 提出的两类七算子模式(纯几何综合:简化、夸大、移位;几何/概念综合:合并、选取、类型化、强调); GIS 学术界的二十算子模式(W. A. Mackaness)。

综合算子的多样性,特别是把不同性质的操作混在一起,引起对综合算子的再综合的必要性。因此,笔者在分析地图综合的各种算子时,从实体与关系处理的角度对各种算子进行概括归类,即对地图综合算子进行再综合。此处从算子的功能特点出发,把所有的综合算子归为两类:信息变换类和图形再现类。

1)信息变换类算子是用来对空间信息本身或 DLM 进行信息变换,形成新的 DLM,原则上不涉及具体图形的表示问题。

2)图形再现类算子是进行数/图转换、处理图形的清晰和可视化问题。它在原则上不涉及地理信息的改变,所以,它应该归于 DCM。

这样的再分类明确了算子的分工,它表明信息综合应研制什么算法,特别是信息变化类算子是针对 DLM 的变换,这从另一方面论证地图综合的 DLM 观。前面讲到的综合对象的 DLM 观与此处所述的综合操作的 DLM 观形成了全方位的综合的 DLM 观。有了这种分类,本文就可以把地图综合问题的研究集中于图形信息变换方法

的探讨。

3 地图信息综合的基本实现类型

从宏观上讲,图形信息变换可在两个域中进行:空间域和频谱域。空域算法是直接对图形坐标信息进行处理,现有的绝大部分算法都属于这一类;频域算法如傅立叶变换和小波变换,是把函数展开为傅氏级数,称为谐波分析或谱分析。变换的结果是求出各阶谐波的振幅和初相角,即将时域信号变为频域信号,而变换的实质是将同一问题置于不同定义之下进行分析。有些问题在频域中分析比在空域中分析更为方便和有效。

本文仅研究基于空域的信息综合算法,并且只研究基于批量处理的途径。在批量处理中,作业员只需在地图综合过程开始时对机器的运行给出整体性的综合参数,之后便无需进行干涉,都由计算机自动完成。

1) 面向信息的综合

面向信息的综合首先涉及的是地图信息的测度问题,且在实际应用中,还要求信息测度与坐标系独立。目前大都是研究地图的总体信息,甚至基本上只涉及关于一幅图的平均信息(熵),这仅对于地图内容设计或总载负荷量的确定有参考意义,对于具体的综合操作来说,更为重要的是单个制图目标的信息,以便为物体的取舍提供依据。

2) 滤波法综合

自动地图综合时,地图信息集中的一部分被剔除,而另一部分被保留。当低通滤波时,地图信息的局部高频被消去;当高通滤波时,地图信息的局部低频被消除。例如,等高线的小弯曲部分就是高频部分,因此,可用低通滤波剔除一些小弯曲。

低通滤波法常用于曲线光滑,它与面向信息的综合的差别在于这里信息是处处被减少,而不仅仅只是在那些信息量过大的地方。滤波器作用于地图整体,即同等强度地作用于一切参与滤波的制图目标,是一种简便的信息压缩方法。这种方法仅适用于简单的曲线光滑处理,不适用于真正意义上的地图综合。

3) 启发式综合

启发式综合是把整个优化过程分解为若干个子过程来实现的,这些子过程基本上等同于传统地图综合的某些手法(如选取、概括、移位等),并把它们分别地(孤立地)予以算法化。由于地理现象的复杂性和这些子过程之间缺少明确的内在或

逻辑联系,使得这些子过程是以某种混合形式来组合应用的,因此地图综合的总体过程不等于各个子过程的组合。这是一个非线性问题,它的解可在某种模糊度范围内通过线性算子(如启发式方法中的各种子过程)作迭代式逼近。

4 结构信息导出算法

为实现结构化综合的基础模型,需要研制相应的一组算法。此处仅限于基于空域数据处理的启发式综合算法。

地图的内容结构虽然复杂,但可用“分治(divide & conquer)”办法,分区、分要素地对地图内容进行分解,进而用图论拓扑、计算几何和计算机视觉等领域的凸壳(convex hull)、带约束的 Delaunay 三角网或 Voronoi 图等有关通用算法,针对地图数据处理的特点研制其专用算法。

1) 总体选取模型要求建立一种数学模型来反映地图载负荷量的变化规律,该规律呈反 S 形曲线。这是一个数学模型的建立问题。

2) 点集和离散面集的多层凸壳嵌套算法、由多层嵌套的凸壳向多层互不相交的嵌套多边形转换算法、评价点状目标的 Voronoi 图算法,在这些结构化描述算法的基础上,建立点集目标的综合(选取)算法(毋河海,1997)。

3) 线集目标(如河系)树结构的自动建立算法(用以评价目标在结构中的地位)(毋河海,1995b)、线状目标的 Voronoi 图的生成(用以自动确定线状目标的统计控制面积即流域面积,作为其局部重要性的标志)、曲线按复杂度的自动分段算法(郭庆胜,1995)、多边形网络拓扑关系的建立等。

4) 三维线集(等高线)树结构生成算法、山头洼地的自动查找、自动顾及地性线的高质量 DEM 的自动建立、基于高质量 DEM 的地性线的自动查找、地性线树的自动建立以及基于地性线树的地貌形态(成组等高线)自动综合(毋河海,1991)。

5) 基于分形学原理的隐式结构化综合(王桥,1996)。

分形学方法主要是用于地理实体的选取与概括,因此,从全局讲,它也属于启发式方法。由于此方法能自动顾及地物集合的结构特征,故把它单独地予以研究。

分形方法可非常有效地描述物体集合随观察尺度变化的宏结构动态演化和实体本身细节随观察尺变化的微结构动态概括。用分形方法描述这

些结构特征的手段是分数维。

地理实体或实体集合的分数维描述了实体或实体集的结构特征, 因此基于分形学原理(利用分数维)进行综合也就能够自动地顾及到实体或实体集合的结构特征。

5 结构化综合的智能性问题

5.1 基于最佳逼近论的综合

地图综合问题可看作是一种最佳逼近的问题, 是逼近理论应用的一个特殊领域, 因而可以用一种数学优化的模型来描述。前面所述的各种原理与方法都是朝着一个目标, 即地图综合应使地图上所表示的有限量的地物, 从确定的目的能最佳地复现现实世界的情况。

5.2 基于关系信息的综合

既然地图综合的过程表现为去粗取精和去伪存真, 这就意味着要对地理目标作科学合理的评价, 这主要表现在查明与建立地理目标的分布规律与结构关系。

关系信息是一种派生信息, 是智能的显露。由于关系信息的主导方面是结构信息, 故把自动顾及地图要素分布特点及规律的综合称作结构化综合。

5.3 结构识别: 计算机视觉原理的应用

自动综合一方面利用物体本身的信息, 另一方面要用各种关系来制导, 这就产生关系(结构)的识别问题, 这是计算机视觉在空间数据处理中的一个特殊应用领域。

地理要素的层次(树)结构就是一种表达全局性分布关系的重要手段。此外, 不仅地图综合而且也包括地理数据处理在内, 均要求顾及区域特征, 因为同样的物体在不同的环境下会具有不同的重要性。为进行这样的综合, 计算机应在整体上顾及要素的宏观结构信息, 对全图或整个数据库一目了然, 而在处理各个地理实体时, 还需用“邻域(context)”的手段对物体的局部重要性作出相对评价。这些功能的总和可以称为自动综合中的计算机视觉。

参 考 文 献

- 1 艾廷华. 城市地图数据库综合的支撑数据模型与方法的研究: [学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 2000
- 2 郭庆胜. 曲线特征的自动分段及其在自动综合中的应用. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20(增刊): 64~68
- 3 郭庆胜. 地图自动综合新理论与方法的研究: [学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1998
- 4 费立凡. 利用栅格扫描数据进行等高线的自动成组综合(化简). 武汉测绘科技大学学报, 1983, 8(1): 87~101
- 5 费立凡. 地形图等高线成组综合的试验. 武汉测绘科技大学学报, 1993, 18(增刊): 6~22
- 6 李晓燕, 黄朝晖, 蔡 勋, 等. 科学计算可视化导论. 长沙: 国防科技大学出版社, 1996
- 7 时晓燕. 面向制图综合的解析地貌分区. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20(增刊): 46~52
- 8 王家耀. 地图制图数据处理模型方法. 北京: 地图出版社, 1992
- 9 王 桥. 分形理论在地图图形数据自动处理中的若干扩展与应用研究: [学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1996
- 10 毋河海. 地貌形态自动综合的原理和方法. 武汉测绘科技大学学报, 1982, 7(1): 44~51
- 11 毋河海. 地图数据库系统. 北京: 测绘出版社, 1991
- 12 毋河海. 地理信息的集成处理. 黄土高原(重点产沙区)信息系统研究(续集). 北京: 测绘出版社, 1993, 241~270
- 13 毋河海. 地貌形态自动综合问题. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20(增刊): 1~6
- 14 毋河海. 河系树结构的自动建立. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20(增刊): 7~14
- 15 毋河海. 地形图等高线树的自动建立. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20(增刊): 15~19
- 16 毋河海. 图斑群的结构化选取问题. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20(增刊): 88~90
- 17 毋河海. 自动综合的结构化实现. 武汉测绘科技大学学报, 1996, 21(1): 277~285
- 18 毋河海. 等高线树的自动建立及其应用. 测绘科技动态, 1996, 21(1): 2~7
- 19 毋河海. 凸壳原理在点群目标综合中的应用. 测绘工程, 1997(1): 1~6
- 20 毋河海, 龚健雅. 地理信息系统(GIS)空间数据结构与处理技术. 北京: 测绘出版社, 1997
- 21 毋河海. 分维扩展的数值试验研究. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(4): 329~336
- 22 毋河海. GIS环境下城市平面图形的自动综合问题. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(3): 196~202
- 23 张选群, 罗毅平, 郑年春. 管理数学与运筹学. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1993
- 24 周培德. 计算几何——算法分析与设计. 北京: 清华大学出版社, 1990
- 25 祝国瑞, 徐肇忠. 普通地图制图中数学方法. 北京: 测绘出版社, 1990
- 26 Brassel K E. 机助地图综合的策略与数据模型. 地图, 1987(1): 17~21; 1987(2): 56~61
- 27 Preparata F P, Shamos M J. 计算几何导论. 庄心谷译. 北京: 科学出版社, 1992

- 28 Toepfer F. 地图综合. 江安宁译. 北京: 测绘出版社, 1982
- 29 Weibel R. 自适应的计算机辅助地形综合模型的实验. 郭庆胜译. 武测译文, 1994(2): 61~66; 1994(3): 48~53
- 30 Вoпков H M. Составление и Редактирование Карт. Москва: ГЕОДЕЗИЗД АПО, 1996
- 31 Brassel K E, Weibel R. Map Generalization. Report on International Research & Development in Advanced Cartographic Technology, 1987
- 32 Buttenfield B P, McMaster R B. Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation. New York: John Wiley & Sons 1991
- 33 DeLucis A, Black T. A Comprehensive Approach to Automatic Feature Generalization. 13th ICA Conference, 1987
- 34 Franke U. A Method for Cartographical Selection According to Qualitative Aspects. In: Ernöcsáli eds. Automation, the Trend in Cartography: Final Report on the ICA Commission III. Budapest, Hungary, 1974. 165~176
- 35 Fritsch E, Lagrange J P. Spectral Representations of Linear Features for Generalisation. In: Frank A U, Kuhn W, eds. Spatial Information Theory — A Theoretical Basis for GIS. Berlin: Springer Verlag, 1995. 157~171
- 36 Hake G. Kartographic. Berlin: Walter de Gruyter, 1982
- 37 Joao M E. Causes and Consequences of Map Generalization. London: London School of Economics 1998
- 38 van Kreveld M, Nievergelt J, Roos T. Algorithmic Foundations of GIS. Berlin: Springer Verlag, 1997
- 39 Mackaness W A. Knowledge of Synergy of Generalization Operators in Automated Map Design. The Canadian Conference on GIS, 1994
- 40 Muller J C, Lagrange J P, Weibel R, eds. GIS and Generalization: Methodology and Practice. DISDATA 1. London: Taylor & Francis 1995
- 41 Peng W N, Pilouk M, Tempfli K. Generalizing Relief Representation Using Digitized Contours. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, 1996, 31(B4)
- 42 Peng W N. Automated Generalization in GIS. ITC, 1997
- 43 Plazanet C, Affholder J G, Fritsch E. The Importance of Geometric Modeling in Linear Feature Generalization. Cartography and GIS, 1995, 22(4): 291~305
- 44 Ramirez J P. A Conceptual Framework for Generalization of Maps. ICA Proceedings, 1995. 1 689
- 45 Srnka E. The Analytical Solution of Regular Generalization in Cartography. International Yearbook of Cartography, 1970
- 46 Srnka E. Mathematical Models in Cartographic Generalization. In: Ernöcsáli eds. Automation, the Trend in Cartography: Final Report on the ICA Commission III. Budapest, Hungary, 1974. 45~52
- 47 Tang L. Einsatz der Rasterdatenverarbeitung zum Aufbau digitaler Gelände modelle. Mitteilungen der geodätischen Institute der Technischen Universitaet GRAZ, 1991(73)
- 48 Tang L. Automatic Extraction of Specific Geomorphological Elements from Contours. GIS, 1992(3): 20~27
- 49 Weber W. Automationsgestuetzte Generalisierung. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, 1982(88): 77~109
- 50 Weibel R. An Adaptive Methodology for Automated Relief Generalization. Auto Carto 8. Baltimore, USA, 1987
- 51 Weibel R. Entwurf und Implementation einer Strategie fuer die adaptive rechnergestuetzte Reliefgeneralisierung. KN, 1991(3): 94~103
- 52 Weibel R. Amplified Intelligence and Rule Based System. In: Buttenfield B P, McMaster R B, eds. Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation. London: John Wiley & Sons 1991. 172~186
- 53 Weibel R. Models and Experiments for Adaptive Computer Assisted Terrain Generalization. Cartography and GIS, 1992, 19(3): 133~153
- 54 Wu H H. Prinzip und Methode der automatischen Generalisierung der Reliefformen. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, 1981(85): 163~174
- 55 Wu H H. Topological Selection in Broad Sense. The 16th International Cartographic Conference, Koeln, 1993
- 56 Wu H H. Structured Approach to Implementing Automatic Cartographic Generalization. The 18th ICA International Cartographic Conference, Stockholm, Sweden, 1997

毋海河,男,67岁,教授,博士生导师。现从事地图学、计算机地图制图、地图数据库和地理信息系统的教学与研究。代表成果《地图数据库系统》;《地理信息系统(GIS)空间数据结构与处理技术》;《地图信息的分形描述与自动综合研究》(与王桥合著);关于GIS缓冲区的建立问题;分维扩展的数值试验研究等。

E-mail: rhchen@public.wh.hb.cn

Research on Fundamental Theory and Technical Approaches of Automated Map Generalization

WU Hehai¹

(1 School of Land Science, WT USM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China 430079)

Abstract This paper concerns only the generalization of geoinformation which is stored in cartographic database or spatial database of GIS. The author's basic opinion is that in cartography and GIS there is a lack of essential and operational theory which could support the automatic generalization in digital environment by computer. The author proposed and implemented the following theoretical approaches to the automatic generalization:

Generalization concerns two problems: scientific and technologic. The former investigates "what is the essence of", "why the necessity and possibility of" and "what is the object of"; the latter determines "when", "where" and "how" to carry out corresponding operations. Without true theory there is no possibility to develop correct technical methodology and to make it have universal meaning.

"What is the essence of generalization" should be examined from two aspects: philosophic and technologic. From the first aspect to view, generalization is not owned by cartography and GIS themselves, but it is a universal methodology of human cognition. Therefore, from the macroscopic point of view, the carto/geo-generalization should be considered as a particular situation of application of scientific cognition rules "abstraction / summarization (the synonym of term generalization)". From the second aspect to view, the author proposed the insist of geo-info transformation as the essence of generalization.

What is the object of generalization? The author proposed the DLM view of generalization, i. e. the generalization object is none other than the geo-content of database. The DLM view of generalization is equivalent to model generalization.

"When" can be interpreted as object own conditions to be evaluated from the viewpoint of generalization. It can be considered as microconditions.

"Where" can be interpreted as object "context" relations to be evaluated from the viewpoint of generalization. It can be considered as mesosituations.

"How" involves very abundant connotation: recognition of local proximity relation, recognition of global macrostructure and determination of when and where a given method of generalization should be carried out.

The (5W+1H) scheme builds up the basic concept / theoretical model.

For implementing the model mentioned above, the author proposed the following structured measures:

1) Automatic segmentation of nature line features (e. g. rivers, shore lines) into homogeneous segments using quasi-optimized statistic division method. The line homogeneity can ensure the effectiveness of line generalization algorithms.

2) Creating the embedded convex hulls of scattered point objects. These hulls represent both global distribution characteristics and the inner structure ones of point object set. Therefore, they can serve as an optimal structure to support implementing an adaptive generalization. Here the

Voronoi graph can be used to further differentiate the importance for fine evaluation of point objects.

3) Creating the tree structure for river and valley networks to determine the position of objects in the structure. It is able to give global evaluation of object. If a Voronoi graph of line objects is added, then a further differentiation of importance of line objects can be made up. The latter step can enforce the structureness of generalization.

4) Creating the tree structure of contour lines to represent the mutual relationships (inclusion relation —— vertical adjacency, apposition relation —— horizontal adjacency) which provide a powerful means to automatically obtain so called HQDEM (high quality DEM). Only with such HQDEM can true break lines (relief structure lines) be derived geographically. The latter is a key auxiliary information for structure generalization of landforms.

5) Establishing the general structured generalization model.

On the basis of above mentioned the author proposed a general structured model of generalization. It consists of three submodels: Global selection model determines how many objects should be selected. This is a map/database “conception” model; Structured selection model determines what/which objects can be selected. This is a map/database “configuration” model; Geometry processing model, here an entity oriented data (semantic, metric and relational information) handling is carried out. This is an object “composition” model.

Using the fractal geometry a very essential parameter —— fractal dimension value of an object itself or of object set can be obtained. This parameter describes variation rate with the change of scale of observations in preserving self-similarity. Because fractal dimension value describes structure aspects both for individual object and object set, therefore it can be used in structured generalization.

The author proposed “regeneralization” which divides the recent generalization operators into two categories: information transformation (DLM) class and graphics representation (DCM) class.

Key words automatic generalization; generalization model; algorithm

WU Hehai male, 67, professor, Ph. D supervisor. His research orientations are computer cartography, cartographical database management system and geographical information system(GIS). His basic scientific treatises are “Cartographical Data Base System”, “Spatial Data Structures and Data Handling Techniques in GIS”, “Study on the Fractal Description of Map Information and Automatic Generalization”, and problem of buffer zone construction in GIS, numerical examination for fractal extension, etc.

Email: rhchen@public.wh.tb.cn