

GIS 环境下空间数据多尺度特征及其关键问题探讨

孙美玲 李永树

(西南交通大学,四川成都 610031)

[摘要]介绍了 GIS 环境下空间数据多尺度特征的基本概念,并对与空间数据多尺度表达相关的技术作了探讨,其中主要包括它们的最新研究进展、主要方法、存在的问题及应用前景。

[关键词]多尺度;无级比例尺;地图自动综合;LOD

[中图分类号]P208 [文献标识码]A [文章编号]1001-8379(2002)04-0154-04

MULTI—SCALE CHARACTER OF SPATIAL DATA IN GIS ENVIRONMENT AND DISCUSSION OF ITS KEY PROBLEMS

SUN Mei-ling, LI Yong-shu

(Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract This paper introduces the multi-scale character of spatial data in GIS environment and discusses its new development, main methods, existent problems and application prospects.

Key words multi-scale; infinitely variable map scale; automatic cartographic generalization; LOD

1 引言

随着地理信息系统(Geographic Information System, GIS)应用领域的不断扩展和需求层次的日益提高,人们越来越多地需要在不同分辨率、不同空间尺度上对地理现象进行观察、理解和描述,即越来越多地需要对多尺度的空间数据进行分析、处理和表达,这就导致对无级比例尺 GIS 需求的出现。由于技术的原因,目前主要是通过重复建库的方法来满足不同尺度数据的需求。但这种方法存在着很大的缺点,例如,造成数据的重复存储、数据更新不方便以及需要更多的时间和费用来建库等。特别地,随着戈尔“数字地球”概念的提出,这些不足就显得更加突出与尖锐,甚至成为制约数字地球空间信息基础设施建设的瓶颈。而地图自动综合便是解决此问题的最有效途径。同时,为了能够解决在计算机屏幕图形清晰易读的情况下,获得同一目标不同详细程度的信息,也就是获得它们的多尺度信息,便出现了细节层次模型(Level of Detail, LOD)技术。

2 GIS 中空间数据多尺度问题

尺度是空间数据的重要特征,指数据表达的空间范围的相对大小和时间的相对长短,不同尺度所表达的信息密度有很大的差异^[1]。地球系统

是由各种不同级别的子系统组成的复杂巨系统,各种规模的系统都有尺度的概念。因而,作为描述各种尺度中地理特征的空间数据自然也有尺度特征。

在 GIS 环境下,尺度的含义一般是指信息被观察、表示、分析和传输的详细程度。由于不可能观察地理世界的所有细节,因此,尺度必定是所有地理信息的重要特性。再加上多种地理现象和过程的尺度行为并非按比例线性或均匀变化,如改变高程的采样间隔或分辨率会影响坡度、汇水区等地形属性的分析。因此,有必要研究地理实体的空间形态和过程随尺度变化的规律,这是建立多尺度空间数据处理模型和表示方法的基础。从而也可以有效地解决 GIS 系统中无限的空间地理信息和有限的数据显示窗口之间的矛盾,也就是有效解决空间数据的多尺度表达问题。

3 GIS 中空间数据的多尺度表达

在 GIS 环境中,根据应用目的不同,一个目标的各个属性(专题属性和几何属性)的重要程度也不同,由此便产生了目标的多尺度表达问题,这也是 GIS 实用化的核心问题之一。主要表现在(1)用户对于解决不同的问题,对空间数据需求的详细程度不一样,GIS 如何提供给用户多尺度空间数

据(2)GIS以其丰富的地理信息内容作为数字地图制图生产的基础之一,如何满足输出不同详细程度和不同内容的地图产品。

由于人们需要按照一定尺度来区分、认识事物,因此一个富有成效的地理信息系统的运用需要一个完备的地理数据库的支持,因而数据的组织就成了关键问题。在GIS中,应该有一个主导数据库,它的主要功能是可以进行多比例尺的表示,这些比例尺一般来说都小于主导比例尺,它不是建立和维护多个比例尺的数据库来对应不同的制图输出,而是直接将主导数据库中的数据转换成较小的比例尺来表示,这是一种更为有效的方式。而实质上,由于空间信息的综合规律难以描述和表达,地理信息的自动综合问题一直是困扰地图学及GIS界的国际性难题。当前的数据库为了满足人们的不同要求,不得不存储多种比例尺、不同详细程度的空间数据,即同一空间实体的多种表示共存于同一数据库中。因此,在数据的多尺度表达上,在学术界就会有各种各样的技术来解决目前的问题。

3.1 多尺度GIS和无级比例尺GIS

多尺度GIS是指在GIS系统中存放多种比例尺的空间数据,用户根据需要调用不同比例尺的数据^[9]。而现有的GIS系统中并没有实现多尺度,其原因在于设计GIS软件平台时没有考虑多尺度的数据模型。要加进多尺度功能就必须改变系统的底层结构。近几年来,对多尺度GIS研究的内容主要是多尺度数据的组织与管理、多尺度GIS的可视化、不同尺度数据的自动生成、不同坐标系的空间数据的统一、不同投影的空间数据的关联等等。

实际上,多尺度GIS同样存在着缺点,如数据的重复存储、数据更新不方便以及需要更多的时间和费用来建库等。而无级比例尺GIS是以一个大比例尺数据库为基础数据源,在一定区域内空间对象的信息量随比例尺变化自动增减,从而实现一种GIS空间信息的压缩和复现与比例尺自适应的信息处理技术。例如,在无级比例尺GIS中,如果一个要素如机场被选上后,在大比例尺图上将显示详细的情况如跑道、建筑物、加油站等;但当用户缩小窗口后,机场综合后将依用户选择的任意比例尺显示出来,进一步缩小窗口,机场的表示甚至只能用机场的符号来表示了。所以,无级比例尺GIS是地理信息系统和自动制图系统的最终目标。

由于大量的地学数据随时间的变化在时态上呈现多样性,而空间数据无级比例尺的信息综合,使得这些海量数据在比例尺连续的变化中也呈现了多样性。尤其是在面向无级比例尺的空间数据仓库中,由于维护的空间数据是各种比例尺、各种专题数据的并集,数据量空前巨大,因此建立空间数据库索引,将会提高数据查询速度、优化数据存储格式。而GIS所涉及的是与多维时属性相关的数据,所以应在空间数据库、数据仓库和数据挖掘的基础上,通过空间数据引擎为GIS信息进行统一的组织和管理,提供高效查询方法,并提高分析和辅助决策的能力。

3.2 地图自动综合

地图自动综合是一个从原始的地图数据库(大比例尺)综合得到较小比例尺的地图数据库,并生成可视化地图产品的过程。它能降低数据采集、存储、检查和更新的费用,并可提高已建成的数据库的潜在价值。

自动综合这个研究主题是由Tobler(1996)开始的,他提出了一些计算机制图综合处理的基本原则。在此之后,很多学者也进行了相关的研究,提出了很多理论和方法。但在80年代以前的研究,主要存在两点不足:一是基本上集中在中、小比例尺的范围,而对大比例尺中的面状要素很少涉及;二是研究方法基本局限在某一种算法处理某种要素方面,这样就不可能解决具有连带关系(即空间关系)的制图综合问题。之后,这两方面都有了很大的进展,有代表的是Vicars与Robinson(1989)以及Muller(1991),他们一方面考虑了大比例尺地图的综合,另一方面也开始考虑采用知识库与专家系统的技术来解决问题。

目前,用于自动综合的方法主要有两类,交互式自动综合和批处理式自动综合。其中批处理式综合又包括面向信息的自动综合、面向滤波的综合方法、启发式综合方法、专家系统综合方法、分形综合方法、数学形态学方法,以及小波分析综合方法等。一些主要方法之间的差异如表1所示。

虽然现在出现了一些自动综合适用系统,但需要解决的问题还远未解决,如自动综合的模型、算法、知识及其协同应用等问题。还有,为满足空间数据多尺度显示的速度要求,也需在自动综合方法、过程及实现方面作进一步的研究。

3.3 地图合并技术

地图合并(Map Conflation)是指将同一地区两幅或两幅以上不同的地图合并成一幅图,新生成

表1 自动综合的主要方法及其技术特点

| 比较项目 | | 基本思想 | 优点 | 缺点 |
|----------|---------|---|----------------------------------|-----------------------------------|
| 交互式自动综合 | | 低层次的任务由软件执行,高层次的任务由人来实现和控制。 | 用户可在系统选项中自由选择被综合的对象和综合所用到的工具。 | 效率低,自动化程度也不高。 |
| 批处理式自动综合 | 面向信息的综合 | 原图上信息密度太大的位置,在缩小后的地图上不能保证它的视觉易读性。可通过改变其制图目标的方法,使目标概率增加,而使信息量减少。 | 直观、综合目标明确。 | 偏重于研究地图的总体信息,而较少地涉及单个制图目标的信息。 |
| | 面向滤波的综合 | 当低通滤波时,地图信息的局部高频被消除;反之则是低频被消除。 | 较适用于简单的曲线光滑处理。 | 不能体现出“舍弃次要、突出主要、区别对待”的思想。 |
| | 启发式综合 | 把整个综合优化过程分解为若干个子过程来实现,并把它们分别予以算法化。 | 子过程基本上等同于传统制图综合的某些手法(如选取、概括、合并等) | 某些概括意味着对某些主要特征的取舍,如海岸线的概括等。 |
| | 分形综合 | 用分形几何来描述难以用欧氏几何中的直线、光滑曲线、光滑曲面等来描述的具有多层嵌套的自相似结构。 | 自相似性不随观察尺度的减小而消失。 | 不同的分形体会具有相同的分维数,这将导致在综合前对地物的错误识别。 |

的地图在某些方面,如点位精度、详细程度或现势性均比源图好^[4]。现实世界中,同一地物的数据往往被不同部门重复地采集,由于所用仪器、观测方法不同以及关心的内容有所侧重,这些重复采集的数据不仅比例尺、点位精度可能不相同,而且经常是数据内容、属性信息都不相同。为了充分利用已有信息,减少数据采集的高额开销,GIS应用部门经常需要将这些不同来源的地图数据合并在一起使用,这就产生了地图合并技术。

地图合并技术主要用来集成不同来源的空间数据。通常,它可以用来将老图上的属性数据转到精度更高的新图上来;通过比较不同时期的地图数据可以进行变化检测;通过同名地物的识别还可以将一个数据库配准到另一个数据库中。而对于建立一个统一的无级比例尺数据库的主导数据库来说,其中的一个难题就是如何将不同地图的数据编辑组织在一起。不同地图间的不一致性,不仅表现在同一地物的位置差异,而且还表现在同名地物匹配出错,其中一个数据库没有相应的地物或者同一地物给出的属性不一致。利用地图合并技术可以将同一地区不同部门提供的地图合并成一个完整统一的地图,从而建立起一个统一的地图/地理数据库。

3.4 细节层次模型(LOD)

在GIS环境下,人们总是希望在保持计算机屏幕图形清晰易读的情况下,能对同一地区或同一物体获得不同详细程度的信息,也就是获得它们的多尺度信息。但实际上,根据人的视觉规律,把同一地区或同一物体放在远近不同的位置,人眼所能观察到的该地区或物体的详细程度是不一

样的。因此,我们可以根据人的视觉规律,构建“一组”不同详细程度的数据模型。在计算机生成其视景时,根据该地区或物体所在位置离视点距离的大小,调入详细程度不同的数据模型参与视景生成,用这种方法来模拟“越近看得越清”的视觉效果^[3]。

细节层次模型(Level of Detail, LOD)技术就是一种在不影响画面视觉效果的前提下,通过逐次简化景物的表面细节来减少场景的复杂性,从而提高绘制算法的效率。该技术通常对每一原始多面体模型建立几个不同逼近精度的几何模型。与原始模型相比,每个模型均保留了一定层次的细节。当从近处观察物体时,我们采用精细模型。而当从远处观察物体时,则采用较为粗糙的模型。这样当视点连续地变化时,在两个不同层次的模型间就存在一个明显的跳跃,因而有必要在两个相邻层次的模型间形成光滑的视觉过渡,亦可称之为几何形状过渡(geomorphs)。其研究主要集中在以下两个方面:

(1)建立不同层次细节的模型,对任意给定的复杂模型多边形网格M,由精细至粗糙建立一模型序列。

(2)建立相邻层次多边形网格之间的几何形状过渡。

LOD技术可以分成与视点无关和与视点相关两大类。一是与视点无关的LOD技术,主要根据不同的误差标准在尽可能保持模型外形的前提下,自动生成不同精细程度的简化网格模型,在绘制过程中,根据视点的位置选择相应的网格模型进行绘制^[5]。二是与视点相关的LOD技术,根据

视点动态地生成简化模型^[6]。目前,国内对 LOD 技术也开展了一些研究工作^[7]。如周昆等^[8]提出了一种把与视点无关的 LOD 技术和与视点相关的 LOD 技术结合起来的实时绘制技术,即先根据应用领域的要求或用户指定的误差范围,用与视点无关的网格简化算法对模型进行处理,再把得到的简化模型提交给与视点相关的网格简化技术来处理,进行实时绘制。

4 结束语

通过对 GIS 环境下空间数据多尺度特征及其表达的讨论,可以认识到无级比例尺 GIS 的发展对众多 GIS 学者来说,是一个很大的挑战。在较长的一段时间里,无级比例尺数据库是我们渴望得到但又很难达到的目的,而自动综合的任务就是挑战这个难题。在目前条件下,由于自动综合的复杂性和困难性,在无级比例尺数据库无法完全实现的情况下,可能的途径只能是根据主导数据库,通过自动综合的手段,得到满足不同尺度需要的新数据库,预先存贮起来,供不同尺度信息显示时使用。同时,面向无级比例尺的空间数据库,为解决无级比例尺的信息综合提供了可靠的应用支撑,所以也有必要对空间数据仓库索引技术进行研究。无级比例尺的信息综合不仅需要数据库的支持,而且也需要对无级比例尺统一描述信息的语义、信息的编码、Internet 计算环境下空间信息的发布进行深入的研究。此外,对于空间数据的

多尺度显示来说,在细节层次模型的研究上,也需要在以下几个方面进行深入研究,如表面属性(如彩色、纹理等)的统一处理、多分辨率模型的管理、视点和视区有关的 LOD 生成和绘制算法、LOD 层次之间的平滑过渡和实时连续 LOD 绘制、基于 LOD 的限时图形绘制、模型近似误差度量标准等方面。

[参考文献]

- [1] 王家耀.空间信息系统原理[M].北京:科学出版社,2001.
- [2] 李军.地球空间数据多尺度特征[J].地理研究(增刊),1998.
- [3] 高俊,夏运俊,游雄,等.虚拟现实在地形环境仿真中的应用[M].北京:解放军出版社,1999.
- [4] 张桥平,李德仁,龚健雅.地图合并技术[J].测绘通报,2001(7).
- [5] Soucy, Marc, Guy, Godin, Marc, Rioux. A texture - mapping approach for the compression of colored 3D triangulations [J]. The Visual Computer, 1996 (10).
- [6] Xia, J., El - Sana, J., Varshney, A. Adaptive real - time level - of - detail - based rendering for polygonal models [J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 1997 (3).
- [7] 潘志庚,马小虎,石教英.多细节层次模型自动生成技术综述[J].中国图像图形学报,1998(3).
- [8] 周昆,潘志庚,石教英.基于混合多细节层次技术的实时绘制算法[J].软件学报,2001(12).
- [9] 王晏民,李德仁,龚健雅.多尺度 GIS 集中式数据模型[J].黑龙江工程学院学报,2001(1).

“丈量世界屋脊的英雄测绘大队” 隆重纪念授予荣誉称号 20 周年

2002 年 12 月 6 日,成都军区某测绘大队隆重召开大会,纪念该大队被中央军委授予“丈量世界屋脊的英雄测绘大队”荣誉称号 20 周年。成都军区杨德清政委到会作了重要讲话。总参测绘局、解放军测绘学院和成都军区各部领导、四川省测绘局领导应邀参加了纪念庆典。

该大队是一支有着光荣历史的测绘部队,组建于 1949 年人民解放军进军大西南之时。五十多年来,大队几代测绘官兵不畏艰辛,创造出一个又一个测绘奇迹:首次精确测量出世界最高峰珠穆朗玛峰 8848.13 米海拔高程,创造了海拔 7790 米高度重力测量的世界最高点纪录,填补了祖国大陆最后一块无图区空白。1982 年 11 月 29 日,被中央军委授予“丈量世界屋脊的英雄测绘大队”荣誉称号。1999 年 4 月 20 日,中共中央总书记、中华人民共和国主席、中央军委主席江泽民同志亲临该大队视察,并题词勉励他们“发扬丈量世界屋脊精神,勇攀现代军事测绘高峰”。

该大队在改革开放和授予荣誉称号的 20 年中,继承和发扬光荣传统,牢记宗旨和职责,取得了军事测绘的新成就,同时积极投身于国家经济建设热潮,不断为国防和国家重大工程项目提供优质测绘保障服务。大队有两次荣获集体三等功,先后有 600 多名干部战士立功受奖,有多项测绘成果获国家和省、部级科技进步奖励。

纪念授予荣誉称号,更加激发了该大队全体官兵建设好英雄测绘大队的满腔热情。他们表示,光荣属于历史,未来面对挑战,在党中央的英明领导下,全队上下一心,踏实履行职责,认真谋求发展。在新的征途上,将用更优异的成绩,为祖国为人民做出更大的贡献。