

文章编号: 1000 0585(2002)03-0365-08

基于空间数据库的多媒体图形查询 信息系统研究 ——以苏州河环境综合整治为例

张立峰, 许有鹏, 孙亚梅, 王腊春, 马劲松

(南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

摘要: 本文介绍作者自行开发的 GIS 软件系统——基于空间数据库的多媒体图形查询信息系统的内容、结构和功能, 以及在环境规划管理方面的应用。阐明了系统可满足决策管理层和公共信息发布层等不同层次的应用需求, 对环境工程项目的规划管理可作为示范和借鉴。说明本系统除具有一般 GIS 系统所具有的功能外, 还把现代多媒体技术和 GIS 空间数据库技术结合起来, 实现了在空间数据基础上的多媒体信息查询, 丰富了 GIS 中属性数据查询的内容, 提高了地图的可视性。详细介绍了一种地理信息系统的空间分析方法——包含分析的算法和在本系统中的具体应用——按多边形区域进行空间相关性关系查询。

关 键 词: 空间数据库; 属性数据库; 双向查询; 包含分析; 空间相关性关系查询

中图分类号: P208; P231.5 **文献标识码:** A

1 引言

苏州河环境综合整治是 20 世纪末上海市环境工程的重中之重。这项工程包括污水截流、底泥清挖、引清冲污、综合监督、立法管理、河流及沿岸区域的功能定位规划和改造等各个方面, 它涉及到大量的数据信息、诸如自然环境和社会人文信息、属性数据和空间数据、调查统计数据和分析测试数据^[1]等。如何利用现代计算机技术把不同的信息数据集成到一个综合系统中, 并利用该系统的功能进行数据更新、查询、检索、分析、结果输出、辅助规划和决策等, 是现代环境工程规划和管理的重要环节。

随着计算机信息理论和信息技术的不断发展, 信息系统已成为解决当今人类面临的资源匮乏和环境恶化等严重现实问题的革命性技术方法和工具。地理信息系统 (Geographic Information System, 简称 GIS) 是以采集、存储、管理、描述、分析地球表面及空间和地理分布有关的数据信息系统^[2]。目前已成为国内外资源环境规划和管理所普遍采用的一项技术。建立苏州河环境综合整治信息系统主要用于苏州河及沿岸区域综合信息的查询检索、空间分析、统计分析、工程分析、模型分析, 为苏州河环境综合整治决策部门提供快速可视化的管理和辅助规划决策等工具, 并结合多媒体技术, 为苏州河环境综合整治提供

收稿日期: 2001-08-13; 修订日期: 2002-02-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49771020)

作者简介: 张立峰 (1963), 男, 江苏沛县人, 工程师。现主要从事 GIS 方面的软件开发和研究工作, 曾获国家教委科技进步二等奖。发表论文多篇。

公共信息查询和发布服务。

基于空间数据库的多媒体图形查询信息系统是在 WINDOWS98 操作系统下用 Delphi 4 程序设计语言开发的苏州河环境综合整治信息系统的一个子系统，主要用于对苏州河上海辖区 54km（重点是市区 23.5km）河段及沿岸区域的自然、经济、社会基础、环境污染和综合规划及管理政策、法规信息的查询、检索、统计分析和结果输出。并实现了对图形对象的属性包括多媒体信息（照片、影像）的查询和播放。与苏州河环境综合整治总系统集成，还可由 Internet 作信息发布，并与有关职能部门连网。

2 系统结构

本系统建有空间和属性数据库。空间数据按图层的形式存放，属性数据存入关系型数据库中，空间数据库与属性数据库通过自行开发软件连接。图形数据的输入和编辑采用国际上流行的地理信息系统软件 ARC/INFO 处理，并可通过我们自行开发的数据接口转入本系统。属性数据通过关系型数据库管理系统进行更新和维护。信息查询检索包括地图显示、属性数据查询（含多媒体信息）、空间数据查询、空间量算和双向查询等，所有操作通过全中文信息系统集成环境来完成。系统的框架结构如图 1 所示。

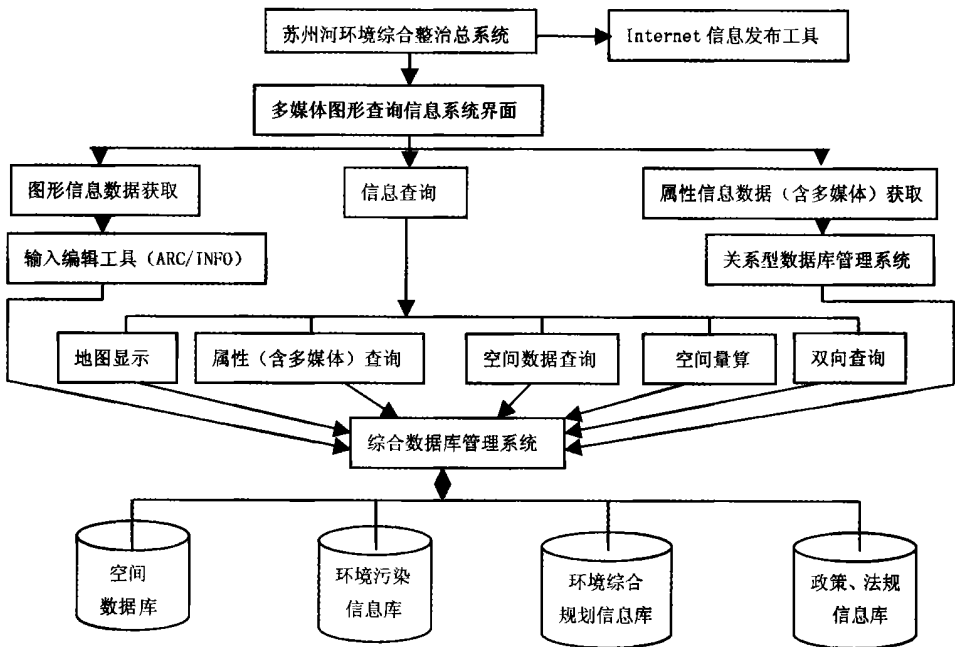


图 1 多媒体图形查询信息系统框架结构

Fig. 1 Structure of multimedia based information on query system

3 数据库内容

系统数据库的地域范围包括黄浦江口至新泾港之间 23.5km 的苏州河河段及其两岸 300m 以内区域。数据源为 1: 25000 苏州河沿岸土地利用图、1: 1000 苏州河航道图、TM，

SPOT 图像、污染源数据、底泥钻孔测量数据、苏州河整治政策法规和图片、影像、动画等多媒体资料, 涵括的内容有:

- (1) 自然、经济和社会基础信息数据: 水文、气候、河道数字高程模型、土地利用、建筑物、绿化、政区、道路、桥梁、防汛墙、各类码头装卸区、人口、企事业单位等。
- (2) 环境污染信息数据: 污染源信息、水质污染参数、底泥污染参数、污染底泥三维空间分布数据及环境质量等。
- (3) 环境综合规划信息数据: 苏州河环境综合整治的近期、中期和远期目标与规划, 相关的规划图、指标体系等。
- (4) 有关苏州河环境综合整治的政策、法规信息数据。
- (5) 多媒体信息数据: 有关桥梁、建筑物、道路的照片, 各类码头装卸区和企事业单位等排污过程的录像等。

4 系统开发的技术路线

在 32 位中文 WINDOWS 操作系统支持下, 运用面向对象程序设计语言 Delphi, 采用多窗口和多媒体技术, 开发系统界面、图形操作、查询检索、数据库维护和输出等系统。对空间数据 (点、线、面状要素) 建立拓扑结构和空间索引 (点状要素用户可任意扩充)。采用矢量数据的空间包含分析方法完成空间数据按矩形、椭圆 (形圆) 和任意区域的空间相关性关系查询, 并通过 ID 码建立空间数据库与属性数据库的连接, 实现空间数据和属性数据的双向查询^[3]。空间数据的输入和编辑由 GIS 软件 ARC/INFO 来完成, 并通过用 Delphi 自行开发的数据接口自动接入系统。图形操作、查询和输出系统用 Delphi 自身的图形函数和调用 WINDOWS API 函数开发。由分类码和 SQL 语句实现对属性数据的分类查询和条件查询, 并通过对 Delphi 多媒体控件编程实现对属性数据库中多媒体信息播放^[4]。

5 系统的功能

本子系统主要有 15 种功能, 它们是用用户界面、地图的缩放和漫游、地图的上下左右四方向平移、地图层面的控制、图例及符号定义^[5, 6]、地图要素名称和位置的自动和手动标注^[7, 8]、地图的属性查询与演示 (多媒体)、属性数据的分类查询、空间数据的相关性查询、空间距离与周长及面积的量算、区域面貌显示、数据 (包括空间和属性数据) 的增新和删旧、空间和属性数据库的管理、ARC/INFO 数据和系统数据的转换, 以及地图的打印输出等。

为了满足“苏州河环境综合整治信息系统”总系统严格的设计要求, 我们对本系统应具有的功能作了精心的研究与开发, 关键性的功能都作了强化或专门处理。举例如下:

- (1) 苏州河环境整治指挥部要求所建系统要适合很少懂得计算机, 甚至不懂计算机的用户都能顺利使用本系统。为此, 我们设计了特别亲善友好的多窗口图形用户界面 (Graphical Users Interface- GUI) 作为系统和用户之间的中介, 如图 2 所示。用户只需用鼠标选择图 2 中工具条上的某个功能键, 那么系统便会自动完成该功能的任务, 并及时予以显示。所以操作极为简便, 无计算机基础的用户照样可以操作本系统。
- (2) 系统辖区包括 23.5km 的苏州河及其两岸各 300m 以内的范围, 在保持清晰可读的情况下, 屏幕一次显示是不可能的。怎样做到迅速移动屏幕图形扫视全区或定位于某一



图 2 多窗口图形用户界面

Fig. 2 Graphical users multi windows interface

地段，为此我们强化开发了图面缩放、漫游和四方向平移功能。根据用户的需求，可任意



图 3 地图的属性(含多媒体信息)查询演示窗口

Fig. 3 Attributes of maps (including multimedia information)

缩放、拖动和平缓地移动图形，直到看清区域全貌或某个指定地点^[8]。

(3) 属性数据的查询功能包括两个方面。其一，含多媒体信息的查询（空间到属性）。查询图上某一符号的文字、图片、录像和音响等描述信息，根据用户的查询要求，系统采用一弹出式窗口便可即时明了地显示和播放有关信息，如图 3 所示。此功能是本系统和一般系统相比最具特色的地方，它把现代多媒体技术和 GIS 空间数据库技术结合起来，实现了在空间数据基础上的多媒体信息查询，丰富了 GIS 中属性数据查询的内容，提高了地图的可视性^[9, 10]。其二，属性数据的分类查询。系统采用条件构造器辅助定义 SQL，访问属性数据库，对属性数据进行分类查询。用户对不同类型的属性数据可定义不同的颜色，当要查询某一类型的属性数据时，例如，棉纺织厂类，则所有棉纺织厂的厂址即时以

所定义的颜色显示于屏幕上，同时显示厂名表。若用户想要查询某厂的具体位置，只需用鼠标选择表单上的该厂名，系统可立即在屏幕上显示并标注该厂在全区中的位置（属性到空间），见图 4。



图 4 属性数据的分类查询
Fig. 4 Attribute data classification query

（4）空间数据的查询，包括按用户定义的矩形、椭圆（圆）形和任意多边形区域诸要素及其空间坐标的查询。

①按任意多边形区域进行空间相关性关系查询的算法

地理信息系统如何确定要素之间是否存在直接联系的算法，是人们关注的问题之一。这里主要指点、线、面相互之间的联系。例如，确定居民地与河流和道路之间的联系首先要将河流或道路线段每两结点之间，建立矩形窗，判别窗内是否包含该居民点，然后利用规定的阀，确定它们是否存在着直接的联系。再如，要确定某个污染源属于哪个行政区，某个设定的区域内污染源的个数等，这都是点与面之间的包含分析，或称为 Point-in-polygon 分析。其原理为，首先对数字化一组并带有表号（ID 码）的点予以分析，然后将这些点与已经存放在系统中的多边形（或由用户设定的任意多边形）进行点与面的叠加，最后对各个多边形或区域进行这些点的自动计数或归属判别。并用一弹出式窗口显示和统计在这些区域中的污染源名称和数目。其算法如下^[11]：

如图 5 所示，研究某区域的一个多边形 $F = (n_1, n_2, \dots, n_n)$ ，顶点 $n_i = (x_i, y_i)$ ， $i = 1, 2, \dots, n, n_n = n_1$ 。域内的一个点状要素为 $p_t (x_t, y_t)$ ，由 p_t 作一条铅垂线设为 R 。现在要测试点 p_t 是在多边形 F 的边界上 ($FG = 0$)， F 之内 ($FG = 1$)，或在 F 之外 ($FG = -1$)，其测试方法和程序框图见图 6。

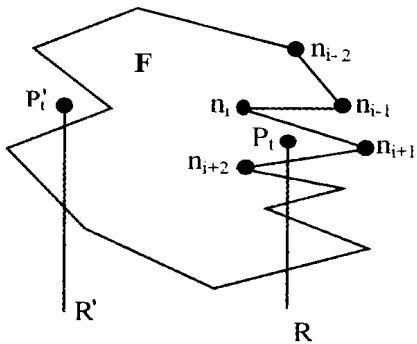


图 5 包含分析算法
Fig. 5 Map of including analysis

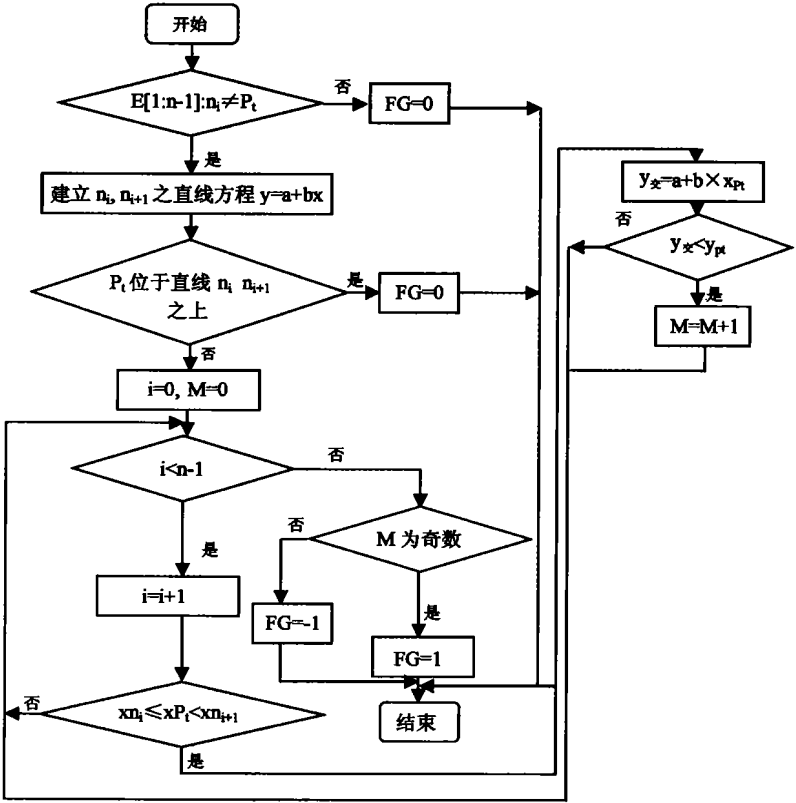


图 6 包含分析程序框图

Fig. 6 Structure of including analysis process

②按用户定义的矩形、椭圆（圆）形和任意多边形区域进行空间相关性关系查询

假如用户想要查询某一区域内所包含的企事业单位和交通情况，可使用系统提供的查询工具在图上自定义矩形、椭圆（圆）形和任意多边形区域，系统将快速地用一弹出窗口显示在该区域内的单位、道路名称表并统计总数量，见图 7。

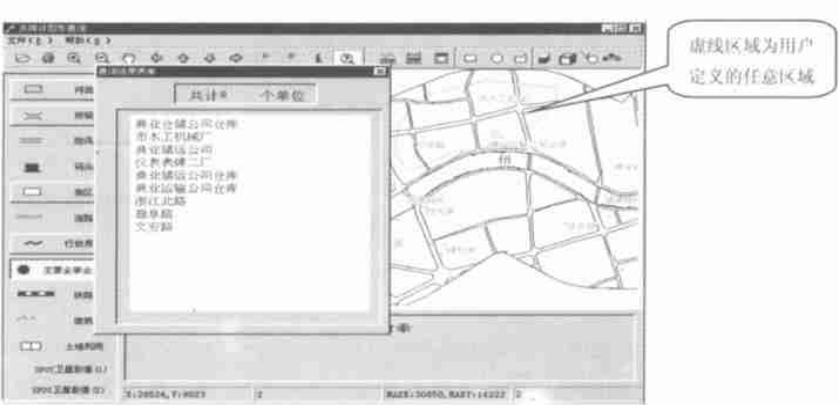


图 7 任意区域的空间相关性关系查询

Fig. 7 Spatial relation query in any regions

(5) 环境整治信息系统中，反映污染源的变更和整治效果情况是人们所关注的。增新删旧数据及时反映这些情况是本系统的一大任务，所以，我们强化开发了数据更新功能。例如，某个污染源消除了，而其它地方又增添了污染源，这时，用户就可以利用本系统提供的点状数据增删功能，在屏幕显示的图上加以删除和以不同字体、不同大小的符号和颜色加以增注，系统自动将它们连接到空间和属性数据库，实现数据库的实时更新。

(6) 系统建有多个属性数据库，其中土地利用数据库由多个子库按“一对多”关系建立而成，减少了数据的冗余度。自行开发了属性数据库管理系统，用户可方便地对数据库记录（包括图片和录像资料）进行排序、检索、增加、删除等操作。系统还建有数据库字典，对代码字段名进行翻译，见图 8。



图 8 属性数据库管理窗口

Fig. 8 An example of attribute database management

6 结语

(1) 本子系统选用国外先进的数据库系统和面向对象的软件开发工具，结合我国实际，研发出空间数据和属性数据库的更新和两库的双向查询检索。用户界面友好，操作便捷，输出形式丰富。此外还配备了多种有关的系统接口，便于在其它系统中移植应用。

(2) 本子系统已将苏州河段（从黄浦江口至新泾港）两岸 300m 以内地区的环境和图像等收入系统，轻点鼠标，有关信息便跃然屏幕，一目了然，增、删信息也极为方便。管理部门从中可掌握苏州河地区可能的污染源，从而可根据系统提供的政策法规等，采取必要的对策，以保苏州河及其周围环境良好。

(3) 由于子系统提供的信息丰富，查询方式多样，并包括多种量算统计和 GIS 空间包含分析方法，因而可提供地区规划设计蓝本。对环境工程规模、重大企事业单位的动迁、经费估算及工程分析精度的提高等，均可提供较可靠的客观依据，因而，巨大的经济效益、社会效益和生态效益是不言而喻的。

(4) 本子系统已集成于“苏州河环境综合整治信息系统”，得到苏州河环境综合整治指挥部及相关部门的认可，并已在实际应用中发挥作用。

参考文献:

- [1] 李军,周成虎. 地学数据特征分析. 地理科学, 1999, **19**(2): 158~ 162.
- [2] 张剑平,等. 地理信息系统与 MapInfo 应用. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 柏延臣,等. 空间数据分析与空间模型. 地理研究, 1999, **18**(2): 185~ 190.
- [4] Wozniwicz A J. Delphi 程序员指南. 岳丽华,等译. 北京: 科学出版社, 1997.
- [5] 孙家广,等. 计算机图形学(第 3 版). 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [6] 程朋根,等. GIS 中地图符号设计系统的设计与发展. 中国图象图形学报, 2000, **5**(12): 1006~ 1011.
- [7] 余卓渊,王英杰,等. 电子地图线状流动注记的实用算法. 地理学报, 2001, **56**(增刊): 73~ 77.
- [8] 丁琳,刘岳,等. 北京市电子地图集的设计与技术实现. 地理研究, 2001, **20**(2): 220~ 228.
- [9] 秦建新,张青年,王全科,等. 地图可视化研究. 地理研究, 2000, **19**(1): 15~ 21.
- [10] 王建华,祝国瑞,等. GIS 中可视化媒体的描述与表达. 测绘通报, 1999, 02 期: 12~ 15.
- [11] 黄杏元,等. 地理信息系统概论. 北京: 高等教育出版社, 1990.

Research on multimedia graphics information system based on spatial database: a case study on the integrated environmental management of Suzhou River

ZHANG Li-feng, XU You-peng, SUN Ya-mei, WANG Lai-chun, MA Jing-song
(Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: This paper introduces a self-made GIS software system - a multimedia graphics query information system based on spatial database, including its structure, function and application in environmental planning and management. It presents that this system can meet the needs for applications in decisional management level and public information release level and can be used as a valuable example for planning and managing the environmental projects. Besides some common functions of GIS system, the system we made also integrated modern multimedia technology with traditional spatial database, hence the multimedia information query based on the spatial database came true. This function not only enriched the query content of attribute database, but also improved the visualization of map information. In this paper, we specially focus on the details of the spatial analysis method - including the algorithms and their actual implementation in this system - queries according to the rectangle, ellipse(circle), arbitrary region and spatial correlation.

Key words: GIS; multimedia technology; spatial database; attribute database; 2-directional query; encapsulate analysis; spatial correlation analysis