

文章编号 1000-5013(2001)01-094-06

泉州市地理信息系统的设计与实现

张全伙 余有建

(华侨大学信息科学与工程学院, 泉州 362011)

摘要 以泉州市区地图为处理对象, 阐述地理信息系统的形成、内涵和应用领域. 论述地理信息系统中的地图分层组织、彩色地图的矢量化和最短路径搜索方法, 以及地理信息的快速查询、分类显示等设计思想和具体实现. 对地理信息系统的特点和发展趋势, 进行讨论和展望. 系统用 Delphi 5.0 实现, 可运行于 Windows 98 和 NT 环境下.

关键词 地理信息系统, 地图分层组织, 矢量化搜索, 最短路径

中图分类号 TP 391.41 : TN 911.3 : TP 311.132.4 : P 28

文献标识码 A

地理信息系统(GIS)是计算机图形学、数字图像处理和数据库管理等技术相结合的产物. 它是为获取、存储、检索、分析和显示空间定位数据而建立的数据库管理系统. 它能将地理空间数据与属性数据有效地结合在一起, 为人们提供一种具有虚拟环境和可视化的查询手段. 目前, 地理信息系统已广泛应用于分析军事兵力部署、地质矿产资源分布、电力通信线路布线、交通指挥调度, 以及各种突发事件处置等方面. 地理信息系统的开发与应用, 已成为信息处理的一个研究热点^[1]. 本系统是以泉州市区地图为处理对象, 用 Delphi 5.0 开发的泉州市区地理信息系统. 系统可在 Windows 98 及 NT 环境下运行.

1 总体设计思想

通常, 一幅地图是通过扫描仪输入计算机, 并以位图形式存放的. 可用桌面地理信息系统软件 MapInfo 对它进行矢量化处理, 以获得点的相对地理坐标和边的长度等信息. 在本系统中, 我们是通过鼠标采样以获得点的坐标, 再通过起止点坐标计算出边的长度. 在总体设计上, 结合地图分层组织思想、彩色地图的矢量化及最短路径搜索方法, 以实现地理信息的快速查询、分类显示以及交通路线的最短路径计算等功能.

1.1 GIS 的数据构成

地理信息系统主要包括两类数据. 一类是空间数据, 它是构成地图对象的几何图形, 包括点、线、面等目标对象. 另一类是与空间数据相关联的属性数据, 诸如交通路线上的站名, 企事业单位名称. 它们一般表现为文字信息、图像、声音、视频等.

1.2 地图的分层

在地理信息系统中, 可对地图进行分层组织, 不同的图层包含不同类型的地图对象. 在本系统中, 我们把泉州市区地图分为如下 3 层: (1) 去除其他信息, 只留下由街道和河流分割的城市区域分块图; (2) 把包含实节点和实路线的交通道路网专门放在一个图层; (3) 将文字、符号等其它信息的地图目标对象放在另一个图层.

1.3 地图目标对象

地图目标对象主要由点、线、面等基本目标组成. 这些点、线、面都有它们的几何属性. 这些属性描述了地图目标对象的坐标信息、颜色、线型、填充模式等特征. 每一种属性用一个图标表示, 把这些几何属性存放在数据库里, 需要显示时可动态生成图层. 对于地理目标对象中的文字、图像、声音等属性数据, 同样存放在数据库里, 并建立空间数据与属性数据之间的关联. 这样分类存储地图目标对象的好处, 是易于实现地理信息的快速检索与分类显示.

2 程序实现

程序的结构框架, 如图 1 所示. 程序分为编辑者和使用者两部分. 编辑者部分包含: (1) 节点数据库的生成, 存放节点与邻接点的属性等信息; (2) 地理信息数据库的生成, 实现数据的增、删、改以及邻接点的自动搜索与权值 (如边长、费用等) 的计算. 使用者部分, 包含地理信息的快速查询、检索、分类显示及最短路径搜索等. 下面以地理信息数据库的创建为例, 说明库的基本结构. 数据库中设置一个类型字段, 名称为 TYPE, 类型为 Byte: (1) 医疗; (2) 银行; (3) 邮政; (4) 旅游; (5) 公安; (6) 商业; (7) 教育; (8) 政府机关; 为此, 将各企事业单位信息分类存储. 此外, 数据库中还包含字段 x, y , 用于存放各单位的相对地理坐标 x 和 y . 路线可根据节点库生成. 节点库至少包含如下字段: 节点名称, 节点的 x 和 y 坐标, 邻接点名称.

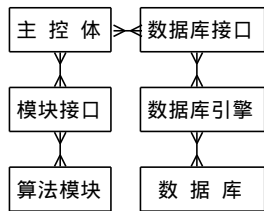


图1 程序结构框架

3 相关重要算法

在地理信息系统中牵涉的重要算法, 主要有矢量化搜索算法、最短路径算法、边缘检测算法、波纹算法、地图缩放算法和等宽线算法.

3.1 位图矢量化搜索算法^[2]

地图经扫描输入计算机后, 是以位图形式存放的. 想要获得一个点的坐标, 一条河流或交通路线的走向, 就必须对位图进行矢量化处理. 矢量化搜索算法, 主要包括样本学习、色彩距离度量、模糊选点、细线型要素的自动化或半自动化搜索等步骤.

3.2 最短路径算法

在本系统中, 我们抽取交通网络图中街道交叉路口作为交通网络图的节点, 街道以交叉路口为点进行分割, 成为路段, 作为网络图的边. 这样, 整个网络图将由交叉路口和路段组成. 在算法中把路段看成直线段处理, 为减少计算边长和夹角时产生过大误差, 可对网络图进行预处理, 对弧度较大的路段, 适当插入节点.

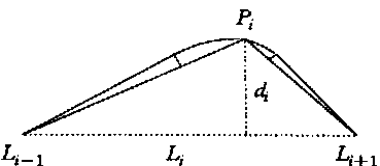


图2 用跨度与偏量来描述曲线的弯曲度

考察图 2, P_{i-1}, P_i, P_{i+1} 是一条弧线上的两个端节点 L_{i-1} 和 L_{i+1} 是相应的跨度和偏量, 该弧

段的弯曲度可由比值 $C_i = d_i / L_i$ 来表征. 当 C_i 小于某一给定值, 认为该弧段为直线, 否则插入节点 P_i ; 对 $P_{i-1}P_i$ 和 P_iP_{i+1} 重复以上过程. 算法基于网络拓扑关系模型, 它由两个步骤实现. (1) 求最短路径的初始解. 考虑图 3, 欲求起点 A 到终点 B 的最短路径. 因 AB 不是网络中的一条, 否则 AB 的直线距离即为所求. 从起点 A 出发找出一条边, 该边与 AB 的夹角最小. 即

$$\cos \theta = \max_D \left[\frac{AB \cdot AP_k}{|AB \cdot AP_k|} \right] = \frac{AB \cdot AP}{|AB \cdot AP|}, \quad (1)$$

其中 D 为所求与点 A 相连的节点数目. 接着, 取 P 为当前起点, 替换 A , 找出下一条与直线 PB 夹角最小的边. 如此反复, 直至所得当前起

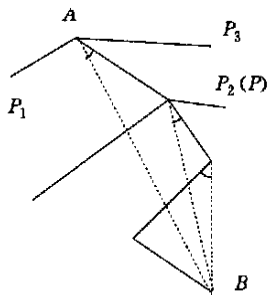
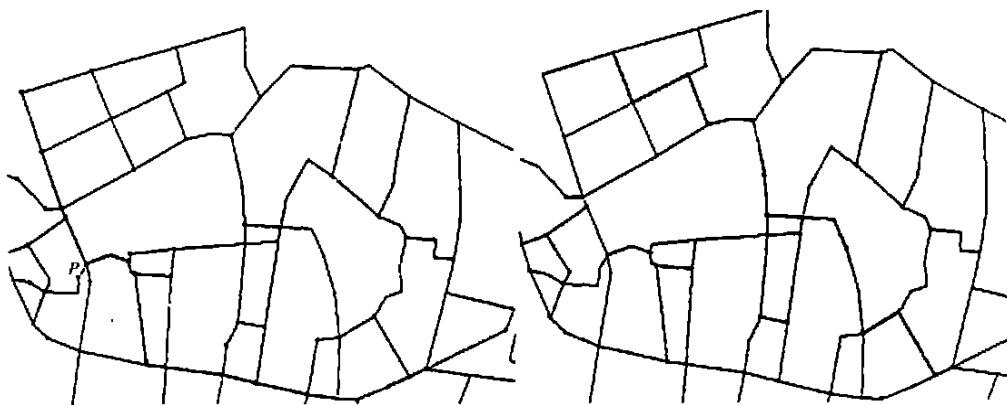


图3 最短路径的初始解

点 P 与终点 B 重合. 这样得到的一组路径, 就是从起点到终点的初始解. (2) 求最短路径的优化解. 欲求点 A 到点 B 的最短路径, 设 A, B 的坐标分别为 $(x^a, y^a), (x^b, y^b)$. 引入判别函数 $F(x, y) = (x^b - x^a) \cdot y + (y^a - y^b)x + x^a y^b - y^a x^b$. 显然, 若 $F(x, y) = 0$, 则点 (x, y) 在直线 AB 上. 这样, 根据 $F(x, y)$ 的符号可将网络图中所有节点分为两组. 一组为 D_1 , 它是所有与 A 相连且 $F(x, y) < 0$ 的点集. 另一组为 D_2 , 它是所有与点 A 相连且 $F(x, y) \geq 0$ 的点集. 设有一路径队列 Q , 最先放有起点 A , 从 Q 中取出 A 作为当前节点; 在 D_1, D_2 中分别找出满足式(1)的节点 P_1, P_2 , 把 P_1, P_2 放入 Q ; 依次取出 Q 中的节点, 找出其满足条件的子节点并放入 Q . 如此反复, 直至队列 Q 为空. 由于每个当前节点至多有两个子节点, 实际是在搜索一棵二叉树. 当节点等于终点 B 时不加入 Q , 但将其长度与 B 的当前长度进行比较, 取较短者赋予 B , 并修改 B 的父节点. 此后, 只需从终点向上依次取父节点, 即可反向得到一条最短路径. 图 4(a) 是运用算法对泉州市区局部交通地图的运行结果, 图 4(b) 是图 4(a) 中 AB 最短路径中屏蔽点 P 后的结果.



(a) 泉州市路网最短路径示例

(b) 屏蔽一个节点后的最短路径

图4 最短路径示例

3.3 边缘检测算法

所谓边缘像素是指图像上灰度变化比较剧烈的地方, 在数学上可用灰度的导数来刻画这种变化. 边缘检测的目的是为得到较为清晰的实路线. 为此, 对于每一像素 (I, J) 可按下式计

算, 即 $R(I, j) = \max\{|P(I-1, J-1) - P(I+1, J+1)|, |P(I-1, J+1) - P(I+1, J-1)|\}$. 当 $R(I, J)$ 的值大于某一门限时, 则认为 (I, J) 是边缘像素. 算法可描述为

```

procedure Robert( inbmp, outbmp: T bitmap; maxium: Double);
var inA1, inA2, OutA: PwordArray; I, J, R: Integer;
Begin
With outbmp do Begin
Width:= inbmp. Width; Height:= inbmp. Height; PixelFormat:= inbmp. PixelFormat;
End;
For I:= 1 to Height- 2 do Begin
InA 1:= inbmp. ScanLine[ I- 1]; InA 2:= inbmp. ScanLine[ I+ 1];
OutA:= ou- tbmp. ScanLine[ I];
For J:= 1 to Wbth- 2 do Begin
R:= Max(abs(inA 1[ J- 1]- inA 2[ J+ 1]), abs(inA 1[ J+ 1]- inA 2[ J- 1]));
If R> maxium then OutA[ J]:= 255 else OutA[ J]:= 0; End; End; End;

```

3.4 波纹算法

在对地图进行矢量化或最短路径搜索之前, 需要用户手工采集一些点. 用户用鼠标取样时, 难免产生偏差, GIS 允许用户在一定的误差范围仍能选中目标. 利用波纹算法以 Delphi 中对象的 On Mouse Down 事件, 可得到用户在客户区所点击 (x, y) 坐标. 以 (x, y) 为圆心, 不断增加半径画圆. 检索数据库中的坐标, 直到找到匹配坐标并返回结果或圆半径超出范围.

3.5 地图缩放算法

图形显示时, 常遇到要求在有限区域内显示大图像的情况. 这就要求对地图进行缩放.

3.5.1 地图的局部剪切和缩放方法 这两种方法, 下面分别介绍. (1) 利用 Windows 中的 GDI 库函数. (a) BitBlt(): 称为位块传输函数. 其作用是将与设备无关的位图中的一个矩形区域, 传到目标图像的某个区域中, 其原型为

```
int BitBlt( hDestDC, xDest, yDest, dxDest, dyDest, hSrcDc, xScr, yScr, ROP)
```

(b) StretchBlt(): 其作用是将指定范围中的图像, 按照指定的矩形大小显示在指定位置. 其原型为

```
int StretchBlt( hDestDC, xDest, yDest, dxDest, dyDest, hSrcDc, xScr, yScr, dxScr,
dyScr, ROP)
```

以上两函数的各参数说明, 如表 1 所示.

(2) Delphi 中. (a) 可使用 Tcanvas 对象 Copy Rect 函数: 编写如下函数 Image Copy, 传递适当的参数即可实现局部缩放. 即

```

Procedure ImageCopy ( BoxCenterX, BocCenterY, BoxSize: Integer);
Var SourceRect, DestText: Trect;
Begin
With SourceRect do Begin

```

```
Left:= BoxCenterX-Box Size; Top:= BoxCenterY- BoxSize;
```

```
With DestRect do Begin
Left:= BoxCenterX- dSize; Top:= BoxCenterY- dSize;
Right:= BoxCenterX+ dSize; Bottom:= BoxCenterY+ dSize; End;
Imagel.Canvas. CopyMode:= cm Src Copy;
Imagel.Canvas. CopyRect(DestRect, Fbitmap.Canvas, SourceTect); End;
Fbitmap 存放后台图像, Imagel 存放要显示图像
```

(b) 使用 Timag 对象的 Stretch 属性, 以及 Width, Height, Auto Size(False) 属性也可实现全局缩放.

表 1 DWORD ROP; 光栅操作

HDC hDestDC; 目标设备描述表的句柄	HDC hDSerDC; 源设备描述表的句柄
Int xDest; 目标矩形的 X 坐标值	Int xSer; 源矩形的 X 坐标值
Int yDest; 目标矩形的 Y 坐标值	Int ySer; 源矩形的 Y 坐标值
Int dxDest; 目标矩形的宽度值	Int dxSer; 源矩形的宽度值
Int dyDest; 目标矩形的高度值	Int dySer; 源矩形的高度值

3. 5. 2 地图缩放区域的获得 无论是放大还是缩小, 获得屏幕上一点与后台地图实际点的对应关系是问题的关键. 为找到这样的点, 假定每次放大或缩小的系数分别为 α, β . 在相应工作

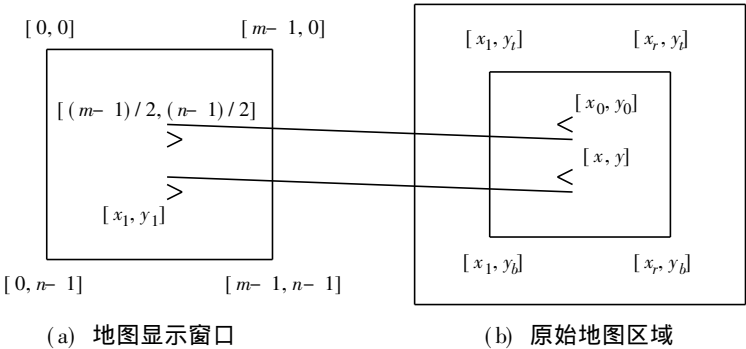


图5 显示窗口与原始地图区域的关系

方式下, 每次单击鼠标左键, 系统将按给定的缩放系数进行缩放. 此外, 为管理地图的缩放次数, 系统还设了两个变量 K_1, K_2 . 当用鼠标点击前台图像时, 在放大方式下, 其实际的放大倍数为 $\alpha^{K_2+1} \cdot \beta^{K_1}$; 在缩小方式下, 其缩小倍数为 $\alpha^{K_2} \beta^{K_1+1}$. 地图当前的显示系数由 K 表示. 屏幕显示窗口与原始地图之间点的对应关系, 如图 5 所示. 为保证显示中心在整数位置, m, n 应取为奇整数. 如果用鼠标单击点 (x_1, y_1) , 系统将在后台以点 (x, y) 为中心求出在当前缩放比例下与屏幕窗口匹配的区域大小. 显然有 $x = x_0 + [x_1 - (m - 1) / 2K], y = y_0 + [y_1 - (n - 1) / 2K]$. 由上分析, 我们可建立方程式为

$$x_r - x_1 = m/k, \quad y_b - y_t = n/k, \quad x_1 + x_r = 2x \quad y_b + y_t = 2y.$$

联立上述 4 式求解并取整, 即可获得新的缩放区域 4 个点的位置. 再将该区域的地图映射到屏幕窗口中.

3. 6 等宽线算法

在形象的显示空间要素时, 如河流、铁路等, 常要表现其线条缓慢的流淌下来. 我们在系统

中还设计了等宽线算法, 以实现这种效果.

4 讨论与展望

GIS 是一种特殊的空间信息系统. 它与一般的管理信息系统(MIS)有着明显的区别, 主要在于 GIS 要对图形数据库和属性数据库进行共同管理、分析和应用. 对它的所有地理要素都必须按特定的坐标系统进行严格的空间定位, 元素间的拓扑关系是 GIS 的数据库中必不可少的重要内容. 因此, GIS 既能提供诸如查询、检索之类的信息服务, 又具备空间分析、系统分析等综合分析能力. 这是任何其他信息系统所望尘莫及的.

近年来, GIS 已发展成为一门引人关注的新兴信息科学技术. 信息学家将 RS(遥感), GPS(全球定位系统), GIS(地理信息系统), 简称 3S 技术, 列为 21 世纪信息科学技术发展趋势之一. 概括起来, GIS 的发展大致呈 5 种趋势. (1) 基于 GIS 的 MIS/DSS/IDSS 的应用研究, 将为传统的 MIS/DSS 研究开拓新的应用领域. (2) 开展基于 Internet/Intranet 网络的 GIS 或 Web-GIS 的研究, 实现异地用户的数据信息统一管理和资源共享. (3) 研究用同一个用户界面处理图形和非图形数据, 并借助 DBMS 管理大量复杂的属性数据. (4) 鉴于 GIS 的数据库包含地理目标的定位数据、拓扑关系和属性数据, 针对具体应用领域选择合适数据结构是一个急待解决的问题. 因此, 将促进数据结构和数据模型的深入研究. (5) 促进 3S 技术的集成化研究.

参 考 文 献

- 1 常晓勤, 薛啸宇. 采用面向对象方法设计地理信息系统[J]. 现代计算机, 1999, 2: 7~10
- 2 吴信才, 王小睿. 基于彩色地图的交互式矢量化方法[J]. 小型微型计算机系统, 1998, 19(5): 36~39
- 3 严寒冰, 刘迎春. 基于 GIS 的城市道路网最短路径算法探讨[J]. 计算机学报, 2000, 23(2): 210~215
- 4 张全伙, 陈飞舟. 基于点光源的多边形纹理处理技术[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 1999, 20(2): 209~214

Design and Implementation of Geographic Information System Suitable for the City Proper of Quanzhou

Zhang Quanhua Yu Youjian

(College of Info. Sci. & Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract The map of the city proper of Quanzhou is taken as object of processing. Beginning with a brief elaboration of the formation of geographic information system (GIS), its connotation, and its domain of application, the authors discuss the layering organization of maps in GIS and vectorization of color map and search in shortest path as well as the quick query and sorting display of the geographic information and other details about design idea and implementation. As the last step, they discuss the characteristics of the GIS and look forward to the trend of its development. The system is implemented by using Dephi 5.0. It can be operated in Window 98 and NT environment.

Keywords geographic information system, layering organization of maps, vectorizing searching, shortest path