

# 一种新的地图数据检索方法及其应用软件\*

王 桥

(武汉测绘科技大学, 地图制图系, 武汉珞瑜路 39 号, 430070)

**摘 要** 本文提出了一种新的实用地图数据检索方法——“放大镜”式地图数据检索, 建立了相应的软件系统, 并讨论了该方法的数学基础、软件的特点, 还给出了应用实例。

**关键词** 地图数据检索; 变比例尺; 地图数据库; 地理信息系统; 应用软件

**分类号** P283.7 O229 TP311

## 0 引 言

“地图数据库的适应性主要体现在它所拥有的检索性能上, 即能根据用户提出的一种或多种检索条件迅速准确地从数据库中提取满足这些条件的物体集合以及某些派生信息的能力”<sup>[1]</sup>。的确, 在地图数据库技术、计算机辅助制图以及地理信息系统中, 地图数据检索是非常重要的和基本的。因为要对地图数据进行分析、处理, 就必须能够对它们进行有效的检索、显示。我们知道在地图数据检索中, 用“开窗”的方法对图形进行放大显示是最常用的检索之一(见图 1、图 2), 这主要是基于计算机屏幕尺寸有限, 其分辨率难以完整、清晰地把有关图形都显示出来; 也有用户仅对图形的一些局部感兴趣等原因需要“开窗”放大显示。

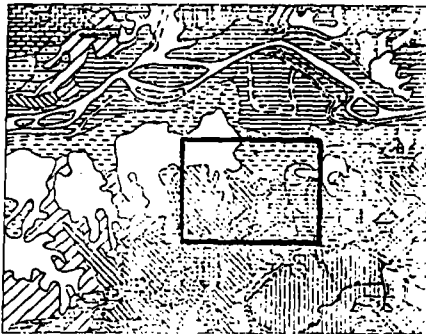


图 1 开窗检索前

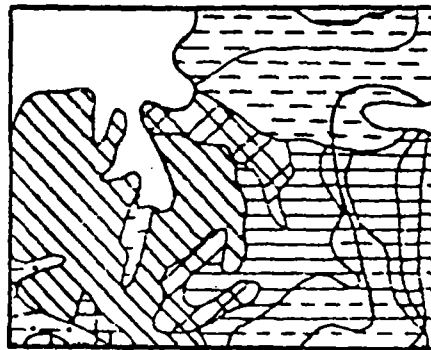


图 2 开窗检索后

为详细地显示图形的局部, 采用目前这种开窗检索方法进行放大显示无疑是很有意义的。但是, 在很多情形下, 用户不但关心图形某些局部的详细情况, 而且还关心该局部在特定整体中的地位、与周围环境的联系等。例如, 在地貌形态自动综合过程中用户不但需要放大处理当前的地性线, 而且还需要顾及到它与相邻地性线之间内在的固有的联系, 作有机的而不是孤立的综合。否则, 将加深地貌形态的连续性与表示手段的离散性之间的矛盾, 甚至使某些地段的

收稿日期: 1992—12—29。王桥, 男, 35 岁, 讲师, 博士生, 现从事数学制图、机助制图的研究。

\* 校科研基金资助项目。

地性线变成一堆杂乱的线条。又例如,在利用地理信息系统进行开发规划过程中,用户不但需要了解某个地区或某几个地区内的详细情况,而且还需要同时了解它们与外部的交通情况、它们附近的自然情况、它们间的相对位置情况等。显然,用开窗检索的方法处理此类问题将遇到矛盾:要想详细地表示局部,就要缩小剪裁范围,以便放大显示,而缩小剪裁范围又会舍掉窗外内容、切割周围信息。因此,有必要找出一种检索方法,使我们犹如用放大镜去看地图一样,既能够详细、清晰地看到所关心的局部,亦可观察到该局部与整体的关系及四邻的种种信息、在特定整体中的地位等等。本文提出的放大镜式地图数据检索即是具有这样功能的一种新的实用地图数据检索方法。

## 1 一般原理

放大镜式地图数据检索从本质上讲,就是把原图上某些地方用较大的比例尺来表示,而其它地方的比例尺相对缩小或不变。为此,实现放大镜式地图数据检索的关键是要找出能够实现这种变比例尺的变换关系:

$$x' = \varphi_1(x, y), \quad y' = \varphi_2(x, y)$$

其中  $(x, y)$  为原图象坐标;  $(x', y')$  为变比例尺图象坐标;  $\varphi_1, \varphi_2$  为单值、连续且满足

$$J = \frac{\partial(\varphi_1, \varphi_2)}{\partial(x, y)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial\varphi_1}{\partial x} & \frac{\partial\varphi_1}{\partial y} \\ \frac{\partial\varphi_2}{\partial x} & \frac{\partial\varphi_2}{\partial y} \end{vmatrix} \neq 0 \text{ 时在所检索区域内处处成立的函数。}$$

设  $P(x, y)$  是原图平面上任意一点,  $P'(x', y')$  是它在变比例尺平面上的对应点,  $O(x_0, y_0)$  是焦点(一般指我们所关心的比例尺变化域的中心), 点  $P$  到点  $O$  的距离为  $R$ , 点  $P'$  到点  $O$  的距离为  $r$ ,  $\theta$  为方位角(见图 3)。

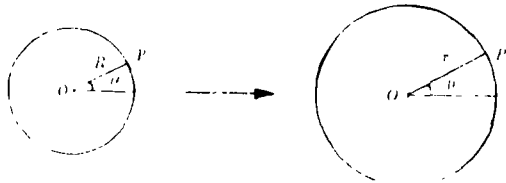


图 3 比例尺变化域

按实现变比例尺的意义,变化率  $r/R$  即反映了比例尺的变化规律,可以认为它随着  $R$  不同而不同。不妨设它为  $\Phi(R)$ , 即:

$$r = R\Phi(R) \quad (1)$$

分析图 3, 考虑到(1)式, 可以得到

$$\begin{cases} x' = x_0 + \Phi(R)(x - x_0) \\ y' = y_0 + \Phi(R)(y - y_0) \end{cases} \quad (2)$$

(2)式中,  $R$  描述了圆域, 实际上它还可以描述其它形状的区域, 所以可设其为  $R = \varphi(x, y)$ 。又令  $\Phi(R) = \Phi(\varphi(x, y)) = F(\varphi(x, y)) + 1$ , 则(2)式可为

$$\begin{cases} x' = x + F(\varphi(x, y))(x - x_0) \\ y' = y + F(\varphi(x, y))(y - y_0) \end{cases} \quad (3)$$

由(3)式, 我们不难推出多焦点(不妨设有  $n$  个焦点)情形下的更一般的公式

$$\begin{cases} x' = x + \sum_{i=1}^n F_i(\varphi_i(x, y))(x - x_i) \\ y' = y + \sum_{i=1}^n F_i(\varphi_i(x, y))(y - y_i) \end{cases} \quad (4)$$

式中,  $(x_i, y_i)$  是第  $i$  个焦点的坐标,  $F_i, \varphi_i$  分别为  $(x_i, y_i)$  所对应的比例尺变化规律和比例尺变化域的形状规律 ( $i=1, 2, \dots, n$ )。

为达到“放大镜”检索的效果,  $F_i(\varphi_i(x, y))$  还需取以下形式:

$$F_i(\varphi_i(x, y)) = \begin{cases} G_i(g_i(x, y)) & (x, y) \in \Omega_i \\ G_i(R_i) & (x, y) \in \bar{\Omega}_i \end{cases} \quad (5)$$

式中,  $G_i, g_i$ , 分别  $F_i, \varphi_i$  的含义相同,  $\Omega_i = \{(x, y) | g_i(x, y) \leq R_i, i=1, 2, \dots, n\}$ ,  $R_i$  表示临界值, 是比例尺变化范围的控制参数。

(4)、(5) 式即给出了实现变比例尺目的的坐标变换一般公式。根据放大显示的实际需要, 只要合适地拟定  $G_i, g_i$ , 利用 (4)、(5) 式就可以得到所谓放大镜式地图数据检索结果。

例如: 若以图 4(a) 为原图, 取  $n=2$ ,  $G_i(g_i(x, y)) = A_i \sqrt{1 - (g_i(x, y)/B_i)^2} (i=1, 2)$ ,

$$g_1(x, y) = \sqrt{((x-x_1)/C_1)^2 + ((y-y_1)/D_1)^2}, \quad g_2(x, y) = \frac{3}{2} \left[ \left( X - \frac{C_2(X^2-Y^2)}{X^2+Y^2} \right)^2 + \left( Y - \frac{2C_2XY}{X^2+Y^2} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (X=x-x_2, Y=y-y_2)$$

则可得到如图 4(b) 所示效果的检索结果。取  $n=2$ ,  $G_i(g_i(x, y)) (i=1, 2)$  同上,  $g_1(x, y) = C_1 |x - x_1| + D_1 |y - y_1|$ ,  $g_2(x, y) = \frac{4}{3} \left\{ \left[ X - C_2 \left( 4 \left( \frac{X}{R} \right)^3 - \frac{3X}{R} \right) \right]^2 + \left[ Y + C_2 \left( \frac{3Y}{R} - 4 \left( \frac{Y}{R} \right)^3 \right) \right]^2 \right\}^{1/2} (X=x-x_2, Y=y-y_2, R = \sqrt{X^2+Y^2})$

则可得到如图 4(c) 所示效果的检索结果。取  $n=4$ ,  $G_i(g_i(x, y))$  同上,  $G_j(g_j(x, y)) = C_j (1 + g_j(x, y)^{p_j})$ ,  $g_k(x, y) = \sqrt{(x-x_k)^2 + (y-y_k)^2} (k=1, 2, 3, 4)$ , 则可得到如图 4(d) 所示的检索结果。

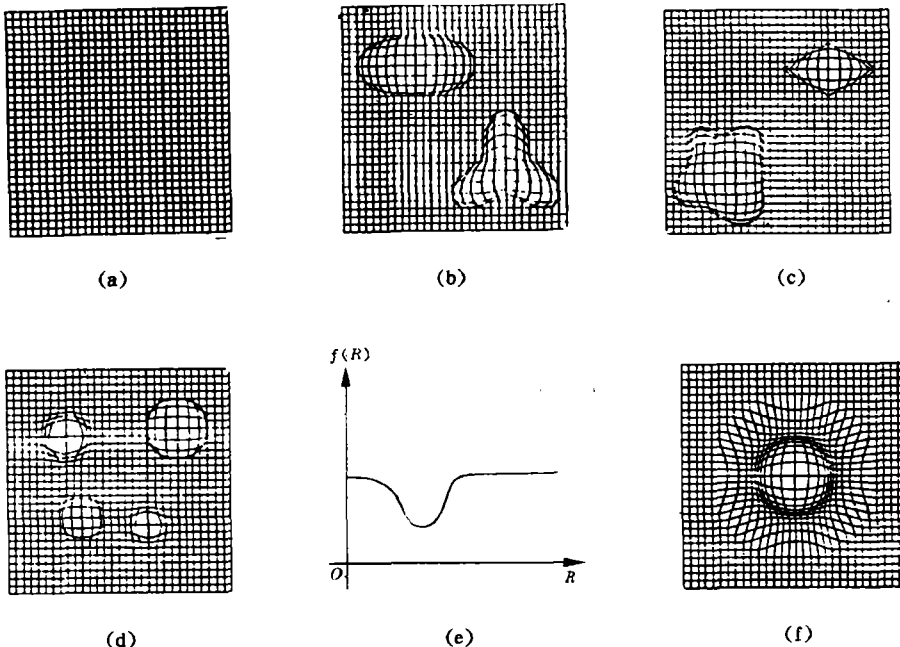


图 4 检索结果

以上 A、B、C、D 均为控制参数,可控制比例尺变化及比例尺变化域形状的方式和幅度。

从上述例子可以看出,G、g 的选取可以是很自由、多种多样的。除了象上面这样选取一些常见的函数外,还可根据上述思想方法,针对实际需要,用几何的方法设计出各种变化规律。(见图 4(e)、4(f))。

对一些特殊的要求,还可考虑用如下数值方法:先把对应于第 i 个焦点的原图坐标(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>)转换为(ρ<sub>i</sub>, φ<sub>i</sub>); ρ<sub>i</sub> = √(x<sub>i</sub> - x<sub>j</sub>)<sup>2</sup> + (y<sub>i</sub> - y<sub>j</sub>)<sup>2</sup>, φ<sub>i</sub> = arctg  $\frac{y_i - y_j}{x_i - x_j}$ , 再将 φ<sub>i</sub> 根据象限转化为方位角 φ'<sub>i</sub>, 根据变比例尺要求, 绘出 μ<sub>ρ</sub> - ρ<sub>i</sub> 曲线(如图 5 所示)。按图中满足要求的长度比点“·”拟合出曲线 f(ρ), 一般地可用分段线性函数或二次曲线去拟合, 对复杂的要求可用张力样条函数去拟合。因为 μ<sub>ρ</sub> =  $\frac{d\rho'_i}{d\rho_i}$  = f<sub>i</sub>(ρ), 所以, ρ'<sub>i</sub> = ∫<sub>0</sub><sup>ρ</sup> f<sub>i</sub>(ρ) dρ, 于是可得坐标变换公式:

$$\begin{cases} x'_j = x_j + \sum_{i=1}^n [(\rho'_{ij} \cos \varphi'_{ij} + x_i) - x_j] \\ y'_j = y_j + \sum_{i=1}^n [(\rho'_{ij} \sin \varphi'_{ij} + y_i) - y_j] \end{cases}$$

式中(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>)是原图平面坐标, (x', y')是变比例尺平面坐标。

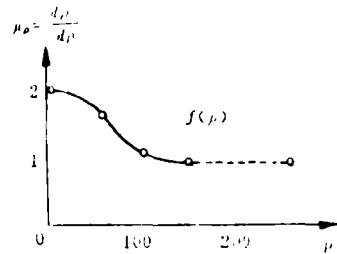


图 5 μ<sub>ρ</sub> - ρ<sub>i</sub> 曲线

上述方法的主要特点是,通过自由设计的比例尺(或长度比)变化函数、比例尺变化域规律函数及其各种控制参数,可以对比例尺的变化进行全面、有效和灵活的控制。因此,以这种方法为基础的放大镜式地图数据检索为计算机用户提供了功能全面的各种类型、用途、规格和形状的画面“放大镜”。

## 2 软件系统的设计和建立

为在计算机上方便、迅速地实现放大镜式地图数据检索,本研究设计、建立了实用软件系统。该系统由 20 多个变比例尺坐标变换模块组成,采用下拉式菜单导引。系统界面如图 6。

由于放大镜式地图数据检索要涉及到“放大镜”焦点、形状和放大方式(即比例尺变化方式)及其它们的不同组合,所以本系统采用顺序点菜,模块依次调用方式运行。用方向键控制,首先选择“放大镜”焦点,然后选择“放大镜”形状,最后选择“放大镜”放大方式;按回车键后,系统即执行,屏幕上显示检索结果。再按回车键,系统又返回菜单的当前项等待选菜。与每次选择相应的控制参数可以预先设置,也可以实时输入(或由光标选择)。每次选中后,系统的说明窗口还会提示所选项的含义及参数说明和参考值。

系统提供了“放大镜”的四种焦点形式和“放大镜”9 种形状,它们已能满足实现变比例尺目的的一般要求。系统所提供的“放大镜”放大方式有 6 种,它们相应的比例尺变化规律分别为:

$$G_1(g_1(x, y)) = A_1 (1 + g_1(x, y))^{A_1} \quad G_2(g_2(x, y)) = \frac{2A_2}{\sqrt{(2A_2)^2 + g_2^2(x, y)}};$$

放大镜式地图数据检索系统						
主菜单	放大镜焦点	放大镜形状	放大镜方式	常用检索	绘图	退出
	单焦点	圆形	方式一	椭圆		
	二焦点	椭圆	方式二	椭、椭		
	三焦点	三叶	方式三	菱形		
	四焦点	四叶	方式四	菱、菱		
		菱形	方式五	三叶		
		三角	方式六	三叶、三叶		
		方形		非规		
		非规 1		非规、非规		
		非规 2		椭、菱		
				椭、三叶		
说明窗口 <input style="width: 500px; height: 20px;" type="text"/>						

图 6 系统界面示意

$$G_3(g_3(x, y)) = \frac{A_3 \sin(B_3) \arcsin(g_3(x, y)/A_3)}{g_3(x, y) \sin(B_3 + \arcsin(g_3(x, y)/A_3)} \quad G_4(g_4(x, y)) = A_4 e^{-B_4 \rho_4(x, y)}$$

$$G_5(g_5(x, y)) = A_5 \sqrt{1 - (g_5(x, y)/B_5)^2}$$

$$G_6(g_6(x, y)) = \frac{a_0 A_6}{g_6(x, y)} + \frac{A_6(B_6 - \alpha)}{2g_6(x, y)} - \frac{A_6(g_6(x, y) - B_6)^2}{2(B_6 - A_6)g_6(x, y)}$$

上述放大方式,有的可使比例尺变化较快,有的可使比例尺变化较慢,有的可使比例尺变化较平缓,还有的可使比例尺在比例尺变化域内的一定范围里,成为原比例尺某倍数。通过不同选择的搭配与结合,本系统可提供  $C_4^1 C_3^1 + C_3^2 C_2^1 + C_2^3 C_1^1 + C_1^4 C_0^1 = 4164$  种不同的检索结果。例如,可以得到两个焦点情形下,一个焦点采用放大方式二的圆形“放大镜”,另一个焦点采用放大方式四的三叶形“放大镜”的检索结果;三个焦点情形下,一个焦点采用放大方式五的椭圆形“放大镜”,一个焦点采用放大方式一的方形“放大镜”,一个焦点采用放大方式六的非规则形“放大镜”的检索结果;等等。

为增加系统的实用性,系统还提供了常用的放大镜式地图检索主菜单及相应的子菜单,用户不须通过顺序选菜,可直接获得检索结果。另外,系统还设置了绘图功能,可将用户感兴趣的检索结果由绘图机直接绘出。

该系统还有如下特点:(1)操作方便,界面友好,具有一定的对话功能;(2)模块性强,易于扩充、移植和维护;(3)对主机可使用内存要求不高,可在配置 EGA 或 VGA 彩色图形适配器和相应显示器的各种 286、386 微机上运行,对硬件的适应性强;(4)具有开发价值。

## 4 应用举例

例 1:以南宁市区略图数字化文件为原始地图数据,观察单焦点情形下,所提出方法及其软件系统的实用效果。

由原图(见图 7(a))可见,该市的繁华地带主要位于图中阴影所示的椭圆形区域,这一带街巷密度大,街道两边商业网点密集。如果我们需要详细考察该地带,又不忽视它在整个市区

内的相对位置关系,则可以使用放大镜式地图数据检索系统来实现:焦点选取在椭圆区域中心,“放大镜”形状选取椭圆形(倾斜 $-60^\circ$ ),“放大镜”放大方式选取方式五,即可得到如图 7(b)所示的检索效果。如还需再放大,可重复一次上述操作,得到图 7(c)所示的检索效果。



(a)



(b)



(c)

图 7 椭圆方式放大检索

观察图 7(a)、7(b)、7(c)可以看到,在“放大镜”内我们所关心的内容要素得到了比较详细、清晰的显示,虽然沿“放大镜”边界图形出现了被压缩现象,但是图形的连续性,相对位置关系等仍然保持;“放大镜”外图形在非放大镜边界区域完全保持不变。

例2:以比利时部分地区交通旅游图数字化文件为原始地图数据,观察多焦点情形下,所提出方法和软件系统的实用效果。

由原图(见图8(a))可见,图内有布鲁塞尔、安特卫普、根特等著名旅游城市,因为比例尺较小,这些城市得不到详细表示。用放大镜式地图数据检索,焦点分别选在这些城市的市中心,“放大镜”形状分别选取圆形,“放大镜”放大方式分别选取方式一,得到如图8(b)所示的检索结果(为对照,这里只考虑两个焦点的情形)。图8的放大镜式检索方法为进行整体分析提供了新手段。

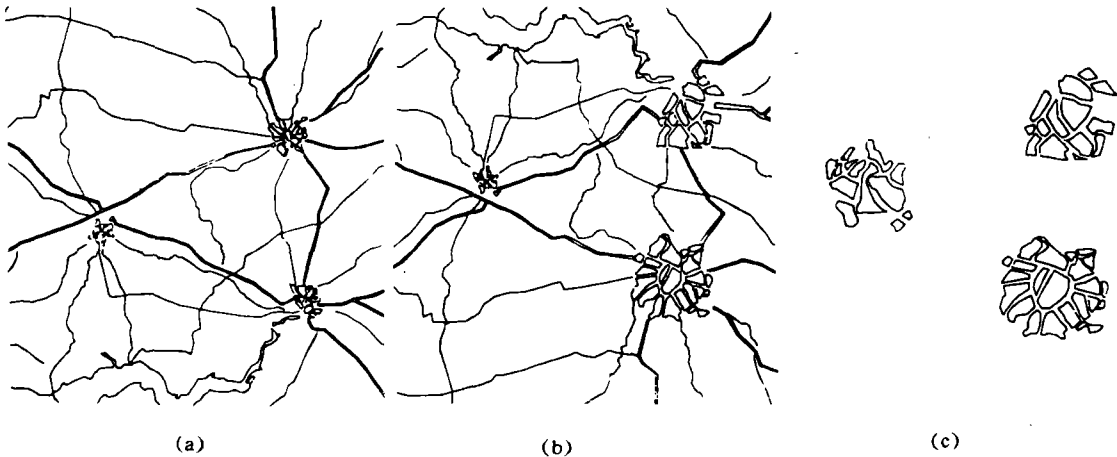


图8 圆形“放大镜”检索

放大镜式地图数据检索除单独使用外,还可与常规检索(定性检索、定位检索)、拓扑检索结合使用。仍利用上例的原始地图数据,仅以与定性检索结合使用为例,其检索结果由图8(c)所示。这里只考虑了两个焦点的情形。

### 参 考 文 献

- 1 毋河海. 地图数据库系统. 北京:测绘出版社,1991.
- 2 胡毓钜. 变比例尺地图投影系统. 武汉测绘科技大学学报,1987(2):47~54
- 3 黄杏元,汤勤. 地理信息系统概论. 北京:高等教育出版社,1992.
- 4 Lichtner W. Computer-unterstützte Verzerrung von Kartenbildern bei der Herstellung thematischer Karten, IYC, 1983. 84~95

## A New Retrieval Method for Practical Map Data and Its Applied Software

Wang Qiao

(Dept. of Cartography, WTUSM, Luoyu Road. 39, Wuhan, China, 430070)

**Abstract** In this paper, a new kind of practical map data retrieval method——“magnifying-glass” retrieval is proposed, a relevant software system is established, characteristics of the method and system are discussed, and some examples are given.

**Key words** map data retrieval; variable scale; map data base; geographic information system; applied software