

地理信息系统中地图无级漫游的实现方法之研究^{*})

陈雪龙 王延章 许永涛

(大连理工大学信息与决策技术研究所 大连 116023)

摘 要 本文在分析现存 GIS 软件中处理多幅不同比例尺地图的缩放漫游时的不足的基础上,分别从横向、纵向两个方面提出了多幅不同比例尺地图的无级漫游方法,并对方法的实现进行了探讨。该方法已经成功应用于国家“十五”科技攻关项目“面向行政区域的国民经济与社会发展的辅助决策支持技术的应用”中,取得了良好的应用效果。

关键词 无级漫游,投影变换,GMDH,神经网络

Study of Implementation Method of Free Map Roam in GIS

CHEN Xue-Long WANG Yan-Zhang XU Yong-Tao

(Institute of Information and Decision Technology, DUT, Dalian 116023)

Abstract This paper proposes methods of free roam for multi-map and variant scale map from two sides based on the analysis of drawbacks and reasons of current GIS software in map roam. The implementation of these methods is also discussed. The methods has been applied in the item, application of decision support technology of national economy and society development that of administrative area oriented, which is national key scientific and technological project of the tenth five-year successfully.

Keywords Free map roam, Projective transform, GMDH, Neural network

1 引言

缩放和漫游是 GIS 软件和电子地图必备的功能,是 GIS 用户通过有限的屏幕窗口去认知无限的地理空间所必需的工具,也是打开一张数字地图时首先就要用到的工具,是 GIS 软件工具的门面之一。因此,这种工具设计的好坏直接影响到用户对 GIS 软件的印象和评价,是衡量 GIS 软件界面是否友好、功能是否完善的重要因素之一。

人类的推理是以一种有序的方式对思维对象进行各种层次的抽象,以便使自己既看清了细节,又不被枝节问题扰乱了主干。因为“超过一定的详细程度,一个人能看到的越多,他对所看到的东西能描述的就越少”。人们运用不同比例尺、不同专题的地图来分析并表达地理客体就是一个很好的例证。为了既满足用户对 GIS 地理环境宏观上的认识,又考虑到他们有观察局部细节微观上的要求,通常采用多比例尺的空间数据来满足不同用户不同层次的需要。

随着空间数据分辨率越来越高,数据的容量也越来越大。为了便于海量空间数据的存储与管理,提高空间数据的利用效率,常常将大范围、大容量的空间数据所描述的地图分解成多幅地图,使得每一个地图对象变得较小而便于处理与管理。

由此可以看到,多比例尺与分幅地图有其存在的必要性与必然性,对其进行缩放和漫游的研究也就显得尤为重要。目前大多数 GIS 软件针对单一比例尺或单幅的地图的缩放和漫游功能是比较完善的,但涉及到多比例尺或多幅地图的缩放和漫游,显得有些不足。主要有以下几点:

(1)不能进行任意的缩放,使得所处理的地图比例尺和范围受到了限制;

(2)缩放没有将比例尺不同的原始地图结合起来,如小比例尺的地图在放大到一定程度后已经失去意义,但没有显示

内容更详尽的大比例地图;

(3)放大后不能进行任意范围地图的漫游,尤其是多幅地图拼接而成的整个区域内的自由漫游,想看放大后裁减区域之外的内容必须返回到放大前的状态,给用户带来不便;

(4)缩放到一定程度后,图形显示出现不正常,或丢失或多余。

为此,本文从实践的角度提出了实现多比例尺与分幅地图的无级缩放与漫游方法。

2 Windows 的坐标空间及其设备接口的局限性

GIS 中描述地理空间所采用的坐标系是千差万别的,空间范围理论上也是无限延伸的。而 Window 的坐标空间是基于笛卡尔坐标系的,所描述的空间范围受 GDI 函数所使用的字长的限制,虽然可以通过设置不同的映射方式来改变其所描述的空间范围,但仍然是有限的。为了解决两种坐标空间的矛盾,本文采用了在 Windows 坐标空间中开逻辑窗的方法,很好地解决了这一矛盾。

逻辑窗的大小由用户定义,但是不能超出 Windows 坐标空间所描述的空间范围。为了提高系统的运算速度,建议逻辑窗的大小不能大于地图显示区的(视窗)大小,如图 1 所示。

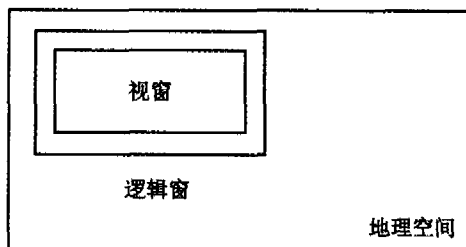


图1 逻辑窗与视窗、地理空间范围的关系

^{*})国家自然科学基金资助项目;编号 70271045。陈雪龙 博士生,主要从事地理信息系统、数据仓库的研究;王延章 博士生导师,主要从事系统集成和优化理论与方法、决策支持系统、经济系统分析的研究;许永涛 博士生,主要从事电子政务、资源整合理论与方法的研究。

Windows 坐标空间所描述的坐标,我们称之为逻辑坐标;地理空间中的坐标,我们称之为实际坐标。设地理空间中任意一点的实际坐标为 (x, y) ,其对应的逻辑坐标为 $(x_{\text{Logical}}, y_{\text{Logical}})$,逻辑坐标原点为 $(x0_{\text{Logical}}, y0_{\text{Logical}})$,实际坐标原点为 $(x0, y0)$,逻辑坐标到实际坐标的变换比例因子为 $r1$,实际坐标到逻辑坐标的变换比例因子为 $r2$ 。实际坐标与逻辑坐标之间的转换关系如下^[1]。

逻辑坐标转换为实际坐标:

$$x = (x_{\text{Logical}} - x0_{\text{Logical}}) * r1 + x0$$

$$y = (y_{\text{Logical}} - y0_{\text{Logical}}) * r1 + y0$$

实际坐标转换为逻辑坐标:

$$x_{\text{Logical}} = (x - x0) * r2 + x0_{\text{Logical}}$$

$$y_{\text{Logical}} = (y - y0) * r2 + y0_{\text{Logical}}$$

虽然 Windows 坐标空间描述范围可能比地理空间的描述范围小得多,但是通过逻辑窗在地理空间中的任意漫游,可以表示地理空间中任意位置的地理要素。为了提高系统的运算速度,逻辑坐标落在逻辑窗之外的地理要素将不被显示。

3 横向漫游的实现

为了实现分幅地图的横向漫游,我们首先要对多幅地图建立拓扑关系,或者说邻接关系,如图 2 所示。

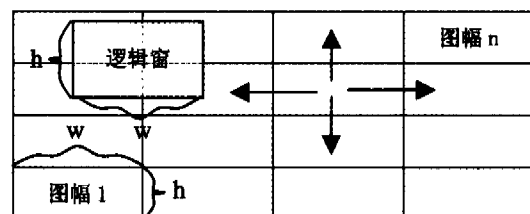


图 2 横向漫游的实现

由图 2 可见,只要通过指针描述了任意一幅地图周围的上、下、左、右 4 幅地图,就可以通过指针从任意一幅地图出发,索引所有的地图。一幅地图的面向对象描述方式如下:

```
class CMapObj: public CObject
{
public:
    DECLARE_SERIAL(CMapObj);
    CString mapname; //图幅名字
    float m_xmin, m_xmax, m_ymin, m_ymax; //图幅范围
    int polynum, linenum, plnum, arcnum, xynum, anonum; //图幅空间信息
    SJW m_sl; //左上角经纬度范围
    SJW m_slb; //左下角经纬度范围
    SJW m_srb; //右下角经纬度范围
    SJW m_srt; //右上角经纬度范围
    CMapObj * up, * dp, * pp, * lp; //上、下、左、右指针
    CMapObj ();
    CMapObj (CString mapname);
    virtual ~CMapObj ();
    virtual void Serialize(CArchive& ar);
};
```

通过多幅地图的空间相邻关系(空间相邻关系可从图幅范围和经纬度范围中提取),可以通过程序自动地建立图幅的邻接矩阵。为了在以后的漫游中不用每一次加载时都临时生成邻接矩阵,以提高效率,我们可以通过序列化的方式将邻接矩阵保存到磁盘上,需要时直接调用即可。这一邻接矩阵将在以后的地图横向漫游中起到核心的调度作用。

逻辑窗的大小设定为可以近似描述一幅图幅,这样设定的好处是任意时刻与逻辑窗存在交集的图幅个数最多有 4 个。也就是说,任意时刻调入内存的地图最多有 4 幅。如果用户希望看到更大范围的地理空间,而 4 幅以下地图又难以满足,这时可以利用相对小比例尺地图来满足需要,大大节省

了内存开销。在漫游时,时刻需要判断当前调入内存予以显示的图幅的邻接并且没有调入内存的图幅是否将与逻辑窗产生交集。若产生交集,则调入内存,予以显示;同时需要判断当前正在显示的图幅是否将被移出逻辑窗,若被移出,则将其从内存中清除。这一动态添加与裁减过程,既满足了多幅地图的自由漫游功能,又大大节省了内存开销,保证了系统的高效运行。

4 纵向漫游的实现

用户在某一比例尺地图上进行缩放漫游时,当地图被放大到一定比例,而当前地图所描述的详细程度又不能满足用户对更详细描述程度的要求时,就需要调用很大比例尺的地图。但是,不同比例尺地图所采用的地图投影方式往往是不同的,这就给地图的纵向漫游带来了比较大的困难。为了解决这一困难,笔者借鉴了地图投影中的数值变换理论与 GMDH 神经网络理论,提出了一种基于 GMDH 神经网络的通用的地图投影数值变换方法。通过通用地图投影变换算法,可以动态地将任意一种地图投影中的任意一点的实际坐标转换为经纬线坐标,因为经纬线坐标是固定不变的,从而解决了这一困难。

GMDH(Group Method of Data Handling)方法是 A. G. Ivaknenko 运用多层神经网络原理、品种改良假说,以 K-G 多项式为基础提出的一种复杂非线性系统的辨识方法——数据处理组合方法^[2]。GMDH 算法的主要思想是由系统各输入单元交叉组合,产生一系列的活动神经元,其中每一神经元都具有选择最优传递函数的功能。再从已产生的一代神经元中选择若干与目标变量最为接近的神经元,被选出神经元强强结合,再次产生新的神经元。重复这样的优势遗传、竞争生存和进化的过程,直至新产生的一代神经元都不如上一代更优秀,于是最优模型被选出。

考虑一非线性系统, $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为输入, y 为输出。其关系为:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

函数 f 的离散 Volterra 级数展开式(K-G 多项式)

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \quad (2)$$

被广泛用来作为非线性模型的完全描述。但要完全确定 $a_0, a_i, a_{ij}, \dots$ 等参数的值是不现实的,因为当 n 比较大时,会产生巨大的维数灾。GMDH 方法是通过多层筛选的方法,用局部简单的模型不断组合逼近(2)式,以得到整体上比较复杂的模型。

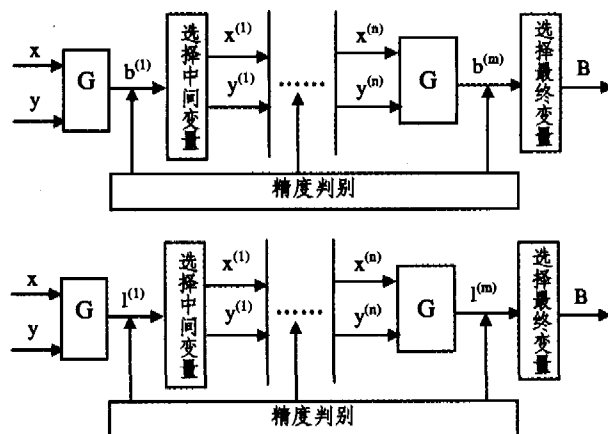


图 3 通过地图投影变换算法

假设一空间点在两个不同投影下的坐标为 (x, y) 与 (B, L) ,算法的具体过程如图3所示。

其中, G 为关于输入变量的完全二次多项式;至于中间变量的选择,目前对其进行的研究很多,其原则为对输出有重要影响的变量一定被选中,而信息重复的变量或对输出基本无影响的变量一定被筛掉。精度判别采用如下公式:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - B(x_i))^2 < \delta$$

δ 为算法评价准则值,可依据系统的精度要求视情况而定。算法的中间变量如果满足精度要求,即可结束迭代,生成最终的模型输出。

根据笔者的实践经验,在具体的应用中,经过两次迭代即可达到很高的精度。经两次迭代后,最终模型的数学表达式为:

$$B(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6x^2y + a_7xy^2 + a_8x^3 + a_9y^3 + a_{10}x^3y + a_{11}xy^3 + a_{12}x^2y^2 + a_{13}x^4 + a_{14}y^4$$

$$L(x, y) = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 + b_6x^2y + b_7xy^2 + b_8x^3 + b_9y^3 + b_{10}x^3y + b_{11}xy^3 + b_{12}x^2y^2 + b_{13}x^4 + b_{14}y^4$$

为了解算上面的四次多项式,需要在两投影之间选定地

理坐标相对应的 n 个点。具体选定多少个样本点,视系统的精度要求而定的平面直角坐标 x_i, y_i 和 B_i, L_i ,组成线性方程组,即可求出系数 a_i, b_i 的值。为了提高运算精度与运算速度,建议采用最小二乘法。相应点应选择投影图形中具有特征的点,而且应该均匀分散在图形中,这样也可以提高变换的精度。

对应于每一种比例尺的地图,都可以通过此算法计算出实际坐标与经纬坐标相互换算的一组 (a_i, b_i) 值。可以将这些值保存到磁盘中,使得不用每次转换都要重新计算 (a_i, b_i) 值。这样可以提高系统的运行效率。

在缩放过程中,可以很容易地得到当前缩放基准点的经纬度坐标。当放大到需要调用较大比例尺的地图时,如果较大比例尺地图是分幅的,则可以通过图幅的经纬线范围与缩放基准点的经纬度坐标索引到具体的图幅,将被索引到的图幅调入内存。通过当前基准点的经纬度坐标与较大比例尺地图的 (a_i, b_i) 值,可以很方便地计算出基准点在较大比例尺图幅中的实际坐标,即可将图幅显示到恰当的位置上,是用户感觉好像在同一地图中漫游一样。若较大比例尺地图不是分幅的,则可以省去索引图幅的过程。缩小操作与放大操作过程基本一样,不再赘述。

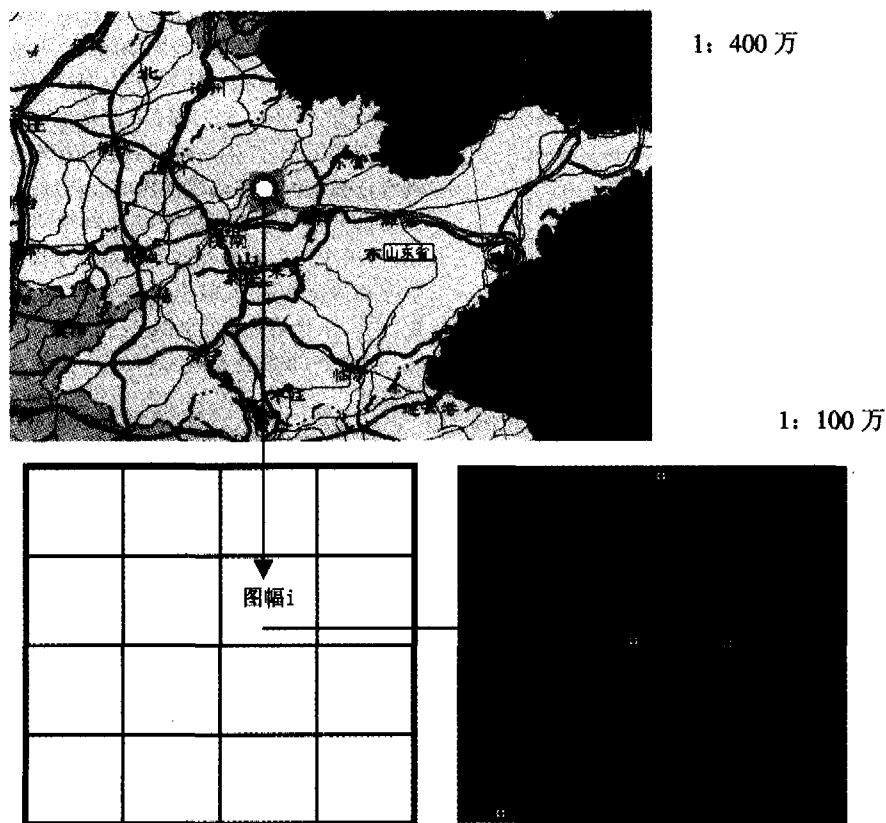


图4 纵向漫游的实现

结论 本文基于目前GIS软件对于多比例尺或多幅地图的缩放和漫游功能不够完善的现状,提出了一种较为通用的方法,突破了Windows坐标空间在描述无限地理空间时的限制,实现了任意范围数字地图或多幅地图拼接而成的整个地图区域内自由漫游和无级缩放,为实现多种任意比例尺的数字地图的进一步处理奠定了基础,提高了GIS软件工具的界面友好性,提高了GIS软件工具的功能,方便了用户的操作,从而也推动了GIS的普及与应用。该方法已经应用到了国家“十五”科技攻关项目“面向行政区域的国民经济与社会发展的辅助决策支持技术的应用”中,取得了很好的应用效

果。

但是本文提出的方法目前只适用于矢量空间数据,对栅格、遥感等非矢量空间数据显得无能为力。在今后的研究工作中,笔者将进一步研究非矢量空间数据的无级漫游方法,以弥补上述方法的不足。

参考文献

- 1 赵仁良. GIS中多幅地图的缩放漫游及其数据组织. 四川测绘, 1998, 4: 151~155
- 2 Ivaknenko A G. Heuristic Self-organization in Problems of Engineering Cybernetics. Automatic, 1970, 6(3): 207~219