

## 空间数据计算机屏幕矢量化精度研究

吴顺辉 蒋成爱

(华南农业大学 资源环境学院,广州 510642)

**摘要** 研究屏幕分辨率和放大倍数对 AutoCAD 的空间数据屏幕矢量化精度的影响。结果表明,屏幕缩放方法对矢量化精度有较大影响:放大倍数提高使点位中误差和极限误差均下降;图形放大则提高了定点精度,放大 8~10 倍以上可以将点位中误差控制在 0.08 mm 以下,即在允许中误差 0.2 mm 的 40% 以下;放大 8~10 倍是进行屏幕矢量化最佳方式;屏幕分辨率对点位中误差的影响较小。认为地理信息系统空间数据的人工干预屏幕数字化定点精度应该受到重视。

**关键词** 地理信息系统;矢量化;精度;分辨率;AutoCAD

中图分类号 P 217;P 231.5

文章编号 1007-4333(2003)05-0026-04

文献标识码 A

### Vectorization precision of computer screen for geography spatial data

Wu Shunhui, Jiang Cheng'ai

(College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract** Vectorization precision under different distinguishing and magnifying rates of computer screen was studied with AutoCAD for geography spatial grid image data. The results indicated that the screen magnification methods had great effect on the precision. The errors of mean square and limitation of point position decreased with increasing magnification. High precision was obtained at 8 to 10 times of magnification. The mean square error of the point position could be under 0.08mm, about 40% of the allowed error. The distinguishing rates of computer screen did not produce significant influence on the precision. It is important to concern the precision during manual operation of GIS database.

**Key words** GIS; vectorization; precision; distinguishing rate; AutoCAD

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 数据库中的地理空间数据结构类型包括矢量数据和栅格数据两类。其数据源为地图、遥感 (remote sensing, RS) 数据、全球定位系统 (global positioning system, GPS) 数据、实地测量数据等。

矢量数据类型是目前 GIS 空间数据的核心数据类型。矢量数据的生产方式主要有数字化测量工具的直接测量法、遥感影像转换法、数字化仪法和扫描数字化法等<sup>[1,2]</sup>。

传统地图的矢量化主要是应用数字化仪法或扫描数字化法。近年来,随着大幅面工程扫描仪技术性能提高和价格下降,扫描数字化方法成为 GIS 数据采集的主要手段之一,手扶跟踪数字化成为扫描数字化的一种补充<sup>[3,4]</sup>。目前扫描图像转换矢量化软件在进行复合要素矢量化过程中取得好的效果就必须进行要素提取然后矢量化<sup>[5]</sup>。同时,受到影像

自动识别技术的限制,扫描全自动矢量化仍大部分采用半自动矢量化方式,需要人机交互处理,在断线、噪声等处进行人工干预<sup>[6]</sup>,结合屏幕跟踪数字化方式完成矢量化工作。

矢量化过程的精度影响数据质量。其中数字化仪法误差主要来源于图纸变形、布点误差、操作误差等。手扶跟踪精度一般在 0.15 mm<sup>[7]</sup>,地图原图有控制点展绘误差一般为 0.10~0.20 mm,绘图误差范围为 0.10~0.18 mm 等<sup>[8]</sup>。用扫描数字化法直接进行屏幕数字化的图上误差为  $\pm 0.178$  mm<sup>[9]</sup>,对规则地物的数字化精度为  $\pm 0.13$  mm<sup>[10]</sup>,经过几何纠正后的图像进行屏幕数字化的中误差为  $\pm 0.082$  mm<sup>[9]</sup>;采用自动对中算法控制点误差低于 0.2 mm<sup>[11]</sup>。

《城市测量规范》规定:原图数字化时,图纸定向后点位数字化坐标值与理论坐标值较差不应超过图

收稿日期:2003-06-09

基金项目:国家科技部“十五”科技攻关资助项目(2001BA513B3)

作者简介:吴顺辉,讲师,主要从事土地资源管理与土地信息系统研究,E-mail:wushunh@163.net

上  $\pm 0.3$  mm, 点位中误差不应大于图上  $0.2$  mm<sup>[12]</sup>。而作为 GIS 数据采集主要手段的扫描数字化法, 直接进行屏幕数字化的图上中误差占上述规定的点位中误差允许值的  $40\% \sim 60\%$ , 这种误差来源主要为操作误差所致。如果考虑极限误差而直接进行屏幕数字化, 中误差可能超出规定的点位中误差允许范围。因此提高操作时的定点精度是提高数据精度的重要保证。

本研究应用 AutoCAD 软件, 针对屏幕数字化的定点精度, 排除图形扫描误差等其他干扰因素, 研究在不同缩放比例、不同屏幕分辨率下的操作误差, 并估算不同模式的误差范围, 寻找提高定点精度的最佳操作模式, 为进一步提高 GIS 空间数据质量提供参考<sup>[13]</sup>。

## 1 方法与步骤

### 1.1 扫描图件制作

应用可精确定位的 AutoCAD2000 软件制作原图。

原图绘制: 采用精确定位方式绘制 10 个交叉十字丝, 沿  $x$  轴方向排列, 间隔  $10$  mm。十字丝交叉点将作为屏幕跟踪数字化采点时的靶标。



图 1 同一样点(十字丝交点)在不同放大倍数下视图

Fig. 1 Screen view by difference magnify multiple on same point of intersection

### 1.3 软硬件设备环境与参数设置

PC 计算机: CPU2.0 M; 内存 512 M; MAG796FD 显示器, 分辨率可调范围  $800 \times 600 \sim 2\,048 \times 1\,538$ ; 机械鼠标。

打印机: HP LaserJet 6L, 分辨率为  $600 \times 600$  dpi。

扫描仪: Acer szw 4300U A4 扫描仪, 分辨率设置为  $500 \times 500$  dpi。

软件: AutoCAD2000。

软件参数设置: 图形单位设置为 mm, 线宽设置为  $0.25$  mm; 打印输出时比例设置为  $1:1$ ; 插入扫描形成的光栅图像时的比例参数设置为 100。

工作环境条件: 打印和扫描时的环境温度为  $25$ , 相对湿度  $80\%$ 。

打印输出: 将制作好的原图打印到  $80$  克 A4 纸。

扫描图件: 用 Acer A4 扫描仪对打印图立即进行扫描, 扫描分辨率为  $500 \times 500$  dpi。并压缩形成 JPEG 格式的光栅图像。

### 1.2 屏幕跟踪数字化

在 AutoCAD2000 打开新文件, 插入扫描形成的光栅图像, 图像插入时的比例参数设置为 100。

分别在不同屏幕分辨率和不同缩放倍数 (zoom scale) 情况下进行屏幕跟踪数字化定位采点。即: 输入 zoom 命令和比例因子 (比例因子即为放大倍数) 后, 对准目标靶标创建点对象。在  $800 \times 600$ 、 $1\,024 \times 768$ 、 $1\,280 \times 960$ 、 $1\,600 \times 1\,200$ 、 $1\,920 \times 1\,440$  和  $2\,048 \times 1\,538$  共 6 种屏幕分辨率下分别进行 2、4、6、8、10、16 和 20 倍放大, 对 10 个样点顺次进行 30 次重复采点, 采点位置为 10 个十字丝的交叉点。用 List 命令求算所采集各点的纵横坐标, 进行统计分析。同一样点的十字丝在不同放大倍数下视图 (分别仅截取中心部位进行对比) 见图 1。

在屏幕数字化过程中, 锁定所插入的光栅图像, 以保证在不同屏幕分辨率和不同缩放倍数下, 每个样点位置维持不变。

## 2 结果与分析

### 2.1 采样结果数据

研究采样点 10 个, 每个样点在同一屏幕分辨率和同一放大倍数的 30 次重复中  $x$  坐标值 (或  $y$  坐标值) 为一组采样数据, 研究样本数据共 840 组, 25 200 个数据。

### 2.2 样点点位中误差

求算每一组数据的坐标中误差  $x_i$  (或  $y_i$ ), 再求算同一屏幕分辨率和同一放大倍数下 10 个样点的平均坐标中误差  $x$ 、 $y$ , 根据平均坐标中误差  $x$ 、 $y$  求算出平均点位中误差 (表 1)。

点位中误差  $m$  为坐标中误差  $x$ 、 $y$  之平方和

的平方根,即  $\sigma = (\frac{\sigma_x^2}{x} + \frac{\sigma_y^2}{y})^{1/2}$ 。

### 2.3 样点极限误差

根据点位中误差  $\sigma$  求算极限误差  $\sigma_{lim}$ 。根据正态分布理论,在同精度观测的一组误差中,误差落在不同区间的概率  $P(\sigma)$  分别为:

- $P(-\sigma < \sigma < +\sigma) = 68.3\%$
- $P(-2\sigma < \sigma < +2\sigma) = 95.5\%$
- $P(-3\sigma < \sigma < +3\sigma) = 99.7\%$

大于 3 倍  $\sigma$  的观测误差出现的概率只有 0.3%,是小概率事件,3 倍  $\sigma$  作为偶然误差的极限值,  $\sigma_{lim} = 3\sigma$  [14]。屏幕跟踪数字化 3 倍  $\sigma$  即极限误差 ( $\sigma_{lim}$ ) (表 2)。

在同一屏幕分辨率情况下,随不同放大倍数跟踪数字化时的极限误差 ( $\sigma_{lim}$ ) 变化曲线见图 2。用回归分析乘幂法拟合对应的趋势曲线 (图 3)。

表 1 屏幕跟踪数字化样点点位中误差 ( $\sigma$ )

Table 1 Point position mean square error of screen vectoring by manual operation

| 屏幕分辨率         | 放大倍数     |          |          |          |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|               | 2 倍      | 4 倍      | 6 倍      | 8 倍      | 10 倍     | 16 倍     | 20 倍     |
| 800 × 600     | 0.276 57 | 0.109 29 | 0.085 24 | 0.077 05 | 0.076 14 | 0.065 75 | 0.051 16 |
| 1 024 × 768   | 0.166 60 | 0.107 14 | 0.084 18 | 0.075 13 | 0.070 80 | 0.051 30 | 0.044 47 |
| 1 280 × 960   | 0.189 28 | 0.115 99 | 0.091 32 | 0.072 58 | 0.062 42 | 0.043 14 | 0.042 86 |
| 1 600 × 1 200 | 0.119 42 | 0.102 95 | 0.087 93 | 0.080 42 | 0.071 90 | 0.056 87 | 0.049 60 |
| 1 920 × 1 440 | 0.142 58 | 0.117 72 | 0.089 79 | 0.074 52 | 0.075 47 | 0.056 71 | 0.056 79 |
| 2 048 × 1 538 | 0.176 02 | 0.122 86 | 0.104 99 | 0.099 29 | 0.080 25 | 0.066 55 | 0.060 19 |

表 2 屏幕跟踪数字化极限误差 ( $\sigma_{lim}$ )

Table 2 Point position limit error of screen vectoring by manual operation

| 屏幕分辨率         | 放大倍数     |          |          |          |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|               | 2 倍      | 4 倍      | 6 倍      | 8 倍      | 10 倍     | 16 倍     | 20 倍     |
| 800 × 600     | 0.829 71 | 0.327 87 | 0.255 72 | 0.231 15 | 0.228 42 | 0.197 25 | 0.153 48 |
| 1 024 × 768   | 0.499 80 | 0.321 42 | 0.252 54 | 0.225 39 | 0.212 40 | 0.153 90 | 0.133 41 |
| 1 280 × 960   | 0.567 84 | 0.347 97 | 0.273 96 | 0.217 74 | 0.187 26 | 0.129 42 | 0.128 58 |
| 1 600 × 1 200 | 0.358 26 | 0.308 85 | 0.263 79 | 0.241 26 | 0.215 70 | 0.170 61 | 0.148 80 |
| 1 920 × 1 440 | 0.427 74 | 0.353 16 | 0.269 37 | 0.223 56 | 0.226 41 | 0.170 13 | 0.170 37 |
| 2 048 × 1 538 | 0.528 06 | 0.368 58 | 0.314 97 | 0.297 87 | 0.240 75 | 0.199 65 | 0.180 57 |

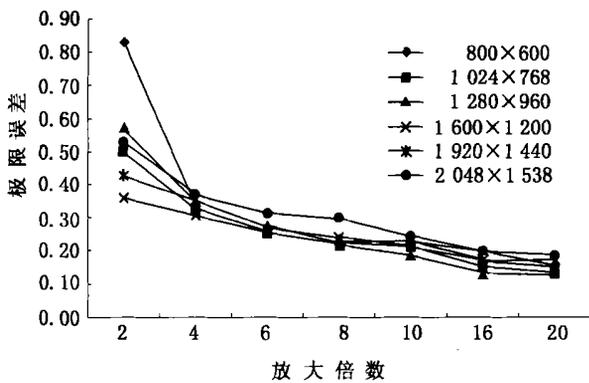


图 2 不同放大倍数极限误差 ( $\sigma_{lim}$ ) 变化曲线

Fig. 2 The graph of point position limit error of screen vectoring by difference magnify multiple

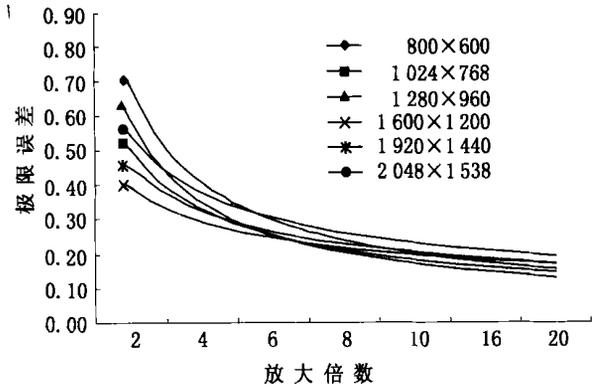


图 3 不同放大倍数极限误差 ( $\sigma_{lim}$ ) 变化曲线拟合趋势

Fig. 3 The model graph of point position limit error of screen vectoring by difference magnify multiple

### 2.4 样点采样误差变化分析

样点点位中误差值 ( $\sigma$ ) (表 1) 和极限误差

( $\sigma_{lim}$ ) (表 2) 结果表明,随着放大倍数的提高,点位中误差和极限误差均呈现下降趋势。在各种屏幕分辨

率下,低放大倍数下的点位中误差和极限误差均较大,2~4倍的中误差大于0.10 mm;放大倍数大20倍时,中误差可控制到0.06 mm以下;

极限误差拟合趋势(图3)表明,相对低屏幕分辨率800×600、1 024×768和1 280×960方式的下降趋势较快,而相对高屏幕分辨率1 600×1 200、1 920×1 440和2 048×1 538方式的下降趋势较慢。在放大16倍以上,各种下降趋势趋于平缓。

在相同放大倍数下,不同屏幕分辨率的点位中误差差别不大,在放大10倍时差别最小。

### 2.5 高质量样点采样方式

根据样点点位中误差结果,要达到0.08 mm点位中误差值,各种屏幕分辨率下至少必须放大到8~10倍,并且以1 024×768和1 280×960两种屏幕分辨率较好。

根据极限误差(限)表结果,要达到0.20 mm点位极限误差,各种屏幕分辨率下应至少放大到10~16倍,以1 280×960为最好。

## 3 结论与讨论

研究表明,屏幕缩放方法对矢量化精度有较大影响,调节屏幕分辨率对矢量化精度的影响较小。

在未实行屏幕放大的人工屏幕数字化时,操作产生的点位中误差接近甚至超过规定的允许中误差0.2 mm,如果考虑扫描仪误差因素、图纸变形因素等<sup>[15]</sup>,累计的点位中误差将大于允许误差范围,这将会影响地理空间数据的质量。因此,人工干预的屏幕数字化误差应该引起重视,并设法消除。

要保证地理信息系统数据库空间数据高精度,在人工干预的矢量化过程中,可以也有必要通过放大定位采点方式来降低误差。

本研究所有屏幕数字化过程均由同一位操作员完成,可以避免人为误差。

## 参 考 文 献

- [1] 朱德海. 土地管理信息系统 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000. 6
- [2] 吴顺辉, 胡月明, 戴军, 蒋成爱. 广东省土壤资源信息系统数据库的研制 [J]. 华南农业大学学报, 2001, 22(4): 22~25
- [3] 童小华, 周德意. 地形(籍)图扫描纠正的精度分析 [J]. 同济大学学报(自然科学版), 2003, 31(1): 77~81
- [4] 蔡剑红, 文鸿雁. 大比例尺地形图数字化数据的精度分析与处理 [J]. 桂林工学院学报, 2002, 22(3): 228~233
- [5] 周海燕, 郑新奇. 一种地形图快速扫描矢量化方法 [J]. 测绘学院学报, 2002, 19(3): 200~202
- [6] 余晓红. 地图扫描数字化的误差分析 [J]. 测绘科学, 2001, 26(4): 49~53
- [7] 丁文源. 目前GIS地图数据获取的方法及精度分析 [J]. 地矿测绘, 2002, 18(1): 22~23
- [8] 许捍卫, 李纪人. 图件扫描数字化的误差分析 [J]. 河海大学学报(自然科学版), 1999, 27(4): 78~82
- [9] 杨军. 如何提高地图扫描矢量化软件成图精度的分析与探讨 [J]. 北京测绘, 2000, 02: 17~19
- [10] 华慧, 童小华, 江建升, 等. 数字化地图位置精度的统计分析 [J]. 测绘通报, 1998, 03: 31~33
- [11] 郝向阳, 钱曾波. 地图扫描数字化的点位精度分析 [J]. 测绘学报, 1996, 25(1): 46~52
- [12] CJJ8-99, 城市测量规范 [S].
- [13] 周平. GIS空间数据质量标准的理解与分析 [J]. 城市勘测, 2002, 01: 35~36
- [14] 潘正风, 杨正尧. 数字测图原理与方法 [J]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002. 2
- [15] 葛永慧. 扫描图象细化后象点点位精度研究 [J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(2)(A版): 163~166