

高精度大幅面图纸分块扫描拼接技术研究

谢士杰^{1,2}, 冯学智¹

(1. 南京大学 城市与资源学系, 江苏 南京 210093; 2. 南京市规划局, 江苏 南京 210029)

The Research on High Accuracy and Large Map Patch Scan Mosaic

XIE Shi-jie^{1,2}, FENG Xue-zhi¹

(1. Department of Urban and Resource Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Nanjing Urban Planning Bureau, Nanjing 210029, China)

Abstract: A whole adjustment mosaic method based on collation of scanner's error is put forward. This method builds a new collation model of scanner's error through offsetting black and white grid, and acquires geometry transform parameter through whole adjustment using a few control points and joint points. Experiment shows that this method has unique advantages: a high accuracy and free size of maps.

Key words: mosaic image; error examine; whole adjustment

摘要: 针对当前大幅面图纸分块扫描拼接中存在的问题, 提出一种基于改正扫描仪误差的大幅面图纸整体平差的拼接方法。该方法通过平移黑白相间的格网板建立扫描仪的误差模型, 同时利用少量的控制点及连接点, 然后通过整体平差来直接求解各扫描图像块的几何变换参数。实践证明这种方法具有拼接精度高、速度快以及可不限图幅大小等优点。

关键词: 图纸拼接; 误差检测; 整体平差

1 前言

大幅面图纸扫描是 GIS 数据快速输入的主要途径。目前其数字化通常有三种方法: 一种是整幅图纸一次性扫描输入, 然后进行数字化; 另一种方法是先分块扫描, 然后对各块进行分别矢量化, 最后进行矢量图形拼接; 第三种方法是先分块扫描, 直接进行栅格影像拼接, 然后对拼接后的影像进行矢量化。其中, 第一方法需要购买功能强大、扫描面积大、价格昂贵的扫描仪, 这种方式不是每个用户有必要购买且有承担能力的。第二种方法研究比较多, 美国的 M. K. Beard 和 N. R. Chrisman^[1] 提出“合缝法”, 袁书新^[2] 提出要素分类接边法, 以及武汉测绘科技大学 CV2 系统采用

的根据两相邻块的接边处信息(如属性编码, 相对对应点的距离等)将各同名点进行拉合拼接。这些方法的缺点是对接边处的特殊复杂地物, 必须进行人工干预, 以避免错拼现象, 而且将图纸分块处理, 既影响精度, 又降低效率, 因为在矢量化时, 复杂图形和长线划被多块影像分割, 造成线划跟踪、识别和属性赋值的困难。第三种方法比较现实, 因为大部分用户均能承受购买小幅面的扫描仪, 因此研究一种图像拼接软件是其实现的关键。

图像拼接的方法已经有人进行过研究并在一些系统中得到了应用^[3], 主要有两种: 一种是自动拼接法, 这种方法是在金字塔影像数据结构技术和“从粗到精”的分层控制策略逐级拼接, 能大大提高计算效率, 但在拼接过程中所有的扫描图

收稿日期: 2003-05-07; 修回日期: 2004-08-09

作者简介: 谢士杰(1974), 男, 湖北汉川人, 工程师, 主要从事城市地理信息系统、摄影测量与遥感、图像处理 and 模糊神经网络等方面的研究。

像块均以左上角图像块为基准, 前面图像块的拼接误差可传播到后续的图像拼接中, 从而产生较大的拼接误差, 另外还可能出现某些病态的情况(如图1), 在这种情况下无法确定第二块在 y 方向的平移量, 则肯定导致拼接错误, 这种情况只能通过人工在重叠区域内空白部分任意添加 x 方向的线划, 以增强图形强度, 在拼接完后, 通过栅格编辑去掉添加的线划, 因此它比较适合于处理线划密集的图纸; 第二种是利用标记点的拼接方法, 这种方法是预先将图幅划分成若干块, 4角都有十字形的标记点的扫描区域, 然后精确地量测十字标记的图纸坐标, 每块扫描区域分别进行纠正, 最后将纠正后的影像拼接起来。这种方法人工划上十字不仅会影响图纸信息, 而且受观测仪器、图纸变形等因素的影响, 难以精确地量测十字标记的图纸坐标, 从而降低了图像拼接的精度。

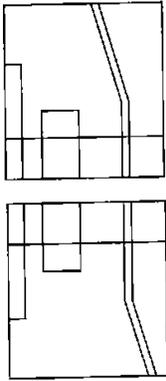


图1
Fig. 1

通常情况下, 每幅图纸的4个角点的坐标是已知的。考虑这一因素, 本文提出了一种以4个图廓点为控制点的整体平差方法, 这种方法能有效克服常规图像拼接方法的不足, 控制拼接误差的传播, 改善图纸的变形误差。

另一方面由于现代工艺水平的限制, 使得一般扫描仪的性能不很稳定, 即使同一时间重复对同样的图纸进行扫描, 其结果也不同。因此在使用扫描仪之前, 有必要对其误差进行检校。本文也提出了一种新型的扫描仪误差模型, 其建立比较简捷, 可以方便地检测出扫描仪本身的误差。

实验证明, 这种基于改正扫描仪误差的大幅面图纸整体平差的拼接方法, 直接利用图纸上的明显特征点, 精度高、速度快, 可不限图幅大小。

2 扫描仪的误差建立模型

2.1 扫描仪的误差来源

影响扫描仪工作的因素很多, 其中造成扫描误差的主要有以下几种:

1. 外界因素产生的误差: 外界因素主要是温度和电压, 温度效应是指 CCD 的性能与传感器本身及周围环境温度有关。目前市场上的一些扫描仪在开启后 1~2 小时内, 对固定不变的目标进行多次扫描, 其量测的影像坐标之差可达 5 个像素, 产生这种现象的主要原因是温度变化, 但在基本稳定后, 重复误差可减少到 0.1 个像素。电压不稳时, 也会发生不同程度的误差, 有时甚至达到 10 个像素, 因此在设备配置上需引起重视。

2. 主扫描方向误差: 由于 CCD 制作工艺的缺陷和 PLL 时钟频率不稳, 扫描仪会产生非线性误差。

3. 副扫描方向误差: 扫描仪沿副扫描方向是机械式运动, 扫描仪驱动部件的制作工艺将直接影响到扫描结果。

4. 扫描仪的像素间距的纵横比误差: 像素间距表示单位像素所代表的实际尺寸, 由于种种原因可能存在纵横比不为 1 的现象。有实验表明对不同分辨率的影像中相同长度的格网线在横方向 (X) 和纵方向 (Y) 代表的像素进行检测后, 得出扫描仪的纵横比为 $1/1.008^{[3]}$ 。

2.2 误差模型建立原理

将一张光绘机绘制的黑白相间的格网板作为扫描对象, 其中每小块为 $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$, 放到扫描仪上扫描, 采用高精度定位算法检测出每个黑块中心影像坐标(达子像数级), 通过坐标解算扫描坐标与格网坐标之间的 2 维变换参数, 由此可得到实际坐标 ($X_{\text{观}}$) 与理论坐标 ($Y_{\text{平差}}$) 之间存在的差值 $\Delta X, \Delta Y$ (其中, $\Delta X = X_{\text{观}} - X_{\text{平差}}, \Delta Y = Y_{\text{观}} - Y_{\text{平差}}$), 由于光绘机绘制的膜片本身可能有误差, 因此上述计算出的 $\Delta X, \Delta Y$ 应包括扫描仪的扫描误差和膜片本身制作的误差。即 $\Delta X = \Delta X_{\text{仪}} + \Delta X_{\text{网}}, \Delta Y = \Delta Y_{\text{仪}} + \Delta Y_{\text{网}}$, 为了得到扫描仪本身的误差, 必须分离上述的两种误差。我们采用将膜片进行向左平移 4 mm 扫描一次, 向下平移 4 mm 扫描一次, 分别计算每幅影像每个黑块中心的 $\Delta X, \Delta Y$, 如图 2 所示(只画出向左平移 4 mm 的格网示意图, 向下平移同理)。

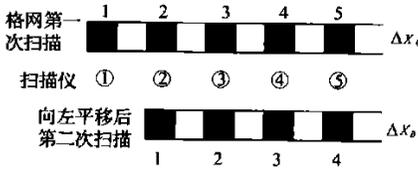


图 2
Fig. 2

根据扫描仪的同一点 ④对格网上相邻两点 1 和 2 进行扫描成像后, 其坐标误差 ΔX_{A_2} 与 ΔX_{B_1} 不同, 可得到格网本身的误差 $\Delta X_{网} = \Delta X_{A_2} - \Delta X_{B_1}, \Delta X_{A_3} - \Delta X_{B_2}, \dots, \Delta X_{A_N} - \Delta X_{B_{N-1}}$; 同理根据同一格网点 1 在扫描仪的 ① 和 ④ 处成像的坐标误差 $\Delta X_{A_1}, \Delta X_{B_1}$ 不一样, 可得到扫描仪的扫描误差 $\Delta X_{仪} = \Delta X_{A_1} - \Delta X_{B_1}, \Delta X_{A_2} - \Delta X_{B_2}, \dots, \Delta X_{A_N} - \Delta X_{B_N}$. 由向下平移同理可求得 $\Delta Y_{网}, \Delta Y_{仪}$ 至此就得到了扫描仪的扫描误差模型 $\{\Delta X_{仪}\}, \{\Delta Y_{仪}\}$, 同时可得出扫描点的误差模型为: $\Delta X = \Delta X_{仪} + \Delta X_{网}, \Delta Y = \Delta Y_{仪} + \Delta Y_{网}$.

3 大幅面图纸整体平差原理

通常情况下, 每幅图纸的 4 个角点的坐标是已知的。考虑这一因素, 本文提出了一种以 4 个图廓点为控制点的整体平差方法, 能有效克服常规图像拼接方法的不足, 控制拼接误差的传播, 改善图纸的变形误差, 使用证明这种方法自动检测连接点, 直接利用图纸上的明显特征点, 拼接精度高、速度快, 可不限图幅大小。

不妨假设整幅图纸被分成 $2 \times 2 = 4$ 个扫描图像块(图 3), 其中整幅图纸的 4 角为控制点, 则 4 个扫描图像块中 00、01、10、11 上只有一个控制点(图中“□”)。为保证各扫描图像块之间的变换参数能正常传递, 选取相邻图像块纵向和横向重叠区域中的两个明显地物点为连接点(图中“△”, 如 1, 2, 3, 5, 6 点)。同时把连接点的图纸坐标也看成是未知数, 对连接点和控制点组成误差方程式, 直接消去连接点图纸坐标, 根据最小二乘法原理, 形成改化的法方程, 然后采用带状矩阵的分块循环迭代算法来解求各扫描图像块的几何变换参数, 从而求得各点的图纸坐标。

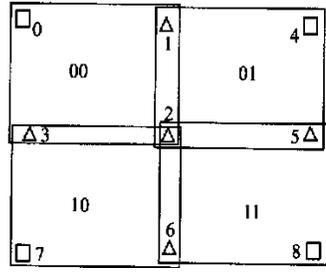


图 3
Fig. 3

4 扫描仪检测及图像拼接的理论基础

4.1 格网点的高精度检测

图 4 中黑块的中心位置是我们所要检测的像点坐标。之所以不采用黑白块交点的坐标是因为黑块中心的坐标精度要高于它。检测方法如下:

首先以一维卷积确定边缘初始值

$$D_{d_1 d_2}(i) = \sum_{k=d_1}^{d_2} [f(i+k) - f(i-k)] / (d_2 - d_1 + 1)$$

其中, i 为影像列号, f 为灰度值, D 为灰度差分, 取 i_0 为初始边缘位置, 当 $|D_{d_1, d_2}(i_0)|$ 为最大值。 $d_2 - d_1 + 1$ 为窗口长度, 窗口越大消噪声能力就越强, 本文取 $d_2 - d_1 = 2$, 然后将所得的边缘点坐标沿纵横方向拟合出 4 条直线, 直线的 4 个交点, 即为黑白间的交点, 最后取 4 个交点的均值为黑块之中心点的坐标。实验证明这种方法是稳健的, 坐标检测精度可达 0.01 个像元。

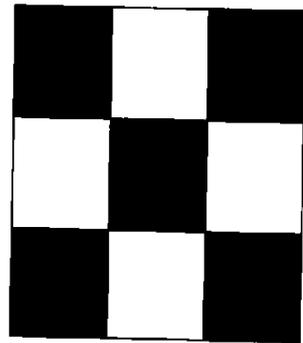


图 4
Fig. 4

4.2 不同坐标系的变换参数计算

如图 5, 设有两个坐标系, 一个扫描影像平面坐

标系, 即像素坐标系 $o-xy$; 另一个是图纸坐标(或格网坐标)系 $o'-x'y'$, 假设坐标系 $o-xy$ 相对 $o'-x'y'$ 有一个 x' 和 y' 方向的平移量 e_x 和 e_y 以及一个旋转角 α , 则两坐标系之间的几何变换可写成

$$\begin{cases} x' = x \cos \alpha - y \sin \alpha + e_x \\ y' = x \sin \alpha + y \cos \alpha + e_y \end{cases} \quad (1)$$

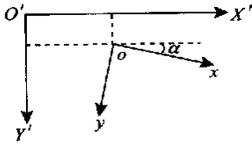


图 5
Fig. 5

如考虑图纸的缩放因子 λ (假定图纸的变形均匀且等比例), 则可令 $a = \lambda \cos \alpha$; $b = \lambda \sin \alpha$; $c = e_x$; $d = e_y$ 。

则式(1)的矩阵形式为

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & -b \\ b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中, 通过已知的 (x', y') , (x, y) 求出 a, b, c, d 等 4 个变换参数, 至少需要 2 个控制点。实际中, 一般采用大于 2 的点按最小二乘法求解。设有 $n(n > 2)$ 个控制点, 它们在 $o'-x'y'$ 和 $o-xy$ 坐标系中的坐标分别为 (x'_i, y'_i) 和 (x_i, y_i) ($i = 1, 2, \dots, n$), 则其误差方程式为

$$\begin{bmatrix} V_{x_i} \\ V_{y_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i & -y_i & 1 & 0 \\ y_i & x_i & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

式(3)简化成

$$V = AX + L \quad (4)$$

其中

$$V = \begin{bmatrix} -V_{x_1} \\ -V_{y_1} \\ \vdots \\ -V_{x_n} \\ -V_{y_n} \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & -y_n & 1 & 0 \\ y_n & x_n & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}; L = \begin{bmatrix} -x'_1 \\ -y'_1 \\ \vdots \\ -x'_n \\ -y'_n \end{bmatrix}$$

按照最小二乘法, 逐点法化成为法方程: $A^T P A X = A^T P L$, P 为各控制点的权矩阵, 当各控制点等权时, P 为单位矩阵, 从而解得不同坐标系几何变换参数 $X = [a \ b \ c \ d]^T$

4.3 扫描仪误差的解算

对检测出的格网每个黑块中心点, 依式(3)建立误差方程式, 设 P 为单位权, 并逐点法化成为

$$\begin{aligned} A^T A &= A_1^T A_1 + A_2^T A_2 + \dots \\ A^T L &= A_1^T L_1 + A_2^T L_2 + \dots \\ A^T A X &= A^T L \end{aligned} \quad (5)$$

解得几何变换参数 $X = [a \ b \ c \ d]^T$, 计算每点的 $\Delta X, \Delta Y$

$$\begin{aligned} \{\Delta X\} &= \{X_{\text{观}} - X_{\text{平差}}\} \\ \{\Delta Y\} &= \{Y_{\text{观}} - Y_{\text{平差}}\} \end{aligned}$$

设: 未平移影像前每格网的计算值为: $\{\Delta X_1(k)\}$, $\{\Delta Y_1(k)\}$ k 为格网号

向左平移 4 mm 后的影像每格网的计算值为: $\{\Delta X_2(k)\}$, $\{\Delta Y_2(k)\}$ k 为格网号

向下平移 4 mm 后的影像每格网的计算值为: $\{\Delta X_3(k)\}$, $\{\Delta Y_3(k)\}$ k 为格网号

按图 2 的计算原理:

由 $\{\Delta X_1(k)\}$ 和 $\{\Delta X_2(k)\}$ 可求得 $\{\Delta X_{\text{网}}\}$, $\{\Delta X_{\text{仪}}\}$

由 $\{\Delta Y_1(k)\}$ 和 $\{\Delta Y_3(k)\}$ 可求得 $\{\Delta Y_{\text{网}}\}$, $\{\Delta Y_{\text{仪}}\}$

其计算公式为

$$\begin{aligned} \{\Delta X_{\text{网}}\} &= \{\Delta X_1(k) - \Delta X_2(k-1)\} \\ \{\Delta X_{\text{仪}}\} &= \{\Delta X_1(k) - \Delta X_2(k)\} \\ \{\Delta Y_{\text{网}}\} &= \{\Delta Y_1(k) - \Delta Y_3(k-1)\} \\ \{\Delta Y_{\text{仪}}\} &= \{\Delta Y_1(k) - \Delta Y_3(k)\} \end{aligned}$$

对扫描仪和格网每点均按上方法求解, 即可得到它们的误差模型

对格网有 $\{I, J, \Delta X_{\text{网}}\}$, $\{I, J, \Delta Y_{\text{网}}\}$

对扫描仪有 $\{I, J, \Delta X_{\text{仪}}\}$, $\{I, J, \Delta Y_{\text{仪}}\}$

4.4 整体平差误差方程建立及改化法方程生成

如把连接点的图纸坐标看成是未知数, 则误差方程式(4)可改成

$$V_i = A_i^j X_i + B_i^j t_j - L_i^j \quad (6)$$

式(6)中 i 表示图像块号 ($i = 00, 01, 10, 11$), j 表示图像块中的连接点或控制点号 ($j = 1, 2, \dots, 8$), k 为控制点标记。

其中对控制点有

$$t_j = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}; L_i^j = \begin{bmatrix} x'_j \\ y'_j \end{bmatrix}$$

对连接点

$$V_i^j = \begin{bmatrix} V_{x'_i}^j \\ V_{y'_i}^j \end{bmatrix}; A_i^j = \begin{bmatrix} x_i^j & -y_i^j & 1 & 0 \\ y_i^j & x_i^j & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \end{bmatrix}; X_i = \begin{bmatrix} a_i \\ b_i \\ c_i \\ d_i \end{bmatrix}; t_j = \begin{bmatrix} x'_j \\ y'_j \end{bmatrix}; L_i^j = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

按上式对图3中,各扫描图像块的误差方程分别为

$$\begin{cases} V_{00}^0 = A_{00}^{0(k)} X_{00} - L_{00}^{0(K)} \\ V_{00}^1 = A_{00}^1 X_{00} - t_1 - L_{00}^1 \\ V_{00}^2 = A_{00}^2 X_{00} - t_2 - L_{00}^2 \\ V_{00}^3 = A_{00}^3 X_{00} - t_3 - L_{00}^3 \\ V_{01}^1 = A_{01}^1 X_{01} - t_1 - L_{01}^1 \\ V_{01}^4 = A_{01}^{4(k)} X_{01} - L_{01}^{4(k)} \\ V_{01}^5 = A_{01}^5 X_{01} - t_5 - L_{01}^5 \\ V_{01}^2 = A_{01}^2 X_{01} - t_2 - L_{01}^2 \\ V_{10}^3 = A_{10}^3 X_{10} - t_3 - L_{10}^3 \\ V_{10}^2 = A_{10}^2 X_{10} - t_2 - L_{10}^2 \\ V_{10}^6 = A_{10}^6 X_{10} - t_6 - L_{10}^6 \\ V_{10}^7 = A_{10}^{7(k)} X_{10} - L_{10}^{7(k)} \\ V_{11}^2 = A_{11}^2 X_{11} - t_2 - L_{11}^2 \\ V_{11}^5 = A_{11}^5 X_{11} - t_5 - L_{11}^5 \\ V_{11}^8 = A_{11}^{8(k)} X_{11} - L_{11}^{8(k)} \\ V_{11}^6 = A_{11}^6 X_{11} - t_6 - L_{11}^6 \end{cases}$$

根据最小二乘法原理^[4],直接消去连接点图纸坐标 t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 , 形成改化法方程, 然后采用带状矩阵的分块循环迭代算法解求各扫描图像块的几何变换参数, 从而求得各点的图纸坐标。

在实际拼接中可以省略列误差方程式这一步, 可以直接由图形列出改化法方程式求解, 因为改化法方程有以下规律:

1. 系数矩阵主对角线上子块的内容为该影像内所有参加平差点自身法化带权总和。对控制点的自身法化项前面的系数为 1, 公共连接点自身法化项前的系数为 $(1 - 1/m)$, m 为该点所跨影像的个数。

2. 系数矩阵非主对角线上子块为影像 i 与影像 j 之间所有连接点(不包括控制点)互法化的

带权总和, 其前面系数应为 $-1/m$ 。若影像 i 与影像 j 间无公共点, 则该项填零矩阵。

3. 常数项矩阵中每一子块是影像公共点及控制点自身法化和相互法化的带权总和, 控制点自身法化项前面系数为 1, 公共点自身法化前面系数为 $1 - 1/m$, 公共点相互法化项前面系数为 $-1/m$ 。

改化法方程式结构是对称带状稀疏矩阵, 带状矩阵带宽与改化法方程式占用的计算机内存有密切关系。当拼接图像分块太多时, 矩阵阶数将很大, 应采用带状法方程的循环分块求解技术。

4.5 重采样

求得各影像块的变换参数后, 还需把各块的内容变换到图纸坐标系中, 从而实现图像的拼接。由于像素格网有一定的大小间隔, 因此两坐标系中的格网点经变换后不可能存在一一对应的关系, 而是需要一个灰度内插过程, 即重采样。重采样有 3 种方法^[5]: 最邻近像元法、双线性插值法、双三次卷积法及双像素重采样法等, 而用得较多的是前两种方法。本试验采用双线性插值法。

5 实验与精度分析

栅格图像拼接的精度是衡量拼接算法好坏的主要标准。这里, 先给出图像拼接的试验步骤, 然后再对试验的结果进行拼接精度分析。

5.1 拼接步骤

1. 预处理。粗略地确定各扫描图像块的大小及范围, 并在相邻扫描图像块的重叠区域选定公共的连接点。连接点可以直接利用图纸上的明显地物点, 如重叠区内无明显地物点, 则应在适当的位置打上十字标记。

2. 扫描输入。在扫描输入过程中应注意把各图像块中包含的连接点和控制点全部扫入, 这样相邻图像块间自然形成一定的重叠区域。

3. 扫描仪误差检校。利用本文提出的方法对各扫描图像块进行扫描仪误差的校正, 按式(5)的误差方程式, 解算几何变换参数 $X = [a \ b \ c \ d]^T$, 对整幅影像进行变换, 这实质上也是一个几何变换及重采样的过程, 变换后的图像大大减少了扫描仪的误差, 可以提高图像拼接精度。

4. 坐标量测。对各扫描图像块中的连接点和控制点, 需分别量测它们在该图像块像素坐标系中的坐标。为提高速度及精度, 本试验采用了金字塔多级检索及子像素定位技术。

5. 平差解求各扫描图像块的几何变换参数。

根据图像块像素坐标系中的观测坐标值及控制点的实际图纸坐标, 按式(6)列出误差方程式, 然后依照带状矩阵的分块循环迭代求解方法, 实现边法化边解算各扫描图像块变换系数的思想。为加大控制点对法方程所起的作用, 本试验给控制点取权重为 10, 而连接点的权则取为 1。

6. 重采样。重采样的过程就是栅格图像拼接的过程。给定图纸重采样的间隔, 然后大致确定图纸重采样像素点所对应的扫描图像块, 最后按式(2)逐行逐列地反求图纸重采样点在相应扫描图像块中的位置, 并用双线性插值法式内插其灰度值。

5.2 精度分析

按上述步骤, 采用 Model Jx-300 Sharp 扫描仪扫描了 9 块图像, 扫描所用图纸比例尺为 1:1000, 扫描分辨率为 300 DPI, 拼接时重采样间隔取 0.15 mm, 最后拼接的图像视觉质量良好, 在拼接缝处地物无错动感。

为能定量地评定基于整体平差的图像拼接质量, 采用横跨图像任一拼接缝的两特征点间的距离作为精度评定的根据。首先用扫描仪直接对图纸上的两特征点进行扫描, 并把特征点之间的量测距离作为理论值; 然后在拼接后的图像上获取两特征点间的距离, 并依此作为图像拼接的计算值; 最后把理论值与计算值之间的差值作为拼接的误差。由于所选线段均匀地跨越所有图像块的任一拼接缝, 因此其差值能反映整个图像的拼接精度。如图 6 所示可以看出采用金字塔自动拼接方法整个图像的最大拼接误差为 2.13 个像素, 拼接中误差为 1.29 个像素; 而用本文提出的高精度拼接方法整个图像的最大拼接误差为 1.03 个像素, 拼接中误差只有 0.695 个像素。结果表明, 本文提出的方法比金字塔影像自动拼接精度高。

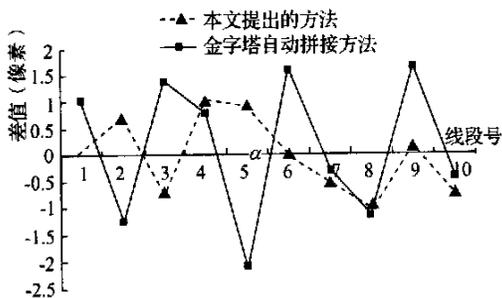


图 6

Fig. 6

6 结 论

本文针对当前大幅面图纸拼接中存在的问题, 提出了一种基于改正扫描仪误差的大幅图纸整体平差的拼接方法。该方法通过平移黑白相间的格网板建立扫描仪的误差模型, 同时利用少量的控制点及连接点, 然后通过整体平差来直接解求各扫描图像块的几何变换参数。由于连接点的选取可直接利用图纸上的明显地物点, 且不必量测连接点的图纸坐标, 因此极大地提高了栅格图像拼接的速度与精度。此外, 对法方程的解算采用分块循环迭代算法, 有效地避免了图像块数多所造成的高阶系数阵的求解问题, 使得不限图幅的实用图像拼接软件成为现实。在实际应用中, 新提出的拼接方法还可与原有拼接技术结合使用, 从而使得图像拼接技术更趋完善。

参考文献:

- [1] BEARD M R, CHRISMAN N R. New Software for Digital Map Edge Matching by "Adjoining Seam Method" [A]. Research on Information System of Loess Plateau (Serious Erosion Areas) [C], Wuhan: [s. n.], 1987.
- [2] YUAN Shu-xin. Research on Edge Matching Method of Digital Map [J]. Scientific and Technological Dynamics of Surveying and Mapping, 1992, (1). (in Chinese)
- [3] LIN Zong-jian, LU Jian, FU Zhong-liang. GIS Data Inputing Through CCD Camera [A]. ISPRS [C]. [s. l.]: [s. n.], 1990.
- [4] LI De-ren, ZHENG Zhao-bao. Analytical Photogrammetry [M]. Beijing: Publishing House of Surveying and Mapping, 1992. (in Chinese)
- [5] TAMURA H. Computer-aided Image Processing Technique [M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 1990.
- [6] WANG Fu-yong. Map Scan System without the Limit of Sheet Size [D]. Wuhan: Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1994. (in Chinese)
- [7] HUANG Shi-de. Aerial Photogrammetry [M]. Beijing: Publishing House of Surveying and Mapping, 1990. (in Chinese)
- [8] ALI J T, MILCHELL O R. Edge Location to Sub-pixel Values in Digital Imagery [A]. IEEE PAMI-6 [C]. [s. l.]: [s. n.], 1984.