

文章编号: 1007-4619 (2001) 02-0104-06

基于影像匹配接边纠正的数字正射影像的镶嵌技术

刘晓龙

(中国测绘科学研究院, 北京 100039)

摘 要: 传统镶嵌技术经常由于两幅影像的几何差异与辐射度差异, 使得镶嵌结果影像出现模糊或假边界。该文介绍了一种数字正射影像的镶嵌技术, 包括预处理技术、镶嵌技术、整个镶嵌流程以及应用前景。其中预处理技术包括色彩平衡、影像匹配与接边纠正技术, 色彩平衡用于辐射度改正, 影像匹配与接边纠正用于几何差异的改正。镶嵌技术包括自动镶嵌、镶嵌线镶嵌、基天灰度的镶嵌与基于彩色的镶嵌等技术, 镶嵌线镶嵌用于接边区域比较复杂需要画镶嵌线来辅助镶嵌, 基于灰度的镶嵌与基于彩色的镶嵌用于进一步消除影像几何差异与辐射度差异。

关键词: 数字正射影像; 色彩平衡; 影像匹配; 接边纠正; 自动镶嵌; 镶嵌线镶嵌

中图分类号: TP751.1 **文献标识码:** A

1 引 言

数字镶嵌技术始于 70 年代中期, Milgram 提出根据某种误差准则(如最小灰差和、最小代价途径原则)来逐行(列)选择接缝位置。到了 80 年代, A.L. 佐希里斯特等提出了陆地卫星数字镶嵌的基本概念, 并进行了镶嵌实验, 获得了较好的效果, 但同时也存在某些特有的摄影测量方面的问题。近年来, 一些学者提出二维接边选择方法代替原有一维准则。其基本思想是根据垂直和水平灰差最小的准则来选择镶嵌方法, 保证水平接边与垂直接边具有同等的质量^[1]。

综上所述, 迄今为止的各种数字镶嵌方法都是建立在相邻影像之间的接缝选择上, 实际上只是消除了人为的假边缘或“接缝”, 并未解决相邻影像数字镶嵌的几何质量问题。由于各种误差累积(如采集的 DEM 存在误差、航空底片变形改正后残余误差等), 使得经数字微分纠正得到的相邻正射影像在拼接时存在困难, 并且无法消除相邻影像的色调差异。本文提出的基于影像匹配接边纠正的数字影像镶嵌方法, 就是为了解决这些问题。

生产中, 经过正射纠正的影像由于点位分布、像

点量测、控制资料、DEM 误差等方面的原因, 在镶嵌重叠区域可能存在几何位置的偏差; 同样, 纠正后的影像由于不同时相、摄影质量、边缘减光及扫描质量等原因, 在相邻影像间的辐射度也可能会有有一定的差异^[2]。

如果几何位置的偏差超过规定限差, 则要检查上面几道工序有无粗差, 重新进行纠正计算, 当偏差小于规定限差时, 而又接近限差时, 如果不做任何处理进行影像镶嵌时, 镶嵌后的影像会出现明显的重影, 而使影像模糊。为解决这一问题需对影像进行接边检查, 常用的方法是打开待镶嵌的影像, 选取同名点来检查接边几何偏差, 然后进行接边纠正计算。

如果对相邻影像间的辐射度的差异不做任何处理进行影像镶嵌时, 往往会在拼接线处产生人为的假边界, 这种假边界会给影像的判读带来困难和误导, 同时也影响了影像地图的整体效果, 因此, 在镶嵌之前必须对待镶嵌的影像进行辐射度的改正。常用方法是利用数字图像处理先对相邻影像进行直方图拉伸, 再进行直方图匹配使两影像重叠区域的灰度分布大致相同^[4]。但要注意一条航线的整体直方图均衡和航线之间的直方图差异也不能太大, 要两方向兼顾。

待镶嵌的影像经过几何和辐射度改正处理后,

收稿日期: 2000-06-30; 修订日期: 2000-09-26

基金项目: 国家“九五”重中之重科技攻关项目, 编号: 96-B02-03-018-05

作者简介: 刘晓龙(1967—), 男, 陕西黄陵人, 1994年毕业于中国测绘科学研究院摄影测量与遥感专业, 获硕士学位, 主要从事遥感图像分析和制图应用研究。现已发表论文 6 篇。

再进行自动镶嵌。镶嵌时自动对镶嵌线附近一定宽度缓冲区域的两重叠影像的灰度进行加权均衡。

在生产城市地区大比例尺正射影像时, 需要利用人工镶嵌线镶嵌来避开高大建筑或灰度相差较大的水体区域等。

2 数字正射影像的关键镶嵌技术

正射影像的镶嵌包括色彩匹配、影像接边区域区配、接边纠正与影像镶嵌。

2.1 色彩平衡

2.1.1 基于“一阶”直方图的匹配方法

利用“一阶”直方图的匹配方法, 即将一影像的直方图映射到另一直方图上, 使相邻影像重叠区的灰度级直方图形状接近相同^[3]。

设左影像的最大与最小灰度值与右影像的最大与最小灰度值分别为: g_{Lmin} , g_{Lmax} , g_{Rmax} , g_{Rmin} 。

若以左影像直方图作为参考, 则将右影像直方图线性映射到左影像直方图上, 映射的公式为:

$$g'_{R(i,j)} = \text{INT}[(g_{Lmax} - g_{Lmin}) * g_{R(i,j)} / (g_{Rmax} - g_{Rmin})] + (\bar{g}_L - \bar{g}_R) \quad (1)$$

2.1.2 基于信息熵的匹配方法

对于相邻同名影像, 其平均信息量应相同。由于实际相邻同名影像存在辐射度差异, 因此它们对应的熵不同^[4]。

设左影像的最大、最小灰度值与熵与右影像的最大、最小灰度值与熵分别为 g_{Lmin} , g_{Lmax} , H_L , g_{Rmax} , g_{Rmin} , H_R 。

左右影像中第 i 灰度级的百分比为 $P_L(i)$,

$$P_R(i) \begin{cases} H_L = - \sum_{i=g_{Lmin}}^{i=g_{Lmax}} P_L(i) * \log_2 P_L(i) \\ H_R = - \sum_{i=g_{Rmin}}^{i=g_{Rmax}} P_R(i) * \log_2 P_R(i) \end{cases} \quad (2)$$

若以左影像作为参考, 对右影像进行映射, 映射的公式为:

$$g'_{R(i,j)} = \frac{H_L}{H_R} * (g_{R(i,j)} - g_{Rmin}) + g_{Lmin} \quad (3)$$

2.1.3 基于直方图规定化的匹配方法

灰度级直方图是对影像概貌总的描述, 我们可以通过将给定的影像直方图修改为指定形式的直方图来改善影像的色调与反差。对于两幅相邻同名影

像, 利用它们的直方图所对应的累积直方图曲线来建立变换关系^[5]。

设左右同名影像的概率密度函数与对应的累积分布函数分别为 $P_L(g_L)$, $P_R(g_R)$, $H_L(g_L)$, $H_R(g_R)$ 。

对右影像进行灰度变换:

$$\begin{aligned} & \because H_L(g_L) = H_R(g_R) \\ & \begin{cases} H_L(g_L) = \int_0^{g_L} P_L(g) dg \\ H_R(g_R) = \int_0^{g_R} P_R(g) dg \end{cases} \\ & u = H_L(g_L) \\ & \therefore g_L = H_L^{-1}(u) \\ & \therefore g_L = H_L^{-1}[H_L(g_L)] \\ & g'_R = H_R^{-1}[H_L(g_L)] \end{aligned} \quad (4)$$

对于该灰度级, 影像就具有所规定形式的直方图。经过上述处理, 同名影像的灰度分布大致相同, 相邻同名影像辐射度趋于一致, 由此可获得一幅完整的高质量数字影像。

2.2 接边区域影像匹配

在重叠区域的色彩平衡的情况下, 首先根据输入的镶嵌带宽与影像的信息计算出重叠区的中央线, 其次将重叠区分成大小相同的子区域, 然后在每一个子区域用方差最大法、Maroca 算子、Fuster 算子的方法寻找特征点, 如果特征点的特征值小于某一域值, 那么就去掉此点, 从下一子区域继续寻找特征点, 直至找到为止。通常可以用各种算子共同参与寻找特征点^[6]。

用找到的特征点与另一图像的对应区域中的子区域进行相关, 找出最大相关时对应的点, 如果此时的相关系数小于某一域值, 那么就去掉这一对点。

设输入的镶嵌带宽为 W_H , 左影像的宽、高、左下角坐标、右上角坐标与采样间隔分别为 W_L , H_L , X_{Lmin} , Y_{Lmin} , X_{Lmax} , Y_{Lmax} , C_L , 右影像的宽、高、左下角坐标、右上角坐标与采样间隔分别为 W_R , H_R , X_{Rmin} , Y_{Rmin} , X_{Rmax} , Y_{Rmax} , C_R , 那么:

$$X_{Lmax} = X_{Lmin} + H_L * C_L;$$

$$Y_{Lmax} = Y_{Lmin} + W_L * C_L;$$

$$X_{Rmax} = X_{Rmin} + H_R * C_R;$$

$$Y_{Rmax} = Y_{Rmin} + W_R * C_R.$$

设重叠区中心线的 Y 坐标为 Y_m , 则有:

$$Y_m = (Y_{Lmax} + Y_{Rmin}) / 2$$

设重叠区的上下边界的坐标为 X_{cmax} , X_{cmin} , 则有:

如果 $X_{Rmax} > X_{Lmax}$, 那么 $X_{cmax} = X_{Lmax}$, 否则 $X_{cmax} = X_{Rmax}$;

如果 $X_{Rmin} > X_{Lmin}$, 那么 $X_{cmin} = X_{Rmin}$, 否则 $X_{cmin} = X_{Lmin}$.

然后利用 X_{cmax} 和 X_{cmin} 把重叠区沿纵向分成几十份, 再按上述方法进行影像匹配。

2.3 接边纠正

对接边几何残差的改正可仿照矢量图接边的原理将接边误差分别分配在两接边影像重叠区内。系统设计思想如图 1。

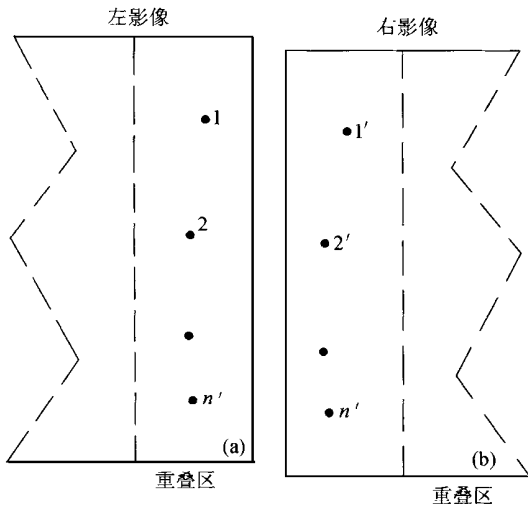


图 1 接边几何纠正示意图

Fig. 1 Cross area geometry correction chart

首先在左影像重叠区内自动(或人工)按一定间距范围选取明显标志点(1, 2, ..., n), 然后自动匹配出各标志点在右影像重叠区内的同名点(1', 2', ..., n'), 显示各点残差, 剔除粗差, 如果各点残差在精度范围内, 则利用同名点对两影像重叠区域进行强行纠正功能, 纠正原理如图 2(图中 1'' 为 1, 1' 坐标连线的加权点, 2'' 为 2, 2' 坐标连线的加权点), 这样接边误差便均匀分配至左右两影像重叠区域中。

2.4 影像镶嵌

2.4.1 自动镶嵌

在两幅影像重叠区域足够大并且重叠区域的镶嵌带都在影像内的情况, 可采用自动镶嵌的方法。这种方法首先确定影像的镶嵌带, 根据输入的镶嵌

带宽与影像的信息计算出镶嵌带的左(上)右(下)边界, 然后计算出左(上)右(下)加权值, 最后用加权值乘以各自的影像值求和即为镶嵌带的影像值。

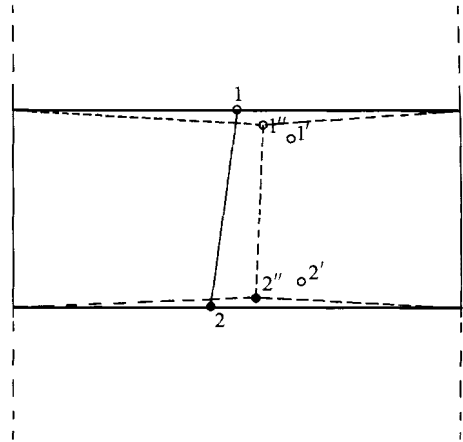


图 2 左影像重叠区域内纠正示意图

Fig. 2 Left image's cross area geometry correction chart

设输入的镶嵌带宽为 W_H , 左影像的宽、高、左下角坐标、右上角坐标与采样间隔分别为 $W_L, H_L, X_{Lmin}, Y_{Lmin}, X_{Lmax}, Y_{Lmax}, C_L$, 右影像的宽、高、左下角坐标、右上角坐标与采样间隔分别为 $W_R, H_R, X_{Rmin}, Y_{Rmin}, X_{Rmax}, Y_{Rmax}, C_R$, 那么:

$$X_{Lmax} = X_{Lmin} + H_L * C_L;$$

$$Y_{Lmax} = Y_{Lmin} + W_L * C_L;$$

$$X_{Rmax} = X_{Rmin} + H_R * C_R;$$

$$Y_{Rmax} = Y_{Rmin} + W_R * C_R.$$

设重叠区中心线的 Y 坐标为 Y_m , 镶嵌带的左右边界分别为 Y_{Llap} 与 Y_{Rlap} , W_D 为重叠区宽度, 则有 $Y_m = (Y_{Lmax} + Y_{Rmin})/2$,

如果 $Y_m - W_D/2$ 大于 Y_{Rmin} , 那么 $Y_{Llap} = Y_m - W_D/2$, 否则 $Y_{Llap} = Y_{Rmin}$;

如果 $Y_m + W_D/2$ 小于 Y_{Lmax} , 那么 $Y_{Rlap} = Y_m + W_D/2$, 否则 $Y_{Rlap} = Y_{Lmax}$.

对于镶嵌影像, 可分为 3 部分: 左边部分、重叠区域与右边部分, 左边部分直接由左影像得到, 右边部分直接由右影像得到, 重叠区域由两个影像用加权处理算法得到。

设 G_L 为左影像第 i 行第 j 列像素灰度值, Y_{lap} 为此像素的 Y 坐标, G_R 为右影像相应像素灰度值, P_L 与 P_R 为左右影像的权, G_{lap} 为重叠区域输出的灰度。

$$Y_{lap} = Y_{Lmin} + j * C_L;$$

$$P_L = (Y_{lap} - Y_{Llap}) / (Y_{Rlap} - Y_{lap});$$

$$P_R = 1 - W_L;$$

$$G_{lap} = P_L * G_L + P_R * G_R.$$

对重叠区的每一像素重复运用上述公式即可得到重叠区的影像。

2.4.2 镶嵌线镶嵌

在两幅影像重叠区域足够大但重叠区域的镶嵌带不全在影像内时,如果还采用自动镶嵌的方法,会出现镶嵌影像中有些地区从一个影像向没有影像退化。造成这一现象的主要原因是重叠区有大量非影像的空白区域,空白区域参与运算会造成影像退化。这一现象在卫星影像的镶嵌中经常出现。解决这一问题必须采用选取镶嵌线的方法进行镶嵌,所以叫镶嵌线镶嵌。镶嵌线镶嵌首先选取镶嵌线,选取镶嵌线的原则是尽量使镶嵌线位于两个纯影像的中心,同时避开高大建筑、树林与大片水体等。然后以镶嵌线为中心,以镶嵌带宽为半径,同时参考影像的信息求出镶嵌带的左(上)右(下)边界,计算出左(上)右(下)加权值,最后用加权值乘以各自的影像值求和即为镶嵌带的影像值。

设镶嵌线的各个端点为 $L(i), i=0, \dots, n, n$ 为镶嵌线端点的总数,对左影像的第 j 行,首先求第 j 行与镶嵌线的交点。设第 j 行的 X 坐标为 X_L ,则有

$$X_L = X_{Lmin} + j * C_L$$

如果没有交点,那么就取左影像或右影像的值。

如果有一个交点,那么就取这个交点为镶嵌中心点,其他计算与自动镶嵌相同。

如果两个以上交点,把这几个交点进行排序,以每个交点为中心,以输入的镶嵌带宽为半径,将镶嵌区域分成几部分,对每一部分用自动镶嵌的加权方法进行镶嵌。重复进行每一行直到所有影像都被处理完。

2.4.3 基于灰度的镶嵌方法

影像镶嵌的寻找同名镶嵌点的常用方法是相关方法,其选择方法是:首先在一幅影像上求出镶嵌带的中央线,中央线上每一点即为镶嵌点,然后利用相关技术在另一幅图像中的同名点寻找出来,这样得到同名镶嵌点。本文采用一种基于灰度差最小的原则。

最小化灰度法

设左右影像的像元灰度值分别用 L 和 R 来表示, W_D 为重叠区的宽度,计算以 (i, j) 为中心 $1 * w$ 邻域的像元灰度差绝对值和 $A(i, j)$,对于第 i 扫描

行,使

$$A(i, j) = \sum_{k=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} |L_{j+k} - R_{j+k}| \quad (4)$$

$$\left[\frac{w}{2} < j < W_D - \frac{w}{2} \right]$$

当 $\min[A(i, j)]$ 时,则第 j 个像素将作为同名镶嵌点。按上式选择的镶嵌点在各扫描行上的位置是随机的,因此可以获得较佳的镶嵌质量。

二维镶嵌方法

一维接边方法所选取的邻域只顾及了第一方向上的灰度差别,而造成镶嵌图像假边缘的影响在水平和垂直方向上是相同的。因此根据垂直和水平灰度差最小原则进行二维接边选择,其算法如下:

设垂直和水平接边的灰差绝对值和分别为:

$$\begin{cases} V_k = \sum_{i=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} d_{j, k+i} \\ H_k = \sum_{i=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} d_{j+i, k} \end{cases} \quad (5)$$

若第 1 行的接缝点为 (p, q) ,对第 $p+1$ 行,先向右搜索,令

$$V_R = \min[V_{l+1, p}, V_{l+1, p+1}, \dots, V_{l+1, p+t}]$$

此即像素 $(l+1, p)$ 到 $(l+1, p+t)$ 的最小横向灰度差和。上式中 $t=0, 1, 2, \dots, W_D - p - w/2$, W_D 为重叠区宽度。 w 为选择的搜索域大小。令

$$H_R = \max[H_{l+1, p}, H_{l+1, p+1}, \dots, H_{l+1, p+t}]$$

此即像素 $(l+1, p)$ 到 $(l+1, p+t)$ 的最大纵向灰度差和。

按上式向右搜索,从 $i=0$ 开始,若 $\frac{1}{w+1} |V_R - H_R| \leq \delta$ 且 $t \leq W_D - p - w/2$,则继续向右搜索,其中为给定的阈值;否则停止向右搜索,开始从 $(l-1, p)$ 点向左搜索。设

$$\begin{cases} V_L = \min[V_{l+1, p-1}, V_{l+1, p-2}, \dots, V_{l+1, p-t}] \\ H_L = \max[H_{l+1, p-1}, H_{l+1, p-2}, \dots, H_{l+1, p-t}] \end{cases}$$

此为像素 $(l+1, p-1)$ 到 $(l+1, p-t)$ 的最小横向灰度差和与最大纵向灰度差和。这里 $t=w/2$,按上式从 $t=1$ 开始向左搜索,若 $\frac{1}{w+1} |V_L - H_L| \leq \delta$ 且 $t \leq w/2$,则继续向左搜索。

用上几式分别向左搜索与向右搜索完毕后,选择第 $l+1$ 扫描行上满足 $V_{l+1, p'} = \min[V_R, V_L]$ 条件的像素 $(l+1, p')$ 作为接缝点。

因此,按上述方法选择的接缝点 (l, p) 和 $(l+1, p')$,其最大纵向接边差和最小横向接边差之间的差别不会大于 q 。

2.4.4 基于彩色的镶嵌方法

一幅彩色影像由 3 基色红、绿、蓝 (R, G, B) 分量组成。由色度学原理,可以把 R, G, B 3 个分量转换成 H, I, S 的彩色坐标。其公式如下:

$$\begin{cases} I = R + G + B \\ S = 1 - 3 \cdot \frac{\min(R, G, B)}{I} \\ H = \cos^{-1} \left\{ \frac{2 \cdot R - G - B}{2 \cdot \sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\} \end{cases} \quad (6)$$

当 $B > G$,则 $H = 2p - H$,式中 I, H, S 分别表示强度、色度、饱和度。

为了获得理想的彩色影像镶嵌结果,应选择强度、色度、饱和度差别最小原则搜索接缝点,其算法如下:

$$C_{j, k} = | I_{L(j, k)} - I_{R(j, k)} | + | H_{R(j, k)} - H_{L(j, k)} | + | S_{L(j, k)} - S_{R(j, k)} | \quad (7)$$

上式中左右影像 (j, k) 的强度、色度及饱和度分别为 $I_L, H_L, S_L, I_R, H_R, S_R$ 。

因此,利用二维镶嵌的接边选择方法,并按上式来选取接缝点,然后对每组影像数据分别用此接缝点进行镶嵌,再将镶嵌好的三组影像数据进行彩色合成,可得到理想的镶嵌效果。

3 数字正射影像镶嵌的工艺流程及应用前景

3.1 镶嵌的工艺流程

数字正射影像镶嵌过程主要包括色彩匹配、影像接边区域匹配与接边纠正等预处理过程与影像自动镶嵌、影像镶嵌线镶嵌、基于灰度的镶嵌与基于彩色的镶嵌。整个流程如图 3。

3.2 应用前景

数字正射影像的镶嵌有效地利用了两个原始影像的光谱信息与纹理信息,因此镶嵌影像更好地代表了两个原始影像。近年来在遥感土地利用动态监测、防洪防灾、地理信息系统等方面发挥了很大的作用。

(1) 遥感土地利用动态监测。将两景影像进行镶嵌,可以更有效地发现大范围土地的变化,从而为

土地部门的决策提供有力的依据。特别在 1999 年国土资源部的遥感土地利用动态监测项目中发挥了很大的作用。

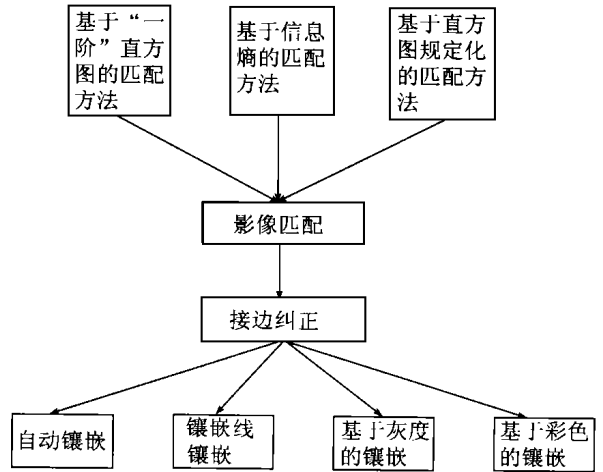


图 3 数字正射影像镶嵌的工艺流程框图
Fig. 3 Digital orthophoto map mosaic flow chart

(2) 防洪防灾。在江河湖地区,将两个影像进行镶嵌,可以发现大范围水域的变化,从而为水利部门的决策提供有力的依据。特别在 1998 年国家测绘局的灾后重建测绘保障项目中发挥了很大的作用^[8]。

(3) 地理信息系统。将多个不同的影像进行镶嵌,可以提供大范围的数字正射影像,为地理信息系统提供良好的基础数据层。

(4) 其它方面。在利用遥感影像进行地形图更新方面,影像融合可提高影像的识别精度,从而提高地图更新的速度与质量。

4 结论与建议

本文运用影像色彩平衡、影像接边纠正辅助的方法,同时运用多种镶嵌方法,提高镶嵌影像的色彩质量与几何精度。实验证明,该方法不论用于高分辨率影像(如航空影像),还是中分辨率影像(如 TM、SPOT 等)均有良好的效果,部分成果已经集成到 Photomapper 数字正射影像制作系统中,并广泛用于测绘、遥感、国土调查、水利等部门。与其他商用软件相比,本文镶嵌方法在影像色彩平衡、影像接边纠正等方面均有较大程度的改进,并在工艺流程、质量控制上具有特色。

参 考 文 献 (References)

[1] Li jun. Using image match aerial image digital mosaic method [D].

- Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1994. [李军. 基于影像匹配的航空影像数字镶嵌方法[D]. 武汉测绘科技大学, 1994.]
- [2] Li Xue-you. Digital Orthophoto Map production and application research [D]. Chinese Academy of Surveying & Mapping, 1999. [李学友. 数字正射影像地图生产及其应用研究[D]. 中国测绘科学研究院, 1999.]
- [3] Yang Kai *et al.* Principle and Method for Remote Sensing Image [M]. Beijing: Publishing Press of Surveying and Mapping, 1998. [杨凯等. 遥感图像处理原理和方法[M]. 北京: 测绘出版社, 1988.]
- [4] Tiancuixiuxing *et al.* Compute Image Process Technology [M]. Beijing: Publishing Press of Beijing University of Teacher-Training, 1988. [[日]田村秀行等. 计算机图像处理技术[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1988.]
- [5] Wang Zhi-zhuo. Principles of Photogrammetry [M]. Beijing: Publishing Press of Surveying and Mapping, 1979. [王之卓. 摄影测量原理[M]. 北京: 测绘出版社, 1979.]
- [6] Lin Zong-jian. Multi Criterion Image Match [D]. Wuhan: Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1988. [林宗坚. 多重判据影像匹配[D]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1988.]
- [7] H. P. Beir *et al.* Digital Image Process and the Application in Photogrammetry [M]. [[德] H. P. 贝尔等. 数字图像处理及其在摄影测量中的应用[M]. 北京: 解放军出版社, 1990.]
- [8] NBSM department of country surveying and mapping. Space Data foundation establishment thesis [C], 1999. [国家测绘局国土测绘司. 空间数据基础设施论文集[C]. 1999.]

Image Match and Overlapping Area Correction Mosaic Technology for Digital Orthophoto Maps

LIU Xiao-long

(Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039, China)

Abstract: The traditional mosaic technology obtains fainted result by difference of geometry and color. This paper introduces mosaic technology of Digital Orthophoto Maps, the technology includes preprocess technology, mosaic technology, all mosaic flow chart and application. The preprocess technology includes color alteration, image match, Cross Area Correction, color alteration for altering the difference of color, and image match and Cross Area for altering the correction difference of geometry. The mosaic technology includes auto mosaicking, mosaicking by drawing a mosaic line, gray mosaicking, color mosaicking, mosaicking by drawing a mosaic line for mosaicking complex area by drawing a mosaic line, gray mosaicking, color mosaicking for eliminating the difference of geometry and color.

Key words: digital orthophoto map; radiometric alteration; image match; overlapping area correction; auto-mosaicking; mosaicking by drawing mosaic line