

联合应用多传感器影象消除云层遮挡影响的研究

方 勇 常本义

(西安测绘研究所, 西安 710054)

摘 要 在利用光学遥感影象进行制图的过程中, 由于受到获取遥感资料技术条件的限制, 所获取的影象常常受到云层遮挡的影响, 而造成局部地区信息丢失. 针对此问题, 提出了一种联合使用多传感器在不同时间段接收的影象, 以消除云层遮挡影响的方法. 该方法主要分为两个步骤, 即首先是对云层覆盖地区不同时间的影象进行自动配准, 然后对用来替换云层覆盖地区的影象进行辐射改正, 以消除替换过程中出现的接缝. 同时利用 SPOT 和 TM 影象进行了实验, 实验结果表明该方法是有效的、可行的, 能够较好地恢复云层遮挡地区的信息.

关键词 多传感器影象 影象配准 影象镶嵌

中图法分类号: TP751 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)02-0138-04

The Research of Removing the Affect of Clouds Cover by Combining the Mult-Sensor Images

FANG Yong, CHANG Ben-yi

(Xi'an Research Institute of Surveying and Mapping, Xi'an 710054)

Abstract In the process of mapping using optical remote sensing images, due to the limit of the conditions obtaining the remote sensing data and the affect of weather, the obtained images often are covered by clouds, which causes the losing of the information in local area and affects the quality of image map in some degree. In this paper, a method is proposed by fusion of multi-sensor images collected at different date to remove the affect due to cloud cover. It consists in two steps: firstly the auto registration is done around the region with clouds. In this step area-based grey match is used to get tie point, and statistical relational matching is done iterative to adjust the initial match result more reliable. So the two image can be registrated local area with high accuracy according to the final matching points. Secondly the image with cloud is replaced automatically by the other sensor image which has been radiation corrected through histogram matching so as to prevent the false edge from emerging during image mosaicing. At last, the test that SPOT image with clouds is replaced by TM image is done. The result demonstrates that the proposed method is possible and valuable, and the information in cloud area is recovered properly.

Keywords Multi-sensor images, Image registration, Image mosaic

0 引言

随着遥感技术的迅速发展, 利用遥感影象进行制图已经越来越普遍. 目前在利用遥感影象制图的工作中, 广泛采用的遥感数据大部分是光学影象(如 SPOT、TM 影象等). 虽然光学影象一般具有信息量大、分辨率高和几何性质稳定等特点, 但同时它又极易受到气候因素的影响, 而云层遮挡就是其中影响之一. 由于受到云层遮挡的影响, 就无法获得云层覆

盖地区的信息, 这些地区将成为制图的“盲区”, 而且大面积的云层遮挡将严重影响生成影象地图的质量. 因此, 在现有条件下, 寻找一种有效消除云层遮挡影响的方法, 就具有十分重要的实际意义.

本文将考虑采用多传感器数据融合的策略, 即在现有条件下, 利用不同传感器在不同时间获取的数据, 来对有云层覆盖地区的影象进行替换, 以消除云层遮盖的影响, 但利用多传感器影象进行替换以消除云层遮盖影响, 需要解决如下两个方面的问题: 首先是要解决云层覆盖区域多传感器影象的配准问

题,其次是在进行影像替换时要解决可能存在的辐射差异问题.当前,大量研究集中于多传感器影像的配准技术^[1]和影像镶嵌技术^[2],尽管这为进行影像替换提供了基本的理论和方法,但是,对于消除云层遮挡影响的问题,常用的影像配准和镶嵌技术还要作相应的修改,为此本文提出了对有云层遮挡下的影像进行自动匹配和替换方法.

1 影像配准

影像配准主要实现的是将两幅或多幅影像在空间上对应起来.从当前的发展情况来看,多传感器影像配准仍是一个研究热点,这种配准一般可以采用如下两种策略:一是利用地面控制点和数字高程模型(DEM)对多传感器影像进行严格的地理编码,使它们统一到大地坐标系中;另一种策略是采用影像匹配方法来实现不同传感器影像的自动配准.相比而言,第 1 种策略与影像地图生产流程相适应,因此在已知成象几何关系、地面控制点和 DEM 的情况下,不失为一种有效的途径,但其不足之处在于,其几何纠正的结果还难以达到使不同传感器影像准确对应起来;而利用影像匹配来实现影像配准,也要解决匹配结果的可靠性问题,这对于多传感器影像尤为突出,因此,通过采用将两种策略合二为一的方法,即首先对遥感影像进行严格纠正,以消除由轨道不同、成象关系差异、地面起伏等因素引起的几何扭曲,先将它统一到大地坐标系中,然后利用概率松弛的影像匹配方法来确定配准影像对之间的连接点,再利用连接点建立相应影像局部几何差异的模型,并通过内插方法,使两幅影像实现配准.关于遥感影像严格纠正的方法可以参考相应的资料,这里重点将就纠正影像的概率松弛匹配方法进行论述.

基于概率松弛的影像匹配主要解决这样一个问题,即对于 A、B 两幅影像,其分别具有 m、n 个控制点,而且两者之间具有 k 个同名点时,确定两幅影像间的 k 个匹配点对的问题.

令影像 A 具有控制点列 {A₁, A₂, ..., A_m} 影像 B 具有控制点列 {B₁, B₂, ..., B_n} 则概率松弛影像匹配的基本思想在于,若匹配点对 (A_i, B_j) 为同名象点,那么对于影像 A 上的任一点 A_h,则可能在影像 B 上存在一点 B_r, 满足条件距离 [A_i, A_h] = [B_j, B_r], 而且 (A_h, B_r) 是同名象点,也即匹配正确的点对对待匹配的点具有相应的支持.

设定一个 m × n 维的矩阵 P = [P_{ij}], P_{ij} 表示 (A_i, B_j) 间的匹配概率,则同名点对 (A_h, B_r) 对待匹配点对 (A_i, B_j) 的支持概率为

$$S^l(i, j; h, r) = p_{hr}^l \min\left(\frac{d_{ih}}{d_{jr}}, \frac{d_{ir}}{d_{jh}}\right) \quad (1)$$

p_{hr}^l 表示第 l 次迭代 (A_h, B_r) 为同名象点的概率, d_{ih}、d_{jr} 表示 A_i, A_h 和 [B_j, B_r] 的距离,而 S^l(i, j; h, r) 的取值范围为 [0, 1]. 第 l + 1 次迭代 A_i 和 B_j 之间的匹配概率为

$$p_{ij}^{l+1} = p_{ij}^l \cdot S_{ij}^l \quad (2)$$

其中, p_{ij}⁰ 是矩阵 P 的初始概率,一般选择两点之间的相关系数作为初值. S_{ij}^l 表示第 l 次迭代其他点对 (A_i, B_j) 的支持

$$S_{ij}^l = \sum_{\substack{h=l \\ h \neq i}}^m W_h [\max_{\substack{l \leq r \leq n \\ r \neq j}} S^l(i, j; h, r)] \quad (3)$$

其中, W_h 表示 h 点对 i 点支持的权函数,它是两点距离的函数,距离越近,权越大.匹配结果的理想情况是 (1) 如果 (A_i, B_j) 是同名点,那么 P_{ij} 接近 1,其他接近于 0 (2) 每一行或每一列最多有一个元素靠近 1,如果 A_i 在 B_j 中没有匹配点,则第 i 行的元素均为 0.

这里采用基于面元的影像匹配方法来获得影像配准的初始连接点及匹配概率,且匹配在云层覆盖地区的周边区域进行.这种基于面元的匹配方法(图 1)则是先在参照影像上开一小窗口,然后在待匹配影像上设置一搜索区,再逐象素进行搜索,并计算相应窗口的归一化相关系数^[3]

$$R(i, j) = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} (f_{ij} - \bar{f}) \cdot (g(x, y)_{ij} - \bar{g})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} (f_{ij} - \bar{f})^2 \cdot \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} (g(x, y)_{ij} - \bar{g})^2}} \quad (4)$$

当 R(i, j) 达到最大时,即确定为最终匹配结果.通过设定阈值,大于阈值的匹配点作为候选点进入概率松弛匹配阶段,以其相关系数作为初始概率.权函数则采用匹配点间的距离作为变量,以充分反映匹

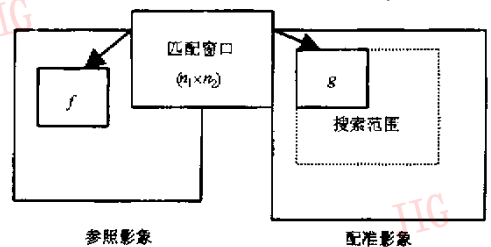


图 1 基于面元的影像匹配

配点之间的相关性,这样还能顾及纠正影象间存在的局部几何变形,使影象匹配在整体上达到最佳。

利用匹配得到的连接点,建立配准影象对之间几何映射函数,这里采用仿射变换

$$\begin{cases} x = a_0 + a_1x' + a_2y' \\ y = b_0 + b_1x' + b_2y' \end{cases} \quad (5)$$

最后,采用双线性内插来实现待配准影象的重排,以便与参照影象对应起来。

2 辐射改正

对替换后的影象进行辐射改正是一个经典的图象处理问题,虽然在许多应用领域均用到辐射改正,但不同的地方情况不同,处理的方法也有差异。在这里进行影象替换,需要考虑用于替换云层覆盖区域的影象必须在各个方向与原有影象保持一致,以防止人为边缘的出现。

用于替换的影象虽然在空间上能与原图象对应起来,但是它们的灰度一般都存在差异(也就是辐射差异),直接替换将造成人为边缘,从而影响成图质量。对于光学影象来说,辐射差异主要来自两个方面,一方面是受到成象条件的影响,比如光照条件、大气条件、视角、工作波段等因素;另一方面则可能受到地面覆盖变化的影响,如季节的变迁等,因此,对于可能由不同因素导致的辐射差异应采取相应的策略,例如对于由后面因素导致的辐射差异,应尽量采用时间间隔短的影象数据进行分析;而对于由前者因素产生的辐射差异,一般采用对相应工作波段影象进行图象处理的方法加以削弱。

首先,可以对需要配准的影象进行直方图匹配,以消除辐射差异中的主要部分。通过直方图匹配,可以使匹配影象具有相似的直方图,即使图象具有近似的灰度分布。众所周知,直方图是影象灰度分布情况的直观表达。假设参照影象的概率密度函数为 $p(y)$,待配准影象的概率密度函数为 $p(x)$,直方图匹配的过程就是首先对参照影象和待配准影象进行均衡化处理得到 z_y 和 z_x ^[3]

$$\begin{aligned} z_x &= f_1(x) = \int_0^x p(v) \lambda v \\ z_y &= f_1(y) = \int_0^y p(v) \lambda v \end{aligned} \quad (6)$$

然后,按照 $z_y = z_x$ 的条件,确定 x 到 y 的映射

$$y = f_2^{-1}(f_1(x)) \quad (7)$$

最后根据 x 到 y 的映射关系,逐象元地修改待配准影象的灰度值。

利用直方图匹配方法可对整幅影象灰度进行调整,但对于局部影象来说,仍存在一定的差异。如果不进行改正,它将在不同传感器图象的镶嵌线附近明显地体现出来,因此需其对沿镶嵌线附近的影象进行辐射纠正,即通过在镶嵌线附近设定缓冲区,对位于缓冲区内部的象元灰度通过加权内插确定,权函数由象元到缓冲区距离的倒数确定。

3 实验情况

实验采用 SPOT 影象和 TM 影象,其中 SPOT 是彩色影象,大小为 $2\,000 \times 3\,400$ pixel,接收时间为 10 月份,该影象受到云层遮掩的影响(见图 2)最大的遮挡区域达到 400×500 pixel。TM 影象接受时间为 11 月份,没有受到云层遮掩的影响,原图见图 3。

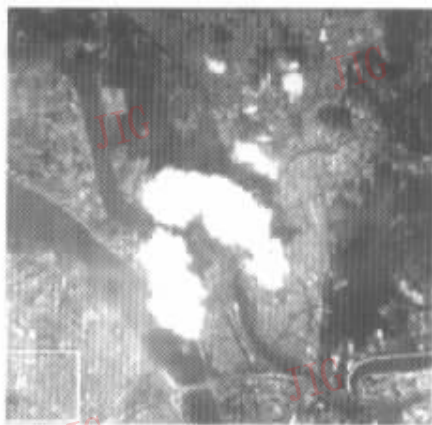


图2 原始的 SPOT 影象

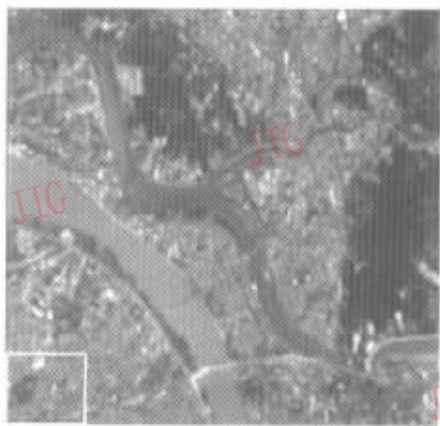


图3 TM3 影象

从图 2、图 3 可见,原始 SPOT 影像受到云层遮挡,而且 TM 影像在几何与辐射性质上均与 SPOT 影像存在差异.对两幅影像进行联合处理,首先进行几何纠正处理,即将两幅影像经过几何纠正成为正射影像,纠正后两幅影像同名点的坐标位置相差最大可达到 6~8 pixel;然后进行直方图匹配,经过直方图匹配,较好地消除了两类影像之间主要部分的辐射差异.

图 4 显示了经过直方图匹配后得到的影像直接替换结果,从图中可见,接边处出现假边缘,并且接边处相应地物的影像不匹配,这主要是由于两幅纠正影像间还存在局部的几何变形,因此尚需通过影像匹配实现两幅影像的精确配准,图 5 显示了利用本文推荐方法获得的影像替换结果,图上影像中的十字表示匹配获得的连接点.从以上结果可见,SPOT 影像云层遮挡区域的信息得到了较好恢复.

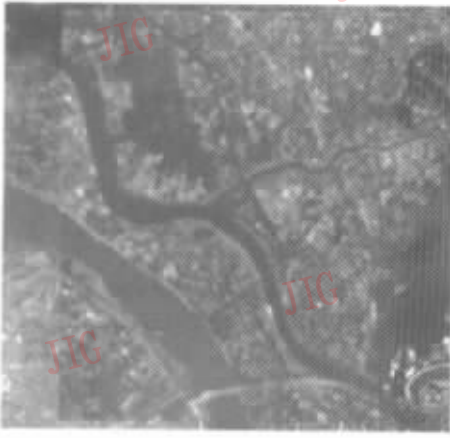


图 4 直方图匹配后得到的直接替换结果

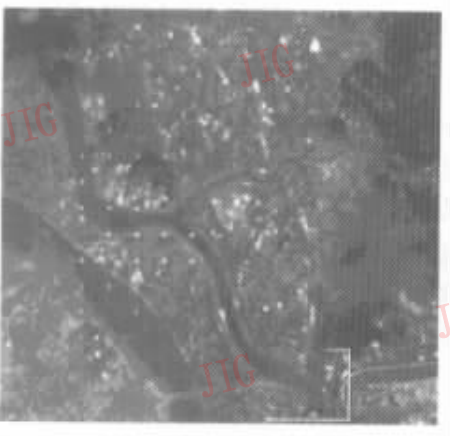


图 5 用本文方法获得的影像替换结果

4 结 论

实验表明,本文提出的去云层遮挡影响的方法是一种具有较高自动化程度和较高效率的方法.该方法的特点在于,利用影像匹配的方法建立了配准影像间几何和辐射转换的基础,同时采用概率松弛的影像匹配方法,并利用匹配点之间的相对距离作为相容系数的变量,还能够较好地顾及相邻控制点之间的相关性和影像间的局部几何变形,从而可以在整体上获得较好的匹配结果.一般利用直方图匹配方法即能较好地消除多传感器获取的相似工作波段影像之间的辐射差异,而对于影像替换造成的差异,则可利用设置缓冲区,然后对缓冲区内的象元灰度通过加权内插进行改正的方法来加以消除.

参 考 文 献

- 1 Fonseca Leila M G, Manjunath B S. Registration techniques for multisensor remotely sensed imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1996, 62(9):10491056.
- 2 Yehuda Afek, Ariel Brand. Mosaicking of orthorectified aerial images. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1998, 64(2):115125.
- 3 沈邦乐. 计算机图象处理. 北京:解放军出版社,1996.

方 勇 1972 年生,1995 年毕业于郑州测绘学院摄影测量与遥感专业,现为该校博士研究生.主要研究方向为数字摄影测量、遥感影像分析和 SAR 图象处理.

常本义 1938 年生,西安测绘研究所研究员,郑州测绘学院博士生导师.主要研究方向为数字摄影测量、雷达摄影测量和遥感图象应用研究.