



多传感器遥感图像配准方法研究

惠文华

(长安大学 地质工程与测绘工程学院, 中国 西安 710054)

摘要:目的 对来自多传感器的同质或异质遥感图像进行自动配准。方法 对传统的相关系数相似性度量进行深入分析,通过对其推广,提出一种也适用于异质遥感图像相似性度量的基于联合概率的方法,并通过具体的图像进行实验验证。结果 利用基于联合概率的相似性度量方法分别实现了同质图像间、异质图像间的配准。结论 利用基于联合概率的相似性度量方法可以很好地对多传感器异质图像进行自动配准,并且自动寻找同名点的精度,使其可达到子像素级。

关键词:多传感器;图像配准;联合概率

中图分类号:TP39 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-274X(2006)04-0648-03

图像配准是对取自不同时间、不同传感器或不同视角的同一场景的两幅图像或者多幅图像匹配的过程。图像配准是图像融合、变化检测的基本要求。

传统的遥感图像自动配准方法是采用基于灰度的相关系数法。该方法虽具有算法简单、计算速度快、变形估算精度高、抗干扰性强等优点,但只有当采用辐射特性相似(即两幅待配准图像的辐射值只存在仿射变换)的同质图像时,才能取得比较好的配准效果;而对于辐射特性差异较大,尤其是来自不同类型传感器(如 TM 和 ERS-2)的异质遥感图像的配准问题,相关系数法很难达到某些应用的配准精度要求,适用性很差^[1~5]。此外,很多文献都研究了基于特征的遥感图像配准方法,但因为在异质图像上很难找到相似的特征,所以基于特征的配准方法也不适合多传感器遥感图像之间的自动配准。

对多传感器遥感图像的配准问题,目前尚未有一种通用可行的解决方法。本文在对基于灰度的相关系数法进行分析的基础上,从联系两个待配准图像的联合直方图出发,提出了一种基于联合概率的遥感图像配准方法。实验表明,该方法对多传感器的遥感图像配准问题非常有效。

1 相关系数与联合概率

要实现遥感图像间自动配准,一般的做法是:首先在主、从图像间找到足够多的一一对应的同名点对,然后由这些同名点作为控制点确定主、从图像之间的几何变换模型(变形模型),最后根据变换模型将从图像进行重新采样,完成从图像相对于主图像的配准过程。

在相关系数法中,相关系数用于自动选取同名点时度量两个图像间的相似性。利用相关系数来度量待配准图像间的相似性,在相关系数最大的位置上,待配准图像具有最强的相似性,该位置也即最佳配准位置。对同质待配准图像,其灰度相似性是显而易见的,可以用相关系数来很好地度量;而对用多传感器获取的异质图像,图像间灰度变形比较大,不能用原始的灰度图像直接计算相关系数来度量相似性。

实际上,异质图像虽然是用不同的传感器获取的,但它们表示的是相同的实体。也就是说,对相同的空间位置,我们进行了不同的测量,获取的结果也自然有很多共同的信息。虽然这些共同的信息并没有非常完善地表达出异质图像之间的联系,但我们仍然可以以一种相对的方式将它们之间的几何联系

收稿日期:2006-03-13

基金项目:国家西部交通建设科技基金资助项目(200431881211)

作者简介:惠文华(1968-),女,陕西蒲城人,长安大学讲师,博士生,从事遥感技术研究。

估计出来,即比较不同的几何变形,保留能够导致两种测量间较强关联的几何变形。因此,我们可以寻找其他像素级的相似性度量方法来代替相关系数,用以寻找待配准图像上具有较强关联的位置。

相关系数的计算公式为

$$\rho(I, J) = \frac{1}{N} \frac{\sum_{x,y} (I(x,y) - m_I)(J(x,y) - m_J)}{\sigma_I \sigma_J} \quad (1)$$

其中:\$(I, J)\$ 表示待配准图像对, \$N\$ 为分析窗口中像素的个数; \$I(x, y), J(x, y)\$ 分别为主、从图像上分析窗口中 \$(x, y)\$ 位置处的像素灰度值, \$m_I\$ 和 \$m_J\$ 分别为图像 \$I\$ 和图像 \$J\$ 上各自分析窗口中的平均值, \$\sigma_I, \sigma_J\$ 是它们的方差。

在相关系数算式中,是关于像素的位置 \$(x, y)\$ 求和的。若从概率的角度考虑,相关系数式可改写为

$$\rho(I, J) = \sum_{(i,j)} \frac{(i - m_I)(j - m_J)}{\sigma_I \sigma_J} p_{ij} \quad (2)$$

其中: \$p_{ij}\$ 是待配准图像像素灰度对分布的联合概率密度函数 \$f_{ij}(i, j)\$ 的估值,可用联合直方图得到。在用概率表示的相关系数中,是关于灰度值 \$(i, j)\$ 求和。

同时, \$p_{ij}\$ 可看作两个待配准图像上灰度的转换函数。分别统计某地区的 TM2 与 TM2, TM2 与 TM7, TM7 与 ERS-2 图像的联合直方图,结果如图 1 所示。

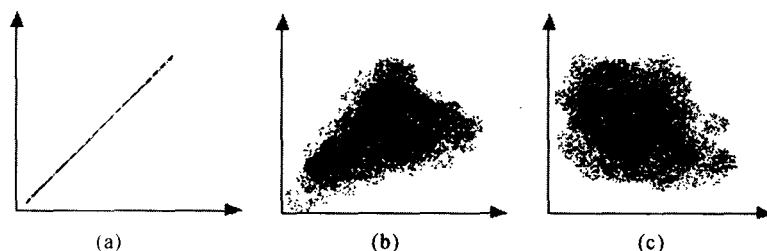


图1 联合直方图

Fig. 1 Joint histogram

由图 1 可见,一个图像与它自身的联合直方图是一条斜率为 1 的直线(a)。它表明两个图像之间完全相关,其灰度变换适用同一的转换函数。这种情况用相关系数很好处理。(b)表示出两个混合在一起的接近线性趋势。(c)表明在两个传感器图像的灰度值之间不存在规律性,光学传感器 TM 的图像与雷达图像之间的情况就属此类。这两种情况用相关系数来处理都不能得到理想的结果。

与相关系数比较,式(3)可以更好地刻画图像间的关联,因为相关系数只是二阶统计相关性的检验,而式(3)则将统计依赖性的检验推广到了任意阶。

当待配准图像处于最佳配准位置时,它们之间具有最强的统计依赖性,即式(3)具有最大值。

3 实验

将上述基于联合概率的相似性量度应用于 TM 图像与 ERS-2 图像的配准,如图 2 所示。实验数据采用某地区的图像数据, TM 图像选择 TM2 和 TM5 两个波段,大小为 \$1\,000 \times 1\,000\$ 个像素,相应的 ERS-2 强度图像大小为 \$985 \times 985\$ 像素。

先对 TM 图像与 ERS-2 图像分别进行一些预处理,主要包括分辨率的匹配和几何校正。然后利用本文所述的方法进行自动配准。实验中分别对 TM2 与 TM7, TM2 与 ERS-2 图像进行了配准,采用 \$51 \times 51\$ 像素的估计窗口,搜索区域为每个像素周围 \$\pm 4\$ 个像素的范围。

配准结果如表 1 所示。

2 基于联合概率的相似性量度

基于联合概率的相似性度量方法的基本思想是:不是用像素的灰度值,而是用灰度对分布的联合概率(用联合直方图估计)来计算相似性量度值。

根据概率论知识,两个独立的随机变量,其联合分布的概率密度函数等于两个边缘分布的概率密度函数之积。因此,我们可以用下面的 \$\chi^2\$ 检验来估算两个图像之间的统计依赖性:

$$\chi^2(I, J) = \sum_{i,j} \frac{(p_{ij} - p_i p_j)^2}{p_i p_j} \quad (3)$$

其中: \$p_i = \sum_j p_{ij}\$, \$p_j = \sum_i p_{ij}\$。

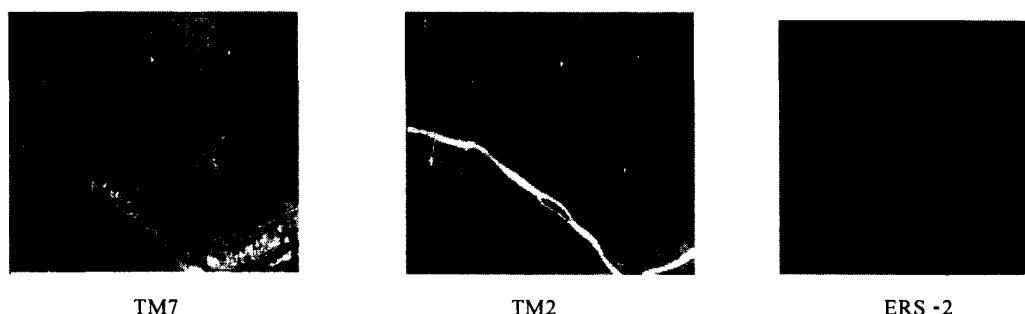


图2 实验图像

Fig. 2 Testing images

表1 TM与ERS-2图像配准结果

Tab. 1 Matching Results of TM and ERS-2

图像组合		配准结果	
		同名点数	误差(RMS)
TM2	TM7	312	0.53
TM2	ERS-2	278	0.51

4 结 论

本文通过对遥感图像配准处理中传统的相关系数相似性量度的推广,提出了一种基于联合概率的相似性度量方法。所选实验数据具有如下特点:TM图像的分辨率比ERS分辨率高,前者表示的纹理比后者也丰富得多,两者的细部结构相差很大;两者具有明显的几何变形;同时影像灰度之间具有较大的变形。即使在这样的情况下,采用本文所述的配准方法,仍取得了比较好的配准效果。该方法的主要优点是可以适用来自不同传感器的异质图像之间的

配准,但因为要统计待配准图像的联合直方图,所以计算量比较大。

参考文献:

- [1] 李震,范湘涛,施建成. 基于分窗口相关的遥感图像配准方法[J]. 中国图像图形学报, 2001, 6(2): 129-132.
- [2] 袁贞明,吴飞,庄越挺. 基于视觉特征的多传感器图像配准[J]. 中国图像图形学报, 2005, 10(6): 767-772.
- [3] 章权兵,罗斌,韦穗,等. 基于仿射变换模型的图像特征点集配准方法研究[J]. 中国图像图形学报, 2003, 8(10): 1121-1125.
- [4] 舒丽霞,周成平,彭晓明,等. 基于Hausdorff距离图像配准方法研究[J]. 中国图像图形学报, 2003, 8(12): 1412-1417.
- [5] 韩玲,吴汉宁. 多源遥感影像数据融合的理论和技术[J]. 西北大学学报:自然科学版, 2004, 34(4): 457-460.

(编辑 徐象平)

Research on multisensor image registration

HUI Wen-hua

(Chang'an University, School of Geological Engineering and Surveying Engineering, Xi'an 710054 China)

Abstract: **Aim** To register images obtained by monomodal or multimodal remote sensing sensor. **Methods** After analysis and generalization the traditional similarity measure of correlation coefficient, propose one new method based joint possibility density function to measure similarity between two images obtained by multisensor, and then test its effect. **Results** The monomodal or multimodal images are registered by the similarity measure based on joint possibility. **Conclusion** The registered effect are good, and its accuracy can be as high as subpixel.

Key words: multisensor; image registration; joint possibility