

遥感多图象的自动配准方法

王小睿 吴信才

(中国地质大学信息工程学院, 武汉 430074)

摘要 自动配准是处理遥感多图象数据的重要技术。为了克服现有算法在实际应用中的不足,提出了一种新的实用配准方法,这种方法简单有效,提取出的控制点数量足够且分布均匀,并通过引入最小二乘匹配使配准达到子象素精度。

关键词 自动配准,多图象,最小二乘匹配(LSM)

1 引言

在遥感图象处理过程中,对于大量从卫星、飞机的传感器和其他摄像器件上得到的多图象数据,常有必要对其进行分析和比较,包括图象的统计模式识别、变化检测、三维重构和地图修正等等。分析多图象时所作的一个隐含的假设就是认为各分图象是对准了的,然而,得到的原始多图象数据一般存在相对的几何差异和辐射差异,这就要求在分析之前对图象进行配准。

配准一般包括两个步骤。第一步是选择足够数量的配准控制点(RCP),这些控制点要求数量足够且分布较均匀,这样才能达到比较好的效果。第二步是将待配的两幅图象中的一幅作为参考图象,另一幅作为配准图象,把配准图象变换之后与参考图象进行配准以便比较和分析。其中第一步是极为精细的,由于实际处理的图象一般很大,操作员不得不在两幅图象间来回选择大量的控制点,而且必须选择得相当精确,才能产生一个较好的配准,这是极其耗费的且难以保证配准的精确性。

为了克服这个缺点,一些人提出了自动配准的方法,但在实际应用中,一般都存在如下几个缺点^[1]:提供的控制点数量不够;控制点分布不均匀;点和点的对应不够精确。因此,我们在开发图象配准镶嵌系统时,通过大量的实验比较,采用了一种保证

提供足够均匀分布控制点的配准方法,这种方法简单有效,并达到0.1个象素级的精度。

本文介绍了自动配准的原理、过程和方法,最后给出了使用本算法进行实验所得到的结果。

2 自动配准

自动配准的过程分为两个阶段:粗配阶段和精配阶段。在粗配阶段,由于两图可能存在较大的差异,完全靠计算机进行配准是盲目的,所以在这一阶段,控制点的选择需要人工进行,但与人工选点不同的是,操作员只需粗略地选择几个点即可。在精配阶段,通过运用自动选点的方法,可以取得足够数量的控制点用以进行配准。粗配阶段并不需要太多的人机交互,从而使得整个图象配准过程比人工选点方法高效且快速得多,具体流程见图1。

2.1 粗配阶段

由于在拍摄遥感图象时,原始图象间一般存在较大的几何误差,两幅用以配准的图象的控制点不可能按相应的象素位置来得到。在这一阶段进行配准选点,必须要有对这些图象的先验知识,如拍摄时相机或传感器的位置、角度和特性等等。

在实际处理时,操作员对这些先验知识一般不太了解也没有必要去仔细了解,所以无法通过这个方法使两幅图象得到大致相同的比例。一种可行的

方法是操作员在两幅图间粗略地选择三对或更多的控制点,利用多项式校正的方法,对配准图象进行重采样,将其变换为一幅与参考图象有大致相同比例的中间图象。

点灰度。 \bar{x} 、 \bar{y} 为灰度均值。

为了提高匹配的质量,还可以在匹配时进行部分灰度调整,或采用如“白化”滤波等方法对图象进行处理后再作相关搜索。

匹配相关的计算量是很大的,为了提高处理的速度,采取分层搜索的思想,生成金字塔形的数据结构,逐层搜索,速度将大大提高。经过相关匹配后,配准精度控制在一个象素左右。为了进一步提高精度,采取最小二乘匹配(Least Squares Matching)的思想,进行迭代处理,逐步对几何畸变参数和辐射畸变参数进行修正。最小二乘算法是实际应用中有有效的高精度算法,其实际精度高于 0.1 个象素。

2.2.2 最小二乘匹配

相关匹配提取控制点之后进行配准,精度一般可达 1 个象素左右,对于一般的应用是足够了,但对于三维重构提取高程模型等应用来说还是不够的。最小二乘匹配(LSM)是一种有效的高精度算法,它通过迭代处理可使实际配准精度达到 0.1 个象素以上。

在模板匹配相关搜索后,对模板与搜索区对应匹配点的图象块引入变形参数,将辐射畸变看成是线性的,几何畸变看成是仿射变形,即:

$$G_1(x, y) + n_1(x, y) = G_0 + S \cdot G_2(a_0 + a_1x + a_2y, b_0 + b_1x + b_2y) + n_2(x, y) \quad (2)$$

其中 G_1 为搜索区中的图象块, G_2 为模板, G_0 为辐射度偏移, S 为线性系数, n_1 、 n_2 为图象噪声。将上式进行线性化,可得误差方程式为:

$$V = c_0dG_0 + c_1dS + c_2da_0 + c_3da_1 + c_4da_2 + c_5db_0 + c_6db_1 + c_7db_2 - (G_1 - G_2) \quad (3)$$

逐象素建立误差方程式,用差分代替偏导数,以矩阵形式建立法方程式如下:

$$C^T C X = C^T \Delta G \quad (4)$$

解此法方程式可求出变形参数。

最小二乘匹配是一个迭代求精过程,一般步骤为:采用最小二乘匹配求解变形参数;几何畸变校正;辐射畸变校正;计算校正后图象的相关系数,判断是否需要继续迭代,这可通过对相关系数或几何变形参数的比较来实现。

2.2.3 控制点的提取

控制点的提取也是自动配准的一个重要步骤,经过在实验中的不断比较分析,本文使用了一种网格化的方法,包括均匀网格化和非均匀网格化。

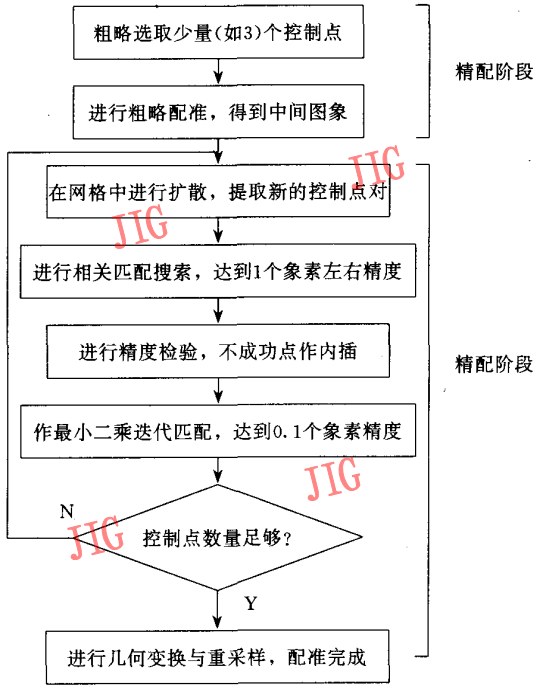


图1 遥感图象自动配准算法流程图

Fig. 1 The Diagram of the remote sensing multi-image automatic registration algorithm

2.2 精配阶段

在精配阶段得到的中间图象与参考图象已经有了大致相同的比例。接下来的步骤就是要自动在两幅图象上检测对应的控制点,这可以采用匹配相关的方法来搜索,寻找最大相关值的点作为正确的控制点。

2.2.1 相关匹配

对于实际处理的遥感图象来说,信噪比(SNR)一般较低,所以采用以下相关系数进行计算:

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_{xx}\sigma_{yy}}$$

$$\frac{\sum_{i=0}^{N_1} \sum_{j=0}^{N_2} (x_{ij} - \bar{x})(y_{ij} - \bar{y})}{\left[\sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} (x_{ij} - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[\sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} (y_{ij} - \bar{y})^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

式中 N_1 、 N_2 为模板大小, x 、 y 为模板和搜索区象素

网格化的具体作法是将参考图象自动分为如 64×64 大小的网格,在提取控制点时保证每一网格都有控制点落入,这样既可达到足够数量又可强制使控制点分布均匀,这就是均匀网格化的思想。在有些情况下,用户可能对某一块图象的配准精度要求很高,其余部分则相对较低,这时可使用非均匀网格,在精度要求高的地方网格较密,控制点多,其余地方网格较疏,控制点少,从而保证配准精度要求。均匀网格和非均匀网格见图 2(a)和(b)所示。

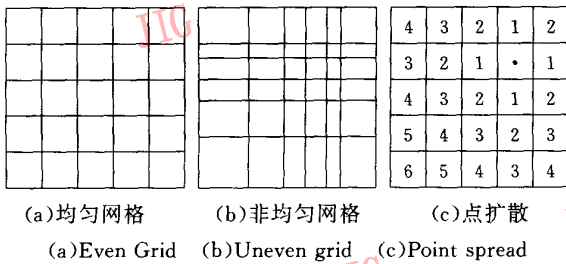


图 2

Fig. 2

可以想到,对从粗配阶段得到的中间图象来说,其在用户输入控制点近处的差异应比远处的小。所以可先将输入的控制点填入网格,然后开始扩散,看其上下左右,如无点则扩散之。如图 2(c)所示,网格中 '.' 为原有控制点位置,数字代表扩散次序,不断扩散直至所有网格都有控制点为止。由于距原有控制点远处两图差异较大,所以在扩散过程中应逐渐增大搜索区尺寸和放松检验条件。

提取控制点时,还需对提取出的控制点进行检

验,去除由于错误相关峰导致的错误控制点。一个首先的条件是相关系数不可低于某个阈值,其次要通过分析峰值点周围的小邻域,看其峰值的下降率是否符合一定的标准,如符合则接受,否则舍去。

3 实验结果

采用以上算法,我们在一台 Pentium-120 微机进行了实验,工作环境为 Windows NT3.51,编程语言为 Visual C++4.0。所用的实验数据是对美国旧金山地区获取的不同波段,不同分色的航片像对(图 3)。

实验中将图 3 (a)作为配准图象,图 3 (b)作为参考图象。首先进行两幅图象的粗配,在两图上进行粗略选点,所选控制点数据为 4 点,对其进行相关求精后得到参考图象在配准图象上对应的正确点与精确选点结果一样。采用均匀网格化方法,按 45×45 网格大小对(b)图进行切分,扩散得到控制点对 529 个。同时进行匹配相关匹配搜索对应点,取图象上 10 个象素点作为观察点,结果列于表 1。由表 1 可见,匹配相关搜索之后,配准精度控制在了一个象素左右的范围内,这就为最小二乘高精度匹配提供了很好的初值条件。

接着进行最小二乘迭代匹配,对上述 10 个观察点进行考察,其迭代次数,配准效果及误差请见表 1。可以看到,最小二乘匹配将控制点对应精度提高到了大约 0.1 个象素左右的精度,完全达到了两幅图象的高精度配准要求,而且在信息贫乏区也有较

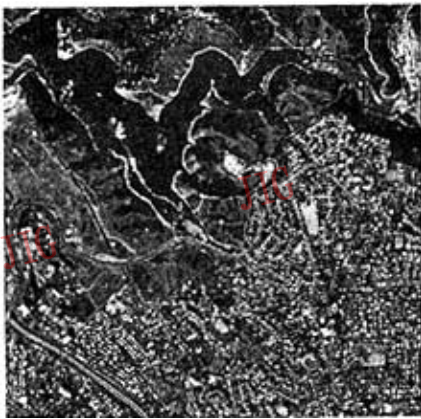
表 1 相关匹配和最小二乘匹配精度统计表

Table 1 The precision statistic of correlation match and LSM

序号	参考图象坐标	配准图象坐标(正确值)	相关匹配精度		最小二乘匹配精度		
			坐标值	$\Delta x, \Delta y$	迭代次数	坐标值	$\Delta x, \Delta y$
1	453,356	469,341	468,341	-1,0	3	468.88,341.01	-0.12,0.01
2	248,763	266,745	266,744	0,-1	4	266.03,744.92	0.03,-0.08
3	752,774	771,757	771,757	0,0	2	770.89,756.97	-0.11,-0.03
4	631,218	645,202	644,203	-1,1	6	644.83,202.10	-0.17,0.10
5	564,608	581,591	581,591	0,0	1	581.00,590.99	0.00,-0.01
6	300,163	315,141	315,142	0,1	3	314.91,141.02	-0.09,0.02
7	927,201	941,183	941,183	0,0	1	941.05,182.99	0.05,-0.01
8	91,384	104,351	105,351	1,0	4	104.01,350.88	0.01,-0.12
9	775,498	792,477	792,477	0,0	1	792.01,477.05	0.01,0.05
10	898,706	912,688	911,688	-1,0	5	911.84,687.91	-0.16,-0.09

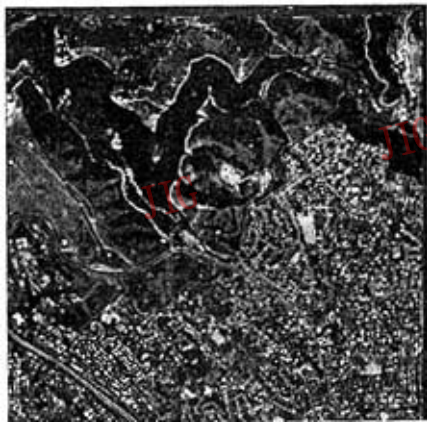
高的精度。最后利用得到的高精度控制点对进行图象的几何变换,(a)图就被向(b)图配准了,结果示于图3(c)。

值得一提的是,在实现时应该对程序进行优化,特别是对几何变换,相关搜索及最小二乘匹配等耗时较多的地方,更需作一些调整和简化,这将大为提高处理速度,达到实用化标准。本文所用算法在这方面作了一定工作,并已成为我们开发的图象配准镶嵌系统的主要功能模块之一。



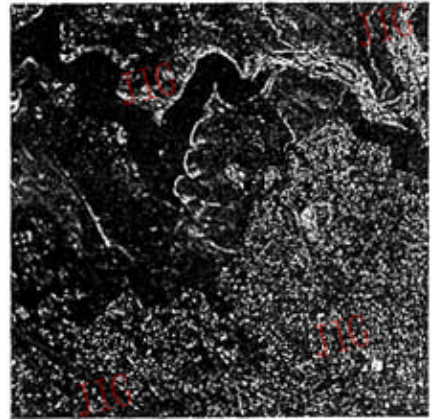
(a) 实验使用的配准图象

(a) The registration image used in experiment



(b) 实验使用的参考图象

(b) The reference image used in experiment



(c) 用本文算法得到的配准结果图象

(c) The result image gotten with the algorithm in this paper

图3

Fig. 3

4 结束语

本文描述了一种遥感多图象的自动配准方法,使用这种方法,只需很短的时间就可实现图象的精确配准,从而不必花去几个小时的控制点选取时间,更避免了人工选点所造成的人为误差。和其它自动配准方法相比,本方法有以下优点:算法简单高效;提供的控制点数量足够且分布均匀;使用了检测功能,去除误差较大的控制点,减小了误差;采用了最小二乘匹配算法,达到高精度配准。

参考文献

- 1 Ram Srinivasan. Semi-Automated Registration of Multi-Sensor Data. Electronic Imaging. Oct. 29-Nov. 1, '90, Boston, MA.
- 2 Chen Liang-Chien, Lee Liang-Hwei, Progressive Generation of Control Frameworks for Image Registration, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1992, 58(9).
- 3 Kurt Novak. Rectification of Digital Imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1992, 58(3).
- 4 Eric J M Rignot, Ronald Kowk, et al, Automated Multisensor Registration: Requirements and Techniques, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1991, 57(8).



王小睿,1995年毕业于东南大学计算机科学与工程系,获计算机应用学士学位,现为
中国地质大学信息工程学院硕士研究生,主要研究方向为:遥感图象的自动处理与分析、
遥感数据的模式识别。已发表论文4篇。

The Automatic Registration Method of Remote Sensing Multi-Image

Wang Xiaorui, Wu Xincai

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract Automatic registration is an important technique of remote sensing multi-image processing. To overcome the drawbacks of existing approaches in application, this paper presents a method which is simple and effective, this method can achieve an accuracy up to 0.1 pixels.

Keywords Automatic registration, Multi-image, Least Squares Matching (LSM)

(上接 724 页)

Video Coding Algorithm Based on Wavelet Transform

Jiang Wen, Le Zhong Xin

(Information Engineering Institute, ZhengZhou 450002)

Abstracts Aimed at the particular image data structure of wavelet transform, video coding algorithm is further studied and several improved strategies are presented in this paper. Experiments show that the proposed coding methods are advantageous to raise compression ratio and improve visual effect.

Keywords Wavelet transform, Video coding, Multiresolution motion estimation, Adaptive scalar quantization, Adaptive vector quantization