

TM 多光谱与 SPOT 全色遥感图像融合算法对比^①

邓 超¹, 李慧娜¹, 韩 杰²

¹(河南理工大学 计算机科学与技术学院, 焦作 454000)

²(河南理工大学 测绘与国土信息工程学院, 焦作 454000)

摘 要: 融合技术是遥感数据处理中一种重要的方法。而 TM 多光谱与 SPOT 全色图像是遥感融合最为普遍的选择。为了对比分析不同方法在融合 TM 多光谱与 SPOT 全色图像上的效果, 提出基于色彩空间的 HSV 变换、基于算数技术的 Brovey 变换和 Gram—Schmidt 波谱锐化 3 种融合方法相结合, 实现了对同一传感器的全色和多光谱数据融合。试验表明: 就空间信息量而言, 经过 HSV 变换的图像具有最大的空间信息, 但其光谱保真能力最差; Brovey 变换最大限度保持了原始图像的光谱信息, 而空间信息的详细程度较差; Gram-Schmidt 波谱锐化后的影像不仅保持了多光谱影像的光谱信息, 同时又保持了高光谱全色影像的空间细节信息, 是一种较好的图像融合方法。

关键词: 遥感融合; 信息熵; 均值; 标准差; 质量评价

Comparison of Multi-Spectral and Panchromatic Remote Sensing Image Fusion Algorithm of TM&SPOT

DENG Chao¹, LI Hui-Na¹, HAN Jie²

¹(School of Computer Science & Technology, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

²(School of Surveying & Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: The fusion technology is remote sensing data processing an important method. The TM multi-spectral and panchromatic SPOT images are the most popular choice of remote sensing. Comparative analysis of different methods for integration of TM multi-spectral and panchromatic SPOT image with the effect of the proposed change based on HSV color space, technology Brovey arithmetic transform and Gram-Schmidt spectral sharpening three fusion combined to achieve the same panchromatic and multi-spectral sensor data fusion. The assessment of experimental results indicates that: the amount of information in terms of space, after HSV transform the image with the largest spatial information, but its spectral fidelity have the least capacity; Brovey transform the original image to maintain the maximum spectral information, while the lower level of detail of spatial information; Gram-Schmidt spectral sharpening the image after the multi-spectral image not only maintain the spectral information, while maintaining a high spectral panchromatic image spatial detail information, is a better image fusion method.

Key words: remote sensing fusion; entropy; average grads; standard deviation; evaluation

航天遥感技术经过 50 多年的发展和应用, 一个多层次、立体型、多角度、全方位和全天候的地球信息获取技术系统已经形成^[1], 并由此带来了地球观测数据量的迅猛增长。面对如此数据巨大、覆盖范围广阔的遥感数据, 现有的对地信息处理技术则相对滞后。海

量数据的存储、管理、处理、传输、应用等实实在在的问题已经成为制约地球信息技术发展的瓶颈。而遥感图像数据融合技术的出现则为解决这些问题提供了一条崭新的思路。它充分利用互补性和现代计算机的高速处理能力, 将来自多传感器的信息和数据进行综

① 基金项目: 中国博士后科学基金会和开放项目方案模式识别国家重点实验室(20090018), 博士基金(648315)

收稿时间: 2011-06-11; 收到修改稿时间: 2011-07-23

合处理,从中抽取更为准确可靠的结论。

遥感图像融合是对多传感器的图像数据和其他信息的处理过程,着重于把那些在空间或时间上冗余的多元数据按一定的规则进行运算处理,获得比任何单一数据更精确、更丰富的信息,生成一幅具有新的空间、波谱、时间特征的合成图像^[2]。TM 与 SPOT 图像融合是较为普遍的一种融合选择,其中 TM 图像具有多光谱的特性,SPOT 图像具有高分辨率的特性。在遥感领域中,多光谱成像传感器充分利用地物在不同光谱区的反射特征可获得多个光谱波段的遥感图像,但其成像分辨率较低,清晰度差。而全色成像传感器可获得高空间分辨率的全色波段遥感图像,但其光谱分辨率较低。如何综合利用多光谱遥感图像与全色波段遥感图像各自的信息优势,获得具有高空间分辨率的多光谱图像是当前遥感影像数据处理领域中的研究热点。融合的目的是希望能够获取既包含高分辨率信息,又包含光谱信息的图像,但不同融合算法会得到不同的融合效果,本文以 TM 与 SPOT 融合为例,将介绍 HSV 变换、Brovey 变换和 Gram-Schmidt 波谱锐化 3 种融合算法,结合融合效果的信息熵、均值、标准差三种评价指标进行评价。

1 数据介绍及融合算法

1.1 数据介绍

TM 的全称是 Thematic Mapper,即专题绘图仪。它是 1972 年美国发射的地球观测卫星 Landsta4、5 号上搭载的一种多光谱扫描仪。TM 遥感图像因其丰富的多光谱信息而被广泛使用。TM 的波谱范围大,工作波段多。TM 有 7 个波段,每个波段范围较窄,因而谱分辨率较高。TM 空间分辨率为 30m。

SPOT 卫星是法国发射的一颗资源卫星携带的一种多光谱扫描仪。SPOT 图像分全色图像和多光谱图像两种,全色图像的地面分辨率是 10 米,多光谱图像的地面分辨率是 20 米。本文中采用的是全色图像。

1.2 算法

数据融合按照融合所在的阶段不同,可分为像素级、特征级和决策级^[3,4]。本文选用基于像素级的 HSV、Brovey 和 Gram-Schmidt 融合方法。

1.2.1 HSV 变换

在遥感影像融合中,常常需要把 RGB 空间转换为 HSV 空间,在 HSV 空间中融合不同分辨率的数据^[5]。

HSV 变换先将多光谱影像由 RGB 变换到 HSV 色彩空间,分离出色度(H),饱和度(S),颜色亮度值(V)3个分量;然后将高分辨率全色图像和分离出来的颜色亮度值(V)分量进行直方图匹配得到(V')分量,最后,再将开始分离的色度(H)和饱和度(S)分量与替代颜色亮度值(V')分量的高分辨率图像进行反变换到 RGB 空间;得到新的 RGB 融合图像。

1.2.2 比值变化法(Brovey)

Brovey 变换即色彩标准化变换,属于一种常用于图像增强的比值变换融合方法。此方法实施起来比较简单,而且计算速度比较快,它不但保留了多光谱的光谱信息,而且将光谱信息融合到高分辨率影像当中^[6,7]。

Brovey 变换如下式:

$$R_{new} = PAN \times R / (R + G + B)$$

$$G_{new} = PAN \times R / (R + G + B)$$

$$B_{new} = PAN \times R / (R + G + B)$$

式中, R_{new} , G_{new} , B_{new} 为融合后 R、G、B 的值, PAN 为全色波段, R、G、B 为多光谱彩色图像的三个波段波长值。融合过程如下图 1 所示:

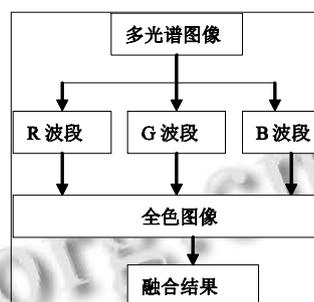


图 1 Brovey 变换融合过程

1.2.3 Gram-Schmidt 变换法

Gram-Schmidt 变换是线性代数和多元统计中常用的方法,它是对矩阵或多维影像进行正交变换,消除相关的多光谱波段之间的相关性^[8]。Gram-Schmidt 变换融合的步骤如下:

① 用多光谱影像模拟全色光高分辨率影像,使模拟的高分辨率遥感影像信息特征与高分辨率全色波段影像信息量特征较为接近。

② 利用模拟的高分辨率波段影像作为 Gram-Schmidt 变换的第一个分量来对模拟的高分辨率全色光影像和低分辨率波段进行 Gram-Schmidt 变换。

③ 通过调整高分辨率全色光遥感影像的统计值

匹配 Gram-Schmidt 变换之后的第一个分量,在此基础上产生修改的高分辨率波段影像。

④ 将经过修改的高分辨率全色光遥感影像代替 Gram-Schmidt 变换后的第一个分量,产生一个新的分量集合。

⑤ 对新的分量集合进行逆 Gram-Schmidt 变换,这样就产生高分辨率多光谱遥感影像。

2 融合算法评价

2.1 主观定性评价

主观评价法就是依靠人眼对融合图像的质量进行主观评估的方法,其只能在统计意义下进行,所以为了保证图像的主观评价在统计上有意义,参加评价的观察者应足够多。

2.2 客观定量评价指标

图像融合效果的客观评价方法它主要是针对融合图像提出的一系列的质量指标,及对融合算法提出的量化评价公式,由人们根据量化评价公式去计算融合图像的质量指标,再根据质量指标的结果对融合方法进行评价。下面分别介绍定量分析的指标:

① 信息熵(Entropy)

根据 1984 年提出的 Shannon 信息论的原理,可用熵值反映信息量的多少。图像熵的定义为:

$$H = - \sum_{i=0}^{L-1} P_i \log P_i \quad (1)$$

式中, L 是图像的总灰度级数, P_i 是灰度值为 i 的像素出现的概率。熵是衡量图像信息丰富程度的一个重要指标,融合图像的熵值越大,表明融合图像携带的信息量越多,融合质量越好;融合图像的熵值越小,则表明融合图像携带的信息量越少。

② 均值(Average grads)

均值是灰度值的平均,对人眼反映为平均亮度,如均值适中(灰度值在 128 左右),视觉效果良好,公式是:

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N F(i, j) \quad (2)$$

③ 标准差(Standard Deviation)

标准差反映图像灰度相对于灰度平均值的离散情况。如图像的标准差大,则图像的灰度级分散,图像反差较大,所含的信息更丰富。反之,图像的标准差小,图像的反差也小,对比度不大,色调不均匀,所

含信息相对较小。公式为:

$$std = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (F(i, j) - \mu)^2}{MN}} \quad (3)$$

3 实验与结果分析

3.1 图像融合实验结果

对于 TM 多光谱和 SPOT 全色图像的融合,由于传感器的精确定位,图像配准可以自动进行,在多光谱数据的选择上,选用 TM 图像的 5、4、3 波段,采用文中介绍的 3 种融合算法对 5、4、3 多光谱影像和全色影像进行了融合试验结果如下图所示:



图 2 原 TM 图像



图 3 原 SPOT 图像



图 4 HSV 算法

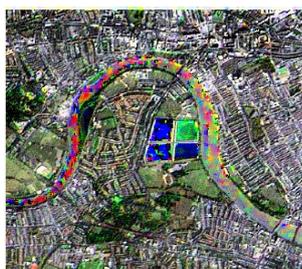


图 5 Brovey 算法



图 6 Gram-Schmidt 算法

从视觉效果上可以看出，上述 3 种融合方法都在不同程度上既提高了影像的空间分辨率又保持了多光谱信息的光谱特征，经过图像融合之后的所有图像纹理信息得到了增强，其地物更容易识别。首先，从色调上来讲，仅 Brovey 变换后的影像与原始影像的色调最为接近，而 HSV 的偏离度明显偏大；Brovey 方法具有计算方法简单，可以消除光照条件变化等优点，但是对于光谱范围不一致的多波段容易产生光谱失真；Gram-Schmidt 变换融合的图像不但很好的保留了多光谱图像的绝大部分光谱信息，而且图像色彩接近自然色，地物的对比效果较好，清晰度较高，总体视觉效果良好。

3.2 融合算法比较

表 1 性能统计参数

	信息熵	均值	标准差
HSV ₅₄₃	5.17367	118.36507	25.71586
	5.09836	121.46796	24.09561
	4.23962	119.83575	24.93439
Brovey ₅₄₃	3.05201	107.81958	6.52183
	2.69476	115.15455	6.35889
	3.10784	112.34839	6.45794
Gram-Schmidt	5.64375	115.55369	27.88144
	5.87185	114.27086	25.26156
	5.68661	111.24216	24.23809

由表 1 知：3 种算法融合后的图像的信息量都高于原图像，达到了这次融合的目的和要求。就反映融合后的信息量的丰富程度的标准差和信息熵而言，从

大到小的顺序是：HSV、Gram-Schmidt、Brovey。其中 Gram-Schmidt 要明显高于其他方法，说明这种融合方式所成的图像携带了大量信息，融合效果较好；Brovey 则明显低于其他算法，即空间信息的详细程度较低；而 HSV 变换介于二者之间。

4 结论

图像融合是一种图像增强技术的有效方法。通过以上 3 种算法的融合试验可以看出：对 3 种融合方法融合效果的探讨就融合后的信息量的丰富程度而言，HSV 最好。如果对融合后图形的信息量要求较高时，那么 HSV 是最佳选择，但其光谱保真能力最差；Brovey 算法尽管改善了图像的空间纹理细节，但也产生了光谱退化和失真，就空间信息量而言，经过 Brovey 变换的图像，其空间信息最低；如果对融合图像光谱保真能力要求较高时，则 Gram-Schmidt 融合效果最佳，Gram-Schmidt 波谱锐化的融合方法产生的光谱扭曲和失真最小，同时很大程度的保持了高分辨率的全色波段的空间纹理细节信息，是一种适合于 TM 多光谱和 SPOT 全色图像融合和应用的较佳方法。

参考文献

- 郭华东.感知天地.信息获取与处理技术,2000,27(14):45-48.
- 赵英时.遥感应用分析原理与方法,2003,27(14):45-48.
- 梅安新.遥感导论,2001,27(14):1-2.
- 柴勇,何勇,曲长文.遥感图像融合最新进展及展望.舰船电子工程,2009,29(8):1-5.
- 王伟智,刘秉瀚,施作霖.基于 HSV 空间的肿瘤免疫组化阳性目标自动提取分析.中国体视学与图像分析,2006,11(1):13-17.
- 陈宝印.多光谱遥感图像与高分辨率全色图像融合研究.电脑开发与应用,2008,21(4):40-42.
- 许榕峰,徐涵秋.TM 全色波段及其多光谱波段图像的融合应用.地球信息科学,2004,6(1):99-104.
- 游先详.遥感原理及在资源环境中的应用,2003,267-269.