

小波和 IHS 变换结合实现 ETM 图像波段融合

胡子付, 曾志远, 张振龙, 王文姬

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

摘要:采用小波变换和 IHS 结合的方法实现了 ETM 多光谱波段和 ETM 全色波段的融合, 并与传统的 IHS 融合的结果进行比较, 结果表明小波和 IHS 变换相结合的方法优于 IHS 方法。

关键词:遥感数据融合; ETM 影像; 小波变换; IHS 变换

中图分类号: P208

1 前言

各种不同传感器、分辨率的遥感影像综合应用, 是克服单一传感器获取的遥感影像在空间、光谱分辨率方面存在的差异性和局限性的有效技术途径。数据融合是实现上述目的的方法之一, 例如将高分辨率影像和低分辨率多光谱影像进行复合生成新的图像, 使生成的图像不仅空间分辨率得到提高而且又保留多光谱特征。

实现不同传感器、分辨率的遥感影像融合方法很多, 如 IHS 方法、主成分变换、小波变换、高通滤波^[1-9]等, 每一种方法都有各自的优缺点和适用范围。本文基于小波变换和 IHS 相结合的方法实现了 ETM 多光谱波段影像和 ETM 全色波段影像的数据融合, 并与传统 IHS 变换方法的融合结果进行了比较, 结果表明, 小波与 IHS 结合法优于 IHS 方法。

2 IHS 和小波变换相结合实现影像的融合分析

(1) IHS 变换是实现遥感影像融合最常用的方法之一。它是先将多光谱影像 3 个波段的灰度图像分别以 R, G, B 值进行彩色合成生成一幅彩色图像, 然后再将该图像由 RGB 彩色空间变换到 IHS 彩色空间, 其中 I(intensity) 为亮度, 代表了图像的空间信息即空间分辨率大小, H(hue) 色调和 S(sat-

uration) 饱和度代表了图像的光谱特征, 由于 IHS 彩色系统中 I, H, S 三个分量的相关性很小, 因此可以对这三分量中的 I 分量进行单独处理, 用高分辨率全色影像代替 I 分量, 进行 IHS 到 RGB 反变换, 就完成了融合过程。该变换方法可提高图像的空间分辨率, 但容易造成影像光谱信息的丢失^[1,20]。

(2) 小波变换是一种重要的图像增强方法。它的特点之一就是可以实现图像在空间域和频率域的多层分解, 图像经过小波分解后其频率特征得到分离, 高频部分代表了图像的局部细节, 而低频代表了图像的整体效果; 小波变换的另一个特点就是可以实现小波的反变换。利用小波变换融合的图像的光谱特征扭曲较小^[3,4,6,7]。

(3) 为了克服 IHS 方法融合后的图像的灰度值与原图像相比有较大的差异, 光谱特征被扭曲的缺点, 本文采用 IHS 和小波变换相结合的方法实现 ETM 多光谱波段和 ETM 全色波段的融合, 取得了较好的效果。故此, 我们采用此方法作为 ETM 图像的融合。

3 IHS 和小波变换相结合融合的技术流程

本研究采用的影像是南京地区的 2001 年 11 月 6 号的 ETM 影像。研究区是南京城东南方秦淮河南岸的大校场机场。具体处理过程如下:

收稿日期: 2004-07-24; 修回日期: 2005-03-29.

资助项目: 国家自然科学基金项目(40371053); SPOT 图像信息提取与土地利用/土地覆盖识别与监测研究。

作者简介: 胡子付(1981-), 男, 山东枣庄人, 硕士, 就读于南京师范大学地科院地图与遥感研究所, 主要从事遥感和地理信息系统的研究工作。

(1)影像的预处理,包括辐射校正和几何精纠正,为了确保融合的效果,几何精纠正(采用三次卷积法)的精度控制在1个像元之内。

(2)选取合适的多光谱波段进行彩色合成。为了保持 ETM 多光谱波段的光谱响应范围和敏感度与 ETM 全色波段接近及 ETM 多光谱波段间的相关性,对 ETM 影像的各波段的波谱响应范围及多光谱波段间的相关性进行分析。由表 1 和表 2 可以

表 1 ETM 各波段编号与波段划分
Tab.1 The information of ETM sensor

| 波段编号 | ETM-1 | ETM-2 | ETM-3 | ETM-4 | ETM-5 | ETM-6 | ETM-7 | ETM-SPAN |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 波段(μm) | 0.45~0.52 | 0.52~0.60 | 0.63~0.69 | 0.76~0.90 | 1.55~1.75 | 10.4~12.5 | 2.09~2.35 | 0.52~0.90 |

表 2 ETM 影像各波段间的相关系数
Tab.2 The correlation matrix between all bands of ETM image

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 1 | 1 | | | | | | |
| 2 | 0.9081 | 1 | | | | | |
| 3 | 0.8521 | 0.9471 | 1 | | | | |
| 4 | 0.0829 | 0.1263 | 0.0249 | 1 | | | |
| 5 | 0.3421 | 0.2902 | 0.2614 | 0.7275 | 1 | | |
| 7 | 0.5765 | 0.4891 | 0.4790 | 0.4807 | 0.9063 | 1 | |
| 8 | 0.4063 | 0.4792 | 0.4210 | 0.6252 | 0.5680 | 0.5042 | 1 |

(3) 将重采样得到的图像进行彩色合成(按 1,2,3 波段对应 R、G、B 的组合),将合成得到假彩色合成图像由 RGB 彩色空间变换到 IHS 彩色空间。由 RGB 到 IHS 变换的算法很多,有球体变换、圆柱体变换、三角变换、六面体变换等^[1-3,5],本文采用的是圆柱体变换,其变换的公式为^[1,3]:

$$I = \frac{R+B+G}{\sqrt{3}}$$

$$H = \text{tg}^{-1} \left(\frac{R-B+R-G}{\sqrt{3}(G-B)} \right) \quad (1)$$

$$S = \frac{\sqrt{6}}{3} \sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(R-G)}$$

(4)由于变换得到的 I 分量代表了图像的空间信息,我们把 I 分量 and 高分辨率全色波段分别进行小波变换,然后用高分辨率影像高频部分代替 I 分量的高频部分,然后进行小波反变换,以生成新的 I 分量,记为 I'。

(5)将得到的 I'分量与原先的 H、S 分量组合进行

很明显地看出,ETM-1,2,3 波段和 ETM-2,3,4 波段的组合与 ETM 全色波段(0.51~0.73μm)的波谱响应范围最为接近,但 1,2,3 波段间的相关性比 2,3,4 波段间的相关性更大,因此我们选取 1,2,3 波段组合进行彩色合成,在合成之前我们首先对 ETM 影像的 1,2,3 波段按全色波段相同的像元大小(14.25m)进行重采样。

IHS 反变换(公式(2))^[1,3],得到融合影像。整个融合过程流程图见图 1。

$$R = \frac{\sqrt{2} I + S \cos H + \sqrt{3} S \sin H}{\sqrt{6}}$$

$$G = \frac{\sqrt{2} I + S \cos H - \sqrt{3} S \sin H}{\sqrt{6}} \quad (2)$$

$$B = \frac{\sqrt{2} I - 2S \cos H}{\sqrt{6}}$$

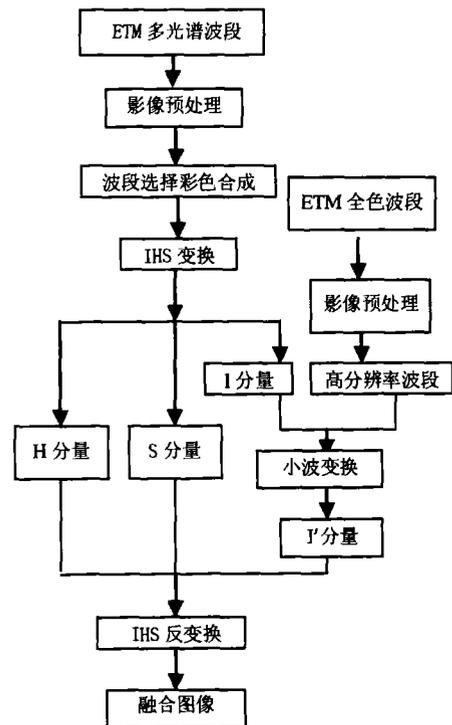


图 1 小波与 IHS 变换相结合的影像融合流程图
Fig.1 Flow chart of the fusion of the combination of wavelet and IHS transformation

4 影像融合结果分析与评价

对于图像融合效果,一般由目视比较和定量分析相结合进行分析。结果见图像 2~4。

(1)融合后的图像 3、图像 4 的分辨率得到很大的提高,原先多光谱影像中很难分辨的地物变得清晰,原来很模糊的河流、道路、桥梁、建筑物的纹理得以显现,机场跑道的轮廓更加鲜明,融合后图像的信息量增加。图像 4 的光谱特征比图像 3 的光谱特征更为明显,更接近原图像。

(2)本文采用标准差、熵、偏差指数 3 个指标对融合后的影像进行定量分析。

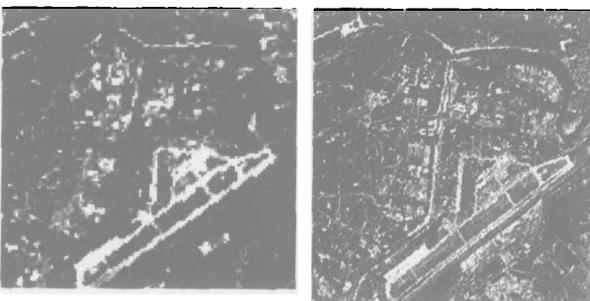
①标准差反映了图像中每个像元的灰度值与灰度平均值的离散程度,标准差越大说明图像中灰度值分布越分散,影像的灰度直方图越趋于水平,图像所含的信息量越丰富。在数理统计中,标准差可用下公式计算:

$$k = \sqrt{\frac{1}{MN-1} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M (h(i, j) - \bar{h})^2} \quad (3)$$

式中 k 为标准差, M, N 为图像的行列数, $h(i, j)$ 为第 i 行、第 j 列像元的灰度值, \bar{h} 为图像灰度值的平均值。

②熵用来衡量融合影像信息量丰富程度的指标,在影像的表示上为偏离影像直方图高峰灰度区的大小,融合影像的熵值越大其信息量也就越大^[7]。熵的定义为:

$$T = - \sum_{i=0}^{L-1} p_i \ln p_i \quad (4)$$



图像 2 多光谱影像 图像 3 IHS 变换图像
Fig.2 Multispectral image Fig.3 Image by IHS transformation

对于灰度范围在 $\{0, 1, 2, \dots, L-1\}$ 的图像, p_i 为灰度值为 i 的像元数与图像总像元之比, L 为灰度级总数。



图像 4 小波和 IHS 结合变换图像
Fig.4 Image by combination of wavelet transformation and IHS transformation

③偏差指数是指融合后的影像与多光谱影像灰度值差值的绝对值与多光谱影像的灰度值之比,比值越小说明融合影像与原多光谱影像的偏离程度越小,光谱特征就得到了最大限度的保留^[7]。偏差指数可用公式(5)进行计算:

$$B = \frac{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N |h(i, j) - q(i, j)|}{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N q(i, j)} \quad (5)$$

公式(5)中 M, N 为影像的行列数, $h(i, j)$ 表示融合后影像在 (i, j) 处的灰度值, $q(i, j)$ 代表融合前影像在 (i, j) 处的灰度值。

表 3 为融合前后影像的标准差、熵、偏差指数、扭曲程度的对比

Tab.3 The contrast of the result of fusion

| | 波段号 | 标准差 | 熵 | 偏离指数 |
|-----------|-----|-----------|-----------|----------|
| ETM 影像 | 2 | 9.525788 | 3.5529528 | |
| | 3 | 14.751630 | 3.9906819 | |
| | 4 | 17.598968 | 4.2483461 | |
| ETM 全色影像 | 4 | 9.404987 | 3.6195637 | |
| IHS 变换 | 1 | 50.123742 | 3.7196809 | 0.801911 |
| | 2 | 45.324147 | 4.2572364 | 0.824253 |
| | 3 | 46.452174 | 4.6790024 | 0.814754 |
| IHS 和小波变换 | 1 | 55.005838 | 3.9094064 | 0.732152 |
| | 2 | 46.205564 | 5.1536223 | 0.621532 |
| | 3 | 49.592591 | 5.2000466 | 0.694587 |

由表 3 可以明显地看出 IHS 和小波变换相结合

合融合的结果无论在标准差还是在熵值方面均优于 IHS 变换法,说明该方法融合的图像信息量较多,且偏差指数较小,融合后影像的光谱特征较 IHS 方法有较多的改善。

5 结论

由上综合分析可看出,利用 IHS 和小波变换相结合的方法实现 ETM 多光谱波段和 ETM 全色波段的融合与 IHS 方法相比,融合的图像信息量更加丰富,且光谱特征保留较好,这对图像解译、提高分类精度,专题图制作及充分有效地利用不同尺度、不同时相、不同类型的海量遥感数据具有重要的意义。

参考文献

[1] Haydn R et al. Application of the IHS Color

Transformation to the Processing of Multisensor Data and Image Enhancement. PMC, ISRSAS & SL, Cairo Egypt, 1982, 580~630.

- [2] 贾永红. 四种 IHS 变换用于 SAR 和 TM 影像复合的比较. 遥感学报, 1998, 2(2).
- [3] Zhou J, Civco D L, Silander J A. A wavelet transform method to merge Landsat TM and SPOT panchromatic data. *Int. J. Remote Sensing*, 1998, 19(4):743~757.
- [4] Wang Zhijun, Li Denren. Image fusion with wavelet analysis. *Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping*: 2000, 25(2):137~141.
- [5] 霍洪涛, 游先祥. 小波变换在遥感影像融合中的应用研究. *中国图象图形学报*, 2003, (5).
- [6] 李旭文. 主成份变换和彩色变换在 TM 信息提取中的应用——以苏州市为例. *环境遥感*, 1992, 17(4).
- [7] 李弼成, 魏俊. 基于 IHS 和小波变换的遥感影像融合. *数据采集与处理*, 2003, 18(3).

Fusion of Multispectral Bands and Panchromatic Band of ETM Images Based on the Combination of Wavelet Transformation and IHS Transformation

HU Zifu, ZENG Zhiyuan, ZHANG Zhenlong, WANG Wenji

(Institute of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: The fusion of images of remote sensing not only improves the resolution of image, but also preserves the multispectral features. A method, which is the combination of wavelet transformation and IHS transformation, is described in this paper. The fusion of multispectral bands and panchromatic band of ETM images is achieved by using this method. The result of the fusion indicates that the method of combination of wavelet transformation and IHS transformation is more advanced than the method of IHS transformation in the fusion of multispectral bands and panchromatic band of ETM images.

Key words: fusion of data of remote sensing; image of ETM; wavelet transformation; IHS transformation