

基于 MATLAB 的 IHS 变换与小波变换 影像融合与应用

刘丽娟, 范文义

(东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 为了提高 Landsat 系列卫星多光谱影像的目视解译效果, 提出了一种基于 HS 变换和小波变换相结合的影像融合方法。在 Matlab 开发环境下, 将多光谱影像的亮度分量 I 与全色影像先进行直方图匹配, 以加大两者的相关性, 减小融合影像的光谱偏差, 然后分别进行小波分解, 最后按照一定融合规则进行影像融合。融合规则中最重要的是小波基、小波分解层数和小波系数的选择。通过比较不同的小波基函数, 在不同分解层数下的统计参数值及目视融合效果, 最终确定选择 *coif5* 作为小波基函数, 进行三层小波分解。小波高频系数的选择采用区域的标准差法, 选取以当前处理像元为中心的局部区域标准差最大的影像小波系数作为融合影像对应的小波系数。从融合后影像看, 本文提出的方法要优于单一的 HS 或小波变换融合方法, 道路、河流、农田及林地等纹理及细节信息都较融合前明显提高, 同时, 较高的相关系数和较低的光谱扭曲度, 表明光谱信息也保留很好。实验表明, 将 ETM+ 多光谱影像和全色影像融合的方法是可行的, 融合后影像不仅空间分辨率明显提高, 而且又较好地保留了多光谱影像的光谱信息特征。

关键词: 遥感; 融合; HS 变换; 小波变换; 小波基; 小波系数

1 引言

随着遥感技术的发展, 出现了越来越多的传感器, 多时相、多分辨率、多波段的遥感影像数据, 为了更充分地利用和开发这些数据资源, 实现优势互补, 需要对遥感影像在一定规则下进行融合。影像融合不仅仅是数据间的简单复合, 更强调信息的优化, 以突出有用的专题信息, 提高影像的空间分辨率、改善影像目视效果、替代或修补影像数据的缺陷等。

HS 空间中三分量 I, H, S 具有相对独立性, 并能够准确定量地描述颜色特征。融合时, 将全色影像直接替代多光谱影像的亮度分量, 这样虽然能有效增强多光谱影像的空间分辨率, 但由于全色与多光谱影像的亮度分量在光谱信息上存在明显的差异, 往往会造成较大的地物光谱失真。

由于同一目标在不同遥感影像数据之间呈

非线性关系, 因此, 仅用线性关系来融合不同类型影像数据是不充分的, 需要引入非线性理论和模型^[1]。小波变换以其具有变焦性、信息保持性和小波基选择的灵活性等优点成为近些年国内外研究的热点。小波变换将原始影像分解成一系列具有不同方向、多个分辨率和多个频带的子影像, 高频代表影像的局部细节, 低频代表影像整体效果, 充分反映原始影像的局部变化特征, 经过反变换后融合影像光谱特征扭曲较小。

MATLAB 是一个为科学和工程计算而专门设计的高级交互式软件包, 最初是作为矩阵实验室用来提供通往 LINPACK 和 EISPACK 矩阵软件包接口的。后来逐渐发展成为通用科技计算和图视交互系统的程序语言, 其数据的基本单元是矩阵, 语法结构简单, 数据类型单一, 功能强大, 可扩充性强。它集数值分析、矩阵运算、小波分析、信号处理和图形显示于一体, 构成了一个方便的、

收稿日期: 2007-06-21; 修回日期: 2008-05-23

基金项目: 国家高技术研究发展计划 863 计划 2006AA12Z104 黑龙江省攻关课题“嫩江荒漠化土地遥感定量评价研究”(GC04B713)。

作者简介: 刘丽娟(1978-), 女, 东北林业大学硕士研究生。主要研究方向: 遥感与地理信息系统。

E-mail: llj7885@163.com

界面友好的用户环境。

在对多光谱影像目视解译的定性研究中, 影像的低空间分辨率往往影响对地物的准确判读, 因此, 需要选择一种有效的融合方法将不同分辨率影像进行融合, 以提高目视解译的精度。

为了克服 HS 变换在遥感影像融合中光谱扭曲大的缺点, 充分挖掘小波变换的优势, 本文尝试将 HS 变换与小波变换相结合进行遥感影像融合, 并侧重对小波基、分解层数和小波系数等关键参数选取进行试验, 以期为后续深化研究提供参考。

2 小波变换与 HS 变换应用分析

2.1 小波变换的算法特点及应用意义

Mallat^[2]提出了小波的快速分解与重构算法, 利用两个一维滤波器对二维影像实现快速小波分解, 利用两个一维重构滤波器实现影像的重构。若低通(H)和高通(G)为两个一维镜像滤波算子, 其下标 r c 分别对应影像的行和列, 按照 Mallat 算法, 在尺度 j-1 有如下分解公式:

$$\begin{cases} C_j = HH_r C_{j-1} \\ D_j^1 = GH_r C_{j-1} \\ D_j^2 = H_c G_r C_{j-1} \\ D_j^3 = GH_r C_{j-1} \end{cases} \quad (1)$$

与之相对应的二维影像 Mallat 重构算法为:

$$C_{j-1} = H_r^* H_c^* C_j + H_r^* G_c^* D_j^1 + G_r^* H_c^* D_j^2 + G_r^* G_r^* D_j^3 \quad (2)$$

式中 H^* 、 G^* 分别为 H、G 的共轭转置矩阵。

小波变换是正交变换, 能够在时域和频域上同时具有很好的局部化特性。在分析低频信号时, 其时间窗很大; 而分析高频信号时, 其时间窗较小^[3]。小波变换的分频特性, 相当于高、低双频滤波器, 能够将一影像分解为低频信息(LL)和低频细节纹理信息(LH, HL, HH), 同时又不失原影像所包含的信息。

2.2 HS 变换算法特点与应用意义

HS 变换是指将 RGB 空间的影像分解成明度 I 色度 H 和饱和度 S。其中 I 主要反映地物辐射总的能量及其空间分布, 即表现为几何特征; 而 H、S 则主要反映地物的光谱信息。

HS 变换公式如下:

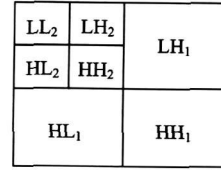


图 1 小波二层分解示意图

Fig. 1 Sketch map of wavelet decomposition of two layers

$$\begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} \frac{1}{\sqrt{6}} - \frac{2}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$H = \text{tg}^{-1} \left(\frac{V_1}{V_2} \right) \quad (4)$$

$$S = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \quad (5)$$

(3) ~ (5) 式中: V_1 、 V_2 为彩色变换中的中间变量。

其反变换公式如下

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{6}} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{6}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{2}{\sqrt{6}} 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

对于 RGB 空间来说, 影像的三个通道是非线性相关的, 使得对色调的定量操作较为困难; 而对于 HS 空间, I、H、S 三种成份间的相关性很低, 这样就方便对 I 分量进行单独处理, 用高分辨率全色影像替换 I 分量, 再进行 HS 到 RGB 反变换, 完成融合过程。

2.3 小波与 HS 变换结合的融合处理

传统的 HS 变换融合方法虽有效地增强了多光谱影像的空间分辨率, 但由于全色波段与多光谱影像的亮度分量在光谱信息上存在明显的差异, 从而在增强地物纹理细节信息的同时, 也带来了较大的光谱失真。基于小波变换融合方法有效增强了多光谱影像的空间细节表现能力, 保持影像融合前后的光谱特性, 但易受小波分解阶数的影响, 出现分块效应与地物纹理模糊^[4]。

为了充分发挥这两种经典算法的优势, 克服

各自在融合中的缺点,有效减小光谱失真,将两种算法相结合已成为了当今研究的热点^[5-8],而融合参数如何选择还没有明确的理论依据;因此本文尝试将两种算法相结合进行影像融合,并重点讨论决定融合效果的小波基、分解层数和小波系数等关键参数的选择问题。

3 MATLAB 开发环境下小波与 HS 变换的融合处理

本研究是在“国家高技术研究发展计划 863 计划”及黑龙江省攻关课题“嫩江荒漠化土地遥感定量评价研究”基金项目支持下进行的。首先选取嫩江典型荒漠化地区——杜尔伯特蒙古族自治县作为实验基地,购置植物生长季节的遥感影像,本次研究选用 Landsat ETM+ 系列多光谱及全色遥感影像作为影像数据源,获取 2001 年 8 月 11 日覆盖研究区的两景遥感影像数据(轨道号为 119/27 和 119/28),过境时间为当地时间 10:20 左右。

在对嫩江荒漠化土地遥感评价研究中,除了

选择植被覆盖度、生物量和裸沙占地百分比三个定量因子外,还选择了地表结皮、沙丘形态和土壤质地三个定性因子综合进行荒漠化状况评价。定性因子主要通过目视解译进行判读提取,而 ETM+ 多光谱影像空间分辨率为 30m,给定因子的提取增大了难度。因此,为了提高目视解译的精度,增强地物细节判读能力,本研究尝试在 MATLAB 开发环境下,将小波变换与 HS 变换相结合进行遥感影像融合处理,以期实现对定性因子的判读识别和准确提取。

3.1 参数选择

小波变换的基函数不是唯一的,不同长度的小波基和分解层数会影响到影像高、低频部分构成比例的不同,又在一定程度上影响着小波系数的分布,另外小波系数组合不同,重构影像的效果也有所不同。因而融合过程中参数的选择是关键。

小波基函数的选择:小波基函数的主要性质有:正则性、紧支集、对称性和消失矩阶数。常用小波基相关指标见表 1。

表 1 常用小波基相关指标
Tab 1 Attributes of different wavelet bases

属性	Haar	Daubechies	BiorSplines(bior)	Coiffets(coif)	Symlets(sym)
正交性	有	有	无	有	有
紧支集长度	1	2N-1	2N+1	6N-1	2N-1
滤波器长度	2	2N	2N+2	6N	2N
对称性	对称	近似对称	不对称	近似对称	近似对称
消失矩	1	N	N-1	2N	2N

为实现不同分辨率影像的融合,首先,要求所选的小波基有对称性且滤波器长度相对较短,以便处理配准误差;其次,小波基应有利于提取两幅影像的差异,因此,所用小波基必须有较短的消失矩;另外,所选择的小波基必须有完善的重构能力,有利于小波系数的边缘处理和系数映射,因此,要有较好的正交性和对称性。

分解层数的选择:小波分解层数理论上分解层数越多,融合结果的细节保持越丰富;但是小波分解实际上是对频带的划分,分解层数越多,

相当于经过的滤波器越多,这样会造成信号的移位越大;另一方面小波分解合成要进行边界延拓,层数越多引起的边界失真越大,因此小波的分解层数不是越多越好,而应依据具体的情况而定。

根据上述小波基函数及分解层数的选择原则,分别选取 Daubechies(db)、BiorSplines(bior)、Coiffets(coif)、Symlets(sym)系列小波基函数进行二、三、四层小波分解,其融合效果的统计参数如下表:

表 2 二层分解统计参数

Tab 2 Statistical parameters of decomposition of two layers

小波基	评价参数	均值	标准差	平均梯度	相关系数	光谱扭曲度
Db1		125.0927	77.5919	15.4299	0.8716	45.3671
Db2		125.1468	77.1854	14.9481	0.8743	44.9911
Db3		125.1408	77.1377	14.9477	0.8748	44.9217
Db4		125.1605	77.1721	14.8279	0.8747	44.9372
Bior1.1		125.0927	77.5919	15.4299	0.8716	45.3671
Bior2.4		125.1583	77.0955	14.9249	0.875	44.8995
Bior3.5		125.1384	77.1955	15.0588	0.8744	44.9566
Bior4.4		125.1649	77.0642	14.7804	0.8753	44.859
Sym2		125.1468	77.1854	14.9481	0.8743	44.9911
Sym3		125.1408	77.1377	14.9477	0.8748	44.9217
Sym4		125.1583	77.0955	14.8828	0.8751	44.8729
Sym6		125.1728	77.0576	14.8878	0.8753	44.8548
Coi1		125.15	77.1613	15.0849	0.8744	44.975
Coi2		125.1668	77.0735	14.8642	0.8752	44.8683
Coi3		125.1701	77.0477	14.8333	0.8754	44.8386
Coi4		125.1724	77.0347	14.8354	0.8755	44.8235
Coi5		125.1728	77.028	14.8403	0.8756	44.8161

表 3 三层分解统计参数

Tab 3 Statistical parameters of decomposition of three layers

小波基	评价参数	均值	标准差	平均梯度	相关系数	光谱扭曲度
Db1		124.9659	77.9446	16.1307	0.8657	45.906
Db2		125.0417	77.4988	15.4109	0.8685	45.5205
Db3		125.0592	77.3695	15.3159	0.8693	45.4072
Db4		125.0492	77.4162	15.1425	0.8693	45.3916
Bior1.1		124.9659	77.9446	16.1307	0.8657	45.906
Bior2.4		125.0579	77.3416	15.2659	0.8696	45.3774
Bior3.5		125.0182	77.4974	15.5801	0.8676	45.5518
Bior4.4		125.0688	77.2815	14.9572	0.8701	45.3071
Sym2		125.0417	77.4988	15.4109	0.8685	45.5205
Sym3		125.0592	77.3695	15.3159	0.8693	45.4072
Sym4		125.0643	77.2998	15.1745	0.8697	45.3363
Sym6		125.0584	77.2811	15.1187	0.8698	45.315
Coi1		125.0422	77.4381	15.5627	0.8688	45.4887
Coi2		125.0523	77.3224	15.1527	0.8696	45.3417
Coi3		125.0924	77.2449	15.0933	0.87	45.3019
Coi4		125.0706	77.2405	15.0499	0.87	45.2715
Coi5		125.0954	77.2147	15.068	0.8701	45.2684

表 4 四层分解统计参数

Tab 4 Statistical parameters of decomposition of four layers

小波基	评价参数	均值	标准差	平均梯度	相关系数	光谱扭曲度
Db1		124.8583	78.2278	16.677	0.859	46.5268
Db2		124.9663	77.722	15.7079	0.8614	46.0843
Db3		124.9557	77.4931	15.4889	0.8625	45.9226
Db4		124.9816	77.5287	15.2816	0.8626	45.8854
Bior1.1		124.8583	78.2278	16.677	0.859	46.5268
Bior2.4		124.9638	77.5045	15.3691	0.8635	45.89
Bior3.5		124.9008	77.8018	15.7197	0.8595	46.2347
Bior4.4		124.9833	77.4154	15.0154	0.864	45.808
Sym2		124.9663	77.722	15.7079	0.8614	46.0843
Sym3		124.9557	77.4931	15.4889	0.8625	45.9226
Sym4		124.9981	77.3967	15.2991	0.8631	45.8418
Sym6		124.9926	77.3754	15.1953	0.8636	45.7973
Coif1		124.9648	77.6393	15.8627	0.862	46.0494
Coif2		124.9912	77.4408	15.2631	0.8632	45.8446
Coif3		124.997	77.3747	15.1787	0.8632	45.8146
Coif4		124.9833	77.3623	15.1259	0.8634	45.7581
Coif5		125.0121	77.2479	15.1485	0.8636	45.751

经过上述三表分析可得出如下结论:

(1)反映亮度信息的均值、反映空间信息的标准差、平均梯度及反映光谱信息的相关系数总体上均呈递增趋势,光谱扭曲度呈递减趋势。

(2)Db1与 bior1.1在第二分解层,db2与 sym2,db3与 sym3在第三分解层下融合统计参数值相同,即在相同的融合条件下达到相同或接近的融合效果。

(3)在各分解层次上,coif5小波基光谱扭曲度为最小:二层分解为 44.8161,三层分解为 45.2684,四层分解为 45.751,说明选择 coif5小波基融合后影像与融合前影像光谱扭曲达到最小;

(4)在各分解层次上,coif5小波基相关系数为最大:二层分解为 0.8756,三层分解为 0.8701,四层分解为 0.8636,说明选择 coif5小波基融合前后影像光谱信息相关性最大。

综上考虑小波基的各项指标,Coif5系列作为有限紧支集正交小波基,其小波分解具有正交性,数据冗余小,符合影像融合的要求,在分解层数的选择上,虽然 coif5小波基二层小波分解后达到融合前后影像的光谱扭曲度最小而相关系数

最大,但三表其他的统计参数表明,三层分解得到的标准差和平均梯度要好于二层分解结果,最后参数确定为 coif5小波基进行三层小波分解重构试验。

小波系数的选择:不同分辨率影像经过小波变换分解到一系列频率通道中,形成塔形结构的小波系数,在多个分解层、多个频带上各小波系数携带待融合影像的不同特征与细节,而低频子带基本相同或相近,高频子带却有较大差异,这就涉及到高频子带小波系数的选择问题。一般而言,基于像元的融合,虽然操作简单并且运算量小,但是由于没有考虑影像的局域特征,所以,这种方法融合效果并不理想。因此,本文从反映影像局部区域特征的标准差出发,尝试了融合效果。标准差反映了该区域灰度均值的离散情况,而灰度级反映了影像的纹理、边缘和对比度信息,标准差越大,灰度级分布越分散,这样既可突出对比度信息,又可反映出影像的局域特征和细节信息,一般能获得良好的融合效果。选取以当前处理像元为中心的局部区域(一般取 3×3 、 5×5 等奇数窗口)标准差最大的影像 A 或 B 的小波系数

作为融合影像 F 对应的小波系数, 即:

$$\begin{cases} D_F^i = D_A^i, STD_A \geq STD_B \\ D_F^i = D_B^i, STD_A \leq STD_B \end{cases} \quad (7)$$

STD_A 和 STD_B 是待融合两影像在分解尺度 j 上的 i 方向上的对应局部区域上的标准差。

3.2 技术实现

小波变换与 HS 变换相结合融合过程的关键技术:

(1) 多光谱影像通过插值放大得到与全色影像相同空间分辨率的影像;

(2) 对多光谱影像进行 $RGB \rightarrow HS$ 变换, 提取 I 分量。

(3) 将全色影像与 I 分量进行直方图匹配加大两者的相关性, 减小融合影像的光谱偏差。其中使用 $\text{Inhist}()$ 和 $\text{histeq}()$ 两函数分别取得影像直方图以及进行直方图均衡化。

(4) 对匹配后的全色影像和 I 分量采用 MAL-LAT 算法, 选择具有紧支集的正交小波及对应的小波滤波器, 进行适当层次的分解, 成为不同分辨率的子影像。

(5) 对分解后影像中的噪声进行降噪处理: 由于噪声部分通常包含在各高频子带中, 因此需对各子带小波系数分别进行阈值处理, 阈值处理一般有三种方法^[6]: 本试验对融合后影像采用默认阈值消噪处理: 利用函数 ddenmp 生成信号的默认阈值, 再利用函数 wdenmp 进行消噪;

(6) 选择重构小波系数: 低频取 I 分量的低频, 高频按照 (7) 式基于区域求取两影像分解后高频部分的标准差, 取标准差大的作为高频小波系数;

(7) 进行小波重构得到 I' 分量;

(8) 将 $I'HS \rightarrow RGB$ 反变换得到最终影像融合处理结果。

3.3 核心程序代码

(1) 运用 load 命令调入 I 分量影像和高分辨率全色影像, 其语法格式为:

```
load 原图; load 全色图;
```

(2) 选用 coif5 小波基对两幅影像分别进行 3 层分解, 其语法格式为:

```
[c s] = wavedec2(原图, 3, 'coif5');
```

(3) 对高频系数进行阈值化处理。以原图第二层对角高频系数 chd2 为例说明, 先用函数 detco

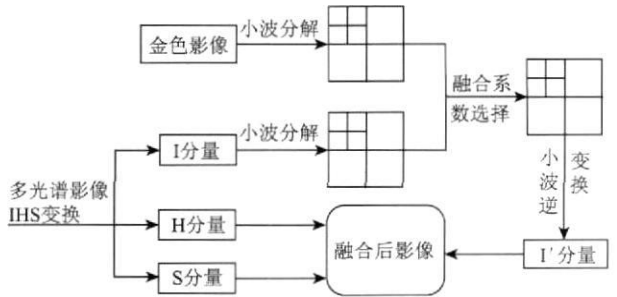


图 2 小波变换与 HS 变换相结合融合流程图

Figure 2 Flow chart of the fusion in wavelet transform and HS transform

$\text{ef2}()$ 提取高频系数 chd2 , 然后采用函数 $\text{ddenmp}()$ 获取降噪的默认阈值; 运用函数 $\text{wdenmp}()$ 对高频系数 chd2 进行阈值化处理。其语法格式为:

```
[chh2 chv2 chd2] = detcoef2('all', c1, sl, 2);
```

```
[thr_sorth_keepapp] = ddenmp('den', 'wv', chd2);
```

```
xc = wdenmp('gbf', chd2, 'coif5', 3, thr_sorth, 1);
```

(4) 对降噪后的高频系数进行细节增强处理:

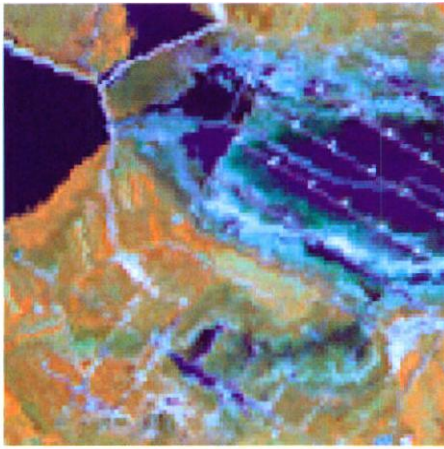
```
chd2 = chd2 * 1.2
```

(5) 使用函数 $\text{waverec2}()$ 完成对小波分解后影像的重构。

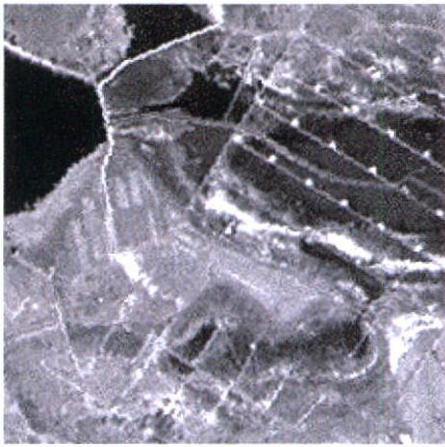
3.4 融合结果分析

本研究选用 coif5 小波基进行三层小波分解与重构, 完成多光谱影像与全色影像的融合, 融合结果见图 3。

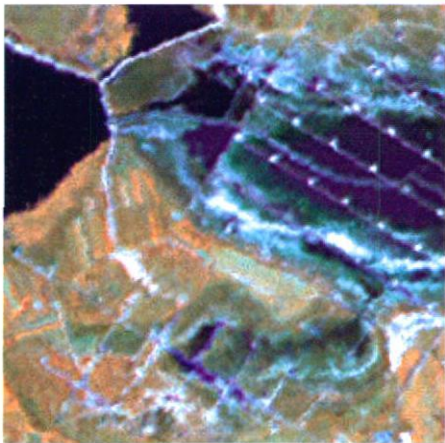
对影像的融合效果一般应综合利用两类统计参数来进行分析与评价: 一类反映空间细节信息, 如标准差(方差)、信息熵等; 另一类反映光谱信息, 如扭曲程度、偏差指数与相关系数^[7]。均值为影像中像元的灰度平均值, 对人眼反映为平均亮度。如果均值适中, 则视觉效果良好; 标准差越大灰度级分布越分散^[8], 目视效果越好; 平均梯度可敏感地反映影像对微小细节反差表达的能力, 可用来评价影像的清晰程度。平均梯度越大, 影像的层次越多, 表示影像越清晰; 相关系数反映融合影像同原多光谱影像特征相似程度, 越接近于 1 光谱保持性能越好; 光谱扭曲度反映的是融合图像和原始图像在光谱信息上的差异大小, 值越小表明差异越小, 融合效果越好。



(a) 原图



(b) 全色图



(c) 小波降噪后融合图

图 3 原始遥感影像和融合结果

Fig. 3 The original remote sensing images and the fused result

由图 3 和表 5 可以看出, 融合后的影像对比度及纹理信息明显增强, 但由于本课题选用的 ETM + 全色影像质量稍差, 噪音较多, 影响了最终的融合效果, 如果有条件选用更高分辨率的数

据, 融合效果将更理想。但从目视角度看还是有明显的提高, 原来影像中边界比较模糊的耕地、人工防护林、建设用地、水体及滩涂等经过融合纹理清晰, 边界平滑分明, 很好地增强了多光谱影像的空间细节表现能力, 特别是提高了沙地边界提取的准确性, 满足了本研究的需要, 达到融合的目的; 从统计特性看, 影像融合后影像的均值、标准差和平均梯度均比融合前有大幅度增加, 相关系数为 0.870 1, 光谱扭曲度为 45.268 4, 说明融合前后影像具有较高的相关性, 光谱差异较小, 融合效果较好。由此得出结论: 融合后影像既保持了多光谱影像的光谱信息, 又大大提高了影像的地物纹理特性, 有利于准确识别和提取地物特征, 减小误判率, 有效提高了目视解译的精度。

表 5 融合影像统计特性

Tab 5 The statistical characteristic of the fused image

统计参数 影像	均值	标准差	平均 梯度	相关 系数	光谱 扭曲度
原 RGB	85.240 1	36.418 9	2.877	0.870 1	45.268 4
融合后	125.095 4	77.214 7	15.068		

4 结论

本研究以黑龙江省杜尔伯特蒙古族自治县为试验区域, 基于 HS 变换与小波变换相结合的方法, 按一定规则将 ETM + 多光谱影像与全色影像进行了融合, 融合结果满足研究需求。

研究较深入地探讨了不同分辨率遥感影像融合时小波基、小波分解层数、小波系数的选取问题, 通过大量试验, 确定 Coif5 作为融合的小波基函数, 进行三层小波分解, 利用区域标准差方法选取小波系数, 另外由于小波分解过程中会产生大量噪声, 本文还对融合影像进行了默认阈值的降噪处理。实验结果表明, 本文方法的性能优于简单的像元融合算法, 也优于单纯的 HS 或小波变换的融合算法, 实用性较强。

从目视效果及参数统计结果可得出结论: 用本文的方法进行融合, 大大增强了影像细节反差和纹理变化特征的表达能力, 反映影像空间信息的标准差、平均梯度值具有较大提升, 同时较高的相关系数和较小的光谱扭曲度也说明融合后影像光谱信息保持良好。为小波变换的影像融合参

数选择提供了依据。

参考文献

- [1] Genderen J L Van, Pohl C. Image fusion: Issues, techniques and applications. Intelligent Image Fusion, Proceedings EARSEL Workshop, Strasbourg, France, 1994 (9): 18~26
- [2] Mallat S G. A Theory for multi-resolution signal decomposition: The wavelet representation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1989, 11(7): 674~693
- [3] 王洪刚, 韩文秀. 基于 MATLAB 小波工具箱的开发与应用. 微型机与应用, 2002, (5): 52~54
- [4] 徐建达, 王洪华. 基于 HS 变换和小波变换的遥感影像融合. 测绘学院学报, 2002, 19(3): 198~202
- [5] 袁金国, 王卫. 多源遥感数据融合应用研究. 地球信息科学, 2005, 7(3): 97~103
- [6] 刘哲, 郝重阳, 冯伟等. 一种基于小波系数特征的遥感图像融合算法. 测绘学报, 2004, 33(1): 53~57
- [7] 杨俊, 赵忠明. 基于 HS 变换和亮度调节的遥感图像融合方法. 计算机应用研究, 2007, 24(4): 195~197
- [8] 哈斯巴干, 马建文, 李启青等. 小波局部高频替代融合方法. 中国图象图形学报, 2002, 7(A, 10): 1012~1016
- [6] 飞思科技产品研发中心. 小波分析理论与 MATLAB 7 实现. 北京: 电子工业出版社, 2006: 344
- [7] 李弼程, 魏俊, 彭天强. 基于 HS 变换与小波变换的遥感影像融合. 数据采集与处理, 2003, 18(3): 268~272
- [8] 胡子付. 小波和 HS 变换结合实现 ETM 图像波段融合. 地球信息科学, 2005, 7(4): 29~32

Method of Fused Image Based on HS and Wavelet Transform and Realization in MATLAB

LIU Lijuan, FAN Wenyi

(School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract In order to improve eye-interpretation effect of multi-spectral images of Landsat series, an integrated technique based on HS and wavelet transformation is proposed in this paper. For increasing relativity and decreasing spectral deviation, firstly, under the developing environment of Matlab, the intensity component of multi-spectral image and the panchromatic image histogram match each other, and then decompose respectively using wavelet, finally fuse images by special rules. Among the rules, the most important thing is the choice of wavelet bases, wavelet decomposed layers and wavelet coefficients. In order to choose the best parameters, the author carries out repeated experiments using assessment parameters: mean value, standard deviation, average gradient, correlation coefficient and spectral distortion. Compared with other parameters, wavelet base of *coif5* made better fusing result in this paper. Therefore, parameters are fixed on *coif5* and decomposed of three layers, and reconstructed coefficients based on regional standard difference. The experiment indicates that the proposed method is much better than single transform of HS or wavelet. Observed from the fused image, the lines and details of road, river, farm and forest are improved obviously. At the same time, the higher correlation coefficient and the lower spectral distortion show that spectral information is kept down well. The experiment through fused ETM + multi-spectral and panchromatic images verified the method of the author proposed is feasible, the result is not only improved obviously in spatial resolution, but also preserves multi-spectral information effectively.

Key words remote sensing; image fusion; HS transform; wavelet transform; wavelet parameters