

# 基于归一化方差的多分辨率图像融合方法

陈少辉 张秋文 王 乘 周建中

( 华中科技大学水电学院遥感与空间信息应用研究所 ,武汉 430074 )

E-mail : csh\_2000@mail.china.com

**摘 要** 针对遥感多光谱图像空间分辨率较低的问题 ,论文提出了一种基于归一化方差的多分辨率图像融合方法。该方法首先对图像进行二维小波变换 ,然后根据高频小波系数的均值和方差来定义图像局部灰度相关矩 ,从而得到包含更多信息和有效特征的融合图像。试验结果证明融合图像在保留地物光谱信息和提高空间细节表现能力上都具有很好的效果。

**关键词** 小波变换 归一化方差 图像融合

文章编号 1002-8331-( 2005 )03-0025-03 文献标识码 A 中图分类号 TP751 ;TP391

## Multiresolution Image Fusion Based on the Normalized Square Deviation Model

Chen Shaohui Zhang Qiuwen Wang Cheng Zhou Jianzhong

( Institute of Remote Sensing & Spatial Information Application ,Huazhong University of Science & Technology ,Wuhan 430074 )

**Abstract :** A major problem in using multispectral images is the low spatial resolution. In order to overcome that problem an image fusion method based on the normalized square deviation model is proposed in this paper. After 2-D wavelet decomposition the normalized square deviation model is defined by means of mean and variance of those wavelet coefficients with high frequency component under different resolutions. By using the local correlation moment as measure of feature selection the new method carries out multiresolution images fusion. The experiments prove the fused images obtain better results for further application in terms of both preserving spectral information and improving spatial resolution of the multiresolution images.

**Keywords :** wavelet decomposition ,normalized square deviation model ,image fusion

### 1 引言

现代遥感技术已使传感器的空间分辨率和光谱分辨率得到大幅度提高 ,然而单一传感器影像数据仍存在一定的局限性。一般来讲 ,多光谱图像的空间分辨率比较低 ,光谱信息比较丰富 ,全色光学图像正好相反。因此将它们进行融合 ,使融合后的多光谱图像在保持光谱特性的同时具有较高的空间细节表现能力 ,以使其具有更好的可用性。遥感影像融合技术作为解决这一瓶颈问题的理论与方法也日益引起人们的重视。

常用的多光谱图像融合方法有 IHS 变换法、PCA 法、HPF 法<sup>[1,2]</sup>、SFM 法<sup>[3]</sup>、BT 法<sup>[4]</sup>、小波变换<sup>[5]</sup>等。IHS 变换法的特点是高频信息丰富 ,但光谱信息损失较大 ,只能选择 3 个两两之间具有最低相关系数的波段而不能选择全部波段作为融合的数据 ,降低了遥感图像数据的利用程度。PCA 法适用于多光谱图像的所有波段 ,但用全色图像简单替换多光谱图像 PCA 变换后的第一主成份 ,结果图像的光谱特性会受到影响。

HPF 方法较好地保留了多光谱图像的光谱信息 ,实验结果表明 ,滤波器尺寸取为高低分辨率图像分辨率比值的两倍 ,其结果最好<sup>[6]</sup>。SFM 方法是基于光照和地表反射模型建立起来的 ,它能避免 IHS 法引起的图像光谱信息畸变以及在图像分解和重建过程中引入的高时耗性和复杂性 ,但该方法对图像的校正

精度比 IHS 法敏感 ,且不适用于具有不同光照强度和成像机理的图像融合。BT 法将多光谱图像的像方空间分解为色彩和亮度成份进行计算 ,简化了图像转换过程的系数 ,最大限度地保留了多光谱信息 ,但该方法对图像的预处理要求较高 ,同时要求图像进行互相关处理、噪声滤波等 ,计算量较大。

### 2 基于小波变换的融合算法

图像的小波变换是通过称为正交镜像滤波器的高通滤波器和低通滤波器来分解为不同分辨率的高频小波系数 $\tilde{g}(n)$ 和 $\tilde{h}(n)$ 低频小波系数。图像  $I$  的二进制小波变换通过下面快速的 MALLAT<sup>[7]</sup>算法来完成。

$$\begin{cases} A_r(i, j) = \sum_{m, n \in Z} h(m) \tilde{h}(n) A_{r-1}(2i-m, 2j-n) \\ D_r^1(i, j) = \sum_{m, n \in Z} h(m) \tilde{g}(n) A_{r-1}(2i-m, 2j-n) \\ D_r^2(i, j) = \sum_{m, n \in Z} \tilde{g}(m) \tilde{h}(n) A_{r-1}(2i-m, 2j-n) \\ D_r^3(i, j) = \sum_{m, n \in Z} \tilde{g}(m) \tilde{g}(n) A_{r-1}(2i-m, 2j-n) \end{cases} \quad (1)$$

基金项目 :国家 973 基础科学研究发展计划( 编号 :2003CB415200 ) ;华中科技大学科技创新项目( 编号 :2004014 )

作者简介 :陈少辉( 1976- ) ,男 ,博士研究生 ,主要进行遥感图像融合与处理以及目标识别的研究工作。张秋文 ,副教授。王乘 ,教授 ,博士生导师。

周建中 ,教授 ,博士生导师。  
万方数据

小波变换完全可逆,其重构公式如下:

$$\begin{aligned} A_{r-1}(i, j) = & 4 \sum_{m, n \in \mathbb{Z}} h(m) g(n) A_r \left[ \frac{i-m}{2}, \frac{j-n}{2} \right] + \\ & 4 \sum_{m, n \in \mathbb{Z}} h(m) g(n) D_r^1 \left[ \frac{i-m}{2}, \frac{j-n}{2} \right] + \\ & 4 \sum_{m, n \in \mathbb{Z}} g(m) g(n) D_r^2 \left[ \frac{i-m}{2}, \frac{j-n}{2} \right] + \\ & 4 \sum_{m, n \in \mathbb{Z}} g(m) g(n) D_r^3 \left[ \frac{i-m}{2}, \frac{j-n}{2} \right] \end{aligned} \quad (2)$$

式中  $r=1, 2, \dots, N$  表示小波分解层数,  $h(m)$  和  $g(m)$  是  $\tilde{h}(m)$  和  $\tilde{g}(m)$  的共轭滤波器。  $A_r$  表示  $A$  在分辨率  $2^r \times 2^r$  下的水平方向和垂直方向的低频分量;同理  $D_r^1, D_r^2, D_r^3$  分别表示相同分辨率下  $A$  水平低频分量和垂直高频分量、水平高频分量和垂直低频分量、水平高频分量和垂直高频分量。高频分量描述的是各分辨率下图像的边缘细节信息,低频分量描述的是各分辨率下图像的近似信息。

假设要融合的两幅图像分别为  $P$  和  $I$ , 结果图像为  $F$ , 则具体步骤如下:

(1) 首先对  $P$  和  $I$  进行直方图匹配和重采样, 以消除它们之间光照强度的差异, 并使它们的分辨率相同。

(2) 对  $P$  和  $I$  进行  $N$  级小波分解:

$$\begin{cases} I = I_N + w_1(I) + \dots + w_N(I) \\ P = P_N + w_1(P) + \dots + w_N(P) \end{cases} \quad (3)$$

式中  $I_N$  和  $P_N$  分别表示  $I$  和  $P$  在尺度  $N$  下的近似分量,  $w_r(I)$  和  $w_r(P)$  分别表示  $I$  和  $P$  在尺度  $r$  下的小波系数,  $r=1, 2, \dots, N$ 。

(3) 低频部分  $F_N$  由  $I_N$  和  $P_N$  计算得到:

$$F_N(k, l) = \frac{I_N(k, l) \times P_N(k, l)}{P_N^M}$$

$$P_N^M = \frac{\sum_x \sum_y P_N(x, y)}{X \times Y}$$

(4) 高频部分  $w_r(F)$  利用归一化方差由  $w_r(I)$  和  $w_r(P)$  算得。

(5) 利用  $w_r(F)$  和  $F_N$  进行小波逆变换, 就得到了融合图像。

### 3 归一化方差模型

在融合过程中, 根据什么样的准则来选取特征是图像融合的关键技术。最大值准则和局部梯度准则在选取小波系数时, 容易受孤立噪声点的干扰, 从而可能会选择错误的分解系数。对于局部方差准则和能量准则来说, 又都是对局部窗口内的分解系数做整体考虑, 而对窗口内每个像素所包含的独立信息考虑不足<sup>[1]</sup>。

为克服以上融合准则中存在的问题, 论文提出了一种基于归一化方差的融合模型(NSDM), 对原图像分解得到的某一分辨率  $r$  下小波图像的某个窗口  $W$ , 定义 NSDM 为:

$$m_r(x, y) = \begin{cases} \frac{(w_r(x, y) - \mu)^2}{\sigma^2} & \sigma \neq 0 \\ \frac{1}{M} & \sigma = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$\mu, \sigma$  为窗口内小波系数的均值和标准差,  $w_r(x, y)$  表示窗

口内像素  $(x, y)$  处对应的小波系数值,  $m_r(x, y)$  为该像素对窗口能量的贡献率,  $M$  表示窗口内小波系数的个数。

NSDM 有如下的优点: (1) 它同时考虑了小波系数的局部均值和方差<sup>[1]</sup>; (2) 当窗口中噪声的小波系数较大时, 可起到压制噪声的作用; (3) 该模型针对的是局部窗口中每一个小波系数值, 充分利用了小波的时频局部特性。然后, 在此基础上定义如下窗口能量:

$$E_r(k, l) = \begin{cases} \sum_{x, y \in W} m_r(x, y) \cdot |w_r(x, y)| & \sigma \neq 0 \\ \mu & \sigma = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$E_r(k, l)$  表示以像素  $(k, l)$  为中心的窗口能量, 利用它得到如下的融合规则:

$$w_r(k, l, F) = \begin{cases} w_r(k, l, I) & E_r(k, l, I) > E_r(k, l, P) \\ w_r(k, l, P) & E_r(k, l, I) < E_r(k, l, P) \end{cases} \quad (6)$$

其中  $w_r(k, l, F), w_r(k, l, I), E_r(k, l, P)$  分别表示  $F, I, P$  在窗口中心  $(k, l)$  处的小波系数。

### 4 试验结果

为了验证 NSDM 的有效性, 选取北美 Bighorn Basin 的 TM 和 SPOT 影像进行了试验, 并和 IHS、MAX 方法得到的结果进行了比较, 其中图 1(a) 是由原 TML2、TML3 和 TML4 组成的 RGB 彩色图像, 图 1(b) 为 SPOT 图像。

用于评价融合结果的统计参数包括各种方法结果图像的均值、熵、标准差、平均梯度、相关系数和偏差指数。图像的熵和标准差反映了图像包含信息量的多少; 平均梯度反映图像的清晰度以及细节反差与纹理特征的变化。相关系数和偏差指数分别反映了融合结果图像与原多光谱影像的相关程度和偏差程度。

原始图像大小为  $512 \times 512$  pixels, 为方便显示, 文中给出的原图和结果图像均经过了重采样处理。在实验中, 首先对原始图像进行二层小波分解, 选取特征时, 计算能量的局部窗口第一层选为  $6 \times 6$ , 第二层为  $3 \times 3$ 。

从表 1 中可以看出, 用 NSDM 得到的融合图像的 3 个波段相对于原 TM 的 3 个波段无论是熵、标准差还是平均梯度都有大幅度的提高, 而且和原 TM 的 3 个波段的相关系数较高。这些表明 NSDM 在尽量保留多光谱图像光谱信息的同时提高了它们的空间分辨率, 基本上继承了全色图像的边缘和细节信息。

同时, NSDM 结果图像相对于其它方法, 熵和标准差最大, 这说明用 NSDM 融合后图像灰度分布的范围最广, 信息量增加的最多, 达到了富集表示的目的, 充分挖掘了全色光学图像的信息含量, 最大限度地将它们融入到多光谱图像中。

相对于传统的 IHS 融合方法, NSDM 融合结果的偏差指数小, 相关系数大, 这些说明 NSDM 对多光谱图像光谱信息的扭曲程度很小。还应注意, MAX 融合结果图像的相关系数最大, 这说明该融合方法在保留多光谱图像光谱信息方面所造成的损失最小。NSDM 结果相对于其它方法, 其平均梯度最大, 这说明用 NSDM 融合后图像的清晰度最高, 空间表现能力最强, 达到了提高空间分辨率的目的<sup>[7]</sup>。

由表 1 的实验数据可以看出, 论文提出的 NSDM 在保留原 TM 图像光谱信息和 SPOT 图像空间信息上, 均好于 IHS 方法。

表1 几种融合结果图像统计参数对比

融合方法	波段	熵	均值	标准差	相关系数	平均梯度	偏差指数
原始图像	TM12	2.52	165.84	54.64	1.000	22.70	0.00
	TM13	2.90	181.07	58.58	1.000	21.75	
	TM14	2.72	173.86	57.45	1.000	22.14	
	SPOT	4.22	168.55	66.88	--	48.79	
HIS	TMH2	3.59	166.44	59.16	0.791	45.98	0.235
	TMH3	3.35	181.26	62.11	0.814	42.24	
	TMH4	3.25	173.06	65.05	0.783	41.82	
MAX	TMH2	3.72	165.66	60.87	0.870	46.79	0.242
	TMH3	3.30	181.07	62.67	0.866	43.24	
	TMH4	3.24	173.59	64.63	0.854	40.66	
论文方法	TMH2	3.76	164.70	64.89	0.819	47.23	0.154
	TMH3	3.86	178.27	63.14	0.836	45.96	
	TMH4	3.97	171.71	65.23	0.824	43.55	

论文还讨论了小波分解层数和窗口大小在 NSDM 对 RGB 彩色图像融合中对特征提取的影响。小波分解层数分别选为 1、2、3、4 ,计算 NSDM 的局部窗口为  $6 \times 6$  ,实验数据见表 2。结果表明 ,随着分解层数的增加 ,标准差在第 2 层达到最大 ,这说明图像的高频分量大部分已包含在前两层 ,熵和梯度也基本持平 ,显然单纯增加分解层数 ,计算复杂性会提高 ,融合效果却不会随之增加。

表2 小波分解层数对融合结果的影响

分解层数	熵	梯度	标准差
1	3.79148	44.6521	61.0653
2	3.79261	45.8090	62.8742
3	3.78536	44.6522	62.8361
4	3.76536	44.2439	61.8742

在讨论窗口大小对融合结果的影响时 ,小波分解层数为 2 ,实验数据见表 3。结果表明 ,随着窗口的变大 ,标准差会降低 ,而图像的熵和梯度则先升高 ,再降低 ,此时特征提取的精度就会下降。这表明随着窗口变大引进的信息和  $(k,l)$  处的信息越来越不相关 ,新增信息反而会削弱  $(k,l)$  处特征的主导作用。对试验而言 ,采用大于  $6 \times 6$  的窗口 ,反而会影响融合效果。

表3 窗口对融合结果的影响

窗口大小	熵	梯度	标准差
$3 \times 3$	3.76218	44.6522	62.8870
$6 \times 6$	3.79261	45.8090	62.8742
$8 \times 8$	3.73536	43.2559	61.9370

从视觉角度来看 ,用 NSDM 得到的结果图像纹理最清晰 ,可视效果最佳 ,改善了影像反差。IHS 方法得到的融合图像产生了颜色畸变 ,图 1(a)中山坡的黄绿色在图 1(c)中变成了绿色 ,而 NSDM 得到的结果图像却将山坡的色调保持的很好。MAX 方法修改了原全色图像的对比度 ,其融合图像地物的轮廓不明显 ,NSDM 结果图像中山坡的条带和沟谷清晰可见。NSDM 还可以用于多光谱图像单个波段的增强 ,图 1(f)为 TM2 和 SPOT 影像融合的试验结果 ,效果图像中小圆的轮廓明显地被勾画出来。

从总体上来看 ,NSDM 结果影像尽量做到了空间分辨率和

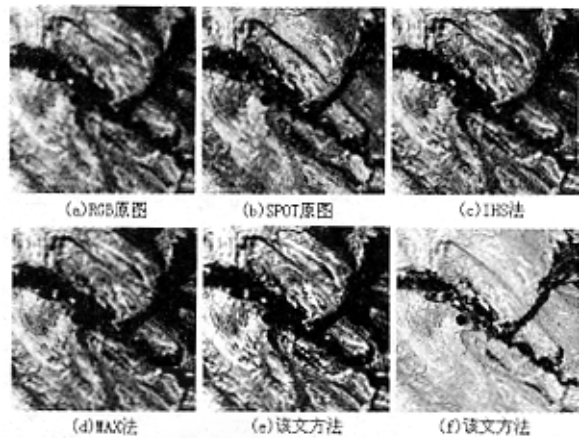


图1 几种融合方法效果图比较

SPOT 影像的一致、光谱分辨率和 TM 的一致。

## 5 结论

特征选取是图像融合处理中的关键技术 ,论文提出的基于 NSDM 的多分辨率图像融合方法能够较好地提取待融合图像中所含的有用信息 ,对多光谱图像的融合同 MAX、IHS 方法相比在空间分辨率提高方面能获得较好的效果 ,也就为最终增强多光谱图像的信息可靠性及使用效率 ,改善解译精度 ,提供了技术上的支持。

同时 ,MAX 方法在光谱特性保持方面更优 ,由此可见 ,如果能将这两种方法在提取融合特征方面的优点更好地结合 ,那么融合后的图像将会具有更高的空间分辨率 ,并且保留更多原多光谱图像的光谱信息 ,这也是进一步要研究的内容。

( 收稿日期 :2004 年 11 月 )

## 参考文献

- 谷延锋 ,张晔 ,张钧萍.基于归一化相关矩的多分辨率遥感图像融合[J].中国图象图形学报 ,2002 ,7( 11 ) :1220~1224
- Harrison J R ,Murray R ,Hirose T.IHS transform for the integration of radar imagery with other remotely sensed data[J].PE & RS ,1990 ; 56( 12 ) :1631~1641
- Liu Jianguo ,Mem Moore J.Pixel block intensity modulation adding spatial detail to TM band 6 thermal imagery[J].Int J Remote Sensing , 1998 ;19( 13 ) :2477~2491
- Liu J G.Smoothing filter-based intensity modulation a spectral preserve image fusion technique for improving spatial details[J].INT J Remote Sensing 2000 20( 18 ) :3461~3472
- Zhou J ,Civco D L ,Silander J A.A wavelet transform method to merge Landsat TM and SPOT panchromatic data[J].INT J Remote Sensing , 1998 ;19( 4 ) :743~757
- Chavez P S ,Sides S C ,Anderson J A.Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data :Landsat TM and SPOT Panchromatic[J].PE & RS ,1991 ,57( 3 ) :295~303
- 王文杰 ,唐娉 ,朱重光.一种基于小波变换的图像融合算法[J].中国图象图形学报 ,2001 ,6( A )( 11 ) :1130~1136



# 基于归一化方差的多分辨率图像融合方法

作者: [陈少辉](#), [张秋文](#), [王乘](#), [周建中](#), [Chen Shaohui](#), [Zhang Qiuwen](#), [Wang Cheng](#), [Zhou Jianzhong](#)

作者单位: [华中科技大学水电学院遥感与空间信息应用研究所, 武汉, 430074](#)

刊名: [计算机工程与应用](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [COMPUTER ENGINEERING AND APPLICATIONS](#)

年, 卷(期): 2005, 41(3)

引用次数: 8次

## 参考文献(7条)

1. [谷延锋](#), [张晔](#), [张钧萍](#) 基于归一化相关矩的多分辨率遥感图像融合[期刊论文]-[中国图象图形学报A辑](#) 2002(11)
2. [Harrison J R](#), [Murray R](#), [Hirose T](#) IHS transform for the integration of radar imagery with other remotely sensed data 1990(12)
3. [Liu Jianguo](#), [McM Moore J](#) Pixel block intensity modulation :adding spatial detail to TM band 6 thermal imagery 1998(13)
4. [Liu J G](#) Smoothing filter-based intensity modulation:a spectral preserve image fusion technique for improving spatial details 2000(18)
5. [Zhou J](#), [Civco D L](#), [Silander J A](#) A wavelet transform method to merge Landsat TM and SPOT panchromatic data 1998(4)
6. [Chavez P S](#), [Sides S C](#), [Anderson J A](#) Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data:Landsat TM and SPOT Panchromatic 1991(3)
7. [王文杰](#), [唐娉](#), [朱重光](#) 一种基于小波变换的图像融合算法[期刊论文]-[中国图象图形学报A辑](#) 2001(11)

## 相似文献(4条)

1. 会议论文 [陈少辉](#), [张秋文](#), [王乘](#) 一种基于归一化方差的多分辨率图像融合方法 2004  
针对遥感数字图像的融合问题,本文提出了一种基于归一化方差的多分辨率图像融合方法.它将高空间分辨率的全色图像和多光谱图像经小波变换后的各频带分量进行融合,通过与传统IHS、MAX融合方法的比较和结果评价,证明该方法在提高多光谱图像的空间细节表现能力和保持地物光谱信息上都具有很好的效果.
2. 期刊论文 [杨峰](#), [武鲁英](#), [杨勇](#), [周国亮](#), [刘方](#), [Yang Feng](#), [Wu Luying](#), [Yang Yong](#), [Zhou Guoliang](#), [Liu Fang](#) 基于空间域和变换域的双水印算法的研究 -[山东师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2008, 23(2)  
归一化方差用来表示图像分解后各级子图受退化处理影响的程度,而且归一化方差越小其抵抗外来攻击的能力越强.用归一化方差来选择嵌入水印的位置,本文提出了一种基于空间域和变换域的双水印算法,实验验证了该算法的有效性.
3. 期刊论文 [王文义](#), [刘献礼](#), [谢晖](#), [WANG Yi-wen](#), [LIU Xian-li](#), [XIE Hui](#) 基于小波变换的显微图像清晰度评价函数及3-D自动调焦技术 -[光学精密工程](#) 2006, 14(6)  
提出了基于小波变换的图像清晰度评价函数.采用大NA(数值孔径)和小NA的显微图像序列,比较分析了本文提出的评价函数和经典的归一化方差函数、熵函数、能量拉普拉斯函数以及另外两种基于小波变换评价函数的清晰度评价性能.同时采用带有标准偏差为25的高斯噪声显微图像序列,比较了这五种评价函数的抗噪能力.实验结果表明:提出的评价函数具有最高的聚焦精度和聚焦分辨率,且具有与抗噪能力最强的归一化方差函数相当的抗噪能力.提出了基于区域选择的自动聚焦方法,实现了处于不同深度的微操作对象的3-D自动聚焦.该评价函数和区域选择聚焦技术可以用于高精度的自动微操作作业中.进一步说明自动调焦是实现自动化微操作的关键技术,而其核心是清晰度评价函数的选取或构建.
4. 学位论文 [朱志球](#) 基于数据融合的高光谱遥感图像分类研究 2008  
高光谱遥感技术的快速发展,使得获取更高光谱分辨率的地面信息成为可能,为定量遥感的实现创造了有利条件.然而,高光谱数据具有波段数目众多、各波段间相关性、运算量大的特点,这对相应的处理技术提出了很高的要求.高光谱遥感影像分类是高光谱遥感技术的一个重要应用,针对多光谱遥感图像的分类人们已经研究了多种处理方法,技术比较成熟;但是高光谱图像的数据量大,数据维高,使得通常的多光谱图像处理对于高光谱图像的应用有较大的限制.为了解决这一问题,本文在深入分析高光谱图像数据特点的基础上,重点研究了基于数据融合的高光谱遥感影像分类技术,研究的主要内容如下: 首先,将二进脊波变换应用于高光谱遥感图像的数据融合,并结合二进脊波变换数据分解的特点,提出了相应的融合策略,实现了数据级融合.该算法先对同一波段组内的各个子图像进行有限Random变换,将线性奇异转化为点奇异;然后通过二进小波变换对点奇异信号进行处理.在融合策略的选取中,充分考虑到小波变换进行数据分解的特点:对于代表图像概貌信息的低频部分采用归一化方差加权融合;对于包含图像细节和纹理特征的高频部分选择像素绝对值最大的部分作为融合后的像素值.在尽可能多地保持原始图像信息的前提下,实现了对AVIRIS图像的像素级融合,并在此基础上进行了地物分类.仿真实验表明,该方案能有效地改善融合效果,并进一步提升分类精度. 其次,针对有限脊波变换存在的“环绕效应”所引入的噪声,研究了减小其影响的方案.研究表明:图像分割子块尺寸越大,“环绕效应”的影响就越大;子块尺寸越小,脊波的优势就越明显.但是,分割尺寸越小,重构图像的块状效应越明显,而且分割越小图像所表示的方向也越少,效果也近似于小波变换.因此,在实际选择中应该折衷考虑. 再次,为了彻底消除“环绕效应”,研究了基于真实脊函数和快速SlantStack算法的数字脊波变换在高光谱图像融合中的应用.由于没有采用有限Random变换实现脊波的数字化,它能彻底消除“环绕效应”,融合的效果也能得到进一步改善,但是引入了数据冗余.为进一步提高分类精度与运算速度,本文将其与一种新的神经网络——样条权函数神经网络相结合,实现了特征级融合分类.由于该神经网络所具有的对初值不敏感、收敛速度快和不存在局部极小等优点,该方案能得到较高的分类精度.最后,研究了数字脊波和样条权函数神经网络在高光谱图像决策级融合中的应用,对二次融合进行了尝试.该方案先采用数字脊波实现像素级融合,并利用样条权神经网络实现局部分类;然后结合主体投票规则将各局部分类器输出的结果进行决策融合.仿真实验结果表明,该方案能在较少的训练样本条件下获得较高的分类精度,该决策融合方案要优于基于BP、RBF神经网络实现的决策融合方案.

#### 引证文献(8条)

1. [龙燕, 姜威](#) [基于改进的空域相关的多聚焦图像融合](#) [期刊论文] - [光学技术](#) 2008 (03)
2. [孙小芳](#) [ARSIS概念下的多分辨率图像融合](#) [期刊论文] - [测绘信息与工程](#) 2008 (03)
3. [龙燕, 姜威](#) [基于空域相关的多聚焦图像融合](#) [期刊论文] - [电子器件](#) 2008 (02)
4. [黄彩霞, 陈家新](#) [基于小波系数区域相似度的医学图像融合](#) [期刊论文] - [计算机应用研究](#) 2008 (01)
5. [龙燕, 姜威, 涂春美](#) [基于双正交小波变换的CT/PET医学图像融合](#) [期刊论文] - [计算机工程与应用](#) 2007 (30)
6. [刘松涛, 沈同圣, 杨绍清](#) [基于自适应融合规则的多分辨率图像融合算法](#) [期刊论文] - [激光与红外](#) 2007 (08)
7. [孙小芳, 吴文英](#) [基于ARSIS概念的遥感影像小波包融合](#) [期刊论文] - [遥感信息](#) 2007 (01)
8. [王恒中, 刘碧虹, 柳建新, 杨自安, 张建国](#) [基于小波变换的多源遥感影像融合技术研究](#) [期刊论文] - [矿产与地质](#) 2006 (02)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jsjgcyyy200503009.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjgcyyy200503009.aspx)

下载时间: 2009年12月23日