

小波包变换与遥感图像融合*

那彦史林 杨万海

(西安电子科技大学电子工程学院, 陕西 西安 710071)

摘要 探讨了遥感多光谱与全色波段图像的融合问题. 分析了多光谱与全色波段成像机理, 提出了一种基于小波包变换的遥感图像融合方法, 实验结果表明, 该方法可有效综合多光谱与全色波段图像的优点, 从而获得具有较高空间分辨率的多谱图像.

关键词 小波包变换; 多谱图像; 全色波段图像; 图像融合

中图分类号 TP75 **文献标识码** A

0 引言

遥感是一种远距离非接触的目标探测技术. 它是通过对目标进行探测, 获取目标的信息, 然后对所获取的信息进行加工处理, 从而实现对目标进行定位、定性或定量描述. 它广泛应用于环境观测、军事等领域. 遥感对目标信息的获取主要是利用从目标反射和辐射来的电磁波. 不同类型的地物具有反射和辐射不同波长电磁波的特性. 对同一地区, 在同一瞬间摄取多个波段的影像称为多光谱图像. 它能够利用地物在不同光谱区有不同的反射特征, 来增加获取目标的信息量. 多光谱图像的频率分辨率高, 因而它的空间分辨率低. 全色波段图像的空间分辨率高, 而其频率分辨率低, 但实际应用中, 常希望得到空间分辨率与频率分辨率都较高的图像^[1-4]. 本文在认真分析了多光谱与全色波段成像机理的基础上, 提出基于小波包变换的遥感图像融合方法, 实验结果表明, 该方法可有效综合多光谱与全色波段图像的优点, 从而获得具有较高空间分辨率的多谱图像.

1 问题

对同一地区, 在同一瞬间摄取的多个波段的多光谱图像, 能够利用地物在不同光谱区有不同的反射特征, 来增加获取目标的信息量. 多光谱图像的频率分辨率高, 但它的空间分辨率低. 全色波段图像的空间分辨率高, 而其频率分辨率低. 如何获得具有较高空间分辨率的多谱图像就是一个非常重要的问题.

2 小波包变换理论^[5]

2.1 小波包变换

从多分辨分析的角度看, $V_0 = V_1 \oplus W_1 = V_2 \oplus W_2$

$\oplus W_1 = \dots$ 只是对尺度空间 V 进行了迭代分解, 而没有将小波空间进行细分.

将尺度子空间 V_j 和小波子空间 W_j 用一个新的子空间 U_j^n 统一起来

$$\text{取 } \begin{cases} U_j^0 = V_j \\ U_j^1 = W_j \end{cases} \quad j \in Z$$

则 $L^2(R)$ 空间正交分解, 可用 U_j^n 统一起来.

$$U_{j+1}^0 = U_j^0 \oplus U_j^1, \quad j \in Z$$

定义子空间 U_j^n 是函数 $W_n(t)$ 的闭包空间, 而 U_j^{2n} 是函数 $W_{2n}(t)$ 的闭包空间, 并令 $W_n(t)$ 满足下面的双尺度方程

$$W_{2n}(t) = \sqrt{2} \sum_k h(k) W_n(2t - k)$$

$$W_{2n+1}(t) = \sqrt{2} \sum_k g(k) W_n(2t - k)$$

当 $n = 0$ 时, $W_0(t), W_1(t)$ 退化为尺度函数 $\phi(t)$ 和小波函数 $\varphi(t)$.

称序列 $\{W_n(t), n \in Z\}$ 为由基函数 $W_0(t) = \phi(t)$ 确定的小波包.

2.2 小波包分解的频率分辨特性

小波包分解, 是将每一层所有的滤波器子带均一分为二, 并传至下一层. 因此, 每一层的滤波器子带都覆盖信号所占有的频率, 只是各层的频率分辨率不同. 因而, 小波包分解的精度, 比一般小波分解的精度要高. 图1说明了小波包分解的特性.

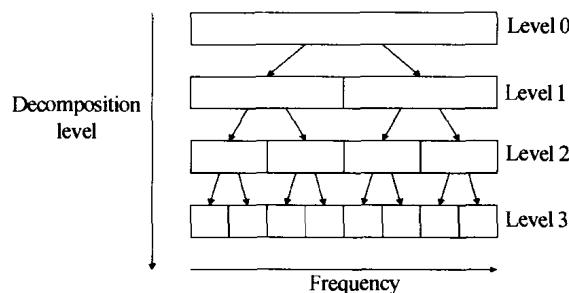


图1 小波包分解的特性

Fig. 1 The property of wavelet packet transform

3 多光谱与全色波段成像的特性^[6]

多光谱成像系统的频带窄, 因此它的频率分辨

*军事预研基金项目(项目编号:51473080101DZ0102)
Tel:029-88202133 Email:yna@mail.xidian.edu.cn
收稿日期:2003-06-24

率高,它能够利用地物在不同光谱区不同的反射特征,来增加获取目标的信息量,但它的空间分辨率低. 全色波段成像系统的频带宽,故其频率分辨率低,但空间分辨率高. 所以,可将多光谱与全色波段图像综观起来,得到空间分辨率与频率分辨率都较高的高分辨多谱图像. 图 2 说明了多光谱与全色波段

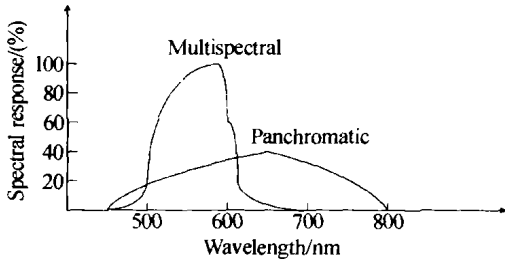


图 2 多光谱与全色波段成像系统的谱特性
Fig. 2 The spectral property of multispectral and panchromatic imaging system

成像系统的谱特性.

4 多光谱与全色波段图像融合方法

对同一地区,在同一瞬间摄取的多个波段的多光谱图像,能够利用地物在不同光谱区的反射特征,来增加获取目标的信息量. 多光谱图像的频率分辨率高,因而它的空间分辨率低. 那么,如何提高多谱图像的空间分辨率呢? 观察图 2 中成像系统的谱特性,可以看出:多光谱成像的频带窄,而全色波段成像的频带宽,并且多光谱频带位于全色波段频带内,即多光谱图像与全色波段图像的低频成分有很强的相关性. 这样,将全色波段图像的低频成分与多光谱图像的低频成分进行适当处理,便可能得到具有较高空间分辨率的多谱图像. 基于上面的分析,提出了以下实现图像融合的方案^[7-9].

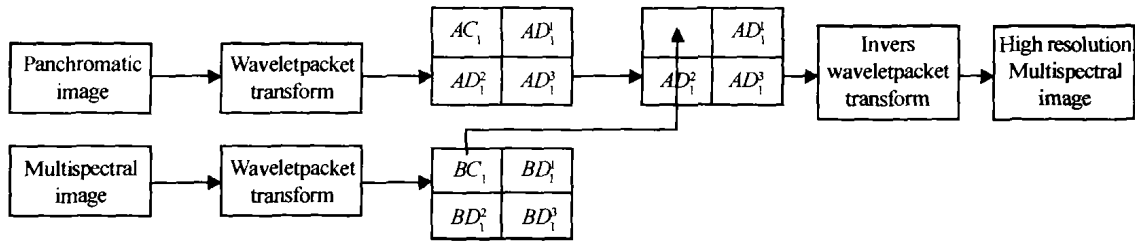


图 3 多光谱与全色波段图像融合方法
Fig. 3 Multispectral and panchromatic images fusion method

首先对两幅已匹配图像进行直方图均衡处理,然后计算各自的小波包变换,将全色波段图像的小波包分解低频成分与多光谱图像小波包分解低频成分进行比较,保留数值较大者,作为新的全色波段图像的小波包分解低频成分,最后对其进行小波包反变换,便可得到具有较高空间分辨率的多谱图像. 经融合处理图像后,吸收了多光谱与全色波段图像的优点.

5 实验结果

采用文中提出的融合方法,对两组实际图像进行了处理. 其中,小波包变换基为Db3,分解层数为2. 如图 4 所示,(a)为全色波段图像,(b)为多谱图像,(c)为融合后图像. 如图 5 所示,(a)为全色波段图像,(b)为多谱图像,(c)为融合后图像.

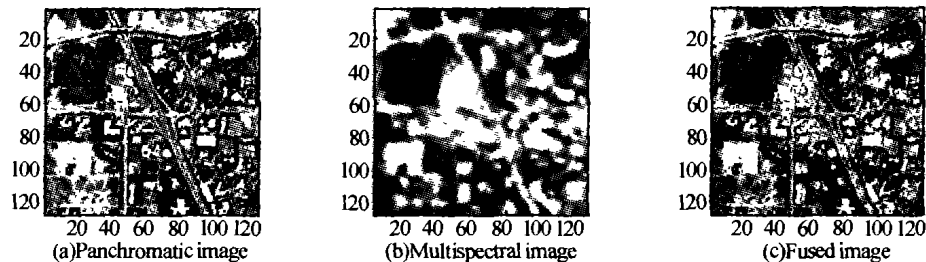


图 4 多光谱与全色波段图像融合结果
Fig. 4 Multispectral and panchromatic images fusion results

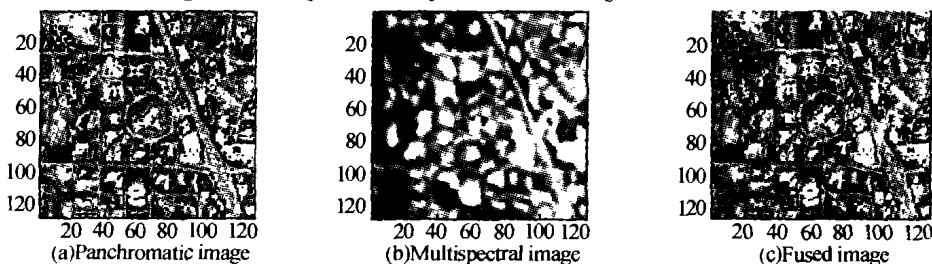


图 5 多光谱与全色波段图像融合结果
Fig. 5 Multispectral and panchromatic images fusion results

由两组实际融合后的图像可以看出,融合后的多谱图像空间分辨率得到了很大提高.

6 结论

一般的小波变换,只是对低频成分进行进一步的分解,而对高频成分则不予考虑.小波包变换,能够将信号的频带进行多层次划分,对高频成分也进行进一步的分解,因此具有更好的时频特性.依据多光谱与全色波段图像的成像机理,提出的基于小波包变换的融合方法,可有效综合多光谱与全色波段图像,从而获得具有较高空间分辨率的多谱图像.

参考文献

- 1 Yocky D A. Multiresolution wavelet decomposition image merger of Landsat Thematic Mapper and SPOT panchromatic data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1996, **62**(9):1067 ~ 1074
- 2 Gross H N, Schott J R. Application of spectral mixture analysis and image fusion techniques for image sharpening. *Remote Sensing of the Environment*, 1998, **63**:85 ~ 94
- 3 Zhukov B, Berger M, Lanzl F, et al. A new technique for merging multispectral and panchromatic image revealing sub-pixel spectral variation. *International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1995, **3**:2154 ~ 2156
- 4 Bretschneider T, Bones P J, McNeill S. Resolution enhancement using multispectral remote sensed imagery. *Proceeding of the Image and Vision Computing, New Zealand '99*, Christchurch, 1999. 109 ~ 114
- 5 张贤达,保铮.非平稳信号分析与处理.北京:国防工业出版社,1998. 277 ~ 284
Zhang X D, Bao Z. Non-stationary signals analysis and processing. Beijing: National Defence Industry Press. 1998. 277 ~ 284
- 6 朱述龙,张占睦.遥感图象的获取与分析.北京:科学出版社,2000. 48 ~ 50,136 ~ 138
Zhu S L, Zhang Z K. Remote Sensing Image Acquisition and Analysis. Beijing: Science Press. 2000. 48 ~ 50, 136 ~ 138
- 7 Chipman L J, Timothy M, Graham L N. Wavelets and Image Fusion. *Proc ICIP'95*, 1995. 248 ~ 251
- 8 Mallat S G. A Theory for multidimension signal decomposition: The wavelet representation. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intell*, 1989, **11**:674 ~ 693
- 9 Mallat S G. Multifrequency channel decomposition of image and wavelet models. *IEEE Trans Acoust Speech Signal Processing*, 1989, **37**:2091 ~ 2110

Remote Sensing Image Fusion with Wavelet Packet Transform

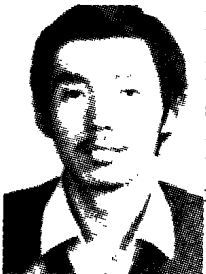
Na Yan, Shi Lin, Yang Wanhai

School of Electronic Engineering, Xidian University, Xi'an 710071

Received date: 2003-06-24

Abstract The multispectral and panchromatic image fusion is discussed. A wavelet packet transform based fusion method is presented after analyzing the basic principles of remote sensing imaging and fusion target. The experiments show that the fusion method can efficiently fuse multi-spectral and panchromatic image and give an satisfactory result.

Keywords Wavelet packet transform; Multispectral image; Panchromatic image; Image fusion



Na Yan received the B. S. degree in electronic engineering and M. S. degree in signals processing from Xidian University in 1985 and 1997 respectively. Now he is a Ph. D. candidate in signals and system. He is currently an associate professor at school of electronic engineering, the Xidian University. His research interests include image processing, data fusion, and image fusion.