

一种基于小波变换的图象融合算法

王文杰 唐 婷 朱重光

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘 要 基于多分辨率小波变换的融合算法近年来得到了广泛的应用. 为了充分利用各种遥感图象的信息, 针对“资源一号”卫星图象和 SPOT 全色波段图象, 提出了一种新的基于区域能量特征的小波变换复原-增强融合算法. 通过同 IHS、PCA 和 HPF 几种传统融合方法的比较和结果评价, 证明该方法在提高“资源一号”卫星图象空间分辨率的同时, 还较好地保留了多光谱图象的光谱信息, 并且有效地克服了“资源一号”卫星图象模糊的缺点.

关键词 小波变换 图象融合 图象复原

中图分类号: TP751.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2001)11-1130-06

A Wavelet Transform-Based Image Fusion Method

WANG Wen-jie, TANG Ping, ZHU Chong-guang

(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract Wavelet transform-based image fusion method have been used broadly these years. In this article, in order to adequately make use of all kinds of remote sensing images' information, it puts forward a new energy-based wavelet fusion method which also uses image restoration and enhancement model to merge the images of CBERS-1 (China-Brazil Earth Resource Satellite) and SPOT PAN (Systeme Pour l'Observation de la Terre Panchromatic) image. Image restoration technique can both increase image acutance and improve image quality. By processing CBERS-1 imgae with image restoration technique, we can not only overcome the blurred image disadvantage, but also improve the fusion result image's quality finally. Compared with the result of IHS, PCA and HPF traditional fusion methods, it is proved that this method can get a perfect result for the application aim of "enhancing the result image's spatial resolution with preserving spectral information and effectively overcome the blurred disadvantage of CBERS-1 image".

Keywords Wavelet transform, Image fusion, Image restoration

0 引 言

随着 21 世纪的来临, 人类也将进入一个崭新的数字地球时代, 而数字地球则需要各式各样的数据信息, 其中遥感信息便是一种重要的信息, 但随着现代遥感技术的不断发展, 已使传感器空间分辨率、光谱分辨率得到大幅度提高, 从而使获得的数据呈海量增加. 同时, 也导致了数据源的多样性和复杂化. 因此, 如何充分利用这些大量的多传感器遥感影像信息, 已是遥感领域亟需解决的难题, 而遥感影像

数据融合技术作为解决这一瓶颈问题的重要理论与方法也已日益引起人们的重视^[1].

由中国和巴西联合研制的“资源一号”卫星于 1999 年 10 月 14 日发射升空, 该星具有视点高、视域广、数据获取快、能重复覆盖和连续观测等优点, 它的投入使用, 将使我国国土资源的监测、开发和利用等事业跃上一个新的高度, 但同时由于“资源一号”卫星遥感图象(简称卫星图象)也存在影像模糊等缺点, 因此如何利用高分辨率图象, 来增强“资源一号”卫星图象信息的清晰度和提高解译的精度、可靠性及使用效率, 则具有重要的现实意义.

本文针对 SPOT 全色波段的高分辨率影像数据 ($10 \times 10 \text{m}^2$) 和“资源一号”卫星影像多光谱数据 ($20 \times 20 \text{m}^2$), 提出了一种新的基于小波变换的图象融合算法。

1 几种常用的融合算法

数据融合技术自从 70 年代在 C³I 系统中进行了成功应用至今, 随着计算机技术和科学理论的快速发展, 其在遥感领域也得到了广泛的应用和发展。根据数据处理的级别来分, 图象融合一般分为象素级、特征级和决策级 3 个层次。本文所讨论的融合算法主要是象素级融合, 并且假定需要融合的两幅图象已经进行了精确配准, 配准的精度在 1pixel 以内。下面简要介绍几种常用的融合算法。

1.1 Intensity-Hue-Saturation (IHS)

IHS 变换可以非常有效地将一幅标准 RGB 图象分解为空间分量 (I) 和光谱分量 (H, S) 信息。它与人类对颜色的视觉参数密切相关^[2]。在对“资源一号”卫星图象进行 IHS 变换时, 就是首先将其从 RGB 颜色空间转换到 IHS 空间。本文所采用的变换公式表示如式 (1)~(3) 所示:

$$\begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.333 & 0.333 \\ -0.408 & -0.408 & 0.816 \\ 0.408 & -0.408 & 0.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$H = \tan^{-1} \left[\frac{V_2}{V_1} \right] \quad (2)$$

$$S = [(V_1)^2 + (V_2)^2]^{1/2} \quad (3)$$

然后对 SPOT 全色波段图象进行线性拉伸, 使之与资源一号卫星图象 I 分量具有相同的均值与方差; 再用拉伸后图象替换资源一号卫星图象 I 分量; 最后把新的 IHS 图象反变换回到 RGB 空间, 反变换公式如式 (4) 所示, 即得到最终的融合结果图象。

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -0.408 & 1.224 \\ 1 & -0.408 & -1.224 \\ 1 & 0.816 & 0.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

如今 IHS 变换融合技术在图象分析领域中已经成为一种标准过程, 并且已得到广泛的应用, 但由于它也有自身的限制, 例如它只能选择多光谱图象的 3 个波段作为融合的数据, 而不能选择全部波段来作为融合的数据, 这就大大降低了当前大量高光谱、超光谱图象数据的利用程度。通常人们选取 3 个波段的准则是使两两波段之间具有最低的相关系

数, 这样就能保证所选择的波段信息不致于有过多的重复。本文所采用的资源一号卫星图象的 3 个波段为可见光的 4, 3, 2 波段。

1.2 PCA 融合方法 (Principal Component Analysis)

PCA (主成分分析) 变换, 即为通常所称的 K-L 变换, 在图象压缩和随机噪声信号的去除等方面均有广泛的应用, Chavez 等人最早把它用于多传感器图象融合之中。在用 PCA 融合方法对“资源一号”卫星图象与 SPOT 图象进行融合时, 首先对资源一号卫星图象进行 PCA 变换; 然后, 对 SPOT 全色波段图象进行线性拉伸, 使之与资源一号卫星图象第一主成分分量具有相同的均值与方差; 最后, 用拉伸后图象替换第一主成分, 再通过 PCA 反变换回到 RGB 空间, 即得到最终的融合结果图象。

PCA 融合方法的优点在于, 它适用于多光谱图象的所有波段; 但其不足之处在于, 由于在 PCA 融合方法中只是用 SPOT 全色波段图象来简单替换资源一号卫星图象第一主成分, 这样可能会损失资源一号多光谱图象第一主成分分量中的一些反映光谱特性的有用信息, 因而使得融合结果图象的光谱分辨率受到较大影响^[3]。

1.3 HPF 融合方法 (High Pass Filtering)

HPF 方法常应用于图象数据的边缘信息提取, 同时是图象压缩和图象重建技术中的一个基本部分。用该方法对“资源一号”卫星图象与 SPOT 图象进行图象融合时, 首先用一个较小尺寸的高通滤波器对 SPOT 全色波段图象进行滤波, 这样就除去了大多数的光谱信息, 而保留了空间信息; 然后把新的经过高通滤波的图象加入到资源一号卫星图象的各波段, 就得到了最终的融合结果图象。

HPF 融合方法的优点在于很好地保留了原多光谱图象的光谱信息, 但其不足之处则在于, 高通滤波器的选择对融合结果的影响很大, 由于 HPF 法的滤波器尺寸大小是固定的, 因此对于不同大小的各种地物类型很难或不可能找到一个理想的滤波器。若滤波器尺寸取得过小, 则融合后的结果图象将包含过多的纹理特征, 并难于将高分辨率图象中空间细节融入结果中; 若滤波器尺寸取得过大, 则难于将高分辨率图象中非常重要的纹理特征加入到低分辨率图象中去。实验结果表明, 滤波器尺寸取为高低分辨率图象分辨率比值的两倍, 其结果最好^[3]。

2 基于小波变换的融合算法

多分辨率小波分析是一种新的时域/频域信号分析工具,它可以把信号分解到更低分辨率水平上的信号表示,这一级的信号表示由低频的轮廓信息和原信号在水平、垂直和对角线方向高频部分的细节信息组成,且每一次分解均使得信号的分辨率变为原信号的 $1/2$,这样就能使人们很容易地找到变换后的小波系数和原始图象内容在空间和频率域两方面的对应关系。近年来,多分辨率小波分析方法已被广泛地用于多传感器图象数据的融合之中(如 Dupont 等 1996, Yocky 等 1996, Zhou 等 1998),而且这种方法最大限度地保留了原多光谱图象的光谱信息。标准的基于小波变换的图象融合,一般包括以下几个步骤^[4]:

(1) 首先,对高、低分辨率图象进行配准,配准精度要求在 1pixel 以内。

(2) 分别对高、低分辨率图象进行 n 次小波变换(n 通常取 2 或 3),以得到各自相应分辨率的低频轮廓图象和高频细节纹理图象。

(3) 用低分辨率图象的低频部分来代替高分辨率图象的低频部分。

(4) 对替换后图象进行小波逆变换,得到最终融合结果图象。

上述算法的不足之处在于,第 3 步中低频图象部分的简单替换会造成原低分辨率图象的信息损失。由于资源一号卫星图象和 SPOT 全色波段图象时相差异很大,且两种传感器影象具有较差的相关性,因此由上述算法引起的资源一号卫星图象原有信息的丢失,会对融合结果造成较大的影响。针对这个问题,对于经小波变换后高、低分辨率图象的高频细节影象部分,本文采用了基于区域能量特征的融合算法^[5],且在算法中采用一个 $P_{[3][3]}$ 的特征提取算子

$$P_{[3][3]} = \{(0,1,0), (1,2,1), (0,1,0)\}$$

再用式(5)来加权计算中心象素及其近邻的能量 E

$$E_A = \sum_{m,n \in Z} P[m'] [n'] G_A(m+m', n+n') \quad (5)$$

并且用如式(6)所示的 M_{AB} 来表示两图象(A, B)在该区域的匹配度

$$M_{A,B}(m,n) = \frac{2}{E_A + E_B} \sum_{m',n' \in Z} P[m'] [n'] G_A(m+m', n+n') G_B(m-m', n-n') \quad (6)$$

当 M_{AB} 大于某给定阈值 λ 时,则进行加权运算来融合各原始图象的特征,权值 W 由式(7)确定,否则,就直接选择区域能量较大区域的中心象素来作为融合图象中该位置的象素。

$$W_{\min} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \left| \frac{1 - M_{AB}}{1 - \lambda} \right|, W_{\max} = 1 - W_{\min} \quad (7)$$

“资源一号”卫星图象由于成像系统等原因,存在着图象模糊等缺点,为了提高图象的锐度和改善图象的质量,对“资源一号”卫星图象进行图象复原处理是必要而有意义的,这也可以最终提高融合图象的质量。另外,在大多数数据集集中,全色波段图象数据看上去,锐化度不强(低对比度),特别是城市地区,这是由图象整体的 MTF (Modulation Transfer Function) 来决定的,包括影象光学系统、传感器电子设备和大气湍流等的影响^[6]。由于本文的融合是以“在保留原多光谱图象光谱信息的同时,更好地提高了其空间分辨率”为应用目的,因此对全色波段图象进行增强处理,以提高结果图象的清晰程度是有实际意义的,这一点通过下面的实验结果也可以得出结论。虽然 SPOT 卫星并不提供 MTF 参数,但是可以模拟 MTF 曲线,再通过 MTF 纠正,即可以实现对全色波段图象的增强处理,并使上述不利因素的影响降低,同时也增加了 SPOT 全色波段图象空间域的细节信息,从而也增加了最终融合图象的细节信息。

这里,首先由系统参数给定的 MTF 值,就可以利用最小二乘法来拟合 MTF 曲线,进而构造与图象尺寸及图象频谱相对应的 MTF 矩阵;然后,在图象的频率变换域中,即可利用 MTF 矩阵来对图象进行最小二乘法增强处理;最后,经过傅里叶反变换回到空间域,即得到经过 MTF 纠正的增强图象。而且当 MTF 矩阵与系统理想状态一致时,即可实现对该图象的复原处理。

综上所述,即为本文针对“资源一号”卫星图象和 SPOT 全色波段图象所提出的融合算法——基于区域能量特征的复原-增强融合算法,其过程模型如图 1 所示。

过程 1:对资源一号卫星图象和 SPOT 全色波段图象进行配准,配准精度要求在 1pixel 以内。

过程 2:分别对资源一号卫星图象和 SPOT 全色波段图象进行图象复原、增强。

过程 3:对资源一号卫星图象进行从 RGB 空间到 IHS 空间的转换,得到代表亮度的 I 分量和其余两个分量。

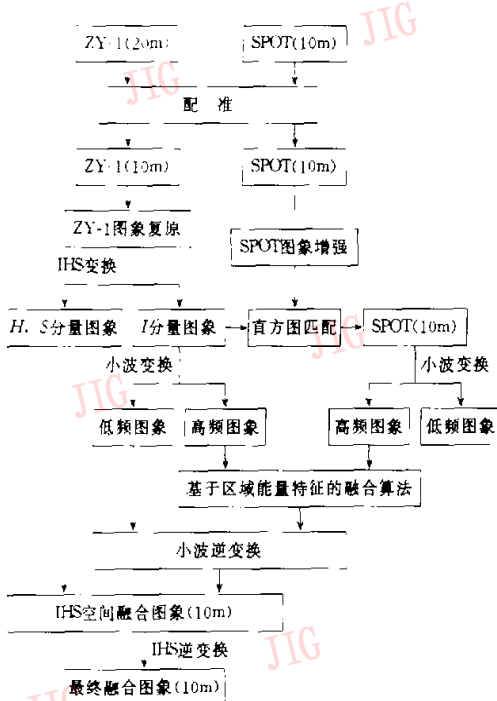


图1 本文融合算法模型

过程 4: 以 I 分量图象为参考图象, 对 SPOT 全色波段图象进行直方图匹配。

过程 5: 分别对匹配后的 I 分量图象和 SPOT 全色波段图象进行 n 次小波变换 (n 通常取 2 或 3), 得到各自相应分辨率的低频图象和高频细节纹理图象, 本文中选用的小波基是长度为 13 的 Daubechies 小波基, 小波变换级数 $n=3$ 。

过程 6: 基于区域能量特征的融合。

过程 7: 对融合后的图象进行 n 次小波逆变换, 即得到融合后的 I 分量图象。

过程 8: 对 I 分量图象和过程 3 中得到的 H 、 S 分量图象进行 IHS 逆变换, 即得到最终融合图象。

多传感器的数据融合, 通常是对来自低空间-高光谱分辨率传感器的光谱信息和低光谱-高空间分辨率传感器的空间信息的一种平衡, 而对于小波变换融合方法, 则可以通过调整小波分解的级数来比较容易地控制这种平衡^[7]。这里, 小波分解的级数取决于全色图象和多光谱图象的分辨率比值。虽然对于分辨率为 20m 的“资源一号”卫星图象和分辨率为 10m 的 SPOT 卫星图象来说, 取小波分解的级数为 2 更加合适一些; 然而, 由于实际上“资源一号”卫星图象和 SPOT 卫星图象来自不同时相, 因此为了更加充分地融合 SPOT 卫星图象的空间信息, 本文

建议采用的小波级数为 3。在实验结果中同样发现, 小波级数取为 3 较好地实现了融合结果图象与“资源一号”卫星图象和 SPOT 卫星图象相关系数的平衡。大家知道, 小波基的长度决定重建图象的光滑程度, 即如果长度越短, 则重建图象的变化就越不光滑, 对人眼的刺激就越大, 因而视觉效果就越差; 另一方面, 增加小波基的长度必然会相应地增加算法的运算时间。综合考虑二者之间的利弊, 本文选取的小波基的长度为 13。

3 实验结果及评价

本文中使用的实验图象是大小为 512×512 的北京地区的“资源一号”卫星图象 (彩色图版 1 图 1) 和 SPOT 全色波段图象 (彩色图版 1 图 2)。

由于没有标准图象可以比较, 对融合结果的评价一直是困扰人们的一个问题。考虑到图象大小的一致性, 本文一方面选择 SPOT 全色波段图象和以之配准过的资源一号 3 个波段图象作为结果判定的参考图象; 另一方面, 从数理统计角度和视觉量测方面进行分析和比较, 以评价 IHS, PCA, HPF, 标准的 MWD 和本文所采用的方法之间的优劣。

3.1 基于数理统计的分析和比较

本文用于评价融合结果的统计参数包括各种融合方法结果图象的均值、嫡值、标准偏差、平均梯度, 还有它与相对应的资源一号卫星参考图象之间的偏差指数和相关系数^[8]。其统计结果如表 1 所示。

(1) 图象的嫡和标准差是衡量该图象信息丰富程度的一个重要指标。从表 1 中可以看出, 本文融合算法结果相对于其他方法, 其嫡和标准差的值最大, 这说明用本文方法融合后的图象上信息量增加得最多, 达到了富集表示的目的。从表 1 可见, 各方法融合图象信息量多少依次为 $HPF \gg IHS > PCA$, 这也说明各融合结果图象的信息含量依次降低。

(2) 偏差指数用以反映融合结果图象与原高光谱分辨率影像的偏差程度, 而相关系数则反映了融合结果图象与原高光谱分辨率影像的相关程度。从表 1 中可以看出, 相对于传统的 IHS 和 PCA 融合方法, 本文融合算法其融合结果的偏差指数最小, 相关系数则最大, 这些说明本文融合算法能很好地保持原始资源一号图象的光谱信息。其中还值得注意的是, HPF 法融合结果图象的偏差指数在各种融合方法中最小, 而相关系数最大, 这说明这种传统的融

表1 几种融合结果图象统计参数对比

融合方法	波段	均值	熵	标准偏差	偏差指数	平均梯度	相关系数
“资源一号”卫星遥感图象	R	171.57	3.516	56.06		7.998	
	G	158.09	2.876	58.87	—	12.67	
	B	150.16	2.729	52.99		16.51	
IHS	R	171.16	5.206	52.49		25.93	0.351
	G	158.26	5.310	56.39	0.445	26.79	0.415
	B	149.47	5.270	54.47		27.26	0.384
PCA	R	171.39	5.197	51.17		24.82	0.404
	G	158.09	5.266	58.97	0.442	28.70	0.335
	B	149.93	5.262	53.16		26.42	0.422
HPF	R	170.49	5.172	59.34		25.81	0.921
	G	156.84	5.289	62.45	0.125	31.64	0.913
	B	149.15	5.278	56.47		32.74	0.902
基于能量特征的 复原-增强融合算法	R	162.11	5.250	62.47		32.55	0.890
	G	152.16	5.320	60.44	0.119	32.24	0.896
	B	146.58	5.296	56.48		34.03	0.869

合方法在保留原多光谱图象的光谱信息方面已经做得很好。

(3) 平均梯度反映了图象中的微小细节反差与纹理变化特征,同时也反映了图象的清晰度。从表1中可以看出,本文融合算法结果相对于其他方法,其平均梯度值最大,这说明用本文方法融合后图象的清晰度最高,也就是说,融合达到了提高空间分辨率的目的。从表1可见,各方法融合图象的平均梯度大小依次为 HPF \gg IHS $>$ PCA,这也说明各融合结果图象的清晰度依次降低。

3.2 基于目视判读的比较和分析

从几种方法的融合结果图中(彩色图版1图3~图6)可以看出,无论是空间分辨率,还是图象的清晰程度,这几种方法的融合结果图象均比原资源一号卫星图象有较大程度的提高,如图象下方的机场道路等。其中,本文融合算法结果图象的目视判读效果最好(彩色图版1图6),其次是标准的基于小波变换的融合图象,在3种传统的融合方法中,HPF融合图象的目视判读效果较好(彩色图版1图5),PCA变换和IHS变换融合图象效果则较差(彩色图版1图3、图4)。

从光谱特征来看(可以采用图象右上方的昆明湖作为参考区域),基于小波变换的融合算法和HPF融合方法的融合结果图象在色彩上最接近原资源一号卫星图象,而IHS变换和PCA变换融合结果图象则有较大程度上的失真。这说明本文所采用的融合方法能更好地保持原资源一号卫星遥感图象的光谱信息。

4 结论

本文在总结前人的几种常用图象融合算法的基础上,提出了一种新的融合算法,即基于能量特征的复原-增强融合算法,该算法是先分别对原高、低分辨率图象进行复原和增强处理,然后对它们进行融合,融合过程是采用基于区域能量特征的融合算法,从而使融合结果图象在很好地保留原资源一号卫星图象丰富光谱信息的同时,较大地提高了其空间分辨率,也就为最终增强资源一号卫星图象的信息清晰度,改善解译的精度,以及提高信息的可靠性及使用效率,提供了技术上的支持。

参考文献

- 1 李军,李月琴,李德仁. 小波变换用于高分辨率全色影像与多光谱影像的融合研究[J]. 遥感学报,1999,3(2):116~126.
- 2 Pohl C, Genderen J L Van. Multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, methods and applications[J]. Int. J. Remote Sensing,1998,19(5):823~854.
- 3 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.
- 4 何国金,李克鲁,胡德永. 多卫星遥感数据的信息融合:理论与方法与实践[J]. 中国图象图形学报,1999,4(9):744~749.
- 5 蒋晓瑜,高稚允,周立伟. 基于小波变换的多分辨图象融合[J]. 北京理工大学学报,1997,17(4):458~460.
- 6 Kumar A S, Kartikeyan B, Majumdar K L. Band sharpening of IRS-multispectral imagery by cubic spline wavelets[J]. Int. J. Remote Sensing,2000,21(3):581~594.
- 7 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.

5. Laurem Wald, Thierry Ranchin, Marc Mangolini. Fusion of satellite image of different spatial resolutions: Assessing the quality of resulting images[J]. PE&RS, 1997, 63(6):691~699.



王文杰 1975 年生,2000 年 7 月获中国科学院遥感应用所地图学与遥感专业工学硕士学位,现为中科院遥感应用研究所研究实习员,主要研究方向为图象处理技术。



唐 鸿 1968 年生,1996 年 7 月获北京师范大学数学系理学博士学位,现为中国科学院遥感应用研究所研究员,主要研究方向为函数逼近理论、图象处理技术等。



朱重光 1938 年生,1963 年毕业于武汉测绘科技大学,现任中国科学院遥感应用研究所研究员,主要研究领域为遥感图象分析局部自适应理论、图象反演病态理论、图象处理系统集成等。

第二届全国虚拟现实与可视化学术会议(CVRV'2002)

征文通知

中国计算机学会虚拟现实与可视化专委会和中国图象图形学学会虚拟现实专委会将联合举办首届国内虚拟现实与可视化学术会议,会议定于 2002 年 4 月 7 日~8 日在杭州召开,由杭州电子工业学院和浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室联合承办,该会将与“虚拟现实及其应用”高级研讨班[2002 年 4 月 8~9 日]和第三届“虚拟现实及其在工业中的应用”国际会议 VRAI'2002[2002 年 4 月 10 日~12 日]联袂举行,会议将以“虚拟现实和可视化技术发展及应用”为主题,开展广泛的学术交流和讨论,会议将特邀著名国内外学者和专家就虚拟现实及可视化的最新动态和热点问题作专题讲演和报告,欢迎从事相关科研、教学、工程、开发及推广应用的研究开发人员参加。

一、征文范围

VR 系统结构	基于图象的绘制	几何压缩	模型简化和多分辨率造型	图形实时生成和绘制
行为构模和仿真	交互技术和设备	多通道用户界面	VR 中的心理学	增强现实(AR)
智能虚拟环境	分布式 VR	协同式 VR	计算机动画	VR 应用
面向电子商务的 VR 技术	Web-3D	虚拟企业/社区	VR 游戏	虚拟设计和虚拟制造
虚拟人体及应用	建模技术	多媒体技术	地理信息系统	可视化技术
三维立体声绘制	智能虚拟环境	人工生命	信息获取和可视化	数字城市

二、征文要求及有关事项

1. 稿件应反映在虚拟现实及可视化的理论、模型、技术、产品或应用成果,并未曾在其他会议及国内公开刊物上发表过。
2. 经会议程序委员会评审录用的论文将收入大会论文集,会后部分优秀论文将推荐到《软件学报》、《计算机学报》、《计算机研究与发展》、《计算机辅助设计和图形学学报》、《中国图象图形学报》和《系统仿真学报》正式发表。
3. 文稿请按 Word 格式排版,接受电子投稿和正常打印投稿(附光盘),凡经录用论文,将按统一规格排版印刷。

4. 重要日期:

征文截止日期:2002 年 2 月 1 日

录取通知日期:2002 年 3 月 1 日

照相版论文截止日期:2002 年 3 月 15 日

5. 来稿请寄:

(1) cvrv2002@cad.zju.edu.cn (电子版)

(2) 杭州 310027, 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室 潘志庚,刘 箴收(打印文稿,一式三份,注明:CVRV'2002 会议论文)

三、会议网址和电子邮件地址

http://www.cad.zju.edu.cn/CVRV2002;http://www.hzice.edu.cn/CVRV2002

E-mail:cvrv2002@cad.zju.edu.cn

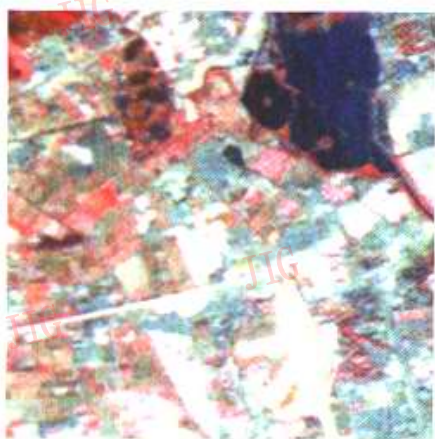


图1 资源一号图象



图2 SPOT 全色波段图象



图3 IHS 变换融合结果图象



图4 PCA 变换融合结果图象

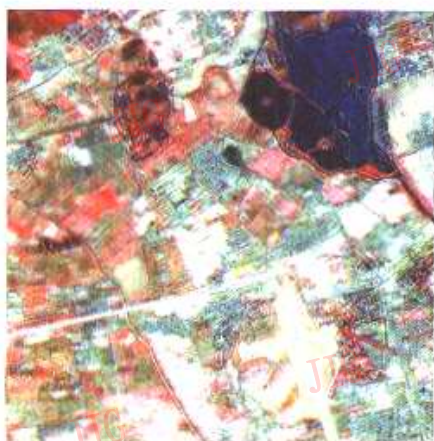


图5 HPF 法融合结果图象



图6 本文算法融合结果图象