



# 基于边缘信息的多光谱高分辨 图像融合方法<sup>1)</sup>

杨 炬<sup>1</sup>      裴继红<sup>2</sup>      杨万海<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(深圳大学信息工程学院 深圳 518060)

<sup>2</sup>(西安电子科技大学电子工程学院 西安 710071)

**摘 要** 针对多光谱图像和高分辨图像的融合问题,提出了一种基于边缘信息的新的图像融合方法,该方法根据高分辨图像中的边缘强度,对多光谱图像在 IHS 变换中的强度信息进行了调整,得到的光谱强度同时反映了高分辨图像的细节信息和多光谱图像的光谱信息.实验结果表明,该方法的融合效果优于传统的 IHS 变换法和小波变换方法.

**关键词** 图像融合,彩色空间,IHS 变换

**中图分类号**

## A METHOD TO FUSE MULTISPECTRAL AND HIGH RESOLUTION IMAGES BASED ON EDGE INFORMATION

YANG Xuan<sup>1</sup>    PEI Ji-Hong<sup>2</sup>    YANG Wan-Hai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(College of Information Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060)

<sup>2</sup>(College of Electronics Engineering, Xidian University, Xi'an 710071)

**Abstract** A new technique is developed for data fusion of multispectral image and high resolution image. The intensity component of the fusion image is modified by combining multispectral information and high resolution information which is determined by image edge intensity. The fusion image is reconstructed by means of the inverse IHS transform. Experimental comparisons show that the IHS method performs better in preserving spatial resolutions and color content than the traditional IHS transform technique and wavelet transform fusion method.

**Key words** Image fusion, color space, IHS transform

## 1 引言

图像融合是将不同传感器得到的多个图像根据某个算法进行综合处理,以得到一个新

1) 国防预研基金资助

的、满足某种需求的新图像<sup>[1]</sup>. 图像增强是图像融合的重要研究内容, 其中一个重要的研究内容是将高空间分辨率的图像和多光谱图像(低分辨率)进行融合, 得到一个具有高空间分辨率的多光谱图像. 这一技术中具有代表性的方法有 IHS 变换法<sup>[2]</sup>和小波变换法<sup>[3]</sup>. IHS 变换法的特点是高频信息丰富, 但光谱信息损失较大. 小波变换方法可以较好地保留多光谱图像中的光谱信息, 但在反变换的结果中会出现方块效应. 本文针对高空间分辨率图像和多光谱图像的融合问题, 提出了一种新的基于 IHS 变换的图像融合方法. 该方法首先使用边缘算子提取高分辨图像的边缘强度信息, 最后进行一次 IHS 反变换, 可以得到一幅具有高空间分辨率的多光谱图像.

## 2 图像融合方法

一幅彩色图像可以用三基色 RGB 表色系统来表示, 但三基色表色系统不符合人们对颜色的理解和认识习惯, 通常人们对颜色的认识基于颜色的色调  $H$ 、饱和度  $S$  和强度  $I$ . 光谱信息主要体现在色调和饱和度上, 从视觉特点上分析, 强度的改变对光谱信息影响较小, 便于处理. 对于高空间分辨率图像和多光谱图像的融合问题, 希望在保留光谱信息的前提下, 添加高空间分辨率图像的细节信息, 因此更适于在 IHS 空间中进行处理<sup>[4]</sup>. 从 RGB 三基色空间到 IHS 柱型彩色空间的转化公式参见文献<sup>[5]</sup>.

利用 Sobel 边缘检测算子对高分辨图像进行运算, 得到一幅高分辨图像的边缘强度图像. 对于一个理想的阶跃边缘, Sobel 算子将在边缘产生跳变的位置产生一个宽度为 2 的脉冲, 即边缘强度将覆盖边缘发生变化的一个小邻域范围. Sobel 算子的这一特点在进行边缘检测时是一个缺点, 而在我们的多光谱、高分辨图像融合问题上却是一个优点. 因为我们需要将高分辨图像的边缘在邻域内强度变化的情况保留下来, 而不仅仅是保留在边缘这一位置上的强度信息. 实际上, 考虑到实际边缘的强度变化都发生在一个邻域范围内, 因此任何可以计算边缘强度的算子都可以使用.

令  $f$  是坐标为  $(i, j)$  的像素在高分辨图像中的灰度强度值,  $g$  是坐标为  $(i, j)$  的像素在边缘强度图像中的边缘强度值, 多光谱图像中坐标为  $(i, j)$  的像素在 IHS 柱型彩色空间中的三个分量分别为色调  $H'$ 、饱和度  $S'$  和强度  $I'$ , 融合图像中坐标为  $(i, j)$  的像素在 IHS 柱型彩色空间中的三个分量分别为色调  $H$ 、饱和度  $S$  和强度  $I$ . 定义  $H=H'$ ,  $S=S'$ ,  $I=\alpha f+(1-\alpha)I'$ .

融合图像在坐标  $(i, j)$  处的强度  $I'$  被重新调整为强度  $I$ , 其中调整系数

$$\alpha = \begin{cases} 1, & g \geq T, \\ \frac{1}{2} \sqrt{\sin\left[\left(\frac{2g}{T} - 1\right) \frac{\pi}{2}\right]} + \frac{1}{2}, & \frac{T}{2} \leq g < T, \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\left|\sin\left[\left(\frac{2g}{T} - 1\right) \frac{\pi}{2}\right]\right|}, & 0 \leq g < \frac{T}{2}. \end{cases}$$

从调整系数  $\alpha$  的定义可以看出, 如果边缘强度  $g$  大于阈值  $T$ , 则调整系数  $\alpha$  为 1, 融合图像的光谱强度  $I=f$ , 即由高分辨图像决定; 如果边缘强度  $g$  接近于 0, 则调整系数  $\alpha \approx 0$ , 融合图像的光谱强度  $I \approx I'$ , 即由多光谱图像决定; 如果边缘强度  $g$  处于 0 到  $T$  之间, 则边缘强度越大, 高分辨图像占的成份越多. 这一点正反映了融合图像同时保留边缘细节和光谱信息的特点. 从整图的效果上看, 其融合结果自然优于传统的 IHS 变换法. 这里需要说明的是, 只

要  $\alpha$  的函数形式满足类似的变化趋势,都可以作为  $\alpha$  的取值函数,不同的函数形式对融合的结果影响并不大.

在调整光谱强度时,需要确定阈值  $T$ . 如果  $T$  过大,则融合图像受多光谱图像的影响强,其光谱信息趋近于多光谱图像,边缘细节丢失严重;如果  $T$  过小,则融合图像受高分辨图像影响强,边缘细节丰富,但光谱信息丢失严重;如果  $T=0$ ,则  $\alpha=1$ ,此时该方法退化为传统 IHS 变换法. 因此,阈值  $T$  的取值应首先考虑将较强的边缘细节保留下来,阈值  $T$  的取值可以参见文献[6].

### 3 实验结果

我们使用彩色 mandrill 图. 图 1(a)作为理想融合图像,将其对应的灰度图像作为高分辨率图像,对理想图像进行模糊处理后作为多光谱图像. 分别利用传统 IHS 变换法、小波变换法和本文的方法来进行融合,融合图像如图 1(b)~(d)所示. 需要说明的是,这里模糊处理的模糊程度对本文方法融合结果的影响并不大,因为多光谱图像提供的是融合图像中平滑区的光谱信息,而被模糊的边缘信息是由高分辨图像提供的,因此模糊处理的程度对融合结果的影响并不严重.

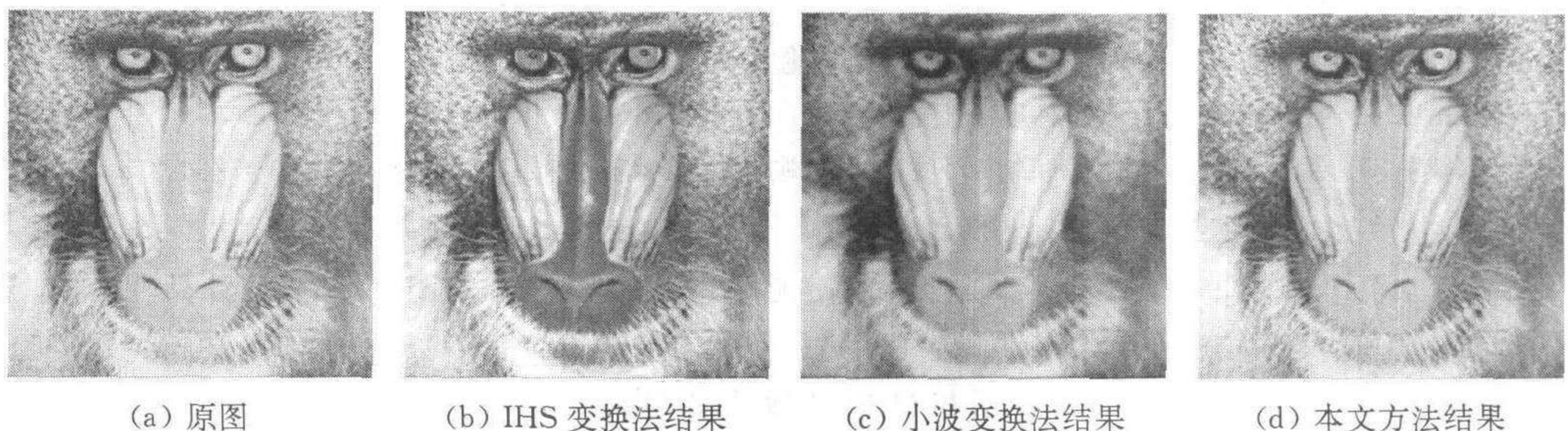


图 1 彩色 mandrill 图

为了对融合图像进行比较,我们利用原始图像来进行分析. 假设原始图像在坐标  $(i, j)$  处的三基色值为  $(R_{ij}, G_{ij}, B_{ij})$ , 融合图像在坐标  $(i, j)$  处的三基色值为  $(R_{ij}^F, G_{ij}^F, B_{ij}^F)$ , 分别对  $R, G, B$  三个通道定义融合图像相对于原始图像的差  $D_R, D_G, D_B$  为

$$D_R = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |R_{ij} - R_{ij}^F|, \quad D_G = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |G_{ij} - G_{ij}^F|, \quad D_B = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |B_{ij} - B_{ij}^F|,$$

其中  $M \times N$  是图像的大小.  $D_R, D_G, D_B$  的值反映了融合图像与原始图像在光谱信息上的差异,但不能反映融合图像边缘细节的丰富程度,因此需要从视觉的主观感受上评价融合图像的边缘细节情况.

表 1 是不同融合方法得到的融合图像与理想图像在  $R, G, B$  通道上的差,可以看出,本文提出的方法保持了更多的光谱信息,同时保留了高分辨图像中大多数的细节,其边缘的丰富程度优于小波变换法,视觉效果令人满意.

表 1 彩色 mandrill 图融合图像与原图的差异

	$D_R$	$D_G$	$D_B$
IHS 变换法	20.14	12.80	13.06
小波变换法	16.79	16.21	15.05
本文方法	6.99	5.95	8.17

## 4 结论

在多光谱图像和高空间分辨率图像进行图像融合时,传统的 IHS 变换法损失了较多的光谱信息,但其融合图像视觉效果较好;小波变换法较好地保留了光谱信息,但其融合图像具有方块效应.本文针对这些方法存在的问题,提出了一种基于边缘信息的图像融合方法,该方法利用边缘强度调整多光谱图像在 IHS 变换中的光谱强度分量.调整后的光谱强度同时保留了高分辨图像的边缘细节和多光谱图像的光谱信息.实验比较表明,该方法得到的融合图像更接近于原始图像的光谱信息,同时较好地保持了图像的空间分辨率,是一种比较理想并且实现简单的图像融合方法.

## 参 考 文 献

- 1 POHL C, VAN Genderen J L. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *Int. J. Remote Sensing*, 1998, **19**(5):823~854
- 2 Carper W J, Lillesand T M, Kiefer R W. The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1990, **56**:459~467
- 3 David A. Image merging and data fusion by means of the discrete two-dimensional wavelet transform. *J. Opt. Soc. Am. A*, 1995, **12**(9):1834~1841
- 4 裴继红. 基于模糊信息处理的图像分割方法研究[学位论文]. 西安:西安电子科技大学,1998
- 5 Castleman K R. 数字图像处理. 北京:电子工业出版社,1996. 476~479
- 6 杨 烜,梁德群. 基于区域一致性测度的多尺度边缘检测方法. *自动化学报*, 1999, **25**(6):757~762

**杨 烜** 博士,现工作于西安电子科技大学博士后流动站.主要从事智能信息处理、计算机视觉、模式识别、图像融合等方面的研究.

**裴继红** 副教授,博士.主要从事计算机视觉、图像处理、智能信息处理等方面的研究.

**杨万海** 教授,博士生导师,中国电子学会高级会员.主要从事智能信息处理、数据融合、雷达信号处理、目标信号检测等方面的研究.