

基于对比度的小波图像融合算法研究

王正林

(91404 部队,河北 秦皇岛 066001)

摘要: 图像融合可以集成多个源图像中的冗余和互补信息,增加图像理解的全面性,获得对同一场景的更为准确可靠的图像描述。传统的小波图像融合方法的融合规则是分别对低频和高频系数进行处理,忽略了两之间的联系。本文提出利用对比度将高频系数和低频系数的处理联系起来,并以对比度作为度量系数取舍的准则进行图像融合。实验仿真研究表明,本文提出的算法很好地保留了多幅源图像的有用信息,是一种有效的图像融合算法。

关键词: 图像融合;多聚焦;小波变换;对比度

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-5078.2014.09.019

Wavelet image fusion algorithm based on contrast

WANG Zheng-lin

(Unit 91404 of army, Qinhuangdao 066001, China)

Abstract: Image fusion can integrate redundant and complementary information from multiple image sources, and the comprehensiveness of image understanding can be increased, and a more accurate and reliable image can be obtained for the same scene. Fusion rules of traditional wavelet image fusion are to process low-frequency and high-frequency coefficients respectively, but it ignored the relation between the two. The contrast is used to connect low-frequency coefficients process with high-frequency coefficients process, and it is as the criterion to select the coefficient for image fusion. Experimental simulation results show that the algorithm can preserve the useful information from multiple source images, and it is an effective image fusion algorithm.

Key words: image fusion; multi-focus; wave transform; contrast

1 引言

图像融合是指综合来自多个传感器对同一场景的图像数据,充分利用彼此间的互补信息,以获得更精确和全面的描述^[1]。基于小波变换的图像融合方法具有融合效果好的突出特点,已成为图像融合应用和研究的热点。基于小波变换的融合算法的步骤为^[2]:①将图像进行小波分解,得到各层各分量对应的小波系数;②选取融合规则,对各系数进行运算选取;③对处理后的系数进行小波逆变换得到融合图像。在图像融合算法中,融合规则的选取是至关重要的,它直接影响融合后图像的质量^[3]。目前融合规则可分为两大类:基于像素的融合规则和基于区域的融合规则。基于像素的融合规则只对指定的单个像素进行运算,不涉及其邻域,而基于区域的

融合规则充分考虑其邻域内像素的相关性,融合效果更好,应用更多。目前基于区域的融合规则主要有基于区域方差和基于区域能量的融合算法两种^[4]。图像经小波分解后得到一个低频子图像和多个高频子图像,低频子图像代表了图像的近似分量,高频分量代表了图像的细节分量,现有的融合规则是单独对低频分量或高频分量处理,忽略了高频与低频分量之间的联系,本文利用对比度概念将低频分量和高频分量联系起来,提出一种基于对比度的小波图像融合算法。仿真实验结果表明该算法很好地保留了多幅源图像的有用信息,能取得较好的

作者简介: 王正林(1970-),男,高级工程师,现从事光电对抗技术专业。E-mail: off3930387@163.com

收稿日期: 2014-01-13; **修订日期:** 2014-02-17

融合效果。

2 对比度

假设两幅图像为 $A(x,y)$ 和 $B(x,y)$, 用 (x,y) 表示任意像素的坐标, 用 $g_i^A(x,y)$ 与 $f_N^A(x,y)$, $g_i^B(x,y)$ 与 $f_N^B(x,y)$ (其中 $i = 1, 2, \dots, N_B$) 表示原图像 A 和 B 分别经离散小波变换分解后的高频和低频子带系数。原图像经过图像变换分解后的高频子带系数代表了原图像的细节信息, 细节信息越多, 说明清晰度越高。蒲恬^[5] 等人将对对比度概念应用于多传感器图像融合之中。图像对比度 C 一般定义为:

$$C = \frac{L_p - L_B}{L_B} = \frac{L_H}{L_B}$$

式中, L_p 为图像局部灰度; L_B 为图像局部背景灰度 (相当于图像变换后的低频分量); $L_H = L_p - L_B$ 则相当于图像变换后的高频分量。考虑到图像像素之间的相关性, 基于传统的对比度概念, 定义图像中各像素的新的对比度如下:

$$C^I(x,y) = \sum_{i=1}^{N_H} \sum_{(m,n) \in N(x,y)} \left[\frac{g_i^I(m,n)}{f_N^I(m,n)} \right]^2, I = A, B$$

式中, $N(x,y)$ 为以像素 (x,y) 为中心定义的矩形窗口 (一般较小, 9×9 如像素)。 $C^I(x,y)$ 越大, 说明原图像 I 中像素 (x,y) 所在局部区域对比度越大, 对应像素越清晰。

3 基于对比度的小波融合算法

本文在传统对比度的基础上, 定义一种新的对比度将高频分量和低频分量联系起来, 提出一种基于对比度的小波图像融合算法。该算法的实现步骤如下:

- 1) 离散小波对两幅待融合图像进行小波分解, 得到低频子带系数和一系列高频子带系数;
- 2) 对高频和低频子带系数遍历计算像素的对比度;
- 3) 对高频和低频子带系数按照相应的融合规则选取融合系数;
- 4) 小波重构得到融合图像。

图像分解后的高频子带系数代表了细节分量, 对比度高的像素是希望得到的像素, 故定义高频子带的融合规则如下:

$$g_i^F(x,y) = \begin{cases} g_i^A(x,y), & \text{如果 } C^A(x,y) \geq C^B(x,y) \\ g_i^B(x,y), & \text{如果 } C^A(x,y) < C^B(x,y) \end{cases}$$

其中, $g_i^F(x,y)$ 是融合图像的高频系数。

图像分解后的低频子带系数代表了近似分量且位于最高层, 常用的融合规则为简单的像素选择或

者加权平均, 因本文对比度定义联系了低频与高频子带系数, 所以只需选择对比度高的像素, 即:

$$f_N^F(x,y) = \begin{cases} g_N^A(x,y), & \text{如果 } C^A(x,y) \geq C^B(x,y) \\ g_N^B(x,y), & \text{如果 } C^A(x,y) < C^B(x,y) \end{cases}$$

其中, $f_N^F(x,y)$ 是融合图像的低频系数。最后通过离散小波重构即可获得融合图像。

4 实验结果

为验证本文算法的性能, 对多聚焦图像进行融合实验。图 1 和图 2 分别为多聚焦图像, 图 1 为左聚焦, 图 2 为右聚焦, 图 3 为加权平均融合结果, 图 4 为小波分解后低频取平均, 高频绝对值选大的结果, 图 5 为本文算法结果。



图 1 左聚焦图像



图 2 右聚焦图像



图 3 加权平均融合结果



图4 小波分解融合结果



图5 本文算法融合结果

主观分析上看,加权平均融合的结果相比原图像更清晰,但是模糊了原图像中的清晰部分,对比度降低。采用小波分解算法融合的结果相对加权平均融合的结果较清晰,对比度也得到提升。本文算法的融合结果与小波分解算法的融合结果相似,对比度得到了提升,但是图4的灰度范围比图5的稍大,更符合人眼的视觉特性。

以客观评价指标标准差和熵^[6],对实验结果进行评价。标准差和熵可以分别表示为:

$$std = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (F(i,j) - \hat{u})^2}$$

$$E = - \sum_{l=0}^L P(l) \log_2 P(l)$$

其中, \hat{u} 为图像像素灰度的平均值;图像的大小为 $M \times N$; $P(l)$ 为图像像素的概率。标准差越大,则灰度级越分散,动态范围大;熵反映了图像的平均信息量,熵越大,信息越丰富。三种融合算法结果量化指标如表1所示。

从量化结果上可以看出,本文提出的基于对比度的小波图像融合算法的结果标准差和熵比加权平均融合算法、小波分解算法都高,说明本文算法的融合结果对比度更高,图像更清晰,所含信息量更大。

表1 融合效果具体量化指标比较

融合方法	标准差	熵
图1	40.2385	6.9242
图2	40.0318	6.9784
加权平均	39.6161	6.9671
小波分解	40.4290	7.0517
本文算法	41.0786	7.0573

5 结论

图像的对比度是图像质量的一项重要指标,也是复合人眼特性的指标。本文在传统对比度定义的基础上定义了一种新的对比度,它将图像分解后的高频系数与低频系数联系起来。以本文提出的对比度为度量设定融合规则,提出了一种基于对比度的小波图像融合算法,通过对此算法的实验仿真分析,图像融合的效果得到提高。

参考文献:

- [1] JING Zhongliang, XIAO Gang. Image fusion-theory and application [M]. Beijing: Higher Education Press, 2007: 84-85. (in Chinese)
敬忠良,肖刚. 图像融合——理论与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 84-85.
- [2] TAO Bingjie, WANG Jingru. Image fusion based on relativity of wavelet coefficients computer [J]. Engineering and Applications, 2005, 25: 16-19. (in Chinese)
陶冰洁,王敬儒. 采用小波分析的图像融合方法评述[J]. 计算机工程与应用, 2005, 25: 16-19.
- [3] WANG Xuewei, WANG Shili. Novel method of image fusion [J]. Laser & Infrared, 2012, 42(9): 1055-1057. (in Chinese)
王学伟,王世立. 一种图像融合新方法[J]. 激光与红外, 2012, 42(9): 1055-1057.
- [4] ZHOU Yunchuan, HE Yongqiang, LI Jitian. Research on dual-band target tracking algorithm based on image fusion [J]. Laser & Infrared, 2011, 41(12): 1387-1391. (in Chinese)
周云川,何永强,李计添. 基于图像融合的双波段目标跟踪算法研究[J]. 激光与红外, 2011, 41(12): 1387-1391.
- [5] PU Tian, FANG Qingzhe, NI Guoqiang. Contrast based multi-resolution image methods [J]. ACTA Electronica Sinica, 2000, 28(12): 116-118. (in Chinese)
蒲恬,方庆喆,倪国强. 基于对比度的多分辨率图像融合[J]. 电子学报, 2000, 28(12): 116-118.
- [6] HU Liangmei, GAO Jun, HE Kefeng. Research on image fusion quality evaluation methods [J]. ACTA Electronica Sinica, 2004, 32(12A): 218-221. (in Chinese)
胡良梅,高隽,何柯峰. 图像融合质量评价方法的研究[J]. 电子学报, 2004, 32(12A): 218-221.