

基于改进区域生长的红外与可见光图像融合方法

徐强, 程英蕾, 赵慧珍
(空军工程大学信息与导航学院, 西安 710077)

摘要: 针对红外图像和可见光图像的成像特点, 提出了一种红外与可见光图像融合方法。首先, 采用改进的区域生长法, 提取红外图像目标区域。将提取到的红外目标区域映射到可见光图像中, 进行一次局部信息融合。然后, 将第一步的融合结果与原始红外图像通过一种边缘增强的小波变换融合法得到最终的融合图像。实验结果表明, 该方法得到的融合图像红外热目标突出、背景清晰, 具有良好的目视效果。

关键词: 图像融合; 区域生长; 边缘增强; 小波变换

中图分类号: V271.4; TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2014)08-0054-04

An Infrared and Visible Image Fusion Method Based on Improved Region Growing Algorithm

XU Qiang, CHENG Ying-lei, ZHAO Hui-zhen
(College of Information and Navigation, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: Aiming at the characteristics of infrared and visible images, a novel fusion algorithm is proposed. Firstly, the infrared image target region is extracted by using an improved region growing algorithm and is mapped to the visible image for local information fusion. Then, the obtained fusion image is fused with the original infrared image by using a wavelet transform method based on edge enhancement to generate the final fusion image. Experimental results show that the fused image obtained by the proposed algorithm can highlight the infrared image target and reserve the clear background with good visual effects.

Key words: image fusion; region growing; edge enhancement; wavelet transform

0 引言

图像融合^[1]是指通过采用一定的算法, 将两个或多个具有互补和冗余特性的源图像融合成为新图像, 使得融合后的图像能最大限度地利用互补信息, 减少冗余, 从而获得更高的清晰度和可理解性, 为进一步的图像处理如图像分割、目标检测与识别、战损评估与理解等提供更有用的信息^[2]。

目前, 红外和可见光图像的融合方法主要有金字塔变换法^[3]、小波变换法^[4]、IHS变换法^[5]等。但上述算法大多没有考虑源图像各个区域内不同的特性, 在光照复杂或背景和背景和目标灰度接近的情况下, 容易出现目标信息丢失的情况。

针对这一情况, 本文提出一种基于区域融合, 将小波变换和改进区域生长法相结合的红外与可见光图

像融合方法。通过改进的区域生长法将提取到的红外图像目标区域映射到可见光图像中, 在可见光图像中加入红外目标信息。然后将这一区域融合结果与原始红外图像通过一种边缘增强的小波变换融合法再次融合, 以达到补充红外背景信息和增强最终融合图像边缘信息的目的。

1 基于改进区域生长的目标区域融合

1.1 区域生长算法

区域生长^[6]是图像分割领域中一种典型的串行分割算法, 其基本思想是将具有相似特性的像素集合起来连接成一个区域。具体步骤为: 先在每个要分割的区域确定一个初始种子生长点, 然后根据事先确定的某种生长准则(颜色、灰度、纹理等)将其周围领域中具有这一相同性质的像素合并到初始生长点所在的区域, 再将这新像素点作为新的种子像素重复进行上面的过程, 直到没有满足条件的像素可被合并进来为止。区域生长算法通常通过3个步骤来实现: 1) 选择

能正确代表所需区域的初始种子像素;2) 确定生长过程中的相似性判别准则;3) 指定生长过程停止的条件或准则。

1.2 基于改进区域生长法的红外目标提取

传统的区域生长法用于图像分割适应性差,在复杂背景下容易出现过分割、欠分割等问题,不能很好提取的图像中的目标。因此,本文将经典的 Ostu 分割算法、边缘检测、形态学操作与区域生长法结合来改善这一问题,从而从红外图像中准确提取出感兴趣的目标。

具体步骤如下所述。

1) 采用文献[7]中改进的 Ostu 分割算法计算红外图像的全局阈值 T_1 。

2) 在红外图像中,热目标显著且其相应灰度值高,因此选取图像 3×3 邻域均值最大的点作为初始种子点,记录该点灰度值为 T_2 。选择灰度相似性判决准则,将待生长像素点与已生长区域的灰度均值作差,其绝对值如果不大于设定的阈值,就判定它们具有相似的特征,将其并入生长区域内。设已生长区域为 R ,该区域的灰度均值为 μ ,则有

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in R} f(x,y) \quad (1)$$

式中: $f(x,y)$ 表示图像中相应点的灰度值; N 为已生长区域的像素数。计算

$$T = \frac{T_1(T_2 - T_1)}{T_2} \quad (2)$$

将 T 作为阈值应用到生长判决准则公式中,有

$$|f(x,y) - \mu| \leq T \quad (3)$$

满足上式条件就可将待生长点并入已生长区域,直到没有满足该条件的像素时生长停止,并得到分割图像。

3) 由图 1b 可以看出,尽管将改进 Ostu 分割法与区域生长法结合能较好地提取出红外图像的目标区域,但由于目标左腿处灰度信息不连续、灰度值相差较大,导致在目标左腿下方出现了欠分割现象,丢失了信息。针对这个问题,采用 sobel 边缘检测算子对原始红外图像提取边缘,并与 2) 所得结果做和运算,为下一步操作做准备。通过选择边缘检测过程中合适的阈值,可以在加入红外目标边缘信息的基础上尽量减少背景边缘的干扰。

4) 数学形态学^[8]的基本思想是用具有一定形态的结构元素去量度和提取图像中的对应形状,以达到对图像分析和识别的目的,其主要包括膨胀(\oplus)、腐蚀(\ominus)、开启(\circ)、闭合(\cdot)这 4 种运算。在这里先使用形态学区域填充对步骤 3) 所得图像进行操作,加入目标左腿丢失的信息,然后采用半径为 2 的圆盘形结

构元素再对其做形态学开运算^[9]来移除背景噪声,最终得到提取的红外目标二值图 BW 。

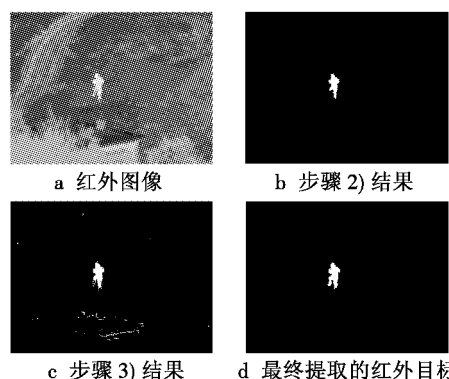


图 1 基于改进区域生长法的红外目标提取

Fig. 1 Extraction of infrared target image based on the improved region growing algorithm

1.3 基于红外目标区域的局部信息融合

传统的像素级图像融合大多是直接对整个图像场景进行处理,并没有考虑到源图像各个区域内不同的特性。就红外与可见光图像的融合来说,红外图像中的热目标区域是最感兴趣的红外图像信息,而可见光图像在此区域几乎没有热目标的价值信息。所以本节采用区域替换的融合策略将红外图像中的热目标信息加入到可见光图像中。设红外图像为 IR ,可见光图像为 V 。上节提取到的红外目标二值图为 BW ,其中红外目标区域为 X ,非目标区域为 Y 。则融合过程可描述为

$$F_1(x,y) = \begin{cases} IR(x,y), & (x,y) \in X \\ V(x,y), & (x,y) \in Y \end{cases} \quad (4)$$

式中, $F_1(x,y)$ 为在可见光图像中加入红外目标信息的融合图像。

2 基于边缘增强的小波变换全局融合

基于红外目标区域的局部信息融合较好地获取了红外图像中的目标信息和可见光图像中含有丰富光谱信息的背景区域。但这种强制“替换”同时也损失了源图像的一部分原始信息,所以下面采用一种边缘增强的小波变换将局部信息融合图与原始红外图像进行全局融合来加入背景区域的红外图像信息,同时增强融合图像的边缘细节信息。

小波变换的图像融合方法^[10]是一种多分辨率的图像融合方法。该算法将待融合图像通过小波变换分解成不同特征域上的图像序列,然后对不同特征域上的图像序列采用相应的融合规则进行融合,得到新的小波金字塔图像序列,再将这些序列进行小波逆变换得到最终融合图像。基于小波变换的图像融合流程如图 2 所示。

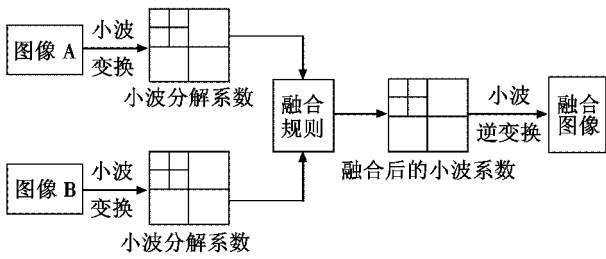


图 2 基于小波变换的图像融合流程图

Fig. 2 Flow chart of image fusion based on wavelet transform

2.1 低频部分的融合策略

图像的低频部分集中了图像的主要能量,为图像的近似影像。本文采用加权的方法进行图像低频部分的融合。

融合图像低频部分的算法为

$$L_j^F(x,y) = \lambda_1 L_j^{F_1}(x,y) + \lambda_2 L_j^{R_1}(x,y) \quad (5)$$

式中: $L_j^F(x,y)$ 表示融合图像的低频系数; $L_j^{F_1}(x,y)$ 表示局部信息融合图像的低频系数; $L_j^{R_1}(x,y)$ 表示红外图像的低频系数; λ_1 、 λ_2 为权值; j 为分解层数。

2.2 高频部分的融合策略

高频部分包含了图像中诸如边缘、区域轮廓等细节信息。以往的绝对值最大准则和局部梯度准则容易受孤立噪声点的干扰,导致选择错误的融合高频小波系数。因此,本文采用一种边缘增强的基于区域能量和区域方差联合的高频融合策略。融合图像高频部分的算法如下所述。

1) 对小波分解后的高频部分做区域方差计算,算式为

$$\sigma_H(x,y) = \frac{\sum_{m=-s}^s \sum_{n=-s}^s (H_j(x+m,y+n) - H_j^*(x,y))^2}{(2s+1)^2} \quad (6)$$

式中: $H_j(x,y)$ 为图像对应的小波分解的高频系数; j 为分解层数; $s=1,2,3$,分别表示 $3 \times 3, 5 \times 5, 7 \times 7$ 的邻域。对应区域中像素的灰度均值为

$$H_j^*(x,y) = \frac{1}{(2s+1)^2} \sum_{m=-s}^s \sum_{n=-s}^s H_j(x+m,y+n) \quad (7)$$

2) 对小波分解后的高频部分做区域能量计算,算式为

$$E_H(x,y) = \frac{1}{(2s+1)^2} \sum_{m=-s}^s \sum_{n=-s}^s H_j(x+m,y+n)^2 \quad (8)$$

式中: $E_H(x,y)$ 表示以 (x,y) 为中心当前区域的能量。

3) 基于区域方差和区域能量联合的高频融合策略算法如下:if $\sigma_H^{F_1}(x,y) \geq \sigma_H^{R_1}(x,y) \ \&\& \ E_H^{F_1}(x,y) \geq E_H^{R_1}(x,y)$, $H_j^{F_2}(x,y) = H_j^{F_1}(x,y)$ else $H_j^{F_2}(x,y) = H_j^{R_1}(x,y)$ 。其中,本文区域方差和区域能量的计算都选择 3×3 邻域。

4) 对上一步得到的融合高频部分和原始可见光图

像分别用 sobel 算子进行边缘信息提取得到 $H_j^{F_2}(x,y)$ 和 $H_j^{V_{jedge}}(x,y)$,进行边缘增强的融合高频选择,算法为

$$H_j^F(x,y) = \begin{cases} H_j^{F_2}(x,y), & H_j^{F_2}(x,y) \geq H_j^{V_{jedge}}(x,y) \\ H_j^V(x,y), & H_j^{F_2}(x,y) < H_j^{V_{jedge}}(x,y) \end{cases} \quad (9)$$

将融合低频部分 $L_j^F(x,y)$ 和边缘增强的融合高频部分 $H_j^F(x,y)$ 进行小波逆变换就可得到最终融合图像 $F(x,y)$ 。

3 实验结果分析

为验证本文所提出融合算法的融合效果,在这里将本文方法与像素加权平均法(Weighted Pixels Average, WPA)、拉普拉斯金字塔法(Laplacian Pyramid, LP)、Haar 小波变换法这 3 种常见的红外图像与可见光图像融合算法进行对比实验,其中,Haar 小波变换和本文中采用的小波变换分解层数均为 2 层。实验数据为已配准好的 360×270 大小的红外与可见光图像。图像融合结果的质量评价分为主观评价和客观评价。

3.1 主观评价与分析

从主观视觉效果来看,图 3c 整体对比度较低,红外目标信息相比原始红外图像有较大减弱,图像细节也较差,右侧围栏几乎无法辨识;图 3d 较好地保留了红外目标信息,背景清晰度较好;图 3e 也较好地保留了红外目标信息,但图像清晰度较差,右侧围栏已无法辨识;图 3f 中,本文方法的融合结果最大限度地保留了原始红外图像中的目标信息,红外目标特征显著,且背景细节、边缘轮廓都很清晰,目视效果最好。

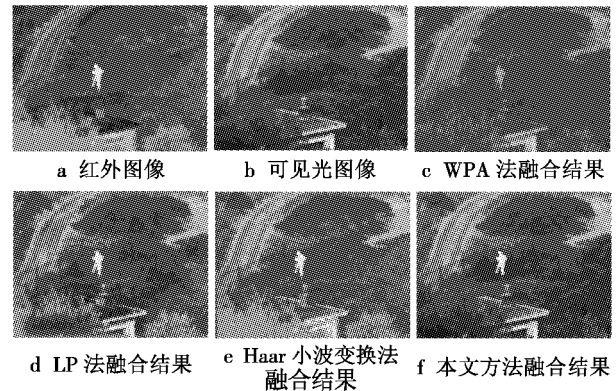


图 3 融合结果

Fig. 3 Fusion results of different methods

3.2 客观评价与分析

常用到的客观评价指标包括信息熵、标准差及平均梯度等^[11]。信息熵是衡量图像信息丰富程度的一个重要指标,熵值越大图像所含信息量越多;图像的标准差反映了图像灰度分布的离散程度,其值越大图像的对比度也就越大;平均梯度反映图像中的细节表达能力与纹理变化特征,其值越大图像越清晰。

为降低不同评价指标间不同数量级和量纲的影响,对信息熵、标准差、平均梯度分别进行了归一化处理,即对各列数据分别除以各列中最小值,然后求其和作为综合指标。

由表1知,本文融合算法所得融合图像的信息熵、标准差最大,平均梯度略低于 Haar 小波变换法,综合指标最大,说明本文算法的融合效果信息量大,细节信息好,与主观评价的结果一致。

表1 融合结果的客观评价指标统计值

Table 1 Quantitative assessment of fusion results

算法	信息熵	标准差	平均梯度	综合指标
像素加权平均法	6.2400	22.8830	3.8047	3.0000
拉普拉斯金字塔法	7.0789	36.1933	6.7273	4.4842
Haar 小波变换法	6.8060	31.2870	7.2075	4.3024
本文方法	7.1583	39.3867	6.8032	4.6565

4 结束语

根据红外和可见光图像的特点,将目前目标分割中常用的区域生长法与基于区域的图像融合相结合,提出了一种基于改进区域生长的红外与可见光图像融合方法,该方法对传统区域生长法进行了改进,可以有效地提取红外热目标。实验结果表明,本文方法的融合结果与其他算法相比,具有良好的视觉质量与更优的量化指标,体现出更强的融合性能。本文方法比较适合于红外图像中目标特征较明显的图像融合,对于红外特征不突出的图像的处理能力不强,因此,如何提高对此类图像的处理能力是今后努力的方向。

参考文献

[1] GOSHTASBY A A. Image fusion: Advances in the state of the art[J]. Information Fusion, 2007, 8:114-118.

[2] 刘松涛,周晓东. 图像融合技术研究的最新进展[J]. 激光与红外, 2006, 36(8):627-631.
LIU S T, ZHOU X D. Recent development of image fusion techniques[J]. Laser & Infrared, 2006, 36(8):627-631.

[3] 朱瑞辉,万敏,范国滨. 基于金字塔变换的图像融合方法[J]. 计算机仿真, 2007, 24(12):178-180.
ZHU R H, WAN M, FAN G B. An image fuse method based on pyramid transformation[J]. Computer Simulation,

2007, 24(12):178-180.

[4] TU T M, SU S C, SHYU H C, et al. A new look at HIS-like image fusion methods[J]. Information Fusion, 2001, 2(3):177-186.

[5] 李洋,焦淑红,孙新童. 基于 IHS 和小波变换的可见光与红外图像融合[J]. 智能系统学报, 2012, 7(6):554-559.
LI Y, JIAO S H, SUN X T. Fusion of visual and infrared images based on HIS and wavelet transforms[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2012, 7(6):554-559.

[6] 姜慧研,司岳鹏,雒兴刚. 基于改进的大津方法与区域生长的医学图像分割[J]. 东北大学学报:自然科学版, 2006, 27(4):398-401.
JIANG H Y, SI Y P, LUO X G. Medical image segmentation based on improved Otsu algorithm and regional growth algorithm[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2006, 27(4):398-401.

[7] 蔡梅艳,吴庆宪,姜长生. 改进 Otsu 法的目标图像分割[J]. 电光与控制, 2007, 14(6):118-119, 151.
CAI M Y, WU Q X, JIANG C S. Target image segmentation based on modified Otsu algorithm[J]. Electronics Optics & Control, 2007, 14(6):118-119, 151.

[8] 崔屹. 图像处理与分析:数学形态学方法及应用[M]. 北京:科学出版社, 2000.
CUI Y. Image processing and analysis[M]. Beijing: Science Press, 2000.

[9] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理:MATLAB 版[M]. 北京:电子工业出版社, 2005:250-284.
GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital image processing MATLAB[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2005:250-284.

[10] PIELLA G. A general framework for multi-resolution image fusion: From pixels to regions[J]. Information Fusion, 2003, 4:259-280.

[11] 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.
HU L M, GAO J, HE K F. Research on quality measures for image fusion[J]. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(12A):218-221.

欢迎投稿 <http://www.dgykz.com>