

·红外技术·

区域图像融合算法在红外图像分析中的应用

张 勇, 陈大建

(光电信息控制和安全技术重点实验室, 河北 燕郊 065201)

摘 要:采用区域分裂合并算法获得待融合图像的共同区域,同时,对两幅待融合图像进行多尺度分解,根据区域相似度和融合量测指标对分解后的低频系数和高频系数进行加权平均和系数选取,经小波逆变换后得到融合后的图像。试验结果表明,基于区域的融合算法能够保留更多的细节信息。

关键词:图像融合;小波变换;分裂合并;区域

中图分类号:TN911.73;TP722.5

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2011)03-0017-04

Region-based Image Fusion Algorithm in Infrared Image Analysis

ZHANG Yong, CHEN Da-jian

(Science and Technology on Electro-Optical Information Security Control Laboratory, Yanjiao 065201, China)

Abstract: The common area of the candidate images is obtained by using the regional split and merge algorithm, meanwhile two candidate images are processed by the multi-scale decomposition, the weighted average and coefficient selection are done for the low frequency coefficients of decomposition and high frequency coefficients according to the fusion measuring indexes and the regional similarity, the fusion image is obtained by inverse wavelet transform. The results show that region-based fusion algorithm can preserve more details.

Key words: image fusion; wavelet transform; split and merge; region

近年来,随着传感器技术和计算机计算能力的提高,多传感器图像融合技术的应用越来越广泛。图像融合是将2个或2个以上的传感器在同一时间或不同时间获取的关于某个具体场景的图像或图像序列信息加以综合,以生成新的有关此场景解释的信息处理过程。

图像融合规则是图像融合的核心,规则的好坏直接影响图像融合质量。目前常用的融合规则包括基于像素的图像融合规则和基于窗口的图像融合规则。基于像素的融合规则仅是以单个像素作为融合对象,它并未考虑图像相邻像素间的相关性,融合性能不佳。基于窗口的融合规则由于考虑相邻像素的相关性,因此减少了系数的错误选取,融合效果得到提高。

但是图形的局部特征往往不是由单个像素或者局部窗口内的像素的图像变换系数所能表示的,它是由某一局部区域的多个像素的图像变换系数来表示和体现的^[1]。通常图像中某一局部区域内的各像素间具有较强的相关性。基于此,Zhang Z.、Piella G.^[2]等人提出了基于区域的融合规则。

1 基于区域的图像融合方法

基于区域的多传感器图像融合算法结构如图1所示。图像融合处理前先对2幅待融合图像 I_A 和 I_B 分别进行图像分割以得到各图像的区域表示 R_A 和 R_B (区域表示中不同标记表示不同区域),通过对两

收稿日期:2011-03-26

基金项目:国家部委基金(9140C150105100C1502)

作者简介:张勇(1975-),男,辽宁人,工程师,研究方向为光电工程。

图像的区域表示 R_A 和 R_B 进行叠加获得2图像的共同区域表示 R 。对区域表示进行叠加时,2个区域表示中重合的区域或交叉的区域作为共同区域表示中的一个区域。对2个区域表示进行叠加的示例如图2所示,图2a的区域表示中包含2个区域,图2b的区域表示中也包含2个区域,通过对这2个区域表示叠加产生4个交叉区域,从而得到图2c的共同区域表示。对输入图像进行融合处理时,先采用方向金字塔框架变换^[3]或方向可调的不可分离小波框架变换对2幅待融合图像分别进行多尺度分解,并根据2幅图像的共用区域表示 R 计算2幅图像区域相似度 M_{AB} ,根据2幅图像的各自区域表示计算融合量测指标。融合决策是根据 M_{AB} 进行制定:对于2图像中相似区域的融合采用系数加权平均的方法,而对于两图像中非相似区域的融合采用系数选取的方法,加权平均时的权值以及系数选取时的优先性由各系数的融合量测指标的大小决定^[4]。

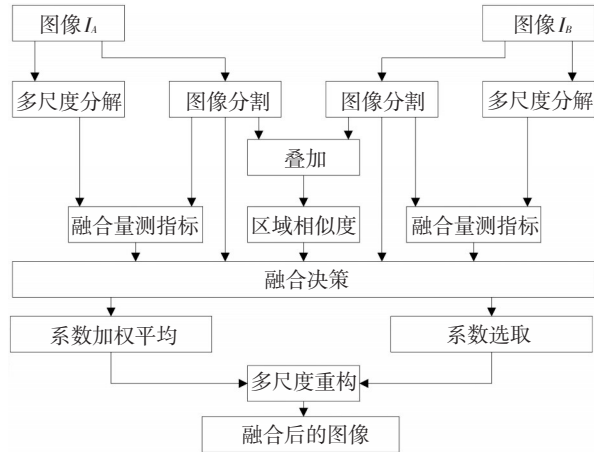
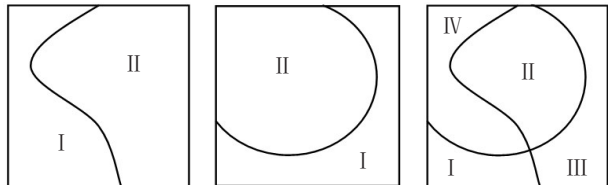


图1 基于区域的多传感器图像融合算法框图



(a) 区域表示 R_A (b) 区域表示 R_B (c) 叠加后的区域表示 R

图2 共用区域表示的生成示例

2幅待融合图像 I_A 和 I_B 经多尺度分解后,令表示两图像 $f_N^A(x, y)$ 和 $f_N^B(x, y)$ 经分解后的最低频子带系数, N 为多尺度分解的层数, (x, y) 表示系数坐标;令 $g_i^A(x, y)$ 和 $g_i^B(x, y)$ 表示两图像经分解后的各高频子带系数, $i=1, 2, \dots, N_H$ (N_H 为图像经分解后的

高频子带的个数)。令 $g_i^F(x, y)$ ($i=1, 2, \dots, N_H$)、 $f_N^F(x, y)$ 表示经融合处理后的图像变换系数。

1.1 低频系数融合处理

对于低频图像 f_N^A 和 f_N^B 的融合处理一般采用按区域进行加权平均或直接选取的方法。

根据区域表示 R_A 和 R_B 计算两待融合图像经多尺度分解后的低频系数的融合量测指标,该指标由两部分组成:区域的标准差 σ 和区域的突变度 τ 。首先根据区域突变度找出2幅图像中灰度突变程度比较大的区域:如果 $\tau_A(r_A) > \tau_T$ (τ_T 为阈值,一般取0.8左右),则对于 r_A 区域,融合后的低频图像取 I_A 的低频图像;如果 $\tau_B(r_B) > \tau_T$,则对于 r_B 区域,融合后的低频图像取 I_B 的低频图像。对于突变度变化不大的区域,则对于任意区域 $r \in R$,如果相似性测度 $M_{AB}(r) < \alpha$,则对低频系数的融合处理采用系数选取的方法

$$f_N^F(x, y) = \begin{cases} f_N^A(x, y) & \text{若 } \sigma_A(r) \geq \sigma_B(r) \\ f_N^B(x, y) & \text{若 } \sigma_A(r) < \sigma_B(r) \end{cases} \quad (x, y) \in r \quad (1)$$

式中, $\sigma_A(r) = \sigma_A(r_A)$,其中 r_A 为 R_A 中包含 r 的区域; $\sigma_B(r) = \sigma_B(r_B)$,其中 r_B 为 R_B 中包含 r 的区域。

如果对于任意区域 $r \in R$ 有 $M_{AB}(r) \geq \alpha$,则采用加权平均的融合策略

$$f_N^F(x, y) = \begin{cases} \bar{\omega}_{\max} \cdot f_N^A(x, y) + \bar{\omega}_{\min} \cdot f_N^B(x, y) & \text{if } \sigma_A(r) \geq \sigma_B(r), (x, y) \in r \\ \bar{\omega}_{\min} \cdot f_N^A(x, y) + \bar{\omega}_{\max} \cdot f_N^B(x, y) & \text{if } \sigma_A(r) < \sigma_B(r), (x, y) \in r \end{cases} \quad (2)$$

式中, $\bar{\omega}_{\min}$ 和 $\bar{\omega}_{\max}$ 为权系数,有

$$\begin{cases} \bar{\omega}_{\min} = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1 - M_{AB}(r)}{1 - \alpha} \right] \\ \bar{\omega}_{\max} = 1 - \bar{\omega}_{\min} \end{cases}$$

1.2 高频系数融合处理

区域边界上的高频系数融合处理:图像经多尺度分解后的高频子带系数包含了图像中诸如边缘、区域轮廓等的细节信息。图像分割后的各区域边界往往对应于图像中的边缘以及区域轮廓。所以在融合处理时,对于公共区域边界上的高频系数选取较大的高频系数,非公共区域边界上保留各自的高频系数;对于非区域边界上的高频系数则根据相

似性测度进行加权平均或系数选取,相似性测度高的进行加权平均,相似性测度低的做系数选取。

对组合后的图像变换系数进行图像逆变换即可得到融合后的图像 I_F 。

2 区域分裂合并算法

在区域融合算法中,对待融合图像的区域分割对图像融合的结果起到关键性的作用。对于图像的分割, Frank N.等人提出了基于区域生长与区域合并的方法。在这类方法中,常需要根据图像的统计特性设定图像区域属性的一致性测度,其中常用的测度多基于灰度统计特征,例如同质区域中的方差(variance within homogeneous regions, VWHR)。算法根据VWHR的数值确定分裂和合并各个区域。

一般有代表性的,采用图像四叉树表达方法对图像做简单分裂合并^[4]。设 R 代表整个矩形图像区域(见图3), P 代表逻辑谓词。从最高层开始,把 R 连续地分裂成越来越小的1/4的矩形子区域 R_i ,并且始终使 $P(R_i)=TRUE$ 。换句话说,如果 $P(R)=TRUE$,那么就将图像分成四等分。如果 $P(R_i)=FALSE$,就将 R_i 分成四等分。如此类推,直到没有 $P(R_i)=FALSE$ 。同时,在每次分裂后允许其后继续分裂或合并。这里合并只合并那些相邻且合并后组成的新区域满足逻辑谓词 P 的区域。换句话说,如果能满足条件 $P(R_i \cup R_j)=TRUE$,则将 R_i 和 R_j 合

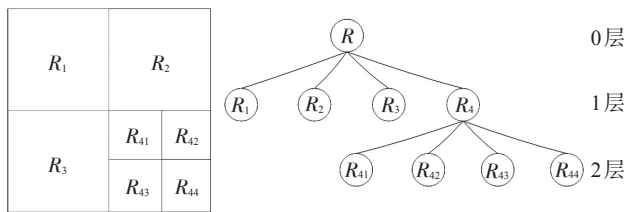


图3 简单分裂合并方法的数据结构

并起来。

利用图像四叉树表达方法可将图像以金字塔数据结构形式组织起来。理论和实验都表明,在分割时,从金字塔结构的中间层开始可节约计算时间,具体计算步骤为:

(1) 初始化:从中间某层 k 开始,方块的边长是 $n=N/2^k$,求出块内最大灰度 M_k 和最小灰度 m_k 。

(2) 分裂:设 e 为预定的允许误差值,如果 $M_k - m_k > 2e$,则将节点分裂为4个小方块,并计算各小方块的 M_{ki} 和 m_{ki} , $i=1,2,3,4$,分裂最多进行到像

素级。

(3) 合并:反过来,如果4个下层节点 b_{ki} , $i=1,2,3,4$,有公共父节点,且 $\max(M_{k1}, M_{k2}, M_{k3}, M_{k4}) - \min(m_{k1}, m_{k2}, m_{k3}, m_{k4}) < 2e$,则将它们合并成一个新的节点,合并最多进行到图像级。

(4) 组合:在非共父节点相接节点间进行合并。具体是先建立一个堆栈 S ,初始为空;再建立一个辅助的邻接矩阵 A ,开始时其元素 $a_{ij} = a(x_k, y_k) = k$ 。然后依次检查每个像素,如果像素 f_{ij} 属于节点 b_k 所代表的方块,对应的矩阵元素 a_{ij} 保持原值。组合以标记方法实现,对节点 b_k 的标记策略为:①未标记过和未扫描到的,用标记 $F_k > 0$ 表示;②标记过但未扫描到,用标记 $F_k < 0$ 表示,并将结点 b_k 放入 S ;③既标记过也扫描到,用标记 $F_k > 0$ 表示,但结点 b_k 不放入 S 中。用标记法将已标记过的结点顺序放入区域表中,并给区域表加上一个终结标记。根据以下算法进行组合(u 和 v 为暂存器):令 S 为空,若 $F_k > 0$,则压 b_k 到 S 中, $u \leftarrow M_k, v \leftarrow m_k$;如果 S 非空,则从 S 中弹出 b_k ,将 b_k 装入 R ,再对所有的 $b_k \in A$ 判断 $M_k - m_k$,如果结果小于 $2e$,将 b_k 装入 S ,循环以上步骤,最后将零装入 R ,结束。

3 试验结果及评价

试验中,运用Matlab7.4实现图像的融合。如图4、图5所示。。在融合的过程中,采用方向可调的不可分离小波框架变换对2幅待融合图像分别进行多尺度分解,分解为3层。

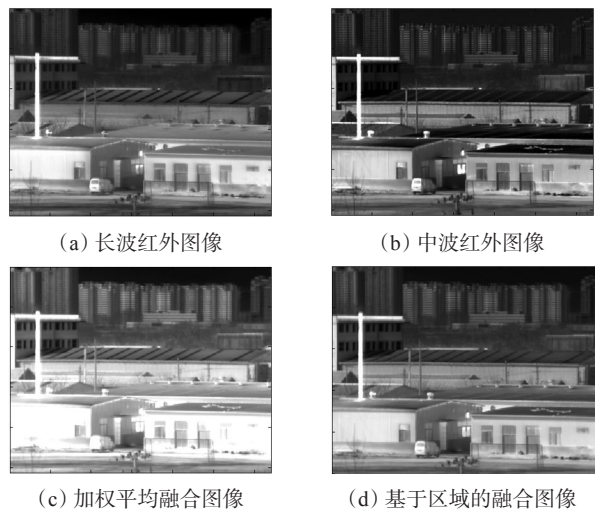


图4 多传感器图像融合试验1

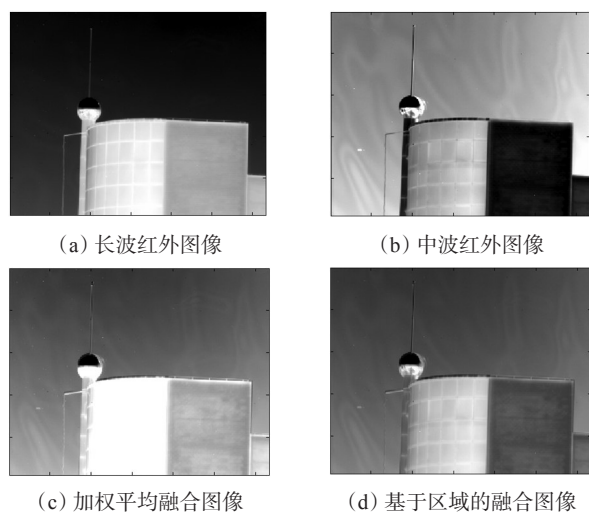


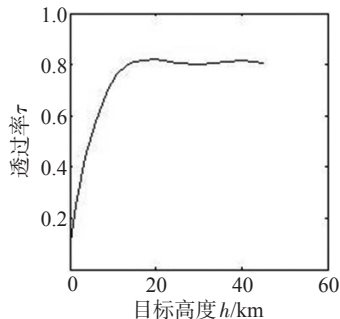
图5 多传感器图像融合试验2

表1 多传感器图像的客观数据统计

	图像	标准差	互信息	熵
图4	长波红外	2.211 8	3.96	5.051 9
	中波红外	1.975 6	4.895	6.375 9
	加权平均融合图像	1.745 1	5.176	6.599
	基于区域融合图像	1.628 7	5.874	6.934 7
图5	长波红外	2.175 4	3.96	5.051 9
	中波红外	1.845 7	4.895	6.375 9
	加权平均融合图像	1.697 2	5.244	6.617
	基于区域融合图像	1.574 9	5.874	6.934 7

表1是对上述图像的客观数据统计,采用基于Region的图像融合算法融合后的图像,其熵、空间频率、平均梯度相对源图像都有提高。从视觉上也可以看出采用基于区域的方法融合后的图像融合了2幅图像的细节信息,取得了很好的效果。这表

(上接第16页)

(c) 目标高度与大气CO₂吸收透过率的关系图5 大气CO₂吸收透过率的计算

4 结论

大气吸收透过率的计算,需要综合考虑目标高

度与大气中主要吸收气体水蒸气和CO₂的分布高度之间的关系,而不能简单的根据探测器与目标之间的关系来衡量,而且在目标不断运动的过程中,三者之间的相对位置也在发生着变化,实际应用过程中,需要综合实时的考虑运用。

4 结束语

针对双波段红外图像的特点,采用基于区域的图像融合算法得到的实验数据和图像都表明,该融合算法能有效地保留图像信息。不过分裂合并算法的关键是如何对区域进行初始化划分和分裂合并准则的设计。该算法对复杂图像的分割效果较好,但算法复杂,计算量较大,分裂还可能破坏区域的边界。

参考文献

- [1] Piella G. A general framework for multiresolution image fusion: from pixels to regions[J]. Information Fusion, 2003, 4(4): 259-180.
- [2] Zhang Z, Blum RS. A categorization of Multiscale-decomposition-based image fusion schemes with a performance study for a digital camera application[J]. Proceedings of the IEEE, 1999, 87(8): 1315-1326.
- [3] 陈浩,王延杰.基于拉普拉斯金字塔变换的图像融合算法研究[J].激光与红外, 2009(4): 439-442.
- [4] 章毓晋. 图像分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 67-74.
- [5] 张雷,高桦,杨风暴.双波段红外图像辐射特性分析及在图像融合中的应用[J].光电技术应用, 2006, 21(5): 54-57.
- [6] 敬忠良,肖刚,李振华.图像融合——理论与应用[M].北京: 高等教育出版社, 2007: 47-83.

参考文献

- [1] 张建奇,方小平. 红外物理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- [2] 吴晗平. 红外辐射大气透过率的工程理论计算方法研究[J]. 光学·精密工程, 1998, 4(6): 35-40.
- [3] 王海晏. 光电技术原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.