

区域分割下序列红外图像智能融合算法研究

陈智勇 孙 嘉

(广东医科大学 ,广东 湛江 524023)

摘 要: 针对传统的红外图像智能融合算法存在清晰度较低、运行时间较长等问题,提出基于 SNNT 变换的区域分割下序列红外图像智能融合算法。利用熵率法将图像划分为若干超像素,选取信息度量精度较高的模糊相关与考虑空间相关性的图割相结合。引用最大模糊相关时,集合划分概率设定图割的数据项,建立模糊相关性图割 2-划分算子,引用 2-划分算子对目标区域进行分割。在上述基础上,分别对可见光图像与红外图像进行 NSST 变换,对所有的低频分量进行引导滤波增强,将图像增强处理后的红外图像与可见光图像低频分量经过目标提取的融合规则得到融合图像的低频分量,引用方向子带信息以及取大确定高频分量,经过 NSST 逆变换得到融合图像。实验结果表明,所提算法能够有效减少运行时间,提高图像清晰度。

关键词: 区域分割; 序列; 红外图像智能融合算法

中图分类号: TN291. 41 文献标识码: A DOI 编码: 10. 14016/j.cnki.jgzz. 2019. 06. 074

Research on intelligent fusion algorithm of sequence infrared image based on region segmentation

CHEN Zhiyong , SUN Jia

(Guangdong Medical University , Zhanjiang Guangdong 524023 , China)

Abstract: Aiming at the problems of low resolution and long running time of traditional infrared image fusion algorithm , a novel infrared image fusion algorithm based on SNNT transform is proposed. The entropy rate method is used to divide the image into several super-pixels , and the graph cuts are combined with fuzzy correlation and considering spatial correlation in high accuracy of information measurement . When the maximum fuzzy correlation is cited , the set partitioning probability sets the data item of the graph cut , the fuzzy correlation graph cut 2-partition operator is established , and the 2-partition operator to segment the target region is used. On the basis of the above , the NSST transform is performed on the visible light image and the infrared image respectively , and all the low-frequency components are guided and filtered to enhance the low-frequency components of the enhanced image and the low-frequency components of the visible light image through the target extraction fusion rule to obtain the low frequency of the fused image. The component , the reference direction sub-band information and the large-determined high-frequency component are obtained , and the fused image is obtained by inverse transform of the NSST. The experimental results show that the proposed algorithm can effectively reduce the running time and improve the image clarity.

Key words: area segmentation; sequence; infrared image intelligent fusion algorithm

1 引言

图像融合技术主要是将来自不同传感器的信息进行有效整合,从而有效满足特定需求的图像^[1-2]。

图像融合不仅仅只是简单的图像叠加,在进行融合变换的过程中不能够引入虚假信息,因此,将所得到的图像需要进一步进行人眼识别以及机器解释^[3]。在相关的研究中,主要是为红外图像与可见光图像的融合提供准确的信息^[4]。如何利用有序图像在时间轴上的运动信息来调整图像融合过程是解决序列图像融合的关键^[5]。

目前,已有部分专家给出了较好的研究,文献[6]提出一种基于平行度校正的区域分割下序列红外图

收稿日期: 2019-02-16

作者简介: 陈智勇(1980-),男,广东湛江人,硕士,实验师,主要研究方向: 信息技术。

通信作者: 孙嘉(1983-),女,山东荣成人,实验师,研究方向: 医学科普动画。

[http : //www.laserjournal.cn](http://www.laserjournal.cn)

像智能融合算法,该方法将人眼感兴趣区域的清晰度作为评价函数,引用粒子群算法进行优化,完成红外图像融合。该方法的实用性较强,但是该算法的运行时间较长。文献[7]提出一种基于视觉显著性的区域分割下序列红外图像智能融合算法,对图像进行增强,在对图像进行多尺度分解,在上述基础上,引用基于窗口的系数融合带通图像,该方法的清晰度较低。

针对上述方法存在的问题,提出基于 SNNT 变换的区域分割下序列红外图像智能融合算法。

2 区域分割下序列红外图像智能融合算法

2.1 图像分割

为了使区域保持一致性,采用熵率法划分图像,分为若干超像素,通过准确度量划分适当性的模糊相关描述图像,建立相应的模糊图割 2-划分算子,引入递推计算方法,搜索图像背景的划分概率,同时搜索最大模糊相关时的目标。依据划分概率对图割的数据项进行设定。实施超像素的模糊相关图割 2-划分。具体过程如下:

选择分割区域灰度值较高的目标区域进行 2-划分^[8-9],引用 F 指标对算法进行控制,则有:

$$F = \sqrt{n} \sum_{i=1}^n \frac{e_i^2}{\sqrt{a_i}} \quad (1)$$

式中 n 代表图像分割的区域总数, A_i 代表第 i 个区域中的像素个数, e_i 代表区域 i 到各个区域灰度值的欧式距离^[10]。

引用熵率法对图像实施超像素预分割,则获取的目标函数表示为:

$$\max T(e) + \varphi H(e) = G \quad (2)$$

式中, $T(e)$ 代表图像上的任意熵率项, $H(e)$ 代表进行聚类分布的平衡项, e 代表选择的边集, φ 代表平衡系数^[11]。

运用模糊相关方法对红外图像进行描述,使得信息度量的精度的得到提高。 S 函数表示图像的总模糊, $Z=1-S$ 用来描述相关的反函数,表达式中的 Z 表示红外图像目标,红外图像的背景模糊集合用 S 表示,则 S 函数表示为:

$$S(x, r, s, t) = \begin{cases} 1 & x \leq r \\ 1 - \frac{(x-r)^2}{(t-r)(s-r)} & r < x \leq s \\ \frac{(x-t)^2}{(t-r)(s-s)} & s < x \leq t \\ 0 & x > t \end{cases} \quad (3)$$

式中 x 代表 S 函数的自变量, r, s, t 代表该函数的形状参数^[12]。

设定目标和背景集合的概率为 p_0, p_b :

$$\begin{cases} p_b = \sum_{k=0}^{255} h(k) S(k) \\ p_0 = \sum_{k=0}^{255} h(k) Z(k) \end{cases} \quad (4)$$

式中 h 表示归一化直方图函数,相关的灰度级出现概率要依据这个结果进行设定,划分目标集合的隶属度函数用 $S(k)$ 表示划分背景集合的隶属度函数则用 $Z(k)$ 表示^[13]。根据分形理论可以对概率分布进行设定,计算式如下:

$$C(A) = -\ln \left(\sum_{i \geq 0} p_i^2 \right) \quad (5)$$

式中 A 代表随机变量的集合。

根据模糊的相关原理,将目标以及背景集合的模糊相关分别表示为:

$$\begin{cases} C_0 = -\ln \left[\sum_{k=0}^{255} \left(\frac{h(k) S(k)}{p_0} \right)^2 \right] \\ C_b = -\ln \left[\sum_{k=0}^{255} \left(\frac{h(k) Z(k)}{p_b} \right)^2 \right] \end{cases} \quad (6)$$

C_0, C_b 相加的总模糊相关的表达式:

$$C(r, s, t) = -\ln \left[\sum_{k=0}^{255} \left(\frac{h(k) S(k)}{p_0} \right)^2 \right] - \ln \left[\sum_{k=0}^{255} \left(\frac{h(k) Z(k)}{p_0} \right)^2 \right] \quad (7)$$

通过 $C(r, s, t)$ 最大参数组合 (r, s, t) 决定图像的最优划分结果,将搜索范围设定在 $(0, 1, 2)$ 到 $(253, 254, 255)$ 之间,引用快速递推的模糊相关计算提高搜索效率^[14]。通过 $Z(k) = 1 - S(k)$,得到 $P_b = 1 - P_0$,将上式重新表示为:

$$C(r, s, t) = -\ln \left[\sum_{k=0}^{255} \left(\frac{h(k) S(k)}{p_0} \right)^2 \right] - \ln \left[\sum_{k=0}^{255} \left(\frac{h(k) (1 - S(k))}{p_0} \right)^2 \right] \quad (8)$$

将公式(8)进行调整,重新表示为:

$$C(r, s, t) = -\ln(R_b R_0) + 2\ln(p_0(1-p_0)) \quad (9)$$

在上述基础上,将 2-划分算子与层次分割策略相结合,进行目标区域划分:

$$E = \frac{\ln(R_b R_0)}{h(k) Z(k)} \times C_0 C_b \quad (10)$$

2.2 红外图像智能融合

在上述基础上,对红外图像进行 NSST 变换,引导

滤波增强处理图像的低频分量,进而融合红外图像的低频分量目标系数,引入方向子带信息以及选大的方法,选取高频分量进行融合。具体过程如下:

设定未经滤波处理的图像为 p , 引导图像结合滤波输出图像 q , 对局部线性变换关系进行表示。将中心设定为像素点 k , 将中心大小设定为 $(2r+1) \times (2r+1)$, 则有:

$$q_i = a_k I_i + b_k, \forall i \in w_k \quad (11)$$

式中, 像素点 i 的滤波输出用 q_i 来描述, 引导图像 i 的像素值用 I_i 来描述, μ_k 代表线性系数, a_k 、 b_k 代表常数, 对滤波图像增加约束条件^[15], 则有:

$$q_i = q_i - n_i \quad (12)$$

将式(11)作为约束条件, 则最小化输入输出图像之间的平方差为:

$$E(a_k, b_k) = \sum_{i \in w_k} [(a_k I_i + b_k - p_i)^2 + \varepsilon a_k^2] \quad (13)$$

式中, μ_k 、 a_k^2 分别代表引导图像在窗口 w_k 的均值、方差; ε 代表正规化参数, 主要用于防止较大的 a_k 出现, 即:

$$a_k = \frac{\frac{1}{n_w} \sum_{i \in w_k} I_i p_i - \mu_k \bar{p}_k}{\delta_k^2 + \varepsilon} \quad (14)$$

$$b_k = \bar{p}_k - a_k \mu_k \quad (15)$$

式中, n_w 代表像素总数, \bar{p}_k 代表输入图像在 w_k 中的均值。

以下给出获取的最终 q_i 值为^[16]:

$$q_i = (1/n_w) \sum_{k| i \in w_k} (a_k I_i + b_k) \quad (16)$$

将 $\sum_{k| i \in w_k} a_k = \sum_{k \in w_i} a_k$, $\sum_{k| i \in w_k} b_k = \sum_{k \in w_i} b_k$ 带入上式中, 得到:

$$q_i = \bar{a}_i I_i + \bar{b}_i \quad (17)$$

式中, \bar{a}_i 代表所有像素点系数的平局值。

对图像进行引导过滤后, 得到增强图像为:

$$E = (p - q) \times \lambda + q \quad (18)$$

式中, λ 代表增强因子^[17], 该值越大, 则代表图像的细节越清晰。

高频分量数据量大, 则融合所需要的时间就越长, 所引用的方法能够较好地融合可见光图像与红外图像互补的边缘以及纹理细节, 同时对高频分量的融合速率起到了加速作用。得出尺度 1 上, 源图像的方向子带信息和用下面公式表示:

$$C_i(x, y) = \sum_{1 \leq k \leq 2^n} |C_{k,j}(i, j)| \quad (19)$$

式中, 尺度 1 上的高频方向子代数用 2^n 表示。

在上述基础上, 需要对高频分量进行融合, 则有:

$$C_1^v = \frac{C_{k,j}(i, j)}{C_i(x, y)} \quad (20)$$

综上所述, 完成了区域分割下序列红外图像智能融合。

3 实验结果与分析

为了验证基于 SNNT 变换的区域分割下序列红外图像智能融合算法的综合有效性, 需要进行实验, 实验环境为: 运行内存 8 GB, Win7 64 位操作系统, Matlab R2016a。

(1) 对比不同图像融合算法的清晰度

分别将所提算法与基于平行度校正的区域分割下序列红外图像智能融合算法以及基于视觉显著性的区域分割下序列红外图像智能融合算法进行实验对比, 对比经过融合后的图像清晰度, 对比结果如表 1 所示:

表 1 不同算法的清晰度对比结果(%)

实验次数	所提算法	文献[6]算法	文献[7]算法
5	98	87	95
10	97	89	93
15	99	91	92
20	98	94	90
25	95	95	87
30	99	96	84

分析表 1 可知, 随着实验次数的不断变化, 不同算法的清晰度也在不断发生变化。所提算法经过融合后图像效果非常清晰, 所提算法的平均值高达 97% 以上。基于平行度校正的区域分割下序列红外图像智能融合算法的清晰度随着实验次数的增加而增加, 但是该算法的平均值均为 92%, 明显低于所提算法, 该方法经过融合后的图像清晰度并不是十分理想。基于视觉显著性的区域分割下序列红外图像智能融合算法的清晰度在 3 种算法中为最低, 该算法的平均值约为 90.2%, 该算法与所提算法的差距较大, 需要进行改进。实验结果表明, 所提算法能够有效增强图像清晰度。

(2) 对比不同算法的运行时间

分别将所提算法与基于平行度校正的区域分割下序列红外图像智能融合算法以及基于视觉显著性的区域分割下序列红外图像智能融合算法进行实验对比, 对比不同算法的运行时间, 对比结果如图 1 所

示。为了简化描述,图 1 中,A 代表所提算法,B 代表基于平行度校正的区域分割下序列红外图像智能融合算法,C 代表基于视觉显著性的区域分割下序列红外图像智能融合算法。

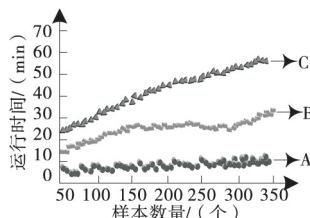


图 1 不同算法运行时间对比结果

分析图 1 可知,随着样本数量的不断增加,不同算法的运行时间也在不断发生变化,所提算法的运行时间在 3 种方法中为最低,并且保持相对平稳的状态。基于平行度校正的区域分割下序列红外图像智能融合算法的运行时间次之,该算法的运行时间呈上升趋势。基于视觉显著性的区域分割下序列红外图像智能融合算法的运行时间在 3 种方法中最长,且上升幅度较大,需要进行改进。实验数据表明,所提算法能够有效减少运行时间,提高运行效率。

4 结束语

提出区域分割下序列红外图像智能融合算法,以便改善传统算法的问题。经过实验验证得出,采用所提算法进行图像融合时,运行效率较高。与此同时,该算法能提高图像的清晰度,并且具有一定的可行性以及有效性。

参考文献

- [1] 张生伟,李伟,赵雪景.一种基于稀疏表示的可见光与红外图像融合方法[J].电光与控制,2017,24(6):47-52.
- [2] 陈天明,王俊琦,张星祥.等.基于特征提取的红外与可见光图像融合[J].激光与红外,2016,46(3):357-362.
- [3] 殷明,段普宏,褚标.等.基于非下采样双树复轮廓波变换和稀疏表示的红外和可见光图像融合[J].光学精密工程,2016,24(7):1763-1771.
- [4] 吴冬鹏,毕笃彦,何林远.等.基于 NSSCT 的红外与可见光图像融合[J].光学学报,2017,37(7):98-106.
- [5] 傅志中,王雪,李晓峰.等.基于视觉显著性和 NSCT 的红外与可见光图像融合[J].电子科技大学学报,2017,46(2):357-362.
- [6] 李英杰,张俊举,常本康.等.远距离多波段红外图像融合系统及配准方法[J].红外与激光工程,2016,45(5):276-282.
- [7] 张承泓,李范鸣,吴滢跃.基于视觉显著性与对比度增强的红外图像融合[J].红外技术,2017,39(5):421-426.
- [8] 罗杰,孔韦韦,刘睿.基于 NSST 和区域生长的红外与可见光图像融合算法[J].中国科技论文,2016,11(14):1673-1678.
- [9] 闫利,向天烛.NSCT 域内结合边缘特征和自适应 PCNN 的红外与可见光图像融合[J].电子学报,2016,44(4):761-766.
- [10] 葛雯,姬鹏冲,赵天臣.等.NSST 域改进 NMF 的红外与可见光图像融合[J].光电工程,2016,43(4):73-77.
- [11] 刘战文,冯燕,李旭.等.一种基于 NSST 和字典学习的红外和可见光图像融合算法[J].西北工业大学学报,2017,35(3):408-413.
- [12] 葛雯,姬鹏冲,赵天臣.NSST 域模糊逻辑的红外与可见光图像融合[J].激光技术,2016,40(6):892-896.
- [13] 王峰,程咏梅.基于 MSSTO 与 NSCT 变换的可见光与红外图像增强融合[J].控制与决策,2017,32(2):269-274.
- [14] 宋建辉,甘晶,刘砚菊.基于 PCNN 与区域特征的红外与可见光图像融合[J].计算机工程与应用,2016,52(8):186-190.
- [15] 朱浩然,刘云清,张文颖.基于对比度增强与多尺度边缘保持分解的红外与可见光图像融合[J].电子与信息学报,2018,40(6):1294-1300.
- [16] 李海超,李成龙,汤进.等.热红外与可见光图像融合算法研究[J].计算机科学与探索,2016,10(3):407-413.
- [17] 李贺,刘磊,岳超.等.一种改进的基于多尺度变换的红外和可见光图像融合算法[J].半导体光电,2016,37(4):573-579.