

基于多特征的红外与可见光图像融合方法的研究

张宇¹, 付冬梅¹, 李晓刚², 陈超³

(1. 北京科技大学信息工程学院, 北京 100083; 2. 北京科技大学材料科学工程学院, 北京 100083;

3. 中国电子系统设备工程公司, 北京 100141)

摘要: 红外图像包含物体的温度信息,但其存在对比性差、纹理弱等缺陷,限制了应用,目前基于融合的方法能有效改善红外图像的视觉效果,但局限于简单的直接融合,忽略了背景等因素所含噪声的影响及各部分细节信息。文章在这方面做了进一步的研究工作,改进了现有方法的融合规则,提出先将目标从背景中提取出来再以温度阈值及纹理特征为依据分层次分区域融合,从而在细节上极大地改进了目标的视觉效果,提高了效率。最后对融合效果进行了定量评价和比较。实验结果证明处理后的图像能够比原图像获得更丰富的视觉信息。

关键词: 可见光图像; 红外图像; 图像融合; 纹理特征; 温度信息

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Method of Infrared and Visible Image Fusion Based on Multifeatures

ZHANG Yu¹, FU Dong-mei¹, LI Xiao-gang², CHEN Chao³

(1. School of Information Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

2. School of Maternal Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

3. Company of China Electronic System Facility Engineering, Beijing 100141, China)

Abstract: Infrared image contained temperature information, but its application is greatly restriction due to inherent defect, such as bad contrast and weak veins etc. Though the present method of fusion can improve the visual effect of infrared image, it is still confined to single and direct fusion which neglect the influence of background's yawp factor. The paper makes farther research on the respect, improve the existence fusion's regulation through propose a method that extraction the objective firstly then fuse the images layered which based on temperature threshold and texture characteristic. Thereby the specific of visual and effect are improved largely. Finally, evaluate the effect of the result through objective mathord. The result shows that our method can obtain more information than the original image.

Key words: visible image; infrared image; image fusion; texture character; temperature information

1 引言

与常规可见光图像不同,红外图像是对所拍摄物体温度分布状况的显示,而所有温度在热力学零度(-273℃)以上的物体都会不停地辐射出红外线,所以拍摄环境的好坏对红外图像的效果影响非常小。当待观察区域内光线条件很差,但是有较大温度梯度或背景与目标有较大热对比度时,肉眼及可见光难以分辨的低可视目标很容易在红外图像中看到,但它只是物体表面温度场分布的图像,纹理特

征十分淡化,不符合人的观察习惯,这在很大程度上限制了红外热像仪的适用范围和使用效果。与红外图像相比,可见光图像能够提供更多的目标细节,纹理特征明显,较符合人眼的观察习惯。可以想见的解决红外图纹理特征淡化的办法就是将红外与可见

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 60573016)资助。

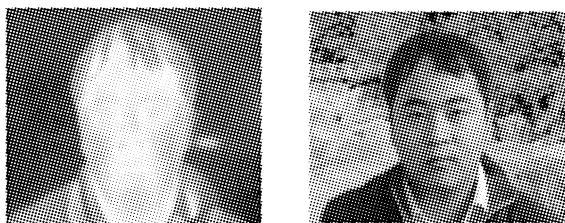
作者简介: 张宇(1982-),女,硕士,主要研究方向为红外图像处理。E-mail: zhangyu_012003@sina.com

收稿日期: 2008-06-06; **修订日期:** 2008-08-29

光图像融合,从而能够使融合图像最大限度的包含所需信息,改善红外图像的视觉效果,并能够显示温度的分布,同时也纹理清晰易辨识。这在医学上对面瘫的诊断、工业电机设备故障检测、军事目标识别上有着广泛的应用^[1]。常用的图像融合方法很多,但都有许多不足之处,效率不高。且都是简单预处理后直接对源图像进行融合,融合过程易受背景噪声的影响,融合效率低、效果差。在融合图像的细节方面还有所欠缺,融合结果不理想。本文的研究目的就是首先通过特征提取,去除非感兴趣的背景区域的噪声对融合过程产生的不良影响,并在基于温度区域分层次思想的指导下首先对不同温度层区域内的部分分层次提取后逐层进行处理,而对于因为处于相同温度区域而无法分割开的部分(如服装、毛发温度接近),再利用纹理的粗细及方向的不同对其进行分割,最后对基于温度和纹理分割出的各部分图像采用不同的融合算法进行处理,将每个温度层及同一温度层不同纹理区域最好的处理结果加以拼接,最后再将清晰的可见光背景传递给拼接后的图像,辅助判断目标所处的环境。进一步改善了融合效果,提高了效率,并在融合基础上加入温度数据并使之能够实时显示,从而使得处理后的图像达到了信息的最大化。

2 问题描述

在环境温度 21.2℃ 下,对目标进行红外拍摄,其头像部分温度高于环境温度,如图 1 所示。从红外图中我们可以清晰地分辨出图像中的高低温分布区域,但是目标的面部特征不明显,五官模糊不清,辨识困难。这就需要将可见光中最为重要的纹理信息传递给红外图像。



(a) 红外图

(b) 可见光图

图1 原始红外与可见光图像

原理如图 2 所示。

本文一改现有无论是基于空域或者频域都是对

两幅原图像直接进行融合变换的方法,提出在对两幅图像进行预处理配准的基础上,对目标进行提取,进而人为设定不同的感兴趣区域的温度阈值,分层次对处于不同温度阈值之间的红外部分传递抽取到的纹理信息,对于处于同一温度阈值范围的不同部分再利用纹理的粗细及方向的不同进行分割,最后将各部分最好的融合结果加以拼接,从而进一步改善了红外纹理淡化问题,提高了效率。

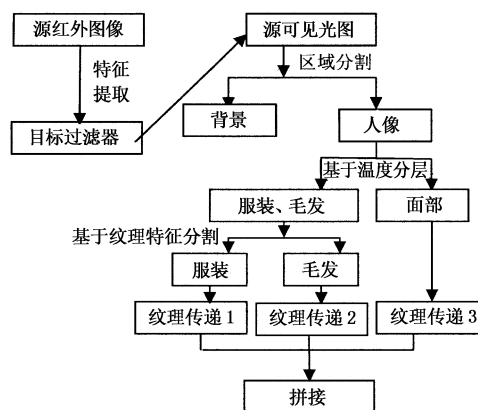


图2 基本思想框图

3 图像融合

红外与可见光融合原理如图 3 所示。

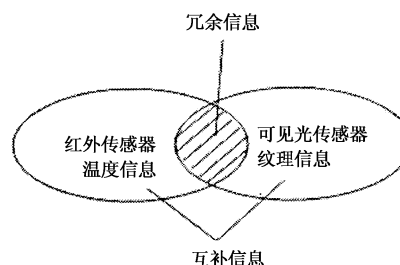


图3 红外与可见光传感器融合示意图

由图 3 可见,传感器之间的冗余数据增加了融合系统的可靠性,传感器之间的互补数据扩展了单一传感器的性能。融合后的系统将具有以下优点^[2]:

- 1) 提高了系统的可靠性和鲁棒性;
- 2) 扩展了时间上和空间上的观测范围;
- 3) 增强了数据的可信程度;
- 4) 增强了系统的分辨能力。

高斯金字塔融合是设原图像为 G_0 , 将 G_0 作为高斯金字塔的初始层(零层), 图像的高斯金字塔的第 l 层图像 G_l 构造方法如下:

将第 $(l-1)$ 层图像 G_{l-1} , 和一个具有低通特性

的窗口函数 $w(m, n)$ 进行卷积, 再把卷积结果作隔行隔列的降采样, 即:

$$G_l = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 w(m, n) G_{l-1}(2i+m, 2j+n) \quad (1)$$

式中: $0 < l \leq N, 0 \leq i < C_l, 0 \leq j < R_l; N$ 为高斯金字塔顶层层号; R_l, C_l 为高斯金字塔第 l 层的行列数; $w(m, n)$ 为窗口函数, 一般采用 5×5 的矩阵。

为了保持图像采样和扩展后亮度平滑, 没有接缝效应, 窗口函数 $w(m, n)$ 的选择很重要, 应符合如下准则^[3]:

(1) 可分离性:

$$w(m, n) = \tilde{w}(m) \tilde{w}(n)$$

$$m \in [-2, 2], n \in [-2, 2] \quad (2)$$

(2) 归一化性:

$$\sum_{n=-2}^2 \tilde{w}(n) = 1 \quad (3)$$

(3) 对称性:

$$\tilde{w}(n) = \tilde{w}(-n) \quad (4)$$

(4) 奇偶项等贡献性:

$$\tilde{w}(-2) + \tilde{w}(2) + \tilde{w}(0) = \tilde{w}(-1) + \tilde{w}(1) \quad (5)$$

满足这些约束条件的典型窗口为:

row: -2 -1 0 1 2 column

$$w = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} -2 \\ -1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{matrix}$$

为了简化书写, 引入缩小算子 Reduce, 公式(1)可简写为:

$$G_l = \text{Reduce}(G_{l-1}) \quad (6)$$

由 $G_0, G_1, \dots, G_N$ 就形成了高斯金字塔, 其中 G_0 为金字塔的底层, G_N 为金字塔的顶层。高斯金字塔的总层数为 $N+1$ 。

4 基于 Sobel 边缘检测的目标提取

为了将目标与背景区分开来, 去除不感兴趣的背景区域中所含噪声对融合结果与效率的影响, 对原图像进行边缘提取^[4]。先用 Sobel 边缘检测结合温度信息对红外图像进行边缘检测, 从而得到一个目标过滤器, 再用目标过滤器对可见光图像进行目标提取, 进而进一步去掉红外与可见光图的背景信息。

Sobel 算子 3×3 邻域模板如下:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

x 方向卷积核

y 方向卷积核

图4为处理后的图像。



(a) Sobel 边缘提取 (b) 红外目标提取 (c) 可见光目标提取

图4 处理后的图像

由图4可见, 处理后的图像改进了直接对可见光图像进行边缘提取造成提取效果混乱的现象, 除去了非感兴趣的背景区域, 从而极大限度的限制了背景所含噪声对融合图像的影响。

5 以温度为阈值的分层融合

5.1 温度阈值的确定

将温度的分布信息显示在坐标系中, 可以看出红外图像的温度分布大致是从 $21 \sim 36^\circ\text{C}$ 之间, 取不同的门限, 可以分层次的将面部高温区域、毛发及服装区域确定出来, 如图5所示。

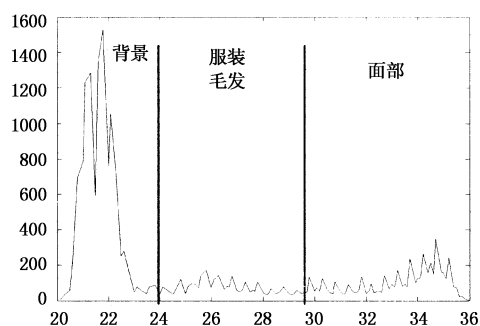


图5 温度数据图

$$g(m, n) = \begin{cases} 1 & f(m, n) > T \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

根据阈值的选取, 求局部极小值点^[5]:

$$\begin{cases} \frac{df(T)}{dT} = 0 \\ f'(T) < 0 \end{cases} \quad 20 < T < 40 \quad (8)$$

5.2 基于纹理特征的分割

由于毛发和服装部分的区域温度极为接近, 温度分层法只能将其分为一类, 同时将 30°C 之上的面部区域分为一类。利用 Fourier 频谱分析法能够提

取所需图像纹理的环特征和楔特征,进而确定图像纹理粗细及方向^[6],选择好模板的大小和方向后对图像进行边缘检测,从而可进一步将处于同一温度区间的毛发和服装部分分割开。

5.3 基于温度和纹理的特征分割

扫描红外图像,将处于所需温度阈值之间的温度保留,其余赋值为白色。再由得到的红外图像各部分提取配准过的对应可见光部分,分层提取及纹理分割结果如图6所示。

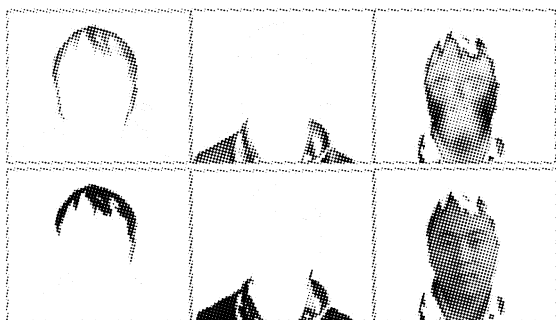


图6 分层特征提取

对基于多特征提取出来的红外与可见光图像的各部分采用不同的融合算法进行纹理传递,并对其中最好的结果加以保留,最后,对各部分最优融合结果进行拼接并恢复到可见光的背景中去。

6 程序仿真及评价分析

仿真结果比较如图7所示。

由图7可见,本文介绍的基于多特征的融合方法跟直接融合方法相比,效果得到进一步改善,边缘及纹理更加清晰,从细节上极大地改善了以前方法存在的一些问题,并且去除了不感兴趣的背景区域的噪声对融合结果产生的不良影响。目标的可识别性大大提高,目标的高温区域也清晰可见。同时保留了原始可见光背景,使得目标所处环境得以判断,这对医学面瘫的诊断、军事目标识别、设备的各类热故障诊断,尤其是热故障定位将大有好处。



(a) (b) (c)

图7 仿真结果比较

(a)金字塔方法对源图像直接融合后结果;(b)本文方法的融合结果;(c)还原回可见光背景中的融合图像

客观定量的效果评价如表1所示。

表1 融合效果评价指标

方法 指标	熵	平均 交叉熵	标准差	互信息量
金字塔融合	4.801	1.2820	45.672	4.0221
本文方法	5.188	0.9661	48.513	4.6015

由表1可以看出本文提出的基于特征的温度分层方法融合后熵值、标准差、互信息量较大,平均交叉熵较小,融合效果要比以前的直接融合方法好^[7]。

7 结束语

针对红外与可见光融合领域,本文提出了一种新的基于温度分层次和纹理特征的融合方法,将去除背景后的目标按温度信息再细分不同的层次区域,再将由于温度接近而无法区分的温度层按纹理特征分割,最后将各个区域中最好的融合结果加以拼接得到最终的融合图像。试验结果表明,这种方法极大地去除了背景噪声对融合结果产生的影响。对于增强图像的融合效果,改善融合后图像在细节方面的一些信息是非常有效的。常用的图像融合方法很多,但都有许多不足之处。采用本文方法对图像进行融合处理,兼有滤除噪声和增强目标细节的双重作用,较为理想地达到了我们的预期目的。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 赵庆建,陈森发. 基于纹理分析的多源信息融合方法的研究[J]. 电子与信息学报,2007,36(2):160-164.
- [3] 玉振明,高飞. 基于金字塔方法的图像融合原理及性能评价[J]. 计算机应用研究,2004,10:128-130.
- [4] 韩晓萍,付冬梅. 基于形态学的遮挡目标提取的区域生长法研究[J]. 计算机应用研究,2007,24(10):158-160.
- [5] Harishwaran Hariharan, Andreas Koschan, Besma Abidi, et al. Fusion of visible and infrared images using empirical mode decomposition to improve face recognition[C]// IEEE International Conference on Image Processing ICIP, 2006:2049-2052.
- [6] 杨有,余萍. 基于图像纹理自适应的边缘检测算法[J]. 计算机科学,2008,35(5):243-245.
- [7] 罗军辉,冯平,哈力旦·A. MATLAB7.0在图像处理中的应用[M]. 北京:机械工业出版社,2005:131.