

# 一种基于特征分类的红外图像自适应匹配增强的新方法

胡窦明, 赵海生, 李云川, 潘超, 柳继勇

(昆明物理研究所, 云南 昆明 650223)

**摘要:** 提出了一种基于特征分类的红外图像自适应匹配增强的新方法。先对大量红外图像的特点做深入分析, 对图像进行归纳分类, 共分为4类, 并用状态空间特征参量表征。针对这些不同特点的红外图像, 研究与之相匹配的增强算法。最终完成针对不同的红外图像, 自动判断图像类型, 并选择相应的参数和算法做增强处理, 达到增强算法自适应匹配目的。这样有针对性地对不同特征的红外图像进行增强, 提高了增强算法的适用范围。经过 MATLAB 验证得算法可行, 并且增强效果很好。

**关键词:** 红外图像增强; 红外图像分类; 自适应算法匹配

中图分类号: TN911.73 文献标识码: A 文章编号: 1001-8891(2014)03-0205-05

## A New Approach to Infrared Image Adaptive Matching Enhancement Based on Characteristics Classification

HU Dou-ming, ZHAO Hai-sheng, LI Yun-chuan, CHEN Ying-yan, PAN Chao, LIU Ji-yong

(Kunming Institute of Physics, Kunming 650223, China)

**Abstract:** A new infrared images adaptive matching enhancement method based on characteristics classification is presented in this paper. Firstly we analyze the characteristic of many infrared images, and then classify the images and express them with parameter. Infrared images are divided into four categories. Then we do some research in the matching between infrared images with different characteristics and enhancement algorithms to achieve a good match between some image type and the corresponding algorithms. Finally, according to the type of image, corresponding parameters will be adaptively chosen to enhance the image. Different ways to different images can improve the scope of application of method. Simulation results with MATLAB show that it is a good way to enhance the infrared images.

**Key words:** infrared image enhancement, infrared image classification, adaptive algorithm matching

## 0 引言

红外图像的产生过程需要目标和背景的红外辐射经过大气传输、光学成像、光电转换和电子处理等步骤<sup>[1]</sup>。由于成像器件本身的缺陷和环境因素的影响, 红外图像成像往往不理想<sup>[2]</sup>。红外图像通常存在分辨率低、对比度低、信噪比低、视觉效果模糊、没有立体感等不足。这些不足可能会导致景物细节信息无法观察, 目标无法识别, 目标跟踪失败等, 所以红外图像增强在实际工程运用中是很有必要的。

红外图像增强算法有很多种, 每一种算法都有各自的针对性, 同种算法对不同特点的红外图像增强效果有很大差别。传统的直方图均衡化<sup>[3]</sup>对红外图像进

行增强处理, 将会导致背景和噪声占用的灰度级偏多, 而目标的灰度级偏少, 这相当于提高了背景和噪声的对比度, 反而降低了目标的对比度。所以, 普通的直方图均衡化算法一般只能应用在一些特定环境中, 算法的普适性较差, 在增强图像对比度的同时扩大了噪声, 不适用于红外图像增强。有些学者也会将两种或者以上的增强方法, 如将对比度增强算法与直方图均衡算法级联法级联的混合增强算法<sup>[4]</sup>, 这种方法, 工程实现相对容易, 但没有考虑图像场景下的应用。

虽然国内外研究人员提出了很多红外图像增强的方法, 包括空间域和频域算法, 或者更新颖的算法种类, 但是总是会面临算法复杂度和算法增强效果之

间的矛盾<sup>[2-3]</sup>。增强效果较好的往往算法复杂度比较高, 实现起来相对较复杂, 不宜于实时图像处理。有些增强算法的智能性和自适应性差, 算法需要人为的设置参数, 很多算法其实只适应于一部分具有共同特点的红外图像。有些算法没有考虑不同场景图像该如何自适应的调整, 在不同的场景和实际应用中存在着缺陷。

基于同态滤波的复合增强方案<sup>[5]</sup>能够很好地解决同态滤波的缺陷, 但是这种增强方法适合于灰度均值偏亮或偏暗的图像。如果用这个方法来处理有些具有亮度适中, 灰度动态范围窄, 明暗层次不丰富的图像, 图像会被拉伸得过于夸张, 某些细节信息反而被噪声掩盖, 并不适合人眼观察。

本文在文献[5]的基础上, 重点研究红外图像特点及分类, 探索针对不同特点的红外图像增强方案, 即能够根据几种典型类型场景的红外图像特点, 自动选取参数或者相应的算子, 对红外图像进行增强。

## 1 本文算法思路

在文献[5]的基础上, 本文提出基于特征分类的红外图像自适应匹配增强的方案, 即能根据红外图像的特征, 自动判断图像类型, 并自动选择增强算法及参数, 提高算法的适用范围。

设计的方案如图1所示。

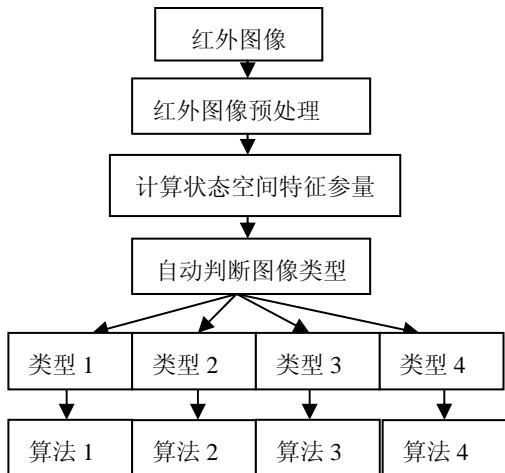


图1 本文算法框架

Fig.1 Framework of the method proposed

同样的, 这里选择自适应中值滤波器<sup>[5-6]</sup>对图像进行预处理, 因为它在去掉噪声的同时, 滤去的图像细节也较少, 它的效果优于普通的中值滤波器。细节增强部分采用同态滤波<sup>[5,7-9]</sup>算法, 如若在同态滤波后图像动态范围压缩过多, 需要进一步采用限制对比度自适应直方图均衡<sup>[5,10-11]</sup>调整动态范围, 增强对比度。

### 1.1 红外图像状态空间的建立

本文引用“状态空间”, 使用数学参量来表示人眼所观察到的红外图像的特征。本文构建的状态空间包含以下2个参量:

#### 1) 特征参量1——灰度均值(mean)

即是一幅红外图像像素的灰度均值。针对8 bit图像, 将[0,255]分为3个区域: L:mean属于[0,79], 均值处于这个区间, 图像整体比较暗; M:mean属于[80,160], 均值处于这个区间, 图像亮度比较适中; H:mean属于[161,255], 均值处于这个区间, 图像整体比较亮。

#### 2) 特征参量2——灰度直方图

直方图是图像灰度级的统计函数。运用提出的峰值分析算法, 分析图像的直方图的分布情况, 目的是得到峰值的个数及峰值所在的位置, 直方图特征参量的分析流程如图2所示。

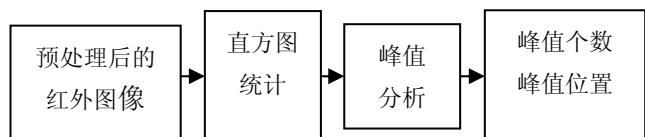


图2 特征参量2的分析流程

Fig.2 Analysis process of characteristic parameters 2

将峰值分布的范围[0,255]分为3个区域, 用A、B、C表示。这些区间节点的划分会影响到图像的分类和增强算法匹配。一开始A、B、C三块区域均分, 但是经过大量的实验结果, 研究发现适当调整3个区域, 即A: [0,49], B: [50,200], C: [201,255], 我们缩小A, C区域, 扩大B区, 这样区间节点的划分方法, 所得到的图像分类与后续的算法匹配达到一个相对合适的增强效果。

### 1.2 根据特征参量得到红外图像的分类

利用以上提出的2个特征参量对图像进行分类。预处理后的图像, 计算其特征参量, 根据特征参量判断分类, 图像的分类方法如表1所示。

表1 图像类型判断 Table 1 The judgment of image types

| 参量类型 | 特征      |         |
|------|---------|---------|
|      | 灰度平均值   | 峰值分布区域  |
| 第1类  | M(中间)   | B(中间)   |
| 第2类  | (偏暗或适中) | A和C(两边) |
|      | L或M     | A(单边)   |
| 第3类  | (适中或偏亮) | A和C(两边) |
|      | M或H     | C(单边)   |
| 第4类  | A和B和C   |         |
|      | -       |         |
|      | A和B     |         |
|      | B和C     |         |

### 1.3 红外图像类型与对应算法的匹配

算法制定过程：首先是根据图像的特点制定出算法，然后通过实验验证，根据增强效果不断调整和修改算法，最终才得到以下匹配的算法。

#### 类型1——算法1

因为这类型图像均值适中，并且直方图峰值分布集中在中间，在进行同态滤波之后，图像的细节部分得到增强，并且整个灰度分布没有偏暗或偏亮，无需再进一步调整动态范围，选择图3所示算法处理第1类图像较为合适。

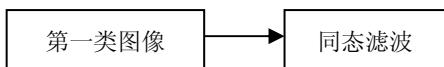


图3 算法1流程

Fig.3 Process of method 1

#### 类型2——算法2

针对第二类图像的特点，即均值偏暗或适中，直方图峰值分布于两端，在对其进行同态滤波的时候，如果用 $7 \times 7$ 模板，得到的结果不利于图像亮度的调整。所以适用 $3 \times 3$ 模板，对图像的亮度影响较小。所以用图4所示算法处理第二类图像较为合适。

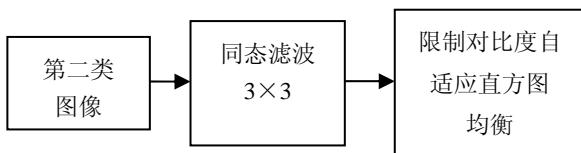


图4 算法2流程

Fig.4 Process of method 2

#### 类型3——算法3

算法3与算法2基本上是一样的，不同的地方在于，由于第三类图像本身比较亮，进行同态滤波时，使用 $7 \times 7$ 卷积模板使更多的细节信息得到增强，而不用过多关心图像亮度提高的问题。

#### 类型4——算法4

针对第四类图像的特点，发现对于这种分布的图像，它既具有第一类图像的特点，同时也具有第二类或是第三类图像的特点。研究发现对于第四类图像，采用算法1和算法2和原图背景加权组合的方法处理，能够得到最佳的增强效果。

在图5中， $\text{result} = \alpha*(S_1) + \beta*(S_2) + \gamma*(S_3)$ ，并且参数 $\alpha, \beta, \gamma$ 满足 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。其中 $S_1$ 是算法1的结果， $S_2$ 是算法2的结果， $S_3$ 是原图像背景去噪之后的一部分，取 $S_3$ 是为了保留一些原有的图像背景。根据经验，通常可以取 $\alpha = 2/5, \beta = 2/5, \gamma = 1/5$ 。

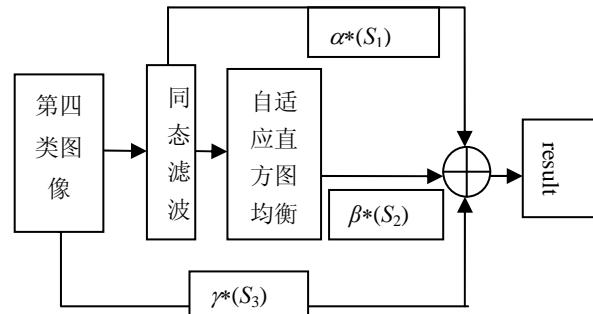


图5 算法4流程

Fig.5 Process of method 4

## 2 实验结果

为了验证提出算法的增强效果，选择一定数量的红外图像视频、图像进行仿真。下面列举4幅不同类型的红外图像，并选择一种与该图不相适应的增强算法、直方图均衡算法与正确匹配的算法结果做比较和分析。增强效果的评价以人眼的主观感受为主，结合给出的峰值信噪比 Peak signal-to-noise ratio (PSNR)、图像的直方图、及图像均值 (mean) 作为增强效果评价的参考量。实验结果如下：

1)如图6(a)所示，判断得到它属于第一类型图像，均值 mean=100，选择了算法1进行增强。

如图6(b)所示，算法1增强了图像细节，提高了图像的对比度和清晰度，灰度均值也有提高，整幅图像较柔和，视觉效果较好。算法2的结果如图6(c)所示，结合表2所示数据，可以看到虽然图像均值更亮，但是PSNR较低，对比度的提高太多使得图像灰度拉伸过于夸张，细节信息反倒被掩藏，不利于人眼的观察，图6(d)所示直方图均衡的结果同样存在这个问题。

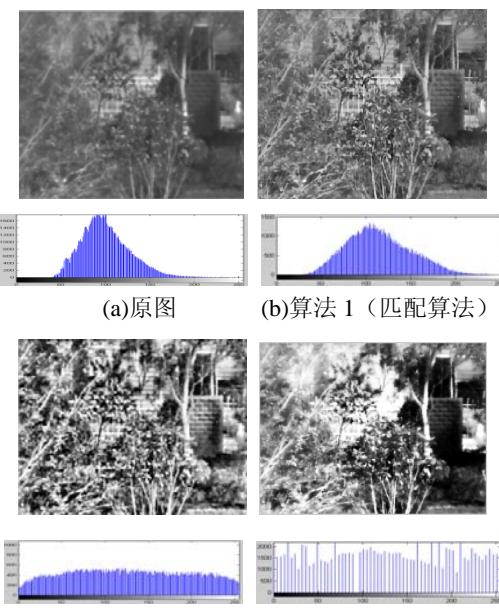


图6 第一类型的图像的增强结果  
Fig.6 Enhancement results of the first type

表2 第一类图像增强后的峰值信噪比(PSNR)和灰度均值(mean)

Table 2 PSNR and mean of the first category image after enhancement

| 算法   | 算法1 | 算法2 | 直方图均衡 |
|------|-----|-----|-------|
| PSNR | 26  | 15  | 20    |
| mean | 111 | 121 | 127   |

2) 如图7(a)所示, 判断得它属于第二类型图像, 原图均值 mean=112, 自动选取算法2进行增强。

如图7(b)所示, 再结合表3数据分析, 算法2增强了图像的细节, 可以清晰地看到图中的墙角阳台等, 提高了分辨率和对比度, 灰度均值也有提高。而图7(c)所示, 可以看到处理后图像很暗, 直方图的分布区域也较窄。如图7(d)所示, 直方图均衡化的结果图像质量反而下降。

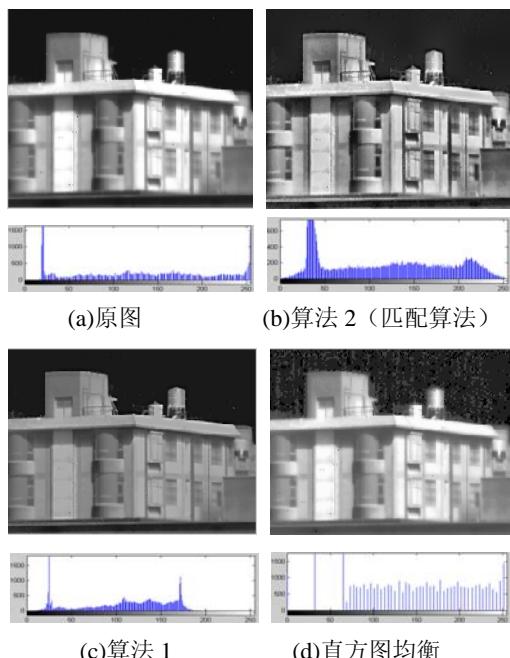


图7 第二类型的图像的增强结果

Fig.7 Enhancement results of the second type

表3 第二类型图像增强后的峰值信噪比(PSNR)和灰度均值(mean)

Table 3 PSNR and mean of the second category image after enhancement

| 算法   | 算法2 | 算法1 | 直方图均衡 |
|------|-----|-----|-------|
| PSNR | 19  | 17  | 20    |
| mean | 110 | 95  | 127   |

3) 如图8(a)所示, 判断得它属于第三类型图像, 原图均值 mean=176, 选择了算法3进行增强。

如图8(b)所示, 结合表4给出的数据分析可见, 算法3增强了图像的细节, 增强了图像的对比度, 调

整了图像的灰度范围分布。虽然算法1增强了图像的细节, 但是图像对比度不高, 直方图的分布区域也较窄, 灰度动态范围较低。图8(d)所示, 直方图均衡使得图像对比度拉伸过于夸张, 细节信息不明显。

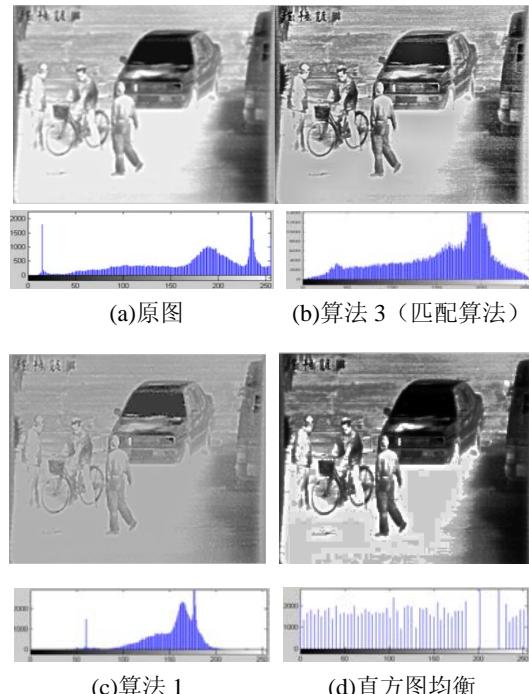


图8 第三类型的图像的增强结果

Fig.8 Enhancement results of the third type

表4 第三类型图像增强后的峰值信噪比(PSNR)和灰度均值(mean)

Table 4 PSNR and mean of the third category image after enhancement

| 算法   | 算法3 | 算法1 | 直方图均衡 |
|------|-----|-----|-------|
| PSNR | 17  | 16  | 13    |
| mean | 148 | 156 | 127   |

4) 如图9(a)所示, 判断得其属于第四类型图像, 选择了算法4进行增强。

相比图9(c)、(d)所示的算法3与直方图均衡算法处理结果, 如图9(b)所示, 算法4噪声不明显, 树叶显得更清晰柔和, 门上的栏杆细节更清晰, 并且如表5所示算法4的PSNR更高。

### 3 结论

本文提出了一种基于特征分类的红外图像自适应匹配增强的新方法。算法能够依据不同类型的红外图像特点, 自动判断出图像类型, 并选取相应的算法或参数, 有针对性地对图像进行增强。实验证明算法达到较好的增强效果, 改善了现有的一些算法存在的缺点, 比同态增强方案<sup>[3]</sup>有较宽的适用范围。下一步将研究更多能够表征红外图像特点的参量, 完善红外

图像的分类；进一步完善图像类型与算法的匹配，提高算法的可靠性和稳定性。

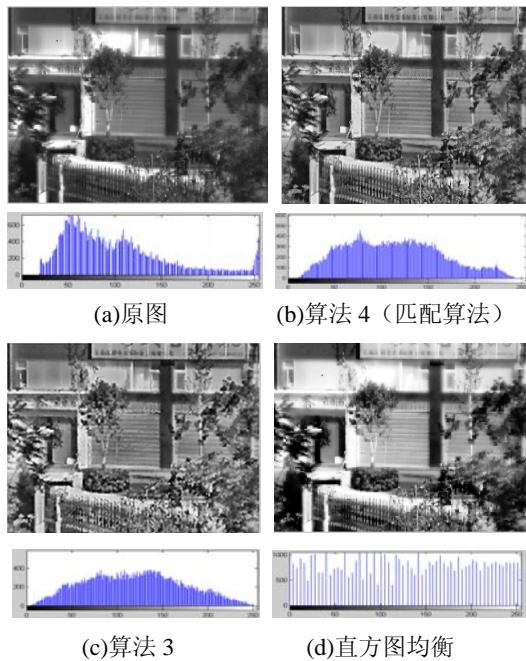


图9 第四类型的图像的增强结果

Fig.9 Enhancement results of the forth type

表5 第四类型图像增强后的峰值信噪比（PSNR）  
和灰度均值（mean）

Table 5 PSNR and mean of the forth category image  
after enhancement

| 算法   | 算法4 | 算法3 | 直方图均衡 |
|------|-----|-----|-------|
| PSNR | 25  | 16  | 15    |
| mean | 108 | 119 | 127   |

## 参考文献：

- [1] 顾建雄. 红外图像增强算法研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.  
Gu Jianxiong. Research of Infrared image enhancement algorithm[D].  
Lanzhou: University of LANZHOU, 2009.
- [2] 于天河, 郝富春, 康为民, 等. 红外图像增强技术综述[J]. 红外与激光工程, 2007, 36: 336-338.  
Yu Tianhe, Hao Fuchun, Kang Weimin, et al. Summarization on the infrared image enhancement technology[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2007, 36: 336-338.
- [3] 王炳健, 刘上乾, 拜丽萍. 红外图像实时增强的新算法[J]. 光电工程, 2006, 33(1): 47-49.  
Wang Bingjian, Liu Shangqian, Bai Liping. New real-time enhancement algorithm for infrared images[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2006, 33(1): 47-49.
- [4] 曹西征, 郭立红. 基于相似加权滤波的红外图像增强算法[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15(4): 535-536.  
Cao Xizheng, Guo Lihong. Infrared image enhancement algorithm based on similarity weighting filtering[J]. *Computer Measurement & Control*, 2007, 15(4): 535-537.
- [5] 胡窦明, 赵海生, 李云川, 等. 一种基于同态滤波的红外图像增强新方法[J]. 红外技术, 2012, 34(4): 224-228.  
Hu Douming, Zhao Haisheng, Li Yunchuan, et al. A new approach to infrared images enhancement based on homomorphic filtering[J]. *Infrared Technology*, 2012, 34(4): 224-228.
- [6] Rafael C Gonzalez, Richard E Woods, Steven L Eddins. Digital image processing using MATLAB[D]. Publishing House of Electronics Industry, 2005: 120-123.
- [7] 黄静桓, 李小霞. 同态滤波在红外图像增强中的应用[J]. 科技信息, 2009(2): 26-27.  
Huang Jinghuan, Li Xiaoxia. Homomorphic filtering in infrared image enhancement[J]. *Science and Technology Information*, 2009(2): 26-27.
- [8] 陈春宁, 王延杰. 在频域中利用同态滤波增强图像对比度[J]. 微计算机信息, 2007, 23(2): 264-266.  
Chen Chunling, Wang Yanjie. Image contrast enhancement by homomorphic filtering in frequency field[J]. *Control and Automation*, 2007, 23(2): 264-266.
- [9] 马燕, 张成义. 基于 Matlab 的同态滤波器的优化设计[J]. 应用光学, 2010, 31(4): 585-588.  
Ma Yan, Zhang Chengyi. Optimal design of homomorphic filter based on matlab[J]. *Journal of Applied Optics*, 2010, 31(4): 584-588.
- [10] Kentaro Kokufuta, Tsutomu Maruyama. Real-time processing of contrast limited adaptive histogram equalization on FPGA[C]. *International Conference on Field Programmable Logic and Applications*, 2010: 155-158.
- [11] Paul S Heckbert. *Graphics Gems(IV)*[M]. Academic Press Inc, 1994: 474-485.