

一种区域多直方图红外图像增强方法*

李绘卓¹, 范勇¹, 唐峻¹, 唐遵烈², 熊平², 周建勇²

(1. 西南科技大学 计算机科学与技术学院, 四川 绵阳 621010; 2. 中国电子科技集团公司第四十四研究所, 重庆 400060)

摘要: 直方图均衡是一种简单有效的红外图像增强技术,但存在着细节信息损失较大的缺陷。为改进这一缺陷,使直方图均衡在增强图像对比度的同时不损失灰度级别,并能增强图像细节特征,提出一种基于区域的 multi-HE 红外图像增强方法。该方法通过聚类算法将图像分割成多目标区域,据此将直方图分割成多个子图,运用多直方图均衡化对图像进行处理,从而达到在不同目标范围内的图像增强。经过实验验证,该算法能有效地抑制背景区的过增强,扩大了目标区的灰度范围,增强细节部分。

关键词: 红外图像增强; 直方图均衡; 多直方图; 过增强

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)02-0772-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.02.100

Method of infrared image enhancement based on regional histogram

LI Hui-zhuo¹, FAN Yong¹, TANG Jun¹, TANG Zun-lie², XIONG Ping², ZHOU Jian-yong²

(1. College of Computer Science & Technology, Southwest University of Science & Technology, Mianyang Sichuan 621010, China; 2. The 44th Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: Histogram equalization is a simple and effective infrared image enhancement techniques, but it leads to missing a lot of the detail informations of the objects. To improve this defect, this paper proposed the infrared image enhancement technique based on regional multi-HE, which could enhance image contrast base on histogram equalization, could enhance images' details and keep no loss of gray level. This method identified the target sub-regions of the image firstly by using a clustering algorithm. Then, it divided the original histogram into many sub-histograms based on the target sub-regions, and equalized the image by utilizing the sub-histograms ensuing. Finally, it enhanced the target sub-regions of the image respectively as the result of this method. Experimental results show that the proposed techniques can effectively restrain the excessive enhancement on background region, at the same time, the method can expand the objects' gray zone as well as enhance the objects' details.

Key words: infrared image enhancement; histogram equalization; multi-HE; over enhancement

0 引言

红外图像呈现出分辨率低、对比度低、视觉效果模糊和信噪比低等缺陷。因此,改善红外图像质量,提高对比度,增强视觉效果以利于后续的探测、识别和跟踪等应用,成为一个急需解决的问题。红外图像增强便是上述红外图像质量改善中的一项重要内容。目前红外图像增强方法有直方图增强技术、图像锐化处理、图像平滑处理、伪彩色处理、遗传算法、模糊算法等增强方法。图像锐化处理由于模板尺寸通常是偶数,待处理像素不能放在模板的中心位置,处理的结果就会有半个像素的错位,处理效果不理想。图像平滑处理具有运算量大、耗时长等缺点,不适合实时性较强的应用领域。伪彩色处理在对纹理细节的处理方面并没有增强。遗传算法在种群数目大的情况下,存在计算处理量大、运算效率低等问题^[1]。

综合效率和性能等方面的要求,在红外图像增强领域仍然常用直方图均衡化算法,它将像素多的灰度扩展到更多的灰度级,将像素少的灰度压缩或合并到很小的灰度级。但是红外热图像具有分辨率低、空间相关性强、对比度低、视觉效果模糊、清晰度低和信噪比低等特点。传统的直方图均衡化增强算法在红外图像增强方面具有一定的缺陷。

为改进传统直方图均衡在图像增强方面的不足,研究人员在此基础上提出了双直方图均衡,如 Kim^[2]提出的双直方图均衡(brightness preserving bi-histogram equalization, BBHE)、Wang 等人^[3]提出的等面积双元子图均衡(equal area dualistic sub-image histogram equalization, DSIHE)、最小均值误差双直方图均衡(minimum mean brightness error bi-histogram equalization, MMBEHE)^[4]、递归均值法分离直方图均衡(recursive mean-separate histogram equalization, RMSHE)^[5]等方法,以及 Menotti 等人^[6]提出的多直方图均衡(multi-histogram equalization,

收稿日期: 2011-06-13; **修回日期:** 2011-07-21 **基金项目:** 国家自然科学基金委—中国工程物理研究院联合基金资助项目(10676029, 10776028); 中电科技集团 CCD 研发中心经费资助项目; 西南科技大学校青年基金资助项目(11zx3123)

作者简介: 李绘卓(1976-),女,四川绵阳人,讲师,硕士,主要研究方向为图形图像、软件测试(huizhuoli@foxmail.com); 范勇(1972-),男,四川绵阳人,教授,博士,主要研究方向为机器视觉、图像理解及应用等; 唐峻(1974-),男,四川绵阳人,讲师,硕士,主要研究方向为图形图像等; 唐遵烈(1968-),男,重庆人,副研究员,学士,主要研究方向为 CCD 器件测试及应用研究; 熊平(1965-),男,重庆人,研究员,硕士,主要研究方向为 CCD 图像传感器技术; 周建勇(1981-),男,工程师,硕士,主要研究方向为信号与信息处理。

MHE)。

BBHE、DSIHE、MMBEBHE 方法将直方图分成两个部分,然后分别对其进行直方图均衡化;RMSHE 则是采用了多次递归方法将直方图进行分区域直方图均衡化,这些算法都在一定程度上保护了图像的平均亮度,但在视觉效果上表现欠佳。而 MHE 算法将直方图分解成多个子图(sub-image)^[6],分别进行直方图均衡,其算法复杂度较高,不适合实时系统。本文对 MHE 进行了改进,引入了空域信息,将其运用于红外图像的增强上,提出一种基于区的红外图像增强方法。该方法将红外图像分割成多目标层次的区域,利用背景区和目标区的灰度级差别,采用多直方图的方法分段调配其灰度范围,有效地改进了传统直方图均衡化的不足,并且有效地提高了其算法效率。

1 区域多直方图增强方法

区域多直方图均衡是局部直方图均衡基础上的改进方法,该算法在多直方图均衡的基础上引入空间信息,将图像区域分割融入算法之中,能够在增强图像细节的基础上保留图像的平均亮度,避免在全局直方图均衡增强中出现的过度增强、视觉效果不自然等缺陷。其流程如图 1 所示。

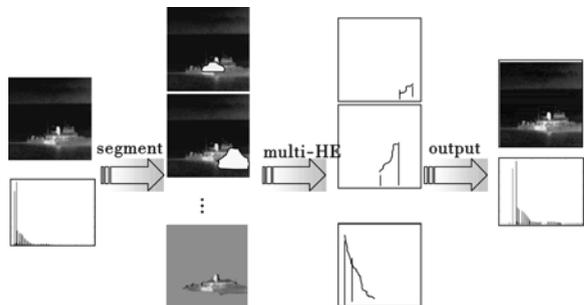


图1 区域多直方图红外图像增强算法流程

1.1 多直方图均衡

多直方图均衡要求将输入图像的直方图分割成直方图子图,并运用直方图均衡化方法对每一个直方图子图进行增强处理。

直方图子图的定义如下:设 I 为输入图像, m 、 n 为图像 I 的长和宽,其像素集合定义为 X^{mn} ,任意一像素点定义为 $I(x, y)$,其灰度级别为 $[0, L - 1]$,另定义灰度级别 $[l_s, l_f]$, $0 \leq l_s \leq l_f \leq L$,则定义 $I_{\text{sub}}[l_s, l_f]$ 为图像 I 的子图,即 $I_{\text{sub}}[l_s, l_f] \subseteq I$,子图 $I_{\text{sub}}[l_s, l_f]$ 所对应的点 $I_{\text{sub}}(x, y) \in X^{mn}$,且 $l_s < I_{\text{sub}}(x, y) < l_f$ 。下面为子图的概率密度和累计概率:

$$P_i^{[l_s, l_f]} = H_i^{l_f} / \sum_{i=l_s}^{l_f} H_i^{l_f} \quad (1)$$

$$C_i^{[l_s, l_f]} = \sum_{i=l_s}^{l_f} P_i^{[l_s, l_f]} \quad (2)$$

多直方图均衡即在直方图子图上,根据其累计概率分布函数 C 进行直方图均衡,最后将其合并到一起。

通过对多直方图均衡化算法的分析可知,其关键点在于如何获取直方图分割的阈值。基于区域的阈值获取方法,其核心思想是将空间信息引入到直方图均衡算法中,将图像分成多层次区域划分,并将根据区域划分的区域灰度级别作为多直方图均衡的阈值。

1.2 多直方图阈值获取方法

图像的区域分割算法有很多,如阈值分割、聚类分析的分

割方法、Mean-Shift 分割方法、WaterShed 分割方法等。这些方法中如阈值分割方法,将图像分割成两部分,而另一些算法,如 Mean-Shift 分割算法不能设置分割区域数量,这都不符合多直方图均衡多阈值选取的思路。本文算法综合了算法效率和多直方图阈值两方面的选择要求,选择采用聚类分析方法来进行区域划分。聚类分析方法是一种无监督模式识别学习方法,从初始聚类中心依据相似性和相邻性构造分类器,从而将给定的数据对象分割成若干不同的类。聚类后的数据集具有类内对象高度相关性和类间对象差别较大的特点,因而可以用于特征分类,也可以用于图像的分割。

均值聚类算法属于聚类分析方法中的一种基本且应用最广泛的划分方法,是一种在无类标号数据中发现簇和簇中心的方法。选择期望的簇中心数 k , k 均值过程反复移动中心以极小化整个簇内方差。该算法的基本思想是:在满足式(3)的非线性目标函数最小化的条件下,对给定的一个包含 n 个对象 x_i ($i = 1, \dots, n$) 构成的数据集分成 k 个类 C_j ($j = 1, \dots, k$),从而使得类内对象具有高度的相似性、类间对象的相似性较低且生成的类尽可能紧凑和独立^[7]。

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^{(j)} - C_j\|^2 \quad (3)$$

其中: $\|x_i^{(j)} - C_j\|^2$ 为选择数据集中对象 $x_i^{(j)}$ 到聚类中心 C_j 的距离。

K-均值聚类的算法步骤^[7]如下:

- a) 确定需要分类的类数 k ;
- b) 从数据集 $x_i^{(j)}$ 中随机选取 k 个对象作为 k 个类 C_j 的初始聚类中心 C_j ($j = 1, \dots, k$);
- c) 依次计算对象 $x_i^{(j)}$ 与这 k 个聚类中心 C_j 的距离 $d(x_i^{(j)}, C_j)$, 并将对象划分到距离最小的类中;
- d) 分别计算新生成的各个类 C_j 中所有对象的均值,并作为新的聚类中心;
- e) 计算非线性目标函数,当误差函数变化很小时,则结束聚类,否则重复 c) ~ e)。

1.3 算法实现步骤

该算法的实现上首先将图像进行 K-means 聚类分析,把图像划分成多层区域,将每个区域的灰度级别的最大值和最小值作为多直方图的分割阈值。然后根据阈值将图像分割成多个 sub-images,并对每个 sub-image 进行直方图统计,同时进行直方图均衡。最后将所有均衡化后的 sub-image 组合、输出,得到最后的增强图像。其具体步骤如图 2 所示。

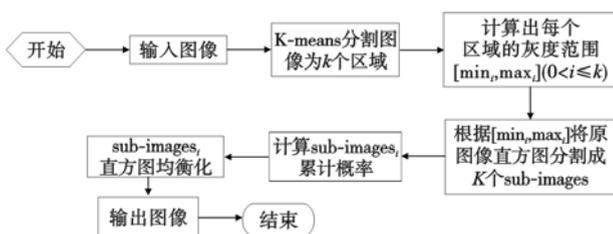


图2 区域多直方图红外图像增强算法流程

2 实验结果与分析

本文选取两幅图像分别采用直方图均衡(HE)、BBHE、

DSIHE、MMBEBHE 和本文的方法进行了比较。其实验结果如图 3 所示。

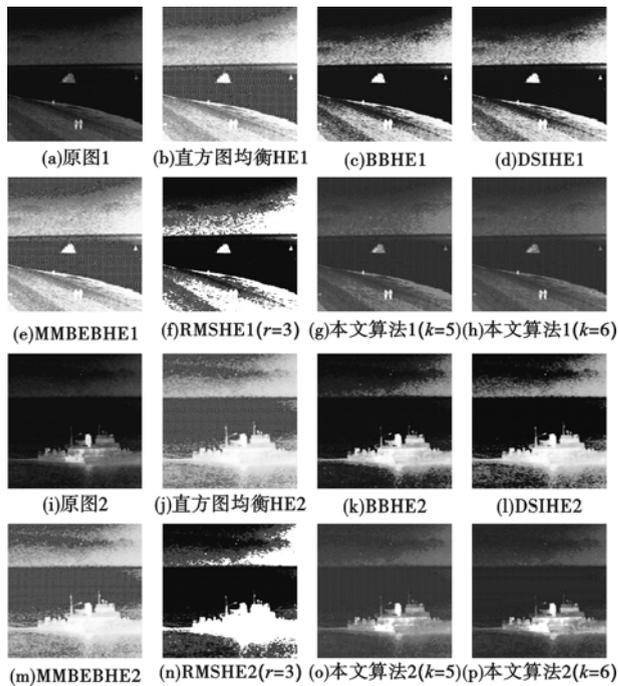


图3 实验对比结果

通过实验,在亮度方面所有算法都对原图亮度有了大幅度提高,但是 HE、BBHE、DSIHE、MMBEBHE、RMSHE($r=3$) 算法对亮度提高过大,造成了图像的不自然。同时表 1 的客观评估数据项显示,本文算法在提升图像细节的同时能保持图像的原有亮度,使图像更为自然。同时在峰值信噪比方面,本文提出的算法对其有很好的提升。

3 结束语

本文提出将多直方图均衡算法应用到红外图像增强上,并将空间分割信息作为多直方图分割依据。具体采用聚类分析方法将目标图像进行区域分割,获取区域的灰度级别,据此进行多直方图均衡计算,从而使处理效果在保持图像自然度的情况下,避免了其他处理方法出现的过度增强现象,增强了图像的细节,取得了较好的效果。

(上接第 766 页)有很大的实用价值。

参考文献:

[1] GONZALEZ R, WOODS R, EDDINS S. Digital image processing using MATLAB[M]. [S. l.]:Prentice Hall, 2003:152-170.
 [2] FERREIRA C. Genetic representation and genetic neutrality in gene expression programming[J]. *Advances in Complex System*, 2002, 5(4):370-375.
 [3] KAPUR J N, SAHOO P K, WONG A K C. A new method of gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram[J]. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1985, 29(3):273-285.
 [4] 董建国,郝重阳,齐敏. 基于策略演化水平集的医学图像快速分割[J]. *中国图象图形学报*, 2009, 14(8):1690-1694.
 [5] 陈健,田捷,薛健,等. 多速度函数水平集算法及在医学分割中的

表 1 实验对比客观数据

序号	算法名称	图像 1		图像 2	
		均值	峰值信噪比	均值	峰值信噪比
1	original	38.16	-	37.68	-
2	histogram equalization	139.26	7.30	141.05	7.20
3	BBHE	83.44	11.04	57.49	16.26
4	DSIHE	85.85	10.76	77.07	12.05
5	MMBEBHE	139.26	7.30	141.05	2.84
6	RMSHE($r=3$)	92.78	8.62	86.74	9.32
7	This paper present($k=5$)	72.10	17.31	78.49	15.83
8	This paper present($k=6$)	69.86	18.04	62.96	19.25

参考文献:

[1] 于天河,郝富春. 红外图像增强技术综述[J]. *红外与激光工程*, 2007, 36(7):335-338.
 [2] KIM Y T. Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization[J]. *IEEE Trans on Consumer Electronics*, 1997, 43(1):1-8.
 [3] WANG Yu, CHEN Qian, ZHANG B. Image enhancement based on equal area dualistic sub-image histogram equalization method[J]. *IEEE Trans on Consumer Electronics*, 1999, 45(1):68-75.
 [4] CHEN S D, RAMLI A R. Minimum mean brightness error bi-histogram equalization in contrast enhancement[J]. *IEEE Trans Consumer Electronics*, 2003, 49(4):1310-1319.
 [5] CHEN S D, RAMLI A R. Contrast enhancement using recursive-mean-separate histogram equalization for scalable brightness preservation[J]. *IEEE Trans on Consumer Electronics*, 2003, 49(4):1301-1309.
 [6] MENOTTI D, NAJMAN L, FACON J, et al. Multi-histogram equalization methods for contrast enhancement and brightness preserving[J]. *IEEE Trans on Consum Electron*, 2007, 53(3):1186-1194.
 [7] 李翠,冯冬青. 基于改进 K-均值聚类的图像分割算法研究[J]. *郑州大学学报:理学版*, 2011, 43(1):109-112.
 [8] 喻欣,张勇,杜庆,等. 基于直方图修正的局部对比度增强算法[J]. *计算机与数字工程*, 2011, 39(3):5-8.
 [9] 武英. 基于双直方图均衡的自适应图像增强算法[J]. *计算机工程*, 2011, 37(4):244-245.
 应用[J]. *软件学报*, 2007, 18(4):842-849.
 [6] 吴志健,康立山,邹秀芬. 一种解函数优化问题的精英子空间演化算法[J]. *计算机应用*, 2003, 23(2):13-14.
 [7] 王小平,曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社, 2002:97-103.
 [8] 李康顺,潘伟丰,冯铭端,等. 一种基于蜂王交配的求解复杂问题的演化算法[J]. *系统仿真学报*, 2008, 20(7):1707-1712.
 [9] 徐小慧,张安. 基于粒子群优化算法的最佳阈值图像分割[J]. *计算机工程与应用*, 2006, 42(10):8-11.
 [10] 种劲松,周孝宽. 基于遗传算法的最佳阈值图像分割法[J]. *北京航空航天大学学报*, 1999, 25(6):747-750.
 [11] 章毓晋. 图像工程(上册)图像处理和分折[M]. 北京:清华大学出版社, 2006:128-136.
 [12] 李宏言,盛利元,陈良款. 基于二维最大熵原理和改进遗传算法的图像阈值分割[J]. *计算机与现代化*, 2007, 13(2):34-37.