

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.02.013

基于 FCM 聚类的测量图像自适应平台直方图均衡算法

李晓冰

(中国人民解放军 92941 部队 96 分队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘要: 针对测量图像平台直方图均衡算法中平台值选取困难的问题, 基于 C-值聚类(Fuzzy C-means clustering)理论, 提出一种自适应平台直方图均衡增强算法。该算法通过对图像直方图进行 C-均值聚类, 自适应地选择平台阈值, 能够在均衡图像的同时有效保持图像细节。实验证明: 该算法对测量图像具有较好地增强效果, 能够有效地抑制图像的背景, 突出目标细节。

关键词: 平台直方图; FCM; 自适应; 图像增强; 测量图像

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A

Adaptive Platform Histogram Equalization Method for Measurement Image Based on FCM Clustering

Li Xiaobing

(No. 96 Team, No. 92941 Unit of PLA, Huludao 125000)

Abstract: Aiming at the problem that difficulty for platform value in measuring image platform histogram equalization, based on the Fuzzy C-means clustering, an adaptive platform histogram equalization enhancement algorithm was proposed. Threshold of the platform is selected adaptively with the algorithm that image histogram Fuzzy C-means clustering. The image can be balanced effectively and the image details can be preserved at the same time. Experimental results show that the measurement image enhancement of the algorithm is excellent and it can suppress the background of the image and highlight the details of the objectives effectively.

Key words: platform histogram; FCM; adaptive; image enhancement; measurement image

0 引言

直方图均衡化是一种常用的图像增强方法, 但是, 常规的直方图均衡方法在增强占多数像素的灰度级时, 往往产生小概率像素灰度级合并的现象, 导致图像目标细节的损失, 所以, 一般直方图均衡方法不适合于测量图像的增强。为了克服直方图均衡方法的不足, 许多改进的直方图均衡方法被提出, 其中, 平台直方图方法^[1-2]是最有价值的方法, 实现该方法的关键是平台值的选择。Virgil E, Vichers V E^[1]提出了一种迭代方法计算平台值, 但是, 该方法计算出的平台值与初始条件关系很大, 而且算法比较复杂, 运算量大, 不易实时实现; 陈钱等^[3]提出了直方图双向均衡的方法, 这种方法从灰度的密度和间距 2 个方向上同时进行均衡化处理, 但仍然存在背景 and 噪声被过度增强的问题; 李文永等^[4]提出了设置固定平台阈值对图像背景和噪声进行适度的抑制, 然后, 再对直方图进行双向均衡处理的方法, 但是, 这种方法仍然存在大量灰度级被合并, 目标和细节丢失或者模糊等问题。因此, 目前实际应用中基本上是凭经验进行平台值的选择, 最优性

难以保证, 且效率极低。针对以上问题, 笔者提出一种基于 C-均值聚类^[5]的自适应平台值选择方法, 通过对图像直方图进行 C-均值聚类处理, 自适应地选择平台阈值, 实现测量图像的自适应平台直方图均衡化, 增强图像显示效果。

1 平台直方图均衡化原理及平台阈值选取原则

平台直方图是对标准直方图的一种修正, 它通过选择一个合适的平台阈值 T , 对标准直方图进行如下修正: 如果某灰度级的直方图值小于平台阈值 T , 将其直方图阈值置为 T , 对图像中占有较少像素的目标细节进行适度放大, 如果其直方图值大于平台阈值 T 就保持不变。即

$$P_r(k) = \begin{cases} P(k) & P(k) \geq T \\ T & P(k) < T \end{cases} \quad (1)$$

式中: k 表示图像的灰度级, $0 \leq k \leq 255$; $P_r(k)$ 是图像的平台直方图; $P(k)$ 是图像的标准直方图, T 为平台阈值。

收稿日期: 2011-09-03; 修回日期: 2011-10-13

作者简介: 李晓冰(1967—), 男, 河北人, 工学硕士, 高级工程师, 从事光学测量图像处理研究。

由式 (1) 可知, 当 $T \rightarrow 0$ 时, 对 $\forall_k \in [0, 255]$, 有 $P_T(k) = p(k)$, 即平台直方图演化为标准直方图, 因此, 标准直方图是平台直方图的一种特殊形式。

平台直方图均衡化与标准直方图均衡化相似, 不同的是: 标准直方图均衡化, 是由统计直方图得到图像的累积直方图; 而平台直方图均衡化, 是由平台直方图得到图像的累积直方图。然后, 通过累积直方图对图像的灰度重新分配, 得到均衡化的图像, 即

$$F_T(k) = \sum_{j=0}^k P_T(j) \quad (0 \leq k \leq 255) \quad (2)$$

$$D_T(k) = \left\lfloor \frac{255 F_T(k)}{F_T(255)} \right\rfloor \quad (3)$$

式中: $P_T(k)$ 为图像的累积直方图; $D_T(k)$ 是灰度为 k 的像素经过平台直方图均衡化后的灰度值, $0 \leq D_T(k) \leq 255$, $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示取整。

在测量图像平台直方图均衡化增强方法中, 平台值的选择是一个关键, 平台值选得合适与否, 将直接影响到该算法对图像的增强效果。选择了不合适的平台值, 不但不能增强图像, 甚至会降低图像质量。此外, 一个平台值对某幅图像或某类图像处理效果较好, 而对另一幅或另一类图像处理效果较差。因此, 在实际的测量图像处理过程中, 需要能够依据具体的测量图像, 自适应的选择平台值。

2 自适应平台阈值的选择及其算法

由于测量图像一般是对图像的边缘等细节进行分析, 因此, 图像细节部分一定不能合并, 如何判断细节部分的灰度范围, 笔者提出了一种利用 C-均值聚类技术确定直方图平台值的方法。

首先, 对测量图像进行直方图处理, 图像直方图反映了不同灰度值像素的面积(连续图像)或像素个数(离散图像)在一帧图像中的比例, 反映了图像的灰度分布信息。对于一幅像素数为 n , 灰度范围为 $[0, L-1]$ 的图像, 其第 k 个灰度级的出现的像素数为:

$$P_r(r_k) = n_k \quad (k = 0, 1, 2, \dots, L-1) \quad (4)$$

其中: r_k 表示第 k 个灰度级; n_k 表示图像中 r_k 出现的像素的个数。然后, 采用模糊 C-均值聚类(Fuzzy C-means)算法对标准直方图数据进行处理, 它是由

Bezdek 提出的一种模糊聚类算法, 它以最小类内平方误差和为聚类准则。

利用标准直方图中每级灰度的像素数和 C 个聚类中心的加权隶属度, 对目标函数进行迭代优化。FCM 算法的目标函数为^[6-7]:

$$J_m = \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^N \mu_{ki}^m \|x_i - v_k\|^2 \quad (5)$$

式中: $x = \{x_i, i = 1, 2, \dots, N | x_i \in R^d\}$ 为数据集, 表示图像中各灰度级的像素数; $\|\bullet\|$ 表示欧拉距离; c 为聚类的类数, 即图像中所有像素所要分的类数, 且 $2 \leq c \leq N-1$ 。 m 为模糊加权指数, 且 $1 < m < \infty$, 取 1.5; $V = \{v_k\} (k = 1, 2, \dots, c)$ 为聚类中心矩阵; $U = \{u_{ki}\} (k = 1, 2, \dots, c; i = 1, 2, \dots, N)$ 为模糊隶属度矩阵, 且满足下面的约束条件:

$$\left\{ u_{ki} \in [0, 1] \left| \sum_{k=1}^c u_{ki} = 1, \forall i, 0 < \sum_{i=1}^N u_{ki} < N, \forall k \right. \right\} \quad (6)$$

式中: u_{ki} 的含义为像素数 x_i 属于第 k 类的程度, 即隶属度; v_k 是第 k 类的类中心。隶属度函数和聚类中心函数通过下面的表达式迭代更新:

$$u_{ki} = \frac{1}{\sum_{i=1}^c \left(\frac{\|x_i - v_k\|}{\|x_i - v_l\|} \right)^{2/(m-1)}} \quad (7)$$

$$v_k = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ki}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ki}^m} \quad (8)$$

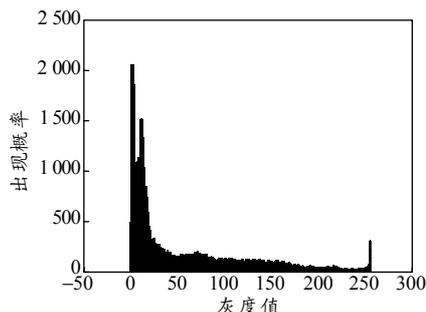
一般来说, 进行聚类时, 与其它数据相差较远, 数据间相关性最强的数据作为第一个类首先被得到, 而一般图像细节信息往往汇聚到第一个聚类中。因此, 笔者将第一个聚类的中心值作为平台阈值 T 。最后, 采用此平台阈值, 利用式 (1)、(2)、(3) 对图像进行平台直方图均衡化。

3 实验结果与分析

由于测量图像目标较小, 实验时效果并不明显, 因此, 笔者采用一幅灰度轮胎图像进行实验。此图像具有较多的细节信息, 且存在大量噪声, 因此, 可测试本算法。以下为实验结果, 其中, 图 1 为原始图像及直方图, 图 2 为原始图像均衡化结果及其直方图, 图 3 为本方法增强后的图像及其直方图。



(a) 图像

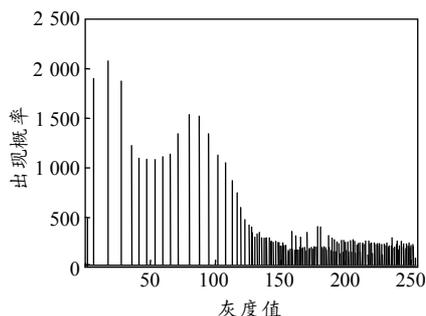


(b) 直方图

图 1 原始图像



(a) 图像

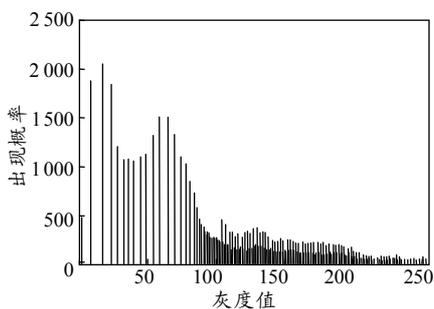


(b) 直方图

图 2 标准直方图均衡化结果



(a) 图像



(b) 直方图

图 3 本文算法均衡化结果

从原始图像图 1(a)上可以看出：原始图像整体偏黑。从其直方图上可以看出：灰度基本分布在 0~50 之间，图像细节分布在 200~250 之间，图像分布极不均匀，如图 1(b)所示。图 2 为采用经典直方图均衡化结果，从均衡化结果可以看出：图像成像效果有所提升，如图 2(a)所示，且直方图也有所拉开，如图 2(b)所示，但是，图像的细节部分有合并现象，表现为 200~250 之间直方图的每级灰度的像素数明显增多，导致图像细节部分的灰度变化过于剧烈，这对于测量图像是不能容忍的，因为，图像目标细节的丢失，往往会直接导致测量精度的降低。图 3 为本文算法的处理结果，求得最低灰度级为 183 级。从原始图像上可以看出：其细节部分基本处于

此灰度级之上，图像细节即图像精度没有损失，因此，平台值取的比较合理。从图 3(a)图像处理的结果上可以明显看出，图像的灰度变化比较平滑，从图 3(b)可以看到：其直方图的高灰度级部分，每级灰度像素数明显减少，灰度级数量明显增多。因此，高灰度级的细节丰富，图像显示效果好，提高了测量图像精度，达到了平台直方图增强的目的。

4 结论

笔者将 C-均值模糊聚类技术应用到平台直方图的阈值选取中，解决了平台直方图均衡中阈值难以选取的问题，成功地实现了自适应平台直方图均衡。均衡过程中图像细节基本上没有合并，在整体

均衡图像的同时,达到了提高目标图像细节的目的。

参考文献:

[1] Virgil E. Vichers V E. Plateau equalization algorithm for real-time display of high-quality infrared imagery[J]. Opt.Eng. 1996, 35(7): 1921-1926.

[2] Silverman J, Mooney J M, Vichers V E. Display of wide dynamic range infrared images from PtSi Schottky barrier cameras[J]. Optical Engineering, 1990, 29(2): 97-104.

[3] 陈钱, 柏连发, 张保民. 红外图像直方图双向均衡技术

(上接第 33 页)

美军还要求在各级相互独立的、自上而下的指挥与控制网络中具有完善的可及时获取情报的侦察系统,以计算机为主的信息处理与分析系统和自动化数字通信系统。信息化的作战指挥控制设备在各类网络链接之下,组成了系统性很强的作战指挥与控制体系,在现代作战中体系对抗的今天发挥着不可替代的作用。

3.3 突出航空航天一体作战理论, 前瞻性强

美军认为,随着航天技术的发展,使空袭和反空袭作战从过去的 100 m、1 000 m,迅速发展至整个宇宙空间,增大了作战的空间,从而使反空袭作战发生了质的变化,未来的战场防空将与反导防空融为一体,因此美军拟建立防空、防天、反导的三合一战略防御体系,美常提到的“NMD”和“TMD”就是其中的一部分。按照美军的理论观点,美国本土防空体系的建设也正突出了航空航天一体的作战理论,非常具有前瞻性。如航空空间防御预警系统由防空预警系统、弹道导弹预警系统和航天监视系统组成。它不仅能对中空入侵的目标进行监视,新组设超视距雷达、远程探测雷达、近程探测雷达和机载预警雷达组成的多层立体空防预警系统,还可对任何方向、任何高度的目标提供 4~5 h 的预警时间,并且航天监视系统可全面对绕地球行进的各种飞行体进行监视。

3.4 突出攻防兼备积极防空思想, 实用性强

美军认为,实施地面防空有 2 种手段:一种是将敌空袭兵器消灭在地面配置地点和临近海域上,摧毁其储存和生产基地;另一种是在空袭兵器向预定目标突击时将其消灭在空中。对于突破防线、飞抵防空部队掩护目标附近的目標,美军强调进攻性

研究[J]. 红外与毫米波学报, 2003, 22(6): 428-430.

[4] 李文永, 顾国华. 一种红外弱小目标图像增强的新算法[J]. 红外, 2006, 27(3): 17-20.

[5] Bezdek J C. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms[J]. New York: Plenum, 1981.

[6] CHEN W J, GIGER M L, BICK U. A fuzzy c-means (FCM)-based approach for computerized segmentation of breast lesions in dynamic contrast-enhanced MR images[J]. Academic Radiology, 2006, 13(1): 63-72.

[7] 黄小荣, 张金玉. 遗传算法在图像增强中的应用[J]. 四川兵工学报, 2011, 31(6): 67.

防空和防御性防空手段结合使用,二者比较起来,美军更重视进攻性防空。实施进攻性防空就要充分发挥空军的作用,所以美军以空军为主,陆军为辅,以空战指挥系统为基础来组织地面防空。在武器发展方面,就优先发展战斗机和战斗轰炸机部队,从而保持强大的空中优势。在战争中,就可以让空中打击力量深入敌人纵深或附近去打击敌人,斩断祸根,消除空中威胁,这样的攻防兼备以攻为主的积极防空思想非常具有实用性,在现代防空作战中是强者的正确选择。

4 结束语

从美国本土防空体系的发展过程和基本构成可以看出,在不断的改进完善之后,美国本土防空体系逐步走向成熟和稳定。笔者通过对美国本土防空体系建设特点的系统分析,指出了美国本土防空体系建设的成功之处和它所体现出的积极思想,可以给理论研究者带来启示,给防空体系建设者提供借鉴。但随着美国本土防空系统的进一步建设和发展,其必然会更加优化和完善,也会发生更大的变化,有待进一步跟踪探索和深化研究。

参考文献:

[1] 张耀先, 武文军, 张涛. 美军地面防空作战[M]. 北京: 军事科学出版社, 2001.

[2] 董兵, 郝强. 新世纪防空[M]. 北京: 解放军出版社, 2004.

[3] 武文军. 外国(地区)军队研究[M]. 郑州: 防空兵指挥学院, 2006.

[4] 武文军, 张涛, 等. 美军空袭作战[M]. 北京: 解放军出版社, 2004.

[5] 张世斌, 宋正华, 等. 美军 21 世纪构想[M]. 北京: 军事科学院外国军事研究部, 1998.