

文章编号:1001-5078(2007)04-0384-02

基于聚类算法的红外图像伪彩色增强

陈国群,付冬梅,常晓辉
(北京科技大学信息工程学院,北京 100083)

摘 要:文中根据红外图像的特点,提出了一种基于 K-均值聚类的红外图像伪彩色增强的新算法。该算法通过对红外图像灰度数据的统计学习,产生初始聚类中心,采用 K-均值聚类算法对灰度进行聚类,并根据伪彩色编码的节点对聚类结果分段实现伪彩色的自适应分配。实验结果表明,该方法可增强红外图像的细节信息和层次感,具有更好的视觉效果。

关键词:红外图像;图像增强;K-均值聚类;伪彩色

中图分类号:TN911.73;TP751 **文献标识码:**A

Infrared Image Pseudo-Color Enhancement Based on Clustering Algorithm

CHEN Guo-qun, FU Dong-mei, CHANG Xiao-hui
(University of Science and Technology Beijing, School of Information and Engineering,
Beijing 100083, China)

Abstract: A new infrared image pseudo-color enhancement algorithm is presented based on K-means clustering. This method firstly does the statistic learning of the gray pixels in the original infrared image in order to create the initial cluster centers. Secondly, the data of gray in the original image are clustered by K-means with the initial cluster centers. Lastly, the infrared image is self-adaptively enhancement according to the result of clustering and the pseudo-color encoding separated into several sections. The experimental results indicate that this method could further improve the detail information, arrangement, and visual effect.

Key words: infrared image; image enhancement; K-means clustering; pseudo-color

1 引 言

在红外图像中,主要是通过人眼直接对成像的图像进行观察判断的。对于一般观察者来说,由于人眼对灰度图像灰度级别的观察是不敏感的,但对有彩色差异的分辨能力却很高。因此,对红外灰度图像进行伪彩色增强就成了一种关键处理技术。

伪彩色增强的主要目的是把灰度图像的各个不同灰度等级按照线性或非线性映射函数变换成不同的彩色代码,图像以彩色方式显示。使得红外图像层次分明,目标更易识别。文献[1]提出了伪彩色的非线性分配方法,但在红外灰度图像中,没有充分利用红外温度场的相关信息,区域层次感不强;文献[2]提出了自适应的阈值编码办法,分段处理,但是阈值的确定比较困难。

本文提出了一种新的基于 K-均值聚类算法的增强方法,它根据红外图像的灰度相关性进行聚类,并对聚类后的灰度按节点分段进行伪彩色增强变换,以提高层次效果和视觉效果。

2 红外图像伪彩色编码和处理

伪彩色处理方法主要有 3 种:密度分层法、灰度级-彩色变换和频域滤波法^[3]。

本文采用灰度级-彩色变换方法。该方法是把图像的各个灰度值按一定的函数关系映射成颜色渐变的彩色,不同的灰度级对应不同的彩色。根据色

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60573016)。

作者简介:陈国群(1981-),男,湖南衡阳人,硕士,主要研究方向是红外图像处理。E-mail:chenguoqun@sohu.com

收稿日期:2006-08-30; **修订日期:**2007-01-08

度学原理,任何一种颜色都可以由红、绿、蓝三基色按不同的比例来合成。灰度级彩色变换通过构造传递函数 T_R, T_G 和 T_B 建立 RGB 三基色与灰度级 $f(x, y)$ 之间的映射关系,然后再合成为伪彩色图像,从而达到彩色增强的目的。伪彩色处理这一过程可表示为:

$$\begin{aligned} R(x, y) &= T_R[f(x, y)] \\ G(x, y) &= T_G[f(x, y)] \\ B(x, y) &= T_B[f(x, y)] \\ (R, G, B) &= (R(x, y), G(x, y), B(x, y)) \end{aligned} \quad (1)$$

由于伪彩色图像的合成需要对图像数据重新编码,而灰度级-彩色变换传递函数 T_R, T_G, T_B 又是图像编码的依据,传递函数不同,编码方法也不一样,本文采用了彩虹码编码方法^[4]。

彩虹码传递函数为一分段线性函数,其传递函数变化曲线如图1所示。

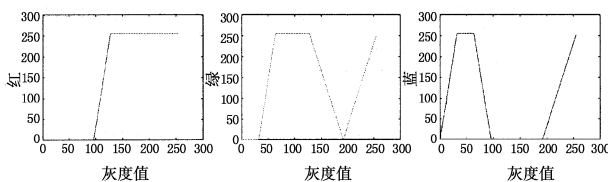


图1 灰度级-彩色变换彩虹码传递函数

从图1中可看出,彩虹曲线按节点分成了八段,在每段内合成的颜色具有延续性的变化,在不同的段内合成的颜色具有较大的变化梯度。要使红外图像具有较丰富的层次感,对灰度到彩色的映射过程,很大程度上取决于节点的分配过程^[5]。

本文在彩虹编码的基础上,运用K-均值聚类算法将灰度值聚类成相应的八个簇,每个簇对应一段彩虹编码,再对红外灰度图像的各个像素分别进行伪彩色变换。

3 K-均值聚类算法及其改进算法

K-均值聚类算法是一种简便实用的无监督学习算法,是模式识别中动态聚类方法中的一种硬聚类算法,可在任意范数下进行聚类。K-均值聚类算法的核心思想是通过迭代计算把数据对象划分到K个不同的簇中,以求目标函数最小化^[6]。

在用K-均值聚类算法对16位红外灰度图像的灰度进行聚类时,分别扫描图像中的各个像素点灰度值,计算该值与各个簇的聚类中心之间的距离,将其归入距离最小的簇中。扫描一遍后,再对各聚类中心进行调整,计算各簇内像素的灰度平均值,并以该均值作为新的聚类中心。如此迭代,直到各簇的聚类中心不再发生变化,则算法结束。

K-均值聚类算法对初始值敏感,初始聚类中心不同,产生的聚类结果可能差异很大。由于聚类

结果直接关系到红外图像温度场的分布效果,关系到灰度值到彩色值的映射关系,关系到红外灰度图像的增强效果,因此聚类过程中初始值的选择是至关重要的。

为了克服传统的K-均值聚类算法的上述缺点,同时又能进一步提高它的收敛速度,本文根据红外灰度图像温度场相关性的特点,对K-均值聚类算法进行了改进,提出了一种能够自动确定聚类初始值的改进的K-均值聚类算法,使其具有自适应能力。本文首先对红外灰度图像的灰度数据进行统计学习,产生初始聚类中心,然后根据初始聚类中心对该图像的灰度进行聚类。具体算法如下:

(1) 根据伪彩色传递函数的节点数确定K值;

(2) 统计记录不同灰度值 f_i 及其灰度点个数

$N_i, i=1, 2, \dots, n$, 且 $\sum_{i=1}^n N_i = N = L \times H$, L 为图像的宽, H 为图像的高;

(3) 对 f_i 从小到大进行排序,得到 f'_i ;

(4) 依次取初始聚类中心为 $Z_j(1) = Z_0 + f'_{j \times \text{int}(L/k)}, j=1, 2, \dots, K$, 其中 $Z_0 \in [f'_0, f'_{\text{int}(L/k)}]$, $\text{int}(\ast)$ 表示取整运算;

(5) 计算每个样本 f_i 与聚类中心 $Z_j(I)$ 的距离 $D(f_i, Z_j(I)), i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, K$, 若 $D(f_i, Z_k(I)) = \min_{j=1, 2, \dots, k} \{D(f_i, Z_j(I)), i=1, 2, \dots, n\}$, 则 $f_i \in \omega_k, \omega_k$ 为第 k 簇集合;

(6) 重新调整聚类中心 $Z_j(I+1) = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^n f_k^{(j)}$, $j=1, 2, \dots, K$, 其中 n_j 为第 j 簇的灰度元素总个数;

(7) 若 $Z_j(I+1) \neq Z_j(I), j=1, 2, \dots, K$, 则 $I = I+1$, 返回(5); 否则, 算法结束。

在本文算法中, K 值的选取根据灰度级-彩色传递函数段数而确定, 本文中对彩虹编码, 取 $K=8$ 。在(5)~(7)的聚类迭代中, 仅对不同温度的样本数据 $f_i, i=1, 2, \dots, n$ 进行迭代, 通常 $n \ll N$, 简化了参与迭代的数据量, 因此本算法较原算法有较快的响应速度。

4 基于聚类算法的红外图像伪彩色增强及实验结果

聚类完成后, 再将各个簇内的像素灰度, 按节点分段分别完成对RGB的映射, 完成对红外图像伪彩色增强处理过程。在本文中, 采取的是线性变换, 如式(2):

$$T = \frac{(f - f_{\min}) \times (T_{\max} - T_{\min})}{f_{\max} - f_{\min}} + T_{\min} \quad (2)$$

式中, f 为红外灰度图像中的像素灰度值, 且 $f \in \omega_i$; T 为变换后的 R, G, B 值; $T_{\max}$ 为编码曲线中第 i 段最

(下转第388页)

进行 JPEG 压缩处理,在不同的压缩比时提取出的 Baboon 图像如图 3 所示,PSNR(峰值信噪比)如表 1 所示。一般来说,PSNR 低于 36dB 将使人眼明显察觉出图像的改动,表 1 中的 PSNR 在不同压缩率下始终保持在 40dB 以上,说明秘密图像具有良好的视觉效果。从表中可以看出,随着压缩比的增大,图像的 PSNR 逐渐减小,这是由于 DCT 量化时将数据主要隐藏在 AC 系数的中、低频上,压缩时将部分中频的系数进行了压缩的结果。

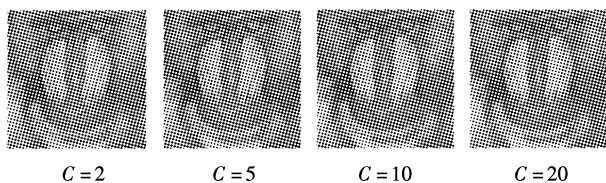


图 3 不同压缩比时提取的 Baboon 图像(C 表示压缩比)

表 1 不同压缩比时提取的 Baboon 图像 PSNR 值

压缩比	2	5	10	20
PSNR/dB	50.36	48.65	46.85	40.62

5 小 结

本文提出了一种基于 Arnold 置乱变换的 DCT 域信息隐藏方法。表明 Arnold 置乱变换可以作为信息隐藏的预处理,利用 DCT 变换的中、低频系数,

将秘密信息隐藏其中,能充分满足信息的不可见性和鲁棒性。

从总体上看,本算法具有一定的实用价值,但问题依然存在,DCT 系数在反变换时可能对隐藏的数据产生了干扰,可以通过对嵌入算法的改进来提高信息抗攻击性;同时,JPEG 压缩过程中的对秘密信息的破坏也是一个需要考虑的问题。

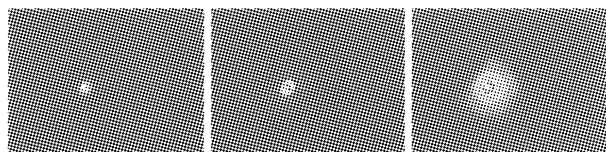
参考文献:

- [1] 余鹏飞,刘兵. 基于离散余弦变换的大容量信息隐藏盲提取算法[J]. 计算机应用,2006,26(4):815-817.
- [2] 丁伟,闫伟齐,齐东旭. 基于 Arnold 变换的数字图像置乱技术[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2001,13(4):338-341.
- [3] 钮心忻. 信息隐藏与数字水印[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2004:88.
- [4] Cox I J, KiLian J, Leighton, T Shamon. Secure spread spectrum watermarking for multimedia[J]. IEEE transaction on image processing,1997,6(12):1673-1687.
- [5] A Piva, M Bami, F Bartolini. A DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original image[C]. IEEE Inc. Conf. Image Processing, 1999, 6: 239-246.
- [6] 孟兵,周良柱,万建伟,等. 两种基于 DCT 变换的数字水印算法[J]. 国防科技大学学报,1999,6:75-79.

(上接第 385 页)

大的彩色值; $T_{\min}$ 为编码曲线中第 i 段最小的彩色值; $f_{\max}$ 为 ω_i 中最大的灰度值; $f_{\min}$ 为 ω_i 中最小的灰度值。

实验结果如图 2 所示。图 2(a) 为原始红外灰度图像,该图为电灯,图 2(b) 为直接采用伪彩色编码图像,图 2(c) 为采用本文算法增强后的红外伪彩色图像。对比图 2(a)、(b) 可知,经聚类伪彩色增强后获得的图像,能用对应的伪彩色编码段较好地显示各红外辐射温度场的分布,清晰地反映出温度变化的层次,对在灰度图中无法观察的灯罩及管线都有很好的增强效果,能突出细节,具有较高的分辨率。同时,本文算法提高了聚类效率和聚类后图像的效果,并获得了具有良好视觉特性的红外伪彩色图像。



(a) 原始灰度图像 (b) 直接变换增强图像 (c) 本文增强图像

图 2 不同伪彩色增强算法处理后的图像

5 结 论

本文根据红外图像的特点,提出了一种新的基

于聚类的伪彩色增强方法。该伪彩色增强处理技术,改进了 K-均值聚类算法,优化了聚类初始中心的选取方法,降低了参与迭代算法过程的运算量,提高了运算效率;在灰度聚类的基础上,通过结合节点分段伪彩色增强的方法,明显增强了红外图像中温度场的区域分布,丰富了红外图像的细节信息和层次感,具有更好的视觉效果。

参考文献:

- [1] 张丽,陈志强,康克军,等. 伪彩色的非线性分配方法在大型集装箱检测系统图像处理中的应用[J]. 核电子学与探测技术,2000,20(2):157-161.
- [2] 刘缠牢,谭立勋,李春燕,等. 红外图像伪彩色编码和处理[J]. 应用光学,2006,27(5):419-422.
- [3] 姚敏,等. 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社,2006:131-135.
- [4] 柳超龙,王江安,江传富. 舰船热轨迹红外图像增强研究[J]. 激光与红外,2006,36(5):413-416.
- [5] 何斌,马天予,王运坚,等. Visual C++ 数字图像处理[M]. 北京:人民邮电出版社,2002:309-325.
- [6] Kanungo T, Mount D M, Netanyahu N S. An efficient K-means clustering algorithm: analysis and implementation[J]. IEEE trans. PAMI,2002,24(7):881-892.