

改进的中位切割法在示温漆图像分割中的应用

林茂松^{1,2}, 唐晶磊², 景旭³

- (1. 西南交通大学 机械工程研究所, 四川 成都 610031;
2. 西南科技大学 计算机科学与技术学院, 四川 绵阳 621010;
3. 西北农林科技大学 信息工程学院, 陕西 杨凌 712100)
(lms@swust.edu.cn)

摘 要:提出了一种利用小波变换和改进的中位切割法分割示温漆图像的方法。该方法首先在中位切割法的基础上,给出了一种改进的中位切割算法,然后将色彩量化后的图像分解为三个颜色分量,并分别对其进行基于小波变换的边缘检测,最后将三个分量边缘合成来实现分割。

关键词:中位切割;示温漆;小波变换;图像边缘检测;B 样条小波

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A

Applications of progressing mediano-cut algorithm in thermal paint image segmentation

LIN Mao-song^{1,2}, TANG Jing-lei², JING Xu³

- (1. Institute of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China;
2. School of Computer Science and Technology, Southwest University of Science & Technology, Mianyang Sichuan 621010, China;
3. Collage of Information Engineering, Northwest SCI-TECH University of Agriculture and Forestry, Yangling Shannxi 712100, China)

Abstract: A method of thermal paint segmentation by using wavelet transformation and modified mediano-cut algorithm was presented. First a modified mediano-cut algorithm was given based on the mediano-cut algorithm. Then it decomposed the color image into three components and image edge detection based on wavelet transform respectively. Finally it composed three component edge to carry out image segmentation.

Key words: mediano-cut; thermal paint; wavelet transformation; image edge detection; b-spline wavelet

0 引言

人类进入信息时代,能够准确判断温度及温度分布情况在很多领域都具有重要的意义和作用。它广泛应用在航空航天、军事和工业生产领域中。比如,为了更好的控制高温条件下零件的合理使用和判断其寿命,都需要准确地判断零件表面的温度及其温度分布。

航空发动机在高温环境下工作,如果要判断发动机在特定环境下的温度分布,那么可以通过在其外壳涂上对温度敏感的示温漆,表面温度不同,则示温漆呈现的颜色就不同,那么就可以据此判断其温度和温度的分布情况。这就要求对此彩色图像进行分割,把具有不同的颜色,也就是代表不同温度的部分分割出来,从而判断出相应颜色部分的温度分布。

1 彩色图像的量化

色彩量化是数字图像处理中的基本技术之一。色彩量化的目的是利用设备能力可提供的有限色彩数,尽可能完美再现其原图像的色彩效果。其问题实质是:在只有颜色数为 K 的调色板上,如何选择 K 种颜色为代表值设置彩色调色板,以便利用它显示一幅颜色数量超过调色板颜色数量 K 的图像。考虑到统一量化方法与具体图像的色彩无关,频度序列法失

真太大的缺点,另外由于示温漆图像具有颜色分布比较集中,局部细节少的特点,本文采用了与具体图像的色彩使用频率有关的中位切割法,并且在中位切割法的基础上,用色彩平均值为中点进行分割,提出了一种改进的中位切割法。试验表明,量化效果较好。

1.1 中位切割法

中位切割法简称中分法,它的基本思想是:将图像的彩色空间用 RGB 模型来表示,彩色立方体的每一个轴相当于 R、G、B 三基色,每一根轴都量化为 0 到 255,0 对应于黑,255 对应于亮度最大,这样把色彩空间立方体分成 K 个包含相等数量色彩的长方体,可采用每个立方体的中心点,代表了该立方体所有颜色值。

中位切割法包含建立色彩表和源图像映射两部分工作。建立色彩表要先求出各色出现频度,然后把色彩空间分割成 K 个包含大致相等数量像素的长方体,从而建立色彩表。再对 N 个像素扫描,并查找长度为 K 的色彩表,确定第 i 个像素的代表值,从而实现从源图像文件到目标图像文件的映射。

1.2 改进的中位切割法

改进的中位切割法在中位切割法的基础上,结合色彩分量在颜色空间的分布情况和图像色彩的出现频率,在进行分割长方体时按最大色差排序,选择该分量的色彩平均值为中

收稿日期:2005-12-19;修订日期:2006-03-06 基金项目:四川省教育厅重点科研基金资助项目(2003A109)

作者简介:林茂松(1964-),男,安徽全椒人,副教授,博士,主要研究方向:图形图像处理、科学计算可视化;唐晶磊(1974-),女,河北邢台人,硕士,主要研究方向:虚拟现实和图形图像处理;景旭(1971-),男,陕西咸阳人,硕士,主要研究方向:MAS 的网络合作、网络安全和图像处理。

点来进行分割,分割所得到的调色板 RGB 是该立方体 RGB 的平均值。由此可见,和中位切割法相比,改进的中位切割法是采用色彩平均值为中点来取代立方体的中心点的。

算法实现步骤:

1) 扫描源图像,统计颜色总数和色彩元素出现的频率 P_0 。

原始图像的色彩集合 $C(C_0, C_1, \dots, C_n), C_i(R, G, B)$ 为色彩元素, $P(P_0, P_1, \dots, P_n)$ 为 C 的色彩元素出现的频率集合。

2) 如果色彩集合 C 的颜色总数少于 256, 就将源图像的颜色值填入调色板,记下源图像色彩对应的色板号并实现到目标调色板 $K(K_0, K_1, K_2, \dots, K_{255})$ 的转换。 $K(K_0, K_1, K_2, \dots, K_{255})$ 为目标色彩集合。

3) 如果色彩集合 C 的颜色数目大于 256, 则在色彩集合 C 中选择色彩色差最大的颜色分量排序,选择此分量的色彩平均值为中点,将色彩集合 C 分为 C_0, C_1 , 然后分别计算 C_0, C_1 色彩集合中的色彩均值和色差,再分别求出各自色差的最大颜色分量并排序,依次循环分割下去。用每个颜色空间的颜色平均值作为目标调色板。

颜色分量 T_R, T_G, T_B 分别为:

$$T_R = \sum_{i=0}^n C_{iR} \left[\frac{1}{\sum_{i=0}^n (C_{iR} + C_{iG} + C_{iB})} \right]$$

$$T_G = \sum_{i=0}^n C_{iG} \left[\frac{1}{\sum_{i=0}^n (C_{iR} + C_{iG} + C_{iB})} \right]$$

$$T_B = \sum_{i=0}^n C_{iB} \left[\frac{1}{\sum_{i=0}^n (C_{iR} + C_{iG} + C_{iB})} \right]$$

4) 计算并选择源图像各色彩与调色板各色彩之间的最小距离作为源图像色彩在调色板内的编号,并实现色板编号的转换。

$$D(C_i, C_j) = T_R(C_{iR} - C_{jR})^2 + T_G(C_{iG} - C_{jG})^2 + T_B(C_{iB} - C_{jB})^2$$

由于集合 C 元素数目有限,那么必有一个使色彩元素 C_i 到色彩集合 K 的距离最小的色彩集合 $K(K_0, K_1, K_2, \dots, K_{255})$ 存在,也就是说源图像的色彩同色彩集合 K 最为接近, K 就是目标调色板。

改进的切割法试验结果如图 1。

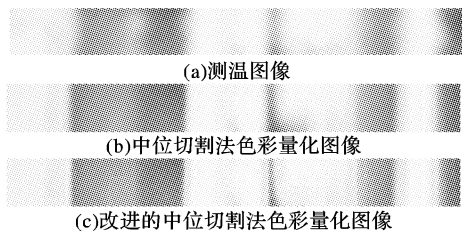


图 1 改进的切割试验结果

改进的中位切割法在时间、存储空间的开销和中位切割法相比,都是一样的,但试验表明,改进的中位切割法有更好的量化效果。虽然算法的复杂程度加大,但是计算机运算速度大大提高,使其仍不失为一种优秀的量化方法。

2 图像分割

2.1 彩色图像的分割

图像分割就是指把图像分成各具特色的区域并提出感兴趣目标的技术和过程,人们一般是通过对图像的不同特征如

边缘、纹理、颜色、亮度等的分析,将图像表示为物理上有意义的连通区域的集合。彩色图像分割与灰度图像分割的算法相比,大部分算法在分割思想上是一致的,只是彩色图像包括着更丰富的信息,并有多彩空间的表达方式,因而彩色图像分割算法的关键在于如何利用丰富的彩色信息来达到分割的目的。

2.2 彩色图像边缘检测

边缘是图像对视觉的最主要特征,边缘检测是图像分割、图像识别的基础,因此图像处理中研究最多是边缘检测。传统的边缘检测方法有如 Canny 算法、Sobel 算法、Roberts 算法、Prewitt 算法和拉普拉斯算法等。在这些算法中,首先求出原始图像的横向和纵向梯度图像,根据这两个梯度图像得到梯度的模值及幅角值,然后沿幅角方向求模极大值,这样就可以检测出图像的边缘。但是这些算法对噪声非常敏感,去除噪声的能力差,在提取边缘的同时又会引入噪声。近年来迅速发展起来的小波理论为图像处理带来了新的理论和方法。基于小波变换的方法在图像边缘检测应用中取得了非常良好的效果。

对于彩色图像来说,由于每个像素由 3 个分量决定,很难定义颜色差分的大小以及方向,所以彩色图像边缘的检测要困难许多。因此本文采用输出合成法,先把色彩量化后的彩色图像分解为红、绿、蓝 3 个分量,然后再对各个分量进行小波多尺度变换进行边缘检测,从而得到红、绿、蓝分量的 3 个边缘,最后将 3 个边缘合成结果作为最后的结果,其流程如图 2 所示。

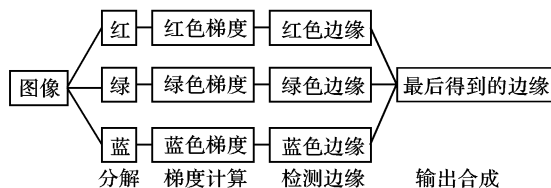


图 2 输入合成法

2.3 利用小波变换进行边缘检测

由于边缘是图像的灰度级不连续点,具有奇异性,因此,可以利用检测小波系数模极大值的方法来检测图像的边缘。另外,当小波函数尺度较大时,抑制噪声的能力强,而提取图像细节的能力弱;当小波函数尺度较小时,抑制噪声的能力弱,提取图像细节的能力强,这样可以很好地解决抑制噪声和提取图像边缘细节之间的矛盾。

设 $\theta(x, y)$ 是二维平滑函数 ($\iint \theta(x, y) dx dy \neq 0$), 将其沿 x, y 两个方向的一阶导数作为基本小波:

$$\Phi^1(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial x}, \Phi^2(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial y}$$

再令:

$$\varphi_a^1(x, y) = \frac{1}{a^2} \varphi^1\left[\frac{x}{a}, \frac{y}{a}\right] = \frac{\partial \theta_a(x, y)}{\partial x}$$

$$\varphi_a^2(x, y) = \frac{1}{a^2} \varphi^2\left[\frac{x}{a}, \frac{y}{a}\right] = \frac{\partial \theta_a(x, y)}{\partial y}$$

$$\text{式中: } \theta_a(x, y) = \theta\left[\frac{x}{a}, \frac{y}{a}\right]$$

因此,对于任意的二维函数 $f(x, y) \in L^2(R^2)$, 其小波变换沿 X, Y 的分量分别为:

$$WT^1 f(a, x, y) = f(x, y) \times \varphi_a^1(x, y)$$

$$WT^2 f(a, x, y) = f(x, y) \times \varphi_a^2(x, y)$$

若简记为矢量形式:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} WT^1 f(a, x, y) \\ WT^2 f(a, x, y) \end{bmatrix} &= a \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} [f(x, y) \times \theta_a(x, y)] \\ \frac{\partial}{\partial y} [f(x, y) \times \theta_a(x, y)] \end{bmatrix} \\ &= a \times \text{grad}[f(x, y) \times \theta_a(x, y)] \\ &= a \times \text{grad}[\Gamma(x, y)] \end{aligned}$$

$\Gamma(x, y)$ 是 $f(x, y)$ 被 $\theta_a(x, y)$ 平滑后所得图像。上式表明 WT^1 和 WT^2 分别反映了此图像灰度沿 (x, y) 方向的梯度。通常 a 取为 $2^j (j \in z)$ 。

而矢量 $\begin{bmatrix} WT^1 f(2^j, x, y) \\ WT^2 f(2^j, x, y) \end{bmatrix} = WTf(2^j, x, y)$ 称为 $f(x, y)$ 的二进小波变换。

其模值和幅角分别是:

$$\begin{aligned} \text{Mod}[WTf(2^j, x, y)] &= \sqrt{|WT^1(2^j, x, y)|^2 + |WT^2(2^j, x, y)|^2} \\ \text{Arg}[WTf(2^j, x, y)] &= \arctan\left[\frac{WT^2 f(2^j, x, y)}{WT^1 f(2^j, x, y)}\right] \end{aligned}$$

由上式可以看出,图像小波变换的模正比于梯度向量的模,而小波变换的幅角等于梯度向量与水平方向的夹角。图像的边缘就是其梯度向量模值的局部最大值点,用小波变换对图像边缘进行检测,也就是寻找小波变换的模值沿幅角方向的局部极大值点。

Mallat 等人证明了小波变换用于边缘检测类似于 Canny 边缘检测方法,若小波变换的基函数是高斯函数的偏导数,则二者等效。在不同尺度下的逼近函数取一阶导数或二阶导数就获得了多尺度边缘检测,即可取 n 次 B 样条小波分辨率阶数为 2^j 的 B 样条 $b_{2^j}^{n+1}$ 的一阶与二阶导数:

$$\begin{aligned} \Psi^n(x) &= \frac{d}{dx} b_{2^j}^{n+1}(x) \\ \Psi^n(x) &= \frac{d}{dx^2} b_{2^j}^{n+2}(x) \end{aligned}$$

由此可推出:

$$\begin{aligned} \Psi^n(t) &= 4\left[b^n(2t + \frac{1}{2}) - b^n(2t - \frac{1}{2})\right] \\ \Psi^n(t) &= 8[b^n(2t + 1) - 2b^n(2t) + b^n(2t - 1)] \end{aligned}$$

它们分别对应着局部极值检测和零交叉检测,分别具有一阶和二阶消失矩。3 次 B 样条平滑函数及其一阶导数的小波函数表明,一阶消失矩的小波是关于原点奇对称的。从时频局部分析的角度可以证明 3 次 B 样条小波最接近 Guass 小波,是渐近最优的,在边缘提取方面也是最优的。

3 结语

本文在中位切割法的基础上,提出了一种改进的中位切割法来实现对测温彩色图像的色彩量化,并且利用输入合成法,采用 3 次 B 样条小波变换分别对 3 个分量图进行边缘检测来实现图像分割。算法采用 Matlab 编程仿真,结果表明,该方法具有较好色彩量化和边缘检测效果。

参考文献:

- [1] PURGATHOFER W, GERVAUTZ M. A Simple Method for Color Quantization: Octree Quantization[A]. Graphics Gems[C]. San Diego: Academic Press Professional, 1990. 287-293.
- [2] HERKBERT P. Color image quantization for frame buffer display[J]. Computer Graphics, 1982, 16(2): 297-307.
- [3] EQUITZ WH. A new vector quantization clustering algorithm[J]. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1989, 37(10): 1568-1575.
- [4] 耿国华, 周明全. 常用色彩量化算法的性能分析[J]. 小型微型计算机系统, 1998, 19(9): 46-49.
- [5] 王秀娟. 彩色图像处理中的调色板技术[J]. 纺织学报, 1998(6): 37-40.
- [6] 章毓晋. 图像分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [7] 魏宝刚, 鲁东明, 潘云鹤, 等. 多颜色空间上的交互式图像分割[J]. 计算机学报, 2001, 24(7): 770-775.

(上接第 1358 页)

吸引子方案,压缩时间为 126s,压缩比为 17.5:1,PSNR 为 30.3dB。采用本文方案,取图像块尺寸 4×4 、 8×8 、 16×16 、 32×32 ,首先,对图像进行分形维数计算,将不同方向分辨率的图像维数从小到大进行排列,形成定义域子块的分形维数集。对于高一级分辨率子块,在预定门限下,在低一级子块中寻找匹配图像,并进行编码,得到的实验结果如表 1 所示。

由表 1 和图 3 可以看出本文提出的压缩方案与传统 Jacquin 吸引子方案相比,虽然压缩比提高不大,但压缩时间有了明显提高。

5 结语

分形图像编码的依据是图像的自相似性。但自然图像相似性不强,小波分形混合编码主要方法是利用不同分辨率相同空间位置的相似性进行编码,但实验证明不同分辨率的不同空间位置也存在相似性。本文提出的利用小波变换扩充相似块数目,以分形维数作为衡量相似图像子块是否匹配的依据,进行多方向编码。有效避免了传统吸引子编码中局部图像相似性不强问题和小波分形混合编码中复杂的相似块匹配问题。从实际运算情况看,该算法在对恢复图像质量影响很小的情况下有效减少了编码时间。

参考文献:

- [1] LEPLOY S. Attractor image compression-fast algorithms and comparisons to related techniques[D]. PhDthesis, The Norwegian Institute of Technology. Trondheim, Norway, June 1993.
- [2] LEPLOY S, OIEN GE. Fast attractor image encoding by adaptive codebook clustering[A]. In: Fisher Y. Fractal Image Compression: Theory and Application[C]. Springer-Verlag, New York USA, 1995. 177-197.
- [3] 赵耀, 王红星, 袁保宗. 一种吸引子图像编码的快速算法[J]. 铁道学报, 1999, 22(2): 35-38.
- [4] RINALDO R, CALVAGNO G. Image Coding by Block Prediction of Multi-resolution Sub-images[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1995, 4(7): 141-154.
- [5] WILSON LR. Predictive Wavelet Transform Coding: Unifying Fractal and Transform Coding[A]. Proceedings of the International Picture Coding Symposium PCS'96[C]. Melbourne, March, 1996.
- [6] 谢鑫, 马争鸣. 基于小波分解的分形预测图像编码[J]. 中国图象图形学报, 1999, 4(3): 223-228.
- [7] NAOR J, AVNIRD HR. Multiple resolution texture analysis and classification[J]. IEEE Trans. Pattern. Anal. Mach. Intell., July 1984, PAM I-6: 518-523.