

边缘检测和区域生长相结合的图像 ROI 提取方法

张丽红, 张 慧, 王晓凯

(山西大学 物理电子工程学院, 山西 太原 030006)

摘 要: 自然彩色图像感兴趣区域的提取与分析, 对图像处理有着重要的意义。针对自然彩色图像, 提出一种边缘检测和区域生长相结合的感兴趣区域提取方法。彩色图像经过预处理后, 首先采用基于相位信息的方法来检测边缘, 得到图像的大致区域分布。然后再结合边缘信息自动获得种子点, 实现阈值的自适应确定进行区域生长。生长结果再经过后续处理最终得到感兴趣区域。实验结果表明, 该方法能够更加精确、快速地对自然彩色图像进行处理, 得到较好的结果。

关键词: 彩色图像; 感兴趣区域; 边缘检测; 相位一致性; 区域生长

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)04-0234-04

An ROI Search Method for Color Images Based on Edge Detection and Region Growing

ZHANG Li-hong, ZHANG Hui, WANG Xiao-kai

(School of Physics and Electronic Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The extraction technique of a Region of Interest (ROI) from a natural color image is an important step towards highly efficient image communication. An ROI search algorithm based on edge detection and region growing is proposed. After the pretreatment, the phase congruency was applied to detect edge and obtained the major geometric structures in a color image for seeded region growing. The threshold value is adaptively adjusted with the image automatically and initial seeds can also be computed automatically from the obtained color-edge regions. Then ROI can be extracted by region growing and the following treatment. Experimental results show that this combined method can detect an ROI from a color image accurately and quickly.

Key words: color image; region of interest; edge detection; phase coherence; region growing

0 引 言

感兴趣区域 (Region of Interest, 简称 ROI), 亦称显著区域, 就是指图像中最能引起观察者注意、最能表现图像内容的区域。图像 ROI 提取技术是图像处理领域的研究热点之一, 广泛应用于压缩编码、图像检索、医学图像分析、目标检测等, 有着广阔的应用前景。图像感兴趣区域的检测和提取, 一般从两个方面着手: 一是从图像分割的技术层面提取 ROI; 另一个就是从人眼的视觉特性出发, 通过模拟人眼的视觉特点, 寻找视觉敏感区域并将其排序作为图像的感兴趣区域。

边缘检测和区域生长是传统图像分割技术中比较具有代表性的两种方法。边缘检测可以快速准确地找到区域间的边缘来分割图像, 但常会出现检测出虚假边缘、边缘断裂等情况。区域生长方法直接创建区域,

但必须解决好种子点选取、确定生长准则和停止准则的问题, 否则容易出现分割不准、死循环等问题。由于这两种方法各有其局限性, 近年来, 边缘检测和区域生长的结合算法受到越来越多的学者关注。文献[1]结合分水岭分割和区域生长来进行感兴趣区域的检测。文献[2]和文献[3]分别采用 DIS 和邻域梯度的方法得到闭合的边缘再进行区域生长处理。文献[4]针对彩色图像提出一种结合算法来进行处理。文中在研究传统算法的基础上, 首先对图像进行预处理, 然后利用相位信息来检测边缘, 实现自动提取种子点和自适应阈值的区域生长。

1 图像预处理

1.1 色彩空间转换

彩色图像处理中, 颜色空间的选取对于图像处理结果有着很大的影响。RGB 是最常用的颜色空间。但是由于彩色图像的 R、G、B 三个分量的相关性较强, 改变其中某个分量的大小时, 其它分量也会跟着变化, 所以许多针对彩色图像的处理都不采用在 RGB 空间

收稿日期: 2010-09-16; 修回日期: 2010-12-24

基金项目: 山西省高新技术产业化项目(20100002); 山西省国际科技合作计划项目(2009081026)

作者简介: 张丽红(1968-), 女, 河北人, 副教授, 研究方向为图象处理与模式识别; 王晓凯, 教授, 研究方向为通信与信息系统。

直接进行。

文中采用 CIE HSI 彩色特征空间来进行彩色图像处理。HSI 模型是从人的视觉系统出发,直接使用颜色三要素色调、饱和度、亮度来描述颜色。该颜色系统比 RGB 系统更接近于人们的经验和对彩色的感知,看起来更加自然和直观。在该彩色空间中,色差可用两个彩色点间的欧几里得距离表示,该表示法中任意两点间距离与人类视觉判断相一致。而且与 RGB 空间相比,CIE HSI 空间中亮度和色度具有可分离特性,使得图像处理中大量灰度处理算法都可以在该彩色空间中方便地使用^[5]。

CIE HSI 彩色空间有三个基本量,用 X、Y、Z 表示,这三个值可用 R、G、B 三分量线性表示出来。在 CIE ($L^*u^*v^*$) 空间中,有:

$$I = L^*; H = \arctan\left(\frac{u^*}{v^*}\right); S = \sqrt{(u^*)^2 + (v^*)^2} \quad (1)$$

1.2 抖动处理

“抖动”是在印刷业和出版业中常用的一种处理,它在由点组成的印刷页上给出色调变化的直观效果。在处理彩色图像时,“抖动”主要用来减少图像中的颜色数目。经过抖动处理以后,图像的颜色数目减少,而且图像自然形成颜色相近的区域划分,使得边缘检测后的结果更为理想的根据颜色划分区域,为后续的区域生长提供良好的模板。

2 边缘检测

图像的边缘是图像的最基本特征之一。边缘点是指图像中周围像素灰度有阶跃变化或屋顶变化的那些像素点。通常的边缘检测算法大都是针对灰度图像的,通过计算一阶导数或二阶导数来检测边缘。

传统的边缘检测算子如 Sobel、Canny 等,都是基于灰度图像像素值梯度的计算,通过检测亮度值的不连续性来找到边缘。这类方法物理意义明确、计算简单,但是由于梯度信息对图像中的噪声非常敏感,其检测结果受图像的对比度和亮度的变化程度的影响大,在光照条件不理想或亮度变化不剧烈的情况下检测效果不理想。一般来说,从总体效果衡量,Canny 算子给出了一种边缘定位精确性和抗噪声干扰性较好的折衷办法。不过对于噪声较强、对比度亮度变化大的自然彩色图像来说,这种方法仍很难达到预期的效果。

2.1 基于相位信息检测边缘

由于基于梯度的传统边缘检测算法的局限性,近年来,利用相位信息处理图像成为新的研究方向。相位一致性简单地就是指图像的各个位置上各频率成分的相位相似度的度量方式,其值是一个无量纲的量,

与光照及亮度变化无关。相位一致性定位准确,可以有效地找到各种边界特征类型,且与人类视觉系统特征识别的许多心理学解释一致^[6]。

相位一致性模型是 Morrone 等提出的^[7],假定图像中傅里叶分量相位最一致的点为特征点。Morrone 和 Owens 定义了相位一致性函数:

$$PC(x) = \max_{\varphi(x) \in [0, 2\pi]} \frac{\sum_n A_n \cos(\varphi_n(x) - \bar{\varphi}(x))}{\sum_n A_n} \quad (2)$$

使得上式最大的 $\bar{\varphi}(x)$ 为位于该点的所有傅里叶项的局部相位的加权平均。

由于相位一致性的计算非常复杂,作为等效代替,Venkatesh 和 Owens^[8] 指出相位一致性最大的点可以等效为局部能量函数中的峰值。他们证明了局部能量等于傅里叶变换各分量幅度之和与相位一致性的乘积。

$$E(x) = PC(x) \sum_n A_n \quad (3)$$

而局部能量可由原信号与 2 个互为 Hilbert 变换的滤波器进行卷积得到。为了计算相位一致性,首先,通过图像与一对正交滤波器的卷积估计局部能量;其次,求取傅里叶各分量幅度之和 $\sum_n A_n$,即可计算得到。

考虑噪声的影响,目前计算相位一致性的方法大部分采用的是 Kovessi 所提出的方法^[9],文中也采用这种方法,即由下式得到位置 x 处的相位一致性:

$$PC(x) = \frac{\sum_o \sum_n w_o(x) \lfloor A_{no}(x) \Delta \varphi_{no}(x) - T_o \rfloor}{\sum_o \sum_n A_{no}(x) + \varepsilon} \quad (4)$$

式中, W_o 和 T_o 分别是频率扩展和噪声补偿; A_{no} 和 $A_{no} \Delta \varphi_{no}$ 分别为当前位置在方向 o 、尺度 n 上的幅值和能量; $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示若符号中的值为正,则为其本身,其余为 0; ε 为避免分母为 0 而引入的很小的正常量。相位一致性的范围为 $[0, 1]$, 越接近于 1, 相位一致性越高。

2.2 边缘连接

边缘检测后得到的图像边缘一般不是单像素的,且含有断边和伪边。为了得到效果较好的图像边缘,对得到的图像进一步采用非极值抑制技术进行处理。首先对相位一致性值进行非极大值抑制,即将非局部极大值点置零以得到细化的边缘。然后再使用双阈值算法检测和连接边缘。对非极大值抑制后的结果运用高、低阈值得到两幅阈值边缘图像。高阈值图像含有很少的假边缘,但有间断即不闭合。双阈值算法要在高阈值图像中把边缘连接成轮廓,当到达轮廓的端点时,就在低阈值图像中寻找可以连接到轮廓上的边缘。

这样,以高阈值图像为向导,在低阈值图像中寻找、收集边缘的断裂处,来连接高阈值图像中的边缘。最后去除图像中过短的边缘,得到最终的边缘图像。

3 基于边缘信息的区域生长

区域生长是根据事先定义的准则将像素或子区域聚合成更大区域的过程。区域生长一般有 3 个步骤:选择合适的生长点;确定相似性准则即生长准则;确定生长停止条件。种子像素的选取一般根据具体问题的特点来确定。图像经过边缘检测可得到各区域的大体分布,而且图像边缘信息不仅提供了生长边界,通过对边缘信息点的处理还可以自动确定生长点^[10-12]。

3.1 阈值的确定

阈值的选取是区域生长的难点之一,直接影响着生长结果。好的阈值应能自动的随着图像的具体内容自适应地调整。

文中阈值采用以下方法确定:首先计算整个图像的颜色平均值 \bar{A} ,再计算由边缘检测确定的各区域的颜色均值与 \bar{A} 的差 ΔA ,最后计算颜色特征的平均变化幅度。

$$\Delta \bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \Delta A \quad (5)$$

取该值作为生长阈值。

3.2 生长步骤

(1)对检测到的边缘图像进行标记,分别对各个区域根据式(5)计算质心坐标。

$$x_i = \frac{1}{n} \sum_{(x,y) \in i} x; y_i = \frac{1}{n} \sum_{(x,y) \in i} y \quad (6)$$

由于提取边界的不连续,同一区域就有可能会获得多个质心。用 K-means 对这些性质相似的质心进行聚类,即可获取种子点 $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots$

(2)以 (x_0, y_0) 为某个区域的种子点,计算该种子点与其四邻域像素 (x, y) 颜色距离,如果该距离小于阈值 T 且生长还未到达该区域边界,则使其与该种子点标记相同,同时将 (x, y) 压入堆栈。计算加入新像素点后生成的新区域的颜色均值。

$$\text{diff} = |f(i, j) - f(x, y)| < T, \text{ave} = f(i, j) \quad (7)$$

(3)以该区域为中心,继续判断其四邻域像素,把邻近满足生长条件的点并入,生成新的区域。为了得到更为准确的生长结果,这里在每次加入新像素后重新计算颜色平均值再进行生长准则的判断。

$$\text{diff} = |f(i', j') - \text{ave}| < T, \text{ave} = \frac{1}{k} \sum_k f(i, j) \quad (8)$$

(4)重复步骤(3)直到取到边界上的点,则该区域生长过程结束。

(5)逐个取出其他种子点按(2)~(4)步骤生长。

3.3 后续处理

由于图像的纹理特征等原因,区域生长得到的图像中,一个物体很可能被分割成多个区域,造成过分割。为了使生长结果更加准确,采取以下规则对图像进行区域合并:

(1)极小的区域当成噪声过滤。如果一个区域的像素个数小于一定值,则认为该区域可当作噪声过滤掉。这里依据经验将该定值定为 $\text{SUM}/150$,其中 SUM 为图像的像素总数。

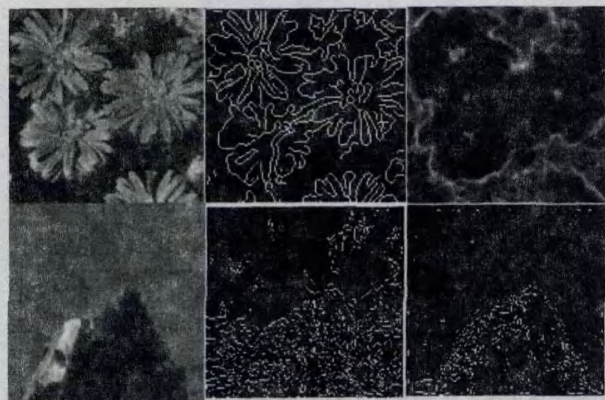
(2)计算两个邻近区域的颜色均值差,差值小于阈值则合并。由颜色直方图可得到图像的颜色类数为 m ,令 d 为直方图中最高峰与最低峰的差值,取 d/m 为阈值。计算邻近区域的颜色距离,其值小于阈值则将两个区域合并。遍历所有区域,每次循环前都要重新计算新区域的颜色均值。

4 实验结果和分析

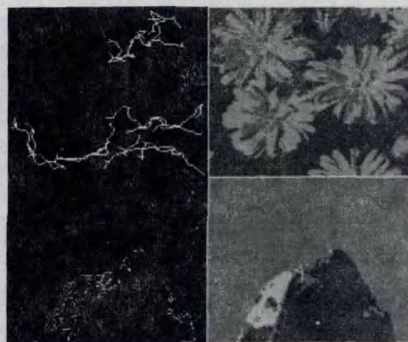
根据大量实验结果和经验,设置计算相位一致性的 Log Gabor 滤波器组的参数时,使用 4 个尺度、6 个方向、相邻尺度比值为 2。为了有效地抑制纹理细节,最小波长不采用固定值,而是计算输入图像的中心频率,以其倒数作为波长。将相位一致性原理分别作用于 CIE HSI 颜色空间的 H 分量、S 分量、I 分量,所得结果按权值大小合并作为最后的边缘。在边缘检测的基础上,根据边缘信息自动选择种子点,以各区域边界为区域模型进行区域生长。生长结束后,进行区域合并,最终得到结果。

由图 1 所示实验结果可看出,相位一致性边缘检测结果与 canny 检测算子结果相比,相位一致性得到的边缘更符合下一步处理的需要。图(b)是 canny 算子边缘检测结果。图(c)是相位一致性边缘初检测结果。由图(c)可看出,通过对滤波器参数的设置,检测结果显示了对纹理细节很好的鲁棒性,与图(b)比较,图像的边缘特征得到了很好的体现。图(d)为经过非极大值抑制和双阈值处理后得到的图像边缘,可看到边缘轮廓清晰,断边、伪边较少,为下面的区域生长提供了很好的模板。与图(b)相比较,相位一致性边缘检测最终得到的边缘图像轮廓清晰,区域数较小,计算量相比较要小,提高了运算速度。图(e)为最后的区域生长结果,可看到该结果较好地符合了人类的视觉判断结果,能够很好地为后续图像压缩等的处理提供基础。

表 1 是基于像素的常规区域生长算法与文中算法运行时间比较结果,可以看出,文中算法计算速度优于传统算法。



(a) 原图 (b) canny 检测边缘 (c) 相位一致性初检测



(d) 最终边缘检测结果 (e) 最后结果

图1 实验仿真结果

表1 两种算法所需时间比较

	花	风景	猫	汽车
常规生长法(s)	15.233	5.100	10.652	7.833
文中算法(s)	8.712	2.310	6.034	3.914

5 结束语

随着计算机处理能力的提高以及对自然彩色图像应用的增加,自然彩色图像的处理受到越来越多的研究者的关注。传统的处理灰度图像的方法,在很多方面并不能直接适用于自然彩色图像。

文中首先采用抖动算法进行预处理,然后使用基于相位一致性的边缘检测方法,对自然彩色图像有很好的处理结果,得到的边缘图像轮廓清晰。在边缘检测基础上进行区域生长,依据边缘信息自动提取种子

点。在生长结束后进一步进行区域合并处理,能够得到较好的提取结果。实验结果表明,该方法使用范围广,时间复杂度低,对图像纹理等细节信息具有很好的鲁棒性,所得结果与人类视觉系统判断基本一致。ROI 的提取结果还为以后的图像压缩、图像检索奠定了较好的基础。

参考文献:

- [1] 张菁,沈兰荪,高静静. 基于视觉注意机制的感兴趣区域检测[J]. 光子学报, 2009, 38(6): 1561-1565.
- [2] 苏茵,黄凤岗,贾迪野. 基于 DIS 边缘检测和自适应边缘生长的图像分割方法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2004, 25(3): 345-348.
- [3] 王燕妮,樊养余,毛力. 基于感兴趣区域轮廓的图像分割方法[J]. 现代电子技术, 2008(16): 133-135.
- [4] Fan J P, Yau D K Y. Automatic image segmentation by integrating color-edge extraction and seeded region growing[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(10): 1454-1466.
- [5] Woods R E, Gonzalez R C, Edduns S. Digital image processing using MATLAB[M]. [s. l.]: Electronic industry press, 2005.
- [6] 薛联凤,刘云飞. 感兴趣区域提取方法的研究[J]. 计算机与信息技术, 2009, 12: 14-19.
- [7] Xiao A T, Hou Z X. Phase based feature detector consistent with human visual system characteristics[J]. Pattern Recognition Letters, 2004, 25(10): 1115-1121.
- [8] Vebkacesh S, Owens R A. An energy feature detection scheme[C]//International Conference on Image Processing. [s. l.]: [s. n.], 1989: 553-557.
- [9] Kovese P. Image features from phase congruency[J]. Journal of Computer Vision Research, 1999, 1: 1-26.
- [10] 翁秀梅,肖志涛,杨洪薇. 基于边缘检测和区域生长的自然彩色图像分割[J]. 天津工业大学学报, 2008, 27(1): 50-52.
- [11] 张红梅,卞正中,郭佑民,等. 感兴趣区域高效提取算法[J]. 软件学报, 2005, 16(1): 78-88.
- [12] 王艳娟,陈晓红,邹丽. 图像感兴趣区域自动提取算法[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(12): 2867-2870.

(上接第 233 页)

- [J]. In. J. of Vehicle Design, 1990, 11(1): 27-34.
- [5] 陈立平. 机械系统动力学分析及 ADAMS 应用教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.
- [6] 喻惠然. 发动机隔振的研究[J]. 汽车技术, 1992(9): 23-27.
- [7] 李杰. 汽车动力总成橡胶悬置系统的固有特性和振动耦合特性分析[J]. 公路交通科技, 1998, 15(4): 75-78.
- [8] 陈继红,沈密群,严济宽. 汽车发动机悬置系统的一些设计问题[J]. 噪声与振动控制, 1999(1): 5-11.

- [9] Lee Y W, Lee C W. Dynamic analysis and control of active engine mount system[J]. Journal of Automobile Engineering, 2002, 216(11): 921-931.
- [10] 周晓峰. 基于隔振理论的发动机悬置系统研究及其工程应用[D]. 合肥:合肥工业大学, 2006.
- [11] 黄晋英. 发动机机体结构振动模态分析[J]. 华北工学院测试技术学报, 2000, 15(1): 53-56.
- [12] 严济宽. 机械振动隔离技术[M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 1985: 112-120.