

一种基于机器视觉的材质边缘检测算法

宋振辉¹, 赵 理²

(1 石家庄职业技术学院 计算机系, 河北 石家庄 050081; 2 西安理工大学 自动化与信息工程学院, 陕西 西安 710048)

摘 要: 提出了一种基于机器视觉的智能化的边缘检测算法, 可单独识别同一图像中不同材质之间的边缘. 不同材质的物体具有不同的表面光学特征, 在 HIS 色彩空间内, 其像素的 H、I、S 三个色彩分量的分布曲面满足不同的规律. 该算法在一定的范围内计算属于该范围的像素的空间分布规律是否一致, 若不一致, 则该范围内存在不同材质的物体, 进而计算不同材质物体的边缘. 实验证明该方法简单、有效, 解决了边缘检测中按材质计算边缘的问题.

关键词: 边缘检测; HIS 色彩空间; 材质

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)06-0153-04

A Material Edge Detection Algorithm Based on Machine Vision

SONG Zhen-hui¹, ZHAO Li²

(1 Department of Computer, Shijiazhuang Vocational Technology Institute, Shijiazhuang 050081, China;

2 School of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: To find the edge between two different materials, an intelligent edge detection method based on computer vision is proposed. Every kind of material has its own optical character. In the HIS color space, the pixels in the same material surface locate with the same rule. If pixels in a window locate with different rules, the window contains different materials. Experiment proved that the method is simple, effective, to solve the problem about finding an edge between different materials.

Key words: edge detection; HIS color space; material

1 引言

边缘检测是数字图像处理的重要内容, 是进行图像分析、模式识别等深层次处理的关键步骤. 传统的边缘检测算法包括 Roberts 算子、Prewitt 算子、Sobel 算子等一阶微分算子以及 Laplacian 算子、LOG 算子等二阶微分算子^[1-2]. 通常, 这类算子以一阶导数极大值点或二阶导数过零点作为候选边缘点, 通过选取合适的阈值, 从中提取图像边缘, 具有简单、易于实现、运算速度快等特点. 在灰度图像中, 图像的边缘是由灰度不连续造成的. 在彩色图像中, 边缘是基于 3 维颜色空间的不连续性. 针对彩色图像的常见的边缘检测算法大致可以分为: 灰度边缘检测方法的扩展、向量空间方法、向量排序方法^[3].

灰度边缘检测方法的扩展, 即首先基于某一彩色分量红(r)、绿(b)、蓝(g)的图像进行灰度图像边缘检测, 然后将每一独立分量的边缘联合形成彩色图像的边缘. 向量空间方法将彩色图像表示成二维的向量场, 充分利用了彩色信息, 可获得比较理想的彩色图像边缘. 近年来基于不同彩色模型各类算法, 如各类梯度算子、小波变换法、多维矢量角度差算法、多尺度彩色形态矢量算法等大量出现, 在图像边缘检测中得到了广泛的应用^[4].

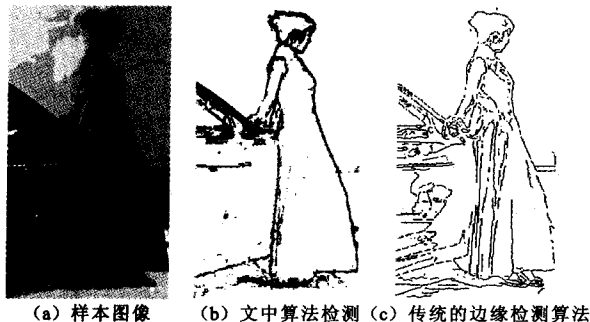
文中提出一种利用图像的语义内容进行边缘提取的方法, 该方法需要对图像中所描述内容进行一定程度的特征推理, 判断其材质组成, 得出其分布规律, 进而界定不同材质的物体之间的边缘. 而同一材质物体表面上由梯度产生的边缘则被忽略.

收稿日期: 2009-05-08; 修回日期: 2009-08-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(60805020)

2 算法的基本思想

不同材质的物体,其外观的区别很大.不同表面结构、照射光源及视觉生理特性,影响着物体的色调、亮度、饱和度这三个基本特性.然而在不同亮度的自然光下,同一材质物体的表面像素点分布在近似相同的色彩空间曲面上.在相同亮度的自然光下,不同表面材质的物体,其表面像素点分布在不同的色彩空间曲面上.图1中人物穿的红色裙子与红色汽车车身相连,红色裙子与人体皮肤相连.



(a) 样本图像 (b) 文中算法检测 (c) 传统的边缘检测算法

图1 样本图片及算法比较

图2中构造了这3种材质像素所在的色彩空间曲面,分别表示裙子、汽车、皮肤像素所在空间曲面.可见,同一材质的像素曲面在一定的色调变换范围内,随着饱和度的递增,亮度是单调递减的.如果单位面积里的像素分布在不相连的两个或多个空间曲面之上(图1a中框1所示),或分布在相互交叉的两个或多个空间曲面上(图1a中框2所示),则说明该面积内存在两种或多种材质的物体.如果单位面积里的像素分布在同一个空间曲面上(图1a中框3所示),则说明该面积内只存一种材质的物体.如果该空间只存在一种材质的物体则不计算边缘;如果存在两种或多种材质,根据像素点在空间的分布情况确定边界点,从而完成基于材质的图像分割.

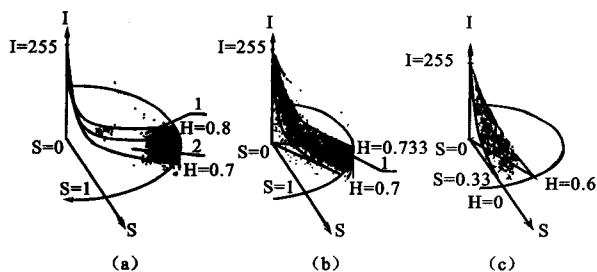


图2 不同材质表面的饱和度、色度和亮度分布关系图

本算法不同于以往的对各个分量图像分别计算边缘,然后合成的方法,也不同于基于四元数以及矢

量的边缘检测的算法^[5].根据传统的彩色边缘检测算法,图像中相同材质的物体表面,在色调相同,但是亮度变化较大的像素点附近,会检测出边缘线.而根据文中算法,在该点附近不会检测出边缘.另外,根据传统算法,在饱和度较低的高亮或暗区域,如果存在这样的范围:色调变化很大,但是亮度变化不.该范围将被检测出有边界存在(然而,这不符合人们的视觉心理).而本算法可以避免此类情况的出现.

3 算法设计

3.1 图像边缘的计算步骤

选择合适的移动窗口(以 3×3 像素窗口为例),按从上到下,从左到右的顺序在图像范围内移动窗口,判断窗口中心像素与窗口内其它像素点是否属于同一材质表面.若是,则该窗口中心点不属于材质边缘,在边缘图像中设置该点灰度值为0.若不是,则该窗口中心点属于材质边缘,计算该点在边缘图像中的新的灰度值.依次类推,判断图像中每一个像素是否为材质边缘,同时得到另一幅灰度边缘图像.步骤如下:

步骤1:判断该窗口内所有的像素 $V(x) = (H(x), S(x), I(x)) (x \in (1, 9))$ 的 $S(x)$ 分量是否大于给定的阈值 S_m .若 $S(x) > S_m$,则到第2步;若 $S(x) \leq S_m$,则到第4步.

步骤2:计算窗口内是否存在这样的点:该点的 H 分量满足: $|H(x) - H(5)| \geq H_m (x \neq 5)$.如果存在 n 个这样的点,则该中心像素点在灰度边缘图像中对应的灰度值为 n .如果不存在,进行第3步.

步骤3:计算窗口内是否存在这样的点:该点的 S 分量满足: $(S(x) > S(5) \text{ and } I(x) > I(5) + I_m) \text{ or } (S(x) < S(5) \text{ and } I(x) < I(5) - I_m)$ 其中 $x \neq 5$.如果存在 n 个这样的点,则该中心像素为边界点,该点在灰度边缘图像中对应的灰度值为 n ;否则该中心像素不是边界点,对应的灰度值为0.

步骤4:在窗口内计算是否有如下的像素点: $|H(x) - H(5)| \leq H_m (x \neq 5)$,若无,则看其中是否存在这样的点: $(I(x) > I(5) + I_m) \text{ or } (I(x) < I(5) - I_m)$ 其中 $x \neq 5$.如果存在 n 个这样的点,则该窗口中心像素为边界点,在灰度边缘图像中对应的灰度值为 n ;如果不存在,则该窗口中心像素不是边界点,对应的灰度值为0.若有,则看其中是否存在这样的点: $(S(x) > S(5) \text{ and } I(x) > I(5) + I_m) \text{ or } (S(x) < S(5) \text{ and } I(x) < I(5) - I_m)$ 其

中 $x \neq 5$. 如果存在 n 个这样的点, 则该窗口中心像素为边界点, 在灰度边缘图像中对应的灰度值为 n ; 如果不存在, 则该窗口中心像素不是边界点, 对应的灰度值为 0.

3.2 H_m 、 S_m 和 I_m 的选取范围

阈值 H_m 表示窗口范围内, 不同像素点的色调差值的范围, 如果在该窗口内不同像素点的色调差值的最大值 $> H_m$, 表示该范围有存在不同材质的像素点的可能. 阈值 S_m 表示窗口范围内, 不同像素点的饱和度值的范围, 如果在该范围内所有像素点的饱和度的值 $< S_m$, 表示该范围为亮度极高的高光区或亮度极低的暗区. 在该区内不适合根据色调差值的范围区分材质, 但适合用亮度差值区分材质. 反之, 在该区内适合根据色调和亮度的差值的范围区分材质. 阈值 I_m 表示窗口范围内, 不同像素点的亮度差值的范围, 如果在该窗口内有像素点的亮度差值 $> I_m$, 表示该范围有存在不同材质的像素点的可能^[6].

图3中(a)、(b)、(c)分别表示当 $H_m = 1$ 且 $S_m = 0.3$ 时, I_m 分别选取 0, 10, 20 时, 本算法检测出的边界. (d)、(e)、(f) 分别表示当 $H_m = 1$ 且 $I_m = 10$ 时, S_m 分别选取 0, 0.2, 0.4 时, 本算法检测出的边界. (h)、(i)、(g) 分别表示当 $S_m = 0.3$ 且 $I_m = 10$ 时, H_m 分别选取 0.01, 0.1, 1 时, 本算法检测出的边界:

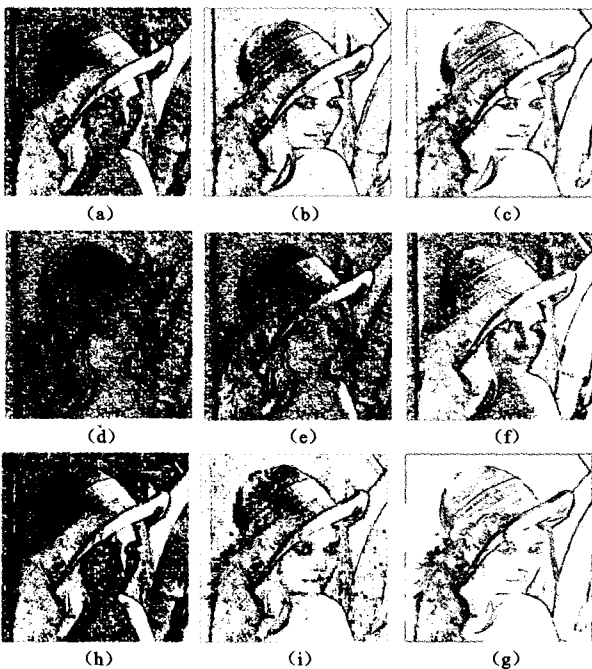


图3 H_m 、 S_m 、 I_m 分别为不同阈值时对边缘检测影响
由图3中对比可知, H_m 的取值过低时, 检测出

的边缘过密, 将非边缘点一同检测出; H_m 的取值过高时, 将某些边缘点忽略了. 一般取值范围在 $[0.1, 1]$ 时较适合.

S_m 的取值过低时, 不能将高光区、暗区与正常色彩区分出来, 不能分别检测边缘, 导致效果不理想; S_m 的取值过高时, 过于夸大了高光区、暗区的范围, 结果将正常色彩区域的点拉入了高光区、暗区的范围, 检测出的结果同样不理想. 一般取值范围在 $[0.1, 0.4]$ 时较适合.

I_m 的取值过低时, 检测出的边缘过密, 将非边缘点一同检测出; I_m 的取值过高时, 将某些边缘点忽略了. 一般取值范围在 $[0, 40]$ 时较适合.

若仅取一组 (H_m, S_m, I_m) , 会使提取的边缘对于 (H_m, S_m, I_m) 非常敏感. 如果要保证检出所有的边缘像素, 则许多非边缘像素将被误检为边缘点; 如果要滤除所有的非边缘像素, 则许多边缘像素将会被漏检. 为解决这一问题, 采用取双重阈值法从候选边缘点中检测和连接出最终的边缘.

3.3 边缘的细化

本算法得到的边缘图像的边缘线宽度一般不是单像素, 这不利于图像的分割和特征的提取. 采用非极值抑制法, 利用上面得到的边缘图像的灰度来进行边缘细化.

对于边缘图像中任一点 $P(x, y)$, $b_i (i = 1, 2, \dots, 8)$ 表示图像经过图4中第 i 个模板处理后得到的边缘强度, 而 $P(x, y)$ 的边缘强度为 $Q(x, y) = \max\{b_i\}$, 而相应的边缘方向 $D(x, y) = \{i \mid b_i \text{ 为最大值}\} (i = 1, 2, \dots, 8)$ ^[7].

$$\begin{array}{cccc}
 \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix} \\
 \uparrow & \diagdown & \leftarrow & \diagup \\
 K_1 & & K_2 & & K_3 & & K_4 \\
 \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \\
 \downarrow & \diagdown & \leftarrow & \diagup \\
 K_5 & & K_6 & & K_7 & & K_8
 \end{array}$$

图4 边缘细化模板

当像素点 $P(x, y)$ 不满足下式(1) + (2) + (3) 或(4) + (5) + (6) 时, 就认为其不满足细化后的边缘条件, 需被抑制. 当像素点 $P(x, y)$ 满足下式(1) + (2) + (3) 或(4) + (5) + (6) 时, 就把它当作细化后的边缘. $S(x, y)$ 表示在边缘图像中像素点的灰度值.

$$\max(b_1(x, y), b_5(x, y)) \geq \max(b_3(x, y), b_7(x, y)) \quad (1)$$

$$S(x, y-1) \leq S(x, y) \quad (2)$$

$$S(x, y) \geq S(x, y+1) \quad (3)$$

$$\max(b_3(x, y), b_7(x, y)) \geq \max(b_1(x, y), b_5(x, y)) \quad (4)$$

$$S(x-1, y) \leq S(x, y) \quad (5)$$

$$S(x, y) \geq S(x+1, y) \quad (6)$$

3.4 边缘的连接

边缘检测算法的最大缺点是容易产生不连续的边界,因而需要进行边缘连接.通常的边缘连接算法有启发式搜索、曲线拟合、Hough 变换^[6]为了提高连接效率,只对长度大于 10 的边缘曲线段,根据其端点之间的距离和端点处的一阶导数信息,按参考文献^[5]中的连接算法进行连接,对长度小于 4 的边缘曲线段直接去掉^[8].

3.5 不同算法比较

如图 5 所示, (a)~(d) 分别表示 Lena 图像原图、文献^[7]得到的边缘图像、文献^[9]得到的边缘图像和文中算法得到图像.由对比可见,文中算法得出的边缘图像比其它传统的彩色图像边缘检测算法得到的边缘图像在如下两点存在不同:



图 5 不同算法结果比较

(1) 在材质相同而亮度变化较大的鼻梁处,其它算法不加区别笼统的将其认定为边缘,而文中算法由于检测到是同样的肤质,不认为是材质边缘.

(2) 在人脸右侧的头发区域,其它算法检测到边缘,而本算法检测到属于相同发质,忽略不记.

在帽子上甩出的毛线部分,由于质地不纯,所以本算法检测出大量边缘.图 5(d)表示,使用双重阈

值法(阈值分别为 $Hm_1 = 0.1, Sm_1 = 0.3, Im_1 = 10$ 和 $Hm_2 = 1, Sm_2 = 0.2, Im_2 = 40$) 时,利用本算法检测出的最终边缘.

3.6 算法适应性讨论

如图 6 所示,将本算法应用于不同图像(a)、(b)、(c),分别得到结果(a1)、(b1)、(c1).由结果可见,若按传统算法,青椒的高光区边界、房屋阴影边界、人物衣服褶皱处边界都会被检测出来.而应用本算法,并没有检测出这些边界,说明本算法有广泛的适应性.

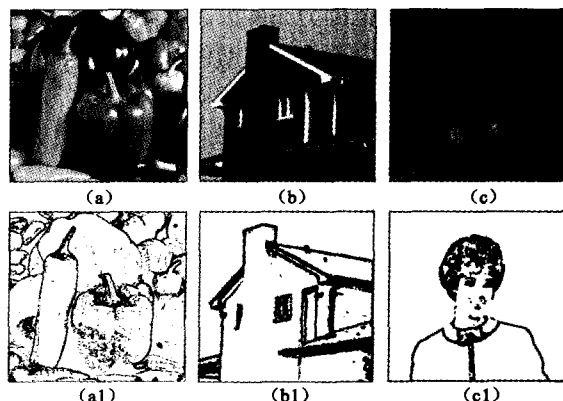


图 6 本算法在不同图片中的应用展示

4 结束语

文中提出了一种新的基于材质物理特征的边缘检测技术,可解决分割图像中不同材质物体的问题,该算法定位准确,计算速度快,若采用递归的方法,检测分割出的封闭区域内部的材质是否单一,否则调整阈值,重新检测、连接,如此循环,可自动产生连续的闭区域轮廓,为进一步材质的辨别奠定了基础.实验表明,该算法有一定的实践意义.

参考文献:

- [1] 黄剑玲,邹辉.基于高斯 Laplace 算子图像边缘检测的改进[J].微电子学与计算机,2007,24(9):155-157.
- [2] 付光远.一种基于 Sobel 分解算子的图像边缘检测并行算法[J].微电子学与计算机,2006,23(9):132-134.
- [3] Trahaniasp E, Venetsanopoulousa N. Vector order statistics operators as color edge detectors[J]. IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 1996,26(1): 135-142.
- [4] 姜兴乾,李星野,贾淑华.基于最大熵与小波变换的图像边缘检测算法[J].微电子学与计算机,2009,26(3):189-191.
- [5] 牛希泉,梁艳梅.自然场景下成熟苹果彩色图像分割方法的研究[J].光电子·激光,2007,18(12):1453-1456.

(下转第 159 页)

采用 Q 指标对各种融合算法的图像质量评价结果如表 1 所示. 其中 λ 取值为 0.5. 以 A 表示红外图像, B 表示微光图像, F 表示融合后图像. $Q(A, B, F)$ 为融合图像相对两幅源图像的总的评价指标. $Q(A, F)$ 和 $Q(B, F)$ 分别为融合图像相对红外图像和微光图像的评价指标. 可以看出, 除 PCA 算法外, 融合图像相对红外图像质量都得到改善, 即在亮度、对比度、信息量的综合评价上要优于单幅红外图像. 而融合图像相对微光图像的质量却都有所下降. 在综合后的评价指标上, 只有对比度、小波和拉普拉斯方法的结果大于 1. 该结果说明: 并不是所有的图像经过图像融合后都能得到质量改善, 在某些情况下, 某一幅源图像可能比融合图像的效果更好.

表 1 红外与微光图像融合质量评价结果

融合算法	$Q(A, B, F)$	$Q(A, F)$	$Q(B, F)$
加权平均	0.9477	1.1429	0.7525
PCA	0.9265	0.8763	0.9768
对比度金字塔	1.0441	1.1883	0.8999
小波变换	1.0036	1.1788	0.8285
梯度金字塔	0.9714	1.1612	0.7816
拉普拉斯金字塔	1.0301	1.1847	0.8756

4 结束语

图像融合质量评价是目前图像融合领域中的发展重点之一. 文中在分析了现有图像融合质量评价方法的基础上, 根据车载图像在对比度、亮度以及所能提供的信息量等方面的要求, 提出了以方差和均值反映图像的对比度、亮度, 以信息熵反映图像包含的信息量的方法, 构造了图像融合质量的评价标准. 该方法无需理想图像, 能够定量评价融合图像中保

留了源图像中多少显著信息, 如对比度、亮度及信息熵等. 为验证本方法的适用性, 文中以灰度均值法、拉普拉斯金字塔、对比度金字塔、离散小波变换等 6 种常用的融合算法为例对车载红外与微光图像进行了融合质量评价. 实验结果表明该方法得到的客观评价指标与主观评价的结果是一致的, 是一种实用的、有效的融合图像质量评价方法, 可以为低能见度下的车载视觉增强系统选择不同的图像融合算法提供依据.

参考文献:

[1] 夏明革,何友,唐小明,等.多传感器图像融合综述[J].电光与控制,2002,9(4):1-7.

[2] 刘贵喜,杨万海.基于小波分解的图像融合方法及性能评价[J].自动化学报,2002,28(6):927-934.

[3] 阳方林,郭红阳,杨风暴.像素级图像融合效果的评价方法研究[J].测试技术学报,2002,16(4):276-279.

[4] Wang Zhou, Bovik A C. A universal image quality index [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2002,9(3): 81-84.

[5] Wang Zhou, Bovik A C, Sheikh H R, et al. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004,13(4):600-612.

[6] Gemma Piella. New quality measures for image fusion [C]// The 7th International Conference on Information Fusion. Sweden, Stockholm,2004:542-546.

[7] 周景超,戴汝为,肖柏华.图像质量评价研究综述[J].计算机科学,2008,135(17):1-5.

作者简介:

邢素霞 女,(1975-),博士,讲师.研究方向为光电信号处理.

(上接第 156 页)

[6] 吕哲,王福利,常玉清.一种改进的 Canny 边缘检测算法 [J].东北大学学报:自然科学版,2007,28(12):1681-1684.

[7] 于焯,陆建华,郑君里.一种新的彩色图像边缘检测算法 [J].清华大学学报:自然科学版,2005,45(10):1339-1343.

[8] 李欣.一种基于边缘形状的连接方法[J].黑龙江八一农垦大学学报,2006,18(6):86-90.

[9] Dony R D, Wesolkowski S. Edge detection on color images

using RGB vector angles [C]//Proceeding of the 1999 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering Shaw Conference Center. Edmonton, Alberta, Canada, 1999(2):687-692.

作者简介:

宋振辉 男,(1962-),副教授.研究方向为图像处理.

赵理 男,(1974-),博士研究生,讲师.研究方向为图像处理、机器视觉.