

文章编号: 1001-4373(2010) 06-0096-03

HSI 空间基于形态学的彩色有噪图像边缘检测

高 丽¹, 令晓明²

(1. 兰州交通大学 电子与信息工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州交通大学 光电技术与智能控制教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 针对在 RGB 空间中很难有效区分颜色相似性问题, 选择更加符合颜色视觉特性的 HSI 颜色空间进行图像处理, 提出一种 HSI 空间基于数学形态学的彩色有噪图像边缘检测方法. 首先对 H 、 S 、 I 三个分量分别采用提出的新的形态学边缘检测算法检测边缘分量, 然后对三个边缘分量进行融合得到最终的彩色边缘信息. 实验结果表明, 该方法可以充分利用彩色图像的色度、饱和度和亮度信息, 有效地抑制噪声, 提取完整的边缘信息.

关键词: HSI 空间; 数学形态学; 高帽变换; 边缘检测

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

0 引言

边缘是指图像上局部强度变化最显著的部分, 它反映了图像中一个物体区别于其他物体最基本的特征, 是图像分割、模式识别、图像分析和理解的重要基础. 长期以来, 人们主要是致力于灰度图像的边缘检测研究, 但彩色图像能比灰度图像提供更多的信息. 研究表明, 彩色图像中大约 90% 的边缘与灰度图像中的边缘相同, 而有 10% 的边缘在灰度图像中是检测不到的^[1]. 因而, 彩色图像的处理受到越来越多的关注. 目前, 大部分彩色图像边缘检测方法都是在 RGB 空间实现的, 即先对 R 、 G 、 B 3 个分量分别使用灰度图像边缘检测方法, 然后用一定的逻辑算法将 3 个分量的边缘结合起来, 得到彩色图像的边缘. 但 RGB 颜色空间的主要缺点是不能直接从 RGB 数值中估计出颜色的色度、饱和度和亮度等感知属性. 为了克服 RGB 空间的不均匀和不直观性, 对彩色图像处理时可以采用更符合人类视觉特性的 HSI (Hue, Saturation, Intensity) 颜色空间^[2].

边缘检测的方法有很多, 经典的边缘检测方法大都是基于空域的, 如 Sobel 算子、Robert 算子和 Canny 算子等. 这些空域边缘检测, 对噪声比较敏感, 并且提取的边缘信息不够完整. 近年来人们又研究出了一些新的方法, 如小波变换法^[3]、神经网络法^[4], 这些方法可以有效地抑制噪声, 但计算量大,

实时性较差. 形态学作为一门新兴的图像处理技术, 以严格的数学理论和几何学为基础, 着重研究图像的几何关系和相互关系, 具有算法简单、可并行处理、速度快、易于硬件实现等特点.

本文提出一种新的数学形态学边缘检测算法. 在 HSI 空间分别对 H 、 S 、 I 分量运用该算法得到 3 个边缘分量, 然后将 3 个边缘分量进行融合处理得到最后的边缘. 该算法很好的利用了图像的色度和亮度信息, 与基于空域的和普通的形态学边缘检测算法相比, 极大地提高了抗噪能力, 改善了边缘检测性能.

1 HSI 空间

HSI 颜色空间是从人的视觉系统出发, 用色调 H 、饱和度 S 和亮度 I 来描述颜色. 色调是描述纯色的属性, 饱和度给出一种纯色被白光稀释的程度的度量, 亮度是一个主观描述子, 体现了无色的强度概念, 是描述彩色感觉的关键参数. HSI 颜色空间在彩色图像中从携带的彩色信息里消去强度分量的影响, 因而这种颜色空间对人来说是自然而直观的^[5]. 在图像处理和计算机视觉中, 大量算法都可在 HSI 颜色空间中方便使用, 它们可以分开处理而且是相互独立的. 因此, 在 HSI 颜色空间可以大大简化颜色分析和处理的工作量.

RGB 空间到 HSI 空间的转换为

* 收稿日期: 2010-03-05

基金项目: 国家“863”高科技研究发展计划资助项目(2007AA11Z211)

作者简介: 高 丽(1974), 女, 陕西宝鸡人, 讲师, 硕士.

$$H = \begin{cases} 0 & B \leq G; \\ 360 - 0 & B > G. \end{cases}$$

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - G)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)}[\min(R, G, B)]$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

HSI 颜色空间有两个特点^[6]:其一, I 分量与图像的彩色信息无关;其二, H 和 S 分量与人感受颜色的方式是紧密相连的. 这使得 HSI 颜色空间非常适合基于人的颜色感知特性来进行处理和分析图像.

2 数学形态学

数学形态学是一种基于集合论的非线性图像处理, 是用一定形状的结构元素探测图像的几何结构, 获得原始图像的尺寸、形状、连通性、凹凸性、平滑性以及方向性等信息, 从而达到对图像分析和识别的目的^[7].

设 $f(x, y)$ 代表输入图像, $B(i, j)$ 代表结构元素, D_f 和 D_b 分别是输入图像和结构元素的定义域. 则膨胀、腐蚀、开启和闭合的定义如下:

定义 1 灰度膨胀运算. 记为 $f \dot{\vee} B$, 其定义为

$$(f \dot{\vee} B)(x, y) = \max\{f(x - i, y - j) + B(i, j) \mid (x - i, y - j) \in D_f, (i, j) \in D_b\} \quad (1)$$

定义 2 灰度腐蚀运算. 记为 $f \odot B$, 其定义为

$$(f \odot B)(x, y) = \min\{f(x + i, y + j) - B(i, j) \mid (x + i, y + j) \in D_f, (i, j) \in D_b\} \quad (2)$$

定义 3 开启和闭合运算. 分别记为 $f \circ B$ 和 $f \bullet B$, 定义为

$$f \circ B = (f \odot B) \dot{\vee} B \quad (3)$$

$$f \bullet B = (f \dot{\vee} B) \odot B$$

膨胀运算可用于图像暗细节的消除和亮区域边缘的增强; 腐蚀运算可用于图像亮细节的消除和减弱亮区域边缘^[8]; 开启运算可以把比结构元素小的突刺滤掉, 切断细长搭接而起到分离作用; 闭合运算可以把比结构元素小的缺口或孔填上, 搭接短的间断而起到连通作用^[9].

3 彩色有噪图像边缘检测

通过组合上面介绍的几种灰度形态学基本运算, 可得到一系列灰度数学形态学实用算法.

3.1 形态学边缘检测

形态学梯度是增强结构元素所决定邻域中像素

强度的运算, 膨胀 / 腐蚀输出结构元素定义的邻域中每一像素的极大值 / 极小值, 因此可以通过组合这些基本运算来增强变化. 目前有如下 3 种常用的组合:

根据数学形态学的膨胀运算构造图像的边缘检测算子

$$E_d = (f \dot{\vee} B) - f \quad (5)$$

同理, 根据数学形态学的腐蚀运算构造图像的边缘检测算子

$$E_c = f - (f \odot B) \quad (6)$$

膨胀腐蚀型边缘检测算子(又称为形态学梯度)为

$$E_g = (f \dot{\vee} B) - (f \odot B) \quad (7)$$

形态学梯度能加强图像中比较尖锐的灰度过渡区, 用对称的结构元素得到的形态学梯度受边缘方向的影响较小.

3.2 高帽变换

$$\text{开高帽: } TH_o = f - (f \circ B) \quad (8)$$

$$\text{闭高帽: } TH_c = (f \bullet B) - f \quad (9)$$

这个变换名称的来源是由于它使用上部平坦的柱体或平行六面体作为结构元素, 因而该变换对增强图像中阴影(暗区)的细节很有用^[5].

形态学边缘检测能很好地检测边缘, 但滤除噪声的效果较差; 与此相反, 高帽变换滤除噪声的效果很好, 但因为它们利用的是腐蚀和膨胀的互补性, 处理结果与图像边缘的凹凸性相关, 相应的, 检测到的边缘仅仅是图像的凹凸特征, 而不是图像边缘所有的特征^[10].

3.3 本文提出的算法

针对形态学边缘检测和高帽变换存在的问题, 本文提出一种新的数学形态学边缘检测算法, 算法可描述如下:

1) 将图像从 RGB 颜色空间转换到 HSI 颜色空间, 并将彩色图像分解为 H 、 S 、 I 3 个分量.

2) 对 H 分量首先进行开启 - 闭合的预处理以滤除噪声; 然后先是闭合再是膨胀以平滑图像; 最后, 对上述结果进行基于膨胀的形态学边缘检测处理如下:

$$(M \bullet B) \dot{\vee} B - M \bullet B \quad (10)$$

得到 H 分量的边缘检测信息.

其中: $M = (f \bullet B) \circ B$

3) 对 S 和 I 分量重复步骤 2) 分别得到 S 和 I 分量的边缘检测信息.

4) 将 3 个分量的边缘检测信息进行融合得到

最终的边缘检测结果.

4 实验结果与分析

在 Matlab R2007a 的环境下,采用上面提出的方法进行彩色有噪图像边缘检测的实验.实验一是对含有 5% 椒盐噪声的图像分别采用传统经典的 Canny 和 Sobel 边缘检测算子以及本文提出的算法进行边缘检测,结果如图 1 所示.从图 1 中可以看出, Canny 算子容易过检测,将一些噪声也作为边缘的一部分,不能清晰地反映图像的边缘信息.而 Sobel 算子能较清晰地反映图像的边缘信息,但容易漏检,边缘不完整.本文提出的边缘检测算法检测的边缘连续平滑,轮廓清晰,抗噪性能最好.

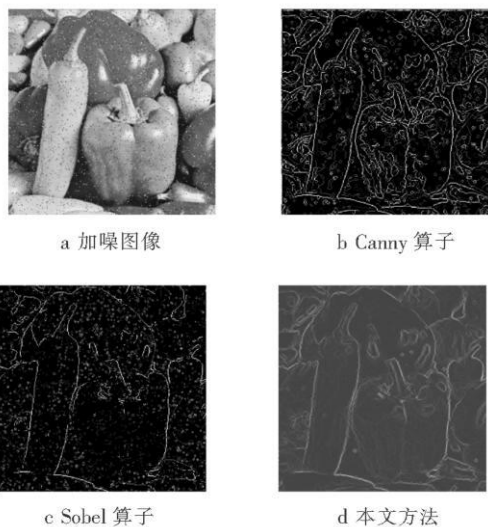


图 1 加噪图像边缘检测

Fig. 1 Edge detection of image with noise

实验二是对含有 10% 椒盐噪声的图像采用本文提出的算法进行边缘检测,结果如图 2 所示.从图 2 中可以看出,对受噪声影响较严重的图像使用本文提出的算法时也能有效地抑制噪声,检测到的清晰、完整的边缘.

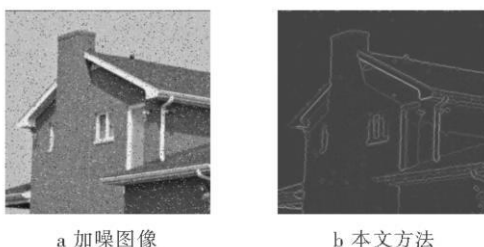


图 2 加噪图像边缘检测

Fig. 2 Edge detection of image with noise

从实验结果看,本文提出的算法明显优于传统的边缘检测算法,为了进一步说明该方法的优越性,本文用均方根误差 $RMSE$ 来衡量边缘提取的精度. $RMSE$ 表明了处理后的图像对原图像信息的保留程度, $RMSE$ 越小,说明保留的原始图像的信息越多.图 1b 的 $RMSE = 5.017$,图 1c 的 $RMSE = 5.465$,而图 1d 的 $RMSE = 5.612$.另外,形态学运算简单,可并行处理,能提高运算速度,为图像边缘检测提供了新途径.

5 结束语

本文选择符合人眼感知特性的 HSI 颜色空间来进行图像处理,充分利用了彩色图像的色度、饱和度和亮度信息,与基于空域的和普通的形态学边缘检测算法相比,能更加有效地抑制多种噪声,提取完整的边缘信息,且算法具有较好的通用性.

参考文献:

- [1] Novak C L, Shafer S A. Color edge detection[C] // Proc of DARPA Image Understanding Workshop, 1987: 35-37.
- [2] 高丽, 令晓明. 基于 HSI 空间的模糊 C 均值彩色图像分割方法[J]. 兰州交通大学学报, 2009, 28(4): 94-96.
- [3] Mallat S, Hwang W L. Similarity detection and processing with wavelets[J]. IEEE Trans on Information Theory(0018-9448), 1992, 38(2): 617-643.
- [4] 胡守仁. 神经网络应用技术[M]. 北京: 国防科技出版社, 1993.
- [5] Gonzalez R C, Woods R E. Digital image processing [M]. Second Edition. New York: Prentice Hall, 2003.
- [6] 章毓晋. 图像处理与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [7] 崔屹. 图像处理与分析——数学形态学方法与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [8] 徐国保, 王骥, 赵桂艳. 基于数学形态学的自适应边缘检测新算法[J]. 计算机应用, 2009, 29(4): 997-1002.
- [9] 王苑楠. 图像边缘检测方法的比较和研究[J]. 计算机与数字工程, 2009, 37(1): 121-123.
- [10] Zhao Yuqian, Gui Weihua. Medical images edge detection based on mathematical morphology[C] // Proceedings of the 2005 Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, 2005: 6492-6495.

(下转第 105 页)

Software Model of Data Acquisition Based on Event-Driven System

CHAI Huo, YAN Jun

(Mechatronic Technology Institute, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Though putting the event-driven idea into the soft development, a data acquisition model is completed, which not only divides the logic process from the data acquisition but also reduces the coupling. Furthermore, the model resolves the high coupling problem which is caused by different communication interface, protocol and standard between the data acquisition and logic process, at the same time the model increase the efficiency and lowers the maintenance cost. Finally, through the entrusted mechanism in C# , the model is applied to the system of some airport freight terminals and helps them collecting data successfully.

Key words: event system; event-driven; data acquisition; software model; delegate

(上接第 98 页)

Color Noise Image Edge Detection Based on Morphology in HSI Space

GAO Li¹, LING Xiao-ming²

(1. School of Electronic and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; 2. Key Laboratory of Opto-electronic Technology and Intelligent Control, Ministry of Education, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: It is difficult to effectively distinguish the similarity between colors in RGB color space, so color image processing is implemented in HSI space which reflects the features of human vision. A new method of color noise image edge detection which is based on mathematical morphology in HSI space is proposed. Firstly, the proposed morphological edge detection is respectively executed to hue, saturation and intensity to get component's edge information. Then the color edge information is obtained combining component's edge information. The experimental results show that the proposed algorithm can adequately make use of the hue, saturation and intensity information, effectively eliminate the noise and extract the complete edge information.

Key words: HSI space; mathematical morphology; top-hat transformation; edge detection