

基于 HSI 空间颜色三角形的边缘检测方法

赵昭, 王菁, 李宪玲

(曲阜师范大学 计算机科学学院, 山东 日照 276826)

摘要:利用像素点的颜色坐标 H 、 S 、 I 构建像素的颜色三角形, 计算该三角形的面积和边长。根据面积以及边长的差值确定该像素点是否为彩色图像的边缘点。这种边缘检测方法在一定程度上合理地考虑了各颜色分量的相关性, 将向量空间的计算以自然的方式转换成了标量的计算, 在思想上是一种不同于其他算法的新算法。实验证明, 与传统的方法相比较, 该方法能快速有效地检测出图像的边缘。

关键词:彩色图像; 边缘检测; 颜色三角形; 颜色相关

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

Edge detection based on the measure of color triangle in HSI

ZHAO Zhao, WANG Jing, LI Xian Ling

(School of Computer Science, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China)

Abstract: Construct the color triangle of a pixel using its color coordinates, and consequently calculate the area and the side length of the color triangle. It can determine whether a pixel is the edge point of a color image by computing the difference of area or side length among these color triangles. The idea of this new edge point detecting method is different from other methods, because it takes the correlation of every color component into account reasonably, and converts the computation of a vector space to scalar quantity in a natural way. The experiment result proves that this method can detect color edges fast and effectively and be superior to the traditional ones.

Key words: color image; edge detection; color triangle; correlation in color

图像的边缘是指图像局部区域亮度显著变化的部分, 该区域的灰度剖面一般可以看作是一个阶跃, 即从一个灰度值在很小的缓冲区域内急剧变化到另一个相差较大的灰度值。边缘不仅能传递图像的大部分信息还能勾勒出物体的基本轮廓, 图像的理解和分析的第一步就是边缘检测。目前边缘检测已经成为机器视觉研究领域最活跃的课题之一, 在工程应用中占有十分重要的地位。边缘检测是图像处理中的一个重要组成部分, 是所有基于边界分割方法的首期工作, 为图像的识别、恢复、增强以及重建提供了手段。

灰度图像的边缘检测方法很多, 但在现实生活中的大部分图像是彩色图像, 与灰度图像比较, 彩色图像^[1]能提供更多、更丰富的信息, 例如颜色信息等。而传统的边缘检测大多是基于灰度的, 这对于彩色图像来说, 它的彩色信息就没有被充分利用, 而且图像的灰度差别很小时往往检测不到边缘, 有时还会虚报图像的边缘, 这为以后进一步的图像处理工作带来不便。

彩色图像边缘检测算法都是基于一定的颜色空间的,

比较常用的有 RGB、HSI、YUV 等。目前的彩色边缘检测算法主要在 RGB 彩色空间中实现^[2], 这些算法将灰度图像边缘检测分别应用于 R 、 G 、 B 三个颜色分量, 再通过某种方法将所得结果结合起来, 例如 Sobel 算子、Laplacian 算子、Mexican 草帽算子。由于人的视觉对亮度的敏感程度远强于对颜色浓淡的敏感程度, 为了便于色彩处理和识别, 人的视觉系统经常采用 HSI 色彩空间。HSI 色彩空间是从人的视觉系统出发, 用色调 (Hue)、色饱和度 (Saturation 或 Chroma) 和亮度 (Intensity 或 Brightness) 来描述色彩, 它比 RGB 色彩空间更符合人的视觉特性。在图像处理和计算机视觉中大量算法都可在 HSI 色彩空间中方便地使用, 它们可以分开处理而且是相互独立的。因此, 在 HSI 色彩空间可以大大简化图像分析和处理的工作量。本文根据 HSI 色彩空间的特点, 利用 H 、 S 、 I 三个分量重新构造一个三角形, 并且基于三角形面积进行彩色图像边缘检测, 算法简单。实验表明, 该方法能够获得更多的边缘信息。

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

1 基于颜色三角形的边缘检测方法

1.1 HSI 空间

1.1.1 HSI 彩色空间的特点

HSI 彩色空间^[3]是基于人的心理感知角度建立的,人视觉上感知边缘位置的依据是亮度值和彩色等信息,HSI 色彩空间是从人的视觉系统出发,用色调、色饱和度和亮度来描述色彩。HSI 色彩空间可以用一个圆锥空间模型来描述,如图 1 所示,用这种方法描述 HIS 色彩空间的圆锥模型相当复杂,但能把色调、亮度和色饱和度的变化情形表现得很清楚。通常把色调和饱和度通称为色度,用来表示颜色的类别与深浅程度。

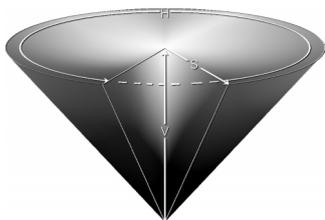


图 1 HIS 颜色模型

色相 (Hue): 指物体传导或反射的波长。更常见的是以颜色如红色、橘色或绿色来辨识,取 0~360 的数值来衡量。

饱和度 (Saturation): 又称色度,是指色彩的强度或纯度。饱和度代表灰色与色调的比例,并以 0 (灰色)~100% (完全饱和) 来衡量。

亮度 (Intensity): 是指颜色的相对明暗度,通常以 0 (黑色)~100% (白色) 的百分比来衡量。

HSI 彩色空间属于极坐标的空间结构,该空间有 2 个重要的特点:首先,亮度分量和色度分量是分开的, I 分量与图像的彩色信息无关;其次, H 及 S 分量与人感受彩色的方式紧密相关。这些特点使得 HSI 彩色空间非常适合基于人的颜色感知特性进行处理和分析的图像处理算法。其中, H 分量对彩色描述的能力最接近于人的视觉感知,区分力比较强。

任何一种颜色的值都对应着一个 H、S、I 的值,调整三色系数 H、S、I 中的任一系数都会改变颜色的值即改变颜色。

1.1.2 从 RGB 到 HSI 的彩色转换

目前的图像采集设备都是基于 RGB 彩色空间的,所以要进行颜色格式的转换。RGB 彩色空间到 HSI 彩色空间的转换公式如下。

色相分量:

$$H = \begin{cases} \theta, & \text{若 } B \leq G \\ 360 - \theta, & \text{若 } B > G \end{cases}$$

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

饱和度分量:

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

亮度分量:

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

1.2 基于颜色三角形的边缘检测的原理

对于人的视觉来说,边缘形成于颜色的突变处,而颜色变化这一概念非常抽象,很难量化。本文将颜色的变化转换为三角形的面积和形状变化,不仅使抽象的问题变得可量化,也使问题转入我们更熟悉、发展更完善的领域。

在本文中利用 H、S、I 系数的值建立新的三角形, S 和 I 为三角形的 2 条边, H 为 2 边的夹角,构成的三角形如图 2 所示。任意改变 H、S、I 的值即改变颜色,同时也改变对应三角形的面积和形状。

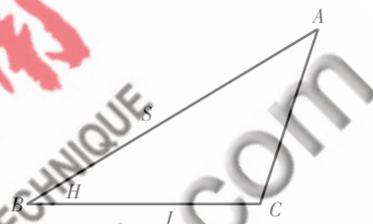


图 2 颜色三角形

图 2 中, $\triangle ABC$ 的面积可由正弦公式表示为: $l = \frac{1}{2} SI \sin H$ (为了避免分量 S 与面积 S 的混淆,这里用 l 表示面积)。由于在实际图像中可能存在 H、S、I 分量中至少一个为零的情况,在进行边缘检测处理时每个分量加 1,这不影响最后的边缘检测结果。由此,每个像素都能根据其 H、S、I 分量构造出三角形。而判断某像素点是否为边缘点可根据图像中该像素所构成彩色三角形的面积和边长的差值来进行,这样就将原来某一点的彩色信息由向量度量转化成了标量度量。

2 基于颜色三角形的彩色图像边缘检测算法

Prewitt 是一种一阶微分边缘检测算子,利用像素上下、左右临点的灰度差,在边缘处达到极值,去掉伪边缘,对噪声具有平滑作用^[4]。Prewitt 是利用 2 个方向模板与邻域进行卷积完成边缘检测的,这 2 个方向模板中一个检测水平方向,一个检测垂直方向^[5],如图 3 所示。

-1	0	1	1	1	1
-1	0	1	0	0	0
-1	0	1	-1	-1	-1

图 3 检测水平方向和垂直方向的模板

在本文中,为了增加算法的精确性,增加了 2 个模板,用于检测 45°和 135°方向,如图 4 所示。

图像中每个点都用这 4 个模板进行卷积,对于数字图像 $f(x, y)$,用 Prewitt 算子求梯度表达式为 (以面积变化为例):

$$l_i = l(x-1, y+1) + l(x, y+1) + l(x+1, y+1)$$

图形、图像与多媒体

-1	-1	0	0	-1	-1
-1	0	1	1	0	-1
0	1	1	1	1	0

图4 检测 45°方向和 135°方向的模板

$$-l_1 = l(x-1, y-1) - l(x, y-1) - l(x+1, y-1)$$

$$l_2 = l(x-1, y-1) + l(x-1, y) + l(x-1, y+1)$$

$$-l_3 = l(x+1, y-1) - l(x+1, y) - l(x+1, y+1)$$

$$l_4 = l(x, y+1) + l(x+1, y) + l(x+1, y+1)$$

$$-l_5 = l(x, y-1) - l(x-1, y) - l(x-1, y-1)$$

$$l_6 = l(x, y-1) + l(x+1, y-1) + l(x+1, y)$$

$$-l_7 = l(x-1, y) - l(x-1, y) - l(x, y+1)$$

$$g_1 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \quad g_2 = \sqrt{l_3^2 + l_4^2}$$

若 g_1 、 g_2 其中之一大于阈值, 则认为 $f(x, y)$ 为边缘, 阈值为平均值的 k 倍。

Prewitt 算子对于 2 个边长的定义:

$$i_1 = I(x-1, y+1) + I(x, y+1) + I(x+1, y+1)$$

$$-I(x-1, y-1) - I(x, y-1) - I(x+1, y-1)$$

$$i_2 = I(x-1, y-1) + I(x-1, y) + I(x-1, y+1)$$

$$-I(x+1, y-1) - I(x+1, y) - I(x+1, y+1)$$

$$i_3 = I(x, y+1) + I(x+1, y) + I(x+1, y+1)$$

$$-I(x, y-1) - I(x-1, y) - I(x-1, y-1)$$

$$i_4 = I(x, y-1) + I(x+1, y-1) + I(x+1, y)$$

$$-I(x-1, y) - I(x-1, y) - I(x, y+1)$$

$$s_1 = S(x-1, y+1) + S(x, y+1) + S(x+1, y+1)$$

$$-S(x-1, y-1) - S(x, y-1) - S(x+1, y-1)$$

$$s_2 = S(x-1, y-1) + S(x-1, y) + S(x-1, y+1)$$

$$-S(x+1, y-1) - S(x+1, y) - S(x+1, y+1)$$

$$s_3 = S(x, y+1) + S(x+1, y) + S(x+1, y+1)$$

$$-S(x, y-1) - S(x-1, y) - S(x-1, y-1)$$

$$s_4 = S(x, y-1) + S(x+1, y-1) + S(x+1, y)$$

$$-S(x-1, y) - S(x-1, y) - S(x, y+1)$$

$$g_3 = \sqrt{i_1^2 + i_2^2} \quad g_4 = \sqrt{i_3^2 + i_4^2} \quad g_5 = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} \quad g_6 = \sqrt{s_3^2 + s_4^2}$$

若 g_1 、 g_2 、 g_3 、 g_4 其中之一大于阈值, 则认为 $f(x, y)$ 为边缘, 阈值为平均值的 k 倍。

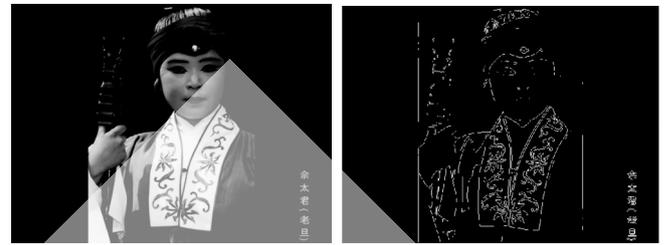
算法的具体流程为:

- (1) 将 RGB 空间的图像转化到 HSI 空间表示;
- (2) 在 HSI 空间中对每一个像素点, 构造其对应的三角形, 并计算其面积;
- (3) 对每一个像素点, 利用 Prewit 算子在 4 个方向模板与邻域进行卷积计算面积和 2 个边长的差值;
- (4) 面积与邻域像素对应的三角形面积比相差较大, 像素的值置为 1, 否则转到步骤(4);
- (5) 面积相差不大但对 2 条边的差相差较大, 像素的值置为 1, 否则转到步骤(5);
- (6) 面积和 2 条边差值都比较接近, 面积和 2 条边差在阈值范围内, 像素的值置为 1, 否则置为 0, 得边缘检测

图像。

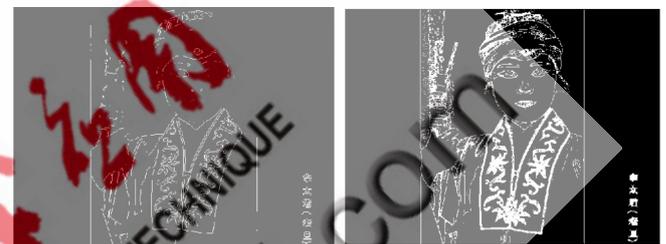
3 实验结果

选择一幅图像作为实验对象, 分别采用 Prewitt 方法、Sdael 方法和本文的方法进行边缘检测, 实验结果如图 5 所示。



(a) 原图

(b) Prewitt 方法



(c) Sobel 方法

(d) 本文方法

图5 实验结果

从图中可以看出, 本文的方法较为准确地检测出图像的边缘, 并且边缘细节清楚, 边界真实, 连续性好。

在常用的彩色空间中, 由于图像颜色的各个分量之间的相关性, 彩色图像的检测结果相对于彩色图像转换为灰度图像的检测结果没有得到太大的改善。彩色图像通常是以 RGB 的方式存储与表达, 由于人的视觉对亮度的敏感程度远强于对颜色浓淡的敏感程度, 为了便于色彩处理和识别, 人的视觉系统经常采用 HSI 色彩空间, 它比 RGB 色彩空间更符合人的视觉特性。但传统的基于 HSI 空间的方法中都没有找到 H 、 S 、 I 三者间合适的比例关系来区分颜色间的差别。本文利用 H 、 S 、 I 系数的值建立新的三角形, S 和 I 为三角形的 2 条边, H 为两边的夹角, 任意改变 H 、 S 、 I 的值即改变颜色, 同时也改变对应三角形的面积和边长, 这就使得抽象的问题变得可量化, 在一定程度上合理地考虑了颜色的相关性, 将向量空间的计算以自然的方式转换成了标量的计算, 在思想上是一种不同于其他算法的新的算法, 在理论上具有一定的借鉴意义, 同时也具有一定的实用性。

参考文献

- [1] KOSCHAN A. Comparative study on color edge detection. Proceedings of Second Asian Conference on Computer Vision AC-CV 95, Singapore, 1995, III: 574-578.
- [2] ZENZO S D. A note on the gradient of a multi-image[J]. Computer Vision, Graphics, And Image Processing, 1986, 33(1): 116-125.

(下转第 55 页)