

# 基于 $L^*a^*b^*$ 空间颜色信息度量的边缘检测

王 菁, 赵 昭, 朱晓媛

(曲阜师范大学 计算机科学学院, 山东 日照 276826)

**摘 要:** 对  $L^*a^*b^*$  空间进行分析, 提出了一种基于颜色信息度量的边缘检测算法。通过在  $L^*a^*b^*$  空间中构造立方体, 根据体积变化定义各像素点的颜色信息度量, 作为确定各像素点是否为彩色图像的边缘点的判据。该方法综合利用了彩色图像的明度和色度信息, 将向量空间的计算以自然的方式转换成了标量的计算。实验证明, 与传统的方法相比较, 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; 颜色信息度量;  $L^*a^*b^*$  空间

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

## Edge detection based on $L^*a^*b^*$ space color information measure

WANG Jing, ZHAO Zhao, ZHU Xiao Yuan

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

**Abstract:** A new approach of edge detection based on the measure of color information is proposed with the analysis of  $L^*a^*b^*$  color space. Structure cubes in  $L^*a^*b^*$  space, define color information measure for a pixel according to the change of volume to determine whether a pixel is an edge point. This method used the information of luminance and chrominance of color image synthetically, which translates the computing from vectors to scalars in a natural way. The experiment result proves that this method can detect color edges fast and efficiency and be superior to the traditional ones.

**Key words:** color image; edge detection; the measure of color information;  $L^*a^*b^*$  space

边缘是图像中最基本的特征之一, 它不仅能够表达图像的主要信息, 而且能够勾勒出图像的基本轮廓, 在图像分割、模式识别、计算机视觉等应用中起到很重要的作用。有效地检测出图像的边缘对于整个图像场景的识别和理解是非常重要的。

近年来, 对于边缘检测的研究已经有了大量的文献报道, 然而大部分研究都是基于灰度图像的。实际上, 彩色图像比灰度图像具有更丰富的图像信息, 并且彩色信息在图像处理和计算机视觉中得到越来越广泛的应用。目前的彩色图像边缘检测通常是将彩色图像直接转换为灰度图像, 利用灰度图像的传统检测方法进行检测。传统的基于灰度图像的边缘检测算子有 Roberts 算子、Sobel 算子<sup>[1]</sup>、Prewitt 算子和 Canny 算子等。研究表明, 彩色图像中 90% 的边缘可以在相应的灰度图像中检测出来, 然而还有 10% 的边缘丢失<sup>[2]</sup>, 并且这种方法会将彩色的不连续性转换为灰度不连续性, 丢失大量信息, 影响检测效果。所以彩色图像边缘检测至今仍是一个较难

的问题, 越来越受到人们的关注。

传统的基于  $L^*a^*b^*$  空间的边缘检测算法是根据色差, 即空间中 2 个颜色点  $(p, q)$  之间的欧几里德距离来表示的。本文通过分析  $L^*a^*b^*$  空间的特点, 根据空间中各颜色点的明度和色度信息构建立方体, 分析各像素点的颜色信息度量来判断边缘。该方法不仅算法简单, 而且检测到的边缘更加清晰, 同时也符合人类视觉的特性。

### 1 颜色空间的选取与转换

#### 1.1 颜色空间的选取

彩色图像边缘检测算法都是基于一定的颜色空间的。彩色图像通常以 RGB 的方式存储与表达, 但是作为基础颜色空间的 RGB 空间, 主要缺点就是不直观, 从 R、G、B 值中很难知道该值所表示的颜色的认知属性; 其次是 RGB 颜色空间是最不均匀的颜色空间之一, 与人眼感知差异很大。所以人们提出进行空间的转换, 进而实现彩色图像边缘检测。目前比较常用的有 HSV、

YIQ、YUV、CIE L\*a\*b\* 空间等。

本文所采用的颜色空间是 CIE L\*a\*b\* 空间, L\*a\*b\* 颜色空间是由国际照明委员会(CIE)制定的一种色彩模式,它是一种均匀的颜色空间,能够比较准确地求出符合人眼视觉的差别<sup>[3]</sup>。自然界中任何一点颜色都可以在 L\*a\*b\* 空间中表达出来,它的色彩空间比 RGB 空间要大。L\*a\*b\* 颜色空间取坐标  $L$ 、 $a$ 、 $b$ ,其中  $L$  代表明度; $a$  的正端代表红色,负端代表绿色; $b$  的正端代表黄色,负端代表蓝色。如图 1 所示。

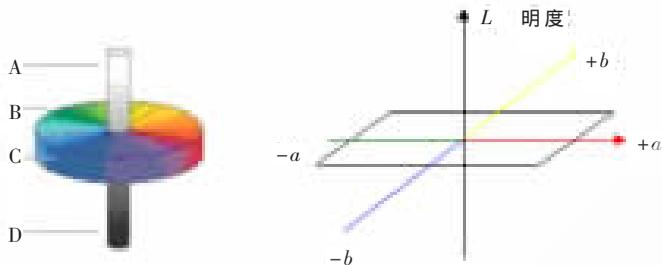


图 1 L\*a\*b\* 彩色空间

### 1.2 颜色空间的转换

从 RGB 颜色空间到 L\*a\*b\* 颜色空间的转换是非线性的,首先要将 RGB 空间转换到 XYZ 空间,然后再从 XYZ 空间转换到 L\*a\*b\* 空间。CIE 推荐的 CIE-XYZ 系统,有 3 个基本量,用 X、Y、Z 表示,通过它们表示任何 1 种颜色,X、Y、Z 的值能够通过 R、G、B 线性表示出来,其转换矩阵为<sup>[4]</sup>:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.431 & 0.342 & 0.178 \\ 0.222 & 0.707 & 0.071 \\ 0.020 & 0.130 & 0.939 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

CIE L\*a\*b\* 与 XYZ 空间的转换<sup>[5]</sup>,

$$\text{明度: } L^* = 116 \left( \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right) - 16 \quad (2)$$

$$\text{色度: } a^* = 500 \left( \sqrt[3]{\frac{X}{X_0}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right) \quad (3)$$

$$b^* = 200 \left( \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_0}} \right) \quad (4)$$

式中,  $\frac{X}{X_0} = \frac{Y}{Y_0} = \frac{Z}{Z_0} > 0.008 9$ , X、Y、Z 为物体的三刺激值; $X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$  为 CIE 标准照明体的三刺激值。采用  $D_{65}$  标准照明体:  $X_0=95.04$ ,  $Y_0=100$ ,  $Z_0=108.89$ 。

### 2 基于 L\*a\*b\* 空间颜色信息度量的边缘检测方法

对于人的视觉,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。本文根据 L\*a\*b\* 空间的结构特点,把空间中的每个点都根据其  $L$ 、 $a$ 、 $b$  3 个分量的值构成 1 个立方体,这个立方体的长、宽、高就是每个点对应的明度信息  $L$ , 色度信息  $a$ 、 $b$  3 个分量的值,如图 2 所示。

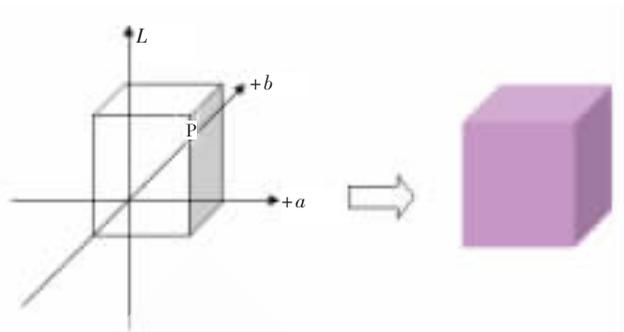


图 2 L\*a\*b\* 空间立方体的构造

例如:  $P$  是 L\*a\*b\* 空间中的 1 点,其在空间中对应颜色如图 2 中所示,如此将颜色的变化转化到了体积的变化上。定义 L\*a\*b\* 空间某 1 点的颜色信息度量  $v = lab$ 。其中  $l$ 、 $a$ 、 $b$  为该点在 L\*a\*b\* 空间中的坐标,根据图像中该像素的颜色信息的度量体来判断某像素点是否边缘点,这样就将原来某 1 点的颜色信息由向量度量转化成了标量度量。

Sobel 算子是经典的边缘检测算子,它的计算量小,速度快,并且所得到的边缘光滑、连续,在很多领域都得到了广泛的应用。Sobel 算子是 1 个  $3 \times 3$  模板,它利用周围 8 个点的像素值来确定这个像素的梯度,它的 2 个模板如图 3 所示,用于检测水平方向和垂直方向。

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(a)垂直方向 (b)水平方向  
图 3 Sobel 算子垂直和水平方向上的模板

为了增强图像的精确度,本文中增加了 2 个模板,用于检测  $45^\circ$  和  $135^\circ$  方向。如图 4 所示。

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

0	-1	-2
1	0	-1
2	1	0

(a) $45^\circ$  方向 (b) $135^\circ$  方向  
图 4  $45^\circ$  和  $135^\circ$  方向上的模板

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 Sobel 算子求梯度表达式为:

$$v1(i, j) = v(i+1, j+1) + 2v(i+1, j) + v(i+1, j-1) - v(i-1, j-1) - 2v(i-1, j) - v(i-1, j+1) \quad (5)$$

$$v2(i, j) = v(i-1, j+1) + 2v(i, j+1) + v(i+1, j+1) - v(i-1, j-1) - 2v(i, j-1) - v(i+1, j-1) \quad (6)$$

$$v3(i, j) = v(i+1, j) + 2v(i+1, j+1) + v(i, j+1) - v(i-1, j) - 2v(i-1, j-1) - v(i, j-1) \quad (7)$$

$$v4(i, j) = v(i-1, j) + 2v(i-1, j+1) + v(i, j+1) - v(i+1, j) - 2v(i+1, j-1) - v(i, j-1) \quad (8)$$

式中,  $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$ 、 $v_4$  分别为水平方向、垂直方向、 $45^\circ$ 方向和  $135^\circ$ 方向的体积。

算法:

(1)对每 1 个像素点,通过空间转换公式计算出其对应的  $L$ 、 $a$ 、 $b$  的值,并计算颜色信息度量  $v=lab$ 。

(2)对每 1 个像素点,利用 Sobel 边缘检测算子模板进行卷积(如上述公式)。

(3)对每 1 个像素点,分别计算  $V=\sqrt{v_1^2+v_2^2}$ ,  $V'=\sqrt{v_3^2+v_4^2}$ 。

(4)对于具有大门限值的  $V$  或  $V'$  的像素置 1,否则置 0,得到边缘检测图像。

由于采用上述方法取得的边缘较粗,需要对得出的边缘进行细化。本文采用 Sobel 算子细化方法对边缘进行细化<sup>[6]</sup>,这种方法能够在保持原有信息的基础上,得到令人满意的细化结果。

### 3 实验结果与分析

利用本文的边缘检测算法与传统的 Sobel 算子对彩色图像边缘检测进行比较,结果如图 5 所示。分析实验结果,与传统算法相比较,文中提出的彩色图像边缘检测算法能较好并更多地保留原有图像的轮廓特征,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没有得到太大的改善。本文通过在  $L^*a^*b^*$  空间中构造立方体,提出了基于颜色信息度量的边缘检测方法。此方法可以综合利用彩色图像的明度和色度信息,将彩色信息由向量度量转化为标量度量,有效地检测出图像的彩色边缘。在思想上是一种新的方法。与传统的边缘检测算子相比,此方法能够更完整地保留原彩色图像的轮廓,有更好的实用性。

参考文献



(a)原图

(b)本文方法

(c)Sobel 方法

图 5 实验结果

- [1] ROBINSON G S. Edge detection by compass gradient masks[J]. Computer Graphics and Image Processing, 1977, 6(5):492-501.
- [2] KOSCHAN A. A comparative study on color edge detection [A]. Proceedings 2nd Asian Conference on Computer Vision ACCV'95[C]. Singapore, 5-8 December 1995:574-578.
- [3] LEDLEY R S, BUAS M, COLAB T J. Fundamentals of true-color image processing [C]. Proc. 10th IEEE Conf on Pattern Recognition, Los Alamos, CA, USA, 1990:791-795.
- [4] 陈纯. 计算机图像处理技术与算法[M]. 北京:清华大学出版社, 2003.
- [5] 胡成发. 印刷色彩与色度学[M]. 北京:印刷工业出版社, 1993.
- [6] 陆宗骥, 梁诚. 用 Sobel 算子细化边缘[J]. 中国图像图形学报, 2000, 05A(6):516-520.

(收稿日期: 2009-07-13)