

基于 S-CIELAB 空间的彩色图像分割

李光, 王朝英, 侯志强

(空军工程大学电讯工程学院, 西安 710077)

摘要: 提出一种基于 S-CIELAB 颜色空间的彩色图像分割算法。在人类视觉彩色传递模型的基础上, 将原始的 RGB 图像转换到 S-CIELAB 空间, 运用均值漂移算法对图像进行分割。实验结果表明, 该算法能模拟人类视觉模糊特性, 得到与人类视觉非常接近的分割结果。对于被高斯噪声严重污染的彩色图像, 该算法也能有效地进行分割。

关键词: 彩色图像分割; 模式-彩色分离模型; 颜色空间; 均值漂移算法

Color Image Segmentation Based on S-CIELAB Space

LI Guang, WANG Zhao-ying, HOU Zhi-qiang

(Telecommunication Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710077)

【Abstract】 A color image segmentation algorithm based on S-CIELAB color space is presented in this paper. The approach transforms the RGB image into S-CIELAB color space based on color transfer characteristics of human visual system, the image is segmented using mean shift algorithm. Experimental results show that the approach simulates the eye blurring mechanism by filtering the origin image, which helps to produce result similar to human perception. The color image can be segmented effectively by using the present method even if it is affected seriously by Gaussian noise.

【Key words】 color image segmentation; pattern-color separable model; color space; mean shift algorithm

1 概述

图像分割是图像分析与理解过程中一个最基本的处理步骤, 其目的是将图像划分为多个互不重叠的区域, 每个区域内的像素具有相似或一致的性质, 并且相邻区域不具有类似性质。由于图像分割实现了对图像中人们感兴趣区域的分离, 使得目标特征和参数的提取成为可能, 因此多年来它一直是人们高度重视的研究领域^[1]。然而, 现有算法还存在一些重要的问题有待解决^[2]。传统分割算法很少考虑人眼的视觉模糊机制, 当处理有空间频率变化的图像时, 如 mosaic 或半色调图像, 传统算法的效果就很差。而且, 分割算法的性能在很大程度上依赖于颜色空间的选择, 在大量的颜色模型中, 如 RGB, YUV, HIS, Lab, Luv, 哪个空间最适合用来进行图像分割还没有一个明确的标准。

人类视觉系统具有优良的彩色图像分割性能, 在实际应用中彩色图像分割的最终结果也是由人眼主观判定的。文献[3]用颜色的非对称匹配方法研究人眼的彩色传递特性, 在一系列生理实验的基础上, 提出了模式-彩色分离(pattern-color separable)模型, 该模型是目前较为完整的人眼彩色视觉模型。本文将文献[4]提出的 S-CIELAB 颜色空间运用于彩色图像分割中, 在 S-CIELAB 空间中对图像进行分割, 得到了与人类视觉效果非常接近的结果。

2 基于人眼视觉彩色传递特性的 S-CIELAB 空间

2.1 模式-彩色分离模型

人眼在识别图像时具有良好的适应性, 通过测试人眼对条带目标的反应, 文献[3]提出模式-彩色分离模型。该模型认为人眼的视觉可分为 2 个阶段:

(1)对立色空间(Opponent-colors Planes)的转换。通过线

性变换矩阵将图像由人眼的视锥(Cone)感受器(L, M, S)空间转换到(BW, RG, BY)对立色空间, 其中的线性变换矩阵与空间频率是不相关的。

通过对人类视觉系统的研究发现, 物理世界中的彩色图像(RGB 图像)首先投射在人类的视锥感受器空间, 记为(L, M, S)空间, 其中, L, M, S 分别表示可见光光谱中的长波、中波和短波, 对应红色、绿色和蓝色光。人类视觉系统将彩色图像从(L, M, S)空间转换到对立色空间进行处理, 对立色空间中的图像分别用亮度图像或黑白图像(BW)、红绿图像(RG)和蓝黄图像(BY)表示。从一般的 RGB 彩色空间向视锥感受器(L, M, S)空间的转换为

$$\begin{bmatrix} S_L \\ S_M \\ S_S \end{bmatrix} = T_0 \cdot \begin{bmatrix} S_R \\ S_G \\ S_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3811 & 0.5783 & 0.0402 \\ 0.1967 & 0.7244 & 0.0782 \\ 0.0241 & 0.1228 & 0.8444 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_R \\ S_G \\ S_B \end{bmatrix} \quad (1)$$

从视锥感受器(L, M, S)空间向对立色(BW, RG, BY)空间的转换为

$$\begin{bmatrix} S_{BW} \\ S_{RG} \\ S_{BY} \end{bmatrix} = T_1 \cdot \begin{bmatrix} S_L \\ S_M \\ S_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.99 & -0.106 & -0.094 \\ -0.669 & 0.742 & -0.027 \\ -0.212 & -0.354 & 0.911 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_L \\ S_M \\ S_S \end{bmatrix} \quad (2)$$

(2)通道滤波。由人类视觉的生理测试实验发现, 不同空间频率的条纹在(BW, RG, BY)3 个通道中具有不同的响应, 通

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“基于人类视觉彩色传递特性的彩色图像分割方法研究”(60805015)

作者简介: 李光(1983-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 数字图像分割; 王朝英, 副教授、博士研究生; 侯志强, 副教授、博士

收稿日期: 2009-07-06 **E-mail:** happylg123@126.com

过测试不同频率的条纹可以得出与之相对应的滤波函数。各通道的滤波函数实际上是一组高斯函数的加权，加权函数的组成如下：

$$f_i(x, y) = r_i \sum_k \omega_k \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{\sigma_k^2}\right), \quad i = 1, 2, 3 \quad (3)$$

其中， r_i 是归一化系数； (ω_k, σ_k) 的值通过人眼生理实验测试获得； i 表示(BW, RG, BY)3个通道； k 表示不同通道中高斯函数的数目； ω_k 和 σ_k 的定义如表 1 所示。

表 1 各通道加权高斯函数的 (ω_k, σ_k) 值

通道	ω_k	σ_k
BW($i=1$)	0.049	10.600 0
	0.025	2.356 0
	-0.805	0.076 0
RG($i=2$)	0.039	7.738 0
	0.290	0.642 0
BY($i=3$)	0.048	5.761 0
	0.255	0.821 6

2.2 S-CIELAB 空间

在模式-彩色分离模型的基础上，将通道滤波后得到的对立色空间图像转换到 RGB 空间，再将图像由 RGB 空间转换到 CIELAB 空间，即得到经过扩展后的 CIELAB 空间，也就是 S-CIELAB 空间，其流程如图 1 所示。

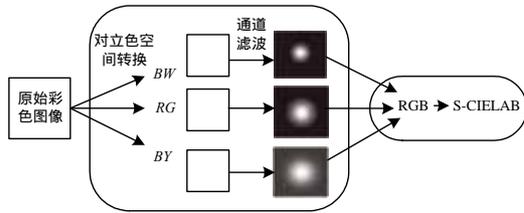


图 1 S-CIELAB 空间流程

由模式-彩色分离模型对彩色图像压缩的编码误差的分析可知，由于对 CIELAB 进行了空间滤波，因此 S-CIELAB 能综合反映图像的颜色和空间差异，更适合用于色差的度量。

3 算法步骤

基于上述分析，本文提出一种基于 S-CIELAB 空间的彩色图像分割算法，按照处理顺序，图像分割算法分为以下几个步骤：(1)输入原始 RGB 彩色图像；(2)将输入的原始图像由 RGB 空间转换到 S-CIELAB 空间中；(3)对 S-CIELAB 空间的图像运用均值漂移(mean shift)算法^[5]进行分割，得到最终的分割结果，算法结束。

4 仿真结果与分析

利用本文提出的算法对大量的彩色图像进行分割，结果显示，本文算法能够得到符合人类视觉特性的分割结果。在高斯噪声污染严重的彩色图像中，利用本文算法也能有效地进行分割。分别在 S-CIELAB 空间(本文算法)和 CIELAB 空间中对图像使用 mean shift 算法进行分割，如图 2、图 3 所示。



(a)hand 原始图像 (b)S-CIELAB 中的结果 (c)CIELAB 中的结果

图 2 hand 图像分割结果



(a)house 原始图像 (b)S-CIELAB 中的结果 (c)CIELAB 中的结果

图 3 house 图像分割结果

结果表明，本文算法能得到符合人眼视觉特性的分割结果。对于图像中细节比较丰富的区域，如 hand 图像中的背景区域，本文算法模拟了人眼的视觉模糊特性，将细节区视为均匀色块分割开来；对于较为平滑的图像，如 house 图像，基于 S-CIELAB 的分割方法和基于 CIELAB 的分割方法可以获得较为相近的结果，但仍然可以发现，本文算法可以获得更为平滑的分割结果，比如对草地的分割。

分别在 S-CIELAB 空间(本文算法)和 CIELAB 空间中对被高斯噪声严重污染的图像使用 mean shift 算法进行分割，如图 4、图 5 所示，图 4(a)、图 5(a)为被标准差为 0.2 的高斯噪声污染的彩色图像。仿真结果表明，对于被噪声严重污染的彩色图像，本文算法仍然可以得到较为满意的分割结果，而在 CIELAB 空间中已不能对图像进行有效的分割。



(a)hand 原始图像 (b)S-CIELAB 中的结果 (c)CIELAB 中的结果

图 4 hand 含噪图像分割结果



(a)house 原始图像 (b)S-CIELAB 中的结果 (c)CIELAB 中的结果

图 5 house 含噪图像分割结果

由于 S-CIELAB 颜色空间是在模式-彩色分离模型基础上推导出来的，是对图像进行空间滤波后转化到 CIELAB 空间中的，模拟了人类视觉的模糊特性，因此可以获得与人类视觉相符的分割结果。与 CIELAB 空间相比，S-CIELAB 空间可以同时反映图像的颜色和空间差异。

5 结束语

本文对模式-彩色分离模型进行分析，提出一种基于 S-CIELAB 空间的彩色图像分割算法。由于将图像转换到 S-CIELAB 空间与运用 mean shift 算法进行图像分割是相互独立的 2 个部分，因此可以将本文算法的前半部分作为图像分割的预处理过程，运用于其他分割算法中。

参考文献

- [1] 蔡涛, 徐国华, 徐筱龙. 基于模糊 C 均值与 Markov 随机场的图像分割[J]. 计算机工程, 2007, 33(20): 34-36.
- [2] 李雪威, 何丕廉, 张新荣. 基于视觉感知模型的彩色图像分割框架[J]. 光电子-激光, 2008, 19(8): 1127-1131.
- [3] Poirson A B, Wandell B A. The Appearance of Colored Patterns: Pattern-color Separability[J]. Journal of the Optical Society of America, 1993, 10(12): 2458-2470.
- [4] Zhang Xuemei, Wandell B A. A Spatial Extension of CIELAB for Digital Color-image Reproduction[J]. Journal of the Society for Information Display, 1997, 5(1): 61-63.
- [5] Comaniciu D, Meer P. Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis[J]. Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(5): 603-619.

编辑 顾姣健