

基于高斯函数的 LED 彩色图像分割方法

刘 丹, 汪仁煌, 高延增, 刘洪江

(广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090)

摘要: 提出了一种基于高斯函数的 LED 彩色图像分割新方法, 利用彩色分量值, 通过高斯函数的模板进行滤波, 直接分割出有用数字信息的二值图. 改变了传统的将彩色图像转为灰度图像再进行分析的方法, 充分利用了色彩信息. 实验结果表明, 该方法分割效果好, 快速简单, 满足实时性要求, 是一种高效的新算法.

关键词: 彩色图像分割; 高斯函数; HSI 空间; 亮度分量

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2007)04-0073-03

图像分割是指将图像分解为各具特性的区域并提取出感兴趣目标的技术和过程, 它是计算机图像识别与视觉领域极为活跃的一个分支, 也是计算机视觉技术中首要的关键步骤. 图像分割技术在工业自动化、文档图像处理、遥感和生物医学图像分析以及军事、体育和农业工程等各方面都已得到广泛的应用.

在图像分割技术中, 对灰度图像的研究起步比较早, 算法也相对较成熟. 随着技术的进步, 彩色图像使用得越来越多, 对于彩色图像的分割算法已成为近年来研究的热点. 彩色图像所包含的有效信息量比较多, 能够给人以比较直观的视觉感受, 因此针对彩色图像的分割算法往往能够弥补传统的灰度图像分割方法的不足, 是一个更加宽广的研究领域^[1].

彩色图像分割就是指在一幅彩色图像中分离出主要的色彩一致的感兴趣区域. 彩色图像的分割已经有了许多算法, 传统的对于 LED 彩色图像的分割方法, 基本都是先将彩色图像转换为灰度图像再进行分析处理^[23], 在这个过程中丢失了彩色图像中丰富的色彩信息. 本文在研究 LED 数字仪表的彩色图像分割算法的基础上, 提出了一种基于高斯函数的 LED 彩色图像分割方法, 这种新方法直接由 LED 彩色图像分割出有用的数字管信息的二值图, 充分利用了色彩信息, 并且取得了较好的分割效果.

1 图像分割算法

1.1 算法思路概述

对于彩色图像, 我们可以通过 RGB、HSI、CMY、YUV 等多种颜色空间模型来分析其特征. 其中 HSI

颜色模型是一种适合肉眼分辨的模型, 它把彩色信号表示为 3 种属性: 色调、色饱和度和亮度, 这种颜色模型具有线性伸缩性, 可感知的颜色差是与颜色分量的相应样值上的欧几里德距离成比例^[4]. 从 RGB 模型到 HSI 模型的转换公式为

$$\begin{aligned} H &= \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases} \quad \theta \in [0, 2\pi], \\ \theta &= \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[R - G] + (R - B)}{[(R - G)^2 + (R - G)(G - B)]^{\frac{1}{2}}} \right\}, \\ S &= I - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)] \quad S \in [0, 1], \\ I &= \frac{1}{3}(R + G + B) \quad I \in [0, 255]. \end{aligned}$$

通过研究, 可发现单纯地在 HSI 空间中利用亮度对 LED 显示的彩色图像进行阈值分割效果不太理想, 并且在上文的公式中可以看到在从 RGB 模型到 HSI 模型的转化过程中亮度分量 $I = \frac{1}{3}(R + G + B)$, 根据此思路提取颜色分量值作为彩色分割的依据. 算法思路的流程图如图 1 所示.

1.2 彩色分量值的提取

现在市面上常用的 LED 显示屏的数字显示部分主要有红色、白色和黄色 3 种颜色, 我们根据这 3 种情况将彩色分量 TempMark 分别定义如下

LED 数字显示部分为白色时, TempMark = $R + G + B$;

LED 数字显示部分为红色时, TempMark = $3R$;

LED 数字显示部分为黄色时, TempMark = $\frac{3}{2}(R + G)$.

上述彩色分量 TempMatrix 的提取是根据 LED 显示管颜色的不同来进行设置, 利用到了色彩学中的混色原理. 为了将分量的整体范围值进行规格化, 我们把系数值分别设为 1、3、3/2. 这样定义的彩色分量值更加精确, 更加符合后续算法的应用.

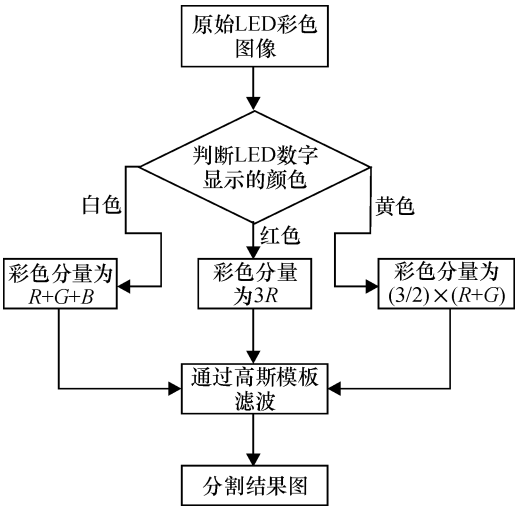


图 1 分割算法流程图

1.3 高斯函数滤波

1.3.1 高斯函数分布

高斯分布, 也称正态分布, 又称常态分布. 对于随机变量 X , 其概率密度函数如图 2 所示. 称其分布为高斯分布或正态分布, 记为 $N(\mu, \sigma^2)$, 特别当 $\mu=0, \sigma^2=1$ 时, X 的分布为标准正态分布. 正态分布最早由棣莫佛于 1730 年在求二项分布的渐近公式时得到; 后拉普拉斯于 1812 年研究极限定理时也被引入; 高斯 (Gauss) 则于 1809 年在研究误差理论时也导出了它. 高斯分布的函数图像是一条位于 x 轴上方呈钟形的曲线, 称为高斯分布曲线, 简称高斯曲线. 在本文所提出的算法中使用高斯函数是因为在图像处理中高斯函数非常符合人眼的视觉分布规律, 用它作为滤波函数能较好地提取出人眼所观察到的主要信息.

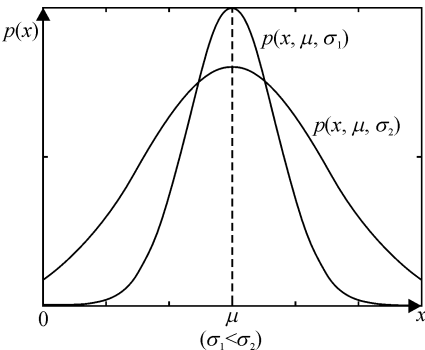


图 2 高斯函数分布图

高斯分布公式为

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, (\sigma > 0).$$

1.3.2 高斯模板滤波

将彩色分量矩阵 TempMatrix 的最大值取出令为 TempMatrix_max. 根据高斯函数的概念将滤波模板设为

$$DealedDoubleMatrix = 255 e^{-\frac{(\text{TempMatrix} - \text{TempMatrix_max})^2}{\text{sigma}}},$$

上式中的 TempMatrix 和 TempMatrix_max 分别为彩色分量值和其最大值, 系数乘以 255 是为了将转换之后的图像矩阵的数值范围确定在 0 到 255 之间, sigma 则为一个可以根据情况自动设置的参数. 经过数学推导证明, 它与在 HSI 空间中用亮度 I 分割图像的阈值 β 存在以下关系

$$e^{-\frac{100}{\text{sigma}}^2} = \beta.$$

在实验过程中可以根据需要将 sigma 值进行人为的调整, 同时根据高斯函数的知识, sigma 取值越大, 所对应的高斯曲线越平滑, 相应的由此模板所得到的分割结果图就会越接近原始图. 因此 sigma 值不能过大也不能过小, 实验证明, 将 sigma 值取为 150 效果较好. β 是在以往单纯的在 HSI 空间中利用亮度对 LED 显示的彩色图像进行分割时所选取的阈值, 它的范围在 0 到 1 之间, 经过反复实验, 将 β 值设为 0.7 时取得较好效果.

2 算法程序及结果分析

当 LED 的数字显示部分为白色时, 对应的 Matlab 算法的主要语句如下

```
ImageMatrix = imread('原始 LED 彩色图像.jpg');
TempMatrix = double(ImageMatrix(:, :, 1)) + double(ImageMatrix(:, :, 2)) + double(ImageMatrix(:, :, 3));
TempX = max(TempMatrix(:));
DealedDoubleMatrix = 255 * exp(-((TempMatrix - TempX) ./ 150).^2);
ResultImage = uint8(DealedDoubleMatrix);
```

通过此算法所得到的彩色图像分割结果较好, 分割实验的原始图和结果图分别如图 3、图 4 所示.

如果按照以往的方法, 单纯的在 HSI 空间中利用亮度按照一定的阈值对 LED 显示的彩色图像进行分割^[5], 对于图 3 所示的实验原始图所得到的分割结果图就如图 5 所示.

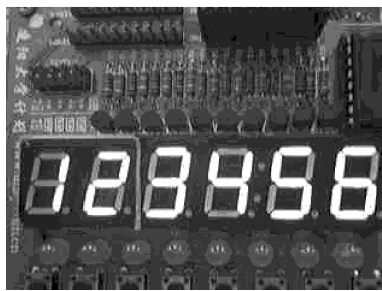


图 3 实验原始图



图 4 基于高斯函数的分割方法结果图



图 5 传统亮度阈值分割方法的结果图

通过对比实验,可以发现传统的亮度阈值分割方法的分割结果存在大量的干扰信息,不利于后续的图像分析和识别,容易使最后的数字识别结果产

生误差;然而本文提出的这种基于高斯函数的 LED 彩色图像分割新方法的分割效果明显较好,结果图像清晰,步骤简单快速,并且满足实时性要求,不失为一种高效可行的新算法。

3 结论

本文提出的这种基于高斯函数的 LED 彩色图像分割方法,利用彩色分量值通过高斯函数的模板进行滤波分割,在 LED 发光二极管的彩色图像中取得了较好的分割效果。这种分割方法改变了传统的将彩色图像转换成为灰度图像再进行分析的方法,一步到位,直接由原始的彩色图像分割出有用的数值信息的二值图像,充分利用了原始彩色图像中的色彩信息,提高了图像处理中图像分割关键环节的效率和速度,为后续的图像分析、图像识别等环节带来了便利。作者在后续的工作中还将对该方法在参数选择方面做进一步的研究,以便优化算法。

参考文献:

- [1] 汪鼎文, 李元香. 基于 HSI 颜色空间的 X 射线彩色图像分割 [J]. 计算机工程与设计, 2006(1): 139-141.
- [2] 张海波, 段会川, 张曙光, 等. 一种数字仪表显示值快速识别方法 [J]. 计算机工程与应用, 2005(4): 223-226.
- [3] 申小阳, 唐轶峻, 姜柏军. 仪表的数字字符识别系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2005(6): 55-57.
- [4] ZHAN Yu-jin, HE Yun, YAO Yu-rong. Color image segmentation based on HSI model [J]. High Technology Letters, 1998(7): 28-31.
- [5] 黄飞, 吴敏渊, 曹开田. 基于 HSI 空间的彩色图像分割 [J]. 小型微型计算机系统, 2004(3): 471-474.

LED Color Image Segmentation Based on Gaussian Function

LIU Dan, WANG Ren-huang, GAO Yan-zeng, LIU Hong-jiang

(Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract A new approach to LED color image segmentation based on Gaussian function was proposed. By using color component value and carrying on the filter through the Gaussian function template, the two value image of the useful numerical information could be attained directly. It changed the traditional methods of analysing after transferring color image to gray image. It fully used the color information. Facts show that this approach is fast and simple that it can meet real-time demand, and that the segmentation effect is nice, so it is an efficient new algorithm.

Key words color image segmentation, Gaussian function, HSI model, brightness component