

基于 RGB 彩色模型的草莓图像色调分割算法

谢志勇 张铁中

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘要 针对目前草莓采摘机器人草莓图像分割运算量大、耗时多等问题,根据 CIE-XYZ 颜色模型及其色度图,提出了一种在 RGB 彩色模型中进行草莓图像色调分割的方法。该方法无需彩色模型转换,时间复杂性能较 Lab 彩色模型下 a 通道阈值分割算法与 BP 神经网络分割算法优越。对该算法进一步改进后,只需加减运算,无需乘除运算。试验结果表明:该算法能很好地实现成熟草莓果实与图像背景的分,并较好的保存草莓轮廓信息,分割效率 > 85%;进一步对分割后的图像进行形态学处理,如膨胀、腐蚀等,有效消除了孔洞现象。

关键词 草莓采摘机器人; 机器视觉; 图像分割; 色调分割

中图分类号 TP 242.62

文章编号 1007-4333(2006)01-0084-03

文献标识码 A

A new method of segmentation of strawberry image

Xie Zhiyong, Zhang Tiezhong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract Segmentation of strawberry image is a very important part of the vision system of strawberry harvesting robot. The method of segmentation in the a channel of the Lab color space and the method of segmentation using BP neural network under the HSV color space both need to change the color space, there for, need more time to compute. Base on CIE-XYZ photo of chroma, a new method that segment with hue in the RGB color space, and without using transformation was introduced. So the segment processes were speeded up. Promoting the method, it only need addition and subtraction operations, thus the multiplication and division operations were omitted. The result of experiments showed that expected segmentation result has been achieved by using this new method, the segmentation effect is greater than 85%. After taking further processing, such as dilation and erosion etc, the result could be more better.

Key words strawberry harvest; computer vision; segmentation of image; process of image

将成熟草莓果实从图像背景中分离出来是草莓采摘机器人采摘草莓的首要任务。由于机器人采集的图像受到自然光的影响,草莓图像分割应采用与亮度无关的信息进行分割。目前常用的图像分割方法主要有 2 种:1) 在 Lab 彩色模型中,对 a 通道进行阈值分割。该方法在分割之前需要把图像彩色模型从 RGB 变换到 Lab,需要大量的乘除运算,并且分割阈值需要靠经验或试验来确定^[1-8]。2) 基于 BP 神经网络的分割方法,该算法在 HSV 彩色模型中进行,同样需要彩色模型变换,且使用乘运算,由于图像数据量大,耗去大量的 CPU 时间;另外从试验结

果看,分割结果受教师信号的影响^[9]。因此,研究一种更为快速并且可靠的草莓图像分割方法十分必要。

CIE-XYZ 颜色模型是国际照明委员会 (Commission International del Elairage-the International Commission on Illumination,简称 CIE)于 1931 年规定的一种新的颜色表示系统,对该 XYZ 彩色模型的三基色规范化得到 CIE 色度图。CIE-XYZ 颜色模型与 CIE 色度图常用来确定颜色和彩色混合。笔者根据 CIE-XYZ 颜色模型及其色度图,直接在 RGB 彩色模型中进行草莓图像分割,以期减少运算

收稿日期: 2005-04-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60375036)

作者简介: 谢志勇,硕士研究生;张铁中,教授,博士生导师,主要从事生物生产自动化和农业机器人的研究。

量及分割处理时间。

1 基于 RGB 彩色模型的草莓图像色调分割算法

草莓图像是由 PAL 制式彩色摄像头获取得到,采集的图像信息为 RGB 彩色模型,其丰富的彩色信息为图像分割提供了便利。RGB 表色系统与 CIE-XYZ 表色系统的关系式^[11-13]为

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

对 XYZ 颜色模型的三基色规范化,得到色度坐标

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} x + y + z &= 1 \end{aligned} \quad (3)$$

CIE 的 x - y 色度图见图 1,图中以 x(红)和 y(绿)函数表示颜色组成。对应 x 和 y 的任意值, z 都可以通过式(3)得到。

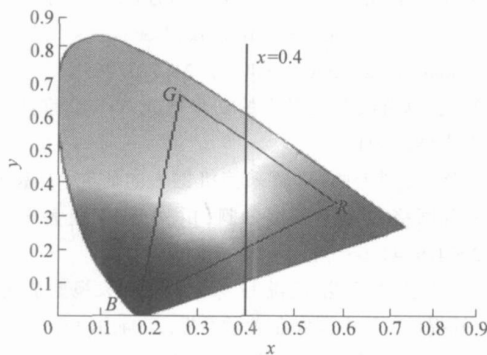


图 1 CIE 的 x - y 色度图
Fig. 1 Chromaticity diagram

由图 1 可见,RGB 模型并不包含全部颜色,而只是其中的一部分,即三角形 RGB 内的颜色。所以本研究讨论该三角形范围内的颜色。

草莓生长种植环境的特征为:绿色的叶子、白色的花蕾、青绿色的未成熟草莓及黑色地膜等,只有成熟草莓是红色的,而且即使处于不同自然光照强度下其色调也不会改变。因此只要把图像中色调为红色的部分分割出来即可。

由于采集卡获取的图像信息为基于 RGB 彩色模型的,其包含的颜色都在 RGB 三角形内。观察

图 1 发现直线 $x = 0.4$ 能大致把色调为红色的从 RGB 三角形中分离出来。用数学方式描述该区域

$$x \geq 0.4 \quad (4)$$

将式(2)和(3)代入式(6)得

$$R = 0.64G + 1.26B \quad (5)$$

因此,若图像中像素的 R、G、B 分量值满足式(5),则其该像素的色调为红色,即认为是成熟草莓的颜色。

本研究的出发点是寻求一种快速的草莓图像分割方法,而按式(5)图像分割时,图像上每个像素点都需要 2 次乘运算。为了使该算法运算简单,提高处理速度,考虑不用乘除运算。改进图像分割算法的条件,将其改为

$$R \geq G + B \quad (6)$$

进行试验。

该图像分割算法由于在 RGB 彩色模型中进行,不进行彩色模型变换,只需遍历 1 遍图像数据,且只包含加减运算,因此其时间复杂性优于 Lab 图像分割方法和基于 BP 神经网络分割方法。

2 试验结果与分析

试验用草莓图像为数码相机在北京市昌平区兴寿镇草莓种植基地,自然光条件下拍摄,图像分辨率为 1 600 × 1 200 像素。图像处理平台为奔腾 4CPU1.7 G,256 M 内存,Windows XP 操作系统,编程语言采用 C++,编译环境为 Visual C++6.0。

随机选取 20 张图片(这些图片中共有 46 个草莓),分别用含乘除运算分割算法和无乘除运算分割算法进行图像分割,每张图片进行图像分割所耗费的时间分别为 0.33 s 和 0.281 s,图像分割结果见图 2。对采用无乘除运算分割算法所分割出的草莓面积进行计算统计,并与人工分割得到的草莓面积进行比较,结果表明草莓的分割效率(分割出的草莓面积与图像中的草莓面积比) > 85%。

由于图像是在自然光的条件下采集的,成熟草莓果实在自然光照射下,部分反光呈白色斑点,且一些果实表面粘有杂质,造成分割后的图像存在一些孔洞,影响分割效率;但分割后草莓的轮廓比较完整,这有利于进一步识别草莓。

不管是采用 Lab 中 a 通道阈值法、BP 神经网络算法或本文中提出的色度图像分割法,图像分割后草莓图像都存在孔洞现象^[9-10]。这是由于图像中的白像素可能是草莓或地膜反光造成的,也可能是白

色花蕾,区分它们相当困难,且后续的认识算法采用 Hough 变换,图像中存在的孔洞对草莓识别影响非常小,因此不需要对白像素进行处理。如果对分割

后的图像进行形态学处理(如膨胀),孔洞现象可得到改善,图 2(d)为图 2(c)进行 1 次膨胀的结果。

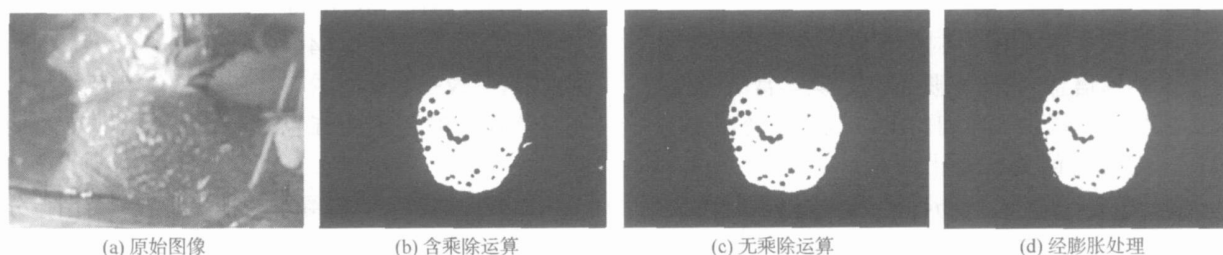


图 2 草莓原始图像及各算法分割结果

Fig. 2 Image segmentation results of strawberry

3 结束语

所提出的基于 RGB 彩色模型的草莓图像色调分割算法,使用简单,无需确定阈值或训练,可直接进行图像分割。该算法不受自然光影响,能很好的实现成熟草莓果实与图像背景的分离,其单个草莓的分割效率大于 85%,并较好的保存草莓轮廓信息,有利于草莓的进一步识别。采用形态学的方法,如:膨胀、腐蚀等方法,可有效的改善图像分割后存在的孔洞现象。

参 考 文 献

- [1] 曹其新,吕恬生,永田雅辉,等. 草莓拣选机器人的开发[J]. 上海交通大学学报,1999,33(7):880-884
- [2] Cao Qixin, Masateru N, Masafumi M, et al. Study on grade judgment of fruit vegetables using machine vision (Part 2) [J]. Judgment for Several Varieties of Strawberry by Developed Software, 1996, 8(4):228-236
- [3] Nagata M, Kinoshita O, Asano K, et al. Studies on automatic sorting system for strawberry (Part) [J]. Journal of Japanese Society of Agricultural Machinery, 1996, 58(5):57-66
- [4] Nagata M, Kinoshita O, Asano K, et al. Studies on automatic sorting system for strawberry (Part) [J]. Journal of Japanese Society of Agricultural Machinery, 1996, 58(6):61-67
- [5] Nagata M, Kinoshita O, Asano K, et al. Studies on automatic sorting system for strawberry (Part 31) [J]. Journal of Japanese Society of Agricultural Machinery, 1997, 59(1):43-48
- [6] Masateru N, Cao Qixin, Masafumi M, et al. Study on grade judgment of fruit and vegetables using machine vision (Part) [J]. Journal of Society of High Technology in Agriculture (Japan), 1996, 8(4):140-145
- [7] Slaughter D, Harrel R. Discriminating fruit for robotic harvest using color in natural outdoor scenes [J]. Transactions of the ASAE, 1989, 32(2):757-763
- [8] 高锐. 草莓收获机器人的初步研究[D]. 北京:中国农业大学,2004
- [9] 张铁中,周天娟. 草莓采摘机器人的研究:基于 BP 神经网络的草莓图像分割[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(4):65-68
- [10] 张铁中,林宝龙,高锐. 水果采摘机器人视觉系统的目标提取[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(2):68-72
- [11] 贾云得. 机器视觉[M]. 北京:科学出版社, 2000:152-154
- [12] 谷口庆治. 数字图像处理——基础篇[M]. 朱虹,译. 北京:科学出版社, 2002:3-5
- [13] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 阮秋琦,阮宇智,译. 第 2 版. 电子工业出版社, 2004:225-232