文章编号: 1002-0446(2001)07-0652-05

基于彩色图像处理的西红柿品质特征的提取研究

曹其新[1] 刘成良[1] 殷跃红[1] 付 庄[1] 永田雅辉[2]
(1. 上海交通大学机器人研究所 上海 200030; 2. 日本宫崎大学农学部 日本宫崎市 889-2192)

摘 要: 用机器视觉系统判别西红柿品质是否有效, 关键在于能否真实地提取特征参数. 由于西红柿果实存在新陈代谢且表面非常光滑, 使机器视觉系统采集图像时受环境温度和光线的影响很大. 同时, 很难直接从采集到的 RGB 彩色图像中提取有效的品质特征参数. 为此, 本论文基于彩色图像处理技术把 RGB 彩色图像转换为 $L^*a^*b^*$ 模式的彩色图像, 然后提取西红柿品质特征参数, 试验结果验证采用这种特征提取法提取的西红柿品质特征参数基本上不受照明强度的影响.

关键词: 图像处理; 特征提取; 西红柿
中图分类号: TP24 **文献标识码**: B

COLOR IMAGE PROCESSING BASED QUALITY FEATURE EXTRACTION OF TOMATO

CAO Qi-xin[1] LIU Cheng-liang[1] YIN Yue-hong[1] FU Zhuang[1] NAGATA Masateru[2]
(1. *Research Institute of Robotics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai* 200030;
2. *Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Miyazaki* 889-2192 *Japan*)

Abstract: This study aims to develop a machine vision system for judging the skin quality and shape of tomato using image processing technique. The problems of extracting the quality feature of tomato skin using color image were discussed. Generally, the color image is sensitive to lighting condition. Evaluation of the shape, size, and light reflection of objects under constant lighting condition is difficult. To solve the problem, $L^*a^*b^*$ color model was used. Moreover, experiments on the effects of illumination and background on the extracted amount of color features were carried out. The results showed that the levels of a^* and b^* in $L^*a^*b^*$ color model were not affected by illumination. Therefore, a feature extraction method of tomato surface quality was proposed based on $L^*a^*b^*$ color model. Nonuniform colored and defective tomato was selected as experimental materials to evaluate the proposed method for quality feature extraction. The results of the experiment, showed that the proposed method using color image for judging the skin quality or shape of tomato has a good potential in sorting and harvesting robot.

Keywords: image processing, feature extraction, tomato

1 引言(Introduction)

随着瓜果蔬菜商品的规范化, 产品进入市场流通必须要经过精选、分级、包装、装箱. 在发达国家收割后瓜果蔬菜的深加工一般是由自动精选、分级、包装、装箱流水线来完成的[1, 2], 流水线能否保证产品的质量, 关键在于怎样对瓜果蔬菜的品质进行判别. 随着电子计算机技术的发展和硬件设备成本的不断下降, 用机器视觉对瓜果蔬菜的品质进行判别已成为一种有效的手段, 特别是利用彩色图像处理技术对蔬菜和水果的表面品质进行评价(色彩, 病虫害及损伤)[3~8]. 但是在文献[3~8]中, 一般都是在 RGB 模式的彩色图像中提取品质的特征, 图像中色彩灰度受照明的影响很大, 同时因照明的光强度变化而影响测量的精度. 另外, 即使在同样的照明条件下, 对象的形状、大小和反射都将影响到 RGB 的灰度值.

为了解决以上的问题, 作者利用瓜果蔬菜中对

收稿日期: 2001-08-15

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

环境光线反应较敏感的西红柿为例提出了在照明亮度在一定范围变化的情况下能准确提取西红柿品质特征的方法, 把采集到的RGB 模式的彩色图像转化为L*a*b* 模式的彩色图像, 然后从彩色图像中提取西红柿的品质特征

2　在L*a*b* 模式中提取西红柿的品质特征 (Quality extraction of tomato in L*a*b* model)

2.1　L*a*b* 模式

$L^*a^*b^*$ 模式是根据色度和亮度组成的 3 维空间图. 本研究采用的是CIE (1976)$L^*a^*b^*$ 模式. 其中, L 为亮度, 为 a^*b^* 色度, 具体定义如下:

$$\begin{cases} L = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 \\ a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \\ b^* = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \end{cases} \quad (1)$$

通常, 标准光 c 的情况下, $X_0 = 0.983$, $Y_0 = 1.000$, $Z_0 = 1.183$. 图 1 为$L^*a^*b^*$ 模式彩色图, a^* 数值代表红～绿色色调, b^* 数值代表黄～蓝色色调. 式(1)X、Y、Z 是 XYZ 模式中色度值, 其值可从式(2)得到. 式(2)中 R, G, B 为RGB 彩色模式中的三基本色

$$\begin{cases} X = 0.607R + 0.174G + 0.201B \\ Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ Z = 0.066G + 1.117B \end{cases} \quad (2)$$

2.2　特征提取法

西红柿的表面品质如成熟度、损伤等在图像中可以以颜色的形式表现. 各种情况下品质特征的色度值范围可根据$L^*a^*b^*$ 模式定义成如图 2 所示, 西红柿的成熟度特征检出函数 $f(x,y)$、损伤特征检出函数 $q(x,y)$ 定义如下.

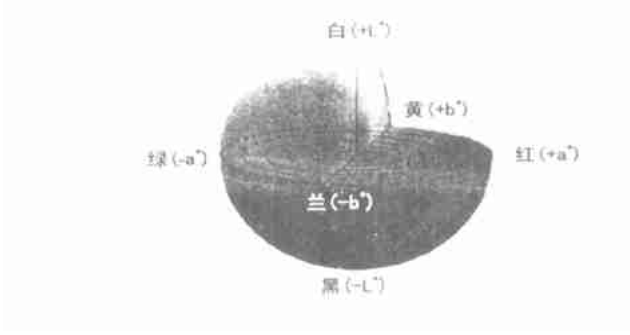


图 1　$L^*a^*b^*$ 模式的 3 维空间图

Fig. 1　Color space of $L^*a^*b^*$ mode

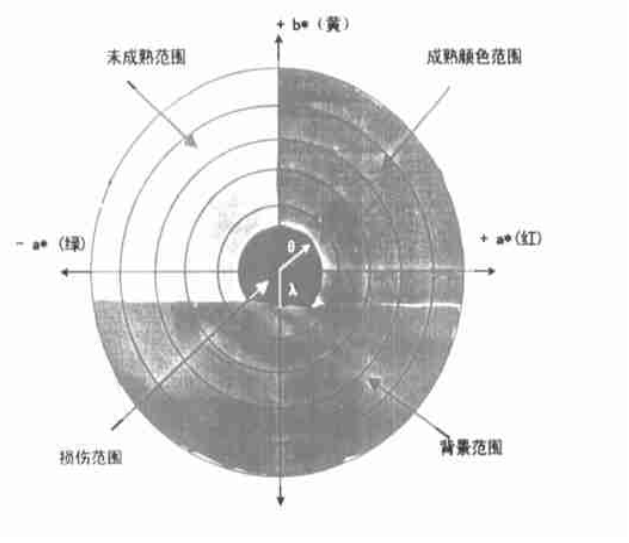


图 2　$L^*a^*b^*$ 模式图中的特征提取范围

Fig. 2　Schematic diagram of the proposed feature extraction range using $L^*a^*b^*$

成熟度特征检出式为

$$f(x,y) = \begin{cases} 1 & \{(a^* > 0) \text{ and } [(a^*)^2 + (b^*)^2 > (\theta)^2] \text{and} (b^* > -\theta) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

损伤度特征检出式为

$$q(x,y) = \begin{cases} 1 & [a^*)^2 + (b^*)^2 \le (\theta)^2] \text{and} (b^* > \lambda) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

式中:

$$a^* = 78.848[1.006(0.607R + 0.174G + 0.201B)^{1/3} - (0.299R + 0.587G + 0.114B)^{1/3}]$$

$$b^* = 31.539[(0.299R + 0.587G + 0.114B)^{1/3} - 0.846(0.066G + 1.117B)^{1/3}]$$

其中, RGB 的数值范围是 0～255. θ 和 λ 为域值

2.3　特征提取程序

根据式 3 和式 4 导出一组西红柿品质提取程序. 用Microsoft Visual C++ 编程成西红柿品质提取软件, 内容包括彩色图像输入、图像处理、品质特征提取以及品质判别等功能. 软件程序的流程图如图 3 所示, 程序工作时域值 θ 和 λ 分别取 15 和- 5.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

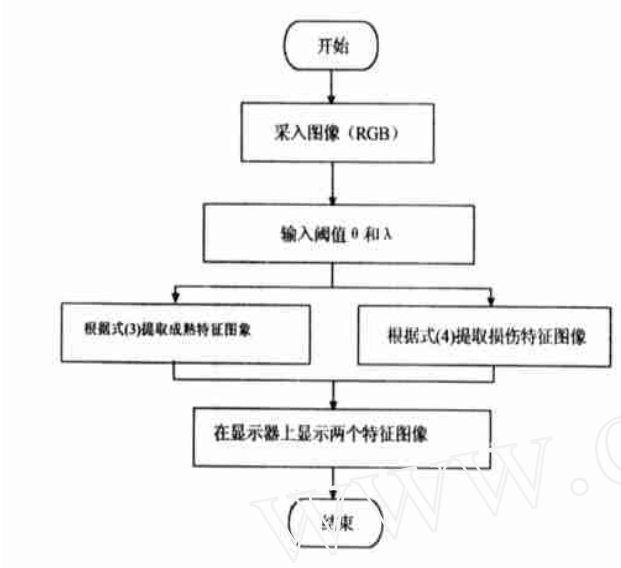


图 3 品质特征提取流程图

Fig. 3 Flowchart for quality feature extraction

3 试验装置与方法（Experiment equipment and method）

3.1 彩色图像处理试验装置

本文采用的彩色图像处理试验装置如图 4 所示. 照明是接近自然光白光型日光灯(HITACHI, 太阳光型 20 形式, 18W ×6 根). 设置了一个外表面经过磨沙处理的塑料管(ϕ250mm)防止因从灯光直射到西红柿的表面而产生的光反射, 同时还使用照相机镜片用偏振光过滤镜(Kenko, PL、MC- PL、PL). 彩色图像的采入途径: CCD 摄像机(SONY, DXC-151A, CCD- IRIS/RGBCOLOR VIDEO CAMERA, 38 万像素), 图像卡(输入信号: RGB 信号, 帧存储: 512×512×8 位×12 帧), 计算机(NEC, PC-9821Xv20, 200MHz). 为了正确地提取西红柿的外部质量特征, 背景颜色使用蓝色纸. 通过调节变压器的输出电压可控制日光灯的发光强度. 图像处理的结果可通过显示器(SONY, PVM- 1456)显示出来

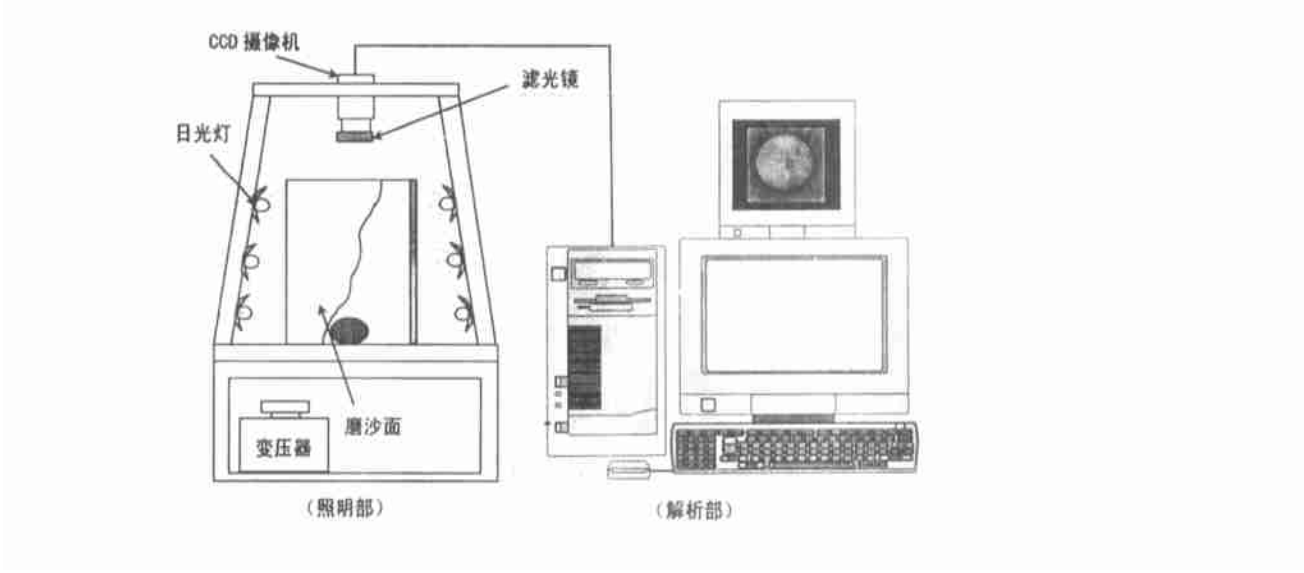


图 4 试验装置

Fig. 4 The test bed

3.2 试验方法

(a) 西红柿试验

西红柿的品种为桃子太郎, 图 5(a)为 2 分成熟, 图 5(b)是全熟的情况

(b) 图像采入

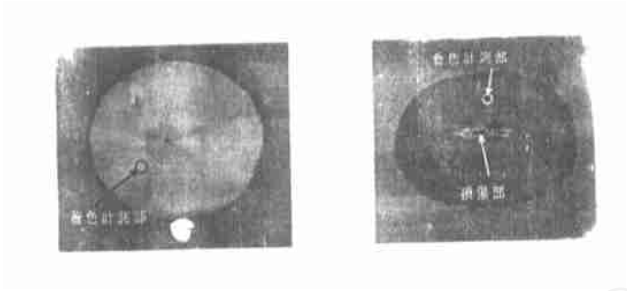
西红柿放在 CCD 摄像机下, 提取特征的结果即可在显示器上显示. 西红柿离摄像机的距离为 68 厘米, 摄像机镜头的光圈设置为 5.6. 调整偏振光过滤镜头使西红柿表面的反射消除. 西红柿表面的光强度可用光强度计(LI-COR, Inc, LI-250, LI-210SA)测量得到

(c) 测量方法

试验中调节照明装置中的变压器使得被测试西红柿的表面光照强度变化, 在图 5 的(°) 部位进行

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

了灰度测量和质量特征提取



(a) 未成熟的　　(b) 有损伤的

图 5　实验西红柿的彩色图像

Fig. 5　Color images of the tomato

(i) 灰度值的测量

测量图像在L*a*b*彩色模式和RGB 彩色模式的情况下各受照明强度影响的方法是, 在同样光强度的条件下测量它们的灰度值. 本实验中对未成熟的西红柿采用的照明光强度如图 5(a) 所示(照明光强度范围为 2, 054lux～ 7, 262lux), 成熟西红柿采用的照明光强度如图 5(b) 所示(照明光强度范围为 2, 107lux～ 7, 479lux).

(ii) 品质特征提取

成熟度和损伤特征提取分别是在照明强度 7, 491lux, 6, 872lux 和 5, 793lux 条件下(见图 5(a)) 和在照明强度为 7, 149lux, 5, 996lux 和 5, 438lux 的条件下进行(见图 5(b)).

4　结果 (Results)

照明强度对$L^*a^*b^*$模式和RGB 模式影响的试验, 结果如图 6(a) 到(d) 所示

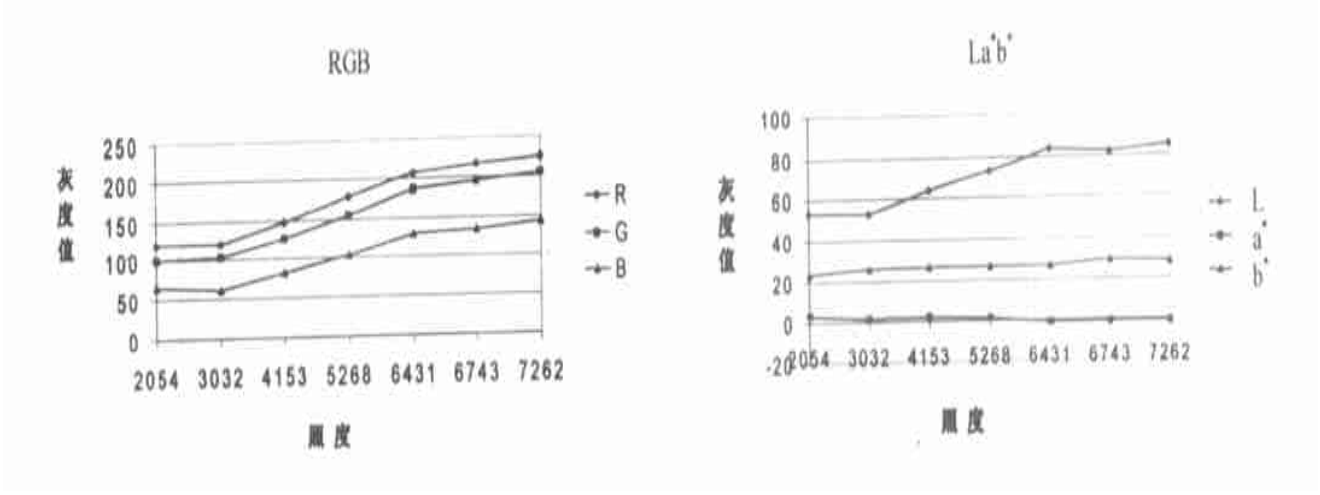
从图可知RGB 模式图像的R、G、B 的灰度值和$L^*a^*b^*$模式图像L 的灰度值是受照明强度影响, 而$L^*a^*b^*$模式图像的a^*、b^*灰度值在一定照明强度范围内基本上不受照明强度的影响. 因此, 本试验证实, 利用$L^*a^*b^*$模式的a^*、b^*图像提取品质特征值具有相对的稳定性. 提取的西红柿未成熟特征图像和损伤特征图像如图 7 和图 8 所示. 同时, 试验还证实了本特征提取法对西红柿的表面品质评价的实用性

5　结论(Conclusion)

本文针对从彩色图像中提取西红柿的表面品质所存在的问题进行了讨论, 在这基础上提出了从$L^*a^*b^*$模式图像中提取(成熟度, 损伤) 特征的方法. 结果得出以下结论

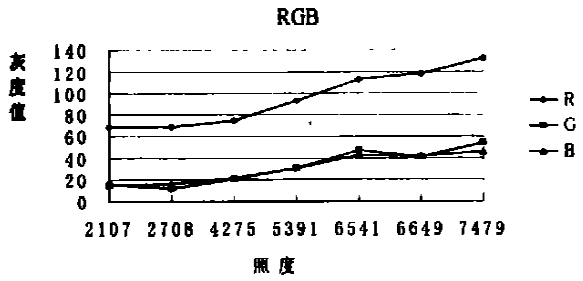
(1) 在西红柿的RGB 彩色模式图像中R、G、B 的灰度值受照明强度影响很大, 而$L^*a^*b^*$彩色模式图像中a^*、b^*的灰度值几乎不受照明强度的影响

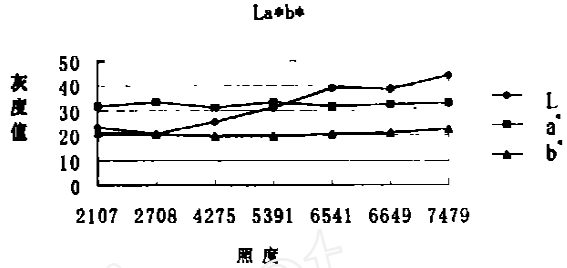
(2) 为了从$L^*a^*b^*$彩色模式图像中提取西红柿的表面品质特征图像, 提出了以下两个计算公式:



(a)　未成熟西红柿的RGB　　(b)　未成熟西红柿的$L^*a^*b^*$

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

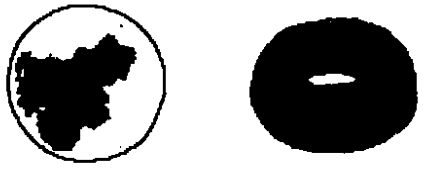




(c) 成熟含有损伤西红柿的RGB (d) 成熟含有损伤西红柿的$L^*a^*b^*$

图 6 测到的灰度值

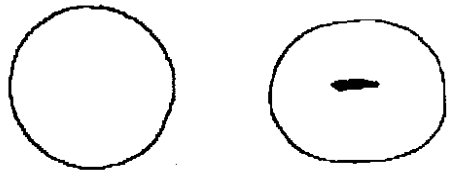
Fig. 6 The test gray value



(a) 未成熟的 (b) 有损伤的

图 7 西红柿色度的特征图像

Fig. 7 Feature images of coloring part of tomato



(a) 未成熟的 (b) 有损伤的

图 8 西红柿损伤部分的特征图像

Fig. 8 Feature images of damaged part of tomato

① 成熟范围的提取公式为

$$f(x,y)=\begin{cases}1 & \{(a^*>0)\text{and}[(a^*)2+(b^*)^2>\theta^2]\text{and}(b^*>-\theta)\}\\ 0 & \text{else}\end{cases}$$

② 损伤范围的提取公式为

$$q(x,y)=\begin{cases}1 & [(a^*)^2+(b^*)^2\le\theta^2]\text{and}(b^*>\lambda)\\ 0 & \text{else}\end{cases}$$

③ 用Microsoft Visual C++ 开发的软件程序验证了以上两个公式的有效性

参考文献 (References)

1 相良泰行. 青果物选别机の各种システムと开发动向. 日本食品流通技术. 1994, **23**(11): 4- 11

2 鹰尾宏之进. 青果物の选别. 日本农业および園芸. 1990, **65**(2): 267- 270

3 宫崎县经济农业协同组合连合会(1995): 青果物自主检查标准规格(野菜 果树 花き)

4 松田郁生等. キュウリの图像处理选别に关する研究, - 图像サンプリングの误差について一. 日本农业机械学会志. 1991, **54**(3): 93- 96

5 B K Miller, M J Delwiche. Peach Defect Detection With Machine Vision. ASAE, 1991, **34**(6): 2588- 2597

6 Y Tao, P H Heinemann, Z Varghese, C T Morrow, H J Sommer III. Machine Vision for Color Inspection of Potatoes and Apples. ASAE, 1995, **38**(5): 1555- 1561

7 N Zhang, C Chaisattapagon. Effective Criteria for Weed Identification in Wheat Fields Using Machine Vision. ASAE, 1995, **38**(3): 965- 974

8 Q Cao. Orientation and Shape Extraction of Strawberry by Color Image Processing. 1999 ASAE Annual International Meeting, Paper No. 993161

作者简介:

曹其新 (1960-), 男, 教授. 研究领域: 机器视觉

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net