

# 利用图像处理技术进行苹果外观质量检测

张峰 张晓东 赵冬玲 严泰来  
(中国农业大学 信息与电气工程学院, 北京 100083)

**摘要** 为提高检测效率和精度,实现苹果外观质量自动检验,采用数码相机获取苹果个体俯视和侧视数字影像,选取似圆度、体积和 RGB 颜色模式中 R、G、B 分量的灰度直方图作为苹果质量评价指标。通过二值化后的苹果俯视图和侧视图计算苹果似圆度和体积,根据待测苹果数字图像统计得到的其 R、G、B 各颜色分量灰度直方图与标准苹果相应指标比较,实现根据苹果外形与色泽的自动、快速外观质量检测。完整检测 1 个苹果的用时短于 0.9 s,满足实时检测的时间要求。这项技术可以用于苹果包装流水线作业,也可用于类似的农产品外观质量检测。

**关键词** 苹果外观质量检测; 数字图像处理; 似圆度; 体积; 灰度直方图

中图分类号 TP 391.41

文章编号 1007-4333(2006)06-0096-04

文献标识码 A

## External quality detection of apples using image processing technology

Zhang Feng, Zhang Xiaodong, Zhao Dongling, Yan Tailai

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** In order to automatically examine external quantity of apples, we put forward a method by use of a digital camera. The digital image of individual apple was obtained and the shape, color and luster of the tested apple were automatically evaluated by the computer digital image processing technique. A digital image processing was adopted to examine whether the quality of tested apples accord with the standard one by comparison. This technique can be used not only in a pipelining of apples' packaging, but also in the similar external quality examination process of agricultural products.

**Key words** external quality test of apples; digital image processing; similar circle degree; volume; gray histogram

苹果是我国大宗出口的农产品,出口前要经过严格的质量检测,逐个检测其形态与色泽,对其体积、体态对称性、色泽均一性(包括不能有虫斑)都有近乎苛刻的要求。

在苹果质量检测方面,国外除了利用机器视觉和机电一体化进行外部质量(如大小、形状、颜色、表面缺陷等)检测研究外,还进行其内部质量(含糖量、酸度、内部缺陷等)的无损检测研究,有些检测项目已经商品化<sup>[1-2]</sup>。

目前国内苹果外观质量检测大都采用人工识别方法,生产率低且分级精度不稳定<sup>[1]</sup>。落后的传统

手工方法必然影响我国苹果在国际市场上的竞争力。

运用计算机图像处理技术可从苹果形体与色泽 2 方面自动、快速评价苹果的外观质量,可解决当前检测过程中存在的诸多问题,可以大大提高检测效率,且可以严格控制质量标准。

### 1 指标参数选取

苹果外观质量评价指标包括形状、大小、色泽、表皮光滑度等<sup>[3]</sup>,在统一摄影环境下,分别摄取苹果图像资料,根据这些资料实时获取每个苹果的指

收稿日期: 2005-11-28

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目(2004AA245020)

作者简介: 张峰,硕士研究生;张晓东,副教授,博士,通讯作者,主要从事 GIS 技术及其应用开发、决策支持系统等方面的研究, E-Mail: zhangxd@cau.edu.cn

标参数值,作为检测其外观质量是否合格的依据。本研究选取似圆度、体积和 RGB 颜色模式的 R、G、B 分量灰度直方图灰度值作为苹果质量评价指标。

似圆度即图形相对于标准圆的近似程度,数值上等于图形面积与最大半径平方的比值,再与 进行比较,可判断苹果的规整程度。似圆度不符合标准,表明形状不符合标准。

体积为判断苹果大小的指标,间接判断苹果质量。苹果的密度差别不大,得到了体积,也就相当于知道了其质量。

根据 R、G、B 各颜色分量的灰度直方图可得到苹果的颜色、表皮光滑度等特征,据此可获得苹果色泽和表面平滑度等信息,是最直观的信息。

根据这 5 个指标参数可以得到对一个苹果的大致评价。

## 2 指标数据获取

将数码相机获得的苹果原始图像(JPEG 格式)转换为位图格式(BMP 格式),然后分别获得同一个苹果的俯视图(图 1(a))和侧视图(图 1(b)),对这些图像数据做以下处理得到苹果评价指标数据。

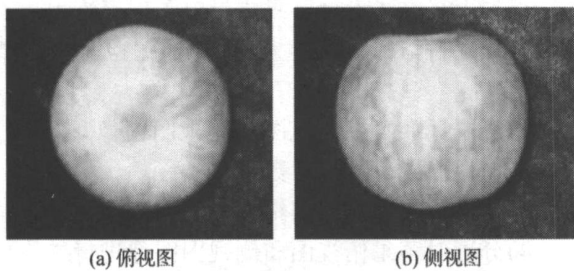


图 1 苹果原始图像

Fig. 1 Planform (a) and side view (b) of apple

为了取得较为精确的指标参数值,在生成苹果图像时,以深暗色为背景色,最好是反射率较低的黑色,这样得到的图像更能突出实物和背景的差别。

### 2.1 似圆度

通过对苹果俯视图(图 1(a))的处理获取似圆度指标数据,它是计算苹果体积的前提参数。首先根据图片获得合适的阈值,然后对图片进行二值化处理,获得苹果的轮廓图像,在此基础上进行似圆度计算。

对图像进行二值化处理,可将实物图像与背景明显区分开来<sup>[4]</sup>,在随后的图像处理中,只需考虑苹果轮廓内的像素,而将大量无用的背景图像素点

舍弃,从而可大大提高数据处理的有效性和检测速度。

为了使二值化图像尽可能多的保留原图像的特征信息,阈值的选取成为整个处理过程中的关键。苹果的数据源图像轮廓分明,具有明显的二值倾向,所以采用微分直方图方法确定其阈值。按每一灰度值  $j$  对应的  $g_j$  做直方图。微分直方图中最大值所对应的灰度值就是所要求的阈值,它表示这一灰度值所对应的图像中变化率最大的部分。得到二值化所需的阈值后,即可对图 1 进行二值化处理,结果见图 2。

二值化处理结果直接影响指标参数的数据精度。在计算阈值过程中,如需提高二值化图像质量,可采用像素点的 8-邻域来计算微分直方图,在速度要求更为重要的情况下,也可考虑采用一定的采样间隔对像素点进行遍历。

对图像进行二值化处理后,统计苹果轮廓图像内像素点数,得到俯视图中苹果面积  $A$ (图 2(a)),再计算苹果图像轮廓最大直径像素数,即俯视图中苹果直径  $d$ ,根据式(1)得到苹果似圆度

$$= A / (d/2)^2 \quad (1)$$

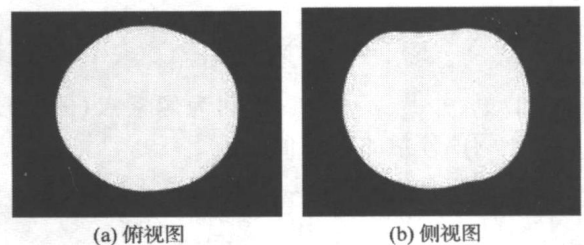


图 2 二值化苹果图像

Fig. 2 Binary planform (a) and binary side view (b) of an apple

### 2.2 体积

得到苹果似圆度后,根据其二值化后的侧视图(图 2(b))计算苹果体积。采用积分的思想,将苹果轮廓图分解成若干个球台(图 3),其体积

$$V_i = \pi \times (R_i^2 + R_{i+1}^2 + R_i \times R_{i+1}) \times H/3 \quad (2)$$

式中:  $R_i$  和  $R_{i+1}$  为球台上下底面半径;  $H$  为球台高。对所有球台体积求和,得到苹果体积

$$V = \sum V_i \quad (3)$$

这里做了一个近似,即认为苹果所有横切面的似圆度相等。这样求得的体积是以图像的像素数为计量单位的,在最后的应用中要与苹果真实体积进行等比例变换。为了更精确地得到苹果的体积,可取每

个球台高  $H$  为 1 个像素进行计算,即  $H$  取 1。

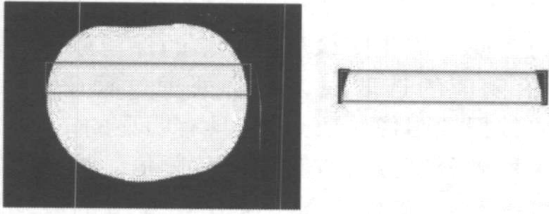


图 3 苹果轮廓分解示意图

Fig. 3 Schematic diagram of apple outline analysis

### 2.3 RGB 灰度直方图

苹果表面色彩是重要的检测指标之一。在对苹果图像进行处理时,需要分别统计出  $R$ 、 $G$ 、 $B$  每个颜色分量的灰度直方图,根据被检测图像与标准苹果图像灰度直方图的标准差进行颜色判定<sup>[5-7]</sup>。

在对苹果图像进行扫描的过程中,要进行二值图的转换,并要对图像中苹果图像区域进行各颜色分量的统计和面积的计算。采用式(4)~(6)统计苹果图像区域各颜色分量各灰度级像素个数。

$$S_{r,i} = \sum_{y=0}^n \sum_{x=0}^m f_{r,i}(x,y) \quad (4)$$

$$S_{g,i} = \sum_{y=0}^n \sum_{x=0}^m f_{g,i}(x,y) \quad (5)$$

$$S_{b,i} = \sum_{y=0}^n \sum_{x=0}^m f_{b,i}(x,y) \quad (6)$$

式中:  $f_{r(x,y)}$ 、 $f_{g(x,y)}$ 、 $f_{b(x,y)}$  分别为像素点  $(x,y)$  的  $R$ 、 $G$ 、 $B$  颜色分量的灰度值

$$f_{r,i}(x,y) = \begin{cases} 1 & f_r(x,y) = i \\ 0 & f_r(x,y) \neq i \end{cases}$$

$$f_{g,i}(x,y) = \begin{cases} 1 & f_g(x,y) = i \\ 0 & f_g(x,y) \neq i \end{cases}$$

$$f_{b,i}(x,y) = \begin{cases} 1 & f_b(x,y) = i \\ 0 & f_b(x,y) \neq i \end{cases}$$

$i \in [0, 255]$ 。

由于苹果大小不尽一致,故在相同摄影条件下所得图像中苹果区域面积也不相同,这样就造成不同图像中苹果区域像素总数不一致的情况,对灰度直方图灰色值的直接比较也就没有意义。为此,以各颜色分量灰度级像素个数与总像素数的比值代替各灰度级统计个数,即

$$T_{r,i} = S_{r,i} / S \quad (7)$$

$$T_{g,i} = S_{g,i} / S \quad (8)$$

$$T_{b,i} = S_{b,i} / S \quad (9)$$

式中:  $T_{r,i}$ 、 $T_{g,i}$ 、 $T_{b,i}$  分别为  $R$ 、 $G$ 、 $B$  灰度级像素个数与总像素数的比值;  $S$  为图像中苹果区域总像素数。对统计出的待检测苹果各颜色分量数据与标准苹果各颜色分量数据进行均方差计算,即可得到根据色彩进行判断的指标数据

$$r = \sqrt{\sum_{i=0}^{255} (t_{r,i} - T_{r,i})^2}$$

$$g = \sqrt{\sum_{i=0}^{255} (t_{g,i} - T_{g,i})^2}$$

$$b = \sqrt{\sum_{i=0}^{255} (t_{b,i} - T_{b,i})^2} \quad (10)$$

式中:  $t_i$  和  $T_i$  分别为待检测和标准苹果图像灰度级像素个数与总像素数比值。

### 3 检测方案设计

在实际苹果质量检测过程中,还需要确定几个指标参数的容差范围,允许被检测苹果和标准苹果有一定的偏离度。如被检测苹果各项指标数据处于容差范围内,即为合格产品;反之,则不合格。容差范围取值可根据不同苹果品种和具体检测的不同要求结合试验确定。

根据上述方法设计苹果质量检测程序流程:

- 1) 确定各指标参数容差范围(根据检验精度要求确定);
- 2) 摄取标准苹果俯视图和侧视图图像,按照 4)~6) 提取标准苹果指标参数数据;
- 3) 摄取被检测苹果俯视和侧视图图像;
- 4) 分别对苹果俯视图和侧视图图像进行二值化处理,根据二值化后的苹果俯视图计算苹果似圆度;
- 5) 利用 4) 得到的似圆度对二值化后的苹果侧视图进行处理,求得苹果体积;
- 6) 根据二值化时记录的图像像素  $RGB$  数据,统计苹果图像  $R$ 、 $G$ 、 $B$  各颜色分量的灰度级像素个数;
- 7) 根据 1) 确定的各指标参数的容差值,分别对各个指标参数数据进行判断,输出检测结果。

不同品种的苹果,评价标准也不相同,只需确定标准苹果图像,程序即根据此标准进行判断。

本文中所处理的苹果图像是在相同摄影条件下得到的。在流水线操作台上,采集图像的数码相机是固定在检测台上的,这样保证了相机焦距相同且实物与镜头间距离也较固定;此外苹果成像背景要与苹果本身颜色有较强的反差,这样生成的苹果图

像规格一致且二值倾向明显,不需对图像进行复杂处理即可得到较好的苹果轮廓图像。如需对苹果进行更精确的质量检测,例如有无虫斑、虫斑大小,以及有无溃烂等,可以考虑采用三维拍摄模式,即架设4台数码相机,1台获取俯视图,其他3台以苹果为中心,呈120°排列,分别获取苹果不同侧面图像,并采用更为精细的图像处理方法,就可以满足苹果精确检验的要求。

#### 4 结束语

利用本文中提出的图像处理技术可以从外形和色泽2个方面对苹果质量进行自动检测,效率较人工检测有很大提高,且质量标准也更容易确定。在笔者开发的项目中,数码相机所获取的苹果图像格式为2 272 ×1 704 像素位图图像,完整检测1个苹果的用时短于0.9 s,满足实时检测的时间要求。

#### 参 考 文 献

- [1] 李庆中. 苹果自动分级中计算机视觉信息快速获取与处理技术研究[D]. 北京:中国农业大学,2000
- [2] 韩冬海,刘新鑫,涂润林. 果品无损检测技术在苹果生产和分级中的应用[J]. 世界农业,2003(1):42~44
- [3] 范宗珍. 提高苹果外观质量的技术措施[J]. 甘肃农业,2004(12):95.
- [4] 方敏,叶锋,刘泓. 基于自组织特征映射网的彩色图像二值化方法[J]. 信号处理,2003,19(1):11~14
- [5] 张远鹏,董海,周文灵. 计算机图像处理技术基础[M]. 北京:北京大学出版社,1996:122~123
- [6] 田涌涛,李霞,王有庆,等. 基于采样的直方图生成方法[D]. 计算机工程,2002,28(12):34~35
- [7] 梁祥君,吴国忠,程文娟,等. 颜色直方图在彩色物料识别中的应用[J]. 安徽机电学报,2000,15(1):39~40

www.cnki.net