

基于图像处理的果蔬自动分等包装生产线的设计与开发

刘丹丹, 孙秋花, 彭彦平

(大连工业大学, 大连 116034)

摘要: 设计开发了一种基于图像处理的果蔬按大小分等及包装的自动化生产线。通过采集和处理果蔬图像, 计算出了反映果蔬大小的尺寸参数, 实现了形状大体为球形的果蔬在采摘和人工适当处理后, 直接进行自动分等和自动包装的功能。该生产线既能提高工作效率, 又能更好地保证果蔬的质量。

关键词: 图像处理; 果蔬分等及包装; 自动生产线

中图分类号: TB486⁺.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)17-0032-04

Design and Development of Automatic Grading and Packing Production Line for Fruits and Vegetables Based on Image Processing

LIU Dan-dan, SUN Qiu-hua, PENG Yan-ping

(Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

Abstract: An automatic grading and packing production line based on image processing was designed and developed. By acquiring and processing the image of fruits and vegetables, and calculating the parameter reflecting the size of them, the line can grade and pack the picked and properly processed fruits and vegetables with approximately spherical shape automatically. The automatic line improves the working efficiency and ensures the quality of fruit and vegetable.

Key words: image processing; grading and packing of fruits and vegetables; automatic production line

随着我国农业的发展, 传统的小户种植, 分散经营的果蔬种植、加工方式, 已经无法适应激烈的市场竞争, 集中化、批量化的果蔬生产、销售模式成为了大的趋势。这就要求在重视优质果蔬培育的同时, 必须更加注重果蔬贮藏、运输过程中的包装^[1-2]。

为了缩短果蔬的流通时间, 保证果蔬质量, 对采摘后的果蔬按大小进行分等及包装处理, 达到可直接销售的程度, 成为果蔬生产销售一条龙过程中不可缺少的一部分。果蔬自动化、半自动化包装设备逐渐得到广泛使用^[3], 但以往都是靠人工分等级, 既费时费工, 又难以保证分等的客观性和准确性。有些企业采用机械孔式果蔬分等设备, 但筛选果蔬的机械孔必须根据果蔬的种类经常更换, 成本较高; 同时, 在分等的过程中, 机械孔经常会擦伤果蔬表面, 从而影响果蔬质量。

设计开发的基于图像处理的果蔬自动分等及包装生产线, 是采用 CCD 图像传感器对果蔬进行图像

采集, 通过对采集图像进行处理和分析, 计算出反映果蔬大小的尺寸参数, 来对果蔬进行大小分等, 并进行包装的设备^[4]。由于分等是按尺寸大小的范围进行的, 所以对图像传感器的精度和尺寸测量精度要求都不高, 这样就可以大大地提高图像处理速度, 提高生产线的生产率。生产线既可以对形状大体为球形的多种果蔬进行分等和包装, 又不会对果蔬造成损伤; 同时, 还可以对果蔬产地、品种、等级、生产日期等信息进行登记管理, 能够满足果蔬实际生产与流通过程中的加工处理要求。

1 果蔬分等及包装工艺设计

果蔬在采摘和人工适当处理后, 放到生产线的传输带上, 由间歇移动的传输带步进向前输送, 传输带上设有果蔬承载随行托盘, 当随行托盘载着果蔬移动

收稿日期: 2011-07-08

作者简介: 刘丹丹(1987—), 女, 辽宁大连人, 大连工业大学硕士生, 主攻机械工程及自动化。

通讯作者: 彭彦平(1962—), 男, 辽宁沈阳人, 博士, 大连工业大学教授, 主要研究方向为测试测量技术、轻工业机械。

到图像采集摄像头下方时,摄像头采集果蔬的图像,然后图像由系统进行快速处理,并计算出反映果蔬大小尺寸的参数。系统会根据设定的分等条件,决定该果蔬的等级,并将处理后的果蔬图像、果蔬尺寸参数、果蔬等级显示在显示器上;同时系统会给该果蔬一个顺序号,并把该果蔬等级和顺序号作为决定该果蔬下一步走向的依据。果蔬承载随行托盘为一个碗状托盘,适合近球状类果蔬的输送,托盘底侧部由4片可开合的叶片组成。当托盘底侧部叶片打开时,果蔬从托盘底部落下,在垂直方向上,以稳定的姿势落在包装保鲜膜上,并由包装机构自动完成包装;包装后的果蔬由系统按该果蔬的顺序号和等级,输送到指定的该等级果蔬的收集槽中,然后可进行装箱、封箱等操作。果蔬自动分级及包装工艺过程见图1。

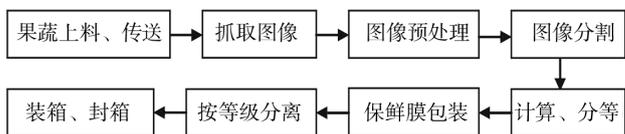


图1 果蔬自动分等及包装工艺过程

Fig. 1 The process of fruits and vegetables automatic grading and packing

2 生产线总体方案设计

2.1 生产线构成

生产线主要由滚筒传输带、随行托盘、图像采集装置、图像处理系统、保鲜膜包装机构、按等级的分离机构、控制系统等构成,生产线的布局见图2。

对于有些果蔬需要人工进行适当处理之后,才能分等包装,如卷心菜,在分等包装前需要将根部切齐,去掉较老的外叶等,因此本生产线采用人工对果蔬处理后,直接装载到滚筒传输带上的随行托盘中的方式上料,这样也可避免二次果蔬自动供料带来的麻烦和对果蔬表面造成的损毁。人工上料后,生产线将自动完成图1中的中间几个工艺过程,由于保鲜膜包装花费时间较长,所以生产线用了2组保鲜膜包装机构和相应的按等级分离机构。装箱由人工完成,封箱由自动封箱机完成,同时要在包装箱上人工贴上有产地、品种、等级、数量、日期、保鲜期等果蔬信息的打印记录纸。

2.2 机构及工作原理

1) 滚筒传输带:输送滚筒由动力滚筒和无动力

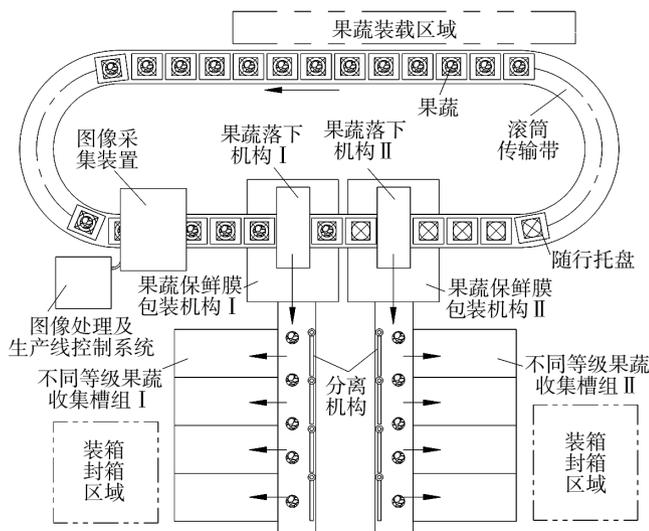


图2 自动分等及包装生产线的布局

Fig. 2 The layout of automatic grading and packing production line

滚筒2部分组成。托盘的移动是由有动力滚筒驱动的,驱动速度可调;无动力滚筒主要是起到支承托盘的作用,在无动力滚筒上托盘是一个推一个前移的。通过调节动力滚筒的速度,可以平衡图像采集和保鲜膜包装的节拍。滚筒传输带输送过来的托盘,在图像采集及果蔬落下机构处均设有托盘定位机构,保证图像采集和落下位置的准确性。

2) 随行托盘:托盘结构见图3,由托盘架、叶片、

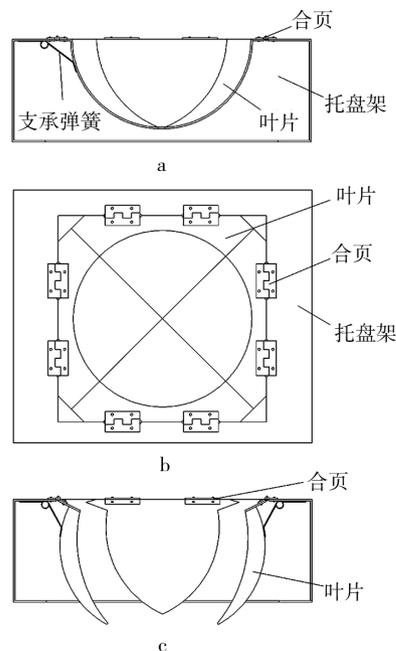


图3 托盘的结构示意

Fig. 3 Sketch map of the tray structure

合页、支承弹簧组成。叶片共有 4 片,在弹簧力的作用下,4 片叶片形成一个碗状,见图 3a 和图 3b,可以用来承载果蔬。当需要使果蔬下落到保鲜膜包装机机构位置时,落下机构在气缸的作用下,向下推动叶片靠近合页的部位,使叶片绕合页轴向下翻转,果蔬落下,托盘由支架支承,在传输带上移动。

3) 图像采集装置:主要由 30 万像素 CCD 摄像头,以及照明光源、托盘定位机构、拍照指令开关构成,功能就是采集果蔬的图像。

4) 图像处理系统主要是软件系统,功能是完成图像的处理,提取反映果蔬大小的参数。

5) 保鲜膜包装机构:使用已有的保鲜膜包装机,完成用保鲜膜包装果蔬的动作,包装后送到分离机构的传送带上。

6) 分离机构:由保鲜膜包装机运送过来的果蔬,系统将根据其顺序号、等级,通过分离机构,把果蔬推到相应的收集槽中。

7) 控制系统:由 PLC 控制系统,控制图像采集、图像处理、以及整条生产线的各个机构动作的协调运转。

3 果蔬图像处理及参数计算

果蔬分等对图像处理精度要求不高,但要保证图像正确,并采取合适的处理方法^[5]。传送带运送过来的果蔬,从到达图像采集装置到离开的这段时间内,系统必须完成该目标果蔬的图像采集、处理和计算工作,因此必须有较高的图像处理与信息传输速度。

3.1 图像预处理

实时采集的图像上存在着许多干扰因素(如光照变化,摄像头本身噪声等),对图像分割、识别和信息提取具有直接的影响,因此对实时采集的图像需进行滤波处理。空间域常用的滤波算法主要有邻域平均、中值滤波和其他低通滤波技术等,其中中值滤波对脉冲状和点状、椒盐噪声有很好的抑制作用,而对图像边沿能较好的保留,因此,结合生产线采集图像的特征,采用中值滤波的方法对图像进行预处理。

3.2 图像分割

3.2.1 边缘检测及提取

要计算果蔬的尺寸参数,必须对其图像进行边缘检测和提取。图像边缘为灰度值急剧变化的部分,所以将微分作为提取函数变化部分的运算,能够在边缘

检测与提取中利用。微分运算有一阶微分(梯度运算)和二阶微分(拉普拉斯运算),这 2 种微分都可以用在边缘的检测与提取中^[6]。对于一阶微分运算,人们提出了许多边缘检测算子,如:灰度差分绝对值之和算子,灰度梯度向量平方算子,Roberts 算子,Sobel 梯度算子等,利用上述 5 种算子对果蔬图像边缘进行提取,通过比较,决定采用灰度差分绝对值之和算子进行边缘检测。

灰度差分绝对值算子是根据图像灰度变化的一阶导数是否处于极值的原理进行奇异点检测的,即提取出以点 (x, y) 为中心的 3×3 的灰度分布子集 W ,对点 (x, y) 及其相邻 2 点作差分运算,提取该点灰度值的变化大小。运算公式如下:

$$H(x, y) = \sum_{(x, y) \in W} [|f(x, y) - f(x, y - 1)| + |f(x, y) - f(x - 1, y)|] \quad (1)$$

式中: $f(x, y)$ 为像素 (x, y) 的灰度值; $H(x, y)$ 为灰度差分绝对值。

边缘提取出来后,对边缘点进行坐标保存(为计算尺寸参数做准备)。

3.2.2 二值化

对几种常用的二值化阈值确定算法进行研究,确定采用类间方差法确定阈值,对果蔬图像进行二值化处理,其具体原理如下^[7]。

求出灰度图像的归一化直方图,假定图像包含 G 级灰度 $(1, 2, \dots, i, \dots, G)$,占据第 i 级灰度的像素总数有 n_i 个,那么整幅图像的所有像素为 $N = \sum_i n_i$,则像素的出现概率为 $P_i = \frac{n_i}{N}$ 。设要选的阈值为 T ,把所有

像素分成 2 个部分 c_1 和 c_2 ,分别代表背景和目标。 c_1 代表灰度值为 $(1, 2, \dots, T)$ 范围内的像素, c_2 代表灰度值为 $(T+1, T+2, \dots, G)$ 范围内的像素,求出 c_1 和 c_2 2 部分的出现概率 ω_1 和 ω_2 及其均值 μ_1 和 μ_2 。

可以证明,最优阈值 T 将使类间偏差 σ_B^2 达到最大:

$$\sigma_B^2 = \omega_1 \omega_2 (\mu_1 - \mu_2)^2 \quad (2)$$

图像处理系统坐标系和处理后的卷心菜图像见图 4。

3.3 参数计算

果蔬尺寸参数的计算步骤如下:

1) 比较所有边缘点 $P_i(x_i, y_i)$ 的坐标值,从中选取横坐标极大值与极小值点 $P_a(x_{\max}, y_a)$ 和 $P_b(x_{\min},$

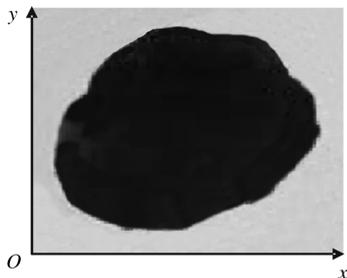


图4 处理后的图像

Fig. 4 The processed image

y_b), 纵坐标极大值与极小值点 $P_c(x_c, y_{\max})$ 和 $P_d(x_d, y_{\min})$ 。

2) 根据公式 $R = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$, 分别计算 $P_a P_b$ 和 $P_c P_d$ 之间的距离 R_{ab} 和 R_{cd} 。

3) 比较 R_{ab} 和 R_{cd} , 令 R_{\max} 取其中较大的值, 即 $R_{\max} = \max\{R_{ab}, R_{cd}\}$ 。

把 R_{\max} 与事先设定的分等数值依次进行比较, 确定出 R_{\max} 所属的等级范围, 从而对该果蔬进行分等, 最后由控制系统下达指令, 将该果蔬运送、分离到指定收集槽中。

4 结语

本生产线通过采集和处理果蔬图像, 计算果蔬尺寸参数, 实现了果蔬的自动分等和包装。生产线由 PLC

控制系统控制, 实现了果蔬间歇传送、图像采集、图像处理、处理结果记录、保鲜膜包装、按等分离的自动化, 适合尺寸在 300 mm 以下的果蔬的分等包装。其包装处理能力约为 1 500 个/小时, 能够自动记录产地、等级、数量、日期等与果蔬相关的信息, 并满足果蔬实际生产的要求。

参考文献:

- [1] 张瑞宇. 现代物流中果蔬保鲜包装技术及其研究进展[J]. 包装工程, 2003, 24(1): 71-73.
 - [2] 王亮. 我国蔬菜保鲜包装大发展现状[J]. 中国果菜, 2009(4): 51-52.
 - [3] 梁健, 张聪, 吴玉发, 等. 蔬菜洁净保鲜包装成套设备的研究开发[J]. 现代农业装备, 2009(7): 52-54.
 - [4] 黄志昌. 自动化生产设备原理及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
 - [5] 薛琴, 陈玮, 蒋雯, 等. 数字图像在零件尺寸测量中的应用[J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(7): 117-119.
 - [6] 陈兵旗, 孙明. Visual C++ 实用图像处理专用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
 - [7] 苏光大. 微机图像处理系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
-
- (上接第 19 页)
- [2] BARITELLE A, HYDE G M. Strain Rate and Size Effect on Pear Tissue Failure [J]. Transaction of the ASAE, 2000, 43(1): 95-98.
 - [3] Van ZEEBROECK M, TIJSKENS E, DINTWA E, et al. The Discrete Element Method (DEM) to Simulate Fruit Impact Damage during Transport and Handling: Case Study of Vibration Damage during Apple Bulk Transport[J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 41: 92-100.
 - [4] 卢立新, 王志伟. 苹果跌落冲击力学特性研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 254-258.
 - [5] 卢立新, 王志伟. 跌落冲击下果实动态本构模型的构建与表征[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 238-241.
 - [6] 王俊, 许乃章, 胥芳. 桃子冲击力学特性及其与桃子硬度的数学模型[J]. 农业机械学报, 1994, 25(4): 58-62.
 - [7] 王俊, 腾斌. 桃下落冲击动力学特性及其与坚实度的相关性[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 193-197.
 - [8] 卢立新. 跌落损伤脆值及损伤边界[J]. 包装工程, 2005, 26(6): 1-4.
 - [9] 潘嘹. 典型果品机械损伤及其防护机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
 - [10] GB/T 10651-2008, 鲜苹果[S].