

基于机器视觉的方便面包装品质检测系统设计

陈慧丽, 李继伟

(郑州科技学院, 郑州 450064)

摘要: **目的** 设计一套基于机器视觉的方便面包装品质检测系统, 以解决人工检测人眼易产生疲劳和不稳定的问题, 提高包装品质在线检测效率。**方法** 给出方便面包装品质检测系统的整体设计方案, 阐述硬件设计结构和软件设计流程, 分析机器视觉检测系统的原理和过程。**结果** 采用机器视觉的方便面包装品质检测系统具有较高的生产工艺识别率。**结论** 该检测系统具有较低的过检率、漏检率, 以及较高的检测效率, 能够满足生产需求。

关键词: 方便面包装; 机器视觉; 检测系统; 系统设计

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)13-0159-05

Detection System Design of Instant Noodle Packaging Quality Based on Machine Vision

CHEN Hui-li, LI Ji-wei

(Zhengzhou University of Science and Technology, Zhengzhou 450064, China)

ABSTRACT: The work aims to design a set of instant noodle packaging quality detection system based on machine vision to solve the problems of fatigue and instability caused by manual detection, and improve the efficiency of online testing of package quality. The overall design scheme of the instant noodle packaging quality detection system was given, and the hardware design structure and the software design flow were described; besides, the principle and process of machine-vision detection system were analyzed. The results showed that the instant noodle packaging quality detection system using machine vision had a higher recognition rate of the production process. The detection system has low detection rate, low misdetection rate and high detection efficiency, which can meet the production demand.

KEY WORDS: instant noodle packaging; machine vision; detection system; system design

方便面生产中常见的包装缺陷有缺少叉子和调味包等, 其通常采用人工添置, 由于生产线的速度过快, 人工检查投补的方法存在较多的问题^[1-3]。生产线上配置了较多的工作人员, 带来了较高的生产成本和增加了管理难度; 长时间的人眼检测会造成视觉疲劳, 会带来误检率和漏检率较高的风险, 严重降低了生产的效率^[4]。目前计算机视觉技术在一些产品检测过程中得到了一定的应用, 由计算机代替监控人员对包装品质图像进行检测^[5-10], 计算机视觉同时具备人眼和人脑的功能, 能够很好地检测出产品包装的缺陷, 具有速度快和信息量大等优点。文中将机器视觉技术应用于方便面包装品质检测系统, 代替人眼来识别包装过程中缺少叉子或调味包等的缺陷产品, 并对该缺陷作出相应的处理。

1 系统总体设计

1.1 机器视觉技术

机器视觉技术^[11-13]是指采用图像摄取装置来实现所监测目标到图像信号的转化, 并将信号传送到图像处理装置, 图像处理系统对采集来的图像信号进行特征提取, 从而识别出该目标是否存在缺陷, 并根据识别结果来控制设备动作。

在实际的工业生产过程中, 机器视觉系统主要由照明单元、图像采集单元、图像处理单元、判断决策单元以及控制执行单元等组成, 其典型系统见图1。该机器视觉检测系统的基本原理为: 已生产完毕的方便面的图像采用工业相机进行采集, 并对采集的图像

按检测目的进行分析,进而判断方便面是否缺少叉子或调料包。

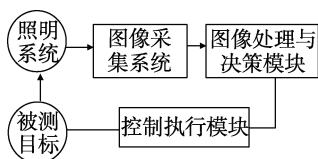


图1 机器视觉系统

Fig.1 System diagram of machine vision

1.2 系统总体结构

检测系统结构见图2,该系统的主要组成部分包括光电触发开关、工业 I/O 卡、声光报警装置、工控 PC 机、触摸屏显示器、处理软件和视觉单元,其中视觉单元由 USB 工业相机、镜头和球形光源等组成。

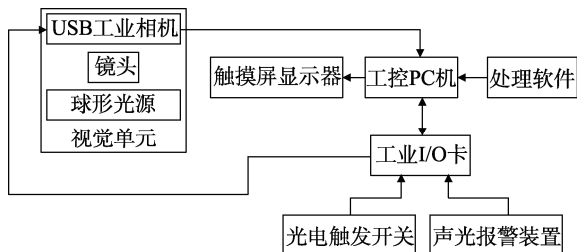


图2 检测系统结构

Fig.2 Structure block diagram of detection system

该检测系统的具体检测过程:首先开启检测系统并打开照明电源,采用光源调节器调至合适的亮度;接着通过光电传感器判断生产线检测区域是否出现新的产品,若出现新的产品,则将输入信号传送至工业 I/O 卡,工业 I/O 卡将输出信号传送至 USB 工业相机,送至工业相机的信号使其产生拍照指令,对检测区域的产品图形进行拍照和采集,并送至工控 PC 机;最后工控 PC 机通过处理软件对采集的图形进行判断,并在触摸屏显示器上显示检测到的结果,若检测判断出存在缺陷的产品,工业 I/O 卡将发出报警信号至报警装置,声光报警装置开始发出报警,提醒工作人员及时采取措施,从而完成 1 次检测。该检测系统的流程见图 3。

2 硬件设计

硬件系统的高效运行是检测系统可靠运行的重要保证,主要的硬件系统由照明系统、图像采集系统(工业相机和镜头)、光电传感器、工业 I/O 卡、工控 PC 机等组成。

2.1 照明系统

照明系统是关键部件之一,由光源和光源控制两大部分构成,它对图像采集质量以及应用效果都有重大影响。为提高采集图像的效果,需安装额外的照明

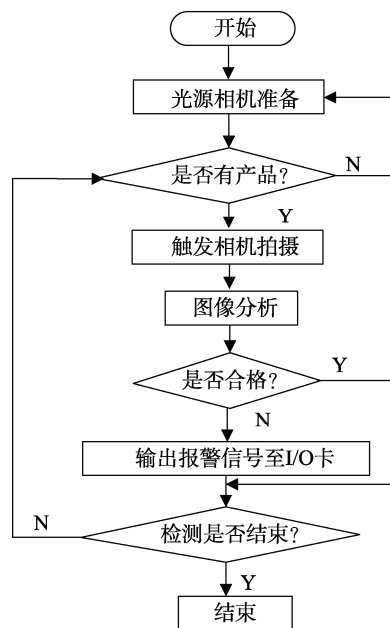


图3 检测系统流程

Fig.3 Flow chart of detection system

系统。LED 光源具有自由度大、寿命长、响应时间较短、成本较低以及照明光线波长可选择等优势,因此这里采用 LED 光源。检测系统 LED 光源信号的型号为 OPT-RID180 球积分光源,该光源是由奥普特公司所生产,具有 24 V 的启动电源,14 W 的功率,长 198 mm,高 67 mm,内壁采用半球面,光源底部以 360°均匀反射出光线,保证图像的均匀照度,对表面呈现凹凸的物品检测效果较好,满足检测需求。

为节约成本和满足性能要求,光源控制器采用型号为 OPT-AP1024-2 的 AP 模拟光源控制器,该光源控制器具有 2 路通道,能够同时为 2 个 24 V 光源的工作进行控制,不仅能够较好地满足文中的性能要求,同时还具备外部扩展功能。

2.2 图像采集系统

作为视觉检测系统的关键部件以及重要环节,图像采集系统对图像质量和系统运行模式起着至关重要的作用。检测系统采用 USB 工业相机方式,包装信号经过相机采集并传送至 PC 机进行处理,主要的硬件部分包含工业相机和镜头。

工业相机的主要功能是将光信号转变为图像信号,是检测系统的“眼睛”,根据实际需求以及性能特性,采用型号为 ARTCAM-098MI-C 的 CCD 彩色工业相机,该款相机由 ARTARY 公司生产,接口为 USB 2.0,采用 USB 端口的直流 5 V 供电,采用 H0514-MP 型号的工业镜头。

2.3 光电传感器

光电传感器主要用于相机拍照的触发,当方便进入拍摄区域内,触发光电传感器,将信号传送至系

统进行拍照。应充分考虑光电传感器的响应时间和检测灵敏度, 这里采用型号为 E3JK-R4M2-US 的光电传感器。

2.4 工业 I/O 卡

工业 I/O 卡主要用于接收输入信号并发送输出信号, 是 PC 机与其他设备的桥梁。该系统采用型号为 PCI-1750 的数据采集工业 I/O 卡, 该卡具有 16 位光隔离的输入和输出通道, 光隔离在抗干扰方面能力较强, 且系统可具备足够的通道。另外, 该卡上装有 8254 的定时器/计数器, 提供了 16 位定时器 0、16 位定时器 1 以及 16 位的计数器, 定时功能十分方便精确。该卡完全能够满足检测系统的性能需求。

2.5 工控 PC 机

工控 PC 机是一款满足工业现场运算处理的计算机, 应具备较好的抗干扰、抗震和防尘能力, 同时该 PC 机应配置供电可靠的电源。为此, 选用型号为 IPC-610H 的工控 PC 机, 同时配置对应的触摸显示屏、型号为 PCA-6010VG 的工业主板、双核处理器、内存条、网卡和鼠标键盘等内外部配件。

3 软件设计

软件部分是通过 VC++ 编程语言在 Windows 平台下实现的。该检测系统的软件部分主要由 I/O 接口、图像采集、图像处理、学习以及其他外围模块构成。

3.1 I/O 接口

I/O 接口的软件部分主要完成定时、光电传感器触发信号的检测、相机触发信号和某些信号报警的功能。其中定时功能的软件部分是通过 3 个函数来实现的, 具体的实现分别为: 将指定计数器配置为定时器, 当启动定时器并达到设定的数值时会产生一个中断; 允许或禁止中断事件; 检查中断事件的发生。通过上述 3 个中断函数, 并调整计数范围和检查中断事件后, 即可实现精度为毫秒级的计时和定时功能。输入触发信号检测的前提是输入通道的扫描和精确定时, 定时器的时间间隔设定完毕后便进行通道的扫描, 完成输入信号的检测, 根据返回的值来判断是否有输入信号。输出信号是通过自带函数完成的, 该函数将需要输出的数据写入某个输出端。

3.2 图像采集

图像采集的软件部分主要是初始化相机和采集传输图像的数据, 相机属性的设置通过接口指针来实现, 主要属性有图像尺寸的获取、图像采集的模式是否为触发模式、颜色通道增益取值的设定、整台相机增益的设定以及相机曝光时间的设定等。相机照相的

程序模块则是获取图像数据函数和设定回调模式函数, 一旦检测到图像的数据到达, 图像处理函数将自动执行图像分析和处理功能。

3.3 学习模块

学习模块的软件部分主要包括分类采集学习数据和提取分类特征, 可分为学习界面和缺陷识别算法模块, 其中学习界面的软件功能是采集并分类新产品的学习图像以及更新或删除老产品的学习图像。

缺陷识别算法模块主要分为学习和分类 2 种工作模式, 学习模式是分类模式的基础, 在学习模式下取得最好的分类判别函数。分类模式则是在检测预处理图像的基础上来提取特征, 将这些特征代入上述的分类判别函数以作出分类判别。缺陷识别算法的主要步骤如下所述。

1) 选择主要特征。文中通过 HSI 颜色系统来提取方便面包装颜色特征 (H 为颜色的类型, S 为颜色的浓度, I 为光亮的强度), 首先将采取的 RGB 颜色空间转换成 HIS 颜色空间, 转换公式为:

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 2\pi - \theta & B > G \end{cases} \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3 \min(R, G, B)}{(R + G + B)} \quad (2)$$

$$I = \frac{R + G + B}{3} \quad (3)$$

$$\text{式中: } \theta \approx \arccos \frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - G)(G - B)}}; R,$$

G, B 分别为 RGB 颜色空间的不同分量。根据采集图像 HIS 颜色空间来提取方便面包装的特征, 鉴于 I 与包装的颜色无关联, 文中只根据 H 和 S 的颜色空间来分析。分别对方便面包装材料的典型特征进行分类, 计算每个像素点所对应的 H 和 S 值, 即可得到不同包装的 H 和 S 值, 因此包装特征可根据 H 和 S 的取值来识别。

2) 机器学习。机器学习的主要功能是依据给定的样本来估计系统的输入和输出关系, 进而准确地预测未知的输出^[14-15]。文中的学习样本是桶装方便面的特征区域图像, 主要的工作是从包装的学习样本中挖掘提取出判决函数, 在分类的过程中即可将检测图像的特征代入判决函数, 便可得到分类的结果。文中采用统计的方法得到方便面包装相对于图像背景的特征 HS 点的权重, 设定不同取值的权重阈值, 就可以对方便面包装的特征点进行提取。具体实现步骤: 采集一定数目的包装特征区域图像, 计算每个像素点的 H 和 S 值, 并针对 H 和 S 出现的次数, 统计特征点的权重取值和包装的特征 HS 点判别式。

3) 包装特征分类。机器学习求出了分类判别函数, 接着实现方便面特征点的分类。特征点的分类主

要包括三大步骤:图像预处理,即对检测区域进行定位,精确分割检测区域;特征抽取,即将所检测图像中的所有RGB像素点都转换为HS特征点;特征点分类,即根据像素点的HS取值,并结合机器学习过程中的特征权重,可取得像素点所对应的特征权重的阈值,再将该特征权重阈值代入特征HS判别函数名即可完成分类。

综上所述,方便面包装识别算法流程见图4。提取方便面包装特征后,需对其进行特征点分类,在机器学习过程中会保存对应的特征权重表,进而可以获得不同像素点所对应的特征权重阈值,再根据特征权重阈值和特征HS的判别公式对判断像素点进行类型确认^[16],最后将有效特征值的个数与阈值进行比较,从而判别出方便面包装是否有缺陷。

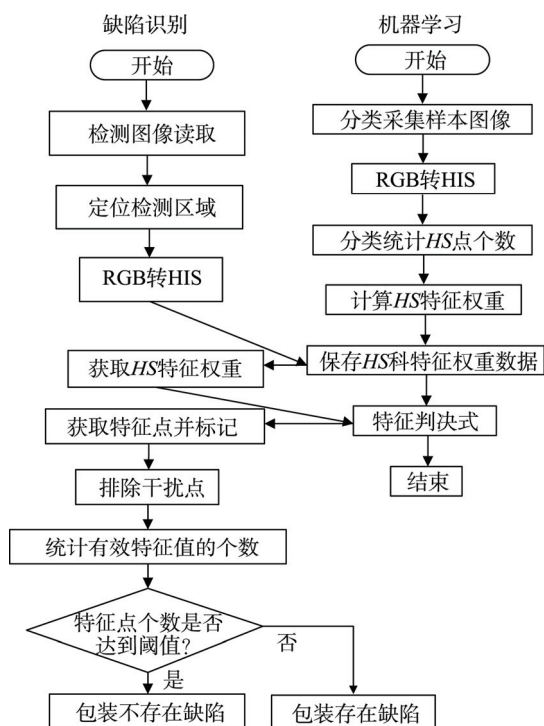


图4 识别算法流程

Fig.4 Flow chart of identification algorithm

3.4 参数设置

检测系统参数的设置主要完成读取和修改事先设置的参数,包括需检测的方便面种类、包装料包的数量、料包的特征阈值、料包的3种干扰阈值等,这些参数都是方便面包装质量检测系统的关键,参数类型选择错误或取值不恰当都会影响检测的结果,如方便面的种类及料包的数量会影响图像的特征取值,而料包的特征阈值和干扰阈值会影响像素点特征判决式的计算结果。以待检测方便面的名称作为识别标志进行参数的识别,而参数的修改则是在软件界面上对参数进行实时的更改,并通过配置文件进行保存。为保证参数修改的有效性,在参数修改时需输入设定的

操作密码,否则无法生效。

3.5 结果显示和保存

为保证检测结果的可观性,需将检测的结果实时显示在软件界面上,构成友好的人机界面。同时,将检测到有缺陷的方便面产品的结果图像进行实时保存,并按日期时间进行命名,方便工作人员分析产品的运行情况。

4 测试分析

在某方便面生产厂家进行了调味包的专项测试,该厂家方便面的生产速度为200包/min,测试方便面的数量为10 000包,进行了2次检测,检测系统依据文中原理进行设计。在方便面的检测期间,人工不参与手动补包,但是可以人为地将调料包拿掉,以对系统性能进行测试。该检测系统安装了吹气阀,一旦检测到生产出的方便面缺少调味包时,吹气阀便开始工作,将有缺陷的方便面包装排出生产线,并在测试全部完成时打开排出的方便面,检测这些方便面是否有调味包缺陷,完成对检测系统的认证。检测结果见表1。

表1 检测结果
Tab.1 Detection result

测试	检测数量	排出数量	漏检数量	过检数量	漏检率/%	过检率/%
1	10 000	84	0	4	0	0.04
2	10 000	68	1	3	0.01	0.03

从上述测试结果可以看出,检测系统的漏检率和过检率分别在0.01%和0.04%以内,能够达到较高的识别率。

5 结语

设计了一种基于机器视觉的方便面包装品质检测系统,阐述了系统设计的整体方案以及硬件、软件的实现,有效提高了检测系统的效率,避免了人眼检测造成的视觉疲劳和误差。该方案具有较低的漏检率和过检率,产品缺陷识别率较高,满足工业生产的需求,实际应用价值较大。

参考文献:

- [1] 罗菁,董婷婷,宋丹,等.表面缺陷检测综述[J].计算机科学与探索,2014,8(9):1041—1048.
LUO Jing, DONG Ting-ting, SONG Dan, et al. A Review on Surface Defect Detection[J]. Journal of Frontiers of Computer Science & Technology, 2014, 8(9): 1041—1048.
- [2] 周岩.方便面包装新机遇[J].塑料包装,2015,25(2):

- 18—20.
ZHOU Kui. The Opportunity for Chinese Packaging Industry during the Course of Instant Noodle Going to High-End[J]. *Plastics Packaging*, 2015, 25(2): 18—20.
- [3] 霍长凡. 桶装面外包装膜缺陷检测系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2014.
HUO Chang-fan. Design and Implementation of Detection System for Surface of Cups of Instant Noodles[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2014.
- [4] 黄志平, 刁建彬, 许亮, 等. 工业炸药包装缺陷在线检测方法研究[J]. *煤矿爆破*, 2014(4): 4—9.
HUANG Zhi-ping, DIAO Jian-bin, XU Liang, et al. An On-line Inspecting Method for Packing Defection of Industrial Explosives[J]. *Coal Mine Blasting*, 2014(4): 4—9.
- [5] 王瑶, 尤丽华, 吴静静, 等. 基于改进 SIFT 的图像快速自适应匹配算法[J]. *包装工程*, 2014, 35(11): 96—99.
WANG Yao, YOU Li-hua, WU Jing-jing, et al. Fast Adaptive Image Matching Algorithm Based on Improved SIFT[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(11): 96—99.
- [6] 林雯. 基于计算机视觉的物流包装严密程度检测系统[J]. *物流技术*, 2014, 33(1): 332—335.
LIN Wen. Study on Tightness Checking System of Logistics Packages Based on Computer Vision[J]. *Logistics Technology*, 2014, 33(1): 332—335.
- [7] 李颖, 黄守道, 孙洪林, 等. 基于计算机视觉的蜂窝陶瓷在线检测系统研究[J]. *计算机测量与控制*, 2014, 22(8): 25—28.
LI Ying, HUANG Shou-dao, SUN Hong-lin, et al. Research and Development of Honeycomb Ceramics' On-line Automatic Inspection System Based on Computer Vision[J]. *Computer Measurement & Control*, 2014, 22(8): 25—28.
- [8] 贾伟, 刘炜, 刘彦宾, 等. 一种在线运动物料袋智能图像计数方法[J]. *包装工程*, 2014, 35(21): 6—9.
JIA Wei, LIU Wei, LIU Yan-bin, et al. An Intelligent Image Counting Method of Online Moving Bags[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(21): 6—9.
- [9] 杨祖彬, 代小红. 基于图像配准的食品包装印刷缺陷检测与实现[J]. *计算机科学*, 2015, 42(8): 319—322.
YANG Zu-bin, DAI Xiao-hong. Printing Defects Detection and Realization in Food Packaging Based on Image Registration[J]. *Computer Science*, 2015, 42(8): 319—322.
- [10] 曾文艳, 王亚刚, 蒋念平, 等. 基于机器视觉的香烟小包装外观质量检测系统[J]. *信息技术*, 2014(1): 46—49.
ZENG Wen-yan, WANG Ya-gang, JIANG Nian-ping, et al. Study on Detection System for Appearance Quality of Cigarette Package Based on Machine Vision[J]. *Information Technology*, 2014(1): 46—49.
- [11] 薛峰, 陈川. 机器视觉技术发展及其工业应用[J]. *无线互联科技*, 2016, 27(13): 11—17.
XUE Feng, CHEN Chuan. Development of Machine Vision Technology and Its Industrial Applications[J]. *Wireless Internet Technology*, 2016, 27(13): 11—17.
- [12] 朱作付, 徐超, 葛红美. 机器视觉技术在包装领域的应用[J]. *包装工程*, 2010, 31(3): 124—127.
ZHU Zuo-fu, XU Chao, GE Hong-mei. Applications of Machine Vision in Packaging[J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31(3): 124—127.
- [13] 卞正岗. 机器视觉技术的发展[J]. *中国仪器仪表*, 2015(6): 8—11.
BIAN Zheng-gang. The Development of Machine Vision Technology[J]. *China Instrumentation*, 2015(6): 8—11.
- [14] 何清, 李宁, 罗文娟, 等. 大数据下的机器学习算法综述[J]. *模式识别与人工智能*, 2014, 27(4): 327—336.
HE Qing, LI Ning, LUO Wen-juan, et al. A Survey of Machine Learning Algorithms for Big Data[J]. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 2014, 27(4): 327—336.
- [15] 姜羽. 基于机器学习的网络流量分类算法研究[D]. 南京: 东南大学, 2015.
JIANG Yu. Research on Network Traffic Classification Based on Machine Learning[D]. Nanjing: Southeast University, 2015.
- [16] 吴浩. 基于机器视觉的铜条表面缺陷检测系统的研究[J]. *仪表技术与传感器*, 2016(7): 86—88.
WU Hao. Research of Copper Bar Surface Defects Inspection System Based on Machine Vision[J]. *Instrument Technique and Sensor*, 2016(7): 86—88.