

食品包装日期喷码检测系统设计

袁先珍

(广东轻工职业技术学院, 广州 510300)

摘要: **目的** 为了提高食品包装过程中喷码检测的准确度, 基于机器视觉提出一种喷码缺陷检测方法。**方法** 分析自动喷码系统结构和工艺流程, 包括搬运机械手、传送装置、喷码装置、检测装置等。以扫码检测为重点研究对象, 利用机器视觉采集图像, 通过图像处理算法实现喷码缺陷检测, 包括模板匹配算法和垂直投影方法。同时给出缺陷检测流程, 主要由图像分割、字符校正和分割、字符分割、缺陷检测等步骤组成。**结果** 实验结果表明, 所述喷码检测方法的识别成功率可以达到99%, 识别成功率较高。**结论** 该方法能够有效处理漏印等喷码缺陷, 可以代替人工实现食品包装的自动化分拣。

关键词: 喷码检测; 机器视觉; 模板匹配; 垂直投影

中图分类号: TS206; TP274 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)05-0109-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.05.015

Design of Date Printing Detection System for Food Packaging

YUAN Xian-zhen

(Guangdong Industry Polytechnic, Guangzhou 510300, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a method of inkjet defect detection based on machine vision, so as to improve the accuracy of inkjet detection in food packaging process. The structure and process flow of the automatic inkjet system were analyzed, including carrying manipulator, conveying device, inkjet device, detection device, etc. With scanning code detection as the key research object, the image was acquired by machine vision, and the inkjet defect detection was realized by image processing algorithm, including template matching algorithm and vertical projection method. At the same time, the defect detection process was presented, which was mainly composed of image segmentation, character correction and segmentation, character segmentation, defect detection and other steps. The experimental results showed that, the recognition success rate of the proposed inkjet detection method could reach 99%, and the recognition success rate was high. The proposed method can effectively deal with the defects such as missed printing and achieve the automatic sorting of food packaging in place of the manual work.

KEY WORDS: inkjet detection; machine vision; template matching; vertical projection

当前, 大多数产品的生产日期采用喷码的方式, 喷码作为一种表明或记录产品信息的重要途径, 其应用已十分广泛^[1-3]。喷码过程中仍有一些问题无法避免, 例如: 整体或部分漏喷、字符不清、喷码位置错误、个别字符不完整、字体不对等。喷码缺陷会影响

产品合格率、降低生产效率甚至引发食品安全事故。特别是食品包装行业, 产品生产信息的完整性至关重要。现有的喷码检测设备对漏喷、位置错误等缺陷的识别率较高, 但是针对字符不清、字体不对等缺陷往往无法取得理想识别结果, 因此, 如何确保喷码信息

收稿日期: 2019-03-21

基金项目: 广东省教育科研“十二五”规划(2012JK092)

作者简介: 袁先珍(1978—), 女, 硕士, 广东轻工职业技术学院副教授, 主要研究方向为教育信息技术、计算机应用。

完整性、剔除不合格产品是非常关键的^[4-7]。

传统生产模式对人工的依赖程度依旧很大,不仅效率低、劳动强度大,而且比较容易出差错。为弥补传统生产模式存在的诸多不足,机器视觉正全面取代人眼,成为图像、目标识别领域的主要手段^[8-11]。作为人工智能发展的方向之一,机器视觉具有非常广阔的前景。将目标物体转换为图像,经图像处理软件处理后,由数字图像处理技术得到物体的不同信息。基于识别结果进行判断,实现被控对象的实时操控。目前,机器视觉技术在诸多方面的应用已比较成熟,例如:物体轮廓形状识别、表面裂纹监测、人脸识别、字符识别等。食品加工过程中,生产日期非常容易出现问题模糊码、漏码、错印码、重叠码等情况。如果将机器视觉用于喷码缺陷检测,一方面可以降低劳动强度,另一方面可以有效提高检测准度、速度,提高生产效率、降低生产成本等^[12-16]。文中在现有研究的基础上,以食品包装过程中生产日期喷码缺陷为研究对象,结合机器视觉重点讨论喷码自检测系统,并通过具体实验验证所述检测系统的准确率。

1 自动喷码与检测

1.1 系统简介

包装盒自动喷码装置见图1,主要包括搬运机械手、皮带输送装置、喷码装置、扫码检测装置等,另外,还包括一些辅助装置,例如:声光报警器、显示装置、信号传感器等。

搬运机械手是一种直角坐标机器人,所用材料为铝型材;末端执行器为吸盘,采用真空发生器抽真空;纸盒位置由光电传感器判断,以决定是否执行相关动作;通过伺服电机和滚珠丝杠共同作用实现吸盘水平方向运动;料盘下方配备可竖直方向运动的丝杠,随纸盒数量减少而逐步上升。人工上料完成后,由搬

运机械手将纸盒逐个搬运到输送线上。

皮带输送装置的主要作用在于输送包装纸盒。为确保喷码过程的稳定性,传送带下方配备吸风式结构,这样包装纸盒就会被固定住;另外,传送带两侧配备导正机构,可在进入喷码工位前将包装纸盒调正。如此,皮带输送装置就可以在很大程度上避免纸盒移位,进而防止喷码倾斜。

喷码装置的核心部件为喷码机。文中所述喷码机选用热发泡技术,特点比较明显,例如:不漏墨、可垂直向下喷印、喷印条码精度可达到A级,分辨率高达600DPI,识别率高,同时可根据实际使用情况调整喷码机的具体位置。

扫码检测装置的核心部件为工业相机。扫码获取原始图像,通过图像处理算法分析条码判断是否存在缺陷。另外,如果出现读码失败的情况,工业相机会输出相关信号,此时系统可以选择停止并发出警报,也可以直接剔除扫码失败产品。

辅助装置主要包括信号传感器、声光报警器、人机交互装置等,其中人机交互装置具有运行/停止、手动/自动模式选择、急停、统计、存储等功能。同时可与厂区中控室进行网络连接,实现远程监控。

硬件方面,上位机选用PC机,可实现图像处理和分析。工业相机通过USB接口与图像采集卡相连,图像采集卡则通过网口与PC机进行通讯。下位机选用PLC,接收PC机指令,控制机械手实现残次品的剔除。另外,工业相机可响应光电传感器,判断是否进行图像抓取。

1.2 工艺流程

根据实际生产过程中,整个系统对喷码的要求,设计相关工艺流程,见图2。

1) 包装纸盒由人工码放整齐并放置在设备放料口工位。

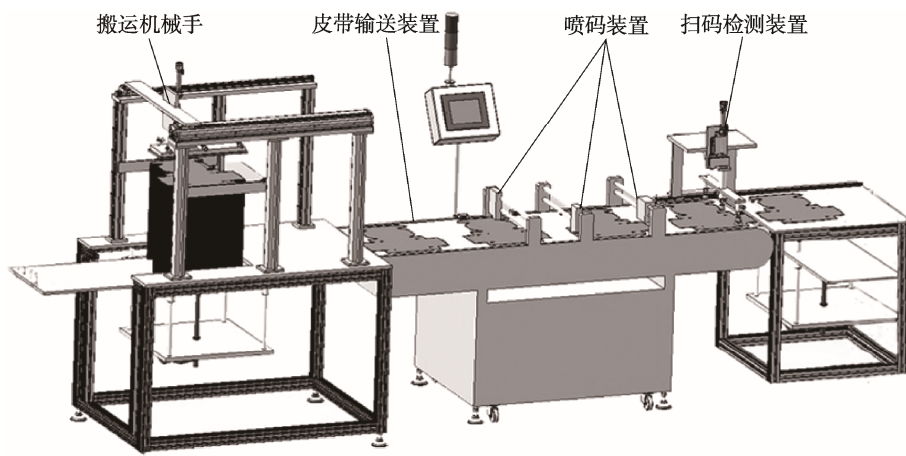


图1 包装盒自动喷码装置

Fig.1 Automatic inkjet device for packaging box

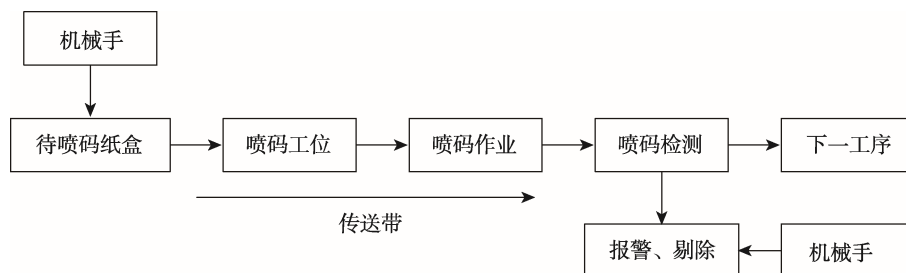


图 2 工艺流程

Fig.2 Process flow

2) 搬运机械手将包装纸盒逐个吸出并放到传送带上。

3) 包装纸盒到达喷码工位, 由喷码机进行二维码或数字喷涂。

4) 已喷码包装纸盒到达扫码检测工位, 扫码、图像获取、图像分析, 判断喷码是否合格; 如果合格则进入下一道工序; 如果不合格, 则报警并将不合格品剔除。

5) 处理完不合格产品后, 生产线恢复到正常工作状态。

综上所述, 整个工艺流程的核心在于喷码检测工序, 如何有效、准确地判断喷码是否合格至关重要, 文综将重点论述喷码检测算法。

2 算法设计

以生产日期为例进行说明, 检测算法可简要描述为: 喷码区域定位以及生产日期字符校正, 主要涉及模板匹配算法、相似性度量筛选等; 生产日期字符分割, 主要涉及垂直投影法。总体来说, 目标区域快速定位以及图像缺陷准确判断是需要解决的主要问题。

2.1 模板匹配

互相关法是一种匹配度量, 通过计算模板图像和搜索窗口之间的互相关值, 来确定匹配程度。互相关值最大时的搜索窗口位置决定了模板图像在待配准图像中的位置。该方法通常被用于模板匹配和模式识别。

设基准图像为 $I(x, y)$, 模板图像为 $T(x, y)$, 令模板图像在基准图像中移动, 并计算两者之间的相似度, 峰值出现的位置即为所求的配准位置, 在任意点 (i, j) 上, 两者的相似度为:

$$D(i, j) = \frac{\sum_x \sum_y T(x, y) I(x-i, y-j)}{\sqrt{\sum_x \sum_y I^2(x-i, y-j)}} \quad (1)$$

另外, 还可以通过相关系数来度量图像的相似度, 相关系数定义为:

$$R(I, T) = \frac{\sum_x \sum_y [T(x, y) - u_T][I(x, y) - u_I]}{\sqrt{\sum_x \sum_y [T(x, y) - u_T]^2 \sum_x \sum_y [I(x, y) - u_I]^2}} \quad (2)$$

式中: u_I 和 u_T 分别为基准图像和模板图像的均值。理论上, 互相关法能更准确地描述 2 幅图的相似程度, 且可以用快速傅里叶变换, 大大提高计算效率。

2.2 垂直投影法

随着时间变化, 生产日期肯定会发生变化, 喷码内容势必跟着发生变化, 因此需要对喷码内容进行字符分割。文中基于垂直投影法实现字符分割, 其基本原理可以描述为: 以某个方向上, 图像信息的投影分布特点为依据实现检测, 本质上就是对像素进行累加, 是一种统计方法。定义像素灰度值为 $f(x, y)$, 那么其投影函数 $h(y)$ 可表示为:

$$h(y) = \sum_{x=1}^N [2^c - 1 - f(x, y)] \quad 1 \leq y \leq M \quad (3)$$

式中: M, N 为图像尺寸, 即像素值; c 为图像灰度值。

为便于分析可将投影值进行归一化处理, 其计算公式为:

$$p(y) = \frac{h(y)}{\max n_i} \quad 1 \leq y, i \leq M \quad (4)$$

2.3 算法流程

1) 模板创建。结合实际情况, 选择合适的不变字符作为标准模板, 利用模板匹配进行定位。所选标准模板需要进行预处理, 这样就可以消除图像采集过程中的细小噪声, 提高标准模板的鲁棒性强。

2) 图像分割。生产日期字符和背景的灰度值差异比较大, 可以利用这种差异性实现图像分割, 这种方法比较直接、高效、简单。通过自适应阈值算法可以较好地分割出字符部分。

3) 字符校正。在喷码过程中, 所喷字符肯定存在一定程度的倾斜, 非常不利用后续字符分割, 为解决此问题需要对字符进行校正。一般方法就是计算字符倾斜角, 然后根据倾斜角旋转整个字符图像, 如此就可以实现字符倾斜的校正。

4) 字符分割。利用上述垂直投影法对二值图像进行处理。根据投影结果, 横向从左到右依次获取每个坐标点的投影树枝; 以第 1 个字符为例, 该字符的左侧边界就是第 1 个投影值不为零的坐标点; 继续向

右检测,该字符的右边界就是第 1 个投影值为零的坐标点。依次类推,就可以分割出每一个字符。

5) 缺陷检测。将分割所得字符灰度图像与模板库内的字符模板进行匹配,判断模板字符和待识别字符之间的相关性,利用互相关法求出其相似度。可预先设定相关系数阈值 ε ,如果 $\min(R) < \varepsilon$,则表示待识别字符为缺陷字符。

3 实验验证

为验证文中所述喷码自动检测算法的有效性,进行了相关实验研究。首先,实验对象为硬包装纸盒;检测对象为生产日期而且该生产日期的位置比较固定;检测对象格式为 8 位数字。

通过字符区域定位以及字符分割,可以得到 8 个大小一致的图像块,计算每个图像块和模板库内模板图像的相关系数,即可判断是否出现漏印,实验结果见图 3。其中外包装图像原始信息见图 3a,实际检测结果见图 3b。从实验结果可以看出:食品外包装生产日期中第 4 个字符漏印,实际检测结果则准确地描述了该缺陷。实验表明,所述喷码检测系统具有一定的有效性。



a 外包装图像原始信息

2 0 1 0 6 0 4

b 实际检测结果

图 3 实验结果

Fig.3 Experimental result

为了进一步验证所述系统的准确度,文中开展了包装喷码检测实验。实验对象为某食品包装样本,实验对象格式为“2017040220:05”,加入一定数量的模糊印、重叠印样本。整个实验过程中,总共采集 100 个喷码内容不同的包装盒图像,识别成功率可以达到 99%,仅有的一次误读就是将“9”读成了“8”。究其原因在于:图像印刷不清晰造成的。另外,实验过程中发现,字符样本数量不足、图像采集装置振动、摄像头分辨率过低同样会导致误读。不过该次实验依旧可以表明:所述喷码检测系统具有较高的准确率。部分识别结果见表 1。

在实验过程中,对于模糊印、重叠印等缺陷的识别率和剔除率均在 99%以上。作为对比,以某工厂流水线的现役喷码检测设备为实验对象。该设备算法中没有加入字符校正和分割等算法,识别成功率只有

90%左右;对于模糊印和重叠印,其识别率更低。表明文中所述喷码检测系统具有一定的优势。

表 1 识别结果

Tab.1 Identification results

原始喷码	识别结果	是否匹配
2017040220:05	2017040220:05	Y
2017090150:07	2017090150:07	Y
2016030300:04	2016030300:04	Y
2018120130:09	2018120130:09	Y
2015040220:00	2015040220:00	Y
2018070210:05	2018070210:05	Y
2019020130:01	2019020130:01	Y
2017010170:02	2017010170:02	Y
...

实验过程中不断提高传送带速度,速度低于 2 m/s 时,识别率可以达到 99%。如果继续加大传送带速度,识别率会有所降低。主要原因在于传送带速度过快,会导致喷码模糊,设备振动加剧,在一定程度上影响了识别精度。

4 结语

以食品包装过程中的喷码工序为研究对象,重点论述喷码缺陷的监测方法。在介绍自动喷码系统结构和检测流程的基础上,结合模板匹配算法和垂直投影方法,提出了一种喷码缺陷检测方法。同时给出了算法流程。通过实验验证所述方法的可行性和有效性。实验结果表明,所述喷码检测方法能够准确地识别出漏印问题,并且针对模糊印、重叠印具有比较高的识别率,具有一定的借鉴和推广价值。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 杨慧斌,闫娟. 基于 LabVIEW 的食品包装喷码视觉检测方法[J]. 食品与机械, 2016, 42(4): 123—126.
YANG Hui-bin, YAN Juan. Visual Inspection Method for Food Packaging Character Printing Based on LabVIEW[J]. Food & Machinery, 2016, 42(4): 123—126.
- [3] 唐慧. 基于机器视觉技术的易拉罐罐底喷码检测系统设计[J]. 自动化博览, 2012, 24(7): 48—50.
TANG Hui. Can Bottom Coding Detection System based on the Machine Vision Technique[J]. Automation Panorama, 2012, 24(7): 48—50.

- [4] 胡方尚, 郭慧. 基于 ROI 模板的印刷品图像配准方法[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2016, 42(4): 582—586.
HU Fang-shang, GUO Hui. Printing Image Registration Based on ROI Template[J]. Journal of Donghua University (Natural Science), 2016, 42(4): 582—586.
- [5] 孙晓娜, 刘继超, 高国华. 基于视觉的乳品包装日期喷码缺陷检测技术[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 100—103.
SUN Xiao-na, LIU Ji-chao, GAO Guo-hua. Study on Visual Code-based Defect Detection Technology for Production Date of Dairy Packaging[J]. Food & Machinery, 2018, 34(10): 100—103.
- [6] 胡方尚, 郭慧, 邢金鹏, 等. 基于印刷缺陷检测的图像配准方法研究[J]. 光学技术, 2017, 43(1): 16—21.
HU Fang-shang, GUO Hui, XING Jin-peng, et al. Image Registration Based on Label Printing Defect Detection[J]. Optical Technique, 2017, 43(1): 16—21.
- [7] 李文育, 张二虎, 于佳, 等. 基于机器视觉的印刷图像色彩在线检测系统设计[J]. 西安理工大学学报, 2013, 29(2): 159—164.
LI Wen-yu, ZHANG Er-hu, YU Jia, et al. The Design of Online Detection System for Printing Image Color Based on Machine Vision[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2013, 29(2): 159—164.
- [8] 陈丽, 唐万有. 基于 DP 方法的印刷品图像检测技术研究[J]. 包装工程, 2014, 35(5): 116—120.
CHEN Li, TANG Wan-you. Image Detection Technology of Printing Based on the DP Method[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 116—120.
- [9] 吴苏炜, 周新, 张志伟, 等. 包装纸盒自动喷码检测系统设计[J]. 包装与食品机械, 2017, 35(6): 301—320.
WU Su-wei, ZHOU Xin, ZHANG Zhi-wei, et al. Design of Automatic Packaging Carton Printing and Detection Ssystem[J]. Packaging and Food Machinery, 2017, 35(6): 301—320.
- [10] 张谦, 舒悦, 王乐, 等. 往复压缩机故障诊断方法研究概述[J]. 流体机械, 2018, 46(3): 37—41.
ZHANG Qian, SHU Yue, WANG Le, et al. Research on Fault Diagnosis Method of Reciprocating Compressors[J]. Fluid Machinery, 2018, 46(3): 37—41.
- [11] 张琼, 沈海宏, 沈民奋, 等. 基于 HALCON 的无标记印刷品图像质量检测[J]. 汕头大学学报(自然科学版), 2011, 26(2): 63—68.
ZHANG Qiong, SHEN Hai-hong, SHEN Min-fen, et al. The Quality Detection of the Non-Mark PrintingImage Based on HALCON[J]. Journal of Shantou University (Natural Science), 2011, 26(2): 63—68.
- [12] 南阳, 白瑞林, 吉峰. 易拉罐喷码字符在线视觉检测[J]. 光学技术, 2015, 41(6): 489—493.
NAN Yang, BAI Rui-lin, JI Feng. Online Visual Detection of Canning Printed Characters[J]. Optical Technique, 2015, 41(6): 489—493.
- [13] 张琴, 王保升. 基于数字图像处理的瓦楞纸材料破损度自动检测[J]. 包装工程, 2010, 31(1): 10—12.
ZHANG Qin, WANG Bao-sheng. Damage Degree Automatic Detection of Corrugated Board Material Based on Digital Image Processing[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(1): 10—12.
- [14] 张强, 郝向阳, 刘松林, 等. 一种用于机器视觉检测的图像配准快速算法[J]. 测绘学院学报, 2005, 22(1): 33—35.
ZHANG Qiang, HAO Xiang-yang, LIU Song-lin, et al. A Rapid Method of Image Registration for Inspection Based on Machine Vision[J]. Journal of Institute of Surveying and Mapping, 2005, 22(1): 33—35.
- [15] 田敏, 刘全香. 分区域等级的印刷品缺陷检测方法[J]. 包装工程, 2015, 36(21): 122—127.
TIAN Min, LIU Quan-xiang. Method of Print Defects Detection Based on Sub-region and Grading[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(21): 122—127.
- [16] AN Meng, JIANG Zhi-guo, ZHAO Dan-pei. High Speed Robust Image Registration and Localization Using Optimized Algorithm and Its Performance Evaluation[J]. Systems Engineering and Electronics, 2010, 21(3): 520—526.