第 34 卷第 10 期
2018 年 10 月

FOOD & MACHINERY 食品与机械

Vol.34, No.10
Oct. 2018

DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2018.10.021

基于视觉的乳品包装日期喷码缺陷检测技术

Study on visual code-based defect detection technology for production date of dairy packaging

孙晓娜[1]　刘继超[2]　高国华[1]

SUN Xiao-na[1]　*LIU Ji-chao*[2]　*GAO Guo-hua*[1]

(1. 北京工业大学机械工程与应用电子技术学院,北京　100124;2. 北京三元食品股份有限公司,北京　100124)

(1. *College of Mechanical Engineering and Applied Electronics Technology, Beijing* 100124, *China*;
2. *Beijing Sanyuan Foods Co., Beijing* 100124, *China*)

摘要:基于生产日期喷码人工检测缺陷劳动强度大、智能化水平低、效率低等问题,开发基于机器视觉的乳品生产日期喷码缺陷检测系统。该系统采用 CCD 相机、计算机、光源等搭建硬件平台,利用中值滤波、二值化、图像分割、模板匹配等图像处理技术,实现了对生产日期缺码、模糊码等缺陷检测。试验结果表明,该系统能够准确识别出生产日期有缺陷的产品,达到预期的检测效果。

关键词:生产日期;机器视觉;图像处理;缺陷检测

Abstract: Aiming at the problems of labor intensity, low automation level, and low efficiency in manual inspection of production date defects, the machine vision-based dairy production date coding defect detection system was developed. The system uses a CCD camera, computer, light source, etc. to build a hardware platform, and image processing techniques, such as median filtering, binarization, image segmentation, and template matching were used to achieve the goal of defective detection, including production date missing and fuzzy codes. The experimental results showed that the system could accurately identify products with defective production date, and achieve the expected results, showing practical significance.

Keywords: production date; machine vision; image processing; defect detection

机器视觉[1-2]是人工智能发展的重要方向之一。使用机器代替人眼来完成判断和检测,具有广阔的应用前景,将采集的目标转换成图像,将信号输送给图像处理软件,采用数字图像处理技术[3]获得目标的各种信息,根据识别的结果来控制设备的运行。

随着数字化程度不断提高,使用机器视觉获取目标的信息实现物体表面裂纹检测[4-7]、物体轮廓形状的检测[8]以及表面伤害程度[9]的检测越来越普遍。

近年来,随着居民收入和对健康关注程度的提高,人们越来越关注食品的安全问题,食品的生产日期是决定食品安全的重要因素,直接决定了食品是否达到可食用的条件[10],众所周知,乳品的保质期短,因此,保证其生产日期信息清晰准确显得尤为重要。

企业采用喷码机喷印生产日期,在此过程中易出现漏码、模糊码、重叠码、错印码等缺陷[11]产品,需要对这些缺陷产品进行剔除,以防影响企业的品牌及伤害到消费者的健康。传统的方法多采用人工剔除,劳动强度大,效率低,而采用机器视觉[12-13]的方法不会受到轮班、生病等因素的影响,且检测的速度是人眼所达不到的,因此,开发一套生产日期缺陷检测系统,对于企业的自动化生产具有重要的意义,也可极大程度降低企业成本。

本设计提出了一种应用于乳品包装生产日期喷码缺陷的视觉检测方案,拟通过采集乳品外包装的图像,利用图像预处理、ROI 区域提取、模板匹配等技术获得生产日期的信息,实现缺陷检测效果,为乳产品质量检测的研究提供参考。

1　检测系统的整体概状

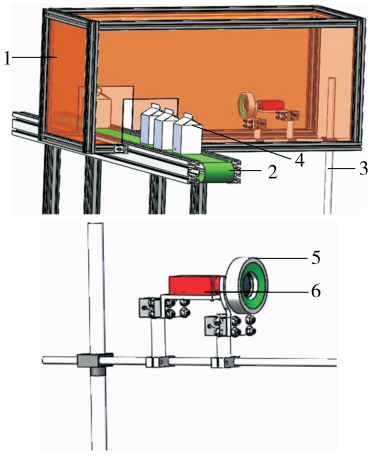
生产日期的检测系统由硬件系统和软件处理系统两大部分组成。

1.1　硬件系统

硬件系统主要包括光源、镜头、工业相机、输送带、相机支架、密封罩等,见图 1。

1.1.1　工业相机　工业相机的选择主要考虑分辨率以及传感器,分辨率越高,成像清晰,计算过程复杂,且成本高,传感器分为 CCD[14]相机和 CMOS 相机,综合考虑,本系统选择了 Manta G-283B/C 型相机(德国 Allied Vision 公司)。

基金项目:科技部创新方法专项(编号:2016IM030400)
作者简介:孙晓娜,女,北京工业大学在读硕士研究生。
通信作者:刘继超(1983—),男,北京三元食品股份有限公司高级工程师,硕士。E-mail:sxnbjut@163.com
收稿日期:2018-04-18



1. 密封罩　2. 输送带　3. 相机支架　4. 奶盒　5. 光源　6. 相机

图 1　检测系统

Figure 1　Detection system

1.1.2　镜头　图像采集时，视场、焦距和景深决定了镜头[15]的选型，该检测系统主要获取图像生产日期的信息，因此既需要保证字符清晰但又不可发生畸变，结合工程的实际情况，本系统选用了 LM5JCM 型镜头（日本 Kowa 公司）。

1.1.3　光源　光源的稳定性及可见光也影响着成像的质量，可降低算法处理的难度，因此，光源的搭建须合理化。由于 LED 光源与其他光源相比，在照射角度、范围以及平行度设计等方面，具有更大的灵活性，考虑到镜头的选型及生产线的布局，采用了 RIN-90-4R-15X 型环形光源（东冠科技公司），使拍摄出的生产日期喷码字符清晰完整。

1.2　视觉缺陷检测系统的设计

基于视觉检测喷码字符缺陷的系统主要分为图像采集模块以及图像后期处理模块，采集模块主要包括相机的调用以及对开发包的二次开发，该模块的质量直接决定了图像后期处理模块的复杂程度。图像后期处理算法在 Visual Studio 平台上进行编程，检测乳产品包装的生产日期是否合格，是整个系统核心部分。

2　算法设计

算法主要包括对相机的调用以及图像信息的获取，该算法可以很好检测到生产日期喷码的缺陷，流程见图 2。

2.1　缺陷检测关键算法

系统运用模板匹配算法对图像生产日期区域进行定位，对生产日期字符进行校正后，利用垂直投影法对生产日期的字符进行分割，根据模板匹配算法及相似性度量筛选出有缺陷的产品。因此，在系统处理中，对感兴趣的区域快速定位以及对待检测的图像进行缺陷检测，是要解决的主要问题。

2.1.1　模板匹配　模板匹配[16]的主流思路为设置一个模板图像，在待检测图像 $S(m,n)$ 中通过相关的搜索方法以及相似性度量函数，来找到与模板图像 $T(h,w)$ 最相似的区域，模板匹配的基本公式见式(1)。

$$E(i,j)=\sum_{h=1}^{H}\sum_{w=1}^{W}\left[S^{ij}(h,w)-T(h,w)\right], \tag{1}$$

式中：

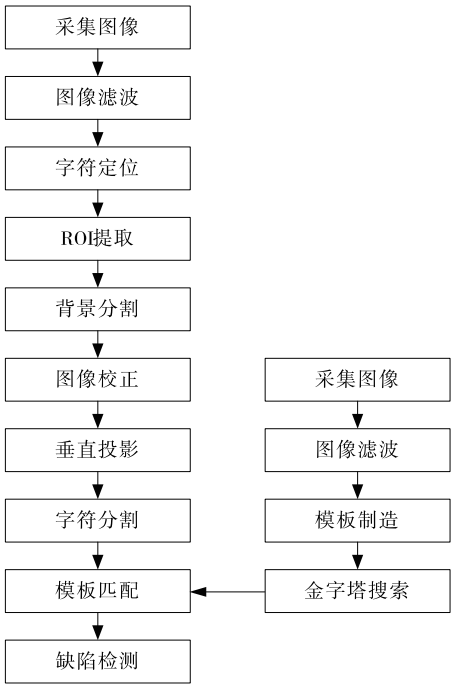


图 2　检测流程图

Figure 2　Detection flow chart

$E_{(i,j)}$——相似度；

H——横坐标搜索范围，$0<H<m-h$；

W——纵坐标搜索范围，$0<W<n-w$；

h——像素点横坐标；

w——像素点纵坐标；

T——模板图像；

S——覆盖子图。

E 值越接近 100%，匹配度越好。

基于灰度的模板匹配稳定性和可靠性比较优越。利用灰度信息判断 2 幅图像的相似性，目前存在的相似性度量函数中，最基本的就是互相关法。

$$R(x,y)=\frac{\sum_{x'y'}(T(x',y')I(x+x',y+y')^2}{\sqrt{\sum_{x'y'}T(x',y')^2\sum_{x'y'}I(x+x',y+y')^2}}, \tag{2}$$

式中：

$\sum_{x'y'}T(x',y')^2$——模板的能量值；

$\sum_{x'y'}I(x+x',y+y')^2$——局部能量值；

$\sum_{x'y'}T(x',y')^2\sum_{x'y'}I(x+x',y+y')^2$——模板和匹配图像的协相关值。

采用金字塔搜索[17]可以加快搜索速率，其分层的思想使得金字塔从最高层到最底层依次搜索模板，从而达到加速的目的。

2.1.2　垂直投影法　由于生产日期会随着时间的变化而更改喷码的内容，因此需要对生产日期进行字符分割，本研究基于垂直投影[18]的方法对字符进行分割。

垂直投影法原理：投影法是根据图像信息在某方向的投

影分布特点来进行检测的方法,即像素的累加,其实是一种统计的方法。像素灰度值为 $f(x,y)$时,其投影函数 $h(y)$的值按式(3)计算。

$$h(y)=n_y=\sum_{r=1}^{N}[2^c-1-f(x,y)],1\leqslant y\leqslant M\ , \tag{3}$$

式中:

M、N——图像尺寸,像素;

c——图像灰度值。

将投影值进行归一化,其计算公式:

$$p(y)=\frac{n_y}{\max n_i},1\leqslant y,i\leqslant M\ 。 \tag{4}$$

以像素值为计算单位扫描二值图像,像素点为 1 的累积结果即为垂直投影的结果,累加图像所有列得到整幅图像的垂直投影。

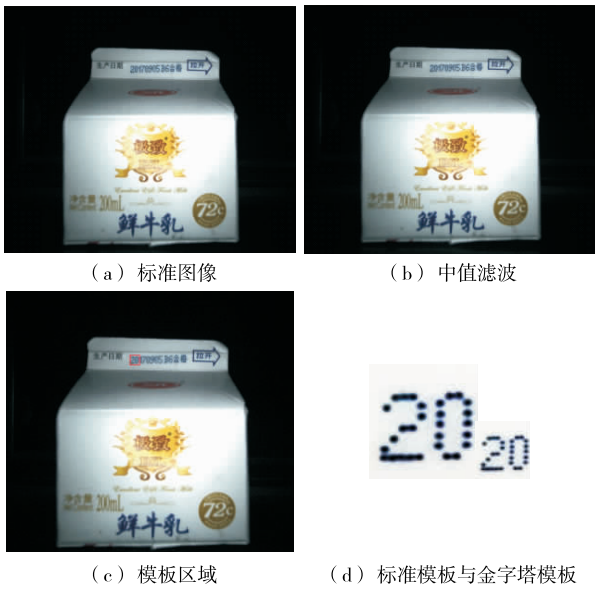
2.2　算法实现

2.2.1　ROI 提取

(1) 创建模板:首先需要建立模板,利用模板匹配进行定位。在创建模板时需要注意的原则:① 选取的字符具有不变性;② 关键点特征越多越好。结合实际条件,选择不变字符"20"作为标准模板。对标准模板进行初步的预处理,消除图像采集中的细小噪声干扰,创建鲁棒性强的模板。

手动选取标准图像见图 3(a),在创建模板前需要对图片进行初步的预处理,图像滤波算法能对图像进行平滑,减少噪声对后续图像处理的影响,在采集到的原始图像中,奶盒表面不同位置明亮程度有所不同,会出现随机性干扰纹理,因此需要对图像噪声进行有效抑制。选择计算邻域均值的线性滤波器去除图像中的细小噪声,提高模板图像鲁棒性,滤波效果见图 3(b),图 3(c)中方框区域为模板区域,图 3(d)为金字塔模板。

(2) 图像预处理与定位:由于图像在获取过程中,需要对图像模板匹配来实现生产日期的定位,通过寻找模板获得匹配到的左上角坐标(X_1,Y_1),根据检测 ROI 减小图像的有效定义域,降低后续处理的数据量。模板匹配的结果见图 4,ROI 区域的提取见图 5。



(a) 标准图像　(b) 中值滤波　(c) 模板区域　(d) 标准模板与金字塔模板

图 3　模板的创建

Figure 3　The creation of a template

图 4　模板匹配结果

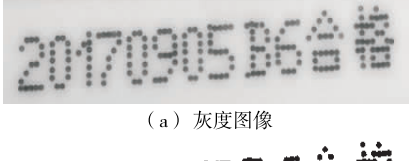
Figure 4　Template matching results

图 5　ROI 区域提取

Figure 5　ROI area extraction

2.2.2　图像分割

利用灰度值的差异性实现生产日期字符与背景的分割是最直接、高效及简单的图像分割方法,利用自适应阈值(大津法)进行分割,分割出字符的部分,见图 6。



(a) 灰度图像

(b) 背景分割

图 6　字符分割

Figure 6　Character segmentation

2.2.3　字符校正

在生产日期缺陷检测系统中,生产日期字符存在一定的倾斜度,为后续的字符分割带来了一定的困难,因此在后期的处理之前必须对其进行倾斜校正[19],通过计算生产日期的倾斜角,然后对生产日期字符图像进行旋转,从而达到生产日期喷码倾斜校正的目的。校正结果见图 7。

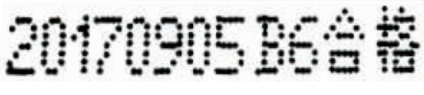


图 7　字符校正

Figure 7　Vertical projection results

2.2.4　字符分割

对生产日期二值图像进行垂直投影,投影结果见图 8。

通过垂直投影的特征,分割字符就可以转化为所需区域的左右边界。在字符的垂直投影图上横向从左到右顺序检

图 8　垂直投影结果

Figure 8　Split the result vertically

测每个坐标点的投影数值，检测到第一个投影数值不为 0 的坐标点，此坐标点即第一个字符的左侧边界，顺序向右检测，在字符的第一个像素点和最后一个像素点画直线，划开区域，直至分割出每一个字符。

垂直分割结果见图 9，分割图像保存见图 10。

图 9　垂直分割结果

Figure 9　Split the result vertically

图 10　字符分割图像保存

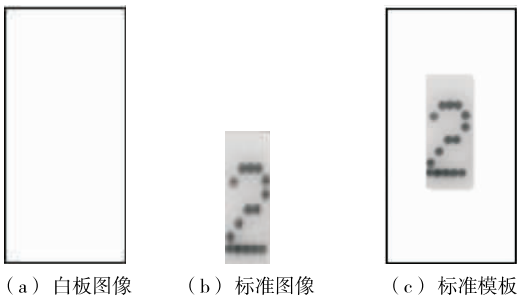
Figure 10　Character segmentation image preservation

2.2.5　缺陷检测　缺陷检测的基本原理是将分割后的字符灰度图像与字符模板匹配，提取模板字符在待识别字符的灰度图像上的灰度特征最大相关性，利用互相关法求出相似度，通过设置相关系数的阈值 T，若 $\min(R)<T$ 则待检测的字符为缺陷字符。

在进行缺陷检测之前，需要制造模板库，由于分割的字符需要与所有模板库去匹配，因此需扩大模板库的尺寸模板，保证最大的待检测图像尺寸小于最小的模板尺寸。

基于此，提出一种新的模板库制造方法，以每个标准模板为中心，在其 8 邻域周围补充 0 像素值，在保证不丢失信息的前提下，又能保证模板匹配的精度。

标准模板创建结果见图 11。



（a）白板图像　（b）标准图像　（c）标准模板

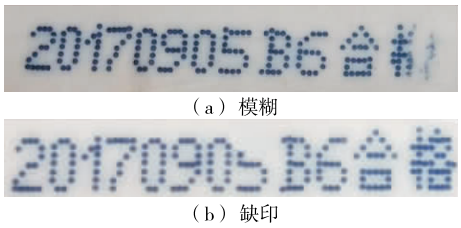
图 11　标准模板创建

Figure 11　Standard template creation

2.3　结果验证与分析

为了验证算法的严谨性与鲁棒性，随机选择了各种缺陷产品做测试，包括缺码、模糊码。

将模板匹配算法及金字塔分层搜索策略应用于生产日期的缺陷检测中。典型的缺陷图像见图 12(a)、(b)，模板库图像见图 13。在 Visual Studio＋halcon＋opencv 平台下实现提出的算法，建立模板库，设置金字塔层数为 3，计算分割字符与每个标准模板的最大相似度，设置阈值确定是否为缺陷字符，结果见图 14。



（a）模糊

（b）缺印

图 12　缺陷类型

Figure 12　Defect type

图 13　缺陷字符与标准模板

Figure 13　Defect characters and standard templates

图 14　结果显示

Figure 14　The results show

取 100 个含有合格和缺陷的产品进行试验测试，对缺陷检测算法进行了测试。表 1 是对不同缺陷类型及其检测准确率的统计结果，可以看出，对于模糊码缺陷，误检数为 2，无漏检，正确率为 96.7%，对缺码缺陷，误检数为 1，无漏检，正确率为 97.5%，缺陷平均检测准确率为 97%。达到预期检测目标。

表 1　缺陷检测结果

Table 1　Defect test results

缺陷类型	缺陷数	误检数	漏检数	正检率/%
模糊码	60	2	0	96.7
缺码	40	1	0	97.5
总计	100	3	0	97.0

3　结论

生产日期喷码的缺陷检测，对消费者的健康以及企业的形象有至关重要的影响，传统的人工检测方法具有一定的局限性，且成本高，效率低，本研究设计了一套基于机器视觉的生产日期喷码缺陷检测系统，对图像处理的相关算法进行了研究与编程，结果表明，此算法对生产日期缺码、模糊码等缺陷能进行高效的检测，不仅降低了工厂的生产成本，也提高了出厂产品的良品率，为生产日期的缺陷检测提供了一种新的思路。

（下转第 108 页）

表 1　检测指标

Table 1　Detection indicator

样品	外观	松紧度	灼烧残渣/%	脆碎度	干燥失重/%
玉米醇溶蛋白制备的胶囊壳	脱模时易产生裂纹,完整度较差,浅黄色,长 18 mm,厚 0.1 mm,无气泡无异味	套帽时易变形破裂、有漏粉现象	0.65	25 粒	19.20
玉米醇溶蛋白－菊粉制备的胶囊壳	脱模后完整,无裂纹,黄色,长 18 mm,厚 0.1 mm,无气泡,无异味	无粘接、无变形破裂和漏粉现象	0.73	0	14.89
药典规定明胶胶囊指标	没有裂缝,表面光滑,质地均匀,无气泡、无异味	无粘接、变形破裂和漏粉	透明胶囊壳≤1.5 半透明胶囊壳≤3.0 不透明胶囊壳≤5.0	50 粒≤5 粒	12.5～17.5

的食品添加剂类多糖作为糖基化原料。此外,玉米醇溶蛋白具有天然肠溶性,探索改性后的胶囊壳对肠溶效果的变化是今后研究发展的方向。

参考文献

[1] 赵华,张英华. 玉米醇溶蛋白制备与应用研究进展[J]. 粮食与饲料工业,2006(12):16-17.

[2] 姚晓敏,孙向军,卢杰,等. 可食性玉米醇溶蛋白膜工艺的研究[J]. 食品工业科技,2002(1):20-23.

[3] 马立娜,李桂娟,李娜娜,等. 复合增塑剂对玉米醇溶蛋白膜性能的影响[J]. 食品与机械,2012,28(3):171-173.

[4] 林峰,蔡木易,易维学. 玉米蛋白深加工现状及发展趋势[J]. 食品与发酵工业,2006,32(11):123-127.

[5] SOLIMAN E A, FURUTA M. Influence of γ-irradiation on mechanical and water barrier properties of corn protein-based films[J]. Radiation Physiesand Chemistry, 2009, 78(7/8): 651-654.

[6] SU Jun-feng, ZHEN Huang, YUAN Xiao-yan. Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 79(1): 145-153.

[7] 原秀玲,王玉华,蔡丹,等. 响应面法优化干法糖基化改性乳清蛋白成膜性[J]. 中国食品学报,2016,16(7):105-112.

[8] 林伟静. 糖基化改性对花生蛋白膜性能的影响及其作用机理[D]. 北京:中国农业科学院,2015:7-8.

[9] 彭英云,郑清,张涛. 菊粉的功能与利用[J]. 食品研究与开发,2012,33(10):236-240.

[10] 张旭. 玉米醇溶蛋白的制备及醇溶蛋白涂膜的应用[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2007:4.

[11] 李海明. 玉米醇溶蛋白糖接枝改性及应用[D]. 杭州:浙江大学,2016:19-20.

[12] 那治国,马永强,韩春然,等. 米糠谷蛋白干法糖基化改性的研究[J]. 食品科学,2013,34(2):52-57.

(上接第 103 页)

参考文献

[1] 王鲁娜. 视觉传感器在药品生产日期检测中的应用[D]. 济南:山东大学,2008:84-84.

[2] 邬文俊. 基于机器视觉技术的啤酒瓶字符自动识别系统的研究[D]. 武汉:湖北工业大学,2005:1-3.

[3] STEGER C, ULRICH M, WIEDEMANN C. Machine vision algorithms and applications[M]. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007: 2-5.

[4] 杨攀,姜立军,李哲林. 基于机器视觉的螺纹零件头部裂纹检测[J]. 计算机应用与软件,2013,30(4):51-54.

[5] 张亚军,齐杏林,董成基. 基于机器视觉的枪弹钢芯自动检测系统[J]. 兵工自动化,2012,31(7):8-11.

[6] GUNATILAKE P, SIEQEL M W, JORDAN A G, et al. Image understanding algorithms for remote visual inspection of aircraft surface[C]// Proceedings of the SPIE-TheInternational Society for Optical Engineering. San Jose: [s. n.], 1997: 2-13.

[7] PYNN J, WRIGHT A, LODGE R. Automatic identification of cracks in road surfaces[C]// Image Processing and ITS Applications, 1999. Seventh International Conference on. [S.l.]: The Institution of Engineering and Technology, 1999: 671-675.

[8] 彭向前,陈幼平,余文勇. 一种基于机器视觉的浮法玻璃质量在线检测系统[J]. 制造业自动化,2007,29(12):50-52.

[9] 王丹民,康勇. 钢板表面质量机器视觉检测系统设计[J]. 自动化仪表,2011,32(3):44-46.

[10] 基于消费者认知的食品标签法规标准研究[J]. 标准应用研究,2015(1):12-16.

[11] 姚海涛,锁雪萍,胡象辉,等. 基于机器视觉的商品生产日期快速检测的研究[J]. 数字技术与应用,2016(12):54-55.

[12] 尹浩,李峰. 互联网性能测量技术发展研究[J]. 计算机研究与发展,2016,53(1):3-14.

[13] 冯韬,于建江. 复杂环境下的网络时延测量方法研究[J]. 科技信息,2012(22):27-27.

[14] 李福建,张元培. 机器视觉系统组成研究[J]. 自动化博览,2004,21(2):61-63.

[15] 杨明,白烨,王秋良,等. 面阵 CCD 摄像机光学镜头参数及选用[J]. 大气与环境光学学报,2005,18(3):27-30.

[16] 黄涛. 模板匹配在图像识别中的应用[J]. 云南大学学报:自然科学版,2005(S2):327-332.

[17] 耿国章,尹立敏,雷凯,等. 一种改进的均值金字塔快速搜索算法[J]. 电子器件,2007,30(4):1 394-1 396.

[18] 冉令峰. 基于垂直投影的车牌字符分割方法[J]. 通信技术,2012,45(4):89-91.

[19] 陈寅鹏,丁晓青. 复杂车辆图像中的车牌定位与字符分割方法[J]. 红外与激光工程,2004,33(1):29-33.