

图像识别技术在食品包装缺陷检测中的应用

Application of image recognition technology in food packaging defect monitoring

张红岩¹ 王永志² 刘庆红¹

ZHANG Hong-yan¹ WANG Yong-zhi² LIU Qing-hong¹

(1. 吉林省经济管理干部学院, 吉林 长春 130012; 2. 黔南民族师范学院, 贵州 都匀 558000)

(1. *Jilin Province Economic Management Cadre College, Changchun, Jilin 130012, China;*

2. Qiannan Normal University for Nationalities, Duyun, Guizhou 558000, China)

摘要:对图像技术在泡沫塑料包装、铝塑泡罩包装和矩形纸质包装3种包装形式的缺陷检测中的应用成果进行了阐述,并对其在食品包装缺陷检测中的应用趋势进行了预判。

关键词:图像识别技术;食品;包装缺陷;检测

Abstract: The applications of image technology in defect monitoring of three packaging forms of foam plastic packaging, aluminum-plastic blister packaging and rectangular paper packaging were described, and The application trend in food packaging defect monitoring is pre-judgment, which helps the development of China's food packaging industry.

Keywords: image recognition technology; food; packaging defect monitoring; application research

目前中国大多数食品包装检测仍采用人工检测,其检测精度较低、速度较慢,不适应当前食品企业自动化的发展^[1]。图像识别技术即利用图像获取装置代替人眼功能,利用图像处理技术得到相关信息并进行下一步操作^[2],已被应用于食品包装缺陷检测过程中^[3-4]。但食品包装材料各不相同,食品包装缺陷类型也不尽相同,具有代表性的食品包装材料包括泡沫塑料包装、铝塑包装、纸质包装和瓶罐包装等^[2]。文章拟根据食品包装材料及其对应的缺陷,整理图像识别技术在其中的应用研究,对图像识别技术在食品包装检测中的应用趋势进行预判,旨在促进食品包装行业的健康发展。

基金项目:科技部国家重点研发计划项目(编号:2017YFB0403900)

作者简介:张红岩(1973—),男,吉林省经济管理干部学院副教授,硕士。E-mail:24702296@qq.com

收稿日期:2020-07-11

1 图像识别技术

图像识别技术是指利用图像摄取装置获取检测目标的图像,由图像处理系统对获取的图像进行特征提取识别,判断目标是否存在缺陷,并根据判断结果进行下一步操作的处理过程^[5-6]。该技术的主要特点是可以提高生产的自动化和准确程度,在一些危险的工作环境中代替人工检测;在大批量工业检测生产过程中,其检测产品的质量和速度远远高于人工检测^[7];该技术将视觉传感器和图像处理算法相结合,组成较为简单、抗干扰能力强、适合生产在线大批量检测^[8]。

实际工业检测生产时,机器视觉系统主要包括照明部分、图像采集部分、图像处理部分、判断指令部分以及控制执行部分等,工作时是通过图像采集部分获取检测目标图像,通过图像处理部分,依托相对应的图像处理算法进行缺陷识别,通过判断指令部分作出是否有缺陷的指令,如果有缺陷即将命令传递给控制执行部分,控制执行部分做出剔除的动作,完成图像识别技术在食品包装缺陷检测的工作过程^[9-10]。食品包装缺陷检测过程中,图像处理算法在很大程度上决定了视觉检测识别的效果及效率,因此针对不同类型的食品包装产品选择合适的图像处理算法十分重要^[11],图像识别技术中的图像处理过程一般包括图像预处理、提取特征、定位计算、返回判定结果等^[12],图像处理算法中应用较为广泛的是二值化处理提取目标取悦和边缘检测等,其中缺陷相关特征一般包括颜色、形状、纹理等^[13],根据缺陷的不同类型对应的选择阈值判断识别和支持向量机等机器识别算法^[14]。

2 图像识别技术在食品包装缺陷检测中的应用

2.1 泡沫塑料包装缺陷检测

泡沫塑料包装主要用于生鲜水果、速食食品等的包

装,由于泡沫塑料包装具有材质轻、绝热、易变形、抗侵蚀等特点,被广泛应用于农业生产等领域^[15]。但是泡沫塑料包装受材料和包装限制,尤其是薄膜塑料包装合格率较低,其包装过程中出现的缺陷主要有表面污染、组织变化和变形等^[16-17]。李丹等^[18]基于图像识别技术提出了一种包装袋缺陷检测方法,缺陷相关特征包括包装袋的长度、宽度、面积以及填充程度和目标区域位置,通过二值化处理对图像进行灰度化处理,并通过图像各像素灰度值与阈值间的关系,对目标区域进行分割定位,通过与标准参数比较检测包装袋的完整性,发现了连袋、外形出错、表面有异物以及表面设计画面位置移动等缺陷,其缺陷识别准确率为 98.75%,符合生产检测需求。陈慧丽等^[19]以方便面塑料包装为研究对象,设计了一套机器视觉包装检测系统,该系统包括硬件结构和软件结构,缺陷相关特征选择颜色,图像识别过程包括 3 大步骤:图像预处理精确分割检测区域、特征提取将所检测的图像中的 RGB 像素点转换成 HS 特征点、根据像素点的 HS 取值和机器学习过程中的特征权重以及像素点所对应的特征权重的阈值完成特征分类,判断包装是否存在缺陷,若出现包装缺陷即用吹气阀将其排出生产线,检测系统漏检率为 0.01%,过检率为 0.04%,识别率较高,可以满足工业生产需求。

2.2 铝塑包装缺陷检测

铝塑包装主要应用于糖果等的包装,其隔绝性能好、可有效保护包装物不受损害、可有效防止包装物吸潮、防菌且形状较为稳定等,被广泛应用于食品药品包装领域^[20]。但是铝塑包装可能会存在漏装、空囊、破损等缺陷,严重影响食品包装安全性和经济性^[21]。基于图像识别技术的铝塑包装缺陷检测中,缺陷集中在食品药品缺失、缺损以及表面划痕严重,图像处理方法需区分每个食品的边缘,保护每个图像的细节和边缘,以便得到食品包装缺陷部位的有效图像^[22]。方文星等^[23]针对铝塑包装人工检测包装缺陷时存在的准确度低、效率低的问题,开发了一种铝塑包装缺陷检测方法,图像处理过程中应用多种特征提取算法,包括鲁棒特征 SURF 提取算法、BOW 算法和单分类支持向量机算法,最终通过该算法对 180 幅获取的图像进行缺陷检测,显示该方法在分类阈值为 1 900、视觉单词数量为 120、惩罚因子为 0.9 时,准确率达 99.4%,这种图像处理算法最大限度改善了铝塑包装缺陷检测的准确度和稳定性能。目前,应用图像识别技术对铝塑包装缺陷的检测主要集中在算法的改进方面,生产线应用较少,主要是因为铝塑包装包含多个目标,边缘分割和特征提取需进一步研究^[24]。

2.3 纸质包装缺陷检测

纸质包装一般用于外卖、牛奶、饮料等食品,具有强

度高、成本低、透气性好、耐磨损、抗湿防油等特点,被广泛应用于多个产品包装领域^[25]。但是纸质包装抗压性和耐水性较差、环境压力较大且制作设备要求较高,限制了纸质包装在食品包装领域中的应用^[26]。李萌等^[27]设计了一种机器视觉检测食品包装缺陷系统,包括系统的硬件和软件,以纸质包装为试验对象,通过二值化处理对图像的特征部分和背景部分进行了分割,分割后利用 Robert 算子求导进行边缘检测准确获取目标区域,检测缺陷包括斜置、倒置、破损、变形、异物等,缺陷漏检率为 0.21%,检测速度较快,具有较好的灵活通用性。贾真真等^[28]基于图像识别技术,设计了一套食品内包装机器视觉缺陷检测装置,该装置的主要检测对象为纸质包装缺陷,图像预处理方法包括二值化处理和实时浓淡补正,在获取目标区域图像后进行差分处理消除了背景中的阴影,再通过目标的面积、模型位置搜索、斑点检测等进行缺陷判别,并应用该装置进行试验检测,发现对内衬纸正面破损、印刷不好、背面褶皱检出率高达 100%,而内衬纸背面破损和背面缺失检测时检出率达 95%,满足生产线需求。李莹等^[29]设计了一种食品包装缺陷检测系统,该系统主要包括图像获取、处理以及分析和输出执行等功能,图像识别算法为基于小波变换的图像边缘检测,将图像信号分解为不同分量,计算小波系数模的最大值,该值为图像灰度的突变点,从而实现边缘点的提取,并以污染、蹭板、飞墨、漏白和刀丝 5 种缺陷为例,分别利用缺陷的长径、圆形度、长宽比和灰度标准差进行特征描述,研究了该系统的应用准确性,发现所有缺陷的检测精度均在 99%以上,相对传统的模板匹配法均有不同程度的提高,可以满足食品包装检测需求。

2.4 瓶罐包装缺陷检测

瓶罐包装一般用于食用油、饮料、奶粉等食品,具有保护性强、封闭性强、设计性强等特点,被应用于多个工业包装领域^[30]。但是瓶罐类包装易受外力影响、投入成本较高且制作工艺要求较高,仅适用于少部分食品包装^[31-32]。肖飞蛟^[33]利用机器视觉技术对啤酒包装生产线检测技术进行了应用研究,该研究设计了高速空瓶检测系统,针对啤酒生产线存在的无瓶口检测功能问题,添加了瓶口检测功能,根据缺陷点灰度值的差异进行图像识别,图像预处理算法为二值化处理和边缘检测,图像识别算法为模板匹配法等,并进行生产线测试,发现该系统的空瓶检测精度达 95%以上,满足生产需求。王宣银等^[34]研究了一种利用图像分析技术的包装罐内壁缺陷检测方法,从罐内图像中分割提取了内壁检测区域的图像,根据罐内图像的特点,利用二值化分割图像后,利用阈值获得焊缝的边缘区域,利用形态学膨胀、腐蚀和凸壳等操作获取目标区域图像,再利用多个合格模板图像和被测

图像堆叠的方式构造了多元测试图像,通过图像融合算法解决了焊缝区域不一致的问题,利用主成分分析方法获取了多元被测图像的缺陷,利用 Q 统计图作为缺陷特征的检测空间,利用阈值判断缺陷与否,缺陷主要是内壁照明困难造成缺陷,误检率在 2% 以内,系统可靠性较强。朱明^[35]研究了一种视觉检测奶粉罐内壁缺陷的系统,包括硬件系统和软件系统,系统核心关键技术包括检测环境的照明条件和奶粉罐罐体准确定位以及缺陷有效检测的算法,其中照明选择碗状 LED 光源散射照明方式,罐体定位选择最小二乘拟合圆法和改进后的 Hough 变换,奶粉罐内壁缺陷特征为点缺陷、线缺陷和面缺陷,配合使用 Blob 算法实现,并在实验室内对奶粉罐内壁缺陷检测系统进行了试验检测,系统动态检测准确率达 99.70%,满足生产线检测要求。

3 在食品包装缺陷检测中的应用趋势

当前,图像识别技术在不同种类食品包装缺陷检测中的研究和应用较为成熟,但因为图像设备不能全方位获取目标包装物的图像,会出现食品包装缺陷检测不全面的问题,而且设备投入较高^[36]。检测食品包装缺陷时,图像识别往往需要针对特定对象进行特定缺陷特征提取,由于该方法具有特征针对性,不适用于多种对象包装缺陷的检测^[37]。此外,图像识别技术相关装置应用场景多为生产线在线检测,仅适用于特定环境,其应用场景受到限制,不能满足企业生产的多种需求^[38]。由此,图像识别技术在食品包装缺陷检测中的应用趋势主要是智能化、集成化和多场景识别等。

(1) 智能化。由于当前智能包装技术发展迅速^[39],对应的食品包装缺陷检测趋向于智能化发展,依据不同需求智能调整检测算法。

(2) 集成化。图像识别技术与其他检测识别技术相结合,不仅能够对食品包装表面缺陷进行识别,还应添加其他技术检测,例如产品品质检测、食品包装材料检测等^[40]。

(3) 多场景识别。图像识别技术的多场景识别应用使得检测数据实时共享,企业不同工作人员可以同时获取数据^[41],此外该装置可在多个场景中进行应用。

4 结论

食品包装的品质优劣直接影响食品作为商品的竞争力,是企业生产过程中需要控制保证的生产部分。但当前受制于包装材料和加工方式,不同种类包装形式均会出现不同的缺陷,威胁产品的竞争力。随着图像识别技术的发展在食品包装缺陷检测过程中的速度和准确率会越来越高,对图像识别技术及相关装置系统的进一步研究,可以有效提升食品企业包装的完整性、降低

缺陷出现概率,为中国食品包装行业发展提供技术支持。

参考文献

- [1] 楚晗,王爱霞,高尊华,等.食品多层包装内包缺陷的问题分析及处理[J].包装工程,2019,40(15):200-205.
- [2] 李涛.食品包装存在的质量问题及解决对策[J].管理观察,2014(18):20-21.
- [3] 韩明芮,杨玺.基于图像处理的包装缺陷检测方法综述[J].中国储运,2019(9):110-112.
- [4] 周继彦,余正泓.基于图像处理的包装印刷缺陷检测方法[J].包装工程,2017,38(9):240-244.
- [5] 杨洋,项辉宇,冷崇杰,等.基于 OpenCV 的食品包装缺陷分割方法[J].食品与机械,2017,33(7):104-106,174.
- [6] 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(8):319-322.
- [7] 王天怡,王鑫,曹兴强,等.基于机器视觉的内层包装缺陷检测光源的优化[J].包装工程,2019,40(17):174-181.
- [8] 马宝秋.基于图像小波变换的食品包装印刷缺陷检测方法[J].食品研究与开发,2017,38(5):212-215.
- [9] 路正佳.基于图像处理的药片包装视觉检测系统滤波算法[J].包装工程,2020,41(7):205-208.
- [10] 廖恩红,李会芳.基于卷积神经网络的食品图像识别[J].华南师范大学学报(自然科学版),2019,51(4):113-119.
- [11] 孙娜,管一弘,崔云月,等.基于支持向量机的条烟包装外观缺陷检测[J].软件,2020,41(1):205-210.
- [12] 刘硕.机器视觉在包装袋打码缺陷检测中的应用研究[D].天津:天津科技大学,2017:2-20.
- [13] 刘欢,唐墨堃.基于计算机视觉的易碎产品包装检测系统设计[J].自动化与仪器仪表,2019(12):30-33.
- [14] DESHWAL G K, PANJAGARI N R. Review on metal packaging: Materials, forms, food applications, safety and recyclability[J]. Journal of Food Science and Technology, 2020, 57(7): 2 377-2 392.
- [15] 许超,王微山,刘丞,等.食品用塑料包装物理性能缺陷及原因分析[J].中国包装,2011,31(1):60-62.
- [16] 冯红玲.提高泡沫塑料包装盒成型品质及合格率的研究[J].装备制造技术,2012(3):174-176.
- [17] 刘丞,许超,王恬,等.食品用塑料包装化学和卫生性能缺陷及原因分析[J].包装工程,2010,31(7):123-125.
- [18] 李丹,白国君,金媛媛,等.基于机器视觉的包装袋缺陷检测算法研究与应用[J].激光与光电子学进展,2019,56(9):188-194.
- [19] 陈慧丽,李继伟.基于机器视觉的方便面包装品质检测系统设计[J].包装工程,2017,38(13):159-163.
- [20] 李思畅.基于图像处理的铝箔泡罩包装密封性检测技术研究[D].天津:河北工业大学,2017:2-15.
- [21] 疏义桂.基于机器视觉的铝塑泡罩包装药品缺陷检测[D].武汉:华中科技大学,2013:5-10.

- [22] 靳彩园. 基于图像处理的铝塑包装中药片缺陷检测技术研究[D]. 沈阳: 沈阳理工大学, 2014: 6-20.
- [23] 方文星, 王野. 一种铝塑泡罩药品包装缺陷检测方法[J]. 包装工程, 2019, 40(1): 133-139.
- [24] 于惠钧, 吴婉, 成运. 改进 Otsu 算法在铝塑泡罩药品包装缺陷检测中的应用[J]. 包装工程, 2014, 35(15): 15-18.
- [25] 宋寒. 外卖食品包装的现存问题及相关对策分析[J]. 工业设计, 2018(12): 75-76.
- [26] 李军英. 食品包装安全隐患及检测研究[J]. 检验检疫学报, 2019, 29(3): 118-120.
- [27] 李萌, 孙铁波. 基于机器视觉的食品包装缺陷检测研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(24): 125-127.
- [28] 贾真真, 张涛, 曹兴强, 等. 基于机器视觉的食品内包装缺陷检测装置设计与实现[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 111-114.
- [29] 李莹, 栾秋平. 基于机器视觉的食品包装检测系统设计[J]. 包装工程, 2020, 41(9): 210-214.
- [30] 金玥, 万千慧, 梁天辉, 等. 我国饮料包装行业的现状及发展趋势[J]. 轻工科技, 2019, 35(2): 29-30.
- [31] 美国邦纳工程国际有限公司. 视觉检测奶粉罐内铝膜缝隙及小勺缺损[J]. 自动化博览, 2017(4): 44-45.
- [32] 马伦, 周必榜. 提升奶粉罐耐压强度实现包装减量化设计[J]. 印刷技术, 2014(16): 42-44.
- [33] 肖飞蛟. 基于机器视觉的啤酒包装生产线检测技术与应用研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010: 3-8.
- [34] 王宣银, 梁冬泰. 基于多元图像分析的包装罐内壁缺陷检测[J]. 农业机械学报, 2009, 40(6): 222-226.
- [35] 朱明. 奶粉罐内壁缺陷视觉检测系统研发及关键技术研究[D]. 北京: 中国计量学院, 2013: 16-18.
- [36] 杨阳, 席天明, 杜丽娟, 等. 机器视觉检测技术在食用油包装行业的应用[J]. 现代食品, 2019(23): 108-110.
- [37] MOGHIMI N, SAGI H, PARK S I. Leakage analysis of flexible packaging: Establishment of a correlation between mass extraction leakage test and microbial ingress[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2018, 16: 225-231.
- [38] MOLLOY A M, MILLS J L. Fortifying food with folic acid to prevent neural tube defects: Are we now where we ought to be? [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2018, 6: 857-858.
- [39] 陈克复, 陈广学. 智能包装: 发展现状、关键技术及应用前景[J]. 包装学报, 2019, 11(1): 1-17, 105.
- [40] GIEFER L A, ARANGO J D, FAGHIHABDOLAH M, et al. Orientation detection of fruits by means of convolutional neural networks and laser line projection for the automation of fruit packing systems[J]. Procedia CIRP, 2020, 88: 533-538.
- [41] 由晓东. 关于包装检测过程中的机器视觉应用研究[J]. 科技风, 2019(32): 5.

(上接第 200 页)

- [4] USALL J, IPPOLITO A, SISQUELLA M, et al. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016(7): 30-40.
- [5] DONG Y, ZHI H H, WANG Y. Cooperative effects of pre-harvest calcium and gibberellic acid on tissue calcium content, quality attributes, and in relation to postharvest disorders of late-maturing sweet cherry[J]. Scientia Horticulturae, 2019(4): 123-128.
- [6] GATTO M A, SERGIO L, IPPOLITO A, et al. Phenolic extracts from wild edible plants to control postharvest diseases of sweet cherry fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016(6): 180-187.
- [7] 李成刚, 许克静, 王爱霞, 等. 基于 S400 残烟机的烟丝回收工艺优化[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 215-219.
- [8] LI Bin, ZHU Wen-kui, WANG Peng-fei, et al. Fast drying of cut tobacco in drop tube reactor and its effect on petroleum ether tobacco extracts[J]. Drying Technology, 2018(11): 55-58.
- [9] WU Kai, ZHANG Er-qiang, YUAN Zhu-lin, et al. Analysis of flexible ribbon particle residence time distribution in a fluidised bed riser using three-dimensional CFD-DEM simulation[J]. Powder Technology, 2020, 369: 184-201.
- [10] FERREIRA H S, OLIVEIRA S S, STANTOS D C M B, et al. Characterisation of the mineral composition of tobacco products (cigar, shredded and rope) [J]. Microchemical Journal, 2019, 151: 56-59.
- [11] LIU Jun, CHEN Zhi-hao, ZHAO Ji-jun, et al. Measurement method of the width of the strands of cut tobacco based on digital image processing[J]. Beiträge zur Tabakforschung International Contributions to Tobacco Research, 2019, 28(6): 278-285.
- [12] DENG Nan, WANG Ya-lin, CUI Xiao-meng, et al. Effects of varying tobacco rod circumference on cigarette combustion: An experimental investigation[J]. Beiträge zur Tabakforschung International Contributions to Tobacco Research, 2019, 28(6): 286-296.
- [13] 王伟, 朱立明, 章强, 等. 基于相似性分析和阈值自校正的烟箱缺条智能检测方法[J]. 烟草科技, 2019, 52(1): 91-97.
- [14] 林天勤, 吴永生. HXD 进料阶段烟丝流量控制方式改进[J]. 烟草科技, 2019(6): 39-40.
- [15] 贺斌, 赵春雨, 韩彦龙, 等. 双质体自同步振动输送机的物料运动分析[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2019, 37(6): 828-833.
- [16] 倪克平. 提高二氧化碳膨胀烟丝加工质量及可用性研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2008: 34-38.
- [17] 李超, 袁湘云, 李达, 等. 烙铁温度对成品烟丝致香成分的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(8): 27-31.
- [18] 李达, 李晓科, 张涛, 等. 卷烟挥发性香气成分测定及烟丝加香工艺优化[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 84-90.