

农副产品裂纹识别方法研究进展

李毅念, 魏昌成, 丁为民, 易应武

(南京农业大学 工学院, 江苏 南京 210031)

摘要: 部分农产品和禽蛋产品生产加工过程中不可避免会产生裂纹, 坚果加工过程中需要产生裂纹, 而禽蛋和谷物类储藏加工过程中尽可能避免产生裂纹, 因此识别农产品和禽蛋产品裂纹并将裂纹产品分选出来, 对农产品和禽蛋产品生产加工具有重要意义。综述了国内外利用声学振动和机器视觉识别这两种方法在部分农产品和禽蛋的产品裂纹识别方面的研究现状, 以及识别的特点。通过现状分析指出, 两种方法结合将进一步提高农产品和禽蛋产品裂纹的识别率。

关键词: 农副产品; 裂纹; 声学识别; 机器视觉识别

中图分类号: S 226 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2016)08—0785—07

Research Progress on Crack Identification Methods of Agricultural and Livestock Products

LI Yinian, WEI Changcheng, DING Weiming, YI Yingwu

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract: Crack inevitably happens in some agricultural and livestock products during the producing and processing. In some cases, it is needed in producing and processing nuts, whereas it should be avoided in storing and processing egg and grain as far as possible. Therefore, it is of great significance to distinguish crack and sort out the products with crack in the producing and processing. The research status of crack identification on the part of agricultural and livestock products as well as identifying characteristics by using machine vision and acoustic vibration are clarified at home and abroad in this review. The identification rates of the agricultural and livestock products crack would be improved by combining two methods together through the analysis of the research status.

Keywords: agricultural and livestock products, crack, acoustic vibration identification, machine vision identification

有些农副产品在生产加工过程中不可避免会产生裂纹, 而裂纹会对农副产品的品质产生不利影响。以水稻为例: 水稻种子在成熟过程中不可避免会产生稻壳的裂颖, 内部糙米籽粒产生裂纹, 出现

裂颖和裂纹之后, 不可避免影响种子发芽性能, 包括活力降低、发芽势和发芽率降低, 秧苗品质降低, 甚至最终影响水稻产量。对有些农副产品的裂纹进行识别并分选, 是在加工过程中必要的步骤。例如

收稿日期: 2015-07-29

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金(20130097110042)。

作者简介: 李毅念(1973—), 男, 新疆哈密人, 工学博士, 副教授, 主要从事农业物料特性及农业装备研究。E-mail: 1146158403@qq.com

开心果、松子、禽蛋等。开心果在收获的时候就会产生 17% 的闭口果, 78% 的开口果, 以及 5% 的半开口果。在实际加工过程中需要进行开、闭口果的分选, 因为开口果的售卖价格远超闭口果的价格。对这些农产品裂纹进行识别和分选有利于提高农产品的经济效益。之前已经有很多学者对农产品的无损检测进行过论述^[1-4], 但是却很少有学者仅对农副产品裂纹及其检测单方面论述, 目前机器视觉识别法和声学振动识别法已成为农副产品裂纹检测的主要方法。

1 裂纹声学振动识别方法

1.1 声学振动识别原理

如图 1 所示, 将需要检测的农产品, 从一定的高度依次落下, 让其撞击在金属板(玻璃板)上产生振动信号, 通过声音传感器采集该信号, 存入计算机之中并用计算机中的软件对该声音信号进行时域、频域等分析。

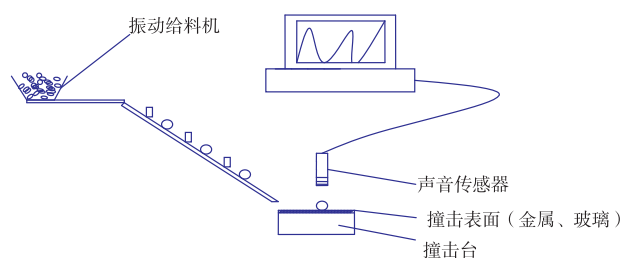


图 1 声学振动识别

Fig. 1 Acoustic vibration identification

1.2 声学振动识别方法应用实例

1.2.1 开心果开闭口识别 Pearson^[5]利用撞击声学原理对采集到的每个声音信号分别进行时域和频谱分析及处理。实验表明, 开心果撞击到金属表面, 前 0.33 ms 时闭口果比开口果的输出电压幅值更高; 在 0.33 ms 后闭口开心果的输出电压普遍低于开口开心果。通过对时域和频域声波信号的比较, 提取不同数据点的 3 个特征值, 做线性和非线性判别分析, 能检测 98% 的开口开心果及 85% 半开口的开心果, 对于闭口果检测错误率仅为 3.9%。在这之后很多学者对 Pearson 的检测识别装置和信号处理算法进行优化。Cetin 等^[6-8]将 MEL 倒谱系数和 PCA 特征向量的线性组合来识别开、闭口果, 其识别闭口开心果正确率超过 99%。Omid 等^[9]采用主成分分析与人工神经网络相结合的方法, 对开心果智能筛

选系统进行评估设计, 能检测 93.1% 的闭口开心果及 96.7% 的半开口开心果, 对于开口果检测错误率仅为 2.7%。Ince^[10]等提出时频平面特征提取和分类算法来识别开口和闭口开心果, 使用小波变换抽取将声信号分解为时间和频率成分, 识别闭口开心果的精度达到 91.7%。臧富瑶等^[11-12]以大理石作为被撞击物, 加上一个 50 dB 的背景噪音, 通过利用开、闭口开心果碰撞声音信号在时域和频域上出现的差异, 以及时域信号的综合对数衰减率进行分拣, 分拣准确率 100%。

1.2.2 榛子开闭口识别 Kalkan 等^[13]发现不同类型的榛子撞击到金属板上所产生的声音信号不同, 据此设计了一个榛子自动化分类系统。将所采集到的撞击声音信号采用非抽取小波变换分解, 将每一个副环带分为非重叠时间片段和一个特征向量, 用来计算出每一段的能量。实验中将榛子分为 3 组: 1) 空壳; 2) 饱满普通壳榛; 3) 饱满裂壳榛子。在第一阶段榛子首先分为两类: 第一类空壳榛子, 第二类饱满的榛子, 其分类准确率达到了 98.20%。在第二阶段饱满榛子分为了开口和闭口两类, 对开口榛子检测准确率达到 95.26%。之后 Kalkan 等^[14]利用自适应时间频率平面特征算法, 提高了榛子的自动化分类精度, 检测速度为 45 个/s, 识别精度达到 96%。

1.2.3 禽蛋裂纹检测 De Ketelaere 等^[15]利用声学脉冲共振特征频率特性来检测蛋壳的裂纹, 检测裂纹误差精度达到了 0.5%。Cho 等^[16]采用声波冲击频率特性来探测蛋壳的裂纹。Jindal 等^[17]发现裂纹蛋受到敲击后其声音沙哑、沉闷。公茂法等^[18]根据敲击产生的声音信号的强弱来判断是否有裂纹。潘磊庆等^[19]根据完好鸡蛋与裂纹鸡蛋特征频率响应的分布及差异来检测鸡蛋裂纹, 对裂纹鸡蛋检测正确率达到 91%。潘磊庆等^[20]又将声学响应和 BP 神经网络相结合, 创建了基于 MATLAB 的结构为 6-15-2 的 3 层 BP 神经网络模型, 对鸡蛋的整体识别率达到 94%。姜瑞涉等^[21]提出用主频率值、归一化功率谱平均幅值来检测禽蛋的裂纹。孙力等^[22]通过对禽蛋敲击信号功率谱、频域信号分析, 实现了 5 个/s 的在线检测, 其检测准确率达 90% 以上。郎涛等^[23]提取敲击禽蛋响应信号功率谱的 10 个特征参数, 采用遗传算法筛选裂纹禽蛋, 判别率可达到 97.2%。吴雪^[24]对敲击声、蛋壳的振动这两种信号进行同步获取与分析, 通过分析声振信号在频域上谱分布的特征差异

来实现裂纹蛋壳的分离。禽蛋壳硬度低、易破碎,如果采取从一定高度落下的方法来检测,无疑会造成蛋壳破碎。目前是通过鸡蛋进行多点敲击采集信号并提取其时域、频域信号进行分析。然而这个敲击方法对实验装置的要求较高,过大的敲击力会导致鸡蛋二次破坏,过小时无法产生足够的信号强度。

1.2.4 玉米裂纹识别 张杰^[25]通过对玉米籽粒撞击信号在时域、频域和倒谱域上进行分析,实验发现了采用玻璃板进行试验,利用 DTW 算法对 Mel 倒谱系数进行识别,分类效果最佳。其区分完好籽粒和裂纹籽粒的准确率为 88.5%。目前国内外通过声学特性来识别玉米裂纹,实现玉米分级处理的研究较少。由于玉米的品种多,并且每粒玉米籽粒的形状大小差别很大,这些原因导致每次采集的信号强度都出现较大的偏差,并且识别精度不高。

1.2.5 松子开闭口识别 李建平等^[26-27]主要通过分析碰撞后的波形图、频谱图,得到开口与未开口松子之间的差异,研究发现开口松子在 3 500~7 000 Hz 有一能量高峰,能够利用开口松子与未开口松子波形和频谱的分形维作分级。此研究提出了松子分类特征依据,但没有指出松子的分类准确率。在控制松子下降高度时,有必要对碰撞板到声音传感器的距离进行多次试验。如果对开口松子进一步分类成开口松子、半开口松子,将能够进一步提高实测精度。

2 机器视觉识别方法

2.1 机器视觉识别原理

机器视觉是指用相机和计算机代替人的眼来做测量和判断。如图 2 所示,当需要检测农产品时,将农产品放在一定的位置并通过镜头对农产品进行多方位拍照,然后将拍摄的图片通过计算机相关软件提取特征参数。

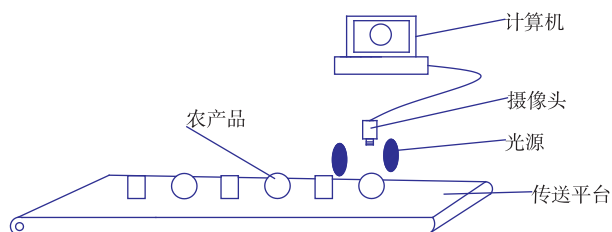


图 2 机器视觉区分裂纹系统

Fig. 2 Computer vision system for distinguishing cracks

2.2 机器视觉识别方法的典型应用

2.2.1 开心果分级 Pearson 和 Toyofuku^[28]设计了一种图像扫描设备来实现开心果的开、闭口分级处理。该商业设备每秒钟可以对 40 个开心果进行处理。但是该设备用于商业处理开心果的分级效果不能令人满意,其一是因为价格昂贵,其二是识别正确率约为 95%,并没有比传统的机械分级设备精度更高。郭晓伟^[29]通过提取 3 条像素行灰度值曲线来提高开壳开心果部分果肉与果壳颜色相近时的识别率。对开口果的识别率为 93.3%,闭口果的识别率达 100%。

2.2.2 裂纹米及水稻裂颖检测 Wan^[30]等提出了采用最大灰度差分算法 (MGLD) 对裂纹米粒进行识别,其识别准确率为 87%。郑华东^[31]等在分析大米裂纹光学特征的基础上,提出了一种基于单体裂纹米粒图像行灰度均值变化特征的大米裂纹检测算法,对裂纹大米的识别精度达到 97% 以上。Lan 等^[32]使用 Image-Pro Plus 处理大米图像,得到长粒和中粒大米颗粒爆腰结构的差异,在中粒米中能够检测到 94% 的裂纹米,在长粒米中能够检测出 100% 的裂纹米。Lin 等^[33]提出了利用多分辨率 B 样条小波识别大米裂纹,比采用经典的 Canny 和 Sobel 算法检测精度更高。成芳^[34]用哈夫变换找到了与稻种裂颖缺陷紧密相关的图像特征,该方法对正常和微裂水稻平均识别准确率超过 90%,但对裂颖水稻的平均识别率只有 87%。王艳平等^[35-36]利用裂颖、微裂、正常杂交水稻种子的特征值设计了一个 3 层 BP 神经网络结构,对正常、裂颖种子的识别率大于 95%。吴彦红^[37]等采用灰度变换、自动阈值分割、区域标记等方法从采集的稻米群体图像中提取单体米粒图像,对单体米粒的裂纹、歪白特征进行了统计和检测方法研究,对裂纹米粒识别的准确率达到 96.41%。许振伟^[38]提出一种基于双正交 B 样条小波变换的裂纹检测方法,对裂纹大米的识别率大于 97%。Cheng 等^[39]利用 Radon 变换组数量后处理图像,有利于识别裂颖水稻籽粒,对正常水稻种子的识别率达到 98.6%,对微裂颖水稻种子的识别率为 98.6%,对裂颖水稻种子的识别率达到 99.2%。可以看出,通过机器视觉识别法来识别大米裂纹、水稻裂颖是在静态下进行,不宜动态检测,难以实现连续生产。对于裂颖水稻而言,裂颖的产生一般只出现在水稻的侧面,不利于图像的提取,会产生误判。然而对于裂纹大米,

由于强光透过就可以很清晰地识别到裂纹。同时这些水稻都是在分开放置不产生重叠的时候进行拍照处理,但实际处理过程中,不可避免地会发生大量的重叠,那么这个时候的判别精度将会大大降低。

2.2.3 玉米裂纹识别 Gunasekarans 等^[40]采用商业视觉系统采集玉米籽粒图像,研究了种子内部裂纹的识别方法。张杰^[25]采用 Canny 算子对玉米图像进行边缘检测,该套检测系统综合识别率达到 94%。张俊雄等^[41]设计了玉米籽粒的图像采集系统和光照环境,对农大 4967 和农大 3138 品种的玉米籽粒进行了有裂纹粒和无裂纹粒的识别,准确率分别为 94% 和 90%。张新伟等^[42]将数学形态学方法与传统边缘检测算子相结合,研究了一种基于小波变换的图像融合边缘检测新方法,提高了检测玉米裂纹的准确性。

2.2.4 禽蛋裂纹识别 Gracia^[43]等以提取彩色分量的方法来检测鸡蛋表面裂纹,其正确率达 92%。Lin 等^[44]通过对蛋壳施加一定压力,然后进行图像采集分析处理,对蛋壳的检测准确率达到 80%。欧阳静怡等^[45]引入了 BET 算法来提取鸡蛋轮廓,并采用 SOBEL 算子和 Fisher 线性判别结合,对裂纹鸡蛋的识别率达到 98% 以上。惠斌^[46]开发了对鸭蛋图像处理的软件,能够有效区分鸭蛋表面裂纹,其识别率达到 92.5%。李竞^[47]采用反锐化掩模局部对比度增强的分段增益改进算法来增强裂纹,对裂纹禽蛋的识别率达到 100% 并且检测速度达到 4 个/s。潘磊庆等^[48]将计算机视觉技术和 BP 神经网络技术相结合,建立结构为 5-10-2 的 BP 神经网络模型,对裂纹鸡蛋的识别率达到了 92.9%。熊利荣等^[49]通过计算机视觉系统获取鸭蛋表面的图像,利用颜色特征参数

和灰度阈值方法对图像分割,提取分割后的裂纹区域和噪声区域的 6 个几何特征参数对图像进行识别,裂纹识别率为 93.392%。之后提出了基于 Adaboosting_SVM 的分类建模方法,提高了分类的精度,模型正确率达到 97.5%^[50]。计算机视觉识别禽蛋裂纹时,禽蛋的外部污点会降低识别精度。相比敲击法,计算机识别的优势在于能够同时检测禽蛋的内外部品质,且是无接触型识别,不会对禽蛋造成二次破坏。

3 结 语

机器视觉识别法和声学振动法的应用大大提高了农副产品裂纹识别的精度。

通过比较发现机器视觉识别法的几个特点:1) 对光照环境很重要,不同的光照角度,不同的光线颜色,不同的光照强度,都会影响图像的处理;2) 拍摄图像的清晰度,拍摄照片的高度以及角度;3) 对图像不同的处理方法,得到的效果差异比较明显;4) 裂纹位置必须对着相机,方能得到裂纹图像。

声学振动检测法的特点:1) 测试环境很重要,外部噪声会对测试数据产生很大影响;2) 声音传感器的灵敏度、物料不同的下降高度、撞击角度;3) 声音信号特征提取方法比较简单,主要通过时域、频域来分析;4) 声音传感器的放置位置。

将机器视觉识别法和声学振动识别法这两种方法更好地融合,更利于对农副产品裂纹检测。潘磊庆等^[51]将计算机视觉和声学响应信息融合来实现鸡蛋裂纹的检测,其识别准确率明显得以提高,达到 98%。

参考文献:

- [1] TOYOFUKU N, PEARSON T. Advances in automated nut sorting [M]. Harris: Woodhead Publishing Series in Food Science, 2013: 230-244.
- [2] 应义斌, 蔡东平, 何卫国, 等. 农产品声学特性及其在品质无损检测中的应用[J]. 农业工程学报, 1997, 13(3): 208-212.
YING Yibin, CAI Dongping, HE Weiguo, et al. Acoustic properties of fresh agricultural products and its application in non-destructive quality evaluation[J]. *Transactions of the CSAE*, 1997, 13(3): 208-212. (in Chinese)
- [3] 潘立刚, 张缙, 陆安祥, 等. 农产品质量无损检测技术研究进展与应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊 2): 325-330.
PAN Ligang, ZHANG Jin, LU Anxiang, et al. Review on non-destructive determination technology for agricultural product quality[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(Supp.2): 325-330. (in Chinese)
- [4] 梅亚敏, 郭敏. 基于碰撞声信号的农产品品质检测技术综述[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(4): 213-219.
MEI Yamin, GUO Min. Review on impact acoustic signal based quality evaluation technologies for agricultural products[J]. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2013, 41(4): 213-219. (in Chinese)
- [5] PEARSON T C. Detection of pistachio nuts with closed shells using impact acoustics [J]. *Applied Engineering in Agriculture*,

- 2001,17(2):249-253.
- [6] CETIN A E,PEARSON T C,TEWFIK A H. Classification of closed- and open-shell pistachio nuts using impact acoustical analysis [C]//Proc 2004 International Conference on Acoustics,Speech,and Signal Processing (ICASSP). Piscataway:IEEE, 2004.
- [7] CETIN A E,PEARSON T C,TEWFIK A H. Classification of closed- and open-shell pistachio nuts using voice-recognition technology[J]. **Transactions of the ASAE**,2004,47(2):659-664.
- [8] CETIN A E,PEARSON T C,TEWFIK A H. Classification of closed and open shell pistachio nuts using principal component analysis of impact acoustics [C]//Processing 2004 International Conference on Acoustics,Speech,and Signal-ICASSP, [S.I.]: IEEE,2004.
- [9] OMID M,MAHMOUDI A,OMID M H. Development of pistachio sorting system using principal component analysis (PCA) assisted artificial neural network(ANN) of impact acoustics[J]. **Expert Systems with Applications**,2010,37(10):7205-7212.
- [10] INCE Nuri F,GOKSU Fikri,TEWFIK Ahmed H,et al. Discrimination between closed and open shell (Turkish) pistachio nuts using undecimated wavelet packet transform[J]. **Biological Engineering**,2008,1(2):159-172.
- [11] 臧富瑶,冯涛,王晶,等. 基于碰撞声的开心果分拣技术研究[J]. 农产品加工,2014(11):65-67.
ZANG Fuyao,FENG Tao,WANG Jing,et al. Pistachio sorting technique research using impact acoustics [J]. **Farm Products Processing**,2014(11):65-67.(in Chinese)
- [12] 臧富瑶,冯涛,王晶,等. 基于撞击声的开心果分拣模型研究[J]. 食品与机械,2015,31(2):157-160.
ZANG Fuyao,FENG Tao,WANG Jing,et al. Pistachio sorting model research using impact acoustics [J]. **Food & Machinery**, 2015,31(2):157-160.(in Chinese)
- [13] KALKAN H,YARDIMCI Y. Classification of hazelnut kernels by impact acoustics[C]// Machine Learning for Signal Processing, [S.I.]:IEEE,2006:325-330.
- [14] KALKAN H,INCE N F,TEWFIK A H,et al. Classification of Hazelnut Kernels by Using Impact Acoustic Time-Frequency Patterns [J/OL]. *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, [2015-07-29]. <http://2008,Article ID 247643>,11 pages.doi: 10.1155/2008/247643
- [15] De KETELAERE B,COUCKE P,De BAERDEMAEKER J. Eggshell crack based on acoustic resonance frequency analysis[J]. **Journal of Agricultural Engineering Research**,2000,76(2):157-163.
- [16] CHO H K,CHOI W K,PAEK J H. Detection of surface cracks in shell eggs by acoustic impulse method [J]. **Transactions of the ASAE**,2000,43(6):1921-1926.
- [17] JINDAL V K,SRITHAM E. Detecting egg shell cracks by acoustic impulse response and artificial neural networks [C]. ASAE Annual Internation Meeting,Nevada:Rlviera Hotel and Convention Center Las Vegas,2003.
- [18] 公茂法,李其才. 禽蛋质量自动检测方法与实践[J]. 自动化与仪器仪表,1995(5):35-38.
GONG Maofa,LI Qicai. A detection method for egg quality [J]. **Automation and Instrumentation**,1995 (5):35-38.(in Chinese)
- [19] 潘磊庆,屠康,刘明,等. 基于声学响应和 BP 神经网络检测鸡蛋裂纹[J]. 南京农业大学学报,2010,33(6):115-118.
PAN Leiqing,TU Kang,LIU Ming,et al. Eggshell crack detection based on acoustic response and BP neural network[J]. **Journal of Nanjing Agricultural University**,2010,33(6):115-118.(in Chinese)
- [20] 潘磊庆,屠康,赵立,等. 敲击振动检测鸡蛋裂纹的初步研究[J]. 农业工程学报,2005,21(4):11-15.
PAN Leiqing,TU Kang,ZHAO Li,et al. Preliminary research of chicken egg crack detection based on acoustic resonance analysis[J]. **Transactions of the CSAE**,2005,21(4):11-15.(in Chinese)
- [21] 姜瑞涉,王俊,陆秋君,等. 鸡蛋敲击响应特性与蛋壳裂纹检测[J]. 农业机械学报,2005,36(3):75-78.
JIANG Rueshe,WANG Jun,LU QiuJun,et al. Eggshell crack detection by frequency analysis of dynamic resonance [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery**,2005,36(3):75-78.(in Chinese)
- [22] 孙力,蔡健荣,林颢,等. 基于声学特性的禽蛋裂纹实时在线检测系统[J]. 农业机械学报,2011,42(5):183-186.
SUN Li,CAI Jianrong,LIN Hao,et al. On-line detection of cracked shell eggs based on acoustic resonance analysis [J]. **Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery**,2011,42(5):183-186.(in Chinese)
- [23] 郎涛,林颢. 鸡蛋蛋壳裂纹敲击振动功率谱信号特征参数筛选和分析[J]. 农机化研究,2012(7):161-164.

- LANG Tao, LIN Hao. Detection of cracked shell eggs based on vibration signal by using variable selection and analysis [J]. **Journal of Agricultural Mechanization Research**, 2012(7): 161-164. (in Chinese)
- [24] 吴雪. 鸡蛋裂纹损伤检测的声振分析方法研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 10-13.
WU Xue. Study on chicken eggs crack detection based on different sound and vibrational signals [J]. **Food & Machinery**, 2014, 30(6): 10-13. (in Chinese)
- [25] 张杰. 基于声学 and 图像分析的玉米应力裂纹检测方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [26] 李建平, 魏宝刚. 松子开闭声学特性的试验研究[J]. 农业机械学报, 2005, 36(12): 84-86.
LI Jianping, WEI Baogang. Experimental study on acoustical characteristics of pine nut with open and closed shells [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery**, 2005, 36(12): 84-86. (in Chinese)
- [27] 李建平, 魏宝刚. 松子的声学特性及分形判别[J]. 农业工程学报, 2006, 22(3): 15-18.
LI Jianping, WEI Baogang. Acoustical characteristics of pine nut and fractal recognition [J]. **Transactions of the CSAE**, 2006, 22(3): 15-18. (in Chinese)
- [28] PEARSON T C, TOYOFUKU N. Automated sorting of pistachio nuts with closed shells [J]. **Applied Engineering in Agriculture**, 2000, 16(1): 91-94.
- [29] 郭晓伟. 基于机器视觉的开心果闭壳与开壳识别[J]. 计算机应用, 2011, 31(2): 426-427, 434.
GUO Xiaowei. Discrimination between closed and open shell pistachio nuts using machine vision [J]. **Journal of Computer Applications**, 2011, 31(2): 426-427, 434. (in Chinese)
- [30] WAN Y N, LIN C M, CHIOU J F. Rice quality classification using an automatic grain quality inspection system[J]. **Transactions of the ASAE**, 2002, 45(2): 379-387.
- [31] 郑华东, 刘木华, 吴彦红, 等. 基于计算机视觉的大米裂纹检测研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 129-133.
ZHENG Huadong, LIU Muhua, WU Yanhong, et al. Rice fissure detection using computer vision [J]. **Transactions of the CSAE**, 2006, 22(7): 129-133. (in Chinese)
- [32] LAN Y, FANG Q, KOCHER M F, et al. Detection of fissures in rice grains using imaging enhancement [J]. **International Journal of Food Properties**, 2002, 5(1): 205-215.
- [33] LIN P, CHEN Y, BAO Y, et al. Image detection of rice fissures using biorthogonal b-spline wavelets in multi-resolution spaces[J]. **Food and Bioprocess Technology**, 2012, 5(5): 2017-2024.
- [34] 成芳. 稻种质量的机器视觉无损检测研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [35] 王艳平, 冯世杰. 基于计算机视觉技术对杂交水稻裂颖种子的识别研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(23): 12350-12351, 12376.
WANG Yanping, FEN Shijie. Identifying study on hybrid rice seeds of broken glumes based on computer vision technology [J]. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**, 2010, 38(23): 12350-12351, 12376. (in Chinese)
- [36] 王艳平. 基于计算机视觉技术对杂交水稻裂颖种子的识别研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007.
- [37] 吴彦红, 刘木华, 杨君, 等. 基于计算机视觉的大米外观品质检测[J]. 农业机械学报, 2007, 38(7): 107-111.
WU Yanhong, LIU Muhua, YANG Jun. et al. Rice outer-quality inspection based on computer vision [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery**, 2007, 38(7): 107-111. (in Chinese)
- [38] 许振伟. 基于多分辨率 B 样条小波分析的大米裂纹检测研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(6): 101-104.
XU Zhenwei. Study about rice fissure detection based on multi-resolution B-spline wavelet analysis [J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2012, 27(6): 101-104. (in Chinese)
- [39] CHENG fang, YING Yibing, LI Yanbin. Detection of defects in rice seeds using machine vision [J]. **Transactions of the ASABE**, 2006, 49(6): 1929-1934.
- [40] GUNASEKARAN S, COOPER T M, BERLAGE A G, et al. Image processing for stress cracks in corn kernels [J]. **Transactions of the ASAE**, 1987, 30(1): 266-273.
- [41] 张俊雄, 荀一, 李伟. 基于形态特征的玉米种子表面裂纹检测方法[J]. 光学精密工程, 2007, 15(6): 951-956.
ZHANG Junxiong, XUN Yi, LI Wei. Detection of surface cracks of corn kernel based on morphology [J]. **Optics and Precision Engineering**, 2007, 15(6): 951-956. (in Chinese)
- [42] 张新伟, 赵学观, 张健东, 等. 基于数据融合的玉米种子内部机械裂纹检测方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(9): 136-141.

- ZHANG Xinwei,ZHAO Xueguan,ZHANG Jiandong,et al. Detection of internal mechanical cracks in corn seeds based on data fusion technology[J]. **Transactions of the CSAE**,2012,28(9): 136-141.(in Chinese)
- [43] GARCIA-ALEGRE M C,RIBEIRO A,GUINEA D,et al. Egg shell defects detection based on color processing [C]// Proceeding SPIE 3966,Machine Vision Applications in Industrial Inspection VIII,[S.I.]:SPIE,2000:280-287.
- [44] LIN Jenshinn,LIN Y,HSIEH M,et al. An automatic system for eggshell quality monitoring [C]//ASAE Annual Meeting Paper St Joseph,Mich:ASAE,2001:016032.
- [45] 欧阳静怡,刘桦. 基于计算机视觉的鸡蛋裂纹检测方法研究[J]. 农机化研究,2012(3):91-93.
OUYANG Jingyi,LIU Muhua. Computer vision based egg crack detection methods[J]. **Journal of Agricultural Mechanization Research**,2012(3):91-93.(in Chinese)
- [46] 惠斌. 基于机器视觉的禽蛋破损检测系统[D]. 长沙:中南大学,2012.
- [47] 李竞. 基于机器视觉的鸭蛋蛋壳检测系统[D]. 长沙:中南大学,2013.
- [48] 潘磊庆,屠康,苏子鹏,等. 基于计算机视觉和神经网络检测鸡蛋裂纹的研究[J]. 农业工程学报,2007,23(5):154-158.
PAN Leiqing,TU Kang,SU Zipeng,et al. Crack detection in eggs using computer vision and BP neural network[J]. **Transactions of the CSAE**,2007,23(5):154-158.(in Chinese)
- [49] 熊利荣,王树才. 基于机器视觉的鸭蛋裂纹自动检测[J]. 湖北农业科学,2009,48(12):3152-3154.
XIONG Lirong,WANG Shucui. The auto-detection of duck eggshell crack based on computer vision [J]. **Hubei Agricultural Sciences**,2009,48(12):3152-3154.(in Chinese)
- [50] 熊利荣,谢灿,祝志慧. 基于 Adaboosting_SVM 算法的多特征蛋壳裂纹识别[J]. 华中农业大学学报,2015,34(2):136-140.
XIONG Lirong,XIE Can,ZHU Zhihui. An identification method based on multi-feature and Adaboosting_SVM of eggshell crack [J]. **Journal of Huazhong Agricultural University**,2015,34(2):136-140.(in Chinese)
- [51] 潘磊庆,屠康,詹歌,等. 基于计算机视觉和声学响应信息融合的鸡蛋裂纹检测[J]. 农业工程学报,2010,26(11):332-337.
PAN Leiqing,TU Kang,ZHAN Ge,et al. Eggshell crack detection based on information fusion between computer vision and acoustic response[J]. **Transactions of the CSAE**,2010,26(11):332-337.(in Chinese)

会议信息

会议名称(中文):第十九次全国环境微生物学学术研讨会

所属学科:动植物微生物学,细胞生物学,环境科学

开始日期:2016-11-11

结束日期:2016-11-14

所在城市:重庆市 北碚区

具体地点:心景酒店

主办单位:中国微生物学会环境微生物学专业委员会

承办单位:西南大学、极致基因信息研究院

主题:环境微生物与生态修复

全文截稿日期:2016-09-20

联系人:代先祝

联系电话:13527324752,023-68250279

E-MAIL:emnjau2016@163.com

会议网站:<http://csm.im.ac.cn/templates/team/introduction.aspx?nodeid=9&page=ContentPage&contentid=3736>

会议背景介绍:

由中国微生物学会环境微生物学专业委员会主办,西南大学、极致基因信息研究院承办的“第十九次全国环境微生物学学术研讨会”定于2016年11月11日-14日在重庆市北碚区召开。热忱欢迎全国从事环境微生物学研究、教学和开发的专家、学者到重庆相聚,本次会议将为与会代表提供一个学术交流、成果展示以及项目合作的良好平台。大会将邀请院士、国内外环境微生物学领域著名专家、学者报告当今环境微生物学研究的最新成果与发展趋势。同时,大会也热忱欢迎环境微生物相关企业参会并展示技术和产品。