

邢志中,张海东,王 孟,等. 基于计算机视觉和神经网络的鸡蛋新鲜度检测[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):160-163.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.044

基于计算机视觉和神经网络的鸡蛋新鲜度检测

邢志中,张海东,王 孟,翟超男,郭小军,陈 腾

(云南农业大学机电工程学院,云南昆明 650201)

摘要:为了提高鸡蛋新鲜度分级的准确率,利用计算机视觉技术,通过所搭建的鸡蛋透射光图像采集系统获取鸡蛋透射光图像信息,提取鸡蛋的 5 个形状特征和 6 个颜色特征参数,结合 BP 神经网络与鸡蛋的哈夫单位值进行对照,从而建立鸡蛋新鲜度检测分级模型。其训练集和测试集的分级正确率分别为 99.583 3% 和 98.333 3%。该分级模型的分级正确率达 98.000 0% 以上,具有较好的泛化功能及鲁棒性。结果表明,用鸡蛋的形状参数与颜色参数,结合神经网络对鸡蛋新鲜度分级是可行的,具有较高的分级正确率。

关键词:鸡蛋;计算机视觉;新鲜度;神经网络

中图分类号: S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)11-0160-04

研究开发新的鸡蛋品质检测与分级技术,对提升我国鸡蛋标准化生产和规模化生产,增强我国鸡蛋产业的国际竞争力都有极其重要的意义。目前,我国评价鸡蛋品质的传统检测法主要有感官法法和理化指标法^[1-3]。感官评价法简单易行,能够保证鸡蛋的完整,但受品质测评人员主观因素的影响较大,结果也不够准确,且检测效率低^[4];理化指标法的评价结果比感官法客观,但要求测评人员具备熟练的参数测定技能,测定后样品鸡蛋有损坏,还存在检测效率低的问题,不适于在线快速品质检测。

鉴于上述传统检测方法的不足,近年来,有不少学者将农

收稿日期:2016-03-03

基金项目:云南农业大学博士科研启动基金;云南农业大学学生科技创新创业行动(编号:2016ZKX121)。

作者简介:邢志中(1991—),男,山西运城人,硕士研究生,主要从事农业机械及设施研究。

通信作者:张海东,博士,副教授,主要从事农业机械及其自动化研究。E-mail:zhd_74@126.com。

0.95(试验时,土壤的内聚力比饱和土壤的内聚力大)。

综合表 1 和表 2 数据可知,大半径逆时针前行时,半径为 6.09 m 时,转向阻力矩误差(相同转向半径下实测转向阻力矩与理论转向阻力矩的差值再除以理论转向阻力矩)为 3.95%;半径为 4.06 m 时,转向阻力矩误差为 7.94%,而单边制动($R = B/2$)时的误差为 30.19%。

从误差分析结果可知,转向半径越大,考虑履带打滑,忽略履带侧面剪切土壤的转向公式计算结果与实际越逼近,越准确。转向半径越小,在不考虑侧面剪切土壤时误差越大,达到 30.19%。

3 结论

履带收获机在水田大半径($R > B/2$)转向时,考虑履带打滑,忽略履带剪切,进行数学建模分析,提出了一种计算侧面阻力矩的方法,并通过实车试验证明其适用性。

通过实车试验,测出大半径下的转向阻力矩,数据显示转

产品无损检测技术用于蛋品质检测研究^[5-6]。王巧华等为获得鸡蛋新鲜度,通过计算机视觉系统以及数学软件 Matlab 软件获得鸡蛋的色调、强度、饱和度,并建立了神经网络对蛋品质新鲜度进行检测,该模型对褐壳蛋及白壳蛋正确识别率分别为 87.258%、89.029%^[7];潘庆磊等利用计算机视觉,提取鸡蛋裂纹及噪声区域的圆形度、面积、长径、短径、长短径之比,结合神经网络,辨别鸡蛋裂纹,并对其进行分级,其模型正确识别率达到 92.900%^[8];郑利敏等利用工业数字摄像头得到鸡蛋的数字图像,从而提取鸡蛋图像特征的蛋黄以及气室指数,创建其与新鲜度和贮藏期的关系模型,得到蛋黄指数与蛋品质新鲜度具有线性关系,试验测得数值和预测数值的平均相对误差结果为 6.000%,鸡蛋蛋黄指数、鸡蛋气室指数和鸡蛋的贮藏期之间具有二次函数的关系,绝对误差不超过 2 d^[9]。本研究仍利用计算机视觉技术和神经网络对鸡蛋新鲜度进行测定,提取鸡蛋的 5 个形状特征和 6 个颜色特征参数,共计 11 个参数,建立并完善鸡蛋的新鲜度(哈夫值)的无损检测方法,使其具有更高的分级正确率,同时为以后的相

向阻力矩随半径的增大而减小。

提出履带收获机大半径转向时,可忽略履带侧面剪切土壤的因素,但必须考虑履带打滑这一因素。

参考文献:

- [1] 杨家军,周晓军,魏燕定,等. 履带车辆试验台建模与控制方法[J]. 农业机械学报,2013,44(6):8-13.
- [2] 李 勇,姚宗伟,王国强. 四履带车辆转向性能仿真研究[J]. 农业机械学报,2011,42(2):34-38,47.
- [3] 宋海军,高连华,程军伟. 履带车辆转向过程打滑率测试方法研究[J]. 车辆与动力技术,2007(2):4-6.
- [4] 程军伟,高连华,王红岩. 基于打滑条件下的履带车辆转向分析[J]. 机械工程学报,2006,42(增刊1):192-195.
- [5] 张广庆,朱思洪,李伟华,等. 铰接摆杆式大功率拖拉机原地转向仿真与实验[J]. 农业机械学报,2012(10):25-30,18.
- [6] 宿月文,朱爱斌,陈 渭,等. 履带机械地面力学建模及牵引性能仿真与试验[J]. 西安交通大学学报,2009,43(9):42-45,50.

关研发提供参考。

1 试验材料与设备

1.1 试验材料和分组

鸡蛋样本为云南农业大学养鸡场提供的 2015 年 3 月 6 日所产的新鲜鸡蛋,选取大小均匀、鸡蛋形状接近、鸡蛋外壳表面没有裂纹的红褐色鸡蛋 610 枚。其中 600 枚为试验所用,剩余 10 枚以替换试验过程意外损坏或操作失误出现异常数据的样本。将样本蛋分别清洗干净,平均分为 30 组,20 枚/组并依次编号。试验期间样本鸡蛋小头朝下放于蛋盘中,在室温下进行保存。

1.2 试验设备

本研究自行设计了 1 个 30 cm × 20 cm × 70 cm 的暗室,暗室内壁用黑色幕布敷贴。光源使用 1 个自制圆柱体灯罩将其密闭起来,灯罩顶面有 1 个略小于样本蛋的透光椭圆孔(长轴为 3.8 cm,短轴为 3.0 cm),并在样本蛋与光孔间放置一同样开孔大小的软垫片,确保样本鸡蛋与光孔边缘充分接触,光源采用 Philips 磨砂玻壳的白炽灯,功率为 60 W。工业相机为德国 the Imaging Source 的 DFK 31BG03. H 千兆以太网 CCD 彩色工业相机,其分辨率为 1 024 × 768 像素,感光器件采用逐行扫描的 Sony CCD。相机镜头与样本蛋距离为 50.6 cm,光源与样本蛋距离为 2.7 cm。系统示意图见图 1。

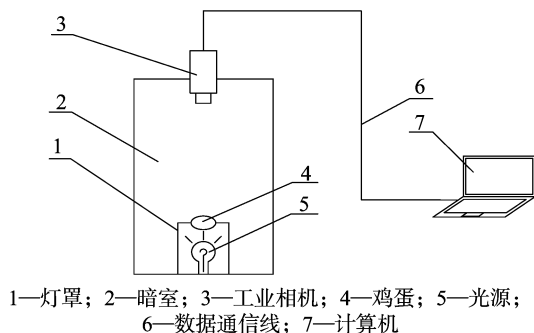


图1 鸡蛋图像采集处理系统的结构

由于本研究中相机的参数不会经常变化,因此选用网格标定法进行系统标定。在纸上自行给出边长为 7 cm 的正方形,将其边长以 1 cm 等分为大小相同的小正方形网格。保证网格平面和光轴严格垂直的情况下,对网格图像开始采集。从而可以得到相机像素和鸡蛋尺寸之间的关系。

1.3 鸡蛋哈夫单位值的测定

本研究参照美国农业部蛋品新鲜度评价指标标准(表 1)开展。该标准共分 4 个等级。

表 1 蛋品新鲜度分级指标

新鲜度	哈夫值	蛋白稳固度
AA 级或更高	≥72	高新鲜度,高营养价值,适宜消费者食用
A 级	>60 ~ <72	消费者可食用
B 级	>30 ~ 60	不适合消费者食用
C 级或更低	≤30	不能食用

通过公式(1)计算出哈夫值,测量蛋白高度值所使用的方法是将鸡蛋壳磕破,使蛋芯放置于水平的玻璃板上,使用深度游标卡尺在蛋白四周不同位置测得 3 组高度值,取其平均数值。

$$Ha = 100 \lg(10h + 7.57 - 1.7w^{0.37}) \quad (1)$$

式中: h 表示为所得蛋白的高度值,cm; w 表示为所得蛋品的质量,g。

哈夫值为 >72 ~ 80 的鸡蛋数量占总测量数量的 23.33%,哈夫值为 22 ~ 30、>30 ~ 60、>60 ~ 72 的鸡蛋数量分别占总测量数量的 3.33%、23.33%、50.00% (图 2)。

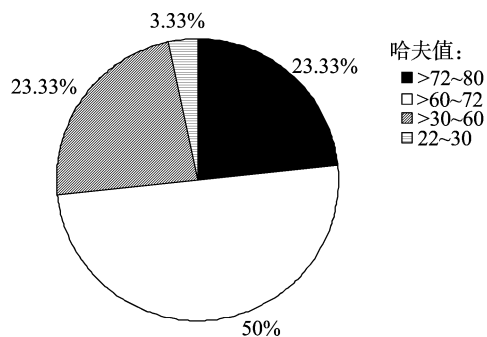


图2 鸡蛋哈夫值的测量结果

2 鸡蛋图像处理和特征参数提取

2.1 鸡蛋图像处理

在保持同焦距、物距情况下,对每个鸡蛋样本分别采集 3 次,图像格式为 BMP,1 024 × 768 像素的 RGB 数字图像并保存。采集到的鸡蛋图像见图 3。

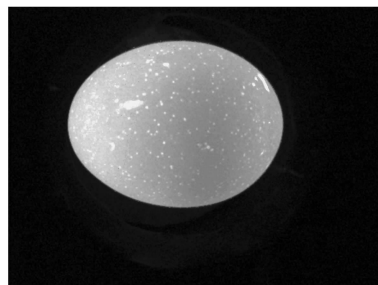


图3 计算机视觉系统所采集到的鸡蛋图像

图像处理的步骤主要有:图像分割、图像去噪、数学形态学变换以及边缘检测等。基于阈值的分割,通常用到图像分割法^[10-11],图 4 为鸡蛋图像的 R、G、B 值直方图。由图 4 可知,G 分量直方图上存在 1 个明显的低谷(图中箭头所示),选择 G 分量灰度值 38 作为阈值,进而将图像分割。分割后的鸡蛋图像见图 5。

图像去噪采用均值滤波,去噪前后的鸡蛋图像见图 6。此图用来提取鸡蛋的颜色特征。

本研究图像上散点噪声采用形态学运算将其去除。图 7-b 为二值化处理后的图像。图 7-c 为开运算后的鸡蛋二值图像。通过对比边缘检测算子:Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子以及 Canny 算子^[12-14]的结果(图 8),Roberts 算子得到的边缘检测结果较为理想。因此,采用 Roberts 算子进行图像的边缘检测^[15],其结果用于提取鸡蛋的形状特征参数(边缘周长 C)。

2.2 鸡蛋特征参数提取

通过对鸡蛋图像的处理之后,得到鸡蛋的形状特征参数与颜色特征参数,本研究所提取鸡蛋图像的 5 个形状特征参

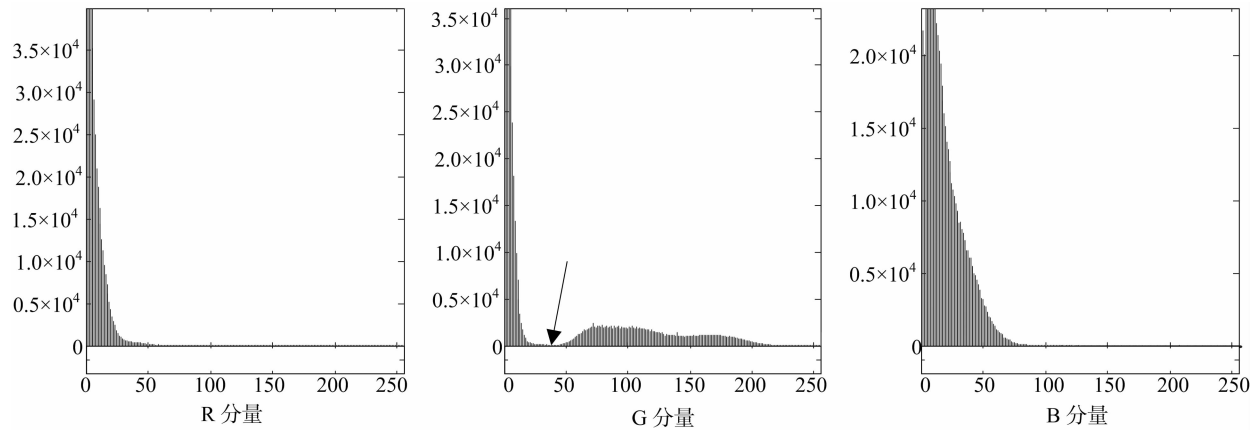


图4 鸡蛋图像的 R、G、B 直方图

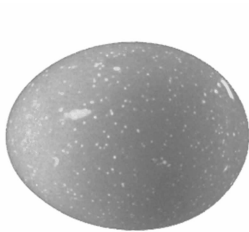
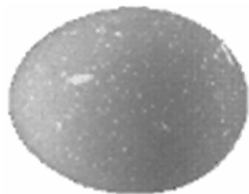
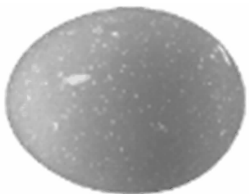


图5 G 值分割后的鸡蛋图像

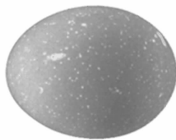


原图

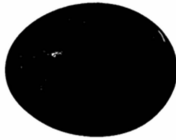


均值滤波

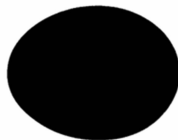
图6 去噪前后的鸡蛋图像



a. 原图像



b. 二值图像



c. 形态学处理后的二值图像

图7 鸡蛋原始图像的形态学处理

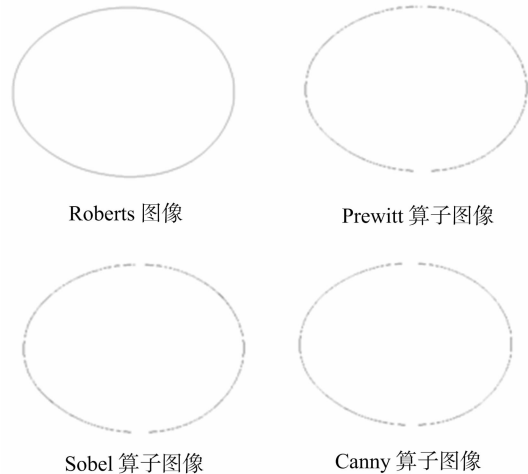


图8 边缘检测结果

3 鸡蛋新鲜度的 BP 神经网络分级

3.1 鸡蛋新鲜度的 BP 神经网络分级模型

本研究的鸡蛋样本中有 AA 级、A 级、B 级、C 级 4 个级别,鸡蛋样本数据共 600 组。根据经验将训练集样本以及测试集样本各对应等级按 4 : 1 比例分配样本:从中随机选取 AA 级样本 112 个,A 级样本 240 个,B 级样本 112 个,C 级样本 16 个,共 480 个作为训练集样本用于训练网络,余下 AA 级样本 28 个,A 级样本 60 个,B 级样本 28 个,C 级样本 4 个,测试集样本共计 120 个验证网络模型的分级能力。

神经网络输入层及输出层层数都固定为 1,根据选取鸡蛋形状与颜色特征参数确定输入层的节点数为 11 个。以鸡蛋新鲜度等级作为神经网络输出结果,输出层的节点数为 1。将新鲜度等级为 AA 级、A 级、B 级以及 C 级的鸡蛋分别赋值 1、2、3、4。

理论和实践都证明,过于复杂的网络结构容易产生“过拟合”^[16]。因此本研究在为加快神经网络的运算速度,在达到精度的要求下,采用单隐层结构的 BP 神经网络建立分级模型。本研究以输入以及输出层的节点数 n 、 m 的平均值 $(n+m)/2$ 作为隐含层节点数初始数。采用试凑法在初始数上左右偏移,得到不同的隐含层节点数与网络分类之间的误差关系,当节点为 6 时,训练集分类误差值为最小,故 BP 神

数为:鸡蛋图像面积 A (由区域所包含的像素个数决定),周长 C (鸡蛋图像外轮廓线的长度),长径最大值 a 和短径最大值 b ,蛋形指数 c (鸡蛋长径的最大值 a 与鸡蛋短径的最大值 b 之比)。

提取鸡蛋图像处理之后 6 个颜色特征参数:每幅图像中所有像素的 R、G、B、H、S、I 及其均值 \overline{R} 、 \overline{G} 、 \overline{B} 、 \overline{H} 、 \overline{S} 、 \overline{I} 。

神经网络隐含层节点数为 6。

除此之外,设定目标误差为 0.01。隐含层及输出层传递函数分别采用 S 形双曲正切传递函数 $\text{tansig}y = 2/[1 + \exp(-2x)] - 1$ 和线性传递函数 $\text{purelin } y = x$, 设定学习速率为 0.05, 迭代次数为 1 000 次。

3.2 鸡蛋新鲜度的 BP 神经网络分级结果

利用所建立的模型将测试集 120 个鸡蛋样本进行分级, 从而验证该模型的性能。

由图 9、图 10 可知, 训练集样本和测试集样本都能够较准确地被分级识别。训练集样本中 1 个 B 级鸡蛋样本被误判成 A 级鸡蛋样本, 识别正确率为 99.107 1%; 1 个 C 级鸡蛋样本误判成 B 级鸡蛋样本, 识别正确率为 93.750 0%; AA 等级与 A 等级识别正确率均为 100.000 0%, 训练集分级正确率达到 99.583 %。测试集样本中将 1 个 B 级鸡蛋样本误判为 A 级鸡蛋样本, 正确率为 96.428 6%; 将 1 个 A 级鸡蛋样本误判成 AA 鸡蛋级样本, 正确率为 98.333 3%; AA 等级与 C 等级识别率均为 100.000 0%, 测试集的分级正确率高达 98.333 0%。说明此模型对外部的样本有很高的识别能力。上述研究结果表明, 利用计算机视觉结合 BP 神经网络识别蛋品新鲜度具有可行性。

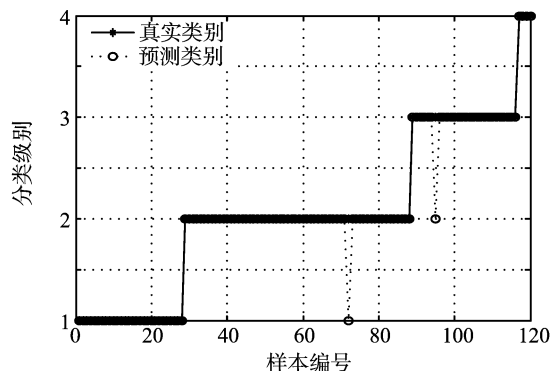


图10 测试集分级结果

参考文献:

- [1] 李剑锋. 基于近红外光谱漫反射技术检测鸡蛋新鲜度的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [2] 张正周, 李娟, 郑旗, 等. 计算机视觉技术在农产品加工业中的应用研究进展[J]. 农业与技术, 2014, 34(1): 34-36.
- [3] 姚瑞玲. 计算机视觉技术在食品工业中的应用研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2014, 50(4): 93-97.
- [4] 徐浩, 方洁, 李菁楠, 等. 模糊数学法在米糠酥性饼干配方研究中的应用[J]. 食品科技, 2015(8): 147-150.
- [5] 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(2): 325-330.
- [6] 刘静, 章程辉, 黄勇平. 无损检测技术在农产品品质评价中的应用[J]. 福建热作科技, 2007, 32(3): 32-35, 18.
- [7] 王巧华, 任奕林, 文友先. 基于BP神经网络的鸡蛋新鲜度无损检测方法[J]. 农业机械学报, 2006, 37(1): 104-106.
- [8] 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.
- [9] 郑丽敏, 杨旭, 徐桂云, 等. 基于计算机视觉的鸡蛋新鲜度无损检测[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 335-339.
- [10] 刘松涛, 殷福亮. 基于图割的图像分割方法及其新进展[J]. 自动化学报, 2012, 38(6): 911-922.
- [11] 郑晓曦, 严俊龙. 图像分割新方法综述[J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(8): 103-106.
- [12] 黄锋华, 刘琪芳, 冀金凤. 基于MATLAB数字图像边缘检测算子的研究[J]. 机械工程与自动化, 2011(4): 48-50.
- [13] 袁春兰, 熊宗龙, 周雪花, 等. 基于Sobel算子的图像边缘检测研究[J]. 激光与红外, 2009, 39(1): 85-87.
- [14] 赵宏中, 张彦超. 基于Canny边缘检测算子的图像检索算法[J]. 电子设计工程, 2010, 18(2): 75-77, 80.
- [15] 赵芳, 栾晓明, 孙越. 数字图像几种边缘检测算子检测比较分析[J]. 自动化技术与应用, 2009, 28(3): 68, 72.
- [16] 卢伟, 李良庚. 基于BP神经网络的水泵全特性曲线拟合[J]. 小水电, 2001(6): 27-28.

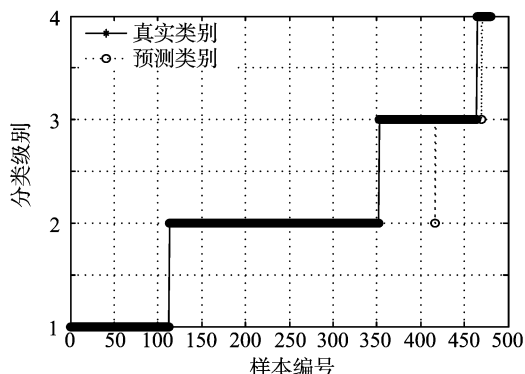


图9 训练集 BP 分级结果

4 结论

本研究搭建了鸡蛋图像的采集装置, 对采集到的图像预处理后, 提取相关的颜色特征参数和形状特征参数。依照国际上常采用的美国农业部蛋品评价标准对鸡蛋的新鲜度进行检测分级。利用提取到的特征参数结合神经网络所建立鸡蛋新鲜度分级模型的训练集分级正确率达到 99.583 3%; 测试集的分级正确率为 98.333 3%。

结果表明, 提取鸡蛋的形状参数与颜色参数, 结合神经网络对鸡蛋新鲜度分级不仅可行, 且相比其他参数具有更高的分级正确率。