

基于外部特征信息的蟠桃质量预测模型

Prediction model of flat peach-mass based on external characteristic information

蒋 伟 温宝琴 吴 杰 李 玲 冯 哲 徐虎博 王志鹏

JIANG Wei WEN Bao-qin WU Jie LI Ling FENG Zhe XU Hu-bo WANG Zhi-peng

(石河子大学机械电气工程学院, 新疆 石河子 832000)

(College of mechanical and electrical engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

摘要:采用计算机图像处理技术对蟠桃的缝合中线处直径、与缝合中线垂直处的直径以及厚度 3 个几何特征参数进行分析,建立基于外部特征信息的蟠桃质量预测模型。通过多元线性回归方法拟合出实测值与蟠桃质量的预测模型,比较不同参数所得模型的拟合优度,找到最优质量预测模型。通过将 MATLAB R2014a 软件获取的像素值与相应几何参数进行拟合,最终得到像素质量预测模型,预测准确率达到 91.87%。结果表明:基于外部特征信息的蟠桃质量预测研究是可行的,可为采用机器视觉方法进行蟠桃质量分级提供依据。

关键词:蟠桃;几何特征;线性回归;质量预测;拟合优度

Abstract: Using the computer image processing technology to analyze three geometric parameters of the flat peach (i. e. the diameter of flat peach in the suture midline, the diameter perpendicular to the suture midline and the thickness). The prediction model of flat peach-mass was established based on external characteristic information. And through the analysis of multiple linear fitting, found the prediction model of the measured values and flat peach-mass. By comparing goodness of fit of different models based on different parameters, the optimal quality prediction model was established. The MATLAB R2014a software acquired the pixel value of the corresponding geometric parameter. The pixel-mass prediction model was founded by fitting with it. The results suggest that predicting flat peach-mass based on external characteristic information is practicable. The study provides the basis for the use of machine vision method to classify flat peach-mass.

Keywords: flat peach; geometric parameters; linear regression; quality prediction; goodness of fit

基金项目:石河子大学科学技术研究发展计划优秀青年联合资助项目(编号:2012ZRKXYQ-YD06)

作者简介:蒋伟(1990—),男,石河子大学在读硕士研究生。
E-mail:jw_shz@163.com

通讯作者:温宝琴

收稿日期:2015-04-20

蟠桃是新疆特色果品产业之一^[1],尤其是新疆石河子 143 团的蟠桃从口感、外貌到营养价值都属于蟠桃中的极品,2000 年 10 月被中国农业特产专业委员会正式命名为“中国蟠桃之乡”。新疆蟠桃的销量逐年增长,2013 年销量已达 15 万 t 以上,但是增速在逐年降低^[2]。经调查^[3]发现,新疆蟠桃的自动化分级水平不高,生产效率低下,这是影响增速的原因之一。为了提高新疆蟠桃的商品价值及其在国际桃类高端市场上的竞争力,河北省地方标准^[4]规定了根据蟠桃单果质量的不同分为特级、一级和二级的分级标准,通常特级蟠桃单果质量:早熟品种 ≥ 100 g,中熟品种 ≥ 120 g,中晚熟品种 ≥ 220 g。

目前,蟠桃的称重分级主要依靠人工处理,分级效率较低,而且损伤率较高。由于果蔬的尺寸与其质量存在一定关系,因此为了避免果品单果称重所存在的效率低下、人为误差较大,以及果品损伤率较高的缺点,通过分析国内外针对梨、马铃薯、猕猴桃等果蔬质量的预测方法,利用蟠桃的几何特性尺寸来预测蟠桃质量。蟠桃几何尺寸的获取,可以采用计算机图像处理技术,实现非接触式测量,以减少蟠桃不必要的机械损伤,同时也可以降低人工成本。本研究拟采用计算机图像处理技术对蟠桃的几何特性进行分析,建立预测蟠桃质量的数学模型,旨在依据蟠桃质量来自动分级的装备的设计提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

蟠桃:由新疆石河子垦区 143 团提供。随机挑选无损伤、无虫害,且剔除畸形果的蟠桃 90 个,将蟠桃气调贮藏($4\% \sim 6\% \text{ O}_2$, $2\% \sim 4\% \text{ CO}_2$, $-1 \sim 1^\circ\text{C}$)。

1.2 几何特性参数实测

本研究假设蟠桃的形状为扁平状^[5],蟠桃的几何参数有:蟠桃横剖面的面积 x_1 、纵剖面的面积 x_2 、缝合中线处的直径 x_3 、缝合中线垂直处的直径 x_4 、蟠桃厚度 x_5 。用数显游标卡尺测量 x_3 、 x_4 、 x_5 ,采用数方格法^[6]测量 x_1 、 x_2 。蟠桃的

质量 y 由数字式电子称(精度为 0.01 g)称量。蟠桃的三维图见图 1。

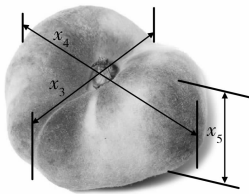
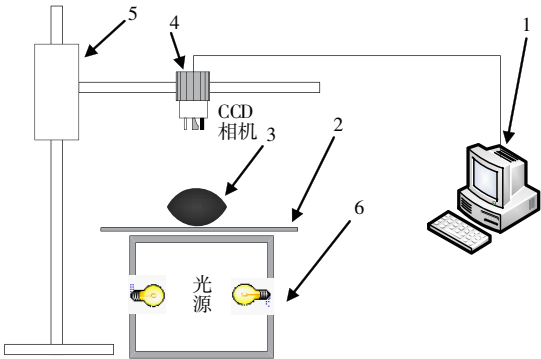


图 1 蟠桃的三轴径图
Figure 1 Three axes diameter of flat peach

1.3 蟠桃几何参数图像法获取

蟠桃的图像采集装置(图 2)由计算机、背景板、CCD 数码相机、高度调节装置、光源箱组成。采集图像时,将相机摄像头与测量台间距调节至 19 cm,光源为白炽灯点光源,蟠桃放置于白色背景的底板上,处于摄像头正下方。采集蟠桃正、反两面以及侧面(图 2 中的蟠桃样品为正面),应用 MATLAB R2014a 软件对图像进行滤波、二值化等预处理^[7],进而进行边缘检测^[8]、背景分割、RGB 分量提取^[9-11]。同时对图像进行形态学处理,以便得到蟠桃的外轮廓图像,达到对图像分析和识别的目的^[12,13],最终获得轴径参数、厚度参数和投影面积参数的像素值。图像处理过程见图 3。



1. 计算机 2. 背景板 3. 蟠桃样品 4. CCD数码相机
5. 高度调节装置 6. 光源箱
图 2 图像采集系统

Figure 2 Image acquisition system



图 3 蟠桃图像处理过程
Figure 3 Image processing process

1.4 蟠桃质量预测

针对蟠桃质量与各几何参数(如缝合中线处的直径,缝合中线垂直处的直径,蟠桃横、纵剖面的面积等)之间的关系,本研究采用了多元线性回归方法拟合出实测值与蟠桃质量的预测模型,并比较了不同参数所得模型的拟合优度,找到最优质量预测模型。同时通过将 MATLAB R2014a 软件获取的像素值与相应几何参数进行拟合,最终得到像素—质量预测模型。

2 结果与分析

2.1 实测值—质量模型

多元线性回归:
$$y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+\cdots+b_nx_n$$
 (1)

式中:
 $b_0\sim b_n$ ——回归系数;
 $x_1\sim x_n$ ——样本特征值;
 y ——目标特征值。

回归函数:
 $[b,\text{bint},r,\text{rint},\text{stats}]=\text{regress}(y,X,\text{alpha})$ (2)

式中:
 b ——回归系数;
 bint ——回归系数的区间估计;
 r ——残差;
 rint ——残差的置信区间;
 stats ——检验回归模型的统计量。

本试验有 5 个自变量:蟠桃横剖面面积 x_1 ,蟠桃纵剖面面积 x_2 ,缝合中线处的直径 x_3 ,缝合中线垂直处的直径 x_4 ,蟠桃厚度 x_5 ;一个因变量:蟠桃质量 y 。5 个自变量的箱形图见图 4。由图 4 可知, x_1 的变化最大并且异常量较多, x_2 次之, x_3 最小。

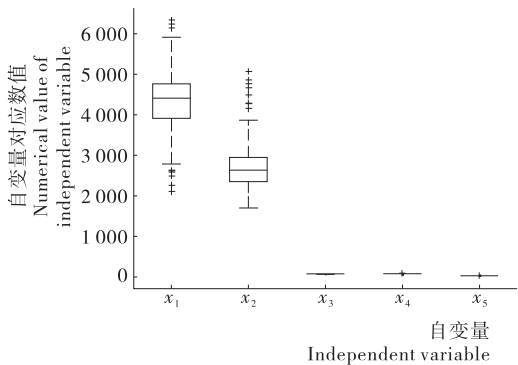


图 4 箱形图
Figure 4 Box-plot

分别对 5,4,3 个自变量进行线性拟合,同时得出各自的残差图,见图 5。最终统计结果见表 1。

表 1 不同自变量拟合结果统计表
Table 1 Fitting results of different independent variables

自变量个数	多元线性回归方程	拟合优度 R^2	异常值个数
5	$y=-215.183\ 2+0.008\ x_1+0.004\ 9x_2+1.573\ 5x_3+1.650\ 6x_4+1.696\ 2x_5$	0.936 5	7
4	$y=-236.357\ 3+0.004\ 4x_1+1.776\ 9x_3+1.958\ 7x_4+2.04\ 7x_5$	0.930 5	6
4	$y=-258.182\ 2-0.001\ 2x_2+2.011\ 7x_3+2.330\ 4x_4+2.037\ 9x_5$	0.919 6	5
3	$y=-256.996\ 6+2.006\ 5x_3+2.326\ 4x_4+1.927\ 1x_5$	0.918 7	6

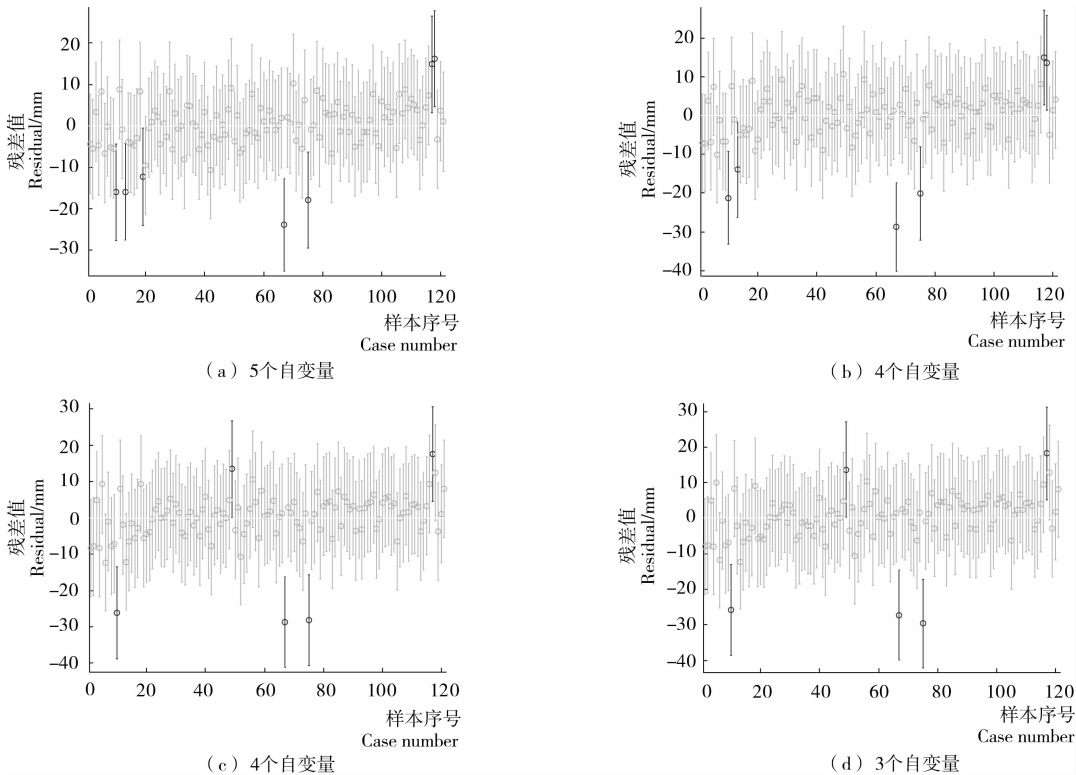


图 5 残差图

Figure 5 Residual plot

由表 1 可知,4 种回归方程的拟合优度均较高,达到了 90% 以上。它们的显著性概率 $P=0.000\ 0<0.05$ (默认 95% 置信区间),故拒绝零假设,认为回归模型中至少有一个自变量的系数不为 0,回归方程有意义。其中第 1 个回归方程拟合优度最高,达到了 93.65%。但是自变量过多,统计繁琐。第 4 个回归方程只有 3 个自变量,拟合度达到了 91.87%。综上所述,第 4 个模型是最适合的模型。

最优回归方程:

$$y=-256.996\ 6+2.006\ 5x_3+2.326\ 4x_4+1.927\ 1x_5 \tag{3}$$

2.2 实测值与像素关系

通过 MATLAB R2014a 软件获取相应几何参数的像素值,并将实测值与像素值进行拟合,结果见图 6。

通过 MATLAB R2014a 对蟠桃 x_3 、 x_4 和 x_5 3 个自变量与对应像素进行拟合,得到 3 个拟合模型:

$$x_3=16.621\ 5x'_3+6.939\ 4 \tag{4}$$

$$x_4=18.116\ 9x'_4-86.374\ 3 \tag{5}$$

$$x_5=23.729\ 8x'_5-91.741\ 6 \tag{6}$$

由式(3)~(6)得像素—质量模型:

$$y=-620.809\ 1+33.351x'_3+42.147\ 2x'_4+45.729\ 7x'_5 \tag{7}$$

式中:

x'_3 ——蟠桃缝合中线处的直径,mm;

x'_4 ——缝合中线垂直处的直径,mm;

x'_5 ——蟠桃厚度所对应的像素值;

y ——蟠桃质量,g。

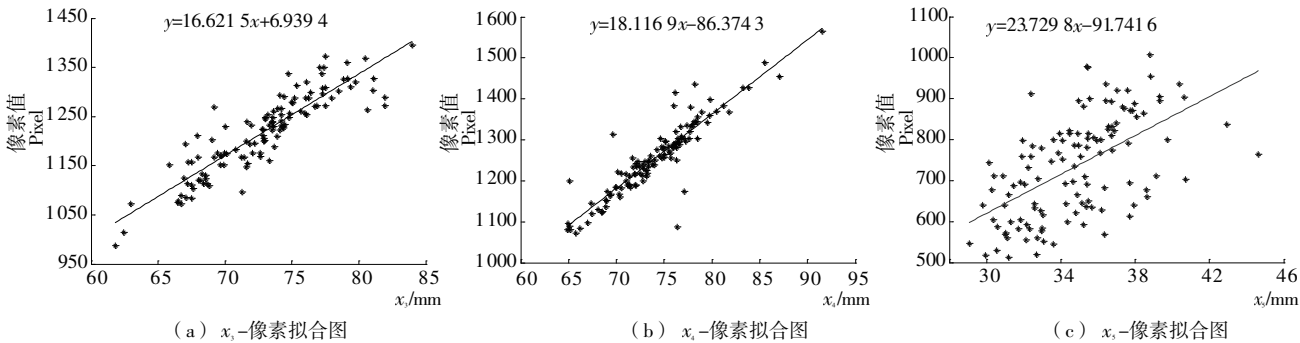


图 6 实测值与像素值拟合图

Figure 6 Fitting between the measured value and the pixel value

2.3 高温干蒸对烟果老籽微生物的影响

高温干蒸对烟果老籽微生物的影响见图 4。烟果由于处理工艺的不同,原籽所携带的微生物比青果原籽低,且随着干蒸温度的增加和时间的延长,微生物的含量越少,可得到与青果老籽相一致的结论。

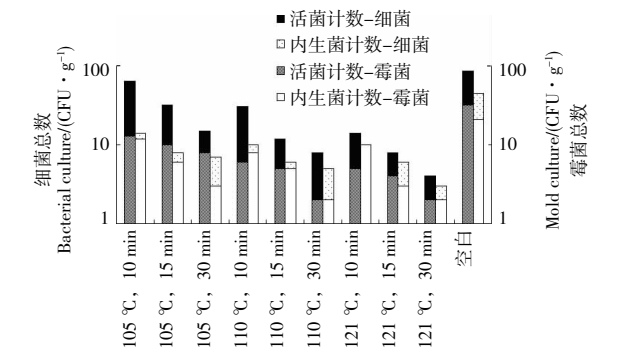


图 4 高温干蒸对烟果老籽微生物的影响

Figure 4 Effect of high temperature with dry steam on microorganisms of smoked areca

3 结论

(1) 采用 0.05 MPa、110 ℃、15 min 高温干蒸工艺处理槟榔原籽,能起到明显的软化效果,经处理的样品边口无明显变黑现象,品质良好,且对槟榔青果和烟果老籽能起到良好的减菌效果。

(2) 本研究得出的高温干蒸处理软化槟榔纤维技术安全健康,克服了化学法和酶法所带来的化学物质残留和品质衰变加快问题,为食用槟榔产业技术升级提供了一条良好可行的路线;高温干蒸工艺减菌效果显著,能大大降低成品槟榔霉变风险,为槟榔行业绿色、安全防霉技术的发展提供了一

条新的途径。

参考文献

1 Kwan H W. A statistical study on oral carcinomas in Taiwan with emphasis on the relationship with betel nut chewing; a preliminary report [J]. Journal of the Formosan Medical Association, 1976,75(9):497~505.

2 翦新春,张彦.咀嚼槟榔与口腔黏膜下纤维性变及口腔癌的研究进展[J].中华口腔医学研究杂志,2001,5(3):1~5.

3 姚东云,高亚玲,韩继红,等.槟榔软化工艺的研究进展[J].中国医药指南,2011,9(29):229~230.

4 徐远芳,邓钢桥,邹朝辉,等.食用槟榔纤维对口腔的危害及其软化技术研究进展[J].湖南农业科学,2012(13):102~104.

5 罗学刚,陶杨.植物秸秆电磁感应辅助加热挤压膨化技术研究[J].纤维素科学与技术,2005,13(3):7~13.

6 严聃,李彦.食用槟榔的加工工艺研究[J].食品与机械,2003(6):34~35.

7 银波,余健,盛灿梅,等.槟榔原料优势霉菌分析及防霉剂的研制[J].食品与机械,2008,24(5):24~28.

8 王友水,蒋小平,刘亮,等.食用槟榔加工中微生物污染状况调查[J].实用预防医学,2007,14(3):795~796.

9 中华人民共和国卫生部. GB/T 4789.2—2010 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].北京:中国标准出版社,2010.

10 中华人民共和国卫生部. GB/T 4789.15—2010 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数[S].北京:中国标准出版社,2010.

11 何京亮,李忠海,周文化.抗粉碎度比较评价软化槟榔壳硬度的研究[J].食品与机械,2009,25(2):48~51.

12 李卫,郑成.高压耦合酶解技术软化槟榔壳的研究[J].广东化工,2007,34(5):23~25.

13 许丹.食用槟榔的安全风险分析[D].长沙:中南林业科技大学,2012.

(上接第 105 页)

3 结论

本试验分析了蟠桃质量与几何特征参数间的关系,并运用多元线性回归方法得到预测模型。选取的几何参数自变量不同,所得质量预测模型的准确率不同。通过比较分析,第 4 种实测值—质量模型最优。将像素值与相应几何参数进行代换,最终得到最优像素—质量模型,预测准确率达到 91.87%,该模型可以准确的对蟠桃质量进行预测。同时,本研究方法也适用于其他种类的球体果蔬或物品的质量预测。通过残差图分析,实测值有 6~7 个异常值,在今后的研究中,可以分析异常值出现的原因并解决此问题,以达到更准确的效果。

参考文献

1 赵建军,丁继高.新疆石河子蟠桃食心虫防治技术[J].果农之友,2011(3):30.

2 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴(2014 年)[Z].北京:中国统计出版社,2014.

3 付洪波,何轶,张汝廷,等.蟠桃产业发展的 SWOT 分析及政策建议[J].中国集体经济,2013(3):31~33.

4 河北省地方标准. DB13/T 1069—2009 无公害果品蟠桃[S],河北:河北省质量技术监督局,2009.

5 周祖饔.农业物科学[M].北京:农业出版社,1994:55~62.

6 于东宁,张国安,李建宁.瘢痕面积及其不规则程度的定量测量方法研究[J].中国美容医学,2005,15(5):486~489.

7 施健,何建国,张冬,等.基于计算机视觉鲜枣大小分级系统研究[J].食品与机械,2013,29(5):134~137.

8 周林妹.数字图像边缘检测算法及其在农产品加工中的应用[J].食品与机械,2009,25(3):139~142.

9 杨杰.数字图像处理及 MATLAB 实现[M].北京:电子工业出版社,2009.

10 王红君,陈伟,赵辉,等.复杂背景下植物叶片的彩色图像分割[J].中国农机化学报,2013,34(2):207~211.

11 谢中华. MATLAB 统计分析与应用:40 个案例分析[M].北京:北京航空航天大学出版社,2010.

12 Xu Li-ming,Zhao Yan-chao. Automated strawberry grading system based on image processing[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2010(72):32~39.

13 Joseph D,Eifer T,Gabriel C,et al. Prediction of raw produce surface area from weight measurement[J]. Journal of Food Engineering,2006(74):552~556.