

机器视觉在稻米整精米率快速计算中的应用

高希端¹, 孟超英¹, 籍保平²

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083

2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘 要: 将机器视觉技术以及图像处理方法应用于稻米整精米率计算, 通过图像预处理仅保留图像中大米的轮廓信息, 并采用闭合图形边缘搜索方法提取大米轮廓像素点。由于米粒形似椭圆, 并以长轴为对称轴来实现米粒长度的快速计算。实验结果表明, 该算法检测与人工检测相关系数为 0.96, 可用于整精米率的快速检测。

关键词: 机器视觉; 图像处理; 整精米率

Application of Machine Vision Technology for Fast Calculation of Head Rice Milling Rate

GAO Xi-duan¹, MENG Chao-ying¹, JI Bao-ping²

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 10083, China)

Abstract: Machine vision and image processing algorithm were applied to calculate the head rice milling rate with the rice outline. The pixels at the rice edge were detected by means of close imaging method. Since rice seems elliptic, the long axis of ellipse is used to realize fast calculation of head milled rice. In the present research, the correlation coefficient between the results found by machine vision detection and the data obtained on manual detection is over 0.96. This detection procedure can be used in fast calculation of head rice milling rate.

Key words machine vision; image processing; head rice milling rate

中图分类号: TS391.41

文献标识码 A

文章编号: 1002-6630(2007)05-0268-05

水稻是中国的第一大粮食作物, 大米是中国居民的第一大主食, 有 60% 以上人口以吃米饭为主。同时, 我国是世界上稻米的生产大国与消费大国, 水稻播种面积约占全球的 23%, 产量占 30% 以上, 居世界第一位^[1]。在中国, 有一亿多农民从事水稻种植, 据中国粮食行业协会 2004 年的统计, 全国日加工能力 30 吨以上大米加工企业 5666 个, 年生产能力达到 9463 万吨, 生产大米 2257.1 万吨, 从业人数 11.5 万人。大米行业是农业产业化重要支柱之一, 是农民增收的一个重要来源。稻米生产和加工对于改善农民生计和保障国家粮食安全都有着十分重要的现实意义。

我国于 1986 年发布并实施了 GB1350—1986《稻谷》^[2], 对我国稻谷的生产和流通起了重要作用, 但随着稻谷品种的不断改进和市场经济的发展, GB1350—1986《稻谷》中的一些内容已经与市场不相适应。新标准 GB1350—1999《稻谷》^[3] 经过国家质量技术监督局批准, 已于 2000-04-01 开始实施。“整精米率”指标是

这次新标准 GB1350—1999《稻谷》中新添的两个内容之一。对于提高大米收购质量, 改善大米外观及食用品质起到了积极的作用。“十一五”时期, 是我国粮食行业加速整合提升, 加快结构调整加大兼并重组的阶段。大米产业化深入与发展的重要性, 将越来越显示出来^[4]。

1 整精米率定义和国标检验法

在国家标准 GB1350—1999《稻谷》中整精米的定义为: 糙米碾磨成精度为国家标准一等大米时, 米粒产生破碎, 其中长度仍达到完整精米粒平均长度的五分之四以上(含五分之四)的米粒。整精米率的定义为: 整精米占净稻谷试样质量的百分率。

按照国家标准 GB1350—1999《稻谷》附录 A 中整精米率检验操作方法: 称取净稻谷试样(W_0), 经脱壳后称量糙米总量(W_1), 然后从中称取一定量的糙米(W_2), 用实验碾米机碾磨成国家标准一等大米的精度, 除去糠粉, 再拣出整精米粒, 称重(W_3)。

收稿日期: 2007-03-15

作者简介: 高希端(1981-), 男, 硕士研究生, 研究方向计算机图像处理。

结果计算

$$H(\%) = \frac{W_3}{W_0 \times \frac{W_2}{W_1}} \times 100$$

式中, H 为整精米率; W_0 为稻谷试样质量, g ; W_1 为糙米总质量, g ; W_2 为实验碾米机的最佳碾磨质量, g ; W_3 为整精米粒质量, g 。

由国家标准可以看出, 计算整精米率是通过检测抽取的样品来评价整体, 检测的准确性与样品量的多少直接相关。当样品量较少时, 检测的结果不足以评价整体, 而样品量较多时, 给人工检测带来很大的重复工作量和繁琐性。另外, 人工检测由于主观因素的原因也存在着个人差异。所以我国大米检测技术的发展需要引入更多科技手段, 这也是与国际接轨的必然途径。

2 整精米率图像处理法

2.1 机器视觉方法的引入

一般来说, 机器视觉是用机器代替人眼来做测量和判断。机器视觉系统是指通过机器视觉产品, 即图像摄取装置, 将被摄取目标转换成图像信号, 传送给专用的图像处理系统, 根据像素分布、亮度和颜色等信息, 转变成数字化信号; 图像系统对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征, 进而根据判别的结果来控制现场的设备动作。机器视觉技术的诞生和应用, 极大地解放了劳动力, 提高了生产自动化水平, 改善了人们生活现状, 其应用前景极为广阔。

2.2 检测原理

整精米率计算中, 样品量多少和检测准确性决定着整体的评估质量, 增加样本数量和采用快速稳定的检测技术, 是提高评估质量准确性的有效途径之一。将机器视觉应用到整精米率计算中, 代替人工进行快速和重复性工作, 既排除了由于人工检测个体主观因素所产生的差异, 帮助人们精确测量微小尺寸, 又提高检测效率和准确性。

实验中利用图像处理得到每粒米粒的长度, 判断是否达到完整精米平均长度五分之四以上并进行统计, 计算公式如下:

$$H' = \frac{N_1}{N_0} \times 100\%$$

式中, N_0 为检测的样本米粒个数总和; N_1 为检测的样本米粒中达到完整精米粒平均长度五分之四以上个数总和。

2.3 检测系统组成

整个检测系统主要由传送滑槽、图像采集设备、图像处理过程和整精米率计算组成。如图 1、2 所示。

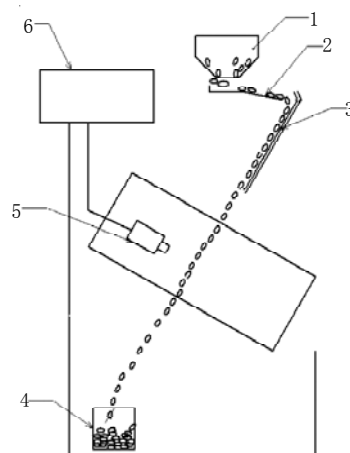


图1 检测系统示意图
1. 进料斗; 2. 振动喂料器; 3. 传送滑槽; 4. 接受容器; 5. CCD摄像头; 6. 采集卡及计算程序。

图1 检测系统示意图
Fig.1 Schematic diagram of detection system

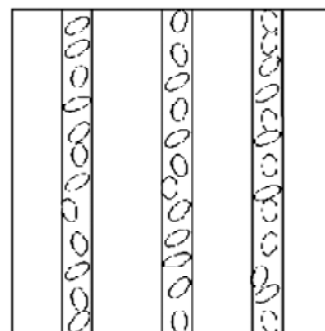


图2 滑槽平面图
Fig.2 Plan view of hopper chutes

图像采集设备为 JVC TK-C1430EC CCD 摄像机、OK C30 图像采集卡, 采集的图像为 768×576 BMP 格式灰度图像, 由于实验并未涉及到图像色彩处理, 所以用灰度图像并采用黑色背景便于区别米粒。图像处理和整精米率计算在 Visual C++ 环境中编程实现。

2.4 图像采集与图像处理

在试验过程中米粒由梯形漏斗进入滑槽中, 经滑槽有顺序的排列下滑, 为了便于说明和计算, 滑槽共设有三个滑道。可以通过增加滑槽来提高检测效率。当米粒有规则的直线通过滑槽后便以自由落体下落。若不计空气阻力, 下落加速度约为 9.8 m/s^2 , 且米粒自离开滑槽后下落到摄像头采集区域的时间均相同。由此可以通过滑槽倾角和摄像头位置来计算采集时间间隔, 获得每粒米粒的图像信息。

计算方法如下: L 为摄像头采集的区域高度, H 为米粒刚进入采集区域时距滑槽抛出点的高度, 如图 3 所示。

则摄像机采集间隔 T 为:

$$T = T_2 - T_1$$

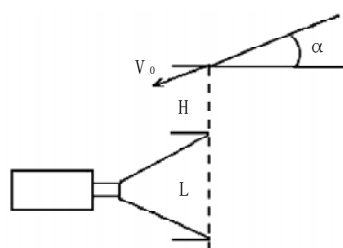


图3 计算示意图

Fig.3 Schematic diagram of calculation

T_1 、 T_2 由下式求得:

$$H = V_0 \sin \alpha T_1 + g T_1^2$$

$$H + L = V_0 \sin \alpha T_2 + g T_2^2$$

式中, V_0 为米粒离开滑槽的初速度; α 为滑槽的倾斜角。 V_0 、 α 均可通过测量得到。摄像机每隔时间 T 采集一幅图像并获得每一颗大米的图像信息, 减少了采集图像的数量, 提高处理图像的效率。

将采集的图像进行处理是计算整精米率的重点, 主要分为图像预处理和计算图像中米粒长度。图像预处理目的是将一些干扰信息去除, 获得更佳的米粒图像信息。

图像预处理分为:

(1) 图像去噪。试验中对图像去噪要求不高, 所以选取较为常用中值滤波去噪。

(2) 图像二值化。在图像中所关心的只是米粒的信息, 其他的图像信息对试验没有意义, 为此要将米粒的信息与背景分离即所谓的背景分割。由于采集的图像为灰度图像, 我们可以选取一个合适的阈值将灰度较大的米粒和灰度较小的背景通过二值化分割。



图4 二值化的采集图像

Fig.4 Collected images of binarization method

(3) 边缘检测。利用所提取的边缘可以识别特定的物体、测量物体的面积和周长。图像边缘检测也是一个比较成熟的技术且算法较多, 试验选取常用的 Roberts 算子进行边缘检测。

(4) 边缘细线化。使用细线化处理可以把不均匀的边缘整理成同一线宽, 实验中采用 1 像素宽。

经过以上的图像预处理, 将图像信息简化到最低, 保留了米粒的基本图像特征信息, 方便了后续计算。

2.5 整精米率计算

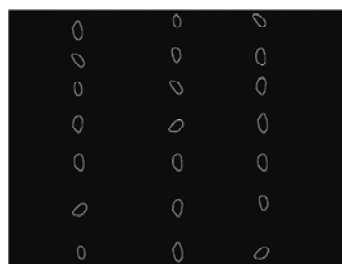


图5 细线化的采集图像

Fig.5 Collected images of thinning method

图像中米粒的长度计算采用预处理后图像中米粒边缘像素点中距离最大的一对像素点之间的直线距离作为米粒的长度。计算米粒长度前, 将每粒米粒的边缘像素点坐标有顺序的存储在一维数组中, 为了不丢失每一个边缘像素点, 在寻找边缘像素点时采用八个方位深度优先顺序搜索的方法^[4], 如下图:

1	2	3
8	X	4
7	6	5

X 为米粒的边缘像素点, 若要寻找与 X 相邻的边缘像素点, 可遍历八个方向进行查找, 每当找到一个边缘像素便存储在数组中。由于米粒轮廓是一封闭图像, 当查找到的像素已在数组中, 则说明搜索结束, 图像信息便转化为程序中的数据。在计算米粒长度时, 通过计算图像中一对像素点间的直线距离所包含的像素点个数多少来代替物理距离。

计算图像米粒长度, 最简单的方法是通过遍历边缘像素点中任意两点进行长度计算, 找到最大长度的一对像素点。若按上述方法进行计算, 其时间复杂度为 $O(n^2)$, 若 n 较大时效率较低。为了提高程序的运行效率, 可以不必遍历每两个边缘像素点, 而找到比较接近最大长度的一对边缘像素点。因为米粒形似椭圆, 并以长轴为对称轴, 所以可以通过查找长轴的一对像素点计算米粒长度。

计算长度的关键在于找到米粒长轴的一对像素点。而对于标准的椭圆形图像, 若其边缘像素点存储在一维数组中, 且其存储顺序为图像中相邻的像素在数组中也存贮在相邻的下标位置。那么查找长轴的一对像素点方法如下:

(1) 计算出数组长度 N , 即椭圆边缘像素点的个数。

(2) 根据数组长度 N , 求出数组中心位置下标 M , $M = [N/2]$ 。

(3) 由于椭圆长轴两侧边缘像素点数量相同, 若长轴其中一像素点在数组中下标为 X ($X \leq M$), 则另一像素点下标必为 $X + M$ 。如图 6 所示, 线段 AB 为米粒长轴,

被AB分割的左右两段弧线其像素点个数相等。

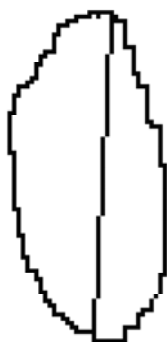


图6 米粒长度示意图
Fig.6 Schematic diagram of rice length

这样就有M对符合长轴像素点的像素，分别计算这M对像素点间的距离：

$$d_k = \sqrt{(x_m - x_n)^2 + (y_m - y_n)^2}$$

式中， x_m 、 x_n 、 y_m 、 y_n 分别为一对像素点的X坐标和Y坐标； d_k 为这对像素点的距离。

而M对像素中距离最长的一对像素才是长轴，通过比较M对像素点的长度便可找到长轴：

$$D = f_{\max}(d_k)$$

式中，D表示长轴长度。算法时间复杂度为 $O(n)$ ，效率得到很大提高。

整精米粒的标准长度是根据测量稻米品种的不同，在程序中手动设定标准长度。标准长度的计算是先选取10粒近似完整的米粒，检测出每粒米粒长度，求出平均长度作为标准长度。以此为标准，在检测中得到的米粒长度D与设定的标准米粒长度相比较，判断是否为整精米。

3 试验与分析

试验稻米选用早籼稻谷和籼糯稻米两种。每种稻米准备六种样品，样品中米粒总数从100粒均匀分布到600粒，其中样品的整精米率从50%~95%随机分布。试验中，依据国家标准的规定判断是否为整精米。每个样品测试三次取平均值。

试验一：

检测设备设定为摄像头采集的区域高度： $L=30\text{cm}$ ；米粒刚进入采集区域时距滑槽抛出点的高度： $H=20\text{cm}$ ；滑槽的倾斜角： $\alpha=30^\circ$ ；米粒离开滑槽的初速度： $V_0 \approx 0.05\text{m/s}$ ；求得摄像头的采集间隔时间： $T \approx 0.12\text{s}$ ；检测结果如表1所示。

表1中的人工检测数据由人工通过游标卡尺测量获得，自动检测数据由本文中的机器视觉测量获得。通过比较两种检测方法的相关系数：早籼稻谷为0.92，籼

表1 试验一样品整精米检测结果
Table 1 Results of head rice of sample one

		样品编号					
粒型	方法	1	2	3	4	5	6
早籼	人工	53	124	228	269	468	491
早籼	图像	46	137	209	248	499	448
籼糯	人工	56	131	218	256	455	497
籼糯	图像	69	127	209	246	472	483

糯稻米为0.96。

试验二：

检测设备设定为： $L=30\text{cm}$ ； $H=50\text{cm}$ ； $\alpha=30^\circ$ ； $V_0 \approx 0.05\text{m/s}$ 。求得摄像头的采集间隔时间： $T \approx 0.08\text{s}$ 。检测结果如表2所示。

表2 试验二样品整精米检测结果
Table 2 Results of head rice of sample two

		样品编号					
粒型	方法	1	2	3	4	5	6
早籼	人工	53	124	228	269	468	491
早籼	图像	41	105	190	220	386	403
籼糯	人工	56	131	218	256	455	497
籼糯	图像	46	111	183	215	381	415

试验结果表明：由于采集时间间隔较短，信息量较大给运算带来很大负荷，误差也有明显增大。检测结果与人工检测的相关系数最高仅为0.84。

试验三：

检测设备设定为： $L=30\text{cm}$ ； $H=20\text{cm}$ ； $\alpha=60^\circ$ ； $V_0 \approx 0.09\text{m/s}$ 。

求得摄像头的采集间隔时间： $T \approx 0.12\text{s}$ 。

试验结果与试验一近似。

试验结果表明：当滑槽倾角改变时，初速度的变化不明显，对采集间隔时间影响不大。

检测结果表明，H值的大小对采集时间间隔影响较大，当选取较小的H值时（如 $H=20\text{cm}$ ）本系统与人工检测的结果十分相关，可以用于整精米率的自动检测。其中籼糯稻米比早籼稻谷效果较好，籼糯稻米由于米粒较长、粒形细，整精米和碎米的在图像上的区别明显，便于图像识别。另外，当样品中的米粒增多时，其检测时间并无明显增加，适合大量的样品检测。

4 结论

4.1 机器视觉技术在稻米整精米率检测的应用中，实现了自动、快速的整型米率计算。

4.2 在评估整精米率时，可以选取大量样品，通过机器视觉技术快速检测，既提高了评估的准确性，又提高了检测的效率。

4.3 利用自定的识别模型检测多个样品与人工检测结果

离子色谱法检测人体营养补充液中 阴阳离子和有机酸

刘肖^{1,2}, 王碗¹, 蔡亚岐^{1,*}, 牟世芬¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 环境化学与生态毒理学国家重点实验室, 北京 100085

2. 戴安中国有限公司应用研究中心, 北京 100085)

摘要: 本文介绍了一种采用抑制型电导检测器的离子色谱法检测人体营养补充液中阴阳离子和有机酸的方法。选择的色谱条件为: (1) 阴离子, IonPac AS23 阴离子交换柱, 淋洗液自动发生装置在线产生 KOH 梯度淋洗, 抑制型电导检测; (2) 阳离子, IonPac CS12A 阳离子交换柱, 甲烷磺酸等度淋洗, 抑制型电导检测。将人体营养补充液样品稀释一定倍数后分别直接进样分析, 检测了低至 $\mu\text{g/L}$ 级 (以溶液计) 的阴阳离子。该方法对十种阴阳离子的检出限 ($S/N=3$) 从 3.6 到 59.0 $\mu\text{g/L}$, 线性范围均跨越两个数量级以上, 线性相关系数 r 为 0.9988~0.9999, 连续 11 次进样 RSD 值小于 4%, 加标回收率在 94.6%~103.9% 之间, 用于实际样品的检测, 结果令人满意。

关键词: 离子色谱; 阴离子; 阳离子; 有机酸; 人体营养液

Determination of Anions, Cations and Organic Acids in Human Nourishment Solutions by Ion Chromatography

LIU Xiao^{1,2}, WANG Wan¹, CAI Ya-qi^{1,*}, MOU Shi-fen¹

(1. State Key Laboratory of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2. Application Center of Dionex China Limited Corporation, Beijing 100085, China)

Abstract: The present paper introduced a method to separate analytes by ion chromatography columns so as to detect anions, anions and organic acids in human nourishment solutions with suppressed conductivity detector. The separation and determination were obtained by (1) anions and organic acids: IonPac AS23 anion exchange column and KOH gradient eluent generated by EGC eluent generator together with suppressed conductivity detector; (2) cations: IonPac CS12A cation exchange column and MSA isocratic eluent together with suppressed conductivity detector. Diluting and injecting liquid samples to IC system, the low $\mu\text{g/L}$ ions in human nourishment solutions are obtained. The detection limits are from 3.6 to 59.0 $\mu\text{g/L}$. It may calibrate over two orders of magnitude in concentration of 9 ions while the range of linear coefficients

收稿日期 2006-06-28

*通讯作者

基金项目: 国家重点基础研究计划 (973 项目) (2003CB415001); 国家自然科学基金项目 (20577058);

中国科学院优秀博士论文科研基金资助项目

作者简介: 刘肖 (1980-), 男, 硕士研究生, 研究方向为离子色谱、液相色谱及相关联用技术。

相关系数可以达到 0.96。

4.4 米粒数量、米粒类型和米粒下滑速度影响检测结果, 要在现有研究结果的基础上对不同品种进行更广泛的试验, 并对算法进行相应的校正和完善。

参考文献:

- [1] 白美清. 新时期我国大米业的发展趋势与整合提升战略——在“2005中国米业营销战略高峰论坛”上的发言[J]. 中国稻米, 2005 (6): 1-3.
- [2] GB 1350-1986 稻谷[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [3] GB 1350-1999 稻谷[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [4] 白美清. 在中国粮食行业协会大米分会成立大会上的讲话[J]. 粮食与饲料工业, 2006 (1): 1.
- [5] 刘光蓉, 管庶安, 周红. 基于图像处理技术的大米轮廓检测[J]. 粮食与饲料工业, 2004 (6): 14-15.