

基于改进粒子群算法的苹果圆形度检测

Circularity of apple measurement based on the improved algorithm of the particle swarm optimization

申翠香¹

张晓宇²

SHEN Cui-xiang¹ ZHANG Xiao-yu²

(1. 三门峡市卫生学校, 河南 三门峡 472143; 2. 河南有线三门峡分公司, 河南 三门峡 472143)

(1. San Men Xia Health School, Sanmenxia, Henan 472143, China;

2. He Nan CATV Group San Men Xia Branch, Sanmenxia, Henan 472143, China)

摘要:为解决苹果圆形度检测问题,研究圆形度的改进粒子群算法。建立苹果圆形度数学模型,并对广义钟形分布隶属函数的惯性权重控制过程、基于Z形隶属函数的自适应调节粒子位置过程、适应度函数选择方法进行算法改进,给出了算法终止条件以及算法流程。仿真试验结果表明,改进粒子群算法收敛较快,乔纳金、富士苹果改进粒子群算法的圆形度检测较其他算法正确率高,分别为96%和97%,说明能用该方法进行苹果圆形度机器检测。

关键词:惯性权重;苹果;圆形度;改进粒子群算法

Abstract: In order to solve the problem in the accuracy of circularity of apple, the improved algorithm of the particle swarm was adopted. Firstly, mathematical model circularity of apple was established. Secondly, particle swarm algorithm was improved, which was included inertia weight fuzzy control based on membership function of generalized bell shaped distribution, adaptive Z shaped membership function adjustment process, and selecting fitness function. Finally, the algorithm termination condition and flow were given. The experimental simulation results showed that the improved particle swarm optimization algorithm convergence was faster than the particle swarm optimization, and the accuracy of Jonakin and Fuji Apple roundness detection, about 96% and 97%, was higher than that of other algorithms. In conclusion, this could algorithm be used for circularity of apple measurement.

Keywords: inertia weight; apple; circularity; optimized algorithm of particle swarm

苹果是中国重要的水果之一。苹果分级是采后处理的

关键环节,圆形度是分级的一个重要评价指标^[1]。目前,中国苹果的圆形度测量主要靠人工目测完成^[2],但是人工目测容易受情绪、工作时间等主观因素影响,出现较大偏差。自动分级技术可以解决人工检测过程中的上述问题,并能提高检测效率,增加苹果的附加值。吉海彦等^[3]把苹果表面的图像由RGB格式转化为HSI格式,用7个子区间上的频度均值代替原始的色度直方图,作为苹果颜色分级的特征参数,其分级正确率达94%;陈乾辉^[4]通过滑动式高斯模板以及卷积运算,提取苹果的单一以及相邻果实的半径特征,识别率为95%;冯斌等^[5]将自然对称形态作为特征检测水果的大小,精确度可达95%。以上方法探讨的是水果大小检测问题,目前对水果圆形度的研究主要有:殷蓉等^[6]通过圆形度和Matlab图像模块结合对番茄形状分级,自动分级正确率为82%;李卓等^[7]利用连通域标记算法划分圆形度对苹果幼果与叶子进行分割识别,识别率在70%左右;李思广^[8]通过图像灰度和分割结合对杨梅进行自动检测分级,准确率达到92.7%。这些方法普遍反映出检测水果圆形度的识别率比较低,主要原因是圆形度评价标准选择不当,仅仅通过投影面积和周长比值确定圆形度。本研究拟引入投影的最小外接圆确定圆形度评价模型,通过改进粒子群获得最小外接圆,即通过广义钟形分布隶属函数对惯性权重控制、Z形隶属函数对粒子位置自适应调节,适应度函数选择中引入非零因子,结合获取的测量点数据,对苹果形状的圆形度进行计算和仿真,为苹果形状分级提供借鉴。

1 苹果圆形度数学模型

苹果形状和标准球存在一定的差异,故利用参数圆形度来反映苹果的似圆效果^[9-10],设苹果对象的投影面积为 A ,周长为 P_1 ,与苹果具有相同面积的等面积圆的周长为 P_2 ,取 P_2 和 P_1 的比值作为圆形度 C_1 , C_1 的平方作为圆形度 C_2 , C_2 的倒数作为圆形度 C_3 ,苹果面积 A 与圆形度为 C_3 的最小外接圆面积 A' 的比作为苹果圆形度 C_4 ,即

基金项目:河南省教育厅基金项目(编号:ZJB16171);河南省卫生和计划生育委员会鉴定项目(编号:WJLX2014186);河南省教育厅鉴定项目(编号:JJB1352)

作者简介:申翠香(1966—),女,三门峡市卫生学校高级讲师,本科。E-mail: smxwxjwk@foxmail.com

收稿日期:2018-01-16

$$\begin{cases} C_1 = \frac{P_2}{P_1}; \\ P_2 = 2\sqrt{\pi A}; \\ C_2 = C_1^2; \\ C_3 = \frac{1}{C_2}; \\ C_4 = \frac{A}{A'}, \end{cases} \quad (1)$$

C_4 相比用 C_2 判别圆形度会更为准确。 C_4 越接近 1, 则苹果外观圆形度越好, 随着计算精度的提高, C_4 会无限接近实际苹果的圆形度, 这样苹果圆形度检测计算就转化为离散型优化问题。

2 算法

2.1 改进粒子群算法

2.1.1 基本粒子群算法 在粒子群优化算法中, 每个粒子在搜索过程中的更新公式^[11]:

$$\begin{cases} v_{i,j}^{t+1} = \omega v_{i,j}^t + c_1 r_1 (P_{best,i,j}^t - x_{i,j}^t) + c_2 r_2 (G_{best,j}^t - x_{i,j}^t); \\ x_{i,j}^{t+1} = x_{i,j}^t + v_{i,j}^{t+1}, \end{cases} \quad (2)$$

式中:

i ——粒子数目, $i=1, 2, \dots, M$;

j ——求解的空间维数, $j=1, 2, \dots, D$;

$v_{i,j}^t$ ——第 i 个粒子在 j 维空间第 t 次迭代时的速度;

$x_{i,j}^t$ —— $v_{i,j}^t$ 对应的空间位置;

$G_{best,j}^t$ ——直到第 t 次迭代时的全局最优解向量;

$P_{best,i,j}^t$ ——直到第 t 次迭代时的个体最优解向量;

c_1, c_2 ——学习因子;

r_1, r_2 ——均匀分布在 $(0, 1)$ 之间的随机数;

ω ——惯性权重。

2.1.2 改进策略

(1) 基于广义钟形分布隶属函数的惯性权重控制过程, 通过广义钟形分布隶属度函数 μ 来实现:

$$\begin{cases} \omega' = \mu \omega; \\ \mu = \left(1 + \left|\frac{t-2}{6}\right|^4\right)^{-1}, \end{cases} \quad (3)$$

式中:

t ——迭代次数;

μ ——广义钟形分布隶属度函数;

ω ——改进前的惯性权重;

ω' ——改进后的惯性权重。

通过 μ 对 ω 控制, μ 随迭代次数 t 的变化过程见图 1。

从图 1 可以看出, 在开始时刻, μ 随着迭代次数 t 的增加而增加, 改进后的惯性权重随之增加, 这样搜索空间将逐渐变大, 早期具有更好的全局搜索能力; 但是当迭代到一定次数后, μ 随着迭代次数 t 的增加而减小, 搜索空间开始变小, 后期具有更好的局部搜索能力。

(2) 在位置更新过程中, 初始阶段要求粒子位置改变较大; 运行后期或者大于某个次数阈值时, 要求粒子位置改变较小, 通过此方式自适应调节粒子位置。自适应调节 Z 形隶属函数:

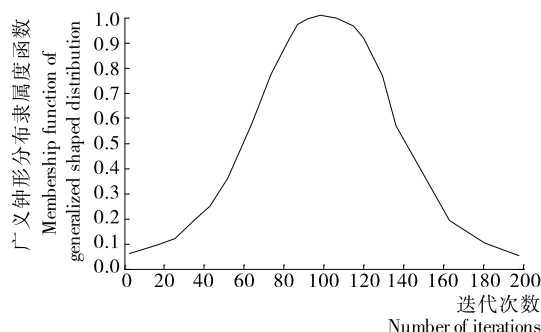


图 1 μ 随迭代次数 t 变化情况

Figure 1 μ changes with the number t of iterations

$$\begin{cases} x_{i,j}^{t+1} = x_{i,j}^t + k v_{i,j}^{t+1}; \\ k = \begin{cases} 1, & t < T \\ 2 \left(\frac{6-t}{8}\right)^2, & t \geq T \end{cases} \end{cases} \quad (4)$$

式中:

t ——迭代次数;

k ——Z 形隶属函数;

T ——设定阈值, 本文设置为 90 次。

k 随迭代次数 t 变化过程见图 2。

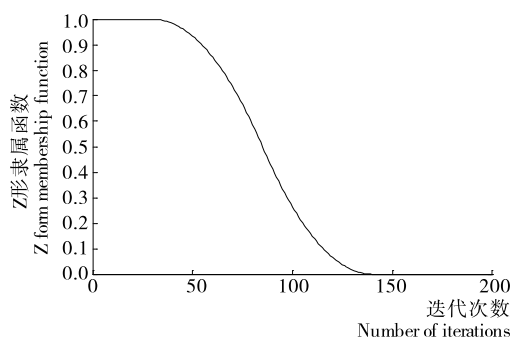


图 2 k 随迭代次数 t 变化过程

Figure 2 k changes with the number t of iterations

从图 2 可以看出, Z 形隶属函数的隶属度 μ 在初始阶段的值比较大, 几乎为 1, 并且可以保持一定的迭代次数, 满足粒子位置在寻优前期进行大范围搜索的要求, 提高搜索的全局性能; 在最终阶段的粒子位置值比较小, 几乎为 0, 可进行小范围搜索, 提高搜索的局部性能。

2.2 适应度函数选择

在求解粒子群算法全局最大值的优化问题当中, 适应度函数 $fitfun(x)$ 通常选择目标函数本身, 将各进化值带入计算适应度值, 本研究针对苹果圆形度最大值求解问题选择的适应度函数:

$$fitfun(x) = \frac{1}{\epsilon + C_4}, \quad (5)$$

式中:

$fitfun(x)$ ——适应度函数;

ϵ ——非零因子, 本研究为 0.001 5, 避免分母为 0。

当获得 $C_4/C_4^{t+1} \geq 0.996 7$, 即可停止搜索, C_4 为第 t 次计算的圆形度, C_4^{t+1} 为第 $t+1$ 次计算的圆形度。

2.3 算法流程

① 初始化粒子的速度和位置, 设置最大迭代次数为

300 次;

② 根据粒子的适应度值,获得初始解;

③ 依据式(3)、(4)对粒子进行惯性权重及位置更新;

④ 得到全局最优值,在最小搜索范围该值是否满足 $C_4/C_4^{+1} \geq 0.9967$ 的要求,或者粒子迭代是否已到最大次数,若满足,则寻优结束,把最终得到的全局最优值作为寻优解;否则重复步骤③~④。

3 试验仿真

测量装置包括有滤光片、工业镜头、工业摄像机、图像采集卡、微计算机,工业镜头安装在工业摄像机上,滤光片安装在工业镜头上,工业摄像机通过数据线连接图像采集卡,图像采集卡安装在微计算机上,工业摄像机 USB 接口连接微计算机。粒子群数量为 150 个,最大迭代次数为 300,对乔纳金、富士苹果各 20 个样本进行投影计算,获得面积以及周长数据,所计算的圆形度 C_4 分布数据见图 3。

把图 3 中的数据代入到改进粒子群中,仿真通过 Matlab 实现,与基本粒子群算法的寻优迭代对比曲线见图 4。

从图 4 中可以看出,乔纳金苹果寻优迭代对比曲线中基本粒子群算法对适应度函数值求解的最优值需要经历 180 次左右迭代才能够趋于稳定,改进粒子群算法只要经过 100 次左右迭代即可完成优化;富士苹果寻优迭代对比曲线中基本粒子群算法对适应度函数值求解的最优值需要经历 200 次左右迭代才能够趋于稳定,改进粒子群算法只要经过 140 次左右迭代即可完成优化。

比较人工法、吉海彦法^[3]、陈乾辉法^[4]、冯斌法^[5]、基本粒子群算法,对图 3 的数据进行 30 次蒙特卡罗方法处理,每次不同算法的苹果圆形度检测正确率结果见图 5。

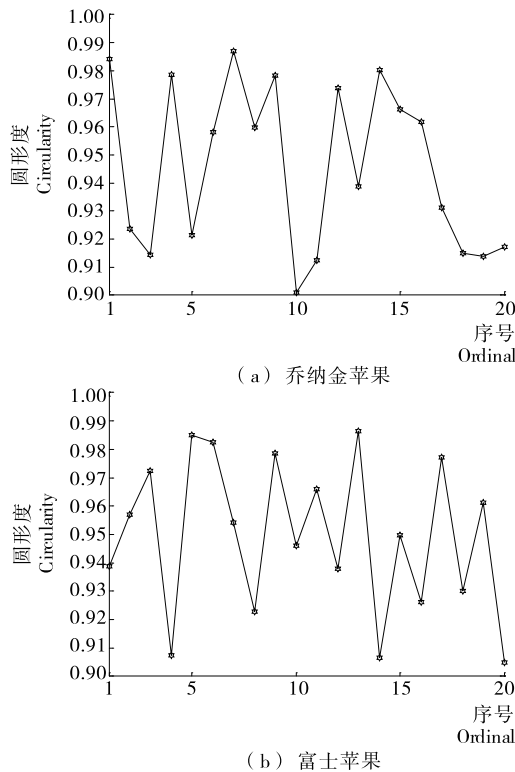


图 3 测量数据
Figure 3 Measure data

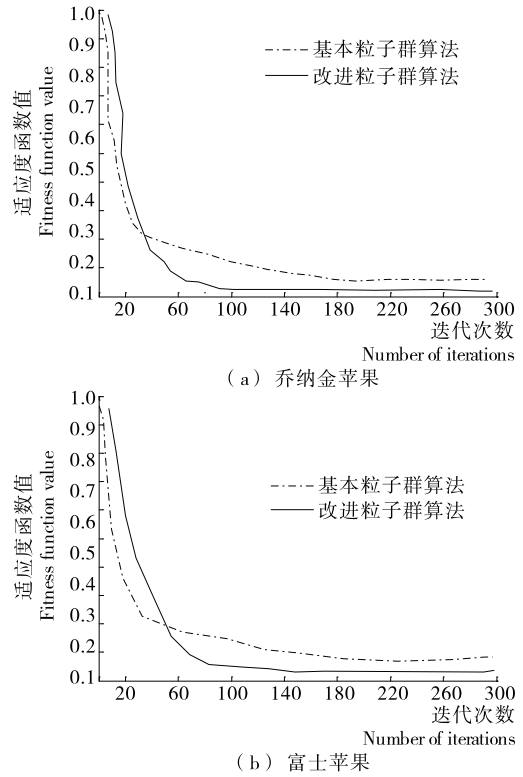


图 4 寻优迭代对比曲线
Figure 4 Optimization iterative contrast curve

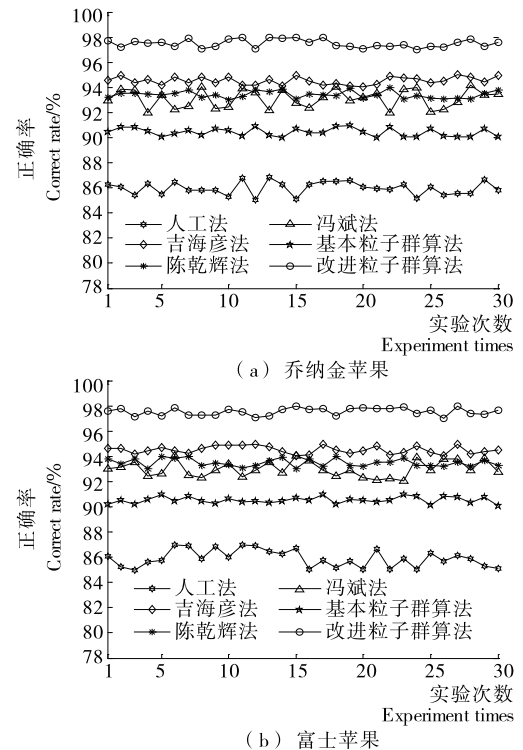


图 5 不同算法的苹果圆形度检测正确率比较
Figure 5 Comparison of accuracy of apple roundness detection with different algorithms

从图 5 可以看出,本研究的改进粒子群算法对乔纳金、富士苹果圆形度检测的正确率比较高,可有效提高苹果的分级质量。

(下转第 192 页)

破坏,转变为可溶的小分子 SDF,因此 IDF 含量减少,而 SDF 含量增大;还可能是粉碎破坏了植物细胞结构,使得 SDF 更容易在膳食纤维测定中的酶解过程解离出来,造成 SDF 含量增加。

3 结论

粉碎可以使桑叶粉中 DNJ、黄酮、总酚、多糖的溶出量显著增大($P<0.05$),氨基酸态氮、可溶性膳食纤维、总膳食纤维含量显著增大($P<0.05$),不溶性膳食纤维含量减小($P<0.05$)。综上,粉碎有利于桑叶粉的有效成分溶出,提高桑叶粉利用率。但是,本研究中不同成分溶出情况是在该成分的最佳提取试剂中测定的,在人体胃肠道中溶出的情况还需要进一步探讨。

参考文献

- [1] 高欣妍,王海英,刘志明.桑叶化学成分及药用功效研究进展[J].广东化工,2017,44(6):82-83.
- [2] 李林,苏小军,李清明,等.桑叶在食品中的应用研究[J].食品研究与开发,2017,38(13):217-220.
- [3] HUANG Fang, GUO Li-wei, YUAN Hong-yu, et al. Effect of ultrafine powder technique on absorption and distribution of er-miao pill [J]. Journal of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, 2002, 8(4): 216-218.
- [4] VINCENT R, ROBERTS A M, PERKINS A C, et al. Effect of bran particle size on gastric emptying and small bowel transit in humans: a scintigraphic study[J]. Gut, 1995, 37(2): 216-219.
- [5] ZHAO Xiao-yan, YANG Zai-bin, GAI Guo-sheng, et al. Effect of superfine grinding on properties of ginger powder[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 91(2): 217-222.
- [6] CHEN Guang-jin, WANG Li-sha, ZHANG Fu-sheng, et al. Effect of superfine grinding on physicochemical properties of mulberry leaf powder[J]. Transactions of the Chinese Society of

Agricultural Engineering, 2015, 31(24): 307-314.

- [7] 李翠玲.冬桑叶超微粉的制备及其性质的研究[D].重庆:西南大学,2012:38-46.
- [8] 郑雪花.桑叶超微粉的粒度检测与质量评价[D].长沙:湖南中医学院,2005:6-7.
- [9] 秦樱瑞,曾艺涛,杨娟,等.干燥方式对桑叶降糖活性成分含量的影响[J].食品科学,2015,36(17):71-76.
- [10] 黄健,闵星,陆春燕.主要桑品种桑叶黄酮化合物含量的比较分析[J].江苏蚕业,2013,35(2):12-14.
- [11] 张亮亮,汪咏梅,徐曼,等.不同品种桑叶多酚和黄酮含量变化规律研究[J].时珍国医国药,2013,24(5):1064-1066.
- [12] 赵东晓,董亚茹,杜建勋,等.桑叶多糖的含量影响因素与提取检测方法[J].北方蚕业,2016,37(2):1-5.
- [13] 刘树立,王春艳,盛占武,等.超微粉碎技术在食品工业中的优势及应用研究现状[J].食品与发酵科技,2006,42(6):5-7.
- [14] 李有贵,钟石,吕志强,等.桑叶1-脱氧野尻霉素(DNJ)对 α -蔗糖酶的抑制动力学研究[J].蚕业科学,2010,36(6):885-888.
- [15] 邹湘月,李飞鸣,邵元元,等.桑叶中1-脱氧野尻霉素(DNJ)研究进展[J].安徽农业科学,2015(23):6-8.
- [16] 李明聪,杨丹,郭英,等.桑叶中黄酮类化学成分及药理作用研究进展[J].辽宁中医杂志,2012(2):377-380.
- [17] 江正菊,宁林玲,胡霞敏,等.桑叶总黄酮对高脂诱导大鼠高血脂及高血糖的影响[J].中药材,2011,34(1):108-111.
- [18] 赵洁.桑叶多酚类物质的提取及桑色素的急性毒性和辐射损伤防护作用的研究[D].北京:北京协和医学院中国医学科学院,北京协和医学院,中国医学科学院,清华大学医学部,2015:37-40.
- [19] 陈建国,步文磊,来伟旗,等.桑叶多糖降血糖作用及其机制研究[J].中草药,2011,42(3):515-520.
- [20] 王世宽,张代芳,陈欲云.桑叶多糖提取及抑菌实验研究[J].四川理工学院学报:自科版,2016,29(6):1-5.
- [21] 王芳,乔璐,张庆庆,等.桑叶蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J].食品科学,2015,36(1):225-228.

(上接第 133 页)

4 结论

本研究将苹果投影面积以及周长的最小外接圆面积比值作为圆形度,避免了圆形度判断的不确定性,改进粒子群算法通过广义钟形分布隶属函数对惯性权重控制、Z形隶属函数对粒子位置自适应调节,对获取的苹果数据计算和仿真,相比基本粒子群算法获得圆形度最佳值的迭代次数减少许多,苹果圆形度检测正确率有所提高,能通过该方法进行苹果圆形度机器检测,研究中如何使得粒子群寻优迭代与检测正确率建立动态适应关系有待进一步改进,未来可通过苹果圆形度模型予以解决。

参考文献

- [1] 王丹丹,宋怀波,何东健.苹果分级机器人视觉系统研究进展[J].农业工程学报,2017,33(10):59-69.
- [2] 张健,张莉华.基于改进二进制粒子群算法的苹果多特征提取分级研究[J].浙江农业学报,2016,28(9):1609-1615.

- [3] 袁金丽,吉海彦,郭志涛.基于计算机视觉的苹果表面缺陷识别方法[J].农业网络信息,2005(6):10-13.
- [4] 陈乾辉,吴德刚.一种新型苹果果实特征提取算法[J].食品与机械,2018,34(2):124-128.
- [5] 冯斌,汪愈华.基于计算机视觉的水果大小检测方法[J].农业机械学报,2003,34(1):73-75.
- [6] 殷蓉,高珏,孟国飞,等.一种应用圆形度的番茄形状分级方法[J].常熟理工学院学报,2013,27(4):100-103.
- [7] 李卓,杨子敬,郝建唯,等.苹果幼果图像的分割与识别算法研究[J].沈阳理工大学学报,2015,34(1):34-39.
- [8] 李思广.基于计算机视觉的杨梅自动检测分级[J].农机化研究,2018(9):39-42.
- [9] 朱蓓.苹果全表面图像信息获取方法的研究[D].杭州:浙江大学,2013:20-40.
- [10] 王福杰.运动水果的形状描述方法与在线检测技术[D].杭州:浙江大学,2013:35-45.
- [11] 薛爱军,王晓丹.基于子类划分和粒子群优化的自适应编码多类分类方法[J].控制与决策,2018,33(2):211-218.