

基于遗传神经网络的苹果综合分级系统

龙满生, 何东健, 宁纪锋

(西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 充分利用计算机视觉和人工神经网络技术, 建立了一个苹果综合外观品质检测与分级系统, 实现了对苹果的正确分级, 正确识别率可达90.8%。还借助于遗传算法对BP网络进行设计, 提高了其学习速度。

[关键词] 苹果分级; 人工神经网络; 遗传算法; 计算机视觉

[中图分类号] TP274.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)06-108-04

苹果是我国的主产水果之一, 对苹果进行正确的品质检测与分级具有重要意义。国外早在80年代就开始用计算机视觉技术对农副产品进行检测与分选, 如Sarkar和Wolfe^[1]开发出用于新鲜西红柿分选的计算机视觉系统; Miller等^[2]用机器视觉技术检测桃子表面的各种缺陷; Tao等^[3]利用色度特征完成了苹果和土豆的颜色分级。在国内, 近年来也有相关研究, 如许献成和李芳繁^[4]利用颜色特征研究了落花生的自动分选; 刘禾等^[5]对水果果形判别的人工神经网络专家系统进行了研究; 何东健等^[6]进行了果实表面颜色计算机视觉分级技术的研究。虽

然计算机视觉技术在水果检测与分级中取得了较大的进展, 但只侧重于单一品质的研究, 如颜色、形状或缺陷等。为了对苹果进行较为全面的评价, 使计算机视觉具有较强的综合判断能力, 有必要建立一个快速有效的综合分级系统。

1 系统结构

为实现苹果的自动检测与分级, 本研究采用的系统由图像获取装置、图像处理系统、神经网络设计系统、神经网络分类器组成(图1)。

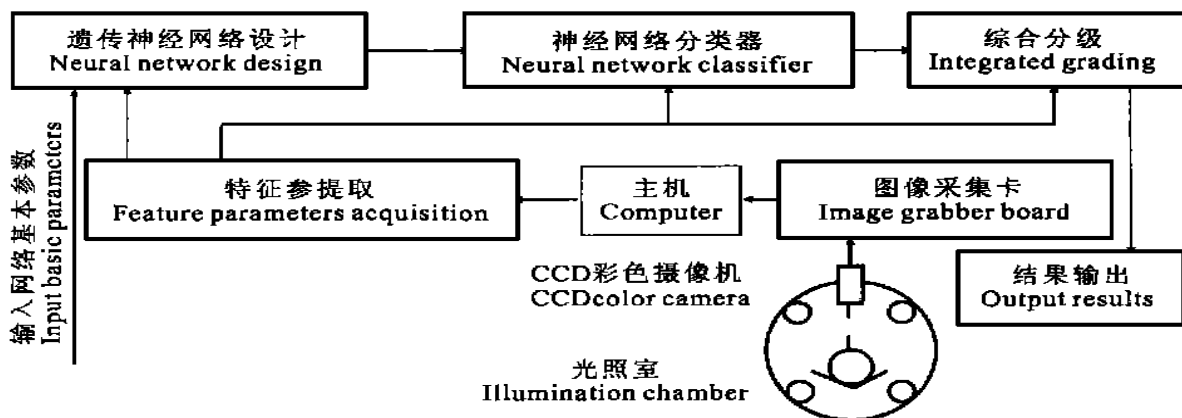


图1 系统结构

Fig 1 Schematic diagram of system configuration

为了避免在摄像时产生阴影, 采用由4个均布的日光灯组成的圆柱形光照室, 室内涂成白色, 以便形成均匀的漫反射。系统主机为BM兼容机(Inter Celeron 400A), 内接大恒图像公司VDEO-PCIC真彩色图像采集卡, 彩色CCD摄像机为松下

CP410, 配DH1212型C式安装镜头。

2 特征识别

特征识别主要包括形状、颜色和缺陷3个方面。识别前先进行图像预处理, 如图像平滑、直方图均

[收稿日期] 2000-12-28

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(4130103)

[作者简介] 龙满生(1977-), 男, 江西万载人, 硕士, 主要从事智能化检测与监控研究。

衡、边缘检测等。为了提高图像处理速度, 采用了加窗技术, 即沿果实边缘外接一个长方形, 然后以此长方形区域为处理对象, 加快了处理速度。

2.1 形状特征

提取果形特征之前, 应先判别出果梗与花萼的位置。国标 GB 10651-89 中规定, 果梗的完整与否是果实分级的重要依据。果梗与花萼之间的连线定义为果轴。以果轴中心为原点, 从果梗点开始, 将水果边缘等角度划分为 36 等分, 并计算出半径对称性、连续性特征的均值与方差、长宽比, 然后将这 5 个参数输入果形识别神经网络进行识别与训练。

2.2 颜色特征

实际应用中, 常用的颜色模型有 RGB 和 HSI 两种, 其中 HSI 颜色模型与人眼感觉颜色的模型相似。众多研究^[3, 6, 7]表明, 在水果颜色检测中采用 HSI 模型, 即利用色度 H 能较好地在水果进行分级。彩色图像的色度直方图反映了水果表面颜色的组成和分布情况, 故可根据色度直方图提取其颜色特征参数。观察各等级苹果的直方图可以发现, 各等级的色度直方图分布为 0~70^[6]。为此可将色度直方图离散化, 每 10 划分为 1 个子区间, 求每个子区间的频度均值, 将这 7 个均值作为颜色分级的特征参数。

2.3 缺陷检测

果实表面的缺陷有多种, 包括刺伤、碰压伤、磨伤、日灼、雹伤、裂果、虫孔、腐烂等。如果不及时分检出来, 将会影响其他果实的品质, 造成不必要的经济损失。本研究采取 Yang 等^[8]提出的泼水算法与活动边界模型相结合的方法来检测果实表面缺陷, 即先用泼水算法检测出缺陷, 再用活动边界模型对缺陷边界进行精确定位。

3 遗传神经网络

人工神经网络是由大量神经元构成的非线性动态系统, 具有自学习、自组织、联想记忆等功能, 因而得到了广泛应用。实际应用中, 最常用的是 BP 网络及其变化形式。网络训练精度的提高, 可以通过采用一个隐含层, 而增加其神经元的个数来获得, 这要比增加更多的隐层简单得多。但究竟选多少个隐含结点, 目前理论上还没有定论。传统的 BP 训练算法是在固定结构下的联接权值的学习算法, 其主要缺点是学习和收敛速度慢, 存在学习精度和学习速度之间的矛盾; 易陷于局部极小点; 采用固定的隐层结点数, 降低了其学习能力^[9]。

针对以上缺点, 本研究采用遗传算法来实现 3

层 BP 网的学习与设计。遗传算法是一种基于自然选择和自然遗传的全局优化算法, 包括选择、交叉和变异操作。在进化过程中, 可以对解空间的不同区域进行并行搜索, 使搜索趋于全局最优解, 其设计过程如下:

(1) 随机生成初始群体, 每一个体就是一个神经网络;

(2) 确定每一个体的适应度函数和目标函数。目标函数定义为网络输出值的均方误差, $v = \frac{1}{mP} \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^m (d_{pj} - y_{pj})^2$ 。式中, m 为输出层结点数; P 为训练样本数目; d_{pj} 为期望输出值; y_{pj} 为实际输出值。适应度函数为: $f = e^{kv}$, $k = -20$ 。

(3) 选择、交叉、变异、小生境, 生成新群体。本研究采用的选择方法为赌轮盘选择算子(也叫适应度比例法)。在 GA 运算过程中, 由于人工群体规模有限和算子产生的随机误差, 导致基因漂移现象, 其后果是在最优解集内产生同一个点。利用小生境技术能防止基因漂移, 具体算法是: 从父代中选出 2 个个体进行交叉和变异, 2 个新个体进入父代中求适应度, 用两新个体的适应度和父代中旧个体的适应度进行比较。交叉是在个体之间交换隐含结点, 可以改变神经网络的结构; 变异是在其中加入随机噪声, 本研究采用零均值高斯白噪声。

(4) 根据终止条件判断是否结束, 否则转(2)。

本研究采用文献[7]中介绍的编码方法, 对初始解参量进行编码, 即把每一隐层结点连同其输入层、输出层的连接权值和阈值作为一个整体, 对每个神经网络个体进行编码。为了提高 GA 的运行效率, 本研究采用浮点数编码的方式, 即将各权值和阈值采用实数方式, 直接进行选择、交叉和变异。

对于果形特征和颜色特征识别, 本研究各采用一个 3 层前馈神经网络, 并用遗传算法对其进行设计。其中, 用于果形识别神经网络的输入层结点数为 5, 对应于 5 个果形参数; 输出结点数为 4, 对应于果形分级的 4 个等级; 初始隐含结点数取为 4, 最大隐层结点数取为 25, 群体规模取 30, 交叉概率取 0.05。用于颜色识别的神经网络的输入结点数为 7, 对应于 7 个色度平均值; 输出结点数为 4, 对应于颜色的 4 个等级; 初始隐含结点数取为 3, 最大隐层结点数取为 25, 群体规模取 30, 交叉概率取 0.05。

4 综合分级

国家标准 GB 10651-89 规定鲜苹果的收购等

级为 4 级。等级的划分, 主要依据果形、着色面积、果径、果梗和果面缺陷几个指标。为将各单项品质分级功能有效集成, 设计了一个根据果实形状、大小、颜色和缺陷进行综合外观品质检测与分级的软件系统。由于果径和果形检测相对容易, 而颜色和缺陷检测较为复杂, 因此, 先进行果径和果形判别, 再按颜色判别, 最后检测果面缺陷并按缺陷判别。特征的 4 个等级用 1, 2, 3, 4 表示, 果径、果形、颜色和缺陷等级分别用 D-grade、F-grade、C-grade、B-grade 表示, 分级步骤如下:

(1) 输入图像数据, 并进行图像平滑、边缘检测等预处理;

(2) 确定果径级别。grade= D-grade, 若 D-grade > 3, 则转至(6);

(3) 果形识别。若 F-grade < D-grade, 则 grade= F-grade; 若 F-grade > 3, 则转至(6);

(4) 颜色识别与分级。若 C-grade < grade, 则 grade= C-grade; 若 C-grade > 3, 则转(6);

(5) 缺陷检测与分级。若 B-grade < grade, 则 grade= B-grade; 若 B-grade > 3, 则转(6);

(6) 输出分级结果 grade。若继续分级, 则返回

(1) 继续执行, 否则结束。

5 结果与分析

以红富士为试验对象, 先人工按果形将其分为 4 个等级, 每级选 20 个作为训练样本, 利用遗传算法对其进行识别训练, 训练结果为隐层结点数是 8, 故果形识别神经网络结构为 5-8-4 型, 遗传进化代数 1 628, 传统的 BP 算法训练次数为 21 600 次。同样以红富士为试验对象, 先人工按颜色将其分为 4 级, 每级选 20 个作为训练样本, 利用遗传算法对其进行识别训练, 训练结果为隐层结点数是 6, 故颜色识别神经网络结构为 7-6-4 型, 遗传进化代数为 2 526, 传统的 BP 算法的训练次数为 134 000 次。显然, 借助于遗传算法对 BP 网络进行学习训练, 提高了其学习速度。

选取人工分好的红富士 120 个, 每级为 30 个, 利用训练好的神经网络对其进行综合分级, 试验结果见表 1。产生误差的原因在于摄像机不能摄取果实的整个表面, 不能很好地识别出果锈等缺陷, 此外, 以平面面积代替果实的空间表面面积时存在误差。

表 1 苹果综合分级结果

Table 1 Classification results of apples

等级 Grade	人工分级 结果/个 Actual classification results	遗传算法分级结果/个 Genetic algorithm classification results				
		优等品 Best grade	一等品 First-grade	二等品 Second-grade	等外品 Substandard	准确率/% Accuracy
优等品 Best grade	30	28	2			93.3
一等品 First-grade	30		27	3		90.0
二等品 Second-grade	30			26	4	86.7
等外品 Substandard	30			2	28	93.3

6 结 论

针对目前的大多数果实分级系统只具有单一品质检测与分级功能的缺点, 本研究充分利用计算机视觉技术和神经网络技术, 建立了一个苹果外观品质综合分级系统。借助于遗传算法分别对用于果形

与颜色识别的神经网络进行学习训练, 明显改善前馈神经网络的学习速度。试验结果表明, 本系统能够实现对苹果综合外观品质的正确检测与分级, 准确率达 90.8%。此外, 初步试验表明, 只要选择合适的果实特征参数, 选取适当的样本对神经网络进行学习训练, 利用本系统可以实现对桃子、西红柿等果实进行正确检测与分级。

[参考文献]

- [1] Sarkar N, Wolfe P R. Computer vision based system for quality separation of fresh market tomatoes[J]. Transactions of the ASAE, 1985, 28(5): 1714- 1718
- [2] Miller B K, Delwiche M J. Peach defect detection with machine vision[J]. Transactions of the ASAE, 1991, 34(6): 2588- 2597.
- [3] Tao Y, Heinemann P H, Varghese Z, et al Machine vision for color inspection of potatoes and apples[J]. Transactions of the ASAE, 1995, 38(5): 1555- 1561.
- [4] 许献成, 李芳繁. 使用彩色机器视觉选别落花生仁[J]. 农业工程学报, 1994, 10(4): 65- 76
- [5] 刘 禾, 汪懋华. 水果果形判别人工神经网络专家系统的研究[J]. 农业工程学报, 1996, 12(1): 171- 176
- [6] 何东健, 杨 青, 薛少平, 等. 用人工神经网络进行果实颜色分级技术研究[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(6): 109- 112
- [7] Choi K, Lee G, Han Y J, et al Tomato maturity evaluation using color image analysis[J]. Transactions of the ASAE, 1995, 38(1): 171- 176
- [8] Yang Qing-sheng, Marchant John A. Accurate bluish detection with active contour models[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1996, 14: 77- 89
- [9] 李庆中, 张 漫, 汪懋华. 基于遗传神经网络的苹果颜色实时分级方法[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(9): 779- 783

An integrated apple grading system based on genetic neural network

LONG Man-sheng, HE Dong-jian, NING Ji-feng

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Computer vision and artificial neural network techniques were used to establish an integrated detecting and grading system for external qualities of apple. The results of the experiment showed that the system can correctly grade apples and achieve accuracy of 90.8%. A GA-based training algorithm was introduced to find optimal structures or the number of hidden layer nodes and connection weights of the two neural networks, and the speed of training was found improved.

Key words: apple grading; artificial neural network; genetic algorithm; computer vision