

# 农产品品质检测中的计算机视觉及神经网络技术发展动态\*

马成林 杨秀坤 陈晓光 于海业

(吉林工业大学)

**提 要** 随着计算机技术的飞速发展, 计算机视觉及人工神经网络等交叉学科的研究与应用已扩展到农业工程领域中, 并在许多方面取得了重大开拓性成果。文中概括介绍了这两项高新技术在农产品品质自动检测与分级中的应用状况及发展动态, 并通过分析指出了当前尚须解决的问题。

**关键词** 计算机视觉 人工神经网络 农产品品质检测

## The Development and Trend of Computer Vision and Neural Networks Used in Quality Detection of Agricultural Products

Ma Cheng-lin Yang Xiu-kun Chen Xiao-guang Yu Hai-ye

(Jilin University of Technology, Changchun)

**Abstract** With the rapid development of computer technology, the research and application of computer vision and neural networks have been extended into the field of agricultural engineering and many ground-breaking achievements have been made through them. In this paper, the application and development of these two advanced technology in the quality evaluation of agricultural products are briefly summarized. Some unresolved problems are put forward through analysis.

**Key words** Computer vision Artificial neural network Quality detection of agricultural products

### 1 引 言

近年来, 计算机图像处理技术在替代和超越人的视觉功能方面获得了一系列重要成果, 显示了强大的生命力。人工神经网络等新兴的交叉学科虽尚未完全成熟, 但已经显示出巨大的潜力, 并正在以很快的速度与生产实际相结合<sup>[1]</sup>。当今计算机技术的飞速发展, 使得这些高新技术的研究与应用进入了一个崭新的阶段, 新方法、新观点层出不穷, 其应用范围也不

收稿日期: 1997-07-31

\* 吉林省科委基金资助项目, 机械工业部基金资助项目

马成林, 教授, 长春市人民大街 142 号 吉林工业大学农机工程学院, 130025

断扩大。将这些高新技术用于农产品品质检测与自动分级过程中,既可以解放劳动力,排除人的主观因素干扰,又能快速而准确地进行水果品质的综合评价,是一项极有使用价值的研究。许多发达国家在 70 年代末期便开始尝试使用计算机图像处理等技术对水果、蔬菜等农产品进行检测与分选。短短几十年间,计算机视觉及神经网络技术在农产品品质检测与分类过程中的研究与应用发展迅速,已渗透到水果、蔬菜、粮食、鸡蛋等许多种类的农产品品质评价方面。

## 2 国内外研究概况及发展动态

### 2.1 计算机视觉技术在农产品品质检测中的应用

国外利用计算机视觉等高新技术对水果、蔬菜等农产品进行品质检测与分选的研究开始于 70 年代末期,主要的研究对像是苹果、桔子、桃、香蕉、梅脯、西红柿、黄瓜等,但由于分级速度达不到实时要求,还处于实验研究阶段。80 年代后期到现在,他们对如何提高分级速度进行了多方面的理论与实验研究,并取得了很大进展,目前美国和日本已将部分研究成果应用于商品化生产,取得了可喜的成效。

据资料记载,最早尝试采用计算机视觉技术对农产品进行分级的装置是 R ignedy 等于 1987 年制作的黄瓜分选线(如图 1)。该装置由光源、光电二级感应器、图像处理设备、控制器和多排倾斜盘传送线等组成。黄瓜依据形状被分成三类,根据大小分成五个等级,分选结果被系统记录,用硬拷贝打印。由于当时图像采集质量及传感器灵敏度等因素的影响,导致分选准确率很低,达到 62%。

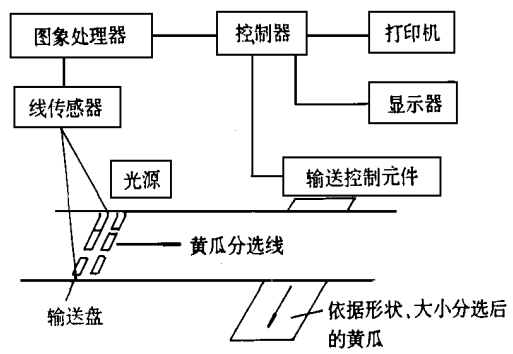


图 1 黄瓜分选系统简图

1981 年 Graf 等应用多元线性统计分析的方法对带有碰压伤的苹果图像进行分割,从而确定碰压伤的面积,但由于硬件设备的原因,这种方法速度很慢,只是对苹果分级的初步尝试<sup>[2]</sup>。1985 年 Sarkar 和 Wolfe 应用数值图像处理 and 模式识别技术对西红柿进行分类,该研究采用 60 × 64 分辨率的 4bit 图像对梗区和萼区以外的四个区域进行灰度均值计算,从而将西红柿分为成熟和非成熟两个等级<sup>[3]</sup>。由于该研究采用的图像处理系统分辨率过低,导致了分类结果的准确度差。1986 年,美国的 Rehkar 和 Troop 应用黑白图像处理技术进行苹果表面的碰压伤检测,并根据美国苹果标准进行分级<sup>[4]</sup>。该研究只是做了许多种,对于不同缺陷不同的分级标准有不同的允许限度,但该研究将各种表面伤痕全部作为碰压伤处理,造成分级误差很大。1988 年 Davene1 和 Guizard 根据苹果的大小和表面的碰压伤进行了以

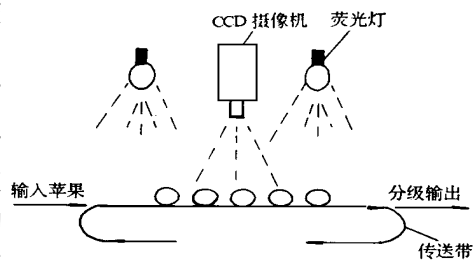


图 2 计算机视觉的苹果分级

黑白计算机视觉系统为手段的苹果分级,如图 2 所示<sup>[5]</sup>。

由于该研究没有运用判断梗洼和萼洼的方法,经常将果梗和花萼误认为表面伤痕,从而导致了很大的分级误差。实验表明分级正确率只有 69%。1989 年,Regular 和 Throp 对他们的研究做了改进,将碰压伤与其他坏损区分开处理,仍然依据形状因子来判别碰压伤,依据灰度变化的剧烈程度来判别其他缺陷<sup>[6]</sup>。但该研究是建立在由机械装置定向的基础之上,难以满足大批量分级的需要。

90 年代以来,随着计算机技术的飞速发展及彩色计算机视觉系统设备价格的降低,使得对农产品进行颜色检测和分析的方法更为可行。1991 年,Zubin 使用彩色计算机图像处理设备对苹果进行分级,主要是果形判别和颜色检测<sup>[7]</sup>。在果形判别中,需将苹果的果梗、花萼人为定向,同时采集五幅不同角度的图像,在判别中采用形状分析中的矩方法,该方法的缺点是:判别结果与旋转角度有关,因而影响了果形判别的准确度。1991 年,R. T. Elster和 J. W. Goodrum 采用直方图均衡化和 SOBEL 算子相结合的方法检测鸡蛋表面的裂痕,从而将鸡蛋分为合格品和次品两种<sup>[13]</sup>。该方法有时会将鸡蛋图像中连接在一起的白色小点误认为裂痕,因而影响了判别准确度。

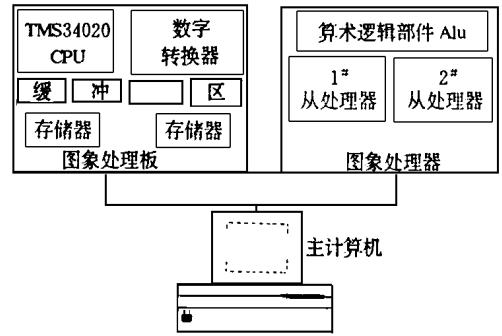


图 3 玉米粒实时分级系统示意图

1994 年,Liao 等人根据玉米粒的颜色和表面缺陷进行实时分级,采用图像处理板和实时图像处理器来对图像进行低层处理<sup>[14]</sup>。结构示意图如图 3。

该研究将图像处理板和图像处理器均安装在 Compaq386/33 的微机,图像处理板包括 TM S34020 CPU、颜色数字转换器、4 个可存储 1 024 × 1 024 个像素的缓冲区和 2 个存储器,图像处理器包括算术逻辑部件 ALU 和 2 个从处理器。低层处理包括边缘提取、面积和周长的计算、图像的二值化,等等。最终该系统的分级速度为每秒处理 12 个玉米粒。1995 年,Lee 和 Han 将西红柿的 R、G、B 图像转化为 H、S、I 彩色模型表示法,通过对色度图的分析计算得出西红柿表面各种颜色所占整个表面的百分比,然后根据美国对新鲜西红柿的评价标准进行成熟度分级<sup>[8]</sup>。此方法的不足之处是:计算和分析颜色百分比的方法过于复杂,且判别准确率较低。1995 年,Heinemann 和 Morrow 运用多元区分技术对土豆和苹果的色度直方图进行分析,从而区分发绿土豆和正常土豆,并对不同颜色特征的苹果进行分类<sup>[9]</sup>。该方法只有与其它形状、尺寸、表面缺陷的差别结果相结合,才能完成对品质的综合评价。

在我国,运用计算机视觉系统进行农产品品质检测与分类的研究开展较晚,但正在日益得到重视。1992 年江苏理工大学的方如明提出了运用计算机图像处理技术检测米粒的三种方法,即:直方图傅里叶系数判别法、直方图波峰检出法和灰度突变判别法<sup>[15]</sup>。通过对 8 个品种 798 个样本的实测,证明用计算机视觉代替感官检测米的爆腰是可行的。1993 年张健平、吴守一等采用计算机图像处理技术,综合多种色度系统研究了烟叶颜色的定量分析方法,作为烟叶分级的辅助手段。通过对几种典型颜色烟叶的测量分析,表明该方法是可行

的<sup>[16]</sup>。1994年,中国农业大学博士刘禾,完成了《计算机视觉在水果自动分级中的应用研究——苹果自动分级》的博士论文,初步建立了一套根据苹果的形状、大小、表面缺陷进行自动分级的试验研究系统<sup>[17]</sup>。中国农业大学农业电气自动化专业的陈顺三完成了题为《奶牛体型线性评定的图像处理技术研究》的博士论文,通过图像处理技术提取奶牛的性状特征参数,并进行了奶牛体型线性的自动评定<sup>[18]</sup>。1995年王丰元、周一鸣等设计了采用图像处理技术检测种子形状特征参数的算法,开发了一套对种子进行基本形状参数测量的计算机图像处理系统<sup>[19]</sup>。1996年,许俐、钱敏娟等通过计算机图像处理技术与色度学理论的有机结合,研究了染色后大米的胚乳、皮层以及胚芽所呈现的不同颜色特征和区分方法,并由实测确定了大米加工精度与国际分级的定量关系,从而提出了大米加工精度的自动检测方法<sup>[20]</sup>。以上这些研究对于电子信息等高新技术在我国农业工程领域的应用起到了积极的促进作用,但许多试验均处于研究和探索阶段,尚未与商品化生产实际相结合。

可以看出,我国计算机视觉技术在农业工程领域的应用研究与国际先进水平相比还存在一定差距,基本上仍处于实验研究和理论探索阶段,并未达到实用化和商品化程度。

## 2.2 神经网络在农产品自动分级中的应用

农业领域中所研究的对象大多是自然界的生物体,由于农产品的分类指标包括形状、色泽、大小、表面缺陷、体积等许多生物指标,而涉及这方面的知识都是非结构化的,所以很难用常规方法来描述。人工神经网络独特的结构和处理信息的方法以及它本身所具有的良好抗噪容错能力和鲁棒性、灵活性,使其非常适合于解决农产品质量分级问题,因而正在这一领域得到越来越广泛的应用。

1990年,B r a n d o n 用计算机视觉系统采集并提取的胡萝卜顶部的外型参数,并将其输入一个已经训练好的BP神经网络,从而将胡萝卜顶部的形状分为5个等级,分类结果优于其他统计分类方法<sup>[21]</sup>。1992年,B e c k 等用正交放置的两个摄像机拍摄土豆的图像,将彩色图像中的红(R)、绿(G)、蓝(B)3个分量转换为色度(Hue),并将预处理后的色度直方图和面积等6个参数作为BP神经网络的输入变量,从而把土豆按形状、尺寸和发绿程度分类,其结果也优于统计分类方法<sup>[22]</sup>。同年,L i a o 等将玉米种子图像的形态用34个参数加以描述,其中包括16个沿周边的最大曲率、13个沿主轴的对称比、1个伸长比、1个面积值及3个副轴长度比,将它们作为神经网络的输入变量,网络输出结果为种子形态的5个分类,经过学习的BP网络模型分类精度可达91%<sup>[23]</sup>。

1993年,Y a n g 运用人工神经网络进行苹果表面的特征分类,每个可疑表面的特征从普通和结构光两幅图像中提取,将提取出来的特征作为神经网络的输入,网络的输出将可疑表面分为坏损表面、长形区域和条形区域3种情况<sup>[10]</sup>。由于Y a n g 的研究需要采集两幅不同光源的图像进行分析,大大降低了图像处理的速度,同时也使设备的造价很昂贵,不利于大面积推广。1994年,G u e d a l i a 等采用多传感器数据融合技术同时获取西红柿的外部形态特征参数及坚硬度、甜度等物理化学特征参数,并将这些参数输入一个“细胞生长神经网络”,最终完成西红柿的自动分级<sup>[11]</sup>。该网络模型具有能够根据实际情况的需要随时地增加和削减神经元的特点,但分类准确度较低。1995年,E n g e l 和 S i m o n 利用彩色计算机视觉系统获得苹果的彩色特征、形状和尺寸参数,最终将这些参数汇合成为待分类的苹果的一个特征向量,并将其输入一个事先训练好的BP神经网络进行等级判别<sup>[12]</sup>。该方法的主要不足是:BP

神经网络模型的结构参数不容易确定,且网络的训练时间过长。

### 3 结 论

综上所述,利用计算机图像处理以及神经网络技术对水果、蔬菜等农产品进行品质检测和分类的研究虽然发展很快,但与实用商品化生产之间还存在着一定差距。通过以上对国内外最新研究动态的分析、比较与研究,发现在目前已经形成的农产品分级系统及各项研究中还存在许多有待解决的问题,现分类概括如下。

1) 农产品的表面缺陷有多种,其中包括:刺伤、碰压伤、腐烂、磨伤、病斑、虫咬、裂伤、霉伤、疤痕、药害,等等。能否将其准确检测出来并详细分类一直是农产品品质评价中的难题,它将严重影响农产品分级最终结果的准确度。目前还没有一套有效的方法能够充分利用农产品表面缺陷的形状特征、尺寸特征、纹理特征、灰度变化特征以及颜色信息等综合参数对其进行如此详细而准确的分类。

2) 现在的表面坏损检测大多采用传统的图像处理方法,即边缘提取和图像分割的技术。但有些坏损如病斑、霉伤等,灰度分布极不规则,坏损区域的位置、大小、形状和颜色不可预测,坏损区域与非坏损区域的灰度对比度极小,很难用传统方法检测出来。因此还需进一步研究探讨新的理论和方法,将人工智能领域的技术渗透到实现坏损检测的图像处理过程中,以便充分提取表面缺陷的各种特征信息。

3) 目前应用于农产品分类的神经网络多数采用经典的静态神经网络模型,如BP网等。这种网络存在着训练时间过长、容易陷入局部极小点等缺点。另外,由于自然环境、生长条件、种植区域、采摘季节的差异以及其他诸多复杂因素的影响,农产品的形状、颜色等外部特征千差万别,某一次试验研究中,几乎不可能获得覆盖其所有统计特征的样本集,而每次增加新的样本意味着重新训练BP网,耗费了大量的时间。因此,必须开发一种能够在线学习新知识的网络判别专家系统,以适应实时控制的需要。

因此,我们当前的任务是跟踪世界先进技术,充分利用国外在农产品品质检测方面已取得的经验,并在此基础上研究和探索新的理论和方法,设计和制造适合于我国实际情况的切实可行的检测与分级系统,并使这一系统具有鲁棒性、灵活性和高速性。

### 参 考 文 献

- 1 Eerikainen T, L inko P, L inko S, et al Fuzzy logic and neural network applications in food science and technology. *Trend in Food Science & Technology*, 1993(4): 237~ 242
- 2 Singh N, Delw iche M J. M achine vision methods for defect sorting stonefruit. *Trans of the A S A E*, 1994, 37(6): 1989~ 1997
- 3 Sarkar, Wolfe. Image processing for tomato grading. *Trans of the A S A E*, 1985, 33(4): 564~ 572
- 4 Rehkugler G E, Throop. Apple sorting with machine vision. *Trans of the A S A E*, 1986, 129(5): 1388~ 1397
- 5 Davenel A, Guizard C H, et al Automatic detection of surface defects of fruit by using a vision system. *J A gri Engng Res*, 1988, 41: 1~ 9
- 6 Rehkugler G E, Throop J A. Image processing for apple defect detection. *Trans of the A S A E*, 1989, 32: 267~ 272

- 7 Varghese Z, Morrow C T, et al Automated inspection of golden delicious apple using color computer vision A SAE Paper, 917002
- 8 Lee G H, Bunn J M, Han Y J, et al Determination of optimum levels of light irradiation needed to control ripening of tomatoes Trans of the A SAE, 1996, 39(1): 169~ 175
- 9 Tao Y, Heinemann P H, Varghese Z, et al Machine vision for color inspection of potatoes and apples Trans of the A SAE, 1992, 38(6): 1555~ 1561
- 10 Yang Q. Finding stalk and calyx by using structured lighting Computers and Electronics on Agriculture, 1993(3): 33~ 37
- 11 Guedalia D, Ddan Y. A dynamic artificial neural network for coding and classification of multi-sensor quality information A SAE Paper, 943053
- 12 Ozer N, Engel B A, Simon J E. Fusion classification techniques for fruit quality. Trans of the A SAE, 1995, 38(6): 1927~ 1934
- 13 Elater R T, Goodrum J W. Detection of cracks in eggs using machine vision Trans of the A SAE, 1991, 34(1): 307~ 312
- 14 Liao K, Reid J F, Ni B, et al Corn kernel shape identification by machine vision using a neural network classifier A SAE Paper, 927017
- 15 方如明 计算机图像处理与米的品质检测 农业工程学报, 1992, 8(3): 104~ 112
- 16 张建平, 吴守一等. 烟叶颜色测量与分析. 江苏工学院学报, 1993, 14(4): 7~ 13
- 17 刘 禾 计算机视觉在水果自动分级中的应用: [博士论文]. 北京: 中国农业大学, 1994
- 18 陈顺三 奶牛体型线性评定的图像处理技术研究: [博士论文]. 北京: 中国农业大学, 1996
- 19 王丰元, 周一鸣 种子形状参数检测的计算机图像处理技术 农业机械学报, 1995, 26(2): 52~ 57
- 20 许 俐, 钱敏娟等. 大米加工精度的图像识别方法 农业工程学报, 1996, 12(3): 172~ 175
- 21 Brandon J R, Howarth M S, Searcy S W. A neural network for carrot tip classification A SAE Paper, 907549
- 22 Tao Y, Deck S H, et al Rule-supervised automated machine vision inspection of produce A SAE Paper, 917003
- 23 Liao K, Paulsen M R, Reid J F, et al Corn kernel breakage classification by machine vision using a neural network classifier. Trans of the A SAE, 36(6): 1949~ 1953