

机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用研究进展³

应义斌 饶秀勤 赵 匀 蒋亦元
(浙江大学) (东北农业大学)

摘 要: 该文分水果果梗识别、果形识别、内部品质检测和硬件设备开发等 4 个方面综述了国外在利用机器视觉技术进行农产品品质自动识别上的研究进展, 并指出了目前尚需解决的难点问题, 以供我国研究人员做同类研究时参考。

关键词: 机器视觉; 农产品; 品质识别

文献^[1]已经分农产品表面缺陷与损伤识别、尺寸与面积检测和颜色识别等 3 个方面综述了国外在利用机器视觉技术进行农产品品质自动识别上的研究进展, 本文将继续介绍国外在利用机器视觉技术进行果梗识别、果形识别和内部品质检测的研究动态及相关硬件设备的开发情况。

1 在果梗识别中的应用

果梗情况的准确判别对水果分级具有非常重要的意义, 国外学者对果梗识别已进行了不少研究, 如: Wolfe R. R. (1985)^[2]通过分析轮廓曲线和检测物体边界曲线曲率的突变, 提出采用边界链码法(BCC2boundary chain code)检测果梗, 并与用纤细率进行果梗识别作了比较, 边界链码法用相当于多边形逼近的方法对水果边界用有固定方向值的短线段直接表示, 这样一条二维的曲线就变成了一个一维描述的符号串, 在果梗与果体相交附近呈出凹—凸—凹的形态, 从而可完成对果梗是否存在的识别, 识别正确率高达 98.5%, 但是此算法仅能对果梗是否存在作出判断, 不能计算求出果梗与果体的交点坐标及果梗的位置。Leemans V. (1995)采用收缩—膨胀算法进行图像处理, 首先将图像不断收缩, 直至果梗消失, 然后膨胀直至水果其它部分恢复到正常状态, 而果梗则已从图像中消失, 但是用这种方法速度较慢。Ruiz L. A. (1996)^[3]为了除去机械人采摘的柑桔的果梗, 研究了 3 种识别果梗的办法, 分别是

基于线性离散分析技术的色彩分割法、轮廓曲率分析法和图像细化方法(图 1)。这些算法均能从柑桔的随机位置图像中确定果梗的存在与否及位置, 精度高于 90%。但当果梗上附有树叶或果梗发生断裂时, 找出果梗与果体相交点的计算非常费时, 而且也无法判断果梗是否完整。到目前为止, 所提出的识别果梗的有关算法均还存在算法复杂、速度较慢、判别精度低等问题, 还有待于进一步深入研究。

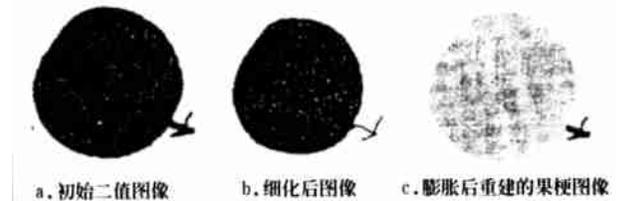


图 1 细化算法不同阶段的柑桔图像

Fig 1 Profile of an orange at three different phases of the thinning algorithm

2 在果形识别中的应用

水果的外形也是影响水果质量的因素之一, 水果成熟后外形千变万化, 很难用数学方法给予鉴别。Umetani J. 和 K. Taguchi(1981 年)讨论了人用于识别形状的最基本的图像特征。Pavlidis T. (1982)^[4]提出了 2 种形状识别的模式, 一种是结构分析法, 另一种是外形轮廓曲线检测法。Sarkar N. 和 R. R. Wolfe(1985a, b)^[5]利用数字图像分析和模式识别技术研究了一种用于新鲜市售西红柿的定向和根据尺寸、形状、颜色和表面缺陷分类的特殊算法, 提出利用计算西红柿的 8 邻域链码边界的曲率来描述西红柿的形状, 噪声过滤器被用来增强根据阈值进行颜色分级的图像, 用灰度梯度曲线确定西

收稿日期: 1999207210

3 国家自然科学基金资助项目(39800099)

应义斌, 教授, 博士, 常务副院长, 杭州市凯旋路 268 号 浙江大学农业工程学院, 310029

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

红柿的方向及花萼和缺陷的位置, 并研制成功了一种具有定向机构和合适的照明装置的机器视觉市售西红柿品质分级装置。试验表明, 可以达到或在某些情况下将超过人工检测的精度, 分级误差为 3.5%, 精确而定量的检测将可能建立更有效的市售西红柿的质量标准, 但其速度较慢。Guyer D. E. 等(1986 年)的研究表明利用图像的统计学特征进行植物识别是可行的。Wolfer R. R. 和 M. Swaminathan (1987 年)^[6]利用在 6 个正交方向上的环形 Hough 变换和线性 Hough 变换找到了胡椒的柄部和花萼, 从而确定了胡椒的方位, 结果实测方位角和计算方位角的平均误差为 8.1 度, 所提出的双梯度法和中轴技术为有效地进行胡椒的形状识别打下了基础。Varghese Z. (1991 年)使用机器视觉系统对苹果进行了果形判别的研究, 试验中需要将苹果的果梗—花萼轴人为定向, 同时还需要采集 5 幅不同角度的图像, 在判别过程中采用图像形状分析方法中的矩方法, 该方法的缺陷是和苹果的旋转角度有关, 故而影响果形判别准确度。Howarth M. S. 等(1992 年)^[7]利用 Freeman 链码(图 2)求出了萝卜的外形曲率曲线, 并用非线性最小二乘法将萝卜根部的曲率曲线近似为只有 6 个参数描述的曲线。根据这 6 个参数, 我们可以构建一个能根据萝卜根部外形将其分成从锐到钝的 5 个等级的 Bayes 决策函数, 分级准确率达到 86%。



图 2 萝卜根部图像处理的 3 个阶段

Fig 2 Three initial stages of image processing of a carrot tip

Van De Vooren 等(1992 年)^[8]利用机器视觉技术测定了蘑菇的各种形态学特征, 用圆度(Circularity)、弯曲能量(Bending Energy)、球形度(Sphericity)和偏心距(Eccentricity)等来描述蘑菇的形状特征; Guyer D. E. 等(1993 年)^[9]为了建立用机器视觉和图像处理进行形状识别与人进行形状识别所需的特征之间的相互关系, 提出了一种从植物或树叶的关键点(如转角、离形心最近或最远的点

等)所获得的信息中提取植物或树叶的形状特征的算法, 使识别的正确率达到 69%。Ding K. 和 S. Gunasekaran (1994 年)通过比较被测苹果和无损伤普通苹果的形状而建立了一种苹果形状特征的抽取方法。Heinemann P. H. 等(1995 年)^[10]提出了一个基于三阶矩的“Golden Delicions”苹果的形状分类器。Leemans V. (1995)^[3]系统地对比圆度(Circularity: $C = P^2 / 4\pi A$), 其中: P 为周长, A 为面积)、矩形率(Rectangularity)、矩(Moment)、惯性主轴(Inertial principal axis)、偏心率(Eccentricity)、矩不变因子(Moment invariant)等描述果形的性能, 结果表明用常规的以区域为基础的信息(如惯性主轴、矩等)描述果形的方法不是精确度不高就是对苹果的旋转、位移敏感性太强, 适应性较差。Ni B. 等(1997)^[11]为了区分凸形冠顶、光滑凹形冠顶和非光滑凹形冠顶玉米子粒, 找到了一种不用结构光而通过图像处理的方法获得玉米籽粒的三维信息的可行技术, 并发现不同形状的玉米籽粒其图像灰度曲线有明显的差异, 该系统的平均检测精度与人工检测相仿, 约为 87%, 所需时间为 1.5~1.8 s/粒, 离实际应用还有较大的距离。

3 在农产品内部品质检测中的应用

目前, 对农产品内部品质的机器视觉无损检测的研究还不是太多。1986 年, Gunasekaran S. 等^[12]对玉米籽粒应力裂纹机器视觉无损检测技术进行了研究, 结果表明, 当光线入射孔直径为 2.4 mm, 背景为黑色, 入射光为白色光时, 所采集的图像中, 玉米籽粒应力裂纹处与其他部位的像素灰度值具有很大的差异, 因此可以采用高速滤波法将其识别出来, 检测精度为 90%。Miller B. K. 等(1989 年)^[13]研制了一套检测和分级新鲜市售桃的彩色机器视觉系统, 当桃子在输送带上通过照明箱时采集桃子的彩色数字化图像, 并通过将桃子的实际颜色和不同成熟度桃子的标准颜色相比较来确定桃子的成熟度。结果表明, 机器视觉成熟度检测的结果与人工检测结果的吻合度为 54%, 机器视觉检测的表面着色面积与人工检测的着色面积的相关系数为 92%。Throop J. A. 等(1989 年)^[14]的研究表明利用机器视觉通过检测平均灰度来确定可见光在苹果中的透射能力, 可以 100% 地测量苹果中是否有水芯存在, 但无法确定水芯的严重程度。根据 Choi K. (1995 年)^[15]等的研究结果, 利用机器视觉技术可以根据

美国农业部的标准将西红柿按成熟度分成 6 个等级, 6 个等级相应的表面颜色分别为绿色、浅绿色、红绿交替色、粉红色、浅红色和红色, 分级结果与人工分级的吻合度为 77%, 但所有误分的西红柿的误差均只有一个熟度等级。另外, Bowers S. V. 等 (1988 年)^[16] 和 Berlow S. M. 等 (1987 年)^[17] 还分别研究了结合运用超声成像技术和机器视觉图像分析技术来检测完整桃子中的裂开的桃核和确定肉牛的脂肪厚度和纹理特征, 但检测精度还有待于进一步提高。

4 硬件设备开发

硬件是机器视觉技术的基础, 有了性能良好的硬件环境才能够获取较清晰的适用于处理的图像, 并能达到较高的识别精度和识别速度, 基于此目的, Paulsen M. R. (1986)^[18] 研究了采用怎样的光照才能够获得与背景有高对比度的图像, 检验了近红外光和彩色滤光镜对增强图像特征的效果。在比较了人眼与光传感器对不同波段光的敏感性的不一致后, 认为此差别未经校正的机器视觉系统不一定能够看到人眼所能看到的物体。在比较了不同的背景情况下图像的灰度直方图分布, 认为高对比度的图像在灰度图上表现为对应两峰值之间的距离应较大。同时他对光源、滤镜的选择做了比较研究, 认为漫射光环境是增强表面特征, 消阴影, 并且获得良好边界的必要条件。为了获得能提供有效品质特征信息的图像, 有时农产和须要按规定的方向进入机器视觉系统。后来, Tao Y. (1995)^[19] 的研究则更为深入, 他研制成功了 Merling 高速高频机器视觉水果分级系统 (图 3), 并论述了该系统所涉及到的各种技术环节, 包括频谱增强、彩色图像分析、噪声过滤与变换等技术, 提出了具体的设计要求, 该机的生产率为 44 t/h, 可用于苹果、桔子、桃子、西红柿及其他水果的分级。目前, 该系统已广泛用于各类水果的分级, 美国每年有 50% 以上的苹果经该设备处理, 并已推广到加拿大等其它国家。在如图 3 所示的大规模生产设备中, 对多台协同作业的摄像机进行在线自动校正是一个难题, Tao Y. (1998)^[20] 发明了一种基于树状搜索法的人工智能方法来寻找多台在线摄像机的最优参数, 并自动控制摄像机进行同步作业, 同时还考虑了由于灰尘、光照不足和其它环境变化而带来的影响, 该方法可以使不同摄像机所采集的信号误差从 1.8% 降到 0.9%, 是一种自动化、智能

化的快速在线校正方法。

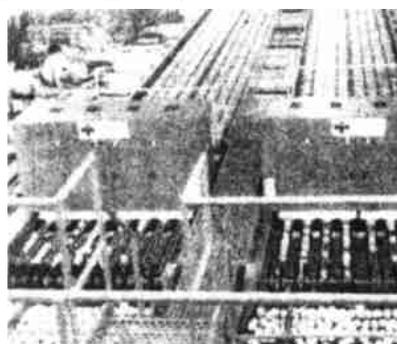


图 3 M E R L N 高速高频机器视觉水果分级系统

Fig 3 M E R L N advanced machine vision inspection & grading system of fruits

5 结 语

机器视觉技术涉及计算机、光学、数学、信息论、模式识别、数学形态学、人工智能、自动化、CCD 技术、视觉学、心理学、脑科学、数字图像处理等众多学科, 由于研究时间还不是太长, 研究成果离大规模推广应用尚有一定的距离, 还存在许多需继续解决的问题, 如:

1) 目前绝大多数研究的对象均是静态的农产品个体, 效率较低。而在实际生产中所采集的图像应该是动态的农产品群体图像, 此时的图像处理和分析将更复杂。如何从快速运动的农产品群体中提取有效图像信息并对其矫正, 这还是一个尚未解决的难题;

2) 由于许多农产品是一个近似的球体, 在其二维图像中, 中部的灰度值往往要远远大于边缘的灰度值, 这就会使得在图像中部的损伤部位的灰度值也仍大于边缘的灰度值, 从而会带来损伤检测的误差, 必须加以矫正。多年来, 国际上许多学者对此做了大量的研究工作, 但到目前为止, 还只能靠改善光照条件来实现对单个静止球形物体图像的矫正, 对动态的农产品群体图像的矫正方法还正在研究;

3) 在对农产品的多个品质指标进行检测时, 大多采用串行算法, 这大大影响了处理速度的提高。急需研究农产品品质自动识别中所需的多种图像处理算法的并行实时处理方法, 以便提高检测效率;

4) 农产品的内部品质是农产品分级的重要依据, 目前大多只研究对农产品的外部品质进行机器视觉自动识别, 而对农产品内部品质的机器视觉无损检测技术的研究仅涉及桃子和番茄的成熟度、苹

果内部水芯、桃核的裂纹、玉米的应力和肉牛的脂肪厚度等少量指标,而且结果也不太理想。这说明要利用机器视觉技术对农产品品质进行全量(包括内部品质和外部品质)检测,还有很长的路要走。相对于国外而言,国内在利用机器视觉进行农产品品质自动识别方面的研究起步较晚,无论在硬件还是软件上都还有很大的差距,离实际应用的距离则更远。因此,我们当前的任务是跟踪国际最新研究动态,在充分利用国外已取得的研究成果的基础上,探索新的理论和方法,并研制适合我国实际情况的农产品品质机器视觉自动识别和分级系统,为我国的农业现代化服务。

[参 考 文 献]

- [1] 应义斌,傅宾忠,蒋亦元,赵 匀. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用(É). 农业工程学报, 2000, 16(1): 103~ 108
- [2] Wolfe R R, and W E Sandler. An algorithm for stem detection using digital image analysis. Trans of the ASA E, 1985, 28(2): 641~ 644
- [3] Ruiz L A, E Molto, F Juste, et al. Location and characterization of the stem calyx area on orange by computer vision. J of A gri Engng Res, 1996, 64(3): 165~ 172
- [4] Pavlidis T. Algorithms for graphics and image processing. Computer Science Press, Rockville, Md, 1982
- [5] Sarker N, and R R Wolfe. Computer vision based system for quality separation of fresh market tomatoes. Trans of the ASA E, 1985b, 28(5): 1714 ~ 1718
- [6] Wolfe R R, and M Swaminathan. Determining orientation and shape of bell peppers by machine vision. Trans of the ASA E, 1987, 30(6): 1853~ 1856
- [7] Howarth M S, J R Brandon, S W Searcy, et al. Estimation of tip shape for carrot classification by machine vision. J of A gri Engng Res, 1992, 53: 123 ~ 139
- [8] Van De Vooren J G, G Polder, W A M Van Der Heijden. Identification of mushroom cultivars using image analysis. Trans of the ASA E, 1992 35(1): 347 ~ 350
- [9] Guyer D E, G E Miles, L D Gaultney, et al. Application of machine vision to shape analysis in leaf and plant identification. Trans of the ASA E, 1993, 36(1): 163~ 171
- [10] Heinemann P H, H J Sommer, C T Morrow, et al. Machine vision based station for grading of "golden Delicious" apples. Proceedings of the FPAC M Conference, 1995. 239~ 248
- [11] Ni B, M R Paulsen, and J F Reid. Corn kernel crown shape identification using image processing. Trans of the ASA E, 1997, 40(3): 833~ 838
- [12] Gunasekaran S, T M Cooper, A G Berlage, et al. Image processing for stress cracks in corn kernels. Trans of the ASA E, 1987, 30(1): 266~ 271
- [13] Miller B K, and M J DeWiche. A color vision system for peach grading. Trans of the ASA E, 1989, 32(4): 1484~ 1490
- [14] Throop J A, G E Rehkugler, and B L Upchurch. Application of computer vision for detecting watercore in apples. Trans of the ASA E, 1989, 32(6): 2087~ 2092
- [15] Choi K, G Lee, Y J Han, et al. Tomato maturity evaluation using color image analysis. Trans of the ASA E, 1995, 38(1): 171~ 176
- [16] Berlow S V, R B Dodd, and Y J Han. Nondestructive testing to determine internal quality of fruit, 1988, ASA E Paper NO. 8826569
- [17] Berlow S M, D J Aneshansley, J A Throop, et al. Computer analysis of ultrasonic images for grading beef, 1989, ASA E Paper No. 8923569
- [18] Paulsen M R, and W F Mc Clure. Illumination for computer vision systems. Trans of the ASA E, 1986, 29(5): 1398~ 1404
- [19] Tao Y, L Chance, and L Baoren. Full scale fruit vision sorting system design factors and considerations. Proceedings of the FPAC M Conference, 1995, Chicago, Illinois 14~ 22
- [20] Tao Y. Closed loop search method for online automatic calibrations of multi-camera inspection systems. Trans of the ASA E, 1998a, 41(5): 1549~ 1555

Advance on Application of Machine Vision Technique to Automatic Quality Identification of Agricultural Products

Ying Yibin Rao Xiuqin Zhao Yun

Jiang Yiyuan

(Zhejiang University, Hangzhou 310029)

(Northeast Agricultural University)

Abstract: According to the four different fields—stem identification, shape identification, internal quality evaluation and equipment development, the research advancements were reviewed in this paper. The present situation, problems & difficulties to be solved in China were pointed out, which would provide the Chinese fellow researchers for reference and would be helpful to narrow the gap between the developed countries and China in this field.

Key words: machine vision; agricultural products; quality identification

· 出版信息 ·

《中国科学技术专家传略·农学编·综合卷2》出版 ——中国农业工程学会推荐的9位专家入传

基本情况: 中国科学技术协会编著的《中国科学技术专家传略·农学编·综合卷2》,已于1999年12月由中国农业出版社出版。

《中国科学技术专家传略》旨在填补中国近现代科学技术史的空白,宣传“尊重知识、尊重人才”,弘扬中国科技专家“献身、创新、求实、协作”的高尚情操和科学精神。是一部为中国著名科技专家立传的大型史实性文献。该传略分工学、农学、医学、理学四编。各编按学科专业分为不同的卷,其中农学编分为:作物、植物保护、林业、养殖、园艺、土壤、综合共7卷。“农学编·综合卷2”是1996年出版的“综合卷1”的继续。“综合卷2”入传的有52位专家,涉及农业科教管理、经济、农业工程、农田水利、农业历史、农业生物技术、农产品加工、农业气象、农业科技情报等方面,生于1932年前,学有专长,毕生孜孜以求,身体力行,为中国农业和农业科学技术的发展作出重要贡献的有代表性的人物。“综合卷1”入传的部分农业工程领域专家有张季高、**余友泰**、李翰如、王万钧、曾德超、陶鼎来、陈秉聪7位。

农业工程学科领域“综合卷2”入传专家的遴

选及结果:根据对入传人物要求,即在农业工程学科创建、科技领域开拓、理论研究、应用技术的发明创造和推广普及、重点项目的设计施工、科技人才培养等方面做出重要贡献的现代农业工程科技专家。中国农业工程学会组织农业工程界专家讨论评选,按照上述要求初选出的10位专家,均通过综合卷编纂委员会讨论,并通过学科编纂委员会的资格审查。学会通过各入传人所在单位物色了撰稿人,在有关单位和撰稿人的共同努力下,除吴湘淦先生因个人资料难于搜集外,其余传文均较好完成,经多次修订、核实定稿。这次9位入传的农业工程界专家是:崔引安(李保明撰)、高良润(袁寿其撰)、万鹤群(傅泽田撰)、张德俊(于海业撰)、张伟(耿成心撰)、曹崇文(毛志怀撰)、蒋亦元(董玉良撰)、鲁楠(任文涛、刘荣厚撰)、汪懋华(孙宇瑞撰)。

中国农业工程学会副理事长胡南强为综合卷编纂委员会的副主编之一,做了大量工作。魏秀菊同志作为编委之一,也参与了部分编纂工作。

(本刊辑)