

文章编号 : 0253-9721 (2007) 08-0124-05

基于机器视觉的坯布自动检测技术

李勇, 周颖, 尚会超, 欧阳诚梓

(中原工学院, 机电学院, 河南 郑州 450007)

摘要 针对我国纺织品检测大多采用人工检测, 检测速度低, 误检率、漏检率高等问题, 提出了实现织物疵点检测自动化、鲁棒性的设计理念。介绍了目前国内外在织物检测方面的主要识别方法以及织物自动检测系统的研究成果, 阐述了机器视觉软、硬件技术的发展现状及目前机器视觉技术在纺织检测应用中存在的问题; 分析并提出研制分布式的、面向高速生产线的鲁棒机器视觉检测技术是适合我国坯布自动检测系统的研究方向。

关键词 织物疵点; 自动检测系统; 机器视觉; 坯布

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A

Automatic grey inspection technology based on machine vision

LI Yong, ZHOU Ying, SHANG Huichao, OUYANG Chengzi

(School of Machinery and Electricity, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450007, China)

Abstract In textile inspection, fabric defects are usually detected by human inspectors. For solving these problems, such as low efficiency, high rate of errors and missing inspections, a new design idea is presented to achieve automatic inspection of the fabric using robustness operation. The major identification methods in fabric inspection and the research achievements in automatic fabric inspection system at home and broad are introduced. The current status and developing trends of software and hardware technology for machine vision are discussed, along with the existent problems in respect to its application to fabric inspection. Finally, it pointed out that developing a distributed robust machine vision detection technology, aiming at high speed product line, is the research and development direction of automatic grey cloth inspection system which is suitable for our country's situations.

Key words fabric defects; automatic inspection system; machine vision; grey cloth

随着计算机技术和数字图像处理技术的发展, 机器视觉技术在工业在线检测中的应用越来越被人们重视。由于机器视觉强调实用性, 要求能够适应工业现场恶劣的环境, 更强调实时性, 要求高速度和高精度, 所以特别适用于大批量生产过程中的质量检测。

对纺织厂, 坯布检验是验布工序的主要任务, 坯布检验质量是保证坯布外观质量的前提。通常这种带有高度重复性和智能性的工作只能靠人工来完成。一个验布工在 1 h 内最多能发现 200 个疵点, 人工验布集中力最多也只能维持 20 ~ 30 min, 超过这个时间工人会产生疲劳, 验布速度仅为 5 ~ 20 m/min, 超过这个速度就会出现漏检和误检, 而且

对于此类精细尺寸的精确快速测量、图案模式的快速匹配和目标的快速辨识等视觉检测问题, 靠人眼根本无法连续稳定地解决, 其他物理量传感器也难以解决, 因此织物疵点自动检测成为近年来国内外学者共同关注和研究的热门课题之一。本文通过对目前国内外在织物疵点自动检测处理算法和现有成果的研究, 提出开发面向高速纺织生产线的基于分布式的视觉实时质量检测技术的建议。

1 织物疵点识别算法的研究进展

我国对织物疵点自动检测的研究起步较晚, 从 20 世纪 90 年代后期才开始。目前还没有织物疵点

收稿日期: 2006-10-19 修回日期: 2007-04-17

作者简介: 李勇(1962—), 男, 教授, 博士。主要研究方向是集成 CAD/CAM。尚会超, 通讯作者, E-mail: sh_hc@126.com。

自动识别与检测系统的商业化产品,对于疵点识别的研究大多还停留在理论阶段。

国内外学者运用数字图像处理技术进行织物疵点检测的研究已形成了一些方法,其疵点检测过程一般包括织物图像采集、图像预处理、图像分析和特征值提取、疵点判别和分类等阶段以及正常织物特征的学习过程和检测过程。由于机织物是由经纱和纬纱相互交织而成,其表面具有明显的纹理特征,因此织物缺陷自动检测方法大多基于其纹理特征。文献[1]提出采用 Wiener 滤波器将织物图像分解,然后从子图像中提取灰度级差作为特征值,并与从正常织物纹理提取的特征值比较,判断是否存在疵点,最后对特征值阈值化检测出疵点。文献[2]利用随机算法和正交归一条件获得与织物纹理相匹配的自适应滤波器,对织物灰度图像进行小波分解得到分别包含纬向和经向纹理信息的子图像,提取特征值用于织物疵点自动检测,并通过实验验证了此方法的合理性和有效性。

目前,织物特征值提取的诸多方法主要分为在空间域提取和在频域提取两大类。

织物图像在空间域中表现为一个灰度值矩阵,采用不同的方法对灰度值矩阵进行处理即可提取不同的特征值,常用的方法有灰度共生矩阵法^[3]、马尔科夫随机场法^[4]、灰度直方图统计法^[5]、灰度匹配法^[6]以及基于 PCNN(pulse coupled neural network)的织物疵点检测方法^[7]。其中灰度共生矩阵法是分析纹理结构的基本方法,但由于计算量很大不适用于在线高速检测。文献[8]根据织物疵点形态的检验知识,利用局部熵进行图像分割,对分割得到的二值图像用数学形态学中的开运算滤除噪声,然后再提取此二值图像的形态特征因子等参数有效地识别出缺纬、断经、油污、破洞4类常见疵点。

织物图像的频域形式可充分体现纹理的周期性和方向性,因此在频域中提取特征值是非常有效的,而且较之在空间域中提取更具有稳定性和适应性。常用的频域分析方法有二维快速傅里叶变换法、Gabor 变换法^[9]、小波变换法^[10]等。织物纹理数字图像的实质是一个空间域上的二维函数,包含了明显的周期性成分、背景信息和噪声,利用傅里叶变换在频域中可分离以上成分有效地提取特征值。采用二维快速傅里叶变换一般分为2种形式:一种是以数字图像为基础^[11],其识别效果和处理速度受计算机硬件的影响,但灵活性好,更换算法程序方便;另一种是以光学透镜为基础求织物图像的功率谱^[12],

此方法检测速度快,但灵活性差,而且光学器件价格昂贵,对环境的要求很高,维护保养工作量大,不适用于实际的工业环境。虽然傅里叶变换具有很高的识别正确率,但它是一种全局方法,只能提供频域中精确的定位信息,不能提供任何空间域的定位信息,不利于织物疵点的在线检测。

Gabor 变换同时具有在空间域和频域中的最佳定位精度,因此 Gabor 滤波器不仅可以灵敏地检测到织物图像频率成分的变化,而且可以在空间域中精确地定位此变化的位置,所以选择和设计最优的 Gabor 滤波器进行织物疵点检测不失为一种有效的检测算法。

与傅里叶变换相比,小波变换是局部变换,具有良好的时频特性和多分辨率分析特征,因此非常适合检测信号的奇异点,特别适用于非稳定信号的分析,小波分析在疵点识别方面比普通傅里叶变换、Gabor 变换具有明显的优势,近期在对织物疵点自动检测的研究中也以小波变换为主,但小波变换不提供具体的频率信息,它只在不同的尺度上提供信号的细节,因此在织物检测中小波变换常用于前处理阶段,特征值的提取中还须结合其他方法完成。

通过参考大量相关文献可以看出,基于数字图像处理技术的织物疵点检测,其核心技术在于特征值的提取和疵点的识别分类,因此利用小波变换并结合数学形态学、神经网络技术将成为在线疵点自动检测系统算法研究中的重点。

2 坯布自动检测系统研究成果和发展

自20世纪80年代后期,计算机图像处理技术进入纺织测试领域以来,机器视觉技术就一直在纺织行业中扩展其应用领域。由于验布机上坯布疵点的实时检测为在线检测,需要很快的计算速度,因此对检测设备要求很高,费用也比较昂贵。目前国外已有成熟产品推向市场,市场占有率较高的主要有以色列的 EVS 公司、比利时 BARCO 公司和瑞士 Uster 公司的产品,这些产品在功能和技术实现上各有特色。

2.1 国外现有的自动验布系统

以色列埃尔博特(EVS, Elbit Vision Systems)公司推出的 F-TEX 系列织物自动检验系统,用于检测单色、简单组织织物。用线扫描摄影机(CCD Line scan camera)配合高速影像处理系统及高频光源全面检测布面瑕疵,可替代人工验布。此系列产品中

的 F-TEX100,用于坯布及工业织物的检验。该装置是一套用计算机处理的观察检测系统,它依据视觉原理,采用基于图像数字化和模仿人眼的视像系统,可自动控制探测、保存、定位并进一步对布面上的疵点进行评估分析。能测出最大宽度达339 cm的织物上小到0.5 mm的疵点,探测速度高达300 m/min。目前人工检验的验布机速度为15~20 m/min,效率为30%,而该自动验布机的速度为100 m/min,效率可达到80%,原来用21台验布机的工作量,仅用2套该自动验布机即可完成^[13]。在ITMA99上,EVS公司展出了它的F-TEX2000验布系统,该系统采用有效的算法进行织物疵点检测,可以检测出空洞、错纬、断经、油污等织物疵点^[14]。目前F-TEX自动检验系统已向全球领先的纺织企业售出200多套。

瑞士乌斯特(Uster)公司早在1983年就开始研制Uster Visotex系统。该系统曾在1987年的巴黎展览会上展出,它之所以没有取得很好的进展,主要原因是由于受到当时计算机技术的限制。该公司当前开发的自动验布Uster Fabriscan系统,是一种用于自动监测织造过程中织物的接触式扫描系统。该系统能检验坯布、匹染织物、粗斜纹布、长丝织物、丝绸甚至玻璃纤维织物的疵点,在宽度方向装有2~8只特制高分辨率线扫描CCD摄像机,检测织物幅宽范围110~440 cm,最高分辨能力达0.3 mm,速度在120 m/min以上,因实时处理速度的需要,系统采用了250个奔腾处理器来并行处理,结合图像处理和神经网络技术来判别和分类疵点。其工作方式是先对正常布面进行学习,用时约1 min,对织物的第一米记录其正常的外观特征参数,然后进入检测阶段,通过对经纬向的最大长度及疵点的异常程度来对其进行分类,并对疵点分析、标记和记录,然后将检测结果输入到集成的质量管理体系,进一步对织物质量进行评价。

与EVS和Uster公司产品不同的是,比利时巴可(BARCO)公司Cyclops系统的扫描头可以安装在织机上,而F-TEX和Fabriscan则是被安装在卷布机上或安装在后整理设备上。因而一旦在织造过程中发现严重的疵点,Cyclops系统能通过自动停机防止和减少坯布的产生。Cyclops系统的扫描头包括摄像头和照明系统,摄像头是基于CMOS技术制造的。扫描头的移动速度为18 cm/s,最大检测幅宽260 cm。Cyclops系统使用一种特有的算法,使用嵌入式软件与其内部设计的专用硬件以及中型计算机相结合完成大量的图像处理运算。该软件具有照相机校准、

照明系统设置、织物经纬密度和组织的测试与调整等功能,并能将疵点图片以JPEG格式储存。当疵点产生时,系统不仅会促使织机停机,而且会发出警报提醒操作工注意。疵点的类型及其位置将显示在终端上。当解除了引起疵点的原因后,操作工在织机的控制终端上作出记录,并允许织机继续运行。Cyclops系统是专为BARCO公司的Sycotex织机管理系统而设计的,所有被标注的疵点信息均传送至一个织物质量数据库,Sycotex织机管理系统会打印出疵点形态的图片和质量报告。当织造完成,管理系统会制订出一个质量建议。该系统的图像分析工具采用了价格昂贵的中型计算机实现高速检测。

德国Opdix光电子技术公司开发的纺织品自动检测系统是把力学和光学原理相结合,在神经网络软件的支持下,用传感器对正在织造的织物表面进行检测,该系统可识别如下疵点:污物、破洞、断经、断纬、跳纱、结子、接结疵和色疵^[15]。

以上各系统价格过于昂贵,系统硬件投资过大,目前我国尚无销售。只有山东德棉股份有限公司为了提高市场竞争力,在2003年从EVS公司购买了2套F-TEX系统,价格约为25万美元/套。

2.2 国内研究现状

近几年,国内也出现了研制和开发织物疵点自动检测系统的热潮,但目前的研究尚处于起步阶段。

香港大学的自动检测系统CAVIS在坯布运动速度为30.5 cm/s的情况下可以达到实时98%的主要瑕疵检测率。系统中坯布数字图像通过线帧照相机扫描而获得。采用Gabor滤波器的方法对图像进行处理以便提高检测效果,并对最终得到的结果进行分析,从中得到几何特征以便于模式识别和分类。对于分类,采用了多层反馈的神经网络技术。反馈学习规则用来调节网络的权值和偏移量以便达到最小化误差。神经网络采用3层网络,隐含层有20个神经元,0.001的错误目标,学习的速度为1。利用神经网络算法使得瑕疵分类所花费的时间大大缩短,正确率可达到93%,适合于实时检测。

2003年陆锦军研制的坯布微机测控系统^[16]以8031单片机为主机,通过拨盘进行坯布厚度、坯布长度给定,实现控制。其中,坯布疵点的检测是通过坯布疵点传感器(由光源和感光探头组成)实现的,在坯布上方放置一恒光源,下方放置一光电池作检测装置,这两者始终沿着与坯布运行相垂直的方向作来回匀速运动,而且此速度要远大于坯布的运行速度以保证全面检测到布面。该系统测控坯布的原

理是:单片机根据检测的脉冲数查找到相应的厚度与拨盘给定的标准厚度比较,若超过标准值的上下限范围则发出疵点报警,并且利用电磁铁驱动机械在坯布边沿上打印相应的记号,为下一道工序做准备。该系统投入运行后性能稳定,使用方便,经济效益可观。

2005年姜荣等人提出的基于机器视觉的纺织品疵点检测系统,硬件部分采用模块化设计,图像处理软件满足实时检测的要求,并设计了一种基于规则表分类器、模糊算法及人工神经网络的组合式多级分类器,具有一定的学习能力,可有效检测出生产线上的疵点^[17]。当待测材料或有关设备发生变化时,系统可根据疵点样本库对分类器进行训练,以适应生产线的相关变化。该系统在实验室生产线做了初步测试实验,结果表明此系统的平均识别率达到70%以上,识别率较高,可以满足绝大多数生产线的质量监控要求,但也存在一些需要改进的地方。例如,生产线运行速度过快时,容易使系统识别产生紊乱,疵点检出率急剧下降,因此须进行算法的选择及优化以提高处理的速度;另外系统的使用需要较高专业水平的技术人员,这也限制了此系统的推广和使用,还需进一步研究改进。

赵大兴等在传统的检测模型基础上,通过快速摄像机对移动的布匹进行等间隔采样,将采集到的图像进行运动模糊图像复原、去噪等预处理,再提取特征值,根据预先定义的模板与图像进行匹配,得出匹配数(即检测到的瑕疵数量),最终决定布匹的质量等级^[18]。该检测系统采用图像模板匹配的序贯相似性检测算法(SSDA)进行处理,并对该算法的计算效率作了改进,在进行等间隔采样时,须确定坯布的移动速度。

3 机器视觉技术应用中存在的问题

机器视觉从诞生到今天只有短短的30多年时间,机器视觉软硬件技术虽已取得了一定的进展,但是机器视觉的研究、发展和应用还远没有达到成熟的程度。

目前机器视觉硬件技术的研究分为基于PC系统和基于PLC系统,基于PC的系统具有开放性、高度的编程灵活性和良好的开发界面等优点,同时系统总体成本较低。国际上较出名的基于PC的工业视觉系统集成商有美国National Instruments、Cognex、Data Translation,德国的VMT,加拿大的Hexsight等。

在基于PLC的系统中,视觉的作用类似于一个智能化的传感器,图像处理单元独立于系统,通过串行总线和I/O与PLC交换数据,系统硬件一般利用高速专用ASIC或嵌入式计算机进行图像处理,系统软件固化在图像处理器中,在技术性能上相对简单,适用于做有无判别、形状匹配等场合,而且价格昂贵,只能检测灰度图像,这类系统的代表商为日本松下、德国Siemens、欧姆龙、Keyence等。

从机器视觉软件技术的研究现状来看,视觉处理算法诸如图像滤波、分割、直线检测、图像解释等日趋成熟和完善,一些常用算法甚至嵌入了处理器的指令集。

但是对于高速实时的坯布在线视觉检测系统,并不意味着软硬件的简单堆积就能获得期望的性能。例如多数分割算法的精确性是以提高计算量为代价的,其处理时间成为实时生产的瓶颈;采用高分辨率的图像传感器的确可以提高图像测量的空间分辨率,但是数据量和计算量成倍的增加;视觉采集系统的延迟在低速下可以忽略不计,在高速下却成为制约生产线速度的重要因素,因此如何在快速与准确之间、快速与稳定之间取得平衡,是研制基于机器视觉的坯布自动检测系统的关键。

从目前一些机器视觉技术在纺织自动检测系统中的实际应用来看,还存在一些亟待解决的问题:1)缺乏一种机器视觉系统的综合设计理论和方法。尤其是在满足实时和高速的场合,大多是通过反复实验进行设计。据统计,一个专门从事视觉系统集成和开发的公司,设计出一套完整的机器视觉系统,至少要耗时半年以上,且多数时间消耗在硬件配置、特征选取和处理算法整合方面,因此引入组合优化设计理论和方法是缩短机器视觉自动检测系统开发周期,提高系统鲁棒性的发展趋势;2)高速并行图像采集与传输的问题。在高速生产线上检测坯布表面,为了同时满足检测精度和实时性的需要,往往是多个摄像机在同时工作,每秒钟的数据流在百兆以上,而且必须同步进行采集和处理,因此如何建立一种有效的联网和传输方式来管理多视觉检测单元,还仍是一个难题。3)基于时间约束的最优图像处理算法流程的设计。这也是基于机器视觉的坯布自动检测系统的关键技术,但国内外对此均无深入的研究,绝大多数研究者的注意力还是停留在对旧算法的改进和新算法的发明上。

4 结 语

用机器视觉代替人的视觉可以克服人工检测所造成的各种误差,而且机器视觉系统不知疲劳,能始终如一地长时间工作于恶劣的工作环境,大大提高了检测精度和效率,但是,与静止图像采集相比,在线检测中的高速图像采集存在软件和硬件延迟,观测面积大,观测对象位置不确定,照明不充分,噪声干扰和运动模糊等问题,严重影响了机器视觉系统的检测能力,因此对于坯布疵点自动检测系统的开发,研制分布式的、快速、可靠和准确的鲁棒机器视觉检测技术,是高速生产线上提高产品质量,降低检验成本,提高生产率的迫切要求。

FZXB

参考文献:

- [1] 李立轻,王文淑. Wiener 滤波器分解织物图像在织物疵点自动检测中的应用[J]. 河北科技大学学报, 2002, 23(1) : 32 - 37, 93 .
- [2] 李立轻,黄秀宝. 用于疵点检测的织物自适应正交小波的实现[J]. 东华大学学报: 自然科学版, 2002, 28(2) : 77 - 81 .
- [3] Tsai I Shou, Lin Chung Hua, Lin Jeng Jong. Applying an artificial neural network to pattern recognition in fabric defects[J]. Textile Research Journal, 1995, 65(3) : 123 - 130 .
- [4] Cohen F S, Fan Z, Attali S. Automated inspection of textile fabrics using textural models[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1991, 13(8) : 803 - 808 .
- [5] 汪成龙,李晶,高晓丁. 高效能的织物疵点识别算法及其实现[J]. 棉纺织技术, 2004, 32(6) : 23 - 26 .
- [6] Takato M Takagi, Mori T. Automated fabric inspection using image processing Techniques[J]. SPIE, Automated Inspection and High Speed Architectures, 1988(1004) : 151 - 158 .
- [7] 张瑞林,徐轶峰. 基于 PCNN 的织物疵点识别研究[J]. 纺织学报, 2004, 25(6) : 69 - 71 .
- [8] 段红,卿湘运. 织物疵点检测与识别的方法研究[J]. 测试技术学报, 2005, 19(1) : 48 - 51 .
- [9] Bodnarova A, Bennamoum M, Latham S. Optimal gabor filters for textile flaw detection[J]. Pattern Recognition, 2002(35) : 2973 - 2991 .
- [10] Karras D A, Mertzios B G. Improved defect detection using novel wavelet feature extraction involving principal component analysis and neural network techniques[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2002(2257) : 638 - 647 .
- [11] Tsai I Shou, Hu Ming Chuan. Automatic inspection of fabric defects using an artificial neural network technique[J]. Textile Research Journal, 1996, 66(7) : 472 - 482 .
- [12] Mallik Bithika, Asit Datta K. Optical imaging technique for defect detection in fabric[J]. Indian Journal of Fiber & Textile Research, 1998, 23(12) : 277 - 280 .
- [13] 刘呈健,张贵彬. 坯布自动检测系统简介[J]. 棉纺织技术, 2005, 33(3) : 63 - 64 .
- [14] 李立轻,黄秀宝. 图像处理用于织物疵点自动检测的研究进展[J]. 东华大学学报: 自然科学版, 2002, 28(4) : 118 - 122 .
- [15] Schmalfu ß H, Schinner K L. 自动在线织物检验[J]. 国际纺织导报, 1999(3) : 52 - 56 .
- [16] 陆锦军. 坯布微机测控系统[J]. 仪表技术, 2003(5) : 27 - 28, 30 .
- [17] 姜荣,董军宇,唐瑞春. 基于机器视觉的纺织品疵点检测系统[J]. 楚雄师范学院学报, 2005, 20(6) : 1 - 3, 9 .
- [18] 赵大兴,仝建凯,李九灵. 基于机器视觉的布匹表面质量检测方法研究[C/OL]. [2006 - 01 - 03]. http://www.chinaximage.cn/xslw/in_01.aspx?id=24