

改进的弯曲度算法在阶梯修剪检测中的应用

李雪晨,汪仁煌,艾星芳
(广东工业大学,广东 广州 510000)

摘要:在羽毛球生产中,有缺陷的羽毛必须分拣出来,目前主要依靠人工完成。机器视觉可以被应用于羽毛自动分拣领域以提高生产效率。文中针对羽毛缺陷的阶梯形状修剪问题,提出改进的弯曲度算法,对羽毛边缘曲线的拐点进行定位。在原有算法的基础上,增加了对拐点附近羽毛边缘形状的判断。考虑阶梯修剪的特有模式,通过模式识别的方式对羽毛阶梯修剪特征进行识别。提高了算法的稳定性,降低误判率。可区分阶梯修剪和分叉等其它缺陷。通过实际检验,该算法判断的结果是可靠的。

关键词:形状检测;机器视觉;非接触测量;缺陷检测;拐点检测

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)03-0166-03

Use of Improved Tortuosity Algorithm in Step Form Disfigurement Test

LI Xue-chen, WANG Ren-huang, AI Xing-fang
(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510000, China)

Abstract: In the production of badminton, the feather which has disfigurement must be collected. Now, it is mainly depended on human. Machine vision could be used in this area to improve the efficiency. To solve the problem of the step form disfigurement of the feathers, an improved algorithm based on the tortuosity was presented here to detect corners on contour in digital image. Focusing on the specific mode of step form disfigurement, the algorithm increased the stability and decreased the error rate. By using this algorithm the step form and furcation disfigurement or other similar ones can be differentiated correctly. The practical production proved that the algorithm is credible.

Key words: shape test; machine vision; noncontact measurement; disfigurement detection; corner detection

0 引言

在羽毛球的生产过程中,羽毛的质量直接影响到羽毛球的等级以及耐打程度。目前,对于羽毛的分拣依然采用人工目测方式,劳动强度大,分拣质量差。针对这种情况,基于机器视觉的羽毛分拣系统的开发就显得十分必要。机器视觉对缺陷进行测量已广泛应用于各个方面,如印刷、交通、产品制造等各个方面^[1-3],但在羽毛分拣方面尚不成熟,仍需补充完善。

修剪毛是在羽毛冲压过程中出现的不合格羽毛,需要在分拣过程中将其挑出,经修剪后再进入羽毛球的生产环节。阶梯修剪是其中经常出现的修剪类型,约占修剪毛的30%。其表现是在其边缘(通常是宽边)出现阶梯型不规则修剪,其特征为边缘曲线出现凹拐点,且靠近毛根部叶片比尖端窄,如图1所示:



图1 阶梯修剪羽毛

目前,对于拐点的确定主要有RJ、RW、FD、BT^[4-7]等算法,文献[8]中提出的双重弯曲的算法与以上4种算法相比,识别率更高,凹凸性判断准确,有较好的抗噪能力;文献[9]中理出的基于欧氏距离的拐点检测方法,其优势在于稳定性好,准确性高,算法简便;文献[10]中基于Freeman链码的拐点检测,特点是对拐点灵敏,算法简单快速;文献[11]基于曲率对角点进行检测,精度高,能够实现对亚像素的角点的检测;文献[12]基于Hough变换,检测精度高,但计算要求时间长,只适用于非实时角点检测。

针对已有的拐点检测算法,结合实际应用对象,对文献中提出的弯曲度的算法进行改进,确定羽毛边缘

收稿日期:2011-07-21;修回日期:2011-10-26

基金项目:企业委托项目(企 2007001)

作者简介:李雪晨(1987-),男,山西太原人,硕士研究生,研究方向为计算机测控;汪仁煌,教授,博士生导师,研究方向为计算机测控。

曲线的拐点,提出阶梯修剪的特有模式,提高算法的稳定性,降低误判率。

1 弯曲度概述

弯曲度定义如下:

$$C_i = \text{sgn}(\text{out}(P_{i-r}P_i, P_{i-r}P_{i+r})) \times d_i \tag{1}$$

其中 P_i 为边缘上第 i 个点, r 为取点步长, $\text{out}(P_{i-r}P_i, P_{i-r}P_{i+r})$ 为向量 $P_{i-r}P_i$ 和 $P_{i-r}P_{i+r}$ 的外积, d_i 为点 P_i 到直线 $P_{i-r}P_{i+r}$ 的欧氏距离。

由(1)式可以得出,当曲线出现凹特性时, $C_i > 0$;反之,当曲线出现凸特性时, $C_i < 0$ 。且其绝对值由 P_i 到直线 $P_{i-r}P_{i+r}$ 的欧氏距离 d_i 决定。比较图 2 和图 3 可知,曲线在拐点的弯曲越剧烈,其 d_i 越大。

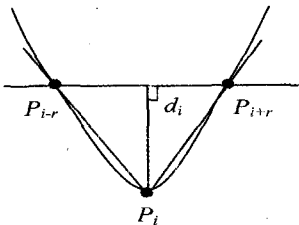


图 2 曲线变化剧烈时的 d_i

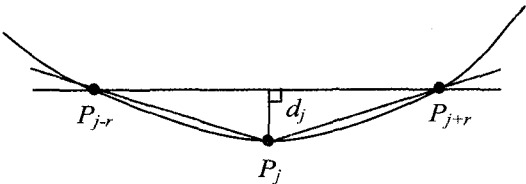


图 3 曲线变化平缓时的 d_i

因此,通过计算曲线的弯曲度,可以得到曲线的弯曲程度及凹凸性;通过查找峰值及设置门限值,即可得到曲线的凹凸拐点。

2 羽毛边缘曲线的弯曲度特性

对采集到的羽毛图像进行适当的预处理、二值化,可得到反映羽毛形状的二值图像,如图 4 所示。

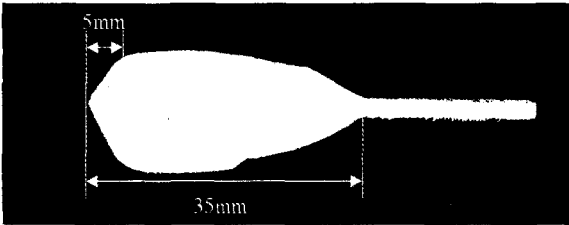


图 4 阶梯修剪羽毛二值图

现对已经确认的阶梯修剪毛(如图 1)的边缘曲线弯曲度进行计算($r=20$)。考虑到阶梯修剪只存在于羽毛片位置,故仅截取羽毛片部分边缘进行计算。羽毛标准毛片部分长度约为 35mm,其尖端部分长约 5mm(如图 4 所示),图像采集标定尺寸比例系数 $k=10$ (像素/毫米),因此只截取从羽毛尖端开始的 50 ~

350 个像素进行计算。弯曲度计算结果如图 5 所示:

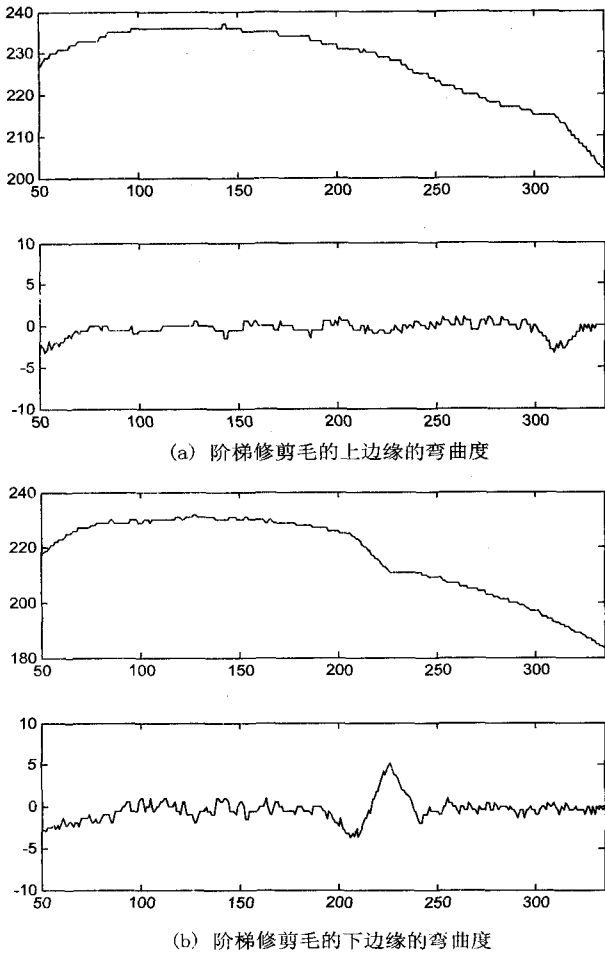


图 5 弯曲度计算结果

由图 5 中可知,在阶梯修剪毛的下边缘存在阶梯修剪,在其弯曲度曲线中对应位置的正方向存在较明显的峰值,其最大值为 5.1638;羽毛上边缘不存在阶梯修剪,其弯曲度曲线也较为平稳,不存在明显的峰值,其最大值为 0.9912。

为验证该算法的通用性,对 10 片典型的阶梯修剪毛进行弯曲度检测,各羽毛的阶梯修剪的大小、存在的位置均不相同,具有较普遍的代表性,其弯曲度计算结果如表 1 所示(表中弯曲度值均为最大值)。

表 1 各种阶梯修剪毛的弯曲度

二值图	上边缘	下边缘	二值图	上边缘	下边缘
	4.9561	0.9285		2.4346	1.0000
	3.0000	1.3763		1.4367	2.9417
	5.1638	1.4608		1.0000	6.6408
	5.2941	1.8570		0.9978	2.8987
	5.2680	0.9978		4.4118	1.4926

可以看出,羽毛存在阶梯修剪的边缘其弯曲度在

正方向有明显峰值。通过对大量阶梯修剪毛进行测试,表明弯曲度指标对羽毛的阶梯修剪较敏感,适用于阶梯修剪的检测;但同时该算法对羽毛轮廓中出现的全部凹陷都敏感,这就会造成大量的误测。在羽毛分拣过程中,分叉是大量出现的,其表现同样为羽毛轮廓出现凹拐点。在人工分拣羽毛时,阶梯修剪毛和分叉的毛片处理方式不同,故需要将这 2 种毛片区分开来。为避免出现误判,需要对弯曲度算法进行改进。

3 改进的弯曲度算法

针对阶梯修剪与分叉在轮廓线形状上的不同,可以对弯曲度 C_i 进行整形,通过实验,确定门限 $L_1 = 2$ 为凹拐点确认门限, $L_2 = -2$ 为凸拐点确认门限,将 C_i 整形为方波 D_i 。典型的阶梯修剪及分叉的 D_i 如图 6 所示:

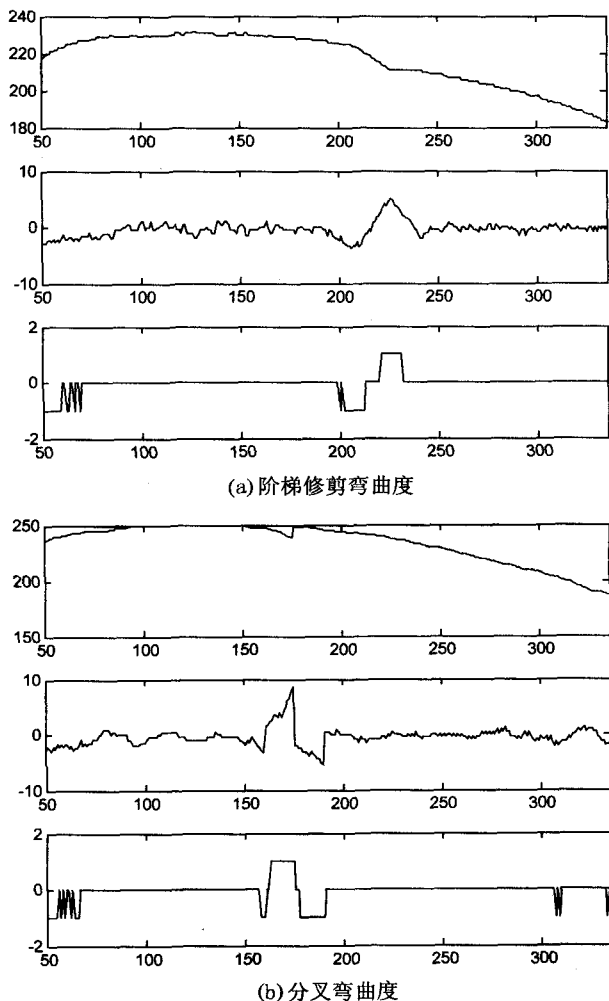


图 6 典型的阶梯修剪及分叉的 D_i

观察图 6 中曲线,可以总结出阶梯修剪独有的模式,在羽毛片的中部其 D_i 呈现 $(0, -1, 1, 0)$ 或 $(0, -1, 0, 1, 0)$ 的模式,而分叉和其它形状的凹陷均呈现 $(0, -1, 1, -1, 0)$ 的模式。究其原因,是阶梯形在凹拐点左端有凸拐点,而右端较平滑,不出现拐点;而分

叉及其它凹缺陷,在凹拐点左端和右端都出现凸拐点。以此对羽毛片的边缘曲线进行模式匹配,即可分拣出符合阶梯修剪特征的羽毛片。

4 误测分析及解决方案

根据以上改进算法中提出的模式,可以区分阶梯修剪与分叉及其他凹缺陷。但是,羽毛的边缘并不是完全光滑的曲线,绝大部分羽毛的边缘存在一定程度的不平滑,反映在弯曲度曲线上即为凹凸不平的噪声。当边缘出现可能拐点(非真实拐点)时,边缘不平引起的噪声可能使弯曲度值越过门限,引起误判。

为解决上述问题,拟对弯曲度曲线进行滤波处理,滤掉边缘不平引起的噪声。具体算法如下:

- 1、对弯曲度 C_i 进行傅里叶变换,得到其频谱,噪声的频率反映在频域图上为高频分量;
- 2、设计低通滤波器,对 C_i 进行滤波,滤掉其高频分量;
- 3、对滤波后的频谱进行傅里叶反变换,得到平滑的曲线 C'_i ;
- 4、对 C'_i 进行整形,利用以上得到的模式进行识别,判断是否符合阶梯修剪特征。

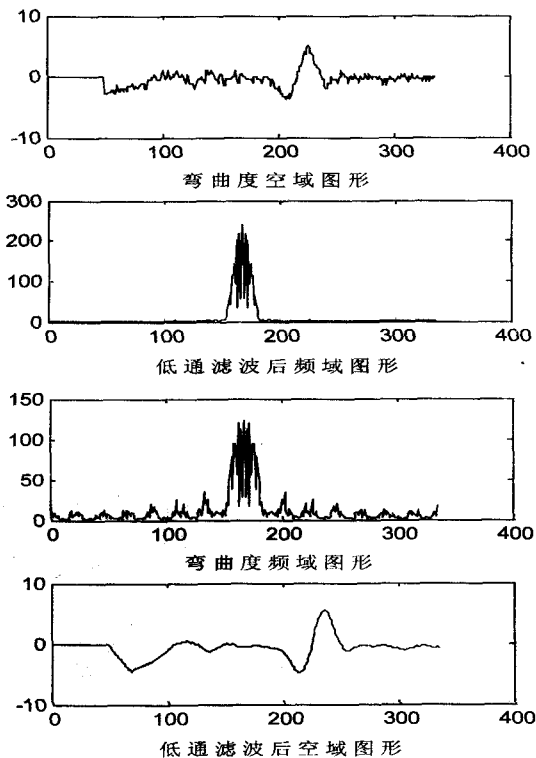


图 7 阶梯修剪弯曲度低通滤波处理

5 结束语

在人工分拣羽毛时,阶梯修剪毛和分叉毛片处理方式不同,需要把这 2 种毛片分开,采用传统的弯曲度

(下转第 172 页)

成高端聚集优势^[11,12]。

(4) 加速创新商业模式。

近年的软件服务业已经成为全球信息业发展的重要趋势,特别是随着云计算、移动互联网和物联网的迅速崛起,促使以高端服务为重点的、新一轮技术创新和商业模式的创新势在必行。业内相关人士必须抓住机遇,与时俱进,及时、灵活、大胆地调整新型产业结构^[13]。

4 结束语

当前,软件服务业低成本优势大为削弱,低端面向对象系统的制造及测试业务利润渐薄,严重地制约着中国软件服务外包行业的健康发展。有序地调整以低端为主的产业结构,加强企业聚集力度,大力有序地扶持 IC 及嵌入式产品的开发能力,提高自主创新,加大服务外包在我国 IT 产业中的比例,从而有效地增强核心竞争力。

介于全球经济增长的特殊时期,面对信息产业的高速发展,中国正处于经济转型的关键时期,信息服务外包业务大量机会出现,中国应积极调整 IT 产业结构,做大做强,使服务外包成为 IT 产业的重要一支,增强创汇能力,为我国经济建设服务。

参考文献:

- [1] Hayashi N. Asian material strategy of Japanese ICT enterprise

(上接第 168 页)

算法,会使得阶梯修剪毛和分叉毛片分不清,造成大量误测;同时,羽毛轮廓的不平滑也可能引起误测。为此对弯曲度算法进行了改进,对羽毛轮廓的弯曲度进行低通滤波,去掉不平引起的干扰,然后整形为方波,通过实验,确定门限值和形状凹陷的模式,解决了原算法应用于羽毛检测可能引起误判的问题。通过在生产线上的实际应用,证明该算法判断的结果可靠,这种方法也可推广到其它类似的拐点检测中。

参考文献:

- [1] 蒋恩松,肖辉军,孙刘杰,等. 基于机器视觉的套印误差检测系统设计[J]. 计算机技术与发展,2008,18(7):173-180.
- [2] 王明萍,宋丽梅. 基于机器视觉的车架号采集系统[J]. 计算机技术与发展,2008,18(4):240-241.
- [3] 邓忠华,刘飞. 印刷品缺陷检测的初步方案[J]. 计算机技术与发展,2006,16(10):171-173.
- [4] Rosenfeld A, Johnston E. Angle detection on digital curves [J]. IEEE Transactions on Computer Computing, 1973, 22(9):875-878.

[M]. Japanese Society of International Economics,2010.

- [2] Hiroshi T. Taming Offshore Information Systems Development for Japan - China Collaboration [M]. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag,2008:114-127.
- [3] Kondou S. A study of offshore development by Japanese electronics company in China[M]. The economic research institute, Japan society for the promotion of machine industry,2009.
- [4] Oku T. Political and Economic Report[R]. Washington D C: [s. n.],2007.
- [5] Investigation research report concerning progress and the influence of offshoring[R]. [s. l.]: The Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications,2008.
- [6] 2007 version telecommunication white paper[M]. [s. l.]: Ministry of Internal Affairs and Communications,2007.
- [7] 通商白皮书[M]. 日本:日本经济产业省,2009.
- [8] 毕马威. 中国服务外包市场倾向调查[R]. [s. l.]: [s. n.],2010.
- [9] 刘云昌,程莉. 中国金融服务外包三至五年或超印度[EB/OL]. [2011-07-04]. http://www.ctaxnews.com.cn/sywx/csjd/201107/t20110704_1572443.htm.
- [10] 吴洁. 国际服务外包的发展趋势及对策[J]. 国际经济合作,2007(5):24-27.
- [11] 唐宁. 日本企业六大经营模式变革[J]. 日本研究,2008(2):39-39.
- [12] 周海琴. 日本商业服务外包的发展模式研究及启示[J]. 日本问题研究,2010,24(2):20-24.
- [13] 张明志. 国际外包对发展中国家产业影响的机理分析[J]. 国际贸易问题,2008(1):42-47.

- [5] Rosenfeld A, Wezka J S. An improved method of angle curves[J]. IEEE Transactions on Computers,1975,24(9):940-941.
- [6] Freeman H, Davis L S. Corner finding algorithm for chain-coded curves [J]. IEEE Transactions on Computers, 1977, 26(3):297-303.
- [7] Beus H L, Tiu S H. An improved corner detection algorithm based on chain-coded plane curves[J]. Pattern Recognition, 1987,20(3):291-296.
- [8] 廖文志,皮佑国. 基于双重弯曲度积的图像拐点检测[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2010,38(2):132-136.
- [9] 尚振宏,刘明业. 基于欧氏距离的拐点检测算法[J]. 计算机应用,2004,24(10):88-91.
- [10] 汪剑,皮佑国,刘明友. 基于 Freeman 链码的汉字图像轮廓曲线拐点检测方法[J]. 自动化技术与应用,2009,28(1):88-92.
- [11] 顾国庆,白瑞林,杜斌. 基于曲率多尺度的高精度角点检测[J]. 光学技术,2010,36(6):918-922.
- [12] 郭斯雨,孔亚广,张照芳. 基于 Hough 变换的角点检测算法[J]. 仪器仪表学报,2008,29(11):2424-2429.