

基于自适应链码的棉种周长测量

刘韶军,王 库

(中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083)

(lsjwangyi@163.com)

摘 要:在棉种实时检测系统中,为了识别破损棉种,必须提取棉种的边缘并计算其周长。传统的边缘提取方法有 Sobel、Robert 等微分算子,以及数学形态学方法和小波变换方法。但是在实时系统中,图像处理速度是影响实时性的关键因素。Freeman 链码是图像处理中表示轮廓形状的方法之一,由提取的链码可以得到曲线(包括直线)的曲率、曲线的特征点等,而这些特征是图像压缩、图像重建、图像匹配的依据。由 Freeman 链码方法提取的图像边缘是单像素的,因此采用这种方法来计算棉种的周长。通过与 Sobel、Robert 等边缘提取方法进行比较,可以证明运用链码方法求周长,其搜索时间短,计算准确,尤其适用于以快速准确为目标的实时系统。

关键词:Freeman 链码;边缘提取;图像处理;周长计算

中图分类号:TP391.41 **文献标志码:**A

On detection of cottonseed perimeter based on self-adaptive freeman code

LIU Shao-jun, WANG Ku

(College of Information and Electrical Engineering, China Agriculture University, Beijing 100083, China)

Abstract: To detect broken cottonseeds in cottonseeds real-time detection system, edge must be extracted and perimeter be calculated. Traditional methods of edge extraction such as Sobel, Robert, mathematical morphology and wavelet transformation are limited in real-time system due to their slow processing rate. Freeman code is one of the methods of edge description. The difference between Freeman code and other methods is that Freeman code gives the curvature and feature points and so on through relative techniques. Meanwhile, the curvature and feature points are essential to image compression and image restoration. The method of Freeman code in edge extraction was applied to cottonseed perimeter calculation. By comparison with Sobel and Robert, Freeman code method is single-pixel and proved to be quick and precise in calculating perimeter, especially in real time system.

Key words: Freeman code; edge extraction; image processing; perimeter calculation

图像处理技术为非接触式测量提供了很多方便,如周长测量^{[1]46}、面积测量^{[1]46,[2-3]}等,其优点是快速、准确。基于图像处理技术的非接触式测量方法大多是要先提取目标的边缘轮廓。而图像处理中表示轮廓形状的方法有很多,其中链码是对边缘点的一种编码表示方法,其特点是利用一系列表示方向的直线段来表示目标的边缘。这样只有边缘起点需要用行列坐标来表示,其余的点直接用方向来表示。即一个点只用一个表示方向的码值来代替传统的两个坐标(表示该点的行和列),从而节省了数据量和内存空间。这种用链码表示的边缘能够唯一表达原图像,从而在图像压缩、图像匹配、边缘提取等方面应用较多。

1 Freeman 链码^[4-6]

Freeman 链码包括 4 邻域链码和 8 邻域链码,图 1 所示为 8 邻域的方向定义。其中黑色的点为当前边缘点,下一个边缘点必定在该点的 8 个邻域内,图中的数字表示当前点到下一个点的方向代码。当前边缘点的上一个边缘点也在当前点的 8 邻域内。根据上一个边缘点到当前点的链码值和二值图像的数据,即可确定下一个点及其相应的链码值,关键是确定 8 邻域点的搜索顺序和搜索原则。

常见的搜索顺序是按照顺时针方向从 0 开始搜索,搜索到的第一个目标点就是下一个边缘点。但是目标边缘是未知

的,对图 2 所示的凸凹边缘,采用顺时针方向的搜索策略必定导致误搜索。也有些应用^[7-8]根据具体的应用场合设定相对固定的搜索顺序,这种搜索策略针对性较强,只对具体的应用有效,但是对图 2 所示的边缘进行搜索,也会导致误搜索或者死循环。为此,本文提出一种自适应的搜索策略,可以对任意凸凹边缘进行正确的搜索和决策。

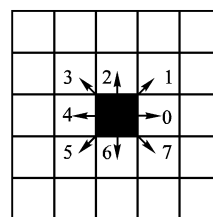


图 1 Freeman 链码

本文按照从下到上、从左到右的顺序扫描图像。也可以推广至按照由上到下、由左至右的顺序。二者的区别只是扫描的顺序和起点不同,对下一个边缘点的搜索策略是一样的。

假设二值图像的背景是白色(灰度值为 255),目标是黑色(灰度值为 0)。按照从下到上、从左到右的顺序搜索到第一个点,那么第二点必定在第一个点的 8 邻域内,并且由于是按顺时针搜索,所以第二点的方向链码只能为 3、2、1、0,如图 2 所示。如果这 4 个方向上没有目标像素,则搜索到的第一

收稿日期:2008-05-05;修回日期:2008-07-13。

作者简介:刘韶军(1970-),女,山东龙口人,副教授,博士研究生,主要研究方向:机器视觉、嵌入式系统;王库(1952-),男,河北宣化人,教授,博士生导师,主要研究方向:视频压缩与传输、机器人、机器视觉。

个像素必定为孤立点,从图像目标数据中剔除该点(将其设为背景)。对整个图像重新开始搜索第一个点(边缘起点)及第二个点。

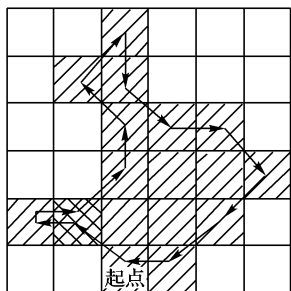


图2 自适应搜索顺序

如果搜索到第二个点,则起点到第二个点的链码就是第一个链码。接下来的搜索,就可以根据前一个链码的码值来进行搜索。其搜索策略是:假设上一个边缘点到当前点的链码为 F_i ,当前点到下一个边缘点的链码为 F_{i+1} ,则在当前点的 8 个邻域内搜索时的起始码值 S_{i+1} ,等于 F_i 的反向码值减 1(按顺时针搜索时)。以 S_{i+1} 为起始搜索方向,按顺时针搜索到的第一个目标点即下一个边缘点。如图 3 所示,圆点所表示的像素为当前点,上一个边缘点到当前点的链码值为 F_i ,其反向链码为 $\text{searchConverseDirection}$,由 $\text{searchConverseDirection}$ 减 1 即为搜索起始链码 S_{i+1} ,由 S_{i+1} 开始按照顺时针搜索到的第一个目标点(带斜线的阴影),即为下一个边缘点 F_{i+1} 。

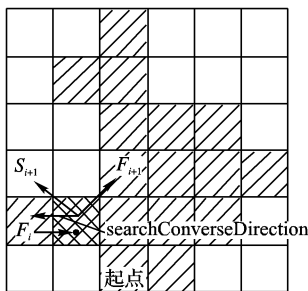


图3 搜索起始点的确定

如果当前链码的反向链码为 0,根据上述的搜索策略可以确定搜索的起点链码为 -1,而链码值都是大于 1 的。为避免出现负链码,可以采用取模 8 运算,即起点链码为 $(\text{searchConverseDirection} - 1 + 8) \% 8$,当前链码的反向链码也可以表示为取模运算 $(F_i + 4) \% 8$ 。

通过上述的搜索策略和模 8 运算,就可以确定搜索的起点。由该起点按照顺时针方向搜索到的第一个目标点即下一个边缘点,这就是本文确定的搜索顺序自适应方法。该方法确定的搜索起始点是由上一个边缘点到当前点的链码值决定的,是动态变化、不依赖于图形本身的凸凹性的,是自适应的,这样避免了搜索都从 0 或者既定的顺序开始,导致误搜索。

2 图像边界点的处理

如图 2 所示,边缘点中有 5 个点在图像的边界上。这些点的 8 邻域是少于 8 个的、不完整的,如起点的 8 邻域中,链码值为 5、6、7 的邻域是不存在的,所以在搜索过程中需要对这些点进行特殊的考虑。

图 4 所示是边缘点处于边界上的 8 种情况,图中的阿拉伯数字是链码码值,罗马数字表示的是当前边缘点。搜索时,设置一个布尔型链码标志位,以标志位的值(如 0 或 1)来决定是否搜索相应的邻域。如 III 所示的边缘点,其码值为 5、6、

7 的三个邻域不是当前图像中的像素,则标定这三个位置的邻域像素的链码标志位为 0。当搜索到 III 类边缘点时,逐个读取 8 个邻域的链码标志位,如果该像素的链码标志位是 0,则跳过,不作为下一个边缘点的候选点。

IV	0		4	VI	0	4	V
6	7		5	6	7	5	6
			3	2	1		
2	1	4	0			3	2
VII	0	5	6	7		4	VIII
6	7					5	6
2	1		3	2	1	3	2
I	0		4	III	0	4	II

图4 图像边缘点的处理

3 周长的计算

Freeman 链码有很多应用,如边缘检测、图像重建等。本文在棉种的实时检测系统中运用链码原理计算棉种的周长。其方法是由棉种的彩色图像,进行二值化处理后,根据上述提出的链码搜索技术,提取棉种的图像边缘。在搜索过程中,将链码的个数累加,其累加和就是该棉种的周长(边缘上的像素个数)。如果认为链码码值为 1、3、5、7 的两个像素之间距离为 $\sqrt{2}$,则可以统计边缘点链码码值等于 1、3、5、7 的码值个数,乘以 $\sqrt{2}$,在加上其他链码数目,其和即为棉种的周长。本文按照各链码间距离相等来计算周长。

4 结语

提取图像边缘的方法^[9-10]很多,其中 Sobel 算子和 Robert 算子等是基于二阶微分的边缘检测方法,是基于整个图像的小邻域卷积运算,Canny 算子经过滤波、增强、非极大值抑制等过程来检测边缘。虽然后者提取的边缘较一阶微分算子效果好,但是其计算量较大。数学形态学和小波变换方法以及 Canny 算子方法,其计算时间较长,因此在棉种检测系统中不予考虑。

对采集的彩色图像经过二值化处理后,即进行边缘提取。利用 Sobel 算子和 Robert 算子直接对未经二值化处理的图像进行卷积运算后,再进行二值化提取边缘,其效果不如先进行二值化,再用算子进行卷积运算提取边缘,图 5 所示即为先卷积再二值化提取的边缘,图 6(b)~(c)为先二值化再卷积的结果。

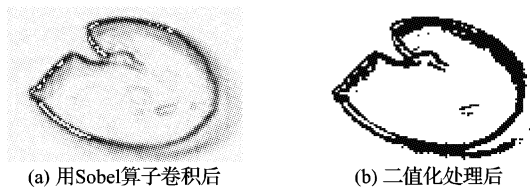


图5 先卷积后二值化

由于 Freeman 链码搜索到的图像边缘一定是单像素的,而 Sobel 算子和 Robert 算子是基于整个图像的小模板卷积运算,其图像边缘是多像素的。图 7 即为三种边缘的网格图(局部),从图中可以看出,Robert 算子介于 Freeman 链码和 Sobel 之间,其大多数边缘是单像素的,只有部分边界有冗余像素。




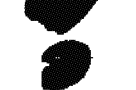


表 1 即为用 Freeman 链码方法、Sobel 算子和 Robert 算子进行边缘提取并计算周长的实验结果。边缘提取函数运行的时间是从得到二值化图像后开始计时的,三种边缘检测用的是同一种二值化方法,也就是说边缘提取函数处理的数据是

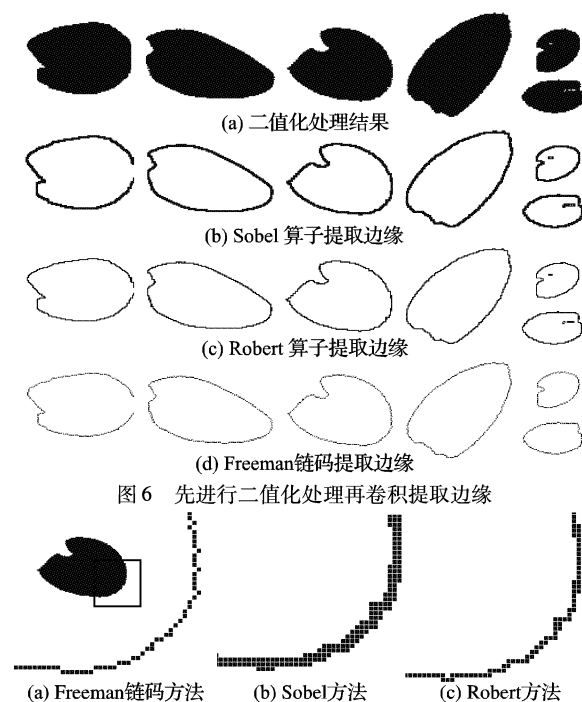
一样的。

由表 1 可以看出,运用 Freeman 链码方法提取边缘并计

算周长,速度最快,准确性最高,与其他方法相比较,更适于在实时系统中运用。

表 1 Freeman 链码方法、Sobel 算子和 Robert 算子方法计算周长实验结果

二值化图像	图像大小	周长(像素)			函数运行时间/ 周长(10^{-4} ms)			函数运行时间/ 图像总像素数(10^{-6} ms)			函数运行时间/ms		
		Freeman	Sobel	Robert	Freeman	Sobel	Robert	Freeman	Sobel	Robert	Freeman	Sobel	Robert
	120 × 88	249	667	354	3.834	20.778	28.900	9.041	131.240	96.882	0.0954744	1.3858966	1.0230706
	136 × 80	270	736	372	2.021	18.540	28.592	5.015	125.416	97.759	0.0545655	1.3645309	1.0636139
	120 × 80	239	684	346	3.369	17.555	26.942	8.388	125.077	97.102	0.0805226	1.2007368	0.9321772
	112 × 104	250	748	374	3.688	18.848	31.745	7.916	121.039	101.929	0.0922089	1.4098611	1.1872657
	64 × 48	123	342	230	3.584	10.644	13.334	14.350	118.501	99.828	0.0440827	0.3640340	0.3066715
	72 × 40	130	376	254	3.345	9.094	11.460	15.101	118.725	101.074	0.0434903	0.3419291	0.2910921



参考文献:

- [1] 林琳. 切削加工中刀具月牙洼磨损的图像识别和检测算法[J]. 科技信息: 科学·教研, 2008(5): 46-47.
- [2] 尤路, 付永庆, 王咏胜. USB 摄像头平行双目视觉系统在面积测量中的应用[J]. 应用科技, 2008, 35(2): 1-4.
- [3] 高荣华, 张有会, 曹清洁, 等. 顶点链码表示区域的面积计算[J]. 计算机应用与软件, 2005, 22(8): 106-108.
- [4] FREEMAN H. On the encoding of arbitrary geometric configuration [J]. IRE Transactions on Electronic Computers, 1961, 10(2): 260-268.
- [5] FREEMAN H. Boundary encoding and processing[C]// Picture Processing and Psychopictorics. New York: Academic, 1970: 241-266.
- [6] FREEMAN H. Computer processing of line-drawing image[J]. Computing Surveys, 1974, 6(1): 57-97.
- [7] 李君, 王敏, 黄心汉. 二值图像的自动表述[J]. 华中理工大学学报, 2000, 28(4): 74-76.
- [8] 姚文君. 基于 Freeman 链码二值图像轮廓的提取与匹配[J]. 宁波职业技术学院学报, 2006, 10(5): 24-26.
- [9] 张小琳. 图像边缘检测技术综述[J]. 高能量密度物理, 2007, 3(1): 37-40.
- [10] 葛雯, 高立群. 基于小波变换和数学形态学的足迹边缘检测算法[J]. 仪表技术, 2008, 3: 55-56.

(上接第 2855 页)

参考文献:

- [1] BOWYER K W, CHANG K., FLYNN P. A survey of approaches and challenges in 3D and multi-modal 3D + 2D face recognition[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2006, 101(1): 1-15.
- [2] AHONEN T, HADID A, PIETIKAINEN M. Face recognition with local binary patterns[C]// Proceedings of the 2004 European Conference on Computer Vision: ECCV'04, LNCS 3021. Berlin: Springer-Verlag, 2004: 469-481.
- [3] SHAN SHI-GUANG, YANG PENG, CHEN XI-LIN, *et al.* Ada-Boost Gabor fisher classifier for face recognition[C]// Proceeding of the 2005 IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures: AMFG'05, LNCS 3723, Berlin: Springer-Verlag, 2005: 278-291.
- [4] BELHUMEUR P, HESPANHA J, KRIEGMAN D, Eigenfaces vs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(7): 711-720.
- [5] FREUND Y, SCHAPIRE R E. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting[C]// Proceedings of the 2nd European Conference on Computational Learning Theory, LNCS 904. London, UK: Springer-Verlag, 1995: 23-27.
- [6] MOGHADDAM B, JEBARA T, PENTLAND A. Bayesian face recognition[J]. Pattern Recognition, 2000, 33(11): 1771-1782.
- [7] PHILLIPS P J, FLYNN P J, SCRUGGS T, *et al.* Overview of the face recognition grand challenge[C]// Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition: CVPR'05. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2005: 947-954.