

# 一种利用方向链码重建二值图象的新方法

李 华 朱光喜 朱耀庭

(华中理工大学电信系图象教研室, 国家教委图象信息处理与智能控制开放研究实验室, 武汉 430074)

**摘 要** 由于实际应用中, 仅有边缘轮廓信息并不足以准确、有效地描述被检测物体, 所以如何根据边缘的方向链码来重建二值图象是图象处理应用中的一类常见问题. 人们已经研究过许多不同的方法, 例如奇偶检测法、种子法等等. 但这些方法或者由于计算量大, 或者可能出现判别错误的现象, 因而不能满足实际需求. 为了准确、快速地解决这一类问题, 因此在方向链码的基础上, 先将边缘点按照区域填充法则进行分类, 进而提出了一种依据方向链码和边缘点分类, 来重建二值图象的新方法. 实践证明, 该方法可以很好地克服其它算法的缺点, 并可得到较好的检测效果, 而且具有准确、快速、计算量小、无漏检等优点. 现已应用于作者所开发的“电力工业用射线探伤辅助识别系统”中.

**关键词** 方向代码 方向链码 填充法则 填充分类点

中图法分类号: TN919.81 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)06-0474-05

## A Method for Restoration of Binary Image Based on Chain Coding

LI Hua, ZHU Guang-xi, ZHU Yao-ting

(Department of Electronics and Information Engineering, State Education Commission Laboratory for Image Processing and Intelligent Control, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074)

**Abstract** Edge extraction is an usual method in the field of image processing. But it's not enough to exactly describe the detected object only using edge information in the practical applications. So how to restore the binary image according to the direction chain codes is an important problem in image processing field. A binary image can be described by using one or several direction chain codes that record the contour of this binary image. Many methods have been proposed in the literature, but there still exist the drawbacks such as large computation and inaccurate restoration. In this paper, a new and fast method for restoration of binary image is presented to solve the problems, which is based on the sort of edge points and the chain coding of the boundaries. Experimental results show that this method is computationally faster than the previous methods and does not miss any part of the interior. It's a good restoration method, and already has been used in the practical application.

**Keywords** Direction code, Chain coding, Filling algorithm, Filling point

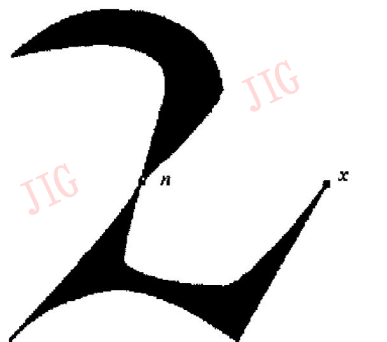
## 0 引 言

在很多有关图象处理的实际应用系统中, 都需要考察图象中目标的结构特性, 例如检测相同结构特征的区域或测量某一区域的面积、周长、高度、形状特性等. 而仅有边缘轮廓信息并不足以准确、有效地描述被检测物体, 所以如何根据边缘的方向链码

来重建二值图象, 是图象处理应用中的一类常见问题. 人们已经研究过不同的处理方法, 例如由 Pavlidis 提出的奇偶检测法<sup>[1]</sup>、种子法<sup>[1,2]</sup>等等. 但这些方法都存在着一些缺点, 如在奇偶检测法中, 由于交叉点可能为多重交点, 这样就导致在统计交叉点数目时, 容易出现错误, 而且水平直线状的边缘线也会导致错误判断; 而种子法主要有以下两个缺点: 其一是在某些复杂情况下, 种子点的选择非常困难; 其

二是具有共同边界段的不同区域, 仅仅只有包含种子点的有限区域能够被检测到, 而不含种子点的区域则会被漏掉. 在文献[2]中, Pavlidish 还将种子法和奇偶检测法结合起来, 虽然效果好了一些, 但是计算量也大大增加了. 近年来, 也有不少研究者利用神经网络、亚像素分辨或是改进的种子法<sup>[3-5]</sup>来重建二值图, 虽然效果不错, 但程序设计较复杂. 上述这些方法都不太适用于对处理速度和精确度要求较高, 但又希望程序相对简单些的实用系统.

表面上看, 二值图象重建的问题很容易解决, 似乎只要逐行扫描图象, 并将遇到的第  $n$  个奇数点和下一个偶数点之间的区域填充起来就行了, 但事实上, 这种方法非常容易产生错误, 例如图 1 所示的二值图象及其示意图, 其中  $a$  到  $z$  表示边缘点, 若按上述方法重建二值图, 区域中的“ $n$ ”和“ $x$ ”点应该被连接, 但“ $x$ ”点在真实图象中, 其实是一个孤立的终止点, 是不能和“ $n$ ”点相连的; 若连接, 就发生了错误. 为了解决上述各种算法所存在的缺点, 并真正准确、高效地重建二值图象, 本文在已知边缘方向链码的基础上, 又将边缘点按照区域填充法则进行分类, 分为填充起始点、填充终止点、凸起点和水平点 4 类, 进而提出了一种依据边缘点分类和方向链码重建二值图象的新方法, 该方法可以很好地克服其它算法



(a) 原始二值图象



(b) 边缘点示意图

图 1 一个二值图的实例

的缺点, 并可得到较好的检测效果, 而且具有准确、快速、计算量小、无漏检等优点.

## 1 相关理论分析

### 1.1 方向链码

某点的方向代码定义为该点的八邻域中也同样属于边界点的位置编码. 方向链码即是顺序连接边缘点时, 由方向代码所构成的代码链, 这是一种很有效的表示边缘特征的方法. 这一概念是由 Freeman<sup>[6,7]</sup>最早提出的, 可以分为四连接链码和八连接链码, 其中八连接链码在实际中用得比较多一些. 在文献[8]中, 已经详细介绍了如何取得方向链码, 并将之用于图象边缘识别的方法. 利用该文中提出的算法, 即可以得到所有的边缘点.

八连接链码中位置编码的定义如图 2 所示:

3	2	1
4	*	0
5	6	7

图 2 位置编码的定义

### 1.2 填充点类别分析

二值图象重建的问题, 实际上就是如何正确地划分边缘所区分的内部区域和外部区域的问题, 然后将内部区域点赋予和外部区域点不同的灰度值就可以了, 所以如何填充内部区域是重建图象的关键. 本文的算法就是在充分考虑填充法则的前提下, 将边缘点进行分类, 进而划分内部和外部区域.

在将边缘点按填充要求分类前, 需要先分析边缘点的特征, 考虑图象的轮廓特点. 边缘点可分为孤立点、终止点、中间点、规则交叉点和不规则交叉点 5 种. 这 5 种情况包含了边缘点所有可能的类型, 首先定义:

$P$  为当前被判断的边缘点.

$NP$  为  $P$  点的下一相邻边缘点.

$N(P)$  表示边缘点  $P$  的八邻域点中所含边缘点的数目.

$T(P)$  表示顺序检测边缘点  $P$  的八邻域点时, 边缘点和非边缘点之间转换的次数. 这个次数表示了与  $P$  点相连的路径数.

在上述定义的基础上, 各类型边缘点的定义如下(如图 3 所示):

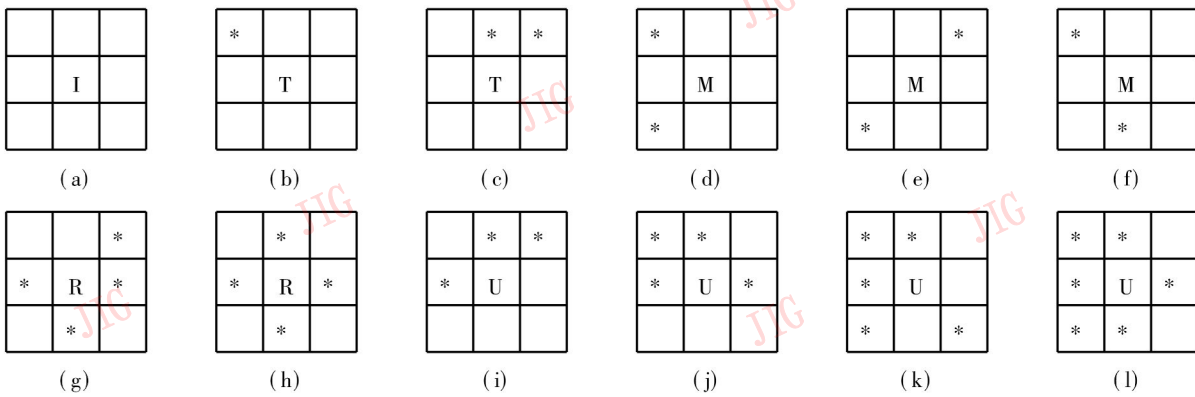


图3 各类边缘点的图示

模板中心点表示被检测点, I、T、M、R、U 表示边缘点的类型, \* 表示该点为边缘点.

孤立点(I):  $N(P) = 0$ .

终止点(T):  $N(P) \leq 2$ , 且  $T(P) = 2$ .

中间点(M):  $N(P) = 2$ , 且  $T(P) = 4$ .

规则交叉点(R):  $T(P) > 6$ .

不规则交叉点(U):  $N(P) > 2$ , 且  $T(P) = 4$ .

所有的边缘点都可以按照图3给出的情况进行分类. 在将边缘点分类后, 就需要考虑如何填充区域来重建二值图象了, 这就需要知道哪些点是内部区域的起始点, 哪些点是其同一行上对应的内部区域的终止点, 哪些点是孤立点, 而不能和其它点构成内部区域等等. 本文是按照填充的实际情况将边缘点进行二次分类的, 即分为填充起始点、填充终止点、凸起点和水平点4类, 这样在实际算法中就可按各个点的填充类别来确定二值图象的内部区域.

若  $D(P)$ 、 $D(NP)$  分别表示  $P$  点和  $NP$  点的方向代码. 则填充起始点、填充终止点、凸起点、水平点的定义如下:

(1) 满足下列条件之一的边缘点为填充起始点:

$$D(P) = 1, \text{ 且 } D(NP) \neq 6 \text{ 或 } 7;$$

$$D(P) = 2, \text{ 且 } D(NP) \neq 5 \text{ 或 } 7;$$

$$D(P) = 3, \text{ 且 } D(NP) \neq 5 \text{ 或 } 6;$$

(2) 满足下列条件之一的点为填充终止点:

$$D(P) = 7, \text{ 且 } D(NP) \neq 1 \text{ 或 } 2;$$

$$D(P) = 6, \text{ 且 } D(NP) \neq 1 \text{ 或 } 3;$$

$$D(P) = 5, \text{ 且 } D(NP) \neq 2 \text{ 或 } 3;$$

$$D(P) = 4, \text{ 且 } D(NP) = 5, 6 \text{ 或 } 7;$$

(3) 满足下列条件之一的点为凸起点:

$$D(P) = 2, \text{ 且 } D(NP) = 5 \text{ 或 } 7;$$

$$D(P) = 1, \text{ 且 } D(NP) = 6 \text{ 或 } 7;$$

$$D(P) = 7, \text{ 且 } D(NP) = 1 \text{ 或 } 2;$$

$$D(P) = 6, \text{ 且 } D(NP) = 1 \text{ 或 } 3;$$

$$D(P) = 5, \text{ 且 } D(NP) = 2 \text{ 或 } 3;$$

$$D(P) = 3, \text{ 且 } D(NP) = 5 \text{ 或 } 6;$$

(4) 满足下列条件之一的点为水平点:

$$D(P) = 0;$$

$$D(P) = 4, \text{ 且 } D(NP) \neq 5, 6 \text{ 或 } 7;$$

按照上述定义, 对于多路径交叉点而言, 该点只可能属于某条通过该点的链码, 这样就不会出现文献[1]、[2]中的错误判别, 实验结果也证明了这样处理不会引起歧义和误填充.

图4给出了各类填充点的分类示意图.

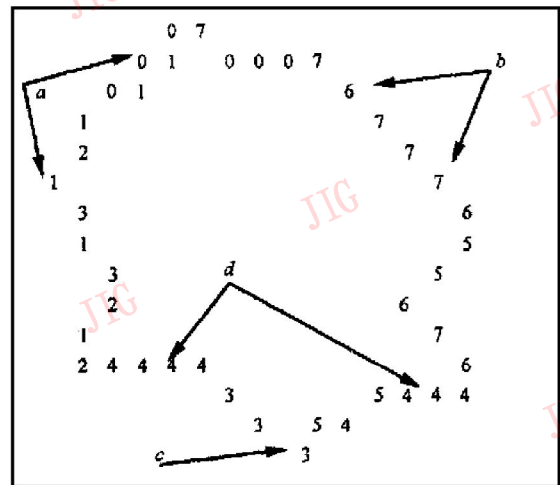


图4 填充点分类示意图

其中,  $a$  类点表示填充起始点,  $b$  类点表示填充终止点;

$c$  类点表示凸起点;  $d$  类点表示水平点

0~7 的代码表示该位置上候选点的方向代码

## 2 算法实现

整个算法可分为链码构造算法和填充算法两步完成.

### 2.1 方向链码构造算法

按照以下规则将已知的边缘点连接成方向链码:

(1) 由左至右,由上至下搜索整幅图象,检测图象中是否有终止点( $T$ ).

(2) 若检测到有终止点,则由该终止点(并记录该点的位置)开始,沿着轮廓线连接相邻的边界点,直到遇到另一个终止点(或规则交叉点和不规则交叉点)时,结束连接.

(3) 若某段链码是以交叉点(规则的或不规则的)结束的,则将该交叉点与其最近的一个规则交叉点相连.

(4) 重复(1)~(3)步的搜索,直到整幅图象中不再有未处理过的终止点,这表明剩余的所有边界都是封闭曲线.此时,可以任意选择首先遇到的中间点( $M$ )开始连接,直到再次遇见该点时就结束该条链码的处理.

(5) 依照上面的(1)~(4)步循环处理,直到整幅图象中所有的边缘点都被处理到.

## 2.2 填充算法

(1) 将上述方向链码构造算法所得的结果,按真实位置和方向代码放置于和原始图象相同大小的一幅空白图象上.

(2) 按照1.2节中给出的填充点分类定义,先按横行方式搜索填充起始点和终止点.然后再将每个填充起始点和相邻的填充终止点间填充标志值,表明这两点之间属于内部区域.

(3) 处理整幅图象就可重建完整的原始图象.

## 3 实验结果与结论

本算法以C++语言编写,开发环境为Win95平台下的VC编译环境.采用本文方法对多幅图象进行了试验,其中两幅图片的实验结果如图5所示.

图5中的(a)为两幅具有加渣类缺陷的钢管焊缝X光底片图,(b)是利用参考文献[8]中的方法所检测出的缺陷轮廓,(c)是利用本文算法恢复的二值图象,由于图5中第二幅图片的边缘有些毛刺点,检测时较复杂,但仍能检测出正确结果.

从图5可以看出,对于复杂的加渣轮廓,该算法很好地保留了轮廓的特征,并能够正确重建其二值图象,而且没有产生任何误连接.在作者所开发的“电力工业用射线探伤计算机辅助识别系统”中,采用该算法对几十幅含有不同复杂形状的加渣图片进行二值图象重建,均无误处理现象.所以检测的准确度很高.

由于填充点的类型都能归于本文所述的4类,其分类程序也只是一个比较判别的过程,非常简单,而且只需要处理边缘点,所以计算量小,运算速度很快,完全满足系统的需求.

本算法的另一个显著的优点在于能够准确的区分封闭的边缘曲线和开放的边缘曲线,并可用于提取具有相同结构的区域等等.

虽然本算法的最初提出是为了解决缺陷特征识

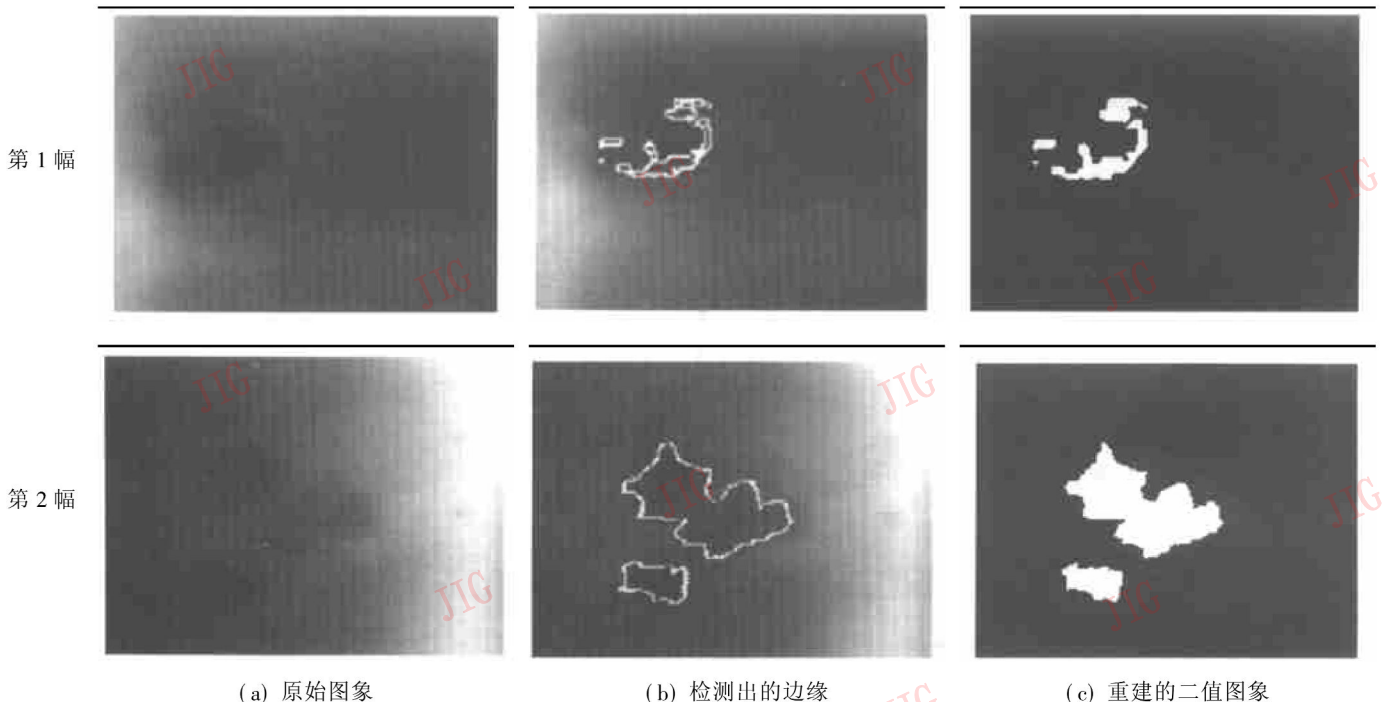


图5 两幅含有加渣焊缝图片的重建二值图象

别的问题,但本算法也同样适用于图象中印刷体,手写体数字及字母的提取,或是用于医学图象中细胞特征、CT 图象的分析等等.所以本算法具有较广泛的用途.

### 参 考 文 献

- 1 Pavlidis T. Filling algorithms for raster graphics. Comput. Graphics Image Process, 1979, (10): 126~ 141.
- 2 T Pavlidis. Algorithms for graphic and image processing. Computer Science Press, Rockville, MD, 1982.
- 3 Hitchcock D, Glasbey C A. Binary image restoration at subpixel resolution. Biometrics, 1997, 53(3): 1040.
- 4 Su Xiao, Wang Tao, Xing Xiaoliang. Binary image restoration using neural network models. In: Proc 1993 IEEE Reg 10 Conf Comput Commun Control Power Eng (TENCON '93) Part 2 (of 5): 906~ 909.
- 5 Oikarinen, Jarkko. Using 2- and  $2\frac{1}{2}$ -dimensional seed filling in view lattice to accelerate volumetric rendering. Computers & Graphics (Pergamon), 1998, 22(6): 745~ 757.
- 6 H Freeman. The encoding of arbitrary geometric configurations. IRE. Trans. Elec. Comput. 1961, EC-10, 260~ 268.
- 7 H Freeman. Boundary encoding and processing. In: Picture Processing and Psychopictorics, Lipkin B S, Rosenfeld A eds. New York: Academic Press, 1970, 241~ 266.
- 8 李华,朱光喜,朱耀庭.一种基于方向曲线的目标检测方法.中国图象图形学报, 1999, 4(4A): 590~ 594.



李 华 1975 年生,1994 年毕业于华中理工大学电信系获学士学位,1996 年至今为华中理工大学电信系硕士、博士研究生.主要研究领域为数字水印隐藏技术、计算机视觉、多媒体通信、计算机网络应用等.



朱耀庭 1939 年生,1961 年毕业于华中工学院(现华中理工大学),博士生导师.曾任华中理工大学副校长.目前从事数字图象处理、计算机视觉、电子设备故障诊断专家系统等研究工作.在国内外发表论文百余篇.



朱光喜 1945 年生,1969 年毕业于华中工学院(现华中理工大学),现为华中理工大学电子与信息系教授,博士生导师,电子与信息工程系主任.长期从事计算机图象、图形处理、多媒体通信等领域的教学研究工作,获得多项研究成果,现主要从事 CSCW,数字电视,多媒体通信等教研工作.在国内外发表论文近百篇.