

链码技术在景象图像特征提取中的应用

李富裕 李言俊 张 科

(西北工业大学航天学院, 西安 710072)

摘 要 针对景象图像的特点, 提出了基于链码技术的景象图特征点的提取方法, 并首先引进了一种新的链码技术对景象图像轮廓进行描述; 然后利用链码的重构不变性重构图像的主要轮廓, 以去除噪声和细节, 并对其进行二次编码, 以获取图像主要轮廓链码信息; 最后在所得链码中提取各类特征点, 包括轮廓边界的端点、形心、交叉点和显著拐点。实验结果表明, 该方法不仅特征点提取效果好, 而且信息压缩能力强、抗干扰能力强。

关键词 景象图像 链码 重构 特征点提取

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2008)01-0114-05

The Use of the Chain-code Technique in Extracting Feature Point in Scene Image

LI Fu-yu, LI Yan-jun, ZHANG Ke

(College of Astronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

Abstract Aiming at scene image's character, a method to extract feature point in scene image based on chain-code technique is proposed. Firstly an improved chain-code technique is introduced to represent scene image's contour. Secondly using the invariability of chain code's reconstruction, the image's dominating contour is reconstructed simultaneously the information of noise and detail is wiped off, and then the dominating contour's chain code is gained using the same method. Then all kinds of features are extracted from the chain code, including the end of border, the center of shape, the point of crossing and main corner point. Finally experiments show that the proposed method is effective for extracting feature point and has capability of anti-jamming and compressing information.

Keywords scene image; chain code; reconstructing; extracting feature point

1 引 言

随着图像处理技术的发展, 图像匹配技术也不断发展, 它已广泛应用于军事、民用、遥感图像处理等。图像特征匹配是图像匹配主要方式之一, 它相对其他匹配方式更简单、更实用、更具抗干扰力, 因此如何有效快速提取图像特征显得尤为重要。特征点包括灰度的局部最大值点以及局部边缘点、角等。本文针对景象图像的特点, 在提取景象图像的边界轮廓的基础上, 首先利用所提出的链码技术跟踪轮廓边界、编码, 然后在链码中提取特征点。

1977年, Freeman首先提出了四向链码和八向链码^[1]。经过长时期的发展, 许多学者在此基础上先后进行了改进, 改进的方向主要是针对链码的描述和轮廓边界的跟踪算法上。文献[2]中提出了一种改进的链码, 用于对原始链码进行移位、平滑、标准化、重新采样操作, 以克服噪声、图像旋转、尺度、平移变化所带来的差别; 文献[3]中介绍了平均链码、链码和、绝对链码的概念; 文献[4]、[5]提出了一些边界跟踪算法, 该算法按跟踪策略向前搜索跟踪。对于从链码中提取特征点, 很多文献都对不同目标进行了各自的描述, 文献[6]提出了从链码的差别码中提取拐点, 并用相邻几点的曲率的方

基金项目: 航空科学基金项目(04I53067); 国家自然科学基金项目(60575013)

收稿日期: 2006-05-18 改回日期: 2006-09-20

第一作者简介: 李富裕(1981~), 男, 西北工业大学航天学院硕士研究生。研究方向为景象图像特征提取、匹配识别以及人眼仿生视觉系统研究。已发表数篇相关论文。E-mail: lifuy0091@126.com

法剔除伪拐点,取得了较好效果。这些算法基本上都是针对封闭,且形状单一的曲线,无法应用于轮廓边界错综复杂的图像。而实际上,景象图像内容丰富,包括河流、山川、建筑等,由于其轮廓边界不规则,还有交叉点,也不一定封闭,上述算法不适用,因此,本文提出了一种新的跟踪编码算法,以解决复杂边界的跟踪。对于从链码中提取特征点,本文针对景象图像的特点,从链码中提取了多类特征点,其中包括轮廓边界的交叉点、端点、封闭曲线的形心以及曲线的拐点等。实验证明,这特征点从链码中提取容易实现而有效。

2 链码技术的描述与应用

2.1 链码技术

链码方法一般用来描述区域的边界,或用于图像编码,链码表示法是数字图像中表示边界最简单的方法。与其他方法相比,链码表示法由于可大幅度减少数据,且有利于减少存储空间和提高图像处理速度和匹配效率,因此适合于计算机图像处理。在此本文采用八向链码来表示边界走向,它是用中心像素指向它的 8 个相邻点的方向来定义的,码值加 1,其所指方向就按逆时针旋转 45°,因为每个像素周围只有 8 个方向,所以链码值只有 0~7(如图 1 所示)。链码在边界跟踪中起着重要作用,它既可以用来表示相邻边界点间的位置关系,又可以在跟踪过程中控制各邻点的检测顺序。

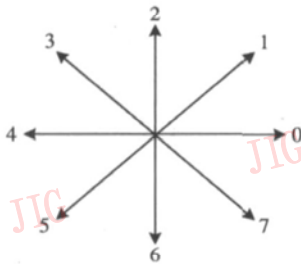


图 1 Freeman 链码

Fig 1 Freeman chain code

一条边界曲线可以由曲线的起始点和该曲线的链码唯一确定。反之,由曲线起始点和曲线链码也可以重建曲线。假设曲线 S 如图 2 所示,其链码由数组 $N[]$ 表示。

由上图可得起始点坐标为 (2, 1), 链码 $N[13] = \{6, 6, 4, 7, 7, 6, 0, 0, 1, 7, 6, 5\}$ 。反过来,根据起始点坐标和链码也可以在 2 维空间上得到曲线,即

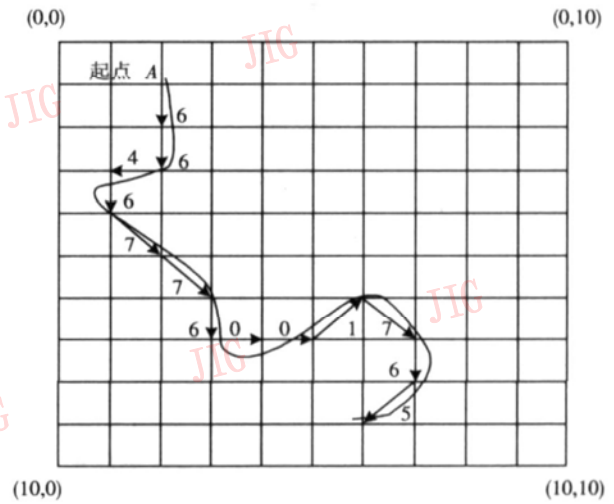


图 2 曲线 S 及链码值

Fig 2 Curve S and its chain code

可利用所得链码重构曲线(在后文中将利用到)。

为了得到一完整链码,并且便于后续处理(如链码的存储、特征的提取、重构),可将曲线坐标、曲线链码和链码值长度一起放入链码表中,链码表格式如图 3 所示。



图 3 曲线链码表示法

Fig 3 The way to express curve's chain code

2.2 边缘跟踪编码

对于单个区域或者简单的形状区域轮廓的跟踪编码是比较容易的(在很多相关文献中研究的对象都比较简单),但对于复杂的发生重叠交叉的轮廓边界,编码往往会遇到困难。

本文对图像边缘进行边界跟踪编码的目的,是为了提取特征点,如曲线端点、交叉点、拐角点以及闭合曲线的形心,因此提出了一种新的曲线跟踪的思想,即首先确立跟踪起始点,然后按跟踪算法跟踪编码,终止条件为跟踪到曲线端点、交叉点和回到起始跟踪点,并且以交叉点为新的起点继续跟踪,直到将本连通曲线全部跟踪编码完。本文所用图像轮廓边界由 Canny 边界提取算法提取,该算法与众多边界提取算法相比,其具有信噪比大和检测精度高的优点,且所提取的边界更为平滑、连续。

边界跟踪主要分以下 3 步:

(1) 搜索跟踪起始点

对二值边界图像,从上到下,从左到右搜索像素值为 '1' 的点,作为待起始点,转入步骤 (2)。当一

连通边界跟踪完毕,则继续向前搜索,直到搜索完整个图像为止。

(2) 跟踪算法

以待起始点为起点进行跟踪;对于搜索当前点的下一点,则在当前链码所指前方 5 个方向按逆时针方向搜索;对于所有已跟踪的点,则令其像素值为 '0' (除令起始点为 '2', 交叉点为 '3' 以外);对于每一跟踪起始点,则所有方向需跟踪完毕,方转入下一待起始点。

(3) 终止条件

当跟踪遇到边界端点、交叉点或起始点后,一条链码编码结束,若是交叉点,则令其为下一待起始点。当所有待起始点跟踪完毕,转入步骤 (1) 继续向前搜索。

2.3 图像的重构及二次编码

由于景象图像中没有明显的目标和非目标区域,且其轮廓边界不是一个独立的几何图形或曲线,除包含明显的轮廓线以外,还有很多细节和小的分支,因此这就使景象轮廓边界图变得非常复杂,并且这些细节分支一般不能构成显著特征点;同时景象图像在拍摄过程中可能存在噪声,或存在由地面临时的景物形成的轮廓(而非固有的)。若按照上述链码跟踪方法搜索跟踪编码,则这些细节、小的分支和噪声(大于一个像素)都能形成链码,这样就给特征点的提取带来了麻烦,可能得到许多伪特征点或者不显著特征点,这是人们不愿意得到的。

针对上述问题,本文提出了对轮廓边界进行二次跟踪编码的方法。由 2.1 节中得知,由图像二值轮廓边界的链码可以完全重构原始轮廓图像;对于每条链码,其链码长度是已知的。由于图像轮廓边界的细节、小的分支或噪声形成的链码的长度一般很小,因此在第 1 次编码后,可以设定一阈值,先将链码长度小于该阈值的链码去除掉(阈值的大小可以根据经验适当选择,如图像的类型、分辨率等);然后通过所得链码来重构二值轮廓边界图,这使图像既保留了主要轮廓信息,又达到了去噪的效果;接下来,用同样的方法对重构图像进行跟踪编码,即二次编码,就可重新得到图像的链码序列。

2.4 特征提取

由于景象图像没有固定的显著目标,且图像灰度变化缓慢,同时,在景象匹配中,由于景象存在旋转,尺度和平移变化,以及几何畸变等,其中的旋转和尺度变化尤其影响图像的匹配,因此可考虑在景

象图像的边界中提取图像边界线的交叉点、边缘线上的明显拐角点、线段端点和闭合曲线的形心作为显著特征点。

本文结合边界连码技术提取上述景象图像的特征点,下面分别对各类特征点进行提取:

(1) 交叉点和端点

由于利用链码技术提取交叉点和端点作为特征点非常方便,且在链码搜索跟踪过程中可以直接得到(见 2.2 节中的链码跟踪的终止条件),因此交叉点和端点的提取无需另外的处理,可直接得到,并记录,这是采用上述方法跟踪编码的优点之一。

(2) 拐角点

本文是基于图像边界链码中提取拐角点,其算法简单可靠。轮廓边界的链码在前面得到,具体操作如下:

假设一链码,其用数组表示为 $c = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ (在此仅考虑链码,不考虑起始点坐标),轮廓边界的相邻两链码差为 d_i (即相对链码),由前面链码跟踪可知,两相邻链码所代表的方向,最多相差 $\pm 90^\circ$,即 d_i 的可能取值为 $0, \pm 1, \pm 2$ 。其值若为零,则曲线方向不变;若为正,则曲线向右拐;若为负,则曲线向左拐。具体计算如下:

$$d_i = \begin{cases} c_{i+1} - c_i & |c_{i+1} - c_i| \leq 2 \\ c_{i+1} - c_i - 8 & c_{i+1} - c_i \geq 6 \\ c_{i+1} - c_i + 8 & c_{i+1} - c_i \leq -6 \end{cases} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1$$

由式 (1) 可得一数组 $d/n-1$ 。理论上说,通过判断 d_i 的值就可以确定拐角点,但是得到的拐角点未必是曲线的显著特征,还可能是干扰点。为解决该问题,本文引入了绝对链码之和的概念。其原因是,链码之和与角度起相似的作用,可以用来表示方向,其虽不能精确测量直线的方向,但它更能描述曲线的大致走向。由于 m 个点之和将整个平面分为 $8 \times m$ 个方向,因此可用于提取曲线上显著拐角点和去除伪拐点;再者,绝对链码是指从起始点开始相对链码的累加值,可将起始点的绝对链码设为 0 这样沿边界移动一周回到起点,其绝对链码值增加 8 且不用再考虑 1, 0, 7 交界处链码的取值问题,另外由于绝对链码具有抗旋转性,因此本文采用绝对链码之和(一般取 3 点)的差来提取显著拐角点。

绝对链码的计算如下:

$$q_i = q_{i-1} + d_{i-1} \quad i > 1 \quad (2)$$

其中, q_i 表示绝对链码, 且设第 1 点 (除去起始点) $q_1 = 0$. 3 点绝对链码和之差 D_i 的计算如下:

$$D_i = q_{i+1} + q_{i+2} + q_{i+3} - q_i - q_{i-1} - q_{i-2} \quad (3)$$

$i > 1$

拐角特征点取 D_i 的极值, 且大于某一阈值 (可设定)。该方法对显著拐角点的提取快速有效。

(3) 闭合曲线的形心

闭合曲线的形心是图像中很显著的特征点, 特别是描述图像中的单一目标。但传统的形心计算方法复杂、计算量大。灰度图像的形心计算如下:

$$\bar{x} = \frac{\sum \sum x f(x, y)}{\sum \sum f(x, y)}$$
$$\bar{y} = \frac{\sum \sum y f(x, y)}{\sum \sum f(x, y)} \quad (4)$$

对于封闭二值化的边界曲线, 由于曲线边界像素值 $f(i, j) = 1$, 其余像素值 $f(i, j) = 0$ 因此式 (4) 可表示为

$$\bar{i} = \frac{\sum \sum i}{\sum \sum 1}$$
$$\bar{j} = \frac{\sum \sum j}{\sum \sum 1} \quad (5)$$

由于此处闭合曲线是用链码表示的, 因此上式的计算变得非常简单。由链码表示可知, 式 (5) 中 $\sum \sum 1$ 即链码长度加 1, $\sum \sum i$ 即曲线上所有点的行坐标值相加, $\sum \sum j$ 即曲线上所有点的列坐标

值相加, 其计算分别见式 (6) 和式 (7)。这样就能容易得到闭合曲线的形心。

$$\sum \sum i = \sum_{s=0}^n p_s \quad (6)$$

其中,

$$p_s = \begin{cases} p_{s-1} + 1 & (c_s - 4) > 0 \\ p_{s-1} & (c_s - 4) = 0 \\ p_{s-1} - 1 & (c_s - 4) < 0 \end{cases} \quad (c_s - 4) \neq -4$$

p_s 表示第 s 个点的行坐标值, 起始点 x_0 的行坐标 p_0 已知。

$$\sum \sum j = \sum_{s=0}^n q_s \quad (7)$$

其中,

$$q_s = \begin{cases} q_{s-1} + 1 & |c_s - 4| > 2 \\ q_{s-1} & |c_s - 4| = 0 \\ q_{s-1} - 1 & |c_s - 4| < 2 \end{cases}$$

q_s 表示第 s 个点的列坐标值, 起始点 x_0 的列坐标 q_0 已知。

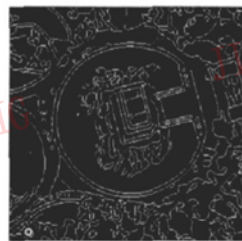
3 实验仿真

为了验证本文所提出的方法的有效性, 下面以一幅航空景象图像为研究对象, 分别验证图像的边缘提取、重构以及特征提取, 并与图像加入噪声后的边缘提取、重构以及特征提取结果相比较。

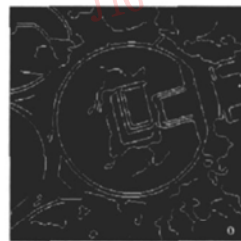
图 4(a) 和图 4(e) 为原始图像和加入噪声的原始图; 图 4(b) 和图 4(f) 是由 Canny 边缘提取算法



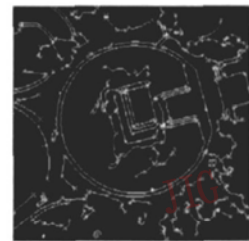
(a) 原始图像



(b) Canny 算子提取的图 4(a) 边缘



(c) 图 4(b) 的链码重构的轮廓



(d) 图 4(c) 中提取的特征点



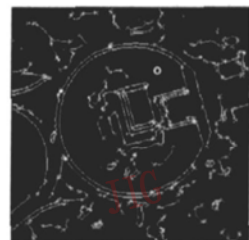
(e) 图 4(a) 加入噪声后的图像



(f) Canny 算子提取的图 4(e) 边缘



(g) 图 4(f) 的链码重构的轮廓



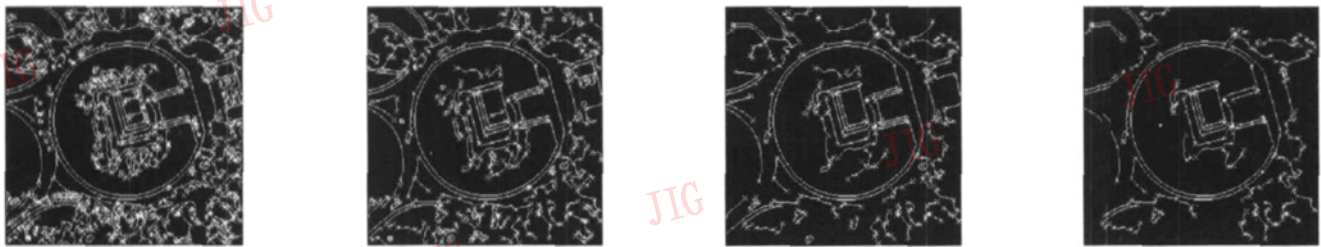
(h) 图 4(g) 中提取的特征点

图 4 抗干扰噪声图示

Fig. 4 The demonstration of anti-jamming

对原始图像和噪声图像边缘进行提取的结果;图 4(c)和图 4(g)为链码重构的主要轮廓图(链码长度阈值为 20);图 4(d)和图 4(h)为特征点提取结果。实验表明,由链码重构的轮廓(图 4(c)和图 4(g))与原始轮廓(图 4(b)和图 4(f))相比,由于不仅保留了主要轮廓信息,去除了细节,而且对噪声起到了抑制作用,大大减少了信息量,从而有利于下一步特征提取处理;图 4(d)和图 4(h)不仅有效提取了各类特征点,其特征点数分别为 293 和 304 而且特征点基本保持了一致,取得了抗干扰的效果。

下面是选取不同链码长度阈值提取的特征点



(a) 阈值取 0 时提取的特征点 (b) 阈值取 10 时提取的特征点 (c) 阈值取 20 时提取的特征点 (d) 阈值取 30 时提取的特征点

图 5 链码长度阈值取不同值时所提取的特征点结果

Fig. 5 The results corresponding to different limits of chain code's length

4 结论及应用前景

本文针对景象图像的特点,提出了一种新的链码跟踪编码算法,并利用链码重构和二次编码,有效解决了提取图像主要轮廓边界信息以及进一步去除噪声的问题;最后在所得链码中,成功提取了显著特征点。该技术可以广泛应用于各种图像轮廓描述、特征提取、图像识别。这种图像的轮廓描述可以用于图像压缩、图像传输;而提取的特征点则可以作为图像匹配中的控制点,运用于各种图像匹配技术中。

参考文献 (References)

- 1 Freeman H, Davis L S A corner finding algorithm for chain-coded curves[J]. IEEE Transactions on Computers 1977, 26(5): 297~303
- 2 Dai Xiao-long, Khorram Siamak A feature-based image registration

(如图 5 所示),并进行了比较。

图 5(a)~图 5(d)中所得特征点数目分别为 1155、514、293、210,所需处理时间约分别为 1.4680s、1.1560s、1.078s 和 0.965s。由图 5 可以看出,原始景象图像的轮廓边界非常复杂,由于存在很多细节,信息量多,因此在图像处理过程中,必然计算量很大。而通过本文提出的方法进行处理,随着链码长度阈值增大,则不仅可以得到更为简要的轮廓图,特征点数量减少,而且所提取特征点更为显著,同时实时性有了提高,从而更有利于后续处理的实时性(阈值可以根据研究的对象图像而选定)。

algorithm using improved chain-code representation combined with invariant moments[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 1999, 37(5): 2351~2362

- 3 Lu Zong-qi, Tong Tao The application of chain code sum in the edge form analysis[J]. Journal of Image and Graphics 2002, 7(12): 1324~1328 [陆宗骥,童韬.链码和在边界形状分析中的应用[J].中国图象图形学报,2002,7(12):1324~1328]
- 4 Xu Jian-hua The Processing and Analyzing to Image[M]. Beijing Science Press 1992 176~177 [徐建华.图像处理与分析[M].北京:科学出版社,1992 176~177.]
- 5 Ge Peng A new arithmetic of tracing and extracting edge quickly [J]. Microelectronics & Computer 2005, 22(8): 14~17 [葛澎.一种快速边沿跟踪与提取的新算法[J].微电子学与计算机,2005,22(8):14~17.]
- 6 Zhang Xiao-li, Wang M in, Huang Xin-han A effective corner's detecting based on Freeman code[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument 1997, 7(2): 14~19 [张小莉,王敏,黄心汉.一种有效的基于 Freeman 链码的拐点的拐角检测[J].电子测量与仪器学报,1997,7(2):14~19.]