

文章编号 1004-924X(2003)03-0309-05

基于模糊推理的边界检测方法

赵春江, 施文康, 邓 勇

(上海交通大学 电子信息学院, 上海 200030)

摘要:基于 IF-THEN 的推理规则,提出了一种模糊推理的边界检测方法,实现对灰度图像的边界检测。通过分析图像中是否有灰度突变,来判断边界的存在。在进行边界检测的同时,还可以抑制脉冲噪声的干扰。实验结果表明:基于模糊推理的边界检测方法在使用少量推理规则的条件下,也可以对图像边界进行很好的检测。

关键词:边界检测;模糊推理;图像处理

中图分类号:TN215 **文献标识码:**A

Edge detection based on fuzzy inference

ZHAO Chun-jiang, SHI Wen-kang, DENG Yong

(School of Electronics & Information Technology,
Shanghai JiaoTong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: The presence of an edge can be judged from the sudden changes in the image intensity by following the IF-THEN fuzzy inference rules while impulse noises are suppressed. Experimental results show that image edges can be properly by following a few fuzzy inference rules.

Key words: edge detection; fuzzy inference; image processing

干扰的图像进行边界检测,鲁棒性好。

1 引言

物体的边界线是其最主要的特征,人们可以通过对目标物体边界的分割提取,来确定该目标物体。传统的边界检测方法有导数法、梯度法、拉普拉斯法等^[1-2]。文献[3]和[4]对一些常见的边界检测技术进行了归纳和比较。目前,用模糊逻辑对图像边界进行检测的技术也得到了应用,如HMF、SRB、FC方法^[5],FIRE算子法^[6],最小模糊熵准则法^[7]等。

本文提出了一种基于模糊推理的边界检测方法。该方法应用 IF-THEN 模糊推理,找到图像中的边界点,从而最终输出边界图像。如果再加上一些模糊推理,该方法也可以对受到脉冲噪声

2 边界检测原理

边界是图像灰度突变的路径,它通常是物体的轮廓。边界检测就是对图像的边界进行识别。边界的种类很多,如图 1 所示为边界处灰度变化的几种形式^[1]。

确定图像中物体边界的一种方法是先检测每个像素和其相邻像素的状态,以决定该像素是否处于物体的边界上,然后以图像中像素的灰度值用来反映物体边界的边界图像作为输出图像,边界图像也可以用仅表示边界点的位置而没有强度程度的二值灰度图像表示^[2,8]。

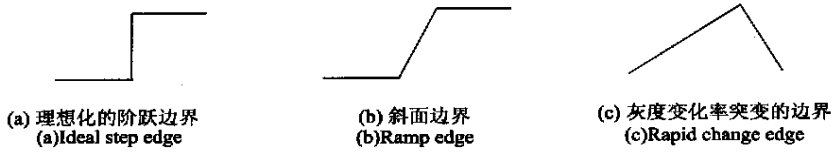


图 1 几种常见的边界形式

Fig. 1 Common edges

3 模糊边界检测的设计

3.1 原理

在 $M \times N$ 的数字图像 X 中,取 3×3 的窗(如图 2 所示),当前需要处理的采样像素为 g_{mn} ,其相邻的 8 个采样像素为 $g_i (i = 1, \dots, 8)$ 。

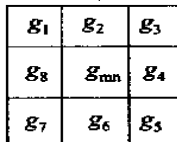


图 2 3×3 窗

Fig. 2 3×3 Window

在采样像素足够多的情况下,可以认为在 3×3 的窗内,边界线的方向只能为水平方向、垂直方向、正 45° 方向和负 45° 方向这四种方向中的一种(如图 3 所示),并且在边界线两侧的灰度值有突变。因此当上述方向上的两侧有灰度突变时,像素就是边界点,其模糊推理为:如果在 3×3 的窗内,水平方向上或者垂直方向上或者正 45° 方向上或者负 45° 方向上的两侧有灰度突变,那么就是边界像素。

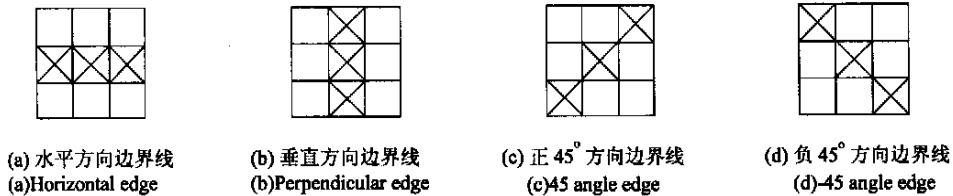


图 3 3×3 窗内的边界线方向(划“x”的像素表示边界点)

Fig. 3 Directions of edge in 3×3 window ("x" represents edge pixel)

3.2 模糊推理

灰度突变是通过采样像素与其相邻的 8 个像素的差值来判断的:

$$g_i = |g_i - g_{mn}| \quad i = 1, 2, \dots, 8$$

为了检测 g_{mn} 是否为边界像素,只需 4 个 g_i 即可。如当判断水平方向和垂直方向的灰度突变时,需要 g_2, g_4, g_6 和 g_8 ; 当判断正、负 45° 方向的灰度突变时,需要 g_1, g_3, g_5 和 g_7 。

当垂直方向上的两侧有灰度突变(即边界线是垂直线)时,则 g_2 和 g_6 会很小,而 g_4 和 g_8 会很大,此时 g_{mn} 就为边界像素,用 MZ 和 MP 分别代表很小和很大的隶属函数。 y 为输出变量,MP 和 MS 分别为 y 是边界像素和 y 不是边界像素的隶属函数。其模糊推理为:

if(g_2 is MZ) and(g_6 is MZ) and(g_4 is MP) and (g_8 is MP) then y is MP.

同理其他方向上的模糊推理为:

if(g_4 is MZ) and(g_8 is MZ) and(g_2 is MP) and (g_6 is MP) then y is MP.

if(g_1 is MZ) and(g_5 is MZ) and(g_3 is MP) and (g_7 is MP) then y is MP.

if(g_3 is MZ) and(g_7 is MZ) and(g_1 is MP) and (g_5 is MP) then y is MP.

如果 g_i 都很大或都很小,则 g_{mn} 就不是边界像素,其模糊推理为:

if(g_1 is MZ) and(g_2 is MZ) and(g_3 is MZ) and (g_4 is MZ) and(g_5 is MZ) and(g_6 is MZ) and (g_7 is MZ) and(g_8 is MZ) then y is MS;

if (g_1 is MP) and (g_2 is MP) and (g_3 is MP) and
 (g_4 is MP) and (g_5 is MP) and (g_6 is MP) and
 (g_7 is MP) and (g_8 is MP) then y is MS.

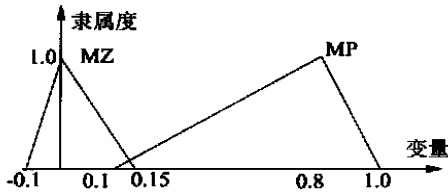


图 4 输入变量的隶属函数

Fig. 4 Membership function of input variable

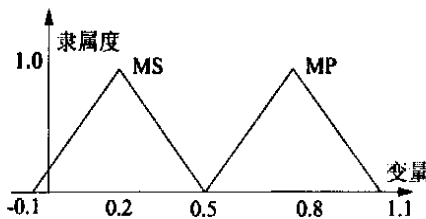
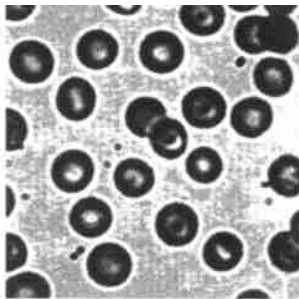


图 5 输出变量的隶属函数

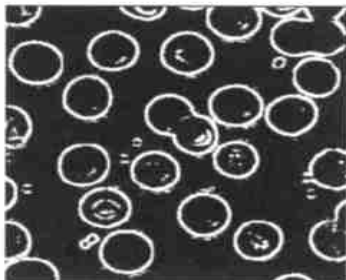
Fig. 5 Membership function of output variable

其中输入变量 g_i 的隶属函数 MZ 和 MP 如图 4 所示, 输出变量 y 的隶属函数 MS 和 MP 如图 5 所示。数字图像 X 中像素点的取值范围为 $[0, 1]$, 0 表示黑, 1 表示白。



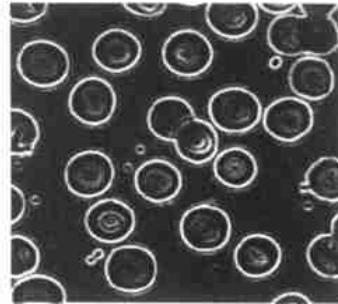
(a) 原图

(a) Original image



(b) 模糊推理的边界图像

(b) Edge image by fuzzy inference



(c) sobel 算子的边界图像

(c) Edge image by sobel operator

图 6 用模糊推理与 sobel 算子得到的边界图像的比较

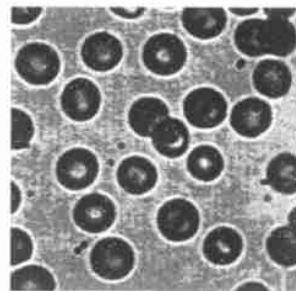
Fig. 6 Comparison of edge images by fuzzy inference and by sobel operator

图 6(b) 为用模糊推理方法进行边界检测的边界图像。之所以选择 sobel 边界算子作为与本文介绍的方法的比较, 是因为在边界检测领域中, sobel 被认为是一种标准的边界算子, 而且很适合与其他方法进行比较。通过图 6 可以看出, 用模糊推理与用 sobel 边界算子方法得到的边界图像, 输出效果同样令人满意。

3.3 抗脉冲噪声的模糊推理

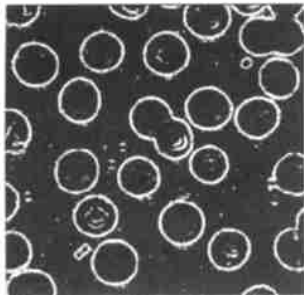
该模糊方法虽然简单, 但鲁棒性不好, 当对有脉冲噪声干扰的图像进行边界检测时, 效果不佳。为了增加抗干扰能力, 需要加上一些去除脉冲噪声的模糊推理。当有脉冲噪声时, 在 3×3 的窗内, 受到噪声干扰的这个像素点的灰度突变会比其他没有受到干扰的 7 个像素点的灰度突变得多。因此, 去除脉冲噪声的模糊推理为:

if (g_k is MP) and ($\prod_{i=1}^8 (g_i \text{ is MZ})$) then y is MS. ($k = 1, 2, \dots, 8$)

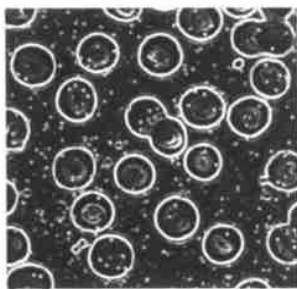


(a) 带脉冲噪声的原图

(a) Original image with impulse noise



(b) 模糊推理的边界图像
(b) Edge image by fuzzy inference



(c) sobel 算子的边界图像
(c) Edge image by sobel operator

图 7 用模糊推理和 sobel 算子方法检测带脉冲干扰的图像的边界

Fig. 7 Detecting the edge of image with impulse noise by fuzzy inference and sobel operator

图 7(b) 为抗干扰的边界图像。通过比较可以看出,用模糊推理方法检测的边界图像,它的脉冲噪声基本上被抑制住了。

3.4 比较

在一些用 IF-THEN 模糊推理检测边界的方法中,模糊推理规则过多,如文献[9]中用了 28 条模糊推理,文献[10]中用了 16 条模糊推理,文献[6]中用了 8 条模糊推理。这样就使程序复杂,运行时间长。虽然对一些复杂的图像很适用,但对于不太复杂的图像就略显多余。本文所提出的方法只用了 6 条模糊推理,即使是能够滤除噪声的模糊推理也只用了 14 条,而且得到的效果都很令人满意。

4 结 论

模糊逻辑在处理不确定性问题方面,发挥出越来越大的作用。数字图像处理中的边界检测就表现出这种不确定性。本文所提出的模糊边界检测技术,不仅方法简单,边界图像清晰完整,而且鲁棒性较好。但该方法比起传统方法运行时间长一些,因此还需要对程序进行优化处理,这也是下一步的主要任务。

参考文献:

- [1] 陈廷标,夏良正. 数字图像处理[M]. 北京:人民邮电出版社,1990.
CHEN T B, XIA L ZH. *Digital Image Processing* [M]. Beijing: Post & telecom press, 1990. (in Chinese)
- [2] CASTLEMAN K R. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
CASTLEMAN K R. *Digital image processing* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002. (in Chinese)
- [3] 孙慧,周红霞,李朝晖. 图像处理中边缘检测技术的研究[J]. 电脑开发与应用,2002,15(10):7-9.
SUN H, ZHOU H X, LI ZH H. Study on edge detection technique in image processing [J]. *Computer Development and Application*, 2002,15(10):7-9. (in Chinese)
- [4] 周心明,兰赛,徐燕. 图像处理中几种边缘检测算法的比较[J]. 现代电力,2000,17(3):65-69.
ZHOU X M, LAN S, XU Y. Comparison of the edge detection algorithms in image processing[J]. *Modern Electric Power*, 2000,17(3):65-69. (in Chinese)
- [5] TIZHOOSH H R. Fast fuzzy edge detection, Fuzzy information processing society [A]. *Proceedings. NA FIPS. 2002 annual meeting of the North American* [C]. 2002,239-242.
- [6] RUSSO F. FIRE operators for image processing[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1999,103:265-275.
- [7] EL-KHAM Y S E, GHAL EB I, EL-YAMANY N A. Fuzzy edge detection with minimum fuzzy entropy criterion [A].

- Electro Technical Conference*, 2002. *MEL ECON* [C]. Mediterranean, 2002. 498-503.
- [8] 何永义,夏俊. 工程图像的矢量化技术[J]. *光学精密工程*, 2002,10(4): 374-378.
HE Y Y, XIA J SH. Vectorization technology for engineering image [J]. *Optics and Precision Engineering*. 2002,10(4): 374-378. (in Chinese)
- [9] MOLINA J M, MARTIN M J, ISASI P, et al. A fuzzy reasoning system for boundary detection in radiological images [A]. *Fuzzy Systems Proceedings*,1998. *IEEE World Congress on Computational Intelligence* [C]. Anchorage. 1998. 1524-1529.
- [10] TAO CH W, THOMPSON W E. A fuzzy if-then approach to edge detection[A]. *Fuzzy System*, 1993, *Second IEEE International Conference on. San Francisco, CA* [C], USA:1993,(2):1356-1360.

作者简介:赵春江(1975-),男,辽宁沈阳人,上海交通大学在校博士研究生,主要研究方向为信息融合,模式识别和图像处理,E-mail:zhaocj@sjtu.edu.cn Tel:021-62934107

中国光电行业商务指南

我国光电行业发展迅速,自2000年以来,若干个光电产业园区、基地、光谷相继建立,外国在华设立的分支机构、代表处、合资单位、进出口公司日益增多,行业面貌日新月异。为了便于光电行业内材料、器件、整机、生产、科研、贸易等单位之间,生产单位和用户之间更好地沟通;为了中外用户询价采购更加便捷;为了国外公司与投资机构更详尽的了解中国光电行业与市场情况;为了加强国内外光电行业间更多的联系与合作,及时介绍中国光电行业最新发展,北京亿昌达光电技术有限公司(Beijing ET Opto-electronic Technology Co.Ltd)在中国国际贸易促进委员会和其它有关方面支持下,与北京邮电大学出版社联合出版了《中国光电行业商务指南》一书。

该书为中英文版的综合性电子商务工具书。内容涉及光电材料、光学元器件、光通信、光纤光缆、光纤元器件、光信息贮存、光全息、激光、红外、半导体和真空电子显示器件、光传感器、光输入输出设备、光电子行业生产检测设备、软件等重要领域。对中国光电行业主要领域的市场情况、投资情况进行了详细的分析和论述;对各个专业领域的行业概况,包括行业组织机构、特点和发展趋势进行了介绍;提供了光谷园区信息,光电产业投资信息,国内外光电行业合作信息,主要媒体网站展览会信息等。同时《指南》也用大量篇幅刊登国内外光电行业单位的基本资料,包括单位名称、详细地址、联系电话、传真号码、电子邮箱、负责人、业务联络人、行业分类、主要业务等。

《指南》是一本难得的大型商务参考书,一本中外专业人士必备的商务工具书,每年出版一次,向海内外公开发售。发行渠道为以北京邮电大学出版社为主的出版社发行体系;专业的发行公司与媒体发行机构;国内外电子展览会、洽谈会;国内相关行业机构;外经贸信息服务体系;中国国际贸易促进委员会十几个驻外机构;海外的合作单位与行业组织及其它发行渠道。

《指南》编委会现向全国公开征录。编委会备有《指南》详细介绍资料,欢迎有关单位来电、来函索取。如需进一步了解更多详情,请与编委会联系。

联系方式如下:

《中国光电行业商务指南》编委会

电话:010-82895981/82 传真:010-82895983

E-mail:oe@etnet.com.cn 网址:www.oechina.cn

地址:北京海淀区上地信息路2号创业园D栋310室(100085)