

文章编号:1671-6833(2012)04-0086-03

一种新的边缘检测算法研究

肖梅, 张雷, 寇雯玉, 苗永禄, 刘伟

(长安大学汽车学院汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘要: 为了提高边缘检测的运行效率和检测精度, 提出了一种新的边缘检测算法, 该算法由一个自适应神经模糊推理系统和一个后处理程序组成. 选取与边缘方向和梯度双重信息相关的4个目标函数作为自适应神经模糊推理系统的输入, 采用计算机合成图像对自适应神经模糊推理系统进行训练. 运用一个后处理程序, 判断自适应神经模糊推理系统的输出值是否小于门限值, 若小于则该像素点为边缘点. 仿真实验表明, 该方法边缘检测效果优于传统方法和当前文献报道方法.

关键词: 自适应神经模糊推理系统; 边缘检测; 目标函数

中图分类号: TG143.7

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2012.04.020

0 引言

模糊神经网络系统综合了神经网络从样本中学习和模糊逻辑系统对不确定性和不准确性的建模能力, 适用于处理在提取图像有用信息过程中遇到不确定的情况, 故基于神经网络和模糊逻辑系统已经引起了很多研究者的关注^[1-6]. 研究人员提出新的神经模糊算法(Edge Detection in Noisy Images by Neuro-Fuzzy Processing, EDN-INFP)对被噪声污染的图像进行边缘检测^[1]. 文献[6]定义了一个目标函数, 目标函数的值与模板中心点像素的边缘梯度和方向相关, 由目标函数值来判断和确定该像素点是否为边缘点. WU^[7]提出了一种快速多级模糊边缘检测算法(Fast Multilevel Fuzzy Edge Detection, FMFED). 文献[8]提出了一种基于直观模糊集理论(Atanassov's Intuitionistic Fuzzy Set Theory, AIFST)的边缘检测算法, 该算法使用了16个模板, 定义一个新的距离测量公式来衡量中心点与相邻点的差异性, 作为判断中心点是否为边缘点的标准. 笔者提出的边缘检测算法由一个自适应模糊神经网络系统和一个后处理程序组成.

1 算法

本算法中自适应神经模糊推理系统具有4个

输入和1个输出, 选取了与边缘方向梯度双重信息相关的4个目标函数: f_1, f_2, f_3, f_4 作为自适应神经模糊推理系统的输入. 对于自适应神经模糊推理系统的输出值, 运用一个后处理程序, 采用一个固定的阈值来判断该中心点是否为边缘点. 算法结构示意图如图1所示.

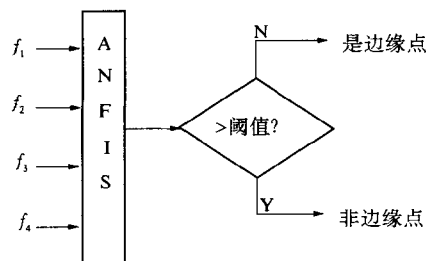


图1 算法示意图

Fig.1 Algorithm diagram

1.1 自适应神经模糊推理系统的输入

按照边缘的4个方向定义了4个目标函数: f_1, f_2, f_3, f_4 , 分别为垂直方向、水平方向、斜135°角方向和斜45°角方向(如图2所示), 并且将这4个目标函数作为基于自适应神经模糊推理系统的输入.

首先引入一个 3×3 模板. 模板包含其中心点(像素灰度值标记为 p_5 , 其坐标为 (x, y))和它的8个相邻点(像素灰度值分别标记为 $p_1, p_2, p_3, p_4, p_6, p_7, p_8$ 和 p_9).

收稿日期:2012-01-10; 修订日期:2012-04-01

基金项目:国家自然科学基金青年基金资助项目(61004087)

作者简介:肖梅(1977-), 女, 汉族, 江西安福人, 博士, 主要从事图像处理、多传感信息融合的研究, E-mail: xiaomeijx@163.com.

接着,定义4个边缘方向模板,如图2所示.图中黑色箭头表示模板中心点的边缘方向.根据 3×3 模板中心点 p_5 的4个可能的边缘方向,定义4个边缘方向模板.垂直边缘方向模板如图2(a)所示,水平边缘方向模板如图2(b)所示,斜 135° 边缘方向模板如图2(c)所示,斜 45° 边缘方向模板如图2(d)所示.

然后分别对每一个方向模板内的9个像素划分为2个集合 s_0 和 s_1 ,如图2所示,浅灰色标记的像素区域为集合 s_0 ,白颜色标记的像素区域为集合 s_1 .

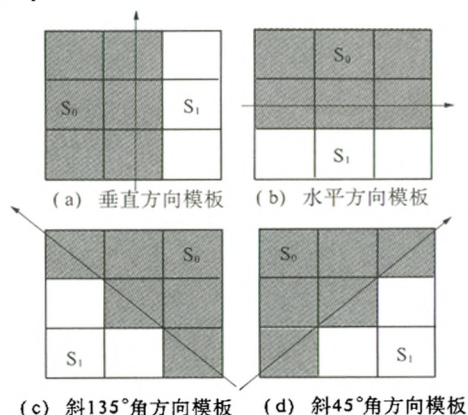


图2 4种边缘方向模板

Fig.2 Four directions mask of edge

最后,定义自适应神经模糊推理系统的4个输入 f_1, f_2, f_3, f_4 并确定目标函数.在4个边缘方向模板中,定义 N_f 为集合 s_0 和集合 s_1 之间基于灰度值的集合之间距离(也可以简称为“集合之间距离”), N_f 越大,2个集合之间的对比度也就越大,模板中心点为边缘点的可能性就越大.集合之间距离 N_f 定义如公式(1):

$$N_f = \min(1, \frac{|m_0 - m_1|}{w_1}), \quad (1)$$

其中,

$$m_0 = (1/6) \sum_{p_j \in s_0} p_j, \quad (2)$$

$$m_1 = (1/3) \sum_{p_j \in s_1} p_j, \quad (3)$$

式中: w_1 为常数,在大量实验基础上,选取数值为90; p_j 表示 3×3 模板中第 j 个像素点的灰度值, $j = 1, 2, \dots, 9$.

定义 D_f 为集合 s_0 和集合 s_1 内部像素基于灰度的集合内部距离. D_f 越小,那么两个集合的致密性也就越高,对于模板中心点而言,被判定为边缘点的可能性也就越大.集合内部距离函数 D_f 定义如公式(4):

$$D_f = 1 + D_0 + D_1, \quad (4)$$

其中,

$$D_0 = \frac{1}{15} \sum_{\substack{p_m, p_n \in s_0 \\ m > n \\ m \neq n}} \min(1, \frac{|p_m - p_n|}{w_2}), \quad (5)$$

$$D_1 = \frac{1}{3} \sum_{\substack{p_m, p_n \in s_1 \\ m > n \\ m \neq n}} \min(1, \frac{|p_m - p_n|}{w_2}). \quad (6)$$

公式(4)中的第一项添加一小项1是为了防止公式(7)中的分母项 D_f 为零; w_2 为常数,根据大量的实验数据取值为40.

定义一个目标函数 f_i 来表述 N_f 和 D_f 之间的逻辑关系. $i = 1, 2, 3, 4$ 分别代表垂直方向、水平方向、斜 135° 方向和斜 45° 方向.目标函数定义见公式(7)

$$f_i = (L - 1) \frac{N_f}{D_f}. \quad (7)$$

式中: f_i 表示第 i 个边缘方向模板的目标函数, f_i 标准化在 $[0, L - 1]$ 之间;对于256级灰度级的图像 L 取值为256. f_i 的值越大,模板中心点为边缘点的可能性也就越大.

1.2 自适应神经模糊推理系统的训练

自适应神经模糊推理系统内部的参数是通过训练、逐步调整得到的.自适应神经模糊推理系统的训练采用混合算法,其中条件参数采用反向传播算法,而结论参数采用线性最小二乘估计算法来调整参数.

训练的输入图像和输出目标图像可以很容易通过计算机进行合成,如图3所示.

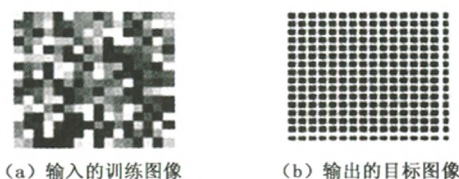


图3 训练图像

Fig.3 Training image

1.3 基于自适应神经模糊推理系统边缘检测算法的输出

基于自适应神经模糊推理系统边缘检测算法的输出还必须经过一个后处理程序,即将自适应神经模糊推理系统的输出值 F 和一个阈值 T 相比较,小于门限值的像素点认为是非边缘点并令其像素值为0,反之认为是边缘点并令其像素值为255.

$$f_e(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{如果 } F < T \\ 255, & \text{其它} \end{cases}. \quad (8)$$

式中: $f_e(x, y)$ 就是后处理程序的输出, 即边缘检测算法的输出; T 为阈值, 通常取图像灰度值变动范围值的一半。

2 仿真实验

为了验证笔者提出的边缘检测算法的有效性, 采用 Algarve 大学图像实验室提供的合成图像来进行仿真实验 (<http://w3.ualg.pt/~>

dubuf/pubdat/ledge/ledge.html)。

256 × 256 大小的测试图像如图 4(a) 所示, 真实的图像边缘如图 4(b) 所示。笔者的方法、NF 方法、FMF 方法和 IFS 方法的边缘检测结果分别如图 4(c)、图 4(d)、图 4(e) 和图 4(f) 所示。定量评价指标如表 1 所示。从定量指标看, 笔者方法的边缘定位和检出率最好, 其它依次是 NF 方法、FMF 方法和 IFS 方法。这些结论可以从图 4 中得到直观的印证。

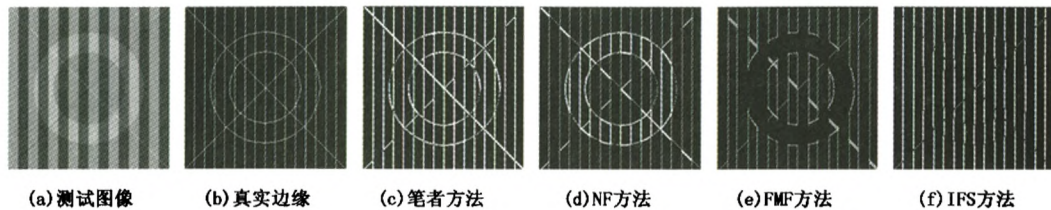


图 4 Ledge 边缘检测图

Fig. 4 Edge detection image of Ledge

定量指标采用定位指标 P_l 和误检率指标 P_e [9]。

$$P_l = \frac{1}{\max(n_d, n_o)} \sum_{i=1}^{n_d} \frac{1}{1 + \lambda d_i^2}; \quad (9)$$

$$P_e = \frac{n_e}{n_o}. \quad (10)$$

式中: n_d 是检测出来的边缘点数目; n_o 为原始图像中的边缘点数目; λ 为标准常数取值为 2, d_i 为检测出的失真的边缘图像中第 i 个边缘点和与它相关的原始图像中的边缘点之间的欧几里得距离; n_e 为错误检测出的边缘点的数目。算法的检测结果越准确, 得到定位指标 P_l 的值就越大, 误检率 P_e 的值越小。表 1 为定位指标和误检率数据。

表 1 原始测试图像的定位指标和误检率指标对比

Tab. 1 The measurements of localization criterion and detection criterion on the original test image

误检率	IFS 方法	FMF 方法	NF 方法	笔者方法
P_l	0.870 3	0.890 3	0.903 2	0.915 2
P_e	0.203 5	0.156 2	0.128 9	0.119 8

3 结论

笔者提出新的边缘检测算法, 使用自适应神经模糊推理系统来解决在图像边缘检测中可能遇到不确定、随机的和多变的情况, 得到很好的边缘检测结果。算法的主要优势如下: 一是构建了一个只有 4 个输入一个输出的简洁的神经模糊推理结构, 合理的选取了 4 个输入变量, 提高系统运行效率和算法检测的准确性; 二是系统的训练利用简

单的人工合成图像来进行, 解决了神经网络学习资源选取的困难。

参考文献:

- [1] YUKSEL E M. Edge detection in noisy images by neuro-fuzzy processing[J]. International Journal of Electronics and Communications, 2007, 61(2): 82-89.
- [2] BECERIKLI Y, KARAN T M. A new fuzzy approach to edge detection[J]. Computational Intelligence and Bioinspired Systems, 2005, 35(12): 943-951.
- [3] ZHUGE Y, UDUPA J K, SAHA P K. Vectorial scale-based fuzzy-connected image segmentation[J]. Computer Vision Image Understanding, 2006, 101(3): 177-93.
- [4] YUKSEL M E. A hybrid neuro-fuzzy filter for edge preserving restoration of images corrupted by impulse noise[J]. IEEE Trans. Image Processing, 2006, 15(4): 928-36.
- [5] ZHOU De-long, PAN Quan, ZHANG Hong-cai. An improved algorithm of edge detection based on fuzzy sets[J]. Journal of Image and Graph, 2001, 6(4): 353-358.
- [6] KANG Chung-Chia, WANG Wen-Jun. A novel edge detection method based on the maximizing objective function[J]. Pattern Recognition, 2007, 40(2): 609-618.
- [7] WU Jin-bo, YIN Zhou-ping, XIONG You-lun. The Fast Multilevel Fuzzy Edge Detection of Blurry Images[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2007, 14(5): 34-42.

(下转第 93 页)

参考文献:

- [1] 董春桥,刘贤德,惠晓实.楼宇自动控制网络通信协议 BACnet 实现模型的研究[J].计算机工程与应用 2003,39(5):172-174.
- [2] 廖方诚,周祖德.基于 BACnet 和 Modbus 协议转换器的设计[J].武汉理工大学学报.2009,31(23):89-91.
- [3] ANSI/ASHARE Standard 135-2001;BACnet-A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks,USA 2001.
- [4] 线岩团,许江淳,鄢大鹏.基于单片机的 MODBUS 的协议实现[J].云南大学学报:自然科学版.2009,31(S2):120-124.
- [5] 张桂,金国强,李辉.基于 ARM 平台 Modbus RTU 协议的研究与实现[J].电力科学与工程,2011,27(1):23-27.
- [6] 邵贝贝.嵌入式实时操作系统 ucOSII[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.

Design of BACnet /Modbus Protocol Converter Based on Routing Function

LI Chun-wang¹, SUN Yu-ying², WU Yi-min¹, SHI Fang³

(1. Biochemical Engineering College, Beijing Union University, Beijing 100023, China; 2. Beijing University of Technology, Beijing 100022, China; 3. Beijing Shinengtong Intelligent Technology Development Co. Ltd, Beijing 100081, China)

Abstract: Traditional BACnet/Modbus gateway could realize data interchange only though data sharing, could not recognize Modbus devices directly under BACnet environment. The authors designed and developed a kind of BACnet/Modbus protocol converter based on routing function. By using it, the parsing and routing directing of Modbus device address could be realized in network layer, and BACnet datagram encapsulating to Modbus device could be done in application layer, so that a Modbus device could be directly encapsulated into a BACnet device. The experimentation results show that the management and operation to a Modbus device could be completed though BACnet software directly by using the protocol converter, and a higher data throughput was obtained simultaneously.

Key words: BACnet; Modbus; routing function; protocol converter

(上接第 88 页)

- [8] CHAIRA T, RAY A K. A new measure using intuitionistic fuzzy set theory and its application to edge detection [J]. Applied Soft Computing, 2008, 8(2): 919-927.
- [9] AYDIN T, YEMEZ Y, ANARIM E, et al. Multidirectional and multiscale edge detection via M-band wavelet transform[J]. IEEE Trans. Image Process, 1996, 5(9): 1370-1377.

A Novel Edge Detection Method

XIAO Mei, ZHANG Lei, KOU Wen-Yu, MIAO Yong-lu, LIU Wei

(Key Laboratory of Automobile Transportation Safety Control Technology of Ministry Communication, School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to reduce the impact of parameters on edge detection, we present a novel edge detection in digital images. The proposed method consists of an adaptive neural fuzzy inference system and a post-processing. We selected the 4 objective functions related to edge direction and gradient magnitude as the adaptive neural fuzzy inference system inputs. The input image and the target image used for training adaptive neural fuzzy inference system were synthesized by the computer. A post-processing procedure was applied to determine whether the point was an edge point by using a fixed threshold compared with the adaptive neural fuzzy inference system output value. The proposed edge detector is tested on popular images and also compared with popular edge detectors from the literature. Experimental results show that the proposed edge detector exhibits much better performance than the competing operators and may efficiently be used for the detection of edges in digital images.

Key words: adaptive neuro-fuzzy inference; system edge detection; objective function