

基于 Tsallis 熵的自适应红外图像边缘检测方法

刘岩俊

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘要: 针对红外图像边缘检测这一难题, 结合红外图像的特点, 提出了基于 Tsallis 熵的自适应红外图像边缘检测方法. 该方法分别计算图像子空间的边缘与非边缘的 Tsallis 熵, 根据子空间最优 Tsallis 熵, 构造出子空间最佳阈值的评价函数, 根据评价函数, 选择不同方向的边缘检测模板, 增强了图像的边缘信息, 从而避免了单一模板造成的边缘丢失现象. 实验结果表明, 与传统的边缘检测方法相比, 该方法对于红外图像可以最大程度上抑制噪声, 有效地提高图像的边缘检测效果.

关键词: 边缘检测; Tsallis 熵; 红外图像; 自适应

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)07-0021-03

Adaptive Edge Detection Method Based on Tsallis Entropy of Infrared Image

LIU Yan-jun

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Pointing at the difficulty in the edge detection of infrared image, the characteristics of the infrared image and its gradient image are analyzed, a adaptive edge detecting algorithm based on Tsallis entropy of infrared image is proposed. This method computes the Tsallis entropy of edge and non-edge of local image differently, based on the best Tsallis entropy of local image, a evaluation function is proposed. Based on the evaluation, the different structure of edge detecting is selected, the image edge information is enhanced, and avoids the edge missing. Experiment results show that, compared with the traditional edge detecting method, this method decreases the noise of infrared image as possible as it can and enhances image edge.

Key words: edge detecting; Tsallis entropy; infrared image; adaptive

1 引言

由于图像边缘是图像最基本的特征, 图像的边缘标记了图像中的间断点或灰度起伏变化显著点, 可提供目标轮廓的位置信息, 因此边缘检测在计算机视觉、图像分析等应用中起着重要的作用, 为人们描述或识别目标以及解释图像提供了一个有价值的特征参数. 常用的一些边缘检测算子如 Robert、Sobel、Prewitt、Kirsch、Gauss-Laplace 等都是对图像像素点进行梯度运算^[1-2]. 对于灰度变化明显的边缘, 这些算子都能正确地检测出图像的边缘, 但是由于红外传感器本身所固有的特性, 成像区域与其周

围环境存在热交换, 以及大气对热辐射的散射和吸收作用, 红外图像的灰度分布实际上对应于目标和背景的温度和辐射率的分布, 所以红外图像通常整个图像较暗, 目标和背景的对比度较低, 目标边缘较为模糊, 噪声较大且成分复杂, 图像边缘模糊、噪声严重、空间相关性强等特点, 这些基于像素梯度进行运算的算子的检测效果不理想或者根本无法检测出图像边缘^[3-5].

针对红外图像的灰度分布特点, 文中提出了基于 Tsallis 熵的自适应红外图像边缘检测方法, 该方法分别计算子空间的边缘与非边缘的 Tsallis 熵, 根据子空间最优 Tsallis 熵, 构造出子空间最佳阈值的

评价函数,根据评价函数,选择不同方向的边缘检测模板,增强了图像的边缘信息.实验结果表明,与传统 Sobel 算子、Canny 算子等边缘检测方法相比,该方法对于红外图像可以最大程度上抑制噪声,有效地提高图像的边缘检测效果.

2 边缘检测算法

2.1 图像熵

图像熵用来考查一个系统内所包含信息的不确定性,它能定量地衡量一个过程所产生信息量的大小.图像作为一个二维信源,处于不同位置的像素取不同的灰度,假设各像素和灰度是统计独立的,而且不考虑像素的几何位置、像素灰度用 x_i 表示^[6-8],若 $p(x_i)$ 为各灰度级出现的概率,则 Shannon 熵的定义如下:

$$S_{\text{shannon}} = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \quad (1)$$

其中, $0 \leq p_i \leq 1$ 且 $\sum_{i=1}^n p_i = 1$.

对于 $M \times N$ 的图像来说,像素点 $f(i, j)$ 出现的概率为 $p(f_{m,n})$ 定义如下:

$$p(f_{m,n}) = f_{m,n} / f_t = f_{m,n} / \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N f_{i,j} \quad (2)$$

2.2 Tsallis 熵

传统的图像处理认为,一幅图像可以视为二维马尔可夫场,为了简化处理,仅认为该场记忆相邻单元.实际上,自然界的图像本身拥有长程微观记忆与耗散系统两方面的特性,用非广延统计力学能更恰当地描述图像本身. Tsallis 等提出了非广延熵表达式:

$$S_q = \frac{1 - \sum_{i=1}^n (p_i)^q}{q - 1} \quad (3)$$

式中, q 为非广延参数.

以这种非广延熵为基础建立的统计力学称为非广延统计力学,或广义统计力学,而非广延熵是 $q \rightarrow 1$ 的极限情况.即:

$$S_{\text{shannon}} = \lim_{q \rightarrow 1} S_q \quad (4)$$

假设图像 $f(x, y)$ 已经分割为目标集合 O 与背景集合 B , 则其二维 Tsallis 熵定义为

$$S_q(f) = S_q(O) + S_q(B) + (1 - q) S_q(O) S_q(B) \quad (5)$$

2.3 边缘梯度

对于像素 $f(x, y)$, 其水平、垂直两个对角线方

向的梯度检测模板 B_i, B_i 为 7×7 子矩阵,在主位置上权值为 1,其它位置权值为 0.

边缘梯度如公式(6)所示:

$$H_{m,i}(x, y) = f(x, y) p_m B_i \quad (6)$$

则其最大边缘梯度如公式(7)所示:

$$H_{\max} = \{H \mid H \in H(m, i, s, j)\} \quad (7)$$

$$Y(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{边缘点 if } H(x, Y) > T \\ 0, & \text{非边缘点 if } H(x, y) < T \end{cases} \quad (8)$$

由 Tsallis 熵定义可知,只有离散度最大的像素才可能是图像边缘,这里使用了子空间阈值来判断该像素点是否是图像边缘.

3 基于 Tsallis 熵最优阈值选取

3.1 阈值选取

边缘提取的思想是:经过某种变换后,待提取的边缘的灰度值的变化程度比图像中非边缘部分的要明显得多.输出图像边缘部分与输入图像的灰度值之差要大于非边缘部分的差.因此要选择一种变换,能扩大这个差值又对非边缘的影响很小.根据 Kurz 等人的经验,图像子空间既要包括足够的像素点以充分反映灰度分布的局部统计特征,又要包括尽量少一些的像素点以保留图像边缘细节,根据大量图像的处理数据, Kurz 等人指出,图像子空间中至少要包括 20 个像素点才能反映灰度分布的局部统计特征.

文中以 $f(x, y)$ 为中心,选择 7×7 子空间,在 7×7 的区域内,对原始图像按公式(9)、(10)求每个元素的边缘和非边缘的 Tsallis 熵分别对应目标 O 和背景 B 的 Tsallis 熵,定义如下:

$$S_q(O) = \frac{1 - \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^L [h_{i,j}(O)]^q}{q - 1} \quad (9)$$

$$S_q(B) = \frac{1 - \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^L [h_{i,j}(B)]^q}{q - 1} \quad (10)$$

式中, $h_{(i,j)}(O), h_{(i,j)}(B)$ 为集合 O 与集合 B 的二维直方图.

根据最大熵准则,对地面目标像素和背景像素进行分类,最优阈值如公式(11)所示:

$$S(\bar{T}) = \max_{T=0,1,2,\dots,K} (S_q(O) + S_q(T)) \quad (11)$$

3.2 算法实现步骤

对于图像 $f(x, y)$, 基于 Tsallis 熵的自适应红外图像边缘检测方法具体实现步骤如下:

- ① 根据公式(9)、(10) 在 7×7 的图像区域, 计算边缘和非边缘的 Tsallis 熵 $S_q(O)S_q(B)$;
- ② 根据公式(11) 得到最优阈值 $S(\bar{T})$;
- ③ 根据公式(6) 计算出图像在四个方向的边缘梯度 $H_{m,i}(x,y)$, 并求出最大梯度 $H_{\max}(x,y)$;
- ④ 使用最优阈值 $S(\bar{T})$ 对 $H_{m,i}(x,y)$ 进行边缘处理, 最终变换结果保存为一幅图像。

4 实验结果与分析

文中试验图像分辨率为 768×576 , 图像运行平台为 Microsoft Visual C++ 6.0. 分别采用本文方法, 经典的 Sobel 边缘检测算子、Canny 算子对红外图像进行边缘检测, 运行结果如图 1 所示。其中图 1(a) 是原始图像, 图 1(b) 是文中方法检测结果, 可以看到, 检测结果轮廓清晰可见, 并且噪声小; 图 1(c) 为 Canny 算子检测结果, 其轮廓不清晰; 图 1(d) Sobel 算子的检测结果有很大噪声, 不能清楚地观察到边缘。从实验结果可以看出, Sobel、Canny、方法对边缘的检测效果不明显, 并且精度性不高。而基于 Tsallis 熵的红外图像边缘检测方法的检测结果边缘连续、清晰。

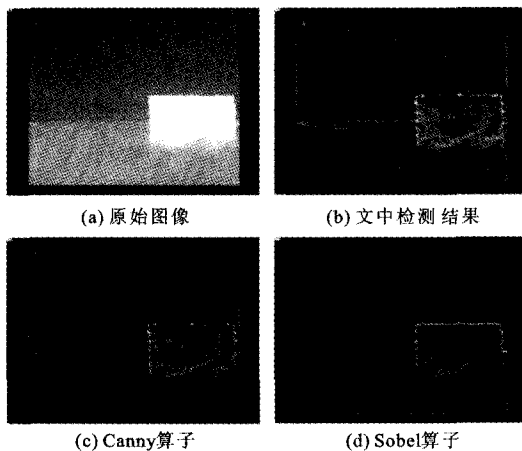


图 1 红外图像检测结果

为验证本文算法的通用性, 对飞机目标的红外图像进行检测, 试验图像分辨率为 512×512 , 检测结果如图 2 所示。与 Sobel、Canny 算法相比, 文中算法检测结果边缘连续、清晰。实验结果表明, 该算法对大部分红外图像适用。

5 结束语

文中针对红外图像的特点, 根据子空间的 Tsallis 熵给出了边缘梯度阈值评价函数, 这样可以选择方向最强的边缘检测, 从而避免了单一方向模板造成的边缘丢失现象。通过对不同红外图像的实验表

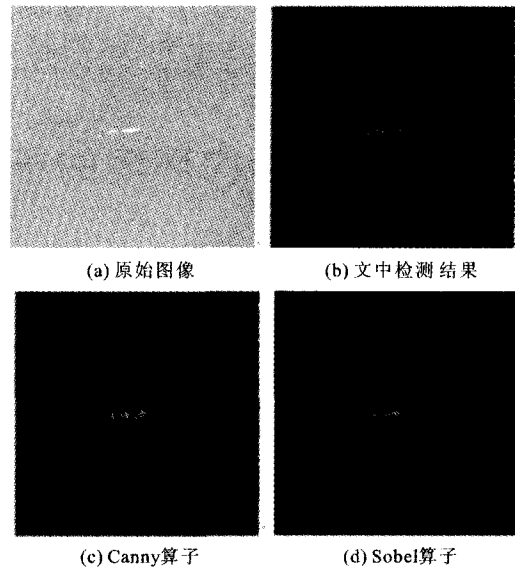


图 2 红外飞机目标图像检测结果

明, 基于 Tsallis 熵的自适应红外图像边缘检测方法可以适应大多数红外图像, 与 Sobel 算子、Canny 算子相比较, 文中对红外图像边缘检测方法的检测结果边缘连续、清晰, 获得了更好的边缘检测效果。

参考文献:

- [1] 闫海霞, 赵晓晖. 基于 Tsallis 熵差的遥感图像边缘检测方法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(9): 3598—3600.
- [2] 闫海霞, 赵晓晖. 基于数学形态学的边缘检测方法[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(11): 3496—3498.
- [3] 路晓菊, 张太猛, 张亚歌, 等. 一种基于局部特征的拓片图像边缘检测算法[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(6): 97—100.
- [4] 冷璐, 黎明, 张家树. 结合边缘细节局部自适应增强的直方图均衡化[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(1): 38—41.
- [5] 闫海霞, 刘岩俊, 赵晓晖. 顺序形态变换边缘检测方法[J]. 微计算机信息, 2009, 25(3): 288—289.
- [6] 赵海英, 冯月萍. 应用 Gabor 滤波器和局部边缘概率直方图的全局纹理方向性度量[J]. 光学精密工程, 2010, 18(2): 1668—1674.
- [7] 王珏, 黄苏红, 蔡玉芳. 工业 CT 图像环形伪影校正[J]. 光学精密工程, 2010, 18(5): 1226—1233.
- [8] Li Gang, Ju Yongfeng. Novel approach to pavement cracking detection based on morphology and mutual information[J]. 2010 Chinese Control and Decision Conference, 2010: 3219—3223.

作者简介:

刘岩俊 男, (1978—), 博士, 副研究员. 研究方向为光电测量。