

一种矢量相关性的抗噪声边缘检测方法

王文宁

(山东农业大学 信息科学与工程学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 对图像中常见的高斯噪声特性进行了分析, 对含有较强高斯噪声的数字图像的边缘检测方法进行了研究。分析了边缘的方向性相关特征和连续性相关特征, 设计了图像特征矢量图, 检测图像特征矢量相关的相似性, 提取出抗噪声的图像边缘检测方法。仿真验证表明, 对于含有较强高斯噪声的图像, 本方法能够有效抑制噪声, 而且能够提取出准确清晰的边缘。本算法在噪声图像中能很好地克服普通算子的噪声问题, 而且算法简单, 计算量较少。

关键词: 高斯噪声; 噪声图像; 边缘检测; 矢量相关

中图分类号: TP361

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)05-0053-03

An anti-noise edge detection method based on vector correlation

Wang Wenning

(College of Information Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: This article analyses the Gauss noise characteristics of common image, studies the edge detection method based on digital image which contains a strong Gauss noise. It analyses directional correlation feature edges and continuity characteristics, design the image feature vector, detects similarity of image feature vector related, extract image edge detection method of anti-noise. The simulation results show that, for images with a strong Gauss noise, the proposed method can effectively suppress the noise, and can extract accurate and clear edge. This method can well overcome the noise problem of common operators in noise image, but also has a simple algorithm with less calculation.

Key words: Gauss noise; noisy image; edge detection; vector correlation

边缘是图像目标检测主要方法, 而噪声图像的边缘检测往往受噪声影响较大, 对噪声敏感。噪声和边缘都属于高频信号, 用滤波器滤除噪声的同时也损失了图像细节信息。如何在噪声图像中很好地提取边界是图像处理中的难点。传统的边缘检测方法已经提出了一些基于模板的算法, 理论分析表明, 这些检测器均属于高通滤波器, 故对含有噪声的图像边缘检测效果并不理想^[1-2]。用基于小波变换的边缘检测方法提取边缘可以有效地提取边缘, 但是计算量较大, 为了辨识噪声, 要进行多级小波分解^[3-5]。常用的微分算子有 Roberts 算子^[6]、Sobel 算子^[7]、Prewitt 算子^[8]、Canny 算子^[9-10]以及 LoG 算子^[11]等。以往的算法很少利用边缘的方向特征以及连续性特征, 边缘具有的方向性和连续性也是区别于噪声的显著特征。

本文根据边缘区别于噪声的特征提出了充分利用边缘方向性显著和边缘强的关联特征, 提出了一种基于

两种经典的边缘提取算子得到梯度矢量图像, 计算矢量图像自身矢量相关度和矢量图像之间的矢量相关度, 最终确定边缘的算法。本算法在噪声图像中能很好地克服普通算子的噪声问题, 而且算法简单, 计算量较少。

1 设计图像的初始梯度矢量图

图像的边缘检测算子很多, 模板越大抗噪效果越好, 但检测到的边缘较粗, 不利于边缘定位。分析几种常见的边缘检测算子, 并且考虑到矢量图像在不同的尺度下的边缘检测算子需要保证梯度矢量的方向特征一致性, 本文选择了 2×2 大小的 Robert 算子和 3×3 大小的 Sobel 算子, 如图 1 和图 2 所示。

1
-1

(a) a 模板

1	-1
---	----

(b) b 模板

图 1 Robert 算子模板

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(a) a 模板

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(b) b 模板

图 2 Sobel 算子模板

设原图像为 $f(x, y)$, Robert 矢量图像的函数为 $\vec{r}(x, y)$, Sobel 矢量图像的函数为 $\vec{s}(x, y)$ 。其中, $\vec{r}(x, y)$ 的第一个要素由图 1 Robert 模板中 (a) 模板生成, 第二个要素由图 1 Robert 模板中 (b) 模板生成。 $\vec{s}(x, y)$ 第一个要素由图 2 Sobel 模板中 (a) 模板生成, 第二个要素由图 2 Sobel 模板中 (b) 模板生成。把 $\vec{r}(x, y)$ 称为 Robert 矢量图像, 把 $\vec{s}(x, y)$ 称为 Sobel 矢量图像。

$$\vec{r}(x, y) = (f(x, y+1)) - (f(x, y)) + i^* (f(x+1, y) - (f(x, y)))$$

$$\vec{s}(x, y) = (f(x-1, y+1)) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1) - (f(x-1, y-1)) - 2f(x, y-1) - f(x+1, y-1) + i^* (f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1) - f(x-1, y-1) - 2f(x-1, y) - f(x-1, y+1))$$

2 矢量图像的矢量相关性检测

一般的矢量都有 3 个要素, 即大小、方向和起始点。如果一个矢量只考虑其大小和方向, 不考虑它的起始点, 则这样的矢量称为自由矢量, 一般在数学上所研究的矢量基本是这样的自由矢量。矢量的加法和点积都可以在一定程度上衡量矢量的相关性。

(1) 矢量的加法

矢量的加法满足图 3(a) 所示的三角形法则。

由矢量的加法所满足的运算法则可知:

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c} \quad (1)$$

(2) 矢量的点积

矢量点积运算图如图 3(b) 所示。矢量的点积 $\vec{a} \cdot \vec{b}$ 的运算法则为:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta \quad (2)$$

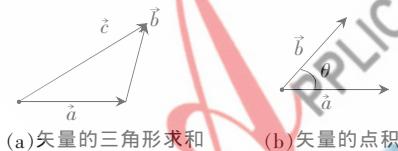


图 3 矢量运算图

其中, θ 为两矢量 \vec{a} 和 \vec{b} 间的夹角。

如果两个矢量相似, 则大小和方向两个参量都很接近, 如果只有大小相似而方向不同, 则说明两个矢量的相似度并不高。由于噪声是随机分布的, 噪声在不同尺度的模板下所生成的梯度矢量, 即使幅值相似, 方向也是随机的, 因此充分利用矢量的方向特征可以有效地区分噪声点和边缘点。再者, 边缘一般都是连续的一些像素, 而噪声没有连续的特征, 利用与周围像素是否存在连续性也可以区分噪声点和边缘点。

本文利用边缘梯度矢量的方向特征和连续特征可以把边缘检测分成 3 个方向来讨论。

(1) 只利用方向特征。对 Robert 矢量图和 Sobel 矢量图进行点对点的矢量相关性运算。在这里选择矢量的点

积作为检测矢量相关的运算方法, 已知 Robert 矢量图像的函数为 $\vec{r}(x, y)$, Sobel 矢量图像的函数为 $\vec{s}(x, y)$, 设新生成的矢量相关图像为 $g_1(x, y)$ 。

$$g_1(x_0, y_0) = \vec{r}(x_0, y_0) \cdot \vec{s}(x_0, y_0) \quad (3)$$

由于 $g(x, y)$ 是两个矢量点积的结果, $g(x, y)$ 是标量, 而且有负值存在, 对于负值, 很明显是两个矢量不相关的结果, 因此负值全都赋值 0。

(2) 利用边缘像素与其邻域像素的相似特征。分别以 Robert 矢量图和 Sobel 矢量图为单独研究对象, 中心像素与其 3×3 邻域的 8 个像素分别求矢量相关, 在这里依然以点积作为检测矢量相关的运算方法。若以 Robert 矢量图像当前的中心像素为 $\vec{r}(x_0, y_0)$, 则其邻域像素分别为 $\vec{r}(x_0-1, y_0-1)$ 、 $\vec{r}(x_0-1, y_0)$ 、 $\vec{r}(x_0-1, y_0+1)$ 、 $\vec{r}(x_0, y_0-1)$ 、 $\vec{r}(x_0, y_0+1)$ 、 $\vec{r}(x_0+1, y_0-1)$ 、 $\vec{r}(x_0+1, y_0)$ 、 $\vec{r}(x_0+1, y_0+1)$, 如图 4(a) 所示; 若以 Sobel 矢量图像当前的中心像素为 $\vec{s}(x_0, y_0)$, 则其邻域像素分别为 $\vec{s}(x_0-1, y_0-1)$ 、 $\vec{s}(x_0-1, y_0)$ 、 $\vec{s}(x_0-1, y_0+1)$ 、 $\vec{s}(x_0, y_0-1)$ 、 $\vec{s}(x_0, y_0+1)$ 、 $\vec{s}(x_0+1, y_0-1)$ 、 $\vec{s}(x_0+1, y_0)$ 、 $\vec{s}(x_0+1, y_0+1)$, 如图 4(b) 所示。

$\vec{r}(x_0-1, y_0-1)$	$\vec{r}(x_0-1, y_0)$	$\vec{r}(x_0-1, y_0+1)$
$\vec{r}(x_0, y_0-1)$	$\vec{r}(x_0, y_0)$	$\vec{r}(x_0, y_0+1)$
$\vec{r}(x_0+1, y_0-1)$	$\vec{r}(x_0+1, y_0)$	$\vec{r}(x_0+1, y_0+1)$

(a) Robert 矢量图局部图

$\vec{s}(x_0-1, y_0-1)$	$\vec{s}(x_0-1, y_0)$	$\vec{s}(x_0-1, y_0+1)$
$\vec{s}(x_0, y_0-1)$	$\vec{s}(x_0, y_0)$	$\vec{s}(x_0, y_0+1)$
$\vec{s}(x_0+1, y_0-1)$	$\vec{s}(x_0+1, y_0)$	$\vec{s}(x_0+1, y_0+1)$

(b) Sobel 矢量图局部图

图 4 矢量图局部模板

设由 Robert 矢量图生成的边缘显著性图像为 $g_2(x, y)$, 由 Sobel 矢量图生成的边缘显著性图像为 $g_3(x, y)$, 则:

$$g_2(x, y) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \vec{r}(x_0, y_0) \cdot \vec{r}(x_0+i, y_0+j) \quad (4)$$

$$g_3(x, y) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \vec{s}(x_0, y_0) \cdot \vec{s}(x_0+i, y_0+j) \quad (5)$$

(3) 综合边缘的相似性和矢量性, 把运算分成两部分: 先分别考虑 Robert 矢量图和 Sobel 矢量图的局部相似性特征, 生成各自的新的矢量图; 把两种新生成的矢量图再点对点求矢量相关图, 设最终生成的边缘图像为 $g_4(x, y)$, 是标量图。为了简化运算且为了保留 Robert 矢量图和 Sobel 矢量图的矢量特征, 第一步只是把包括中心像素在内的局部像素进行矢量相加再求平均代替当前中心矢量, 分别记为均值矢量 $\overline{\vec{r}(x_0, y_0)}$ 和 $\overline{\vec{s}(x_0, y_0)}$ 。第二步, 把两个矢量图对应点进行点积运算生成 $g_4(x, y)$ 。其中,

$$\overline{\vec{r}(x_0, y_0)} = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \vec{r}(x_0+i, y_0+j) \quad (6)$$

$$\overline{\vec{s}(x_0, y_0)} = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \vec{s}(x_0+i, y_0+j) \quad (7)$$

$$g_4(x, y) = \overline{\hat{r}(x_0, y_0)} \cdot \overline{\hat{s}(x_0, y_0)} \quad (8)$$

3 实验结果分析

实验结果如图 5 所示。实验选取大小为 256×256 大小的 Lena 图像,如图 5(a)所示。实验中,采用含有均值为 0、方差为 0.05 的 Gaussian 噪声图像,如图 5(b)所示。图 5(c)为 Robert 算子提取的边缘图像,图 5(d)为 Sobel 算子提取的边缘图像,从实验结果可以看出,图像噪声对边缘提取有很大的影响,Robert 算子对噪声很敏感,而 Sobel 算子由于采用较大一点的模板,抗噪效果较好,但是还是检测出很多噪声点。

本文根据边缘的方向特征和边缘特征做了 3 个实验。

实验 1:只是把图像对应像素进行矢量相关运算,图 5(e)为两种梯度图像幅值相关图,可以看出噪声在很大程度上得到抑制,这是因为在不同大小尺度下边缘具有一定稳定性,而噪声随着模板的增大而下降;图 5(f)为两种梯度矢量图的矢量相关图,与图 5(e)相比,在边缘保持基本不变的情况下,能更好地抑制噪声。

实验 2:依据图像边缘的连续性特征,分别对 Robert 矢量图和 Sobel 矢量图进行局部矢量相似性计算,得到各自的连续性相关的边缘图像,如图 5(g)和图 5(h)所示。从实验结果可以看出,边缘的连续性可以很好地抑制噪声。

实验 3:为了把图像边缘的方向特征和连续特征综合考虑,设计了实验 3,图 5(i)和图 5(j)是把 Robert 矢量图和 Sobel 矢量图进行局部矢量相加求均值。从实验结果看,仅仅简单的矢量加也可以有效地突出边缘信息。再考虑两种矢量图对应点的矢量相关性,最后得到图 5(k),从最后得到的边缘效果来看,综合考虑边缘特征能更好地提取边缘,抑制噪声。

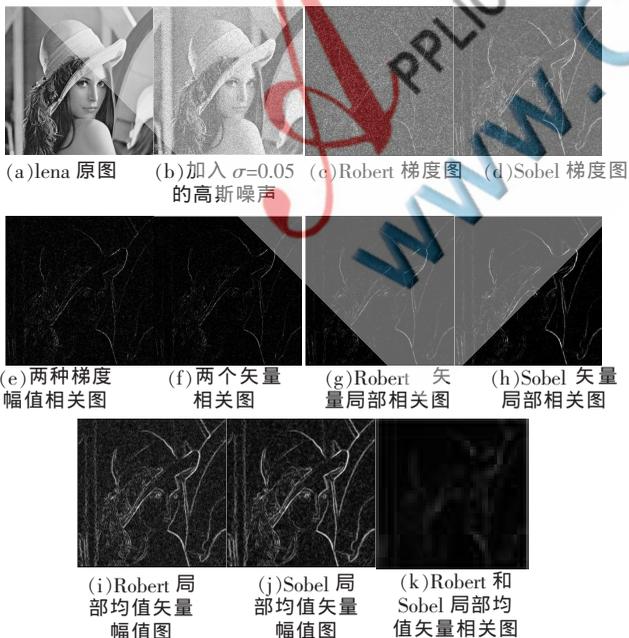


图 5 实验图像及处理结果图像

图像的边缘检测是图像分割的重要方法,而高斯噪声的消除则是图像去噪的难点。本文针对高斯噪声提出了基于边缘矢量相关的边缘检测方法,对带有较强噪声的图像能够很好地提取出清晰准确的边缘。该算法不必先对图像滤波平滑,直接对带噪声的图像提取边缘,为进一步图像分割和检测提供了更简洁的思路。

参考文献

- [1] JIANG X, BUNKE H. Edge detection in range images based on scan line approximation[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1999, 73(2): 183-199.
- [2] 梅跃松,杨树兴,莫波.基于 Canny 算子的改进的图像边缘检测方法[J].激光与红外,2006,36(6):50-503.
- [3] CHANG G, YU B, VETTERL IM. Spatially adaptive wavelet thresholding with context modeling for image denoising [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 23(9): 1522-1531.
- [4] 吴静进,陈巍.基于多尺度提升小波的边缘检测[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2009,13(2):95-97.
- [5] MAZZAFERRI J, CAMPUS J, ESCALERA J C. Edge detect or tolerant to object defocusing[J]. Optics Communications, 2010, 283(19): 3639-3645.
- [6] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital Image Processing[M]. New Jersey: Prentice-Hall, 2008.
- [7] SHIH F Y. Image processing and pattern recognition: fundamentals and techniques[J]. New Jersey: John Wiley & Sons,2010.
- [8] JOHN C. A computational approach to edge detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,1986, 8(6): 679-698.
- [9] ZHANG Y, ROCKETT P I. The Bayesian operating point of the Canny edge detector[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 15(11): 3409-3416.
- [10] MCILHAGGA W. The Canny edge detector revisited[J]. International Journal of Computer Vision, 2011, 91(3): 251-261.
- [11] TORRE V, POGGIO T A. On edge detection [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(2):147-163.

(收稿日期:2013-11-08)

作者简介:

王文宁,女,1979年生,教师,主要研究方向:图像处理。