

顺序形态变换边缘检测方法

Edge detection method based on Percentile Morphological transform

(1.吉林大学 电子学院;2.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;3.吉林大学 通信工程学院) 闫海霞^{1,3} 刘岩俊² 赵晓晖³
YAN Hai-xia LIU Yan-jun ZHAO Xiao-hui

摘要:提出了一种基于顺序形态变换的边缘检测方法。该方法构造了基于百分位顺序形态变换的边缘检测算子,根据不同结构元素的尺度大小与结构元素的类型,选择不同的形态变换的百分值,从而使变换结果图像的平均值最小。实验结果表明,与固定结构元素的边缘检测方法相比该方法锐化了图像边缘、具有很强的抑制噪声能力和良好的边缘检测性能。

关键词:百分位形态变换;边缘检测;数学形态学;图像处理

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Abstract: A algorithm based on percentile morphological transform method is proposed for edge detecting. This method selecting percentile morphological transform values are decided by structure size and type which is based on percentile morphological transform, in order to minimize the average value of local area. Experiment results show that, compared with the traditional edge detecting method, this method enhances the edge, this method can detect image successful and decrease the noise.

Key words: Percentile morphological; Edge detecting; Mathematical morphology; Image process

引言

图像边缘是图像最基本的特征之一,它蕴含了图像的内在信息,并广泛应用于图像分割、图像分类、模式识别等领域中,尽管传统的边缘检测方法很多,如 Laplace 算子、Sobel 算子和梯度算子等等,但从大量数字图像处理结果及对图像处理的要求来看,这些边缘检测算子是基于空间运算的,对方向性比较敏感,抗噪声干扰能力差,一般很难得到满意的检测结果。数学形态学是基于集合的运算,具有非线性特性,已经成为最近的研究热点。数学形态学用于边缘检测已经有广泛研究,并且扩展了一些滤波器,如非线性滤波器等。

本文提出了一种基于顺序形态学的边缘检测方法,首先构造出边缘检测算子,边缘检测算子对不同尺寸、不同类型的结构元素,按不同的百分位值进行百分位变换。然后对变换结果求图像平均值,取平均值最小时的百分位值与结构元素,检测算子第二项结构元素的尺度小于第一项结构元素的尺度。实验结果表明,该方法具有很强的抑制噪声的能力,具有良好的边缘检测性能。

1 边缘检测算法

1.1 顺序形态变换

顺序形态学是建立在传统形态学基础上,将顺序统计法注入数学形态学而产生的一般形态学。顺序滤波概括了 Minkowski 结构和与差运算,是中值滤波和 Minkowski 结构和与差的推广,是有限数据排序的应用。

定义 1: 设 $f(x)$ 为定义在 Z^n (n 维离散数字空间)上的一个离散函数, $B = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为结构元素,且 $0 < \mu(B) < +\infty$ (测度 $\mu(\bullet)$ 为点计数), $f(x)$ 在 B 上的 N 个值依次从小到大排列为

$$f(x_1) \leq f(x_2) \leq \dots \leq f(x_n)$$

那么, $f(x)$ 在 B 上的 d 阶顺序量定义如公式 1 所示,

$$\text{ord}\{d, f|B\} = f\{x_d^*\} \quad d=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

定义 2: 离散函数 $f(x)$ 关于结构元素 B 的顺序形态滤波 $f \circledast B$ 如公式 2 所示,

$$f \circledast B(x) = \text{ord}\{d, f|B_d^*\} = \text{ord}\{(N-1)p+1, f|B_d^*\} \quad p=0, 1/(N-1), \dots, 1 \quad (2)$$

其中 $B_d^* = \{x-b, b \in B\}$, $d = (N-1)p+1$, 这里 p 称为顺序形态滤波的百分位值, d 称为顺序形态滤波的阶数。

1.2 多元结构的复合顺序形态学边缘检测算子

灰度图像的复合顺序形态变换如公式 3 所示, f 是图像对结构元素 B 的二重对称混合顺序形态变换。

$$f(p, q)B = (f \circledast B)(\circledast B), (p, q = 0, 1/k-1, \dots, 1) \quad (3)$$

n 重复合顺序形态变换定义如公式 4 所示,

$$f \circledast^n B = (\dots(f \circledast B) \circledast B \dots) \circledast B \quad (4)$$

n 重串行复合顺序滤波定义如公式 5 所示,

$$g(x) = (\dots(f \circledast_1 B_1) \circledast_2 B_2 \dots \circledast_n B_n)(x) \quad (5)$$

其中 $\mu(B_n) = k_n$, $p_n = (d_n - 1)/k_n - 1$

灰度图像的多元结构复合百分位顺序形态如公式 6 所示,

$$f(p, q)B_1 B_2 = (f \circledast B_1)(\circledast B_2), (p, q = 0, 1/k-1, \dots, 1) \quad (6)$$

数学形态学变换的性质: 单调性、对称性、截集性。

1.3 基于百分位形态变换的边缘检测方法

基本边缘检测算子如下: $\partial f = f(x, y) \circledast B - f(x, y)$
 $\partial f = f(x, y) - f(x, y) \circledast B$, 公式的意义分别为图像内边缘、图像外边缘。

百分位数学形态学变换是在结构元素内的一种排序运算,百分位顺序形态变换的影响因素是结构元素 B 的形态和尺寸,百分位值的大小,以及百分位变换的组合方式。本文根据边缘检测的要求,构造出适合边缘检测的百分位形态算子。当结构元素 B 的权重大时,适当减小百分位参数 p 值,当结构元素 B 的权重小时,适当增大百分位参数 p 值。这样构造出不同权重和尺度的结构元素,用于图像的边缘检测。

这里构造基于不同的尺寸的结构元素的边缘检测算子。

$$\partial f = f(x, y) \otimes_m B_i - f(x, y) \otimes B_j \quad (7)$$

其中 $0 \leq i, j \leq (2n+1)$ $0 \leq m, n \leq (2n+1)$

在算法中使用不同结构尺寸的结构元素, B_i 的尺度为 2, B_j 的尺度为 1。结构元素分别定义为水平、垂直、两条对角线方向。

当进行第一项变换时,有 $(2n+1) \times (2n+1)$ 的区域内,对原始图像进行百分位顺序形态变换,对每一个 m, i 都存在一个变换结果:

$$g_{p,i}(x, y) = f(x, y) p_m B_i \quad m = 0, 1/(N-1), \dots, 1 \quad 1 \leq i \leq T \quad (8)$$

T 为结构元素的数量。

$(2n+1) \times (2n+1)$ 区域的局部平均值为

$$Z_{p,i}(x, y) = \frac{1}{(2n+1) \times (2n+1)} \sum g_{p,i}(x, y) \quad (9)$$

基于局部平均值的顺序百分位变换的结果如公式 10 所示,

$$g(x, y) = \{ \min \{ Z_{p,i}(x, y) \} \} \quad (10)$$

对于公式 7 的第二项,根据边缘检测算法的具体要求,如果使用尺寸结构大的边缘检测算子,边缘检测效果差。所以这里采用小尺寸的结构元素。

在 $(2n+1) \times (2n+1)$ 的区域内,对原始图像进行百分位顺序形态变换,对每一个 s, j 都存在一个变换结果:

$$g_{s,j}(x, y) = f(x, y) q_s B_j \quad s = 0, 1/(N-1), \dots, 1 \quad 1 \leq j \leq T$$

T 为结构元素的数量。

$(2n+1) \times (2n+1)$ 区域的均值为

$$Z_{s,j}(x, y) = \frac{1}{(2n+1) \times (2n+1)} \sum g_{s,j}(x, y) \quad (11)$$

顺序百分位变换的结果是 $g_{s,j}(x, y) = \{ \min \{ Z_{s,j}(x, y) \} \}$ (12)

2 实验结果

结构元素 B_i 的尺度为 2,百分位形态变换 N 值为 25,结构元素 B_j 的类型为水平、垂直、两条对角线方向共四种类型。 $T_i = 4$ 。结构元素的尺度为 1,百分位形态变换 N 值为 9,结构元素 B_j 的类型为水平、垂直方向二种类型。 $T_j = 2$ 。结构元素 B_i 与 B_j 在有效值上权值为 1,其它位置权值为 0。基本边缘检测方法采用的是图像外边缘检测算子。结构元素 B_i, B_j 公式 13 所示。

$$B_{i1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B_{i2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B_{i3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$B_{j1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B_{j2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B_{j3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



(a)原始图像 (b)本文检测结果 (c)基本边缘算子检测结果

图 1 边缘检测结果

使用本文构造的边缘检测算子,进行边缘检测结果如图 1 (b)所示。从结果中可以看出图像的边缘清晰,而且对各个边缘都有很好的结果。使用基本的外边缘检测算子的检测结果如图 1 (c)所示。比较图 1(b)和图 1(c),我们可以看到本文方法检测结果的边缘明显,可以清楚地观察到图像的轮廓,而且不含伪边缘。

3 结论

本文提出了一种基于顺序形态学的检测方法。通过局部区域的平均值决定结构元素的尺度与结构元素的类型和数学形态变换的百分位值,该边缘检测算子可以最大程度上抑制噪声,提高各个方向上的边缘特性,保持原图像的细节信息,可以有效地提高图像的边缘检测效果。

本文作者创新点:本算法考虑了顺序形态学图像的特性,可以最大程度上抑制噪声,提高各个方向上的边缘特性,可以有效地提高图像的边缘检测效果。

参考文献

[1] 张永贤,陈梅.一种阈值自动设定的小波变换边缘检测方法[J].微计算机信息.2007,23(3)286-287.
 [2] 赵凌,张祖荫等.基于数学形态学的毫米波图像边缘检测方法[J].国土资源遥感.2006,(4)19-22.
 [3] 李卓,郭立红.多尺度形态学边缘检测算法[J].电子器件.2006,29(3)821-824.
 [4] 焦斌亮,胡永刚等.基于多结构元素的遥感图像去噪及边缘检测方法[J].宇航学报.2007,27(4)676-679
 [5] 苏波.基于形态梯度运算和遥感图像边缘检测[J].微计算机信息.2007,23(7-3)309-310.
 [6] 鄯苏丹,李广侠.结合多尺度边缘检测的 SAR 结构领域滤波方法[J].电子与信息学报.2006,28(8)1480-1484.
 [7] 付树军,阮秋琦等.基于非线性扩散滤波的边缘检测和图像测量[J].光学精密工程.2007,15(2)289-293.

作者简介:闫海霞,女(汉族),吉林通化人,博士研究生,研究方向:信号处理。刘岩俊,男(汉族),吉林长春人,博士研究生,研究方向:图像处理。赵晓晖,男(满族),教授,博士生导师,研究方向:信号处理。

Biography:YAN Hai-xia: postgraduate, research field: signal processing;

(130012 吉林长春 吉林大学 电子学院)闫海霞

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)刘岩俊

(130012 吉林长春 吉林大学通信工程学院信息产业部信息科学实验室)闫海霞 赵晓晖

(JiLin University Electronic Department ChangChun 130012, China) YAN Hai-xia

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

LIU Yan-jun

(Laboratory of Information Science, Communication Engineering College, JiLin University, Changchun 130012,China)

YAN Hai-xia ZHAO Xiao-hui

通讯地址:(130012 吉林大学 吉林省长春市高新区前进大街 2699 号理化楼 D 区电子学院)闫海霞

(收稿日期:2008.12.15)(修稿日期:2009.01.13)

微计算机信息杂志 旬刊

每册定价:10 元

一年订价:360 元

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息

邮编:100081

电话:010-62132436

010-62192616 (T/F)