

基于形态学的图像预处理技术研究

The Method Of Image Preprocessing With morphology

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院;3.石家庄陆军指挥学院;4.军械工程学院)

王海伟^{1,2} 陈玉成³ 陈建泗⁴ 陈玉丹⁴

WANG Hai-wei CHEN Yu-cheng CHEN Jian-si CHEN Yu-dan

摘要: 研究了基于形态学的背景抑制方法。对单结构元素的形态滤波进行分析,针对其不足,提出基于双结构元素顺序形态滤波的预处理方法。实验结果表明,双结构元素顺序形态滤波对于高频背景的抑制效果比单一结构元素好,经过图像分割后,剩余少量噪声,有利于后续目标检测。

关键词: 预处理;形态学;小目标

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Abstract: The preprocessing for detecting infrared small targets based on morphology is focused on. The method of morphology with single structuring elements is introduced. To receive a better result, morphology with double structuring elements is proposed. The experimental results indicate that compared with traditional morphology, morphology with double structuring elements can get a good preprocessing effect.

Key words: Preprocessing; Morphology; Point targets

引言

数学形态学是一门新兴的建立在严格数学理论基础上的图像分析处理学科,其基本思想和方法对图像处理的理论和技术产生了巨大的影响。许多非常成功的理论模型和视觉检测系统都采用了数学形态学算法作为其理论基础或组成部分。数学形态学图像处理已成为数字图像处理的一个重要研究领域。

1 数学形态学的基本运算

数学形态学是一种非线性滤波方法,其基本思想是用一定形态的结构元素去度量和提取图像中的对应形状,去除不相干的结构,以达到图像分析和识别的目的。数学形态学的基本运算包括:腐蚀、膨胀、开运算和闭运算。基于这些基本运算可以推导和组合成各种数学形态学实用算法。

二维图像的形态运算如下:

设 $f(x, y)$ 表示灰度图 f 在 (x, y) 点的灰度, $b(x, y)$ 为结构元素 b 在 (x, y) 点的值, D_b 为 b 的定义域。腐蚀是数学形态学最基本的运算, f 被 b 腐蚀,记为 $f \ominus b$, 定义为:

$$g(x, y) = \min_{(i, j) \in D_b} [f(x+i, y+j) - b(i, j)]$$

膨胀是腐蚀的逆运算,是数学形态学的第二个基本运算,记为 $f \oplus b$, 其定义为:

$$g(x, y) = \max_{(i, j) \in D_b} [f(x-i, y-j) + b(i, j)]$$

形态滤波开启和闭合运算用腐蚀与膨胀运算的级联来定义。

f 和 b 的开运算记为 $f \circ b = (f \ominus b) \oplus b$

f 和 b 的闭运算记为 $f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b$

Top-Hat 变换算子,记为 $Hat(f)$, 定义为: $Hat(f) = f - f \ominus b$

Top-Hat 运算是原始图像信号与其开运算后的信号之差,所以经 Top-Hat 变换处理后的图像能抑制平缓变化的背景和不

相关结构信息,提取出形状类似于结构元素的孤立目标和噪声。

2 结构元素的选取

形态滤波器可分解为形态学运算和结构元素选择两个基本问题,形态学运算的规则已由定义本身确定,于是形态滤波器的最终滤波性能就主要取决于结构元素的选择。结构元素的选取对形态滤波的结果影响很大。传统的形态学算法采用单一结构元素对红外图像进行背景估计,应用较多的是方形结构元素、矩形结构元素和扁平结构元素。

假设目标的最大宽度为 3,则所用的结构元素可选择为 5×5 的方形结构元素、 5×3 的矩形结构元素和 1×5 的扁平结构元素。如下图所示:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$$

(a)方形结构元素 (b)矩形结构元素 (c)扁平结构元素

图 1 三种结构元素示意图

顺序形态滤波定义: 设 $f(x)$ 是定义在 $Z^{(n)}$ 上的实离散函数,滤波窗口 $B \in (Z^{(n)})$, $0 < u(B) < +\infty$ 。那么, $f(x)$ 的 d 阶顺序滤波 $g(x)$ (简记为 $f^{(d)}$) 定义为:

$$g(x) = \text{ord}\{d; f|_B\}, d=1, \dots, k$$

当 $d=1$ 时, $f^{(1)}$ 即为极小值滤波; 当 $d=k$ 时, $f^{(k)}$ 即为极大值滤波。因此顺序滤波是极值滤波的推广。当 k 为奇数, $d=(k+1)/2$ 时,即为中值滤波。

令: $f(p, q)B = (f(p) \check{B}(q))B, (p, q=0, \frac{1}{k-1}, \dots, 1)$

并称之为图像 f 关于结构元素 B 的二重对称混合顺序形态变换。

数学形态滤波常常利用单一结构元素完成。单一结构元素仅能设计成一种几何形态,并且只能保留或提取图像的一种特

定几何特征。在采用单一结构元素形态滤波滤除噪声的同时,常使图像的边缘和细节受到破坏,模糊了图像的细节。在红外图像预处理中,当存在高频背景噪声时,不能很好的在保留目标的同时去除高频背景噪声,经过分割后,会产生大量的虚假目标点,导致系统虚警概率升高,为后续的目标检测带来不便,而且增加计算量。为了尽可能提高背景抑制的效果,本文提出了一种双结构元素顺序形态滤波方法。

本文所采用的形态学算子为: $I_c = I(p)B_2 - I(p, 1-p)B_1$

其中: $p = \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1$ 。 B_1 为方形结构, B_2 为与方形结构相同宽度的扁平结构。从实际图像处理的结果看,当 $p = \frac{3}{4}$ 时效果最好。

3 实验结果及分析

图2中(a)为 3×3 的方形结构元素的效果图, (b)为 2×3 的矩形结构元素的效果图, (c)为 1×3 的扁平结构元素的效果图。图像序列中的目标的大小约为: 2×2 像素, 从图2看出, 不同的结构元素可以滤掉不同的图像成分, 但结构元素越接近目标的形状、大小, 形态学滤波越能准确去掉杂波, 保留目标信息。但单结构元素的形态学预处理效果不佳, 目标突出不明显, 且存在大量的背景噪声。

图3中, (a)为双结构元素顺序形态滤波的效果, (b)为效果图的二维表示。图像序列经过双结构元素的形态滤波后, 高频背景得到有效抑制, 经过图像分割后, 目标保留了行方向细节, 只剩少量的噪声点, 有利于后续的目标检测。

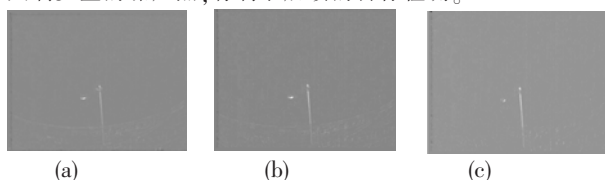


图2 三种结构元素的效果比较

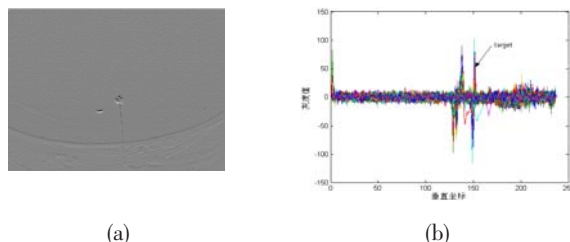


图3

4 结论

本文作者创新点: 采用两种不同结构元素的双结构元素顺序形态滤波后进行处理, 目标保留行方向信息, 对于高频背景的抑制效果比单一结构元素的效果好。对于单像素以上大小的目标, 采用双结构元素顺序形态滤波能取到很好的效果。经过双结构元素顺序形态滤波后, 目标的形状特征不能完全保留, 但这不影响后续目标的检测。在形态学滤波中结构元素的选取对处理结果的影响很大, 而结构元素的选取又取决于目标的大小, 因此形态学滤波的使用受限于目标的先验信息。

参考文献

- [1]涂望明, 魏友国, 施少敏. MATLAB 在数字图像处理中的应用. 微计算机信息. 2007, 2-3: 299~300
- [2]靳中鑫. 数字图像信息处理. 北京: 国防工业出版社. 2003: 92~94
- [3]吴敏金. 图像形态学. 上海: 上海科学技术文献出版社. 1990, 224~235.

[4] Jones R, Svalbe R. Algorithms for the decomposition of gray scale morphology operations. IEEE Trans. On PAMI, 1994, 581~588

[5] 叶斌, 彭嘉雄. 基于形态学 Top-hat 算子的小目标检测方法. 中国图像图形学报. 2002, 9(7), 638~642

[6] 吴巍, 彭嘉雄, 王海晖. 红外图像序列小目标的特性分析与检测. 红外与激光工程. 2002, 31(2): 146~149

[7] Philippe Salembier, Laurent Jaquenoud. Adaptive Morphological Multiresolution Decomposition. SPIE, 1991, 1568: 26~37

[8] 赵忠凯. 红外弱小目标图像预处理技术研究. 哈尔滨工程大学, 2005

作者简介: 王海伟 (1979-), 男 (汉族), 山西人, 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究生, 主要从事图像处理研究方法研究

Biography: WANG Hai-wei (1979-), male (Han nationality), Shan xi province, graduate student of Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, majoring in image processing

(130000 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 王海伟

(424400 中国科学院研究生院) 王海伟

(050084 石家庄陆军指挥学院) 陈玉成

(050003 河北石家庄军械工程学院) 陈建泗 陈玉丹

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences 130000) WANG Hai-wei

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences 424400)

WANG Hai-wei

(Shijiazhuang Army Command College 050084) CHEN Yu-cheng

(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang, 050003, China)

CHEN Jian-si CHEN Yu-dan

通讯地址: (130000 长春市东南湖大路 16 号驻长春地区军事代表室) 王海伟

(收稿日期: 2008.10.23) (修稿日期: 2008.11.18)

(上接第 297 页)

[7] 王超峰, 刘利, 汪国宝等. 高频振动方向和振幅测量的模糊图像处理方法. 振动与冲击, Vol. 24 No. 5, 2005

作者简介: 段小庆 (1982-), 男 (汉), 河北廊坊人, 西安市第二炮兵工程学院在读研究生, 硕士, 主要从事捷联惯组与星敏感器复合体标定技术研究。王宏力 (1965-), 男, 汉族, 博士生导师, 主要从事组合导航技术研究。段小庆, 男, 河北廊坊人, 硕士研究生, 主要从事激光捷联惯组与星敏感器复合体标定研究。

Biography: DUAN Xiao-qing (1982-), male (Han), From HeBei Langfang, Studying in The Second Artillery Engineering College, graduate student, Research on calibration of SINS IMU with Star Sensor. (710025 陕西西安 西安市第二炮兵工程学院 304 教研室)

段小庆 王宏力

(The Second Artillery Engineering College 304 Institute, ShaanXi, Xi'an, 710025) DUAN Xiao-qing WANG Hong-li

通讯地址: (710025 西安市第二炮兵工程学院 304 教研室)

段小庆

(收稿日期: 2008.10.23) (修稿日期: 2008.11.18)

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)