

夜间图像匹配中的斑状噪声预处理

曹治国¹, 马怡伟¹, 桑农¹, 曾坤¹, 徐高升²

- (1. 华中科技大学 图像识别与人工智能研究所 图像信息处理与智能控制教育部重点实验室, 武汉 430074;
2. 航天科工集团 第三研究院 第三十五研究所, 北京 100013)

摘要: 夜间图像匹配中, 实时夜间图像中的斑状噪声影响了边缘相关匹配的性能。在分析了斑状噪声特点的基础上, 提出了一种新的基于标记的噪声预处理方法, 先标记出图像中的斑状噪声点, 在匹配时被标记的噪声点不参与相关统计, 从而达到消除斑状噪声对匹配影响的目的。该方法与传统的中值滤波、均值滤波等方法相比, 更能提高相关匹配的性能, 试验结果验证了该方法的有效性。

关键词: 夜间图像; 斑状噪声处理; 边缘相关匹配

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2004)03-0278-04

Speckle noise pre-processing technology on image captured at night for pattern matching

CAO Zhi-guo, MA Yi-wei, SANG Nong, ZENG Kun, XU Gao-sheng

- (1. Institute for Pattern Recognition and Artificial Intelligence, State Education Commission Key Laboratory for Image Processing and Intelligent Control, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;
2. 35th Institute, 3rd Academy, CASIC, Beijing 100013, China)

Abstract: The real-time images captured at night in pattern matching are usually corrupted by speckle noise, which depresses the matching performance. In order to suppress the influence of speckle noise to pattern matching, a new method has been proposed in the paper. The speckle noise is marked and then is out of correlation statistics in pattern matching. Compared with the most popular algorithms, such as median filtering and the average filtering, this method is more efficient for pattern matching. Experimental results show that this method is available.

Key words: Images captured at night; Speckle noise processing; Edge-based correlation for pattern matching

0 引言

图像相关匹配技术近 20 年来得到了迅猛发展,

由于它与其他方法相比具有计算量小、易于硬件实现等优点, 所以已经成为面向巡航制导和末制导寻的应用研究中的主流方法。夜间图像匹配中, 由于成像条件的不同, 实时夜间图像和参考基准图之间不可避免

收稿日期: 2003-10-08; 修订日期: 2003-11-07

作者简介: 曹治国(1964-), 男, 湖北武汉人, 副教授, 主要从事图像处理和人工智能技术方面的研究工作, 曾获部级科技进步一等奖一项, 二等奖两项。

地存在着灰度变化及反转,传统的灰度相关方法性能受到了较大的影响,采用边缘强度相关效果更佳^[1],但由于实时夜间图像含有较多的斑状噪声,不利于边缘强度相关匹配的性能提高,有必要对这些斑状噪声进行预处理。

以往的图像平滑去噪技术中,中值滤波和均值滤波法^[2~4]是工程上最常用的两种方法。中值平滑滤波法是用含有奇数个像元的平滑模板内的中值像元代替模板的当前像元,以假设噪声具有极端的数值(即在定义的平滑模板内为较大或较小值)为前提;均值平滑滤波法与中值平滑滤波法类似,区别是用平滑模板中当前像元邻域内的各点灰度值的平均值代替当前像元的原始灰度值。一方面,对斑状噪声来说,相邻噪声点相互干扰,在同一平滑模板内有多个噪声像元时,这两种方法去噪效果不佳;另一方面,这两种方法均会在降低噪声的同时,使图像产生严重模糊,特别是在边缘和细节处,窗口越大,模糊越厉害,这势必给后续的边缘相关匹配带来不利影响。与改善视觉效果不同,匹配中去噪的目的是减少由于噪声引起的实时图和参考图之间的差异,而不是消除噪声,鉴于此,本文提出一种新的用于相关匹配的噪声预处理方法——标记噪声点法,即标记实时图像中的噪声点,在相关匹配时对应点不参与相关统计,以消除这些噪声点对匹配的影响。同时,由于它仅对有噪声的局部区域进行处理,并不对全部图像进行任何运算,因此既可很好地消除噪声影响,又能使原图像得到完整的保真,而且不影响图像的边缘特征。

1 噪声分析及处理

1.1 噪声分析

通常认为景象匹配中的噪声是实时图与参考基准图相应区域像素灰度之间的差异。图1(b)、图2(b)为实拍的两幅夜间图像,图1(a)、图2(a)为对应的正确匹配点处与实时图同等大小的参考基准子图。从图中可以看出,夜间实时图像中明显存在着灰度级别很高的斑状噪声。经分析,噪声主要有两种:一是成像过程中的取样和量化噪声,主要由相机成像误

差、信号转换处理中的干扰等原因造成;二是景物本身的变化引起的噪声,如夜间成像过程中,与白天相比有些地方多了灯光照明。

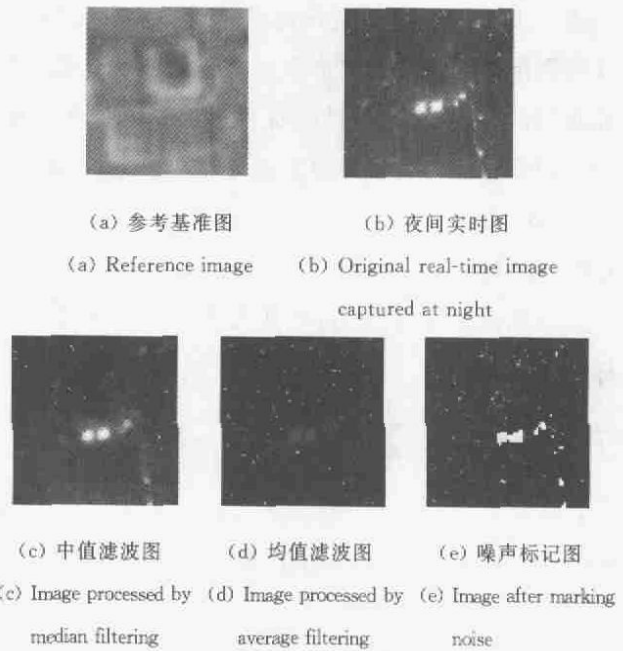


图1 图像1处理结果

Fig.1 The processing results of the first image

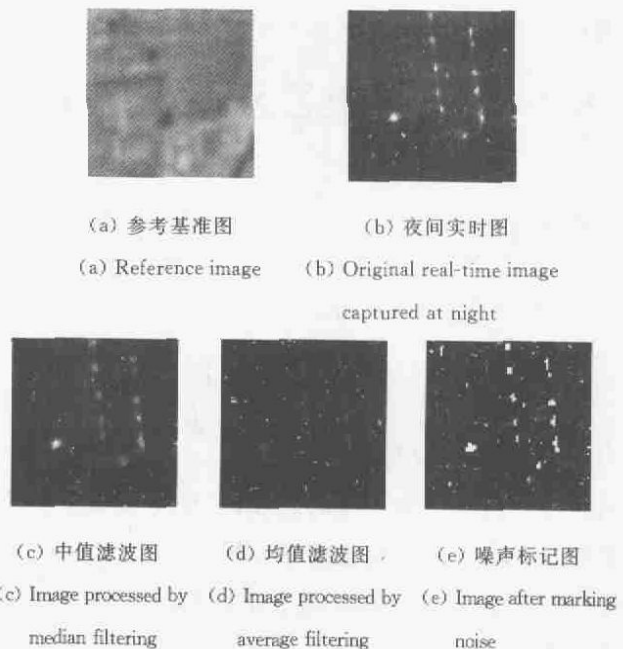


图2 图像2处理结果

Fig.2 The processing results of the second image

从实时夜间图像不难看出,自然景物的像元灰度一般分布在一定动态范围内,而斑状噪声则表现为异常的高(低)灰度级别,同时这些斑状噪声具有局部小

区域内连续、相关,但全局离散、孤立的特性。局部小区域内连续、相关的特性使得中值滤波、均值滤波等方法在局部范围内统计滤波的效果受到影响,这可以从图 1(b)、图 2(b)对应的滤波结果图看出,同时,在实际匹配试验中的结果亦证实了这类方法效果不佳;而全局离散、孤立的特性则有利于对斑状噪声进行标记。因此采用对斑状噪声先进行全局标记,再对噪声点处理的方法。

1.2 噪声标记

设原始图像为 $A(i, j)$, 其大小为 $M \times N$, 图像的标准差为:

$$STD(A) = \left[\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (A(i, j) - MEAN(A))^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

其中 $MEAN()$ 为图像 A 的均值, 计算如下:

$$MEAN(A) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} A(i, j) \quad (2)$$

定义 $M_{ave}(i, j)$ 为 $A(i, j)$ 的 $s \times s$ 邻域平均值, 计算为:

$$M_{ave}(i, j) = \frac{1}{s \times s - 1} \left(\sum_x \sum_{y \in s} A(x, y) - A(i, j) \right) \quad (3)$$

则噪声点的判定准则为:

$$\text{如果 } \{A(i, j) - MEAN(i, j) > 3STD(A) \&\& \\ |A(i, j) - M_{ave}(i, j)| > T\} \quad (4)$$

那么 $A(i, j)$ 为异常点。

式中 T 为预先给定阈值, 与图像整体亮度有关, 需要经过多次样本试验得到。邻域 s 的大小则与斑状噪声的作用半径有关, 作用半径越大, 则 s 取值越大。试验表明, 当 $s=7, T=18$ 时, 能较好地标记夜间实时图像中的斑点噪声。

1.3 噪声处理

图 1(e)、图 2(e)分别为对图 1(b)、图 2(b)进行噪声标记的结果, 从中可以看出, 标记噪声点法能较准确地标记出斑状噪声及其影响区域。对噪声点的

处理^[5], 可以用中值滤波的方法, 即用噪声点邻域的中值像元灰度值代替噪声点灰度值; 亦可用均值滤波的方法, 即用噪声点邻域的灰度均值代替噪声点灰度值。但在处理斑状噪声时, 由于相邻噪声点间的相互干扰, 这些方法并不能消除噪声的影响。在标记噪声点后, 不对噪声点进行灰度值处理, 而是使噪声点的相关匹配过程中不参与统计运算, 从而彻底消除噪声的影响。

考虑到匹配为边缘相关匹配, 若某像元点为噪声点, 则在利用边缘提取算子提取边缘特征时势必会在其邻域内产生虚假边缘, 给匹配带来不利影响, 因此为了彻底消除噪声点的影响, 还需对噪声点所影响的邻域加以标记, 扩展标记点。噪声点影响的邻域大小与所选取的边缘提取算子模板大小相同。所选取的边缘提取算子模板大小为 3×3 , 因此需对噪声点的 3×3 邻域进行扩展标记。

2 试验结果与分析

为了客观地评价本文所提方法在消除噪声时对匹配影响的能力以及在匹配中的实际效果, 采用评价指标——均方信噪比 SNR ^[6] 及配准概率 P_m 。 SNR 的定义为:

$$SNR = 10 \lg \left[\frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(i, j) - \bar{f}]^2}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [w(i, j) - f(i, j) \frac{w_{ave}}{f_{ave}}]^2} \right] \quad (5)$$

式中 $w(i, j)$ 为实时图像; $f(i, j)$ 为基准图中在正确匹配点处与实时图同等大小的基准子图; w_{ave} 为 $w(i, j)$ 的灰度均值; f_{ave} 为 $f(i, j)$ 的灰度均值。在本文所提的方法中, 被标记为噪声的像元点不参加统计。 SNR 越大, 表示实时图和参考子图间的相似性愈大, 消除噪声的能力更强。但当标记的噪声点过多时, 会造成匹配中重复模式增大, 给匹配带来负面影响, 因此有另一评价指标: 配准概率 P_m 。 P_m 为匹配试验中正确匹配的次數与总匹配次數之比, 试验中的匹配总次数为 166。 P_m 愈大, 表明此方法在匹配中的实际

效果愈佳。

表1分析比较了对实时图中噪声进行不同处理后的SNR值。表中, Fig. 1中实时图 $w(i, j)$ 为图1(b)、参考图 $f(i, j)$ 为图1(a), Fig. 2中实时图 $w(i, j)$ 为图2(b)、参考图 $f(i, j)$ 为图2(a)。可以看出,用本文提出的方法处理噪声点, SNR值最大, 消除噪声影响的效果更好。

表1 信噪比SNR的比较

Tab. 1 Comparison of the SNR results of different filtering algorithms

Image	SNR	
	Fig. 1	Fig. 2
Original image	5.658998	6.330538
Median method	6.436582	9.468562
Average method	7.598992	10.536457
The method in the paper	11.739797	14.687460

表2为在实际匹配中, 用中值滤波法、均值滤波法以及标记噪声点法对图像处理后的配准概率 P_m 的比较结果。从中可以看出, 中值滤波和均值滤波使得配准概率有所下降, 这主要由于二者对边缘的模糊作用不利于后续的边缘相关匹配。而本文提出的方法

表2 匹配概率 P_m 的比较

Tab. 2 Comparison of the matching probability of different filtering algorithms

Filtering algorithm	No filtering	Median filtering	Average filtering	The algorithm in the paper
P_m	63.8%	55.4%	59.0%	69.9%

(上接第242页)

参考文献:

- [1] 陈德煌. 机载障碍告警激光雷达[J]. 电光与控制, 1994, 6(1): 41-42.
- [2] 付伟. 军用激光技术的发展现状[J]. 电光与控制, 1996, 2(1): 23-24.
- [3] Milham M E, Anderson D H. Obscuration sciences smoke data compendium: standard smokes[R]. AD-B077078. 1983.

则在消除噪声对匹配影响的同时保持了边缘特征, 从而配准概率得以提高, 效果更佳。

3 结束语

本文在分析了夜间实时图像中斑状噪声特征的基础上, 提出了一种新的用于图像相关匹配的斑状噪声预处理方法。与传统的均值滤波、中值滤波算法相比, 本方法可以更好地消除斑状噪声影响, 同时具有更佳图像保真能力, 且有助于提高匹配性能。

参考文献:

- [1] 谢亚滨, 张万清, 张天序. 一种基于边缘地相位相关算法[J]. 飞航导弹, 1996, (5): 59-62.
- [2] Teramoto A, Horiba I, Sugie N. Improvement of image quality in MR image using adaptive K-nearest neighbor averaging filter [A]. Proceedings of 1997 International Conference on Information, Communications and Signal Processing[C]. 1997, 1(4): 190-194.
- [3] Czerwinski R N, Jones D L, O'Brien W D Jr. Ultrasound speckle reduction by directional median filtering [A]. International Conference on Image Processing[C]. 1995, 1(10): 358-361.
- [4] Davies E R. Image distortions produced by mean, median and mode filters [A]. IEE Colloquium on Non-Linear Signal and Image Processing[C]. 1998, 6. 1-5.
- [5] 陈东, 李飏, 王炜华, 等. SAR图像斑点噪声消除算法的研究[J]. 红外与激光工程, 2000, 29(4): 9-12.
- [6] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [4] Collis R T H. Lidar: a new atmospheric probe [A]. Quart J Roy Meteorol Soc [C]. 1966, 92. 220-236.
- [5] Klett J D. Stable analytical inversion solution for processing lidar returns [J]. App Opt, 1981, 20(2): 211-220.
- [6] Smith F. Atmospheric propagation of radiation. The Infrared and Electro-Optical Systems Handbook [M]. USA: SPIE Optical Engineering Press and Infrared Information Analysis Center, Environmental Research, 1993. 125.
- [7] Miller M G, Zieske P L. Turbulence environment characterization [R]. RADC-79-131, ADA072379. Rome Air Development Center, 1979.