

# 混沌背景下舰船图像弱小目标轨迹跟踪的数学模型构建

李 平<sup>1</sup>, 席明润<sup>2</sup>

(1. 黄淮学院智能制造学院, 河南 驻马店 463000; 2. 郑州市电子信息工程学校, 河南 郑州 450007)

**摘 要:** 在海上混沌背景干扰下, 舰船图像弱小目标很难被检测出来, 影响了跟踪质量。为此, 构建一种混沌背景下舰船图像弱小目标轨迹跟踪的数学模型。该模型构建首先进行混沌背景处理, 包括图像灰度化和图像滤波, 以此抑制背景干扰。利用自适应修改搜索管径的时空域滤波方法进行舰船弱小目标检测, 最后利用均值漂移算法实现弱小目标轨迹跟踪。结果表明, 与前人研究的 4 种方法相对比, 本文研究方法, 轨迹跟踪误差较小, 证明了所研究的有效性。

**关键词:** 混沌背景; 弱小目标; 轨迹跟踪; 均值漂移算法

**中图分类号:** TP123.5 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672 - 7649(2021)2A - 0064 - 03 **doi:** 10.3404/j.issn.1672 - 7649.2021.2A.022

## Construction of mathematical model for tracking dim and small targets in ship image under chaotic background

LI Ping<sup>1</sup>, XI Ming-run<sup>2</sup>

(1. Intelligent Manufacturing Institute, Huanghuai University, Zhumadian 463000, China;

2. Zhengzhou Electronic and Information Engineering School, Zhengzhou 450007, China)

**Abstract:** It is difficult to detect dim and small targets in ship image under the background of chaos, which affects the tracking quality. For this reason, a mathematical model of tracking dim and small targets in ship image under chaotic background is constructed. Firstly, the chaotic background processing, including image graying and image filtering, is carried out to suppress the background interference. Then, the space-time filtering method with adaptive modification of search pipe diameter is used to detect small and weak targets. Finally, the mean shift algorithm is used to track the dim target trajectory. The results show that: compared with the four methods studied by predecessors, the trajectory tracking error of the proposed method is smaller, which proves the effectiveness of the research.

**Key words:** chaotic background; dim target; trajectory tracking; mean shift algorithm

## 0 引 言

在各种军事武器中, 掠海导弹、无人艇这种小目标武器最难检测和防御, 复杂的海域环境也给其带来极大的隐蔽性, 严重干扰了军事侦察的准确性<sup>[1]</sup>。如何在混沌背景下对舰船图像弱小目标轨迹进行敏捷、高效的跟踪具有重要的现实意义。

对于上述问题的相关研究较多。徐军等提出了利用帧间相关性的理论对红外图像中的弱小目标进行检测的方法; 郭金维等利用目标的运动特性和目标扩展后的维数变化, 并结合航迹匹配算法实现弱小目标的

准确判定和跟踪。结合前人研究经验, 本文构建一种混沌背景下舰船图像弱小目标轨迹跟踪的数学模型。

## 1 基于混沌背景的舰船图像弱小目标轨迹跟踪模型

海上环境易受到季节、气候以及温度等因素的影响, 形成了混沌背景, 这一背景给弱小目标的检测和跟踪带来了极大难度<sup>[2]</sup>。为此, 本文进行了基于混沌背景的舰船图像弱小目标轨迹跟踪研究。

### 1.1 混沌背景处理

采集到的包含弱小目标的舰船图像首先就要进行

收稿日期: 2020 - 12 - 07

基金项目: 黄淮学院教育教学改革研究项目 (2019XJGLX0101)

作者简介: 李平 (1976 -), 女, 硕士, 副教授, 研究方向为控制理论与控制工程及系统建模仿真。

混沌背景处理。处理过程主要分为图像灰度化和图像滤波, 以此来减少混沌背景的干扰<sup>[3]</sup>。

### 1.1.1 图像灰度化

最大值法

$$\text{Gray}(i, j) = \max[R(i, j), G(i, j), B(i, j)], \quad (1)$$

最大值平均法

$$\text{Gray}(i, j) = \frac{[R(i, j) + G(i, j) + B(i, j)]}{3}, \quad (2)$$

加权平均法

$$\text{Gray}(i, j) = 0.299R(i, j) + 0.578G(i, j) + 0.114B(i, j)。 \quad (3)$$

式中:  $R(i, j)$ ,  $G(i, j)$ ,  $B(i, j)$  分别为舰船红外图像在点  $(i, j)$  处的  $R$ ,  $G$ ,  $B$  分量。

### 1.1.2 滤波去噪

在基于上述灰度图像的基础上, 进行滤波去噪, 提高图像信噪比。采用基于背景预测的弱小目标的杂波抑制方法原理如图 1 所示。

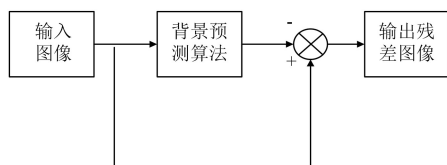


图 1 基于背景预测的杂波抑制方法原理

Fig. 1 Principle of clutter suppression method based on background prediction

基于背景预测的弱小目标的杂波抑制方法基本思路如下: 首先对舰船图像的背景进行预测, 然后利用采集到包含弱小目标的原始图像减去预测背景图像, 即可得到杂波抑制后的弱小目标的残差图像。

### 1.2 弱小目标检测

对舰船图像弱小目标检测的准确性直接关系到跟踪是否有效。为此, 基于一种可结合目标大小来自适应修改搜索管径的时空域滤波的方法实现舰船弱小目标检测<sup>[4]</sup>。检测流程过程如下:

步骤 1 输入上述得到的弱小目标的残差图像;

步骤 2 采用融合时空域运动特性的能量增强算法对差分图作增强;

步骤 3 对增强后的图像采用 DOG 算法获取目标的位置和尺度信息;

步骤 4 自适应修改搜索管径大小的时空域滤波检测算法识别弱小目标;

步骤 5 判断序列图像帧是否结束? 若未结束, 则进入下一帧图像检测处理, 并回到步骤 1; 若结束, 则进入下一阶段目标跟踪环节。

### 1.3 弱小目标轨迹跟踪

在弱小目标检测完成的基础上, 采用均值漂移算法跟踪弱小目标轨迹。

假定目标模型的分布为  $\{\hat{q}_u\}_{u=1,2,\dots,m}$ , 目标在当前帧被估计的位置为  $y_0$ , 均值漂移目标跟踪算法步骤如下:

步骤 1 初始化当前帧  $y_0$  处的候选目标, 计算

$$\{\hat{p}_u(y_0)\}_{u=1,2,\dots,m}, \text{ 估计 } s[\hat{p}(y_0), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y_0) \hat{q}_u}。$$

步骤 2 计算当前窗内各点属于目标的权重  $\{w_i\}_{i=1,2,\dots,m}$ 。

步骤 3 计算新的目标候选位置  $y_1$ , 更新  $\{\hat{p}_u(y_1)\}_{u=1,2,\dots,m}$ , 并估计  $s[\hat{p}(y_1), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y_1) \hat{q}_u}。$

步骤 4 若  $s[\hat{p}(y_1), \hat{q}] \leq s[\hat{p}(y_0), \hat{q}]$ , 则  $y_1 \leftarrow \frac{y_1 + y_0}{2}$ , 并计算  $s[\hat{p}(y_1), \hat{q}]。$

步骤 5 若  $\|y_1 - y_0\| < \text{Kronecker Delta 函数}$ , 则找到新的目标位置, 停止搜索; 否则将  $y_1$  代替  $y_0$  返回到步骤 2, 继续寻找满足条件的候选目标位置。经过几次迭代后, 可以得到目标在当前帧位置的最优解。

步骤 6 重复上述过程, 确定序列图像中每一帧图像的位置坐标, 然后将其按照序列顺序, 将每一个目标位置点相连接, 得出轨迹跟踪图像。

## 2 仿真测试分析

为测试所研究跟踪算法的跟踪性能, 以引言中提到的 4 种跟踪方法为对比项, 在 Matlab 平台上进行仿真测试。

### 2.1 图像样本

在本次研究的序列图像样本中共有 155 帧图像, 以其中一帧图像为例进行处理分析, 如图 2 所示。



图 2 原始图像

Fig. 2 Original image

### 2.2 预期轨迹

设置每一帧图像的位置坐标, 然后将其连接起来, 构成船舶预期轨迹, 如图 3 所示。

### 2.3 图像处理结果

按照章节 1.1 处理方法进行处理, 最终得到的结果如图 4 所示。

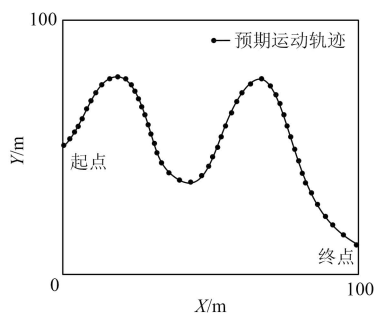


图 3 舰船预期轨迹

Fig. 3 Expected trajectory of ship



图 4 舰船图像处理结果

Fig. 4 Ship image processing results

## 2.4 弱小目标检测结果

按照章节 1.2 流程, 检测图像中的弱小目标, 如图 5 所示。

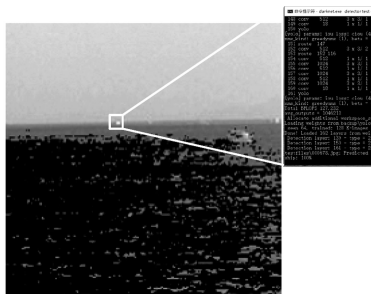


图 5 弱小目标检测结果

Fig. 5 Detection results of dim and small targets

## 2.5 轨迹跟踪误差统计结果

计算所研究方法与传统方法每一帧图像跟踪与船舶预期轨迹所在位置的误差结果如表 1 所示。

表 1 轨迹跟踪误差统计结果

Tab. 1 Statistical results of trajectory tracking error

方法	X轴/m	Y轴/m
所研究模型	0.236	0.185
传统方法1	0.526	0.411
传统方法2	0.362	0.330

从表 1 可知, 研究模型跟踪下, 与预期轨迹之间的坐标点之间平均误差要小于传统跟踪方法的应用结果, 证明了本文研究方法的跟踪性能。

## 3 结 语

由于弱小目标在海洋混沌的背景下, 很难被察觉和发现。为此, 在混沌背景下舰船图像弱小目标轨迹跟踪研究。构建数学模型, 经过应用测试, 证明了所研究模型的性能。然而, 本文研究对于快速运动的目标适应性不强, 有待进一步探索和改进。

## 参考文献:

- [1] 赵尚男, 王灵杰, 张新, 等. 采用视觉特征整合的红外弱小目标检测 [J]. 光学精密工程, 2020, 28(2): 497-506.
- [2] 王笛, 沈涛. 复杂天空背景下的红外弱小目标检测算法研究 [J]. 光学学报, 2020, 40 (5): 103-110.
- [3] 胡耀辉, 张科, 邢超. 基于海天线的舰船弱小目标检测 [J]. 西北工业大学学报, 2019, 37(1): 35-40.
- [4] 姜康, 朱志宇, 葛慧林. 基于目标运动特征的红外目标检测与跟踪方法 [J]. 自然科学版, 2019, 43(4): 455-461.