

# 基于帧间差分优化算法的雾天轨道异物检测方法<sup>\*</sup>

王林峰<sup>1</sup> 万 衡<sup>1</sup> 刘子仪<sup>2</sup> 秦 娜<sup>2</sup> 黄德青<sup>2</sup> 张一鸣<sup>2</sup>

(1. 上海应用技术大学轨道交通学院, 201400, 上海;

2. 西南交通大学电气工程学院, 611756, 成都//第一作者, 硕士研究生)

**摘 要** 针对复杂环境和恶劣天气对轨道异物识别造成的干扰, 提出帧间差分优化的雾天轨道异物检测方法。引入分权评价实现多帧连续识别的帧间差分优化算法。将该算法与其他检测算法进行消融试验, 验证了优化算法的可行性。

**关键词** 轨道异物; 检测方法; 帧间差分优化算法; 雾天

**中图分类号** U216.3

**DOI**: 10.16037/j.1007-869x.2022.10.036

## Method for Detecting Track Abnormal Objects in Foggy Weather Based on Inter-frame Differential Optimization Algorithm

WANG Linfeng, WAN Heng, LIU Ziyi, QIN Na, HUANG Deqing, ZHANG Yiming

**Abstract** Aiming at the interference on abnormal objects recognition caused by complex environment and bad weather, a track abnormal objects detection method in foggy weather based on inter-frame differential optimization is proposed. Decentralized evaluation is introduced to realize the inter-frame differential optimization algorithm of multi-frame continuous recognition. Ablation experiments are performed with this algorithm and other detection algorithms to verify the feasibility of the optimized algorithm.

**Key words** track abnormal object; detection method; inter-frame differential optimization algorithm; foggy day

**First-author's address** School of Railway Transportation, Shanghai Institute of Technology, 201400, Shanghai, China

及时检测并清除轨道异物对于保证轨道交通列车运行安全有重要意义。针对复杂线路环境和恶劣天气, 本文提出基于帧间差分优化算法的雾天轨道异物的检测方法。为解决雾天的图像干扰<sup>[1]</sup>, 运用暗通道先验算法对图像实现去雾处理。为提高轨道异物识别的准确率, 引入分权评价对算法进行优化, 以增强轨道异物检测系统对恶劣环境的适

应能力, 优化后异物识别的准确率提高了 3.69%。

## 1 雾天轨道异物检测方法介绍

本文选用暗原色理论算法<sup>[2]</sup>实现去雾处理, 使用帧间差分优化算法的连续监测实现雾天环境下的轨道异物侵入检测。通过消融试验, 验证了上述方法的可行性。基本的帧间差分法主要是利用视频序列中相邻两帧的变化来检测静态场景下的运动目标<sup>[3]</sup>。帧间差分优化算法是将识别的相邻两帧图像改取连续多帧, 得出各组差值:

$$\begin{cases} D_{i,i-3}(x,y) = |I_i(x,y) - I_{i-3}(x,y)| \\ D_{i,i-2}(x,y) = |I_i(x,y) - I_{i-2}(x,y)| \\ \vdots \\ D_{i+3,i}(x,y) = |I_{i+3}(x,y) - I_i(x,y)| \end{cases} \quad (1)$$

式中:

$D_{i,j}(x,y)$ ——第  $i$  帧图像与第  $j$  帧图像间的像素差;

$I_i(x,y)$ ——第  $i$  帧图像在  $(x,y)$  位置上的像素值。

通过引入分权评价的概念, 建立对应的权重矩阵  $\omega$ , 并选择适当的阈值  $P$  将上述差分图像进行二值化处理:

$$\omega = (\omega_{i-3} \quad \omega_{i-2} \quad \cdots \quad \omega_{i+2} \quad \omega_{i+3})^T \quad (2)$$

$$B_i(x,y) = D\omega \quad (3)$$

$$R_i(x,y) = \begin{cases} 1, & B_i(x,y) \geq P \\ 0, & B_i(x,y) < P \end{cases} \quad (4)$$

式中:

$B_i(x,y)$ ——第  $i$  张图像整体的差分结果;

$D, P$ ——分别为与  $\omega$  对应的帧间差值矩阵和阈值矩阵;

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金联合基金项目(U1934221); 国家自然科学基金面上项目(61773323); 四川省科技计划项目(2019YJ0210); 四川省科技计划项目(2019YFG0345)

$R_i(x,y)$ ——第  $i$  张图像中每个像素点  $(x,y)$  二值化后的结果。

2 雾天轨道异物检测试验分析

2.1 图像评价指标构建

灰度方差表示图像灰度值的离散程度,对比度去雾函数和信息熵表示图像质量。具体如下:

$$S_{id} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I(x,y) - \bar{I})^2}$$
 (5)

$$C(I) = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{x,y} (I(x,y) - \bar{I})^2}}{\bar{I}}$$
 (6)

$$E = - \sum_k p_k \lg p_k$$
 (7)

式中:

- $S_{id}$ ——灰度方差、去雾度、信息熵评价指标;
- $M、N$ ——分别为图像矩阵的长度和宽度;
- $k、P_k$ ——分别为像素点灰度级和灰度级出现的概率;

- $I(x,y)、\bar{I}$ ——分别为该像素点的像素值和各个像素点平均值;
- $C(I)$ ——去雾度;
- $E$ ——信息商评价指标。

2.2 试验结果与分析

不同算法对图像去雾处理的效果不同。通过消融试验,设置权重矩阵,得到的处理结果如表 1 所示。

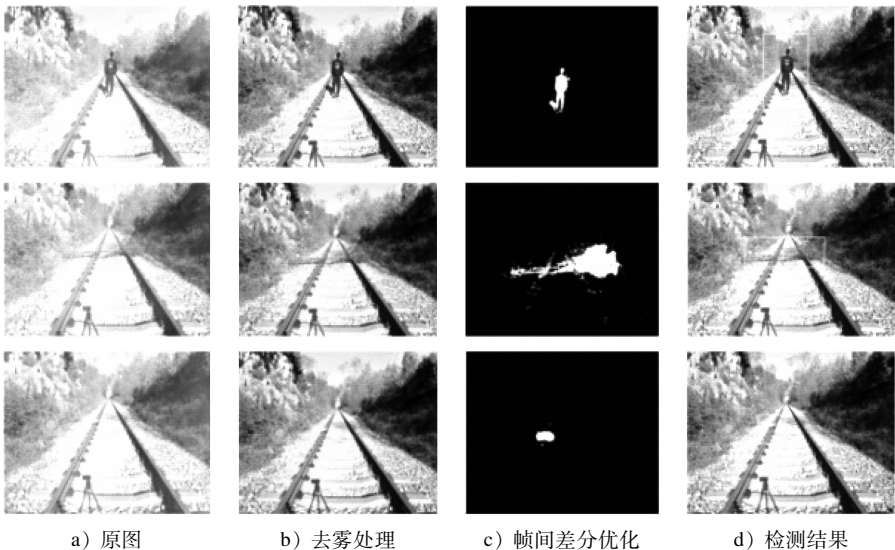


图 1 轨道异物检测效果图

Fig. 1 Renderings of railway track abnormal objects detection

表 1 不同图像去雾算法结果对比  
Tab. 1 Comparison of results of different image dehazing algorithms

图像去雾算法	灰度方差	去雾度	信息熵	评价价值
原图像	1.000	1.000	1.000	0
直方去雾算法	1.061	1.183	1.323	0.149 6
多尺去雾算法	0.923	1.067	1.375	0.457 6
暗原色先验去雾算法	1.126	0.899	1.770	0.588 5

由表 1 可见,通过暗原色先验去雾算法得到的图像质量较好,且图像中各像素点的信息保留较完整。

对不同的轨道异物检测方法进行消融试验,得到的结果如表 2 所示。

表 2 不同评价方法下的轨道异物检测结果  
Tab. 2 Detection results of track abnormal objects according to different evaluation methods

评价方法	准确率/%
帧间差分优化法	97.51
帧间差分法	96.32
感知哈希法	94.58
图片相关系数法	90.66

2.3 轨道异物检测效果

对每帧轨道图像进行去雾处理,并进行帧间差分优化,结合权重矩阵得到轨道出现不同异物的效果图。图 1 提供了人、树、石头等 3 种异物侵入轨道时的检测结果。