

1-3-2019

Detailed Enhancement of Forward Vehicle Video Images Based on Structured Forest

Weidong Jin

1.Southwest Jiao tong University, Chengdu 610031, China;;

Yanhua Hu

2.Chengdu Metro Operation Co., Ltd. Chengdu 610081, China;

Tang Peng

1.Southwest Jiao tong University, Chengdu 610031, China;;

Li Wei

1.Southwest Jiao tong University, Chengdu 610031, China;;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Detailed Enhancement of Forward Vehicle Video Images Based on Structured Forest

Abstract

Abstract: In view of the complexity of existing image enhancement methods, which cannot highlight the detection target, this paper proposes a method for detail enhancement of forward vehicle video based on structured forest. This method is mainly divided into two parts: structured forest edge detection and visual enhancement. *This paper implements the detail edge extraction and enhancement of the patrolling image of the catenary. The gray histogram distribution after processing is more balanced, and the difference between the average values of gray levels in the detail area and background area of the enhanced patrol image is the standard deviation. The difference is even greater, the peak-to-noise ratio and the structural similarity have been improved. By comparing with other methods, it shows that the algorithm is effective.* It can be more intuitive to show railroad workers the anomalous conditions of the railway infrastructure, which is of great practical significance.

Keywords

structured forest, edge detection, image enhancement, image fusion

Recommended Citation

Jin Weidong, Hu Yanhua, Tang Peng, Li Wei. Detailed Enhancement of Forward Vehicle Video Images Based on Structured Forest[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(12): 4602-4610.

基于结构化森林的前向车载视频图像的细节强化

金炜东¹, 胡燕花², 唐鹏¹, 李伟¹

(1.西南交通大学, 成都 610031; 2.成都地铁运营有限公司, 成都 610081)

摘要: 针对现有图像增强方法复杂度高, 不能突出检测目标的问题, 提出了一种基于结构化森林的前向车载视频图像细节强化的方法。该方法主要分为两个部分: 结构化森林边缘检测和视觉增强。实现了接触网巡检图像的细节边缘强化, 处理后的灰度直方图分布更均衡, 增强后的巡检图像的细节区域与背景区域的灰度平均值之差、标准差之差更大, 峰值噪声比以及结构相似性获得了提高, 通过与其他方法对比, 表明算法行之有效。可以更加直观的为铁路工作人员展示铁路基础设施的异常情况, 具有很强的实践意义。

关键词: 结构化森林; 边缘检测; 图像增强; 图像融合

中图分类号: U2 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2018) 12-4602-09

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201812014

Detailed Enhancement of Forward Vehicle Video Images Based on Structured Forest

Jin Weidong¹, Hu Yanhua², Tang Peng¹, Li Wei¹

(1.Southwest Jiao tong University, Chengdu 610031, China; 2.Chengdu Metro Operation Co., Ltd. Chengdu 610081, China)

Abstract: In view of the complexity of existing image enhancement methods, which cannot highlight the detection target, this paper proposes a method for detail enhancement of forward vehicle video based on structured forest. This method is mainly divided into two parts: structured forest edge detection and visual enhancement. This paper implements the detail edge extraction and enhancement of the patrolling image of the catenary. The gray histogram distribution after processing is more balanced, and the difference between the average values of gray levels in the detail area and background area of the enhanced patrol image is the standard deviation. The difference is even greater; the peak-to-noise ratio and the structural similarity have been improved. By comparing with other methods, it shows that the algorithm is effective. It can be more intuitive to show railroad workers the anomalous conditions of the railway infrastructure, which is of great practical significance.

Keywords: structured forest; edge detection; image enhancement; image fusion

引言

铁路多处于河谷、山区等路段, 常见雾、扬尘、

霾、空气的大量水汽、固体颗粒等悬浮物质, 以及太阳、车灯等光源照射这些悬浮物质时会产生散射, 并且前方的挡风玻璃会造成图像的反光, 使得图像检测和监测目标反射的光线发生衰减, 这些因素最终造成目标成像的对比度发生改变, 细节不清晰。这些给车载视频对接触网等基础设施(接触网、铁轨等)进行安全巡检带来了一定干扰。因此, 为了解决这些低清晰度下识别率低的问题, 需要对巡



收稿日期: 2018-05-10 修回日期: 2018-07-29;
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(61134002), 中央高校基本科研业务费创新(2682014CX027), 国家重点研发计划(2016YFB1200401-102F);
作者简介: 金炜东(1959-), 男, 安徽, 博士, 教授, 博导, 研究方向为智能信息处理、模式识别等; 胡燕花(1991-), 女, 河南商丘, 硕士生, 助理工程师, 研究方向为 AFC。

<http://www.china-simulation.com>

• 4602 •

检视频进行图像增强处理, 突出检测目标, 提高检测效果。

对于低照度的铁路场景中, 有必要提高图像的对比度, 使局部细节信息强化, 使之更有利于对局部信息的检测。最常见算法包括: 基于 Retinex 理论的图像增强算法、基于暗原色先验的图像增强方法、基于直方图均衡化的图像增强方法、基于图像融合的图像增强方法。通过对比这几种方法, 发现 Retinex 理论容易使图像的边缘出现光晕现象, 丢失所需目标的细节, 并且具有复杂度高、运算量大等缺陷^[1]; 基于暗原色先验的图像增强算法鲁棒性差, 不适合复杂的铁路场景^[2]; 直方图均衡化算法没有从人类的视觉的特性去考虑, 所得的效果在主观上会不理想^[3]; 图像融合算法只是将待增强图像的信息与参考图像的信息进行简单的融合, 所得的增强图像的鲁棒性较差^[4]。对于接触网等基础设施巡检来说, 只需使接触网周围的区域增强, 以上增强方法均是是对图像的整体来进行增强, 增加了对铁路基础设施的识别负担, 不能突出检测目标, 不利于铁路基础设施的监测。文献[5]提出了基于接触网语义的视频图像增强, 此方法虽然对接触网区域进行了增强, 但是在模版匹配时, 耗时较多, 无实时性。因此, 急需提出一种方法可快速对铁路车载视频的细节进行强化。

针对以上存在的问题, 本文提出了基于结构化森林的前向车载视频图像细节强化, 此算法简单、

方便。本章利用文献[6]提出的结构化森林算法进行边缘检测, 在该算法中 BSDS 500 图像分割标准数据集作为训练的样本, 对提取出的目标进行边缘特征提取; 然后, 在得到的边缘过程中, 图像中背景部分的边缘得到了抑制, 只保留了接触网以及铁轨的边缘, 进而利用图像 AlphaBend 混合的方法, 对图像的细节进行了视觉增强, 便于后续对接触网的监测。

1 接触网巡检图像预处理

本文主要的流程如图 1 所示。

首先进行的是接触网巡检图像的预处理。接触网巡检图像是由处于司机室的摄像机透过前方挡风玻璃进行拍摄得到, 然而挡风玻璃会产生反光, 使得接触网巡检视频图像不清晰, 图像中的反光给后续接触网的检测及监测带来了困难, 因此需要反光抑制的预处理。

本文应用文献[7]提出的单幅图像散焦模糊反光抑制算法, 结合图像的梯度信息和梯度稀疏先验的理论知识, 建立图层的概率模型, 获取及优化目标函数, 最终把清晰图层分离出来。单幅图散焦模糊反光抑制算法可以克服 Retinex 算法带来的光晕问题, 同时可以抑制挡风玻璃反光的问题, 适用于接触网巡检图像, 如图 2 所示。因此文献[8]提出的单幅图散焦模糊反光抑制算法对本文所研究内容具有良好的适应性。

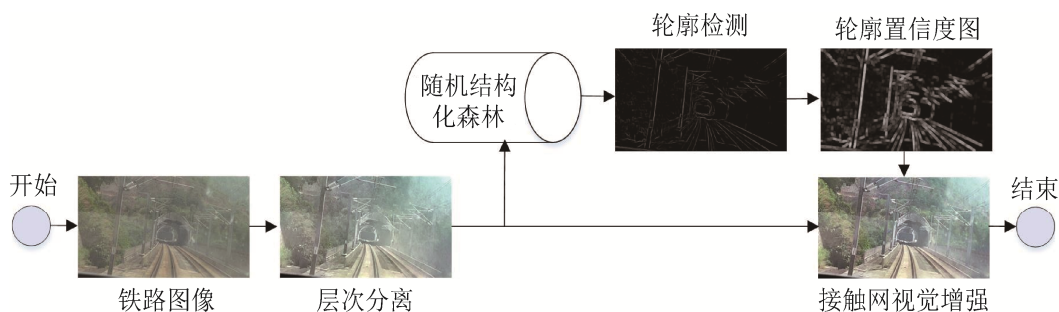


图 1 本文示意图

Fig. 1 Schematic diagram of this article

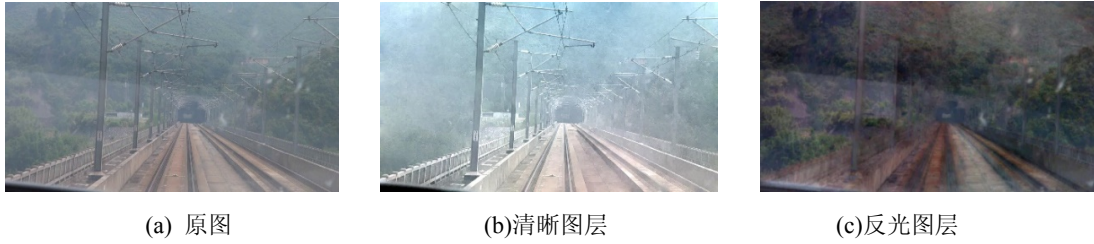


图2 巡检图像的图层分离
Fig. 2 Layer separation of patrol image

2 基于结构化森林的边缘检测

本章利用文献[6]提出的结构化森林算法进行边缘检测，其算法设计模块图如图3所示。

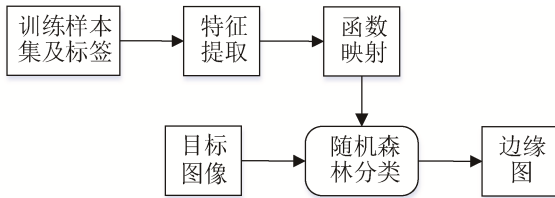


图3 SE算法设计模块图
Fig. 3 SE algorithm design module diagram

在此算法中，使用 BSDS 500 图像分割标准数据集^[9]作为训练的样本，对提取出的目标进行边缘特征提取，如图4(c)所示。为了便于观察，本文同时对铁路图像进行 Canny 边缘检测^[9]和结构森林

边缘检测算法进行对比，所得结果如图4所示。

由图4可以看出，虽然对原图进行了反光抑制以及滤波处理，但是 Canny 算法仍然保留了背景中的很多细节而与目标无关的信息，比如背景中杂草纹理，山的轮廓等。而结构森林边缘检测算法在灰度变换的基础上，还扩充了一些额外的信息，比如颜色信息，使提取出的图像边缘更具有语义性。另外，随机森林是多棵树得出的结果融合而来的，可以更好的反映图中每个像素点属于边缘的概率，验证了文献[11]得到的结论。同时，此算法还具有实时性，用普通的 PC 机来处理 480×320 的图像，能达到 30 帧/s 的运算速度，其速度远远大于文献[6]接触网边缘提取的速度。所以，在边缘检测时，此算法是非常有前景的。

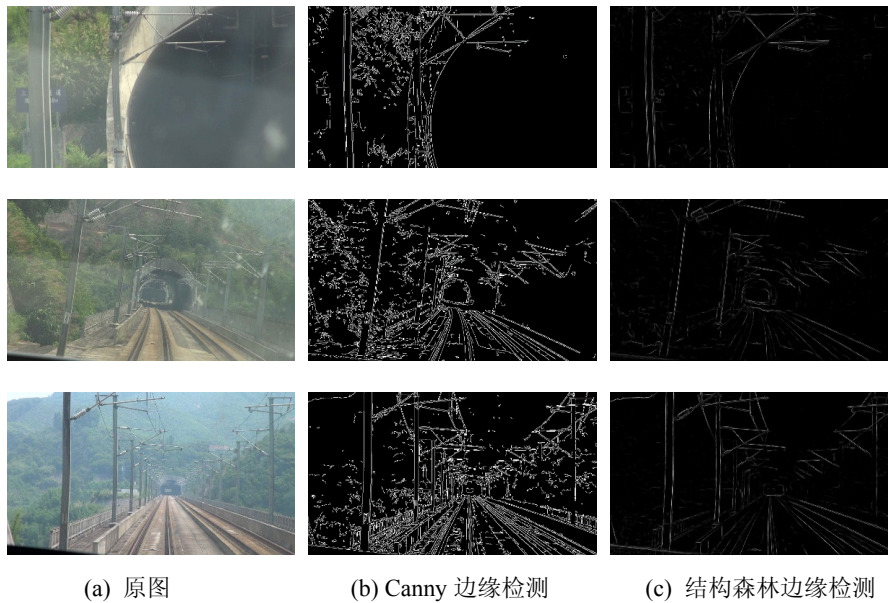


图4 Canny 边缘检测与结构森林边缘检测对比图
Fig. 4 Comparison of Canny edge detection and structural forest edge detection

另外, 本文对经过预处理之后铁路图像与未预处理的铁路图像进行边缘检测算法所得结果进行比较, 可以看出, 经过反光抑制后, 图像中的目标轮廓更明显, 更利于图像中目标的检测, 如图 5(b)~(c)所示。

在得到图像细节边缘图之后, 本文把图像中的像素值及其归一化平方差作为边缘的置信度^[12], 然后利用接触网的结构信息判断该点是否为图像细节的边缘。由于提取到的接触网的轮廓的边缘细化, 需对其进行膨胀, 扩大轮廓的边缘。为进一步对去除噪声, 对膨胀后的轮廓进行高斯滤波, 平滑了边缘, 弱化了边缘邻域的细节, 从而达到准确检测图像细节边缘的目的, 获得铁路图像的细节轮廓的置信度图, 如图 6 所示。

3 图像细节视觉增强

以上得到的接触网边缘置信度图, 也就是说得到了接触网轮廓及邻域部分, 为使铁路图像中的接触网视觉增强, 需对置信度图与原始图像进行 AlphaBend 混合。首先利用图像增强处理中对比度变换调整中最典型的方法—HE, HE 是调整图像直方图对对比度进行的方法。此方法通常用来增加图像的局部对比度, 尤其是当图像的有用数据的对比度相当接近的时候。通过此方法图像, 亮度在直方图上分布更均匀。因此, 就可以用于增强图像局部的对比度而不影响整体的对比度, HE 通过扩展常用的亮度来实现这种功能^[13]。对铁路图像进行 HE 方法增强后得到图像 I' , 如图 7 所示。

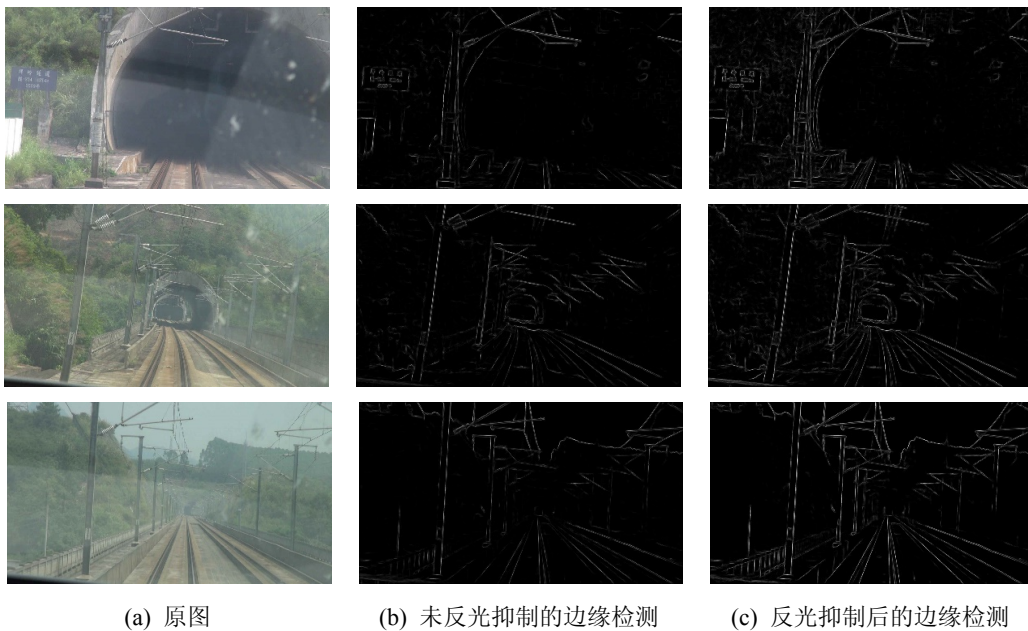


图 5 经过预处理后的与未处理的结构森林边缘检测对比
Fig. 5 Comparison of pre-treated and untreated forest edge detection

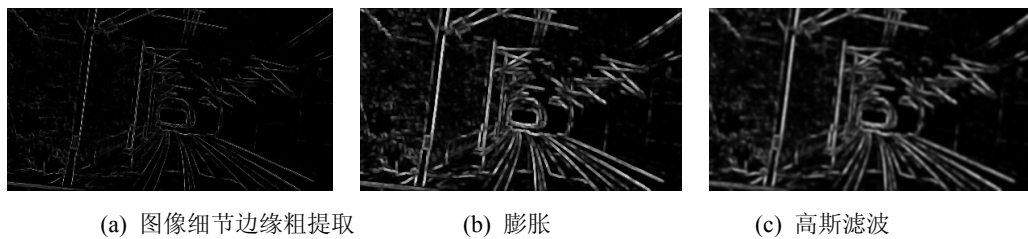


图 6 图像细节边缘置信度图
Fig. 6 Image detail edge confidence graph

<http://www.china-simulation.com>

• 4605 •

为得到铁路图像的视觉增强,合成运算通过公式(1)实现

$$I = \alpha * I_0 + (1 - \alpha) * I' \quad (1)$$

式中: $\alpha = (1 - 0.5 * \beta) - \beta * \alpha_0 / 255.0$; α 为图像 I_0 的透明度, 其中 β 为常数, $\beta=0.6$, α_0 为图像 6(c), $1-\alpha$ 为图像 I' 的透明度, I 为增强后的结果图像, I_0 为原铁路图像。直观地说, 图像合成可以看成各图像在具有一定透明度的滤光片覆盖下分别曝光所得结果的叠加。此时, I_0 使用透明度 α 的滤光片, I' 使用透明度 $1-\alpha$ 的滤光片分两次曝光得到 I 。结合公式得出的图像即为接触网语义的视觉增强图像, 方便铁路人员更加直观的接触网是否异常状况, 如图 8 所示。

4 实验结果分析

4.1 评价方法

图像增强评价标准分为主观和客观评价标准, 主观的评价是通过人眼来观察。客观的评价标准以图像数字特征作为质量评估参照, 对于客观评价, 已有相应的研究工作^[14-15], 主要的图像质量评价参数有: 灰度平均值, 峰值噪声比, 标准差等, 然而这些只适合于整张图像的质量评估, 在本文中, 基

于语义的图像增强, 需对增强的某一区域进行评价, 本文利用的图像质量评价参数有:

①灰度平均值之差(GAVGD: Gray Average Difference), 灰度平均值是图像亮度的估计, 当只给接触网区域增强时, 接触网区域高于背景区域的亮度, GAVGD 是增强后的接触网区域与背景区域的灰度平均值之差, GAVGD 越大, 代表接触网区域增强程度越明显;

②标准差之差(STDEVD: Standard Deviation Difference), 标准差是图像对比度的估计, 当只给接触网区域增强时, 接触网区域大于背景区域的对比度, STDEVD 是增强后的接触网区域与背景区域的标准差之差, STDEVD 越大, 意味着基于接触网的视觉增强效果越好;

③峰值信噪比(Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR), PSNR 在图像增强评估方面是一种较为常用的比较好的测试方法, PSNR 值越大, 就代表图像失真越少;

④结构相似性(Structural Similarity, SSIM), 是一种全参考的图像质量评价指标, 分别从亮度、对比度、结构 3 方面度量图像相似性, SSIM 值越大, 就代表增强后的图与原图越相似。



图 7 HE 增强
Fig. 7 HE enhancement

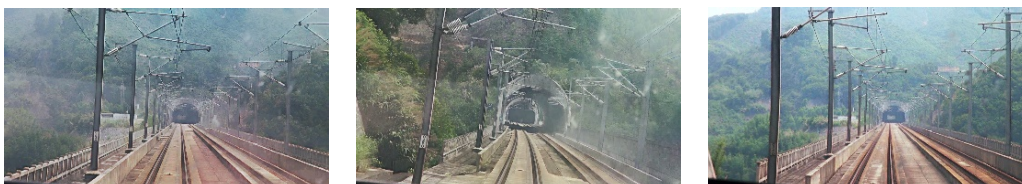


图 8 图像细节的增强
Fig. 8 Image enhancements

4.2 实验结果分析

为检验本文方法的有效性, 本文对增强后的接触网图像与其它方法进行对比, 图 6 可以看出, 在视觉效果上, 利用本文方法增强后的接触网区域的视觉效果更好一些。进而进行图像质量的客观评价, 由表 1 可以发现, 由本文方法增强后得到的目标区域与背景区域的 GAVGD、STDEVD 以及 SSIM 均大于其它方法得到的, 证实了本文方法得到的接触网增强图像更好一些。虽然经本文方法得到的接触网区域的增强图像的 PSNR 比 CLAHE 得到的稍小一些, 但是图像能够突出接触网区域, 接触网上的承力索、绝缘子、斜腕臂等部件的结构边缘与背景对比差异变大, 其结构边缘更清晰。图 9 给出了本文方法与其它方法增强后的接触网区域图像的灰色直方图结果对比, 由图 7 可以看出, 本文方法处理后的灰度直方图分布更均衡, 各灰度级的像素个数更为平均。

为检验基于结构森林边缘检测的图像细节增

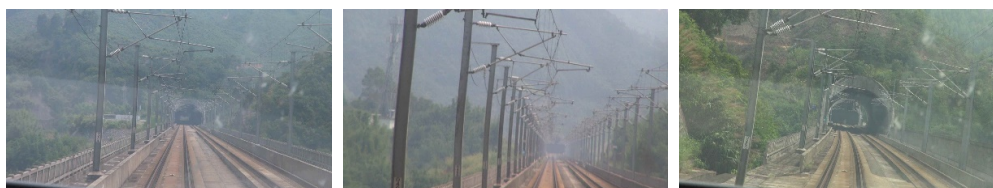
强方法的有效性, 本文对增强后的铁路图像的细节图像与文献[5]中的接触网图像进行对比, 图 10 可以看出, 在视觉效果上, 利用本文方法增强后的细节区域的视觉效果更好一些。进一步进行图像质量的客观评价, 由表 1 可以发现, 由本文方法增强后得到的目标区域与背景区域的 GAVGD、STDEVD 以及 PSNR 均大于文献[5]中方法得到的, 证实了本节方法得到的细节增强图像更好一些。图 11 给出了本节方法与文献[5]方法增强后的接触网区域图像的灰色直方图结果对比, 由图 10 可以看出, 本文方法处理后的灰度直方图分布更均衡, 各灰度级的像素个数更为平均。除此之外, 利用本文方法进行图像增强的效率要比文献[5]中方法处理过程的效率高; 并且, 本文对经过反光抑制后与未经过反光抑制的图像细节的视觉增强进行比较, 图 11 可以看出, 经过反光抑制的图像, 反光影响减弱, 其增强效果更明显。实验结果表明, 本文方法更具有实用性。

表 1 基于语义的接触网图像增强与基于结构化森林的图像细节增强

Tab. 1 Semantic-based contact network image enhancement and structured forest-based image detail enhancement

评价指标	不同方法					
	原图	CLAHE	MSRCR	文献[17]	文献[6]	本文方法
GAVGD	70.125 4	74.932 9	74.712	78.813 1	75.024 9	79.762 3
STDEVD	88.6	104.1	184.1	124.313 7	184.1	313.5
PSNR		24.243 1	22.455 6	16.243 4	23.925 1	24.065 4
SSIM		0.866 2	0.843 0	0.867 2	0.919 3	0.902 5

注: 评价参数值越大, 代表图像质量越好



(a) 原图



(b) CLAHE^[3]



图 9 本文算法与其它算法增强结果对比
Fig. 9 Comparison of the results of this algorithm and other algorithms

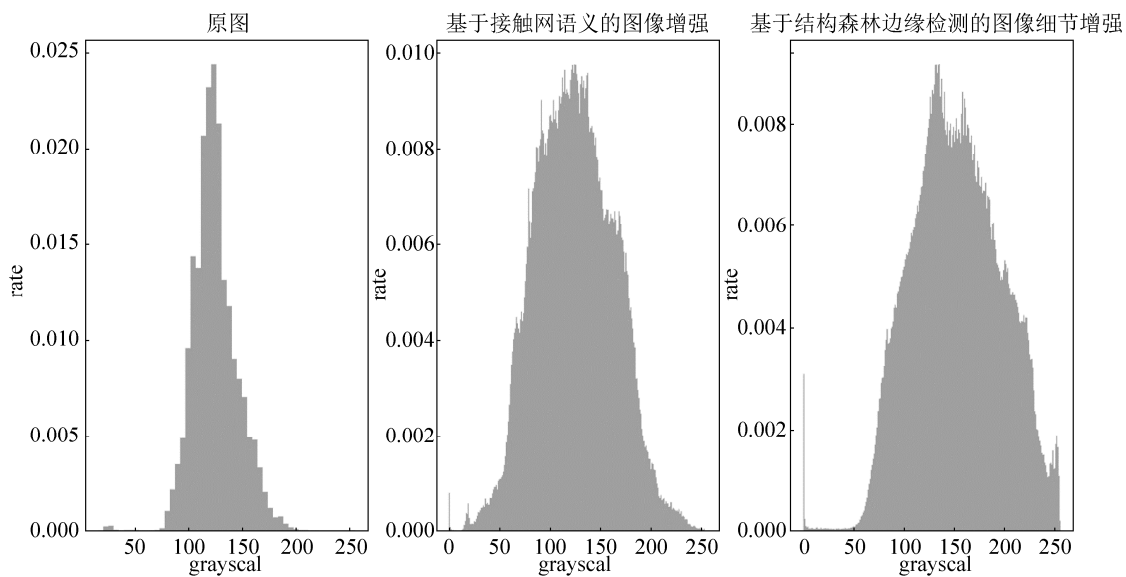
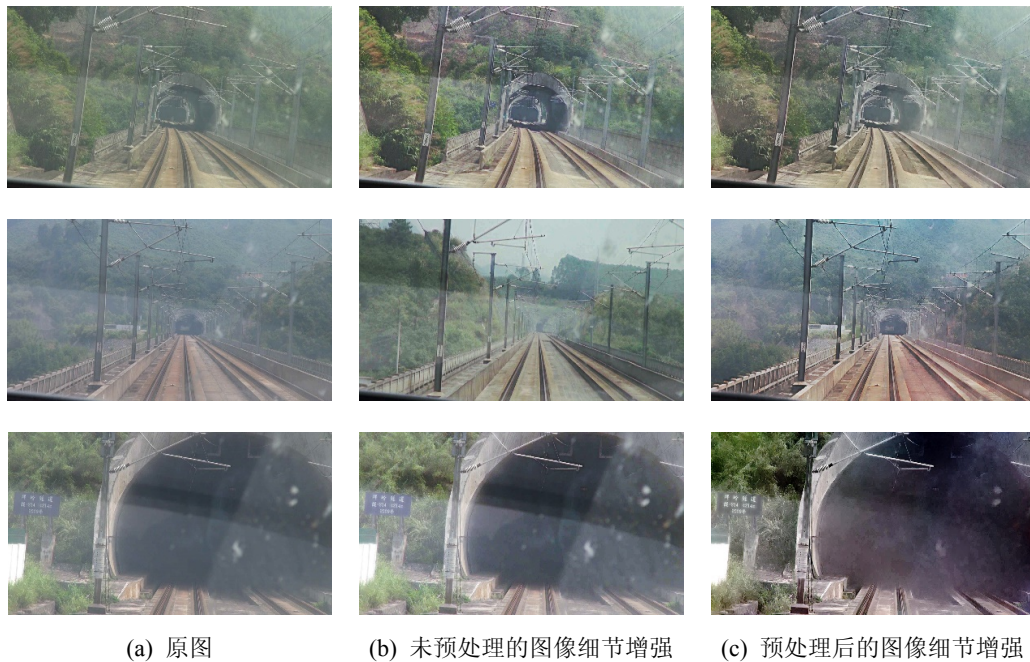


图 10 不同算法灰度直方图对比
Fig. 10 Comparison of gray histograms of different algorithms



(a) 原图

(b) 未预处理的图像细节增强

(c) 预处理后的图像细节增强

图 11 经过预处理后与未经过预处理的图像细节增强对比

Fig. 11 Comparison of image detail enhancement after pretreatment and without pretreatment

5 结论

本文通过观察现有图像方法的不足, 提出了基于结构化森林的图像细节强化方法。利用进行边缘监测时, 结构化森林算法能够准确的检测出图像细节边缘, 抑制图像中背景部分的边缘, 并具有实时性, 适合铁路场景的研究。细节强化后的接触网巡检图像, 更加直观的让铁路工作人员了解接触网铁轨等铁路基础设施的异常情况。通过与其他方法的实验结果对比发现, 本文方法对铁路图像的接触网部分有较好的增强效果, 为后续接触网及铁轨的检测奠定良好的基础。

参考文献:

- [1] 肖晓. 基于 Retinex 的图像增强算法研究与实现[D]. 成都: 四川师范大学, 2016.
XIAO Xiao. Research and Implementation of Image Enhancement Algorithm Based on Retinex[D]. Chengdu: Sichuan Normal University, 2016.
- [2] 刘洋, 潘静, 庞彦伟. 一种基于暗原色先验的低照度视频增强算法[J]. 电子测量技术, 2013, 36(10): 55-57, 77.
Liu Yang, Pan Jing, Pang Yanwei. A low-light video enhancement algorithm based on dark color priors[J]. Electronic Measurement Technology, 2013, 36(10): 55-57, 77.
- [3] 扈佃海, 吕绪良, 文刘强. 一种改进的直方图均衡化图像增强方法[J]. 光电技术应用, 2012, 27(3): 65-68.
Hu Dianhai, Lü Xuliang, Wen Liuqiang. An improved image enhancement method for histogram equalization[J]. Optoelectronics Technology Application, 2012, 27(3): 65-68.
- [4] 方明, 李洪娜, 雷立宏, 等. 低照度视频图像增强算法综述[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2016, 39(3): 56-64, 69.
Fang Ming, Li Hongna, Lei Lihong, et al. Review of low illumination video image enhancement algorithms[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology (Natural Science), 2016, 39(3): 56-64, 69.
- [5] Yanhua H, Peng T, Weidong J, et al. The image enhancement of forward vehicle video based on catenary semantics[C]. Electronic Measurement & Instruments (ICEMI), 2017 13th IEEE International Conference on. IEEE, 2017: 477-482.
- [6] Dollár P, Zitnick C L. Fast Edge Detection Using Structured Forests[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence (S0162-8828), 2014, 37(8): 1558-70.
- [7] Li Y, Brown M S. Single image layer separation using relative smoothness[C]//. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. USA: IEEE Computer Society, 2014: 2752-2759.