

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 9
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年9月 第17卷 第9期(总第197期)

目次

图像处理和编码

- 自适应阈值 HMRF 模型超分辨率重建 朱虹, 刘薇, 姚杰, 欧阳光振, 刘小乾(1049)
- 亮度补偿变换矩阵的颜色恒常性算法 袁兴生, 王正志(1055)
- 小波变换和稀疏冗余表示的混合图像去噪 李慧斌, 刘峰(1061)
- 基于运动信息自适应的快速运动估计算法 李子印, 杨齐(1069)
- 融合纹理特征的两阶段聚类分割算法 王改华, 李德华(1075)
- 利用纹理和边缘特征的 Criminisi 改进算法 任澍, 唐向宏, 康佳伦(1085)

图像分析和识别

- 激光焊接对接拼缝测量的微景深方法 王平江, 黄雅婷, 齐江飞, 彭芳瑜, 李斌, 唐小琦(1092)
- 基于码本模型和多特征的早期烟雾检测 姜明新, 王洪玉, 蔡兴洋(1102)
- 结合局部特征和全局信息的自适应活动轮廓模型 朱晓舒, 孙权森, 夏德深(1109)
- 高斯颜色模型在瓷片图像分类中的应用 郑霞, 胡浩基, 周明全, 樊亚春(1115)
- 区域生长的轮对图像分割 史倩, 吴开华(1122)
- 图像搜索结果的滑动窗口多标记传播聚类 谷瑞军, 陈圣磊, 陈耿, 汪加才(1128)

图像理解和计算机视觉

- 中介相似性量度的图像匹配 周宁宁, 吕文杰(1135)
- 自适应字典学习的多聚焦图像融合 严春满, 郭宝龙, 易盟(1144)
- 摄像机几何约束及人体定位 陶霖密, 于亚鹏, 邸慧军, 孙洛(1150)

虚拟现实与增强现实

针对层次式累进网格模型的动态评估与调整 王丹华, 卢威, 潘金贵(1158)

医学图像处理

结合形状与纹理特征的椎间盘退化辅助诊断 郝世杰, 蒋建国, 郭艳蓉, 詹曙, 李鸿(1168)

改进的核磁共振图像分割与偏移场恢复耦合模型

..... 王顺风, 冀晓娜, 张建伟, 陈允杰, 方林, 詹天明(1175)

遥感图像处理

光学遥感图像低可观测区域舰船检测 周伟, 关键, 何友(1181)

非下采样 Contourlet 变换与脉冲耦合神经网络相结合的 SAR 与多光谱图像融合

..... 金星, 李晖晖, 时丕丽(1188)

“计算机视觉前沿论坛”专栏征文通知 (1196)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健

月刊(1996年创刊)

第17卷 第9期

2012年9月16日出版

主管单位 中国科学院

主 办 中国科学院遥感应用研究所

中国图象图形学学会

北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会

北京9718信箱 邮编 100101

电子信箱:jig@irsa.ac.cn

电话:010-64807995 010-82614429

网 址:www.cjig.cn

印刷装订 北京北林印刷厂

广告经营许可证 京朝工商广字第0346号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司

(中国国际书店)

(北京399信箱 邮编 100044)

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing Application,

CAS China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational

Mathematics

Chief editor LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board

of Journal of Image and Graphics

(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)

E-mail:jig@irsa.ac.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers

and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading Corporation

(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)

Printed by Beijing Beilin Printing House

ISSN 1006-8961 CN11-3758/TB CODE ZTTXFZ 国内邮发代号: 82-831 国外发行代号: M1406 国内定价: 45.00元

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 9 September 2012

Contents

Image Processing and Coding

- Adaptive threshold HMRF model for super-resolution reconstruction
..... Zhu Hong, Liu Wei, Yao Jie, Ouyang Guangzhen, Liu Xiaoqian(1049)
- Color constancy algorithms with luminance-compensation transform matrix Yuan Xingsheng, Wang Zhengzhi(1055)
- Hybrid image denosing method based on wavelet transform as well as on a sparse and redundant representations model
..... Li Huibin, Liu Feng(1061)
- Fast motion estimation algorithm based on motion information adaptation Li Ziyin, Yang Qi(1069)
- Texture feature fusion-based two-stage clustering segmentation algorithm Wang Gaihua, Li Dehua(1075)
- Improved Criminisi algorithm with the texture and edge features Ren Shu, Tang Xianghong, Kang Jialun(1085)

Image Analysis and Recognition

- Seam measurement based on micro depth of field lens for laser welding
..... Wang Pingjiang, Huang Yating, Qi Jiangfei, Peng Fangyu, Li Bin, Tang Xiaoqi(1092)
- Early smoke detection based on codebook model and multiple features Jiang Mingxin, Wang Hongyu, Cai Xingyang(1102)
- Adaptive active contour model integrating global and local image fitting energy Zhu Xiaoshu, Sun Quansen, Xia Deshen(1109)
- Porcelain shard images classification based on Gaussian color model Zheng Xia, Hu Haoji, Zhou Mingquan, Fan Yachun(1115)
- Image segmentation for wheel set measurement based on region growing Shi Qian, Wu Kaihua(1122)
- Sliding window multi-label propagation clustering for searched images
..... Gu Ruijun, Chen Shenglei, Chen Geng, Wang Jiakai(1128)

Image Understanding and Computer Vision

- Image matching based on the medium similarity measure Zhou Ningning, Lv Wenjie(1135)
- Multi-focus image fusion using adaptive dictionary learning method Yan Chunman, Guo Baolong, Yi Meng(1144)
- Geometric constraints of locating cameras and people Tao Linmi, Yu Yapeng, Di Huijun, Sun Luo(1150)

Virtual Reality and Augmented Reality

- Dynamic evaluation and modification methods against aggressive mesh hierarchy models
..... Wang Danhua, Lu Wei, Pan Jingui(1158)

Medical Image Processing

- Computer aided diagnosis on intervertebral disc degeneration with shape and texture features
..... Hao Shijie, Jiang Jianguo, Guo Yanrong, Zhan Shu, Li Hong(1168)
- Improved coupled model for MR images segmentation and bias restoration
..... Wang Shunfeng, Ji Xiaona, Zhang Jianwei, Chen Yunjie, Fang Lin, Zhan Tianming(1175)

Remote Sensing Image Processing

- Ship detection from low observable regions in optical remote sensing imagery Zhou Wei, Guan Jian, He You(1181)
- SAR and multispectral image fusion algorithm based on pulse coupled neural networks and non-subsampled Contourlet transform
..... Jin Xing, Li Huihui, Shi Pili(1188)

中图法分类号: TP751.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2012)09-1122-06

论文引用格式: 史倩, 吴开华. 区域生长的轮对图像分割[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(9): 1122-1127.

区域生长的轮对图像分割

史倩, 吴开华

杭州电子科技大学生命信息与仪器工程学院, 杭州 310018

摘要: 轮对作为列车的重要组成部分,其踏面磨损参数的在线检测对保障轨道交通安全具有重要意义。在基于光截图像测量技术的轮对外形尺寸动态检测中,能否获取完整的轮对轮廓图像至关重要。针对轮对图像特点,提出一种基于区域生长的轮对图像分割新算法。该算法根据不同情况下轮对图像特点,通过基点位置选取恰当的种子点,并确定合适的生长准则。经过区域生长,有效地提取轮对轮廓图像。通过大量图像验证,该算法分割结果图的交集面积比大于80%,误分面积比小于0.02%。可以在多种情况下有效地提取轮对轮廓曲线,具有良好的抗噪能力。

关键词: 轮对检测;图像分割;区域生长;单连接区域生长

Image segmentation for wheel set measurement based on region growing

Shi Qian, Wu Kaihua

College of Life Information Science & Instrument Engineering, Hang Zhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China

Abstract: The wheel set is the major running component of a train. Online measurement of wheel set wear parameters is important for train safety. Acquiring a completely structured light projection image is important to wheel set profile dynamic inspection method. We develop a new image segmentation algorithm based on region growing. According to the characteristics of wheel set images acquired in different conditions and the location of their base points, a new growth standard of the algorithm is proposed. The wheel set profile images are extracted effectively through proper seed selection and growth process. By processing a series of images with severe noise and external disturbances, the overlap area ratio is more than 80%, and the error segmentation area ratio is less than 0.02%. The wheel set profile curves can be extracted effectively based on the new algorithm.

Key words: wheel set measurement; image segmentation; region growing; single connected region growing

0 引言

轮对作为列车的重要组成部分,其踏面磨损参数的在线检测对保障轨道交通安全具有重要意义。文献[1]提出一种基于结构光和图像分析的轮对磨损参数在线检测方法,该方法采用线结构光投射到轮对上,如图1所示,其中白色亮线即为线结构光在轮对上的投影。该投影,即轮缘踏面外形轮廓通过

CCD获得,经过图像分析获得轮对磨损参数。图像分析的结果对磨损参数的准确性至关重要,其流程为图像分割、图像细化、像素跟踪,以及参数计算。其中获取完整的轮对轮廓图是关键技术。目前,中国用于轮对图像分割的算法多使用阈值法^[2-3],其中最大类间方差法 Otsu^[4-5]为传统的图像分割方法,应用广泛。但经过实验,Otsu运用于轮对图像分割时,缺乏对图像中像素之间相关度的考虑,因此实验结果不能满足需求。针对轮对图像特点提出一种基

收稿日期:2011-12-14;修回日期:2012-03-31

基金项目:国家自然科学基金项目(60870007)

第一作者简介:史倩(1988—),女,现为杭州电子科技大学测试计量技术及仪器专业硕士研究生,主要研究方向是精密测量与光电检测技术。E-mail:sq_1988814@163.com

于区域生长的轮对图像分割新算法 ISAWS (image segmentation algorithm for wheel set measurement)。

1 轮对图像特点



图1 线结构光在轮对上的投影
Fig.1 Structured light projection on wheel set

根据图像分割的定义^[6]可以看出,图像分割是把图像分解为若干个有意义的子区域,而这种分解是基于物体有平滑均匀的表面,与图像中强度恒定或缓慢变化的区域相对应,即每个区域都具有一定的均匀性质^[7]。本文基于区域生长的图像分割方法,是直接根据事先确定的相似性准则,取出若干特征相近或相同像素组成区域^[8-10]。其中单连接区域生长^[11-14],为较常使用的区域生长方法,本文即采用这种生长方式。

在轮对图像的获取过程中,不同的光照强度和外界干扰会使图像灰度发生动态变化,因此不同目标图像的灰度分布情况和噪声强度也不尽相同。图2(a)为背景强度很弱的轮对图像,图3(a)为其直方图;图2(b)为标准轮对图像,图3(b)为其直方图;图2(c)为背景强度很强的轮对图像,图3(c)为其直方图。从图3可以看出,背景像素所占比例很大,大部分分布在灰度值小于50的区域。而前景像素所占比例较少,为了清晰反应前景像素的灰度值分布,仅统计灰度值不小于50的像素。由此所得直方图列于图4。

通过对大量图像的研究总结,轮对图像具有以下主要特点:

1) 噪声干扰,由于轮对结构复杂,本身会有反光,再加上自然光线的影响,其噪声分布比较随机,且分布比较广。但噪声主要集中在轮缘、踏面周围,且轮缘部分对光照最为敏感。当干扰光线较强时,该部位首先会有噪声产生,且不同的干扰强度会产生不同强度的噪声。

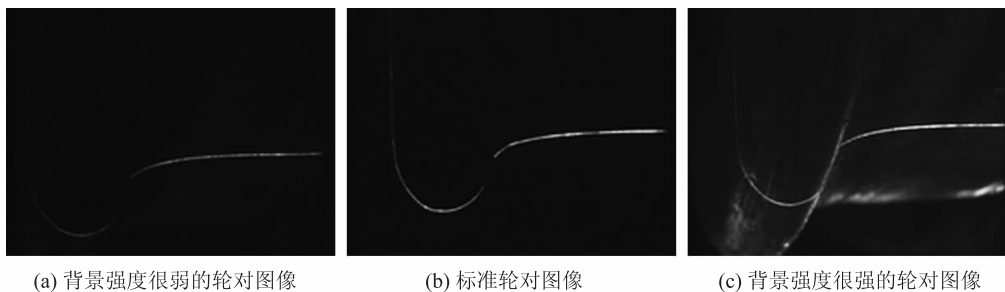


图2 背景强度各不相同的轮对图像

Fig.2 Wheel set images with different background intensity

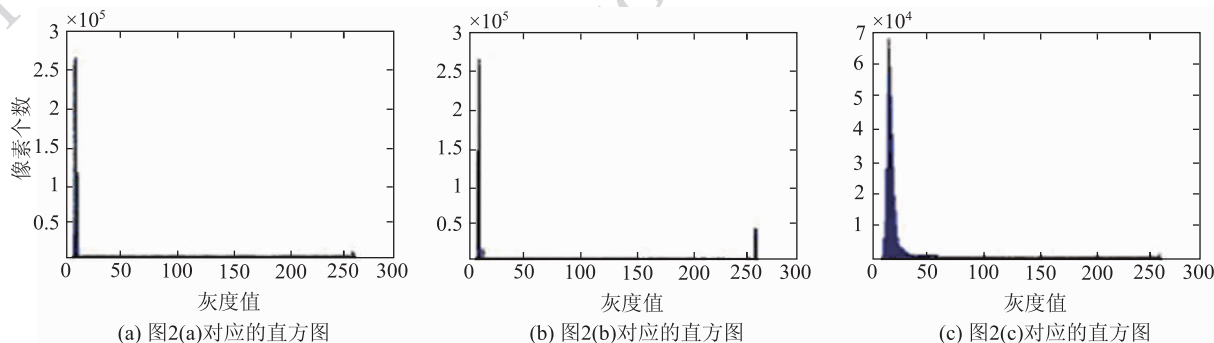


图3 图2对应的直方图

Fig.3 Histogram of Fig.2

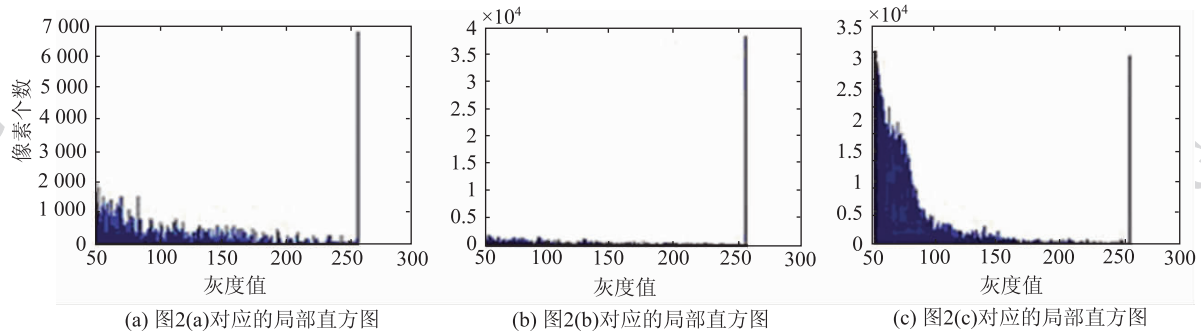


图 4 仅统计灰度值不小于 50 的像素所得直方图

Fig. 4 Histogram of the gray value not less than 50

2) 背景特点, 整个背景像素的灰度值分布比较集中, 明显呈现聚类现象。

2 基于区域生长的轮对图像分割算法

前景对象为线结构光在轮对上的投影, 如图 1 所示的白色亮线。结合轮对图像的特点, 采用单连接区域生长, 提出了基于区域生长的轮对图像分割算法, 把图像中的每一个像素看成是连接图中的一个节点, 然后按照一定的生长准则把特性相似的像素节点合并连接起来。生长准则为比较两相邻像素的灰度之差, 如果小于设定的阈值则将它们合并生成新的种子点。

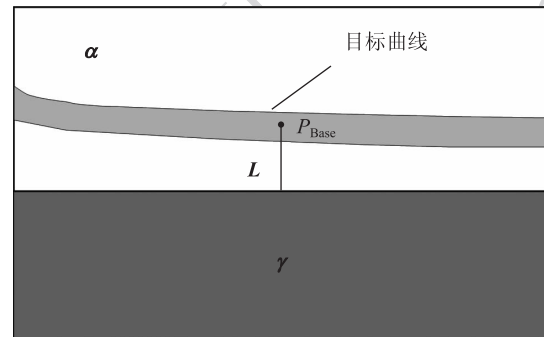
2.1 生长对象的选择

由图 3 和图 4 的直方图可以看出, 背景像素的相似度很高, 灰度值分布比较集中, 呈现明显的聚类现象。因此针对轮对图像的特点, 逆向思维选取背景像素为生长对象, 使用区域生长进行统计, 分离出背景点集。将生长点像素灰度值置为 0, 将未生长点, 即前景像素的灰度值置为 255, 从而实现前景和背景的分隔。

2.2 种子的选取

种子不宜选取统计类中灰度值比较高的像素, 也不宜选取灰度值比较低的像素, 应该选取聚类中靠近重心的像素比较适宜^[15]。对轮对图像而言, 基点(P_{Base})为距轮缘内侧面 70 mm 踏面上的一点^[16], 是图像中的一个重要点。噪声的分布是从轮缘部分逐渐过渡到踏面部分。所以 P_{Base} 点的灰度值不会处于该聚类灰度值分布的两端, 而是中间段。可以选取 P_{Base} 附近的背景像素点为种子点 P_{Seed} 。为此引入两个区域的概念(坐标原点为屏幕坐标原点, 单位为像素)。其一为 P_{Base} 点的搜索范围 α 。 P_{Base}

的位置跟随轮对直径大小动态变化, 因此存在一个变化范围 α , 设 $\alpha = \{(x, y) \mid x_{min} \leq x \leq x_{max}, y_{min} \leq y \leq y_{max}\}$; 其二为 P_{Seed} 的搜索范围 γ , 本文算法中定义 $\gamma = \{(x, y) \mid x_{min} \leq x \leq x_{max}, y_{P_{Base}} + L \leq y \leq y_{max}\}$, 式中, $y_{P_{Base}}$ 为 P_{Base} 的纵坐标, L 为偏移量, 大于 P_{Base} 到轮对轮廓曲线边缘的垂直距离。由此可知, $\gamma \subset \alpha$, 如图 5 所示。

图 5 α 及 γ 的范围示意图Fig. 5 Schematic diagram of region α and γ

1) 确定基点的位置

由于 P_{Base} 的位置随着轮对直径大小动态变化, 因此可以确定 P_{Base} 的运动轨迹曲线, 该曲线单调连续。已知 $P_{Base} \in \alpha$, 则 P_{Base} 横坐标集合 $A = \{x \mid x_{min} \leq x \leq x_{max}\}$, 纵坐标集合 B 满足一一对应映射 $h: A \rightarrow B$, 则 $B = \{y \mid y = h(x), x \in A\}$ 。同时对区域 α 进行分割, 细化以及最小二乘法拟合后, 得到区域 α 内轮对轮廓曲线单像素的单调连续函数。该函数的值域 C 和集合 A 满足一一对应映射 $z: A \rightarrow C$, 则 $C = \{y \mid y = z(x), x \in A\}$ 。这两个函数都单调连续, 且不平行, 存在一个交点, P_{Base} 即为这个交点。设 h^{-1} 为映射 h 的逆映射。

$$P_{Base} = \{(x, y) \mid y = B \cap C, x = h^{-1}(y)\} \quad (1)$$

2) 确定种子的位置

为了选择合适的种子点,可以选取 γ 中接近平均灰度值的某一像素点。

设种子点搜索区域 γ 大小为 $M \times N$, γ 中任一点 (x, y) 处的灰度值计为 $f(x, y)$, 计算 γ 的平均灰度值

$$m_\gamma = \frac{1}{MN} \sum_{(x,y) \in \gamma} f(x,y) \quad (2)$$

按行展开区域 γ 内的像素矩阵得 $\gamma = [(x_0, y_0), (x_0, y_1), \dots, (x_0, y_M), (x_1, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_1, y_M) \dots, (x_N, y_0), (x_N, y_1), \dots, (x_N, y_M)]$ 。逐点计算每个像素的灰度值与 m_γ 之差 $f_D(x, y) = |f(x, y) - m_\gamma|$, 若发现某一点 (x_s, y_s) 满足

$$f_D(x_s, y_s) \leq km_\gamma \quad (3)$$

则停止运算后续点, 点 (x_s, y_s) 被纳为种子点 P_{Seed} , 式中, k 为可调参数。

2.3 生长准则的确定

该算法使用单连接区域生长, 生长准则为: 邻域点内所考虑的像素与当前种子像素灰度值差的绝对值小于或等于某个门限值 T 。由图 2 可以看出, 轮对图像背景的灰度值分布会因光照情况和干扰而呈现出不同分布。因此很难选择一个合适并且通用的生长阈值。基于轮对图像特点, 根据轮缘区域 R 内像素的平均灰度值 m_R , 动态确定生长门限 T 的值。若 m_R 小于 m_1 , 即背景强度较弱, 则生长阈值减去 Δt , 若 m_R 大于 m_2 , 即背景强度较强, 则生长阈值增加 Δt 。若 m_R 在 m_1 和 m_2 之间, 保留初始生长阈值。从而动态选取生长阈值。

设 R 中的像素个数为 N_R , $f(x, y)$ 为 R 区域内各像素的灰度值, 则计算区域 R 中所有像素的平均灰度值

$$m_R = \frac{1}{N_R} \sum_R f(x,y) \quad (4)$$

$$T = T_0 + \frac{\text{sgn}(m_R - m_1) + \text{sgn}(m_R - m_2)}{2} \times \Delta t \quad (5)$$

式中, m_1 和 m_2 为非负参数, $m_1 < m_2$, 由实验确定。 T_0 为初始阈值, Δt 为步长。

最后, 生长准则为邻域 D 内所考虑的像素 $(x_r, y_r) \in D$ 与当前种子像素 (x_s, y_s) 的灰度值差的绝对值小于或等于某个门限值 T , 即

$$|f(x_s, y_s) - f(x_r, y_r)| \leq T \quad (6)$$

式中, $D = [(x_s - 1, y_s - 1), (x_s - 1, y_s), (x_s - 1, y_s + 1), (x_s, y_s - 1), (x_s, y_s + 1), (x_s + 1, y_s -$

$1), (x_s + 1, y_s), (x_s + 1, y_s + 1)]$ 。

2.4 程序设计流程

根据以上的算法描述, 程序流程为

1) 搜索 P_{Base} , 通过式(1)搜索 P_{Base} , 判断其是否满足 $P_{Base} \in \alpha$, 如果满足, 则返回 P_{Base} 的坐标, 否则退出算法;

2) 确定 P_{Seed} 及生长准则, 由 P_{Base} 确定 γ 和 R , 并且根据式(2)(3)确定 P_{Seed} , 由式(4)(5)计算生长门限 T , 最后按照式(6)确定生长准则;

3) 逐行扫描, 对图像进行逐行扫描, 找出尚没有归属的像素;

4) 检查邻域 D , 以种子点为中心, 逐个检查邻域 D 内所有像素的灰度值是否满足生长准则, 满足则将它们合并至种子队列, 成为下一个生长点, 并令该点灰度值 $f(x, y) = 0$, 否则令 $f(x, y) = 255$;

5) 向外生长, 以新合并的像素为中心, 返回到步骤 4), 检查新像素的邻域, 直到区域不能进一步扩张;

6) 生长终止, 返回到步骤 3), 继续扫描直到不能发现没有归属的像素, 结束整个生长过程。

3 ISAWS 与 Otsu 的效果比较

3.1 分割结果对比

根据以上内容, 使用 VC++ 6.0 实现了 ISAWS 算法, 实验中, 取 $L = 10$, $k = 0.1$, $m_1 = 8$, $m_2 = 18$, $T_0 = 10$, $\Delta t = 6$ 。实验图像大小为 764×576 (坐标为屏幕坐标, 单位为像素)。图 6(a) 为图 2(a) 的 ISAWS 分割结果, 种子点 $(x_s, y_s) = (593, 357)$, $T = 4$; 图 6(b) 为图 2(b) 的 ISAWS 分割结果, 种子点 $(x_s, y_s) = (598, 311)$, $T = 10$; 图 6(c) 为图 2(c) 的 ISAWS 分割结果, $(x_s, y_s) = (609, 286)$, $T = 16$ 。图 7 为图 2 中对应图像的 Otsu 分割结果。

对比图 6 以及图 7 可以看出, 基于区域生长的轮对图像分割算法的结果在人眼视觉上明显优于 Otsu 算法。

3.2 评价结果对比

为了衡量分割算法的有效性, 本文从正确分割面积和错误分割面积两方面综合评价分割方法, 定义评价准则如下^[17]:

交迭面积比为

$$E_{cor} = \frac{S_{P \cap Q}}{S_Q} \times 100\% \quad (7)$$

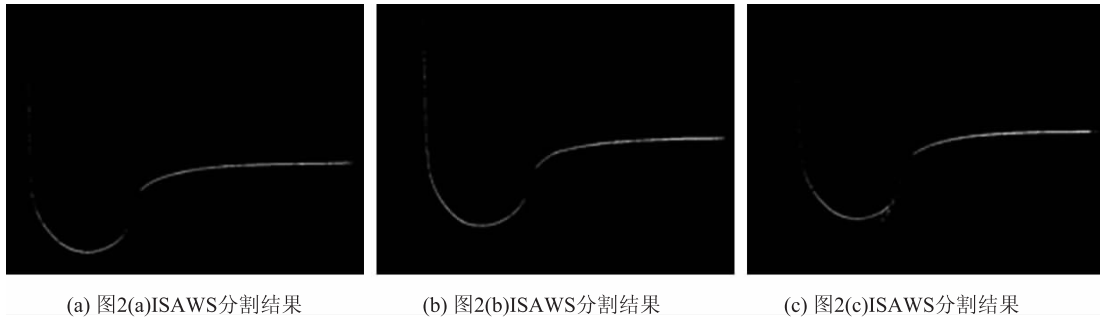


图 6 ISAWS 的分割结果

Fig. 6 Segmentation results of Fig. 2 by ISAWS

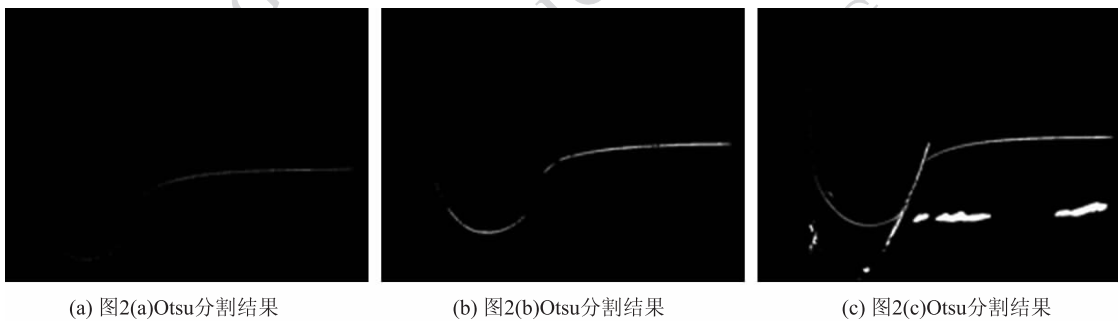


图 7 Otsu 的分割结果

Fig. 7 Segmentation results of Fig. 2 by Otsu

误分面积比为

$$E_{err} = \frac{S_E}{S} \times 100\% \quad (8)$$

式中, P 为经过算法自动分割得到的目标区域; Q 为人工手动分割得到的目标区域, 即期望得到的目标区域; $S_{P \cap Q}$ 为自动提取区域与期望得到区域的相交区域的面积; S_E 为误分割面积, 即相交区域以外的分割结果面积; S 为轮对图像的总面积。显然, E_{cor} 越大说明经过算法自动分割得到的目标区域越接近目标的真实情况, E_{err} 越小说明错误分割的像素数越少, 即 E_{cor} 越大越好, E_{err} 越小越好。表 1 列出了图 2 中 3 幅图像分别通过 ISAWS 和 Otsu 分割后的 E_{cor} 和 E_{err} 结果值。

表 1 分割结果评估

Table 1 Evaluation of segmentation results

图 2	/%			
	ISAWS		Otsu	
	E_{cor}	E_{err}	E_{cor}	E_{err}
(a)	91.57	0	24.06	0
(b)	94.26	0	44.30	0
(c)	80.18	0.01	76.23	1.27

对于图 2(a)(b), 无论是 ISAWS 还是 Otsu 都存在过分割现象, 不存在本属于背景的像素点被错分为前景像素的情况, 所以 E_{err} 都为 0。从表 1 所得数据可知 ISAWS 算法的确具有明显优势。通过对 341 幅轮对图像进行反复的实验, 均得出类似结果。

3.3 实验结果分析

通过以上结果对比, 可知本文算法的优势如下:

1) 有效提取轮对轮廓曲线, ISAWS 可以适应多种光照强度。当光照较弱时, 如图 2(a), Otsu 算法几乎不能识别内侧面部分的目标, ISAWS 仍然能有效提取该部分目标。

2) 较强的抗干扰能力, 对于图 2(c), 由于部分背景与目标存在灰度级交叉, Otsu 在分割出目标的同时也将许多背景像素错分为目标像素, 使目标淹没在背景中; 而 ISAWS 在考虑到图像全局和局部信息的基础上, 经过分割后大量的背景信息被滤除。

3) 更有利于磨耗参数的计算, 由于 1) 和 2) 两大特点, ISAWS 所得结果, 目标信息保存完整, 噪声抑制明显, 有利于进一步的磨耗参数测量。

以上对 ISAWS 和 Otsu 的比较可知, ISAWS 具有明显的优势。经过对一系列图像的反复验证, 所得结果均能有效提取轮对轮廓曲线, 满足后续磨耗

参数计算的要求。

4 结 论

详细分析了轮对图像的特点,论述了基于区域生长的轮对图像分割算法,同时针对轮对图像特点,详细阐述了算法的生长对象的选取。并且根据轮对图像目标强度及噪声强度的多样性,通过基点的位置恰当地进行了种子点的选取和生长准则的确立。

最后经过实验,验证了算法的可行性及优越性,并且对该算法与 Otsu 算法的实验结果进行比较和分析。通过实验论证,证明该算法可以在不同的光照强度及噪声干扰下完整的提取轮对轮廓曲线,能够满足轮对图像分割的要求。

参考文献(References)

- [1] Wu K H, Li Z J, Ban T. Online measurement for geometrical parameters of locomotive wheel set[C]// Proceedings of 2009 International Conference on Optical Instruments and Technology: Optoelectronic Imaging and Process Technology. Shanghai, China: SPIE, 2009: 75131X(1-5).
- [2] Zhao Y, Fang Z D, Wang K W, et al. Study of dynamic measurement method of the wear of flange of wheel sets using computer vision[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2007, 26(7): 913-916. [赵勇,方宗德,王侃伟,等.基于计算机视觉的轮对轮缘磨耗动态测量方法的研究[J].机械科学与技术,2007,26(7):913-916.]
- [3] Zhao Y. Fast wheelsets tread light-sectioning curve image segmentation method [J]. Application of Electronic Technique, 2011, 37(3): 130-132, 136. [赵勇.一种快速轮对踏面光截曲线图像分割方法[J].电子技术应用,2011,37(3):130-132,136.]
- [4] Qi L N, Zhang B, Wang Z K. Application of the Otsu method in image processing[J]. Radio Engineering, 2006, 36(7): 25-26. [齐丽娜,张博,王战凯.最大类间方差法在图像处理中的应用[J].无线电工程,2006,36(7):25-26.]
- [5] Li M. Research of image segmentation based on Otsu algorithm [D]. Hefei: HeFei University of Technology, 2011. [李梅.基于Otsu算法的图像分割研究[D].合肥:合肥工业大学,2011.]
- [6] Zhang Y J. Image Segmentation [M]. Beijing: Science Press, 2001: 2-3. [章毓晋.图像分割[M].北京:科学出版社,2001:2-3.]
- [7] Gao S C, Liu S Z, Yao L T, et al. Visual C++ Practice and

Improve--Digital Image Processing and Engineering Applications [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2006: 117-118. [高守传,刘书智,姚领田,等. Visual c++ 实践与提高——数字图像处理与工程应用篇[M].北京:中国铁道出版社,2006:117-118.]

- [8] Tao T F, Han C Z, Dai X F, et al. An infrared image segmentation method based on edge detection and region growing[J]. Opto-Electronic Engineering, 2004, 31(10): 50-52. [陶唐飞,韩崇昭,代雪峰,等.综合边缘检测和区域生长的红外图像分割方法[J].光电工程,2004,31(10):50-52.]
- [9] Gambino O, Vitabile S, Lo Re G, et al. Automatic volumetric liver segmentation using texture based region growing[C] // Proceedings of 2010 International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems. Dalian, China: IEEE Computer Society, 2010: 146-152.
- [10] Jun T. A color image segmentation algorithm based on region growing[C] // Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology. Singapore: IEEE, 2010: V6(634-637).
- [11] Verma O P, Hanmandlu M, Susan S, et al. A simple single seeded region growing algorithm for color image segmentation using adaptive thresholding[C] // Proceedings of 2011 International Conference on Communication Systems and Network Technologies and Computer. New Delhi, India: IEEE Computer Society, 2011: 500-503.
- [12] Tang G W, Li J H, Liu X D, et al. Research on road image segmentation based on region growing[J]. Computer Applications and Software, 2003, 20(4): 5-6, 57. [唐国维,李井辉,刘显德,等.基于区域生长的道路图像分割技术研究[J].计算机应用与软件,2003,20(4):5-6,57.]
- [13] Tang G W, Yuan W C, Fu Y. A spatial analysis method for accurate road boundary extracting[J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 39(15): 208-210. [唐国维,袁文翠,富宇.提取准确道路边界的空间分析方法[J].计算机工程与应用,2003,39(15):208-210.]
- [14] Wan S Y, Higsins W E. Symmetric region growing[J]. Image Processing, 2003, 12(9): 1007-1015.
- [15] Zhang Y J. Image Processing and Analysis Techniques[M]. Beijing: Higher Education Press, 2008: 208. [章毓晋.图像处理和分析技术[M].北京:高等教育出版社,2008:208.]
- [16] Wu K H, Zhang J H, Yan K, et al. Photoelectric measurement for geometrical parameters and tread defects of wheel set[J]. Opto-Electronic Engineering, 2005, 32(7): 52-51. [吴开华,张建华,严匡,等.轮对几何参数及踏面缺陷光电检测方法[J].光电工程,2005,32(7):52-51.]
- [17] Xia J, Sun J Y. Forward-looking infrared image segmentation based on region growing[J]. Laser & Infrared, 2011, 41(1): 107-111. [夏晶,孙继银.基于区域生长的前视红外图像分割方法[J].激光与红外,2011,41(1):107-111.]