



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20140155

基于虚拟仪器的动车图像条纹噪声消除算法

于涛, 王慧聪, 杨世凤

(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 为更好地采集动车车号部分的图像, 针对图像中车号部分所包含信息变化微小的特点, 采用了一种基于虚拟仪器技术开发平台 LabVIEW 的去条纹噪声的方法. 首先, 在频域内将含有条纹噪声的图像与原始图像的频谱图二值化, 并对二值化的频谱图像进行逻辑操作, 同时结合多样本进行综合处理, 最后运用巴特沃斯带阻滤波法滤除条纹噪声; 然后, 在空域内通过 IMAQ GrayMorphology.VI 和 IMAQ BCGLookup.VI 对处理后的图像进行增强处理, 锐化因频域内滤波而边缘虚化的车号图像. 进行动车图像条纹去噪处理实验, 运用均方误差 (MSE) 和峰值信噪比 (PSNR) 对去噪效果进行评价, 并与普通带阻滤波、矩匹配法等去噪方法进行对比. 结果表明, 本文方法消除噪声的效果更显著.

关键词: 条纹去噪; 虚拟仪器; 二值化; 巴特沃斯; 动车车号

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2015)04-0065-05

Strip Noise Reduction Algorithm for Bullet Train Image Based on Virtual Instrument

YU Tao, WANG Huicong, YANG Shifeng

(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: A new method of eliminating strip noise based on LabVIEW is proposed according to the feature that the image information of every bullet train number has imperceptible changes. Firstly, in the frequency domain, a series of logic operations was used on the binaryzation image of both noise image and the original image. After multiple-sample processing, the Butterworth band rejection filter was used for eliminating the strip noise. Then, in the space domain, IMAQ GrayMorphology.VI and IMAQ BCGLookup.VI were used to enhance the processed image so as to sharpen the blurring edges of the train number image caused by filtering in the frequency domain. After evaluating the processed image via the MSE and PSNR image evaluation methods and comparing with the waves in the ordinary band stop filtering, the conclusion is that the method proposed can get rid of the strip noise very effectively.

Key words: strip de-noising; virtual instrument; binarization; Butterworth; bullet train number

车号在铁路安全和管理系统中有十分重要的作用^[1]. 通过图像识别技术在列车管理系统中获取车号, 能够有效地解决人工抄写耗费大量人力以及射频辐射技术所使用装置较昂贵的问题. 为图像识别过程提供清晰、完整的图像是获取车号过程的基本要求. 由于动车的运动速度在 10~150 km/h, 要获取动车图像, 必须采用线阵 CCD 相机对动车进行线阵扫描再进行图像拼接, 以解决动车速度过快的问题. 反复扫描物体成像, 会导致图像的部分重叠扫描, 加之

铁路沿线复杂的电气设备及电弓与高压线的接触摩擦产生强大的电磁干扰, 这使得采集的图像中出现强烈的条纹噪声^[2]. 这些噪声的存在掩盖了图像中的部分重要信息, 图像的质量大幅度降低, 对从图像中提取有用信息造成了障碍和不利的影

响. 条纹噪声是一种周期性重复出现于图像中的噪声. 去除图像中条纹噪声的典型处理方法分为: 针对图像灰度值特征的匹配方法, 如直方图匹配、矩匹配法; 通过傅里叶变换在频域内去除周期性噪声的频率

收稿日期: 2014-11-30; 修回日期: 2015-02-22

作者简介: 于涛 (1989—), 女, 河北承德人, 硕士研究生; 通信作者: 杨世凤, 教授, yangsf@tust.edu.cn.

成分,如低通滤波、带阻滤波^[3].传统的去除条纹噪声的方法具有普遍性,但对于动车图像这种黑白分明的图像,黑白变化区域与条纹噪声在频域内都表现为高频部分,普通的带阻滤波会使得动车图像中车号文字的边缘部分模糊化严重,矩匹配法对于动车图像这种黑白分部区域化的灰度图像空间分布产生畸变,导致图像中车号部分边缘信息丢失^[4].

每幅动车图像之间差异较小,且主要在车号部分.针对这种图像信息变化微小的特征采用一种新的滤波方法,并利用 LabVIEW 作为系统软件开发平台,结合 VDM(Vision Develop Module)模块,通过对图像在频率域和空间域中结合处理的方法去除动车图像中车号部分的条纹噪声.

1 去噪算法与应用效果

对含有条纹噪声的图像的去噪算法流程如图 1 所示.

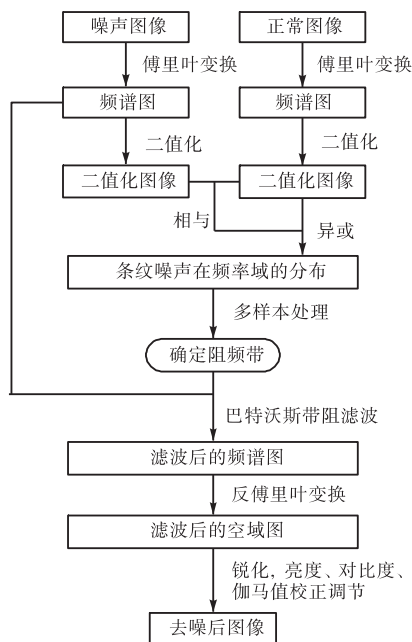


图 1 去噪算法流程

Fig. 1 Noise reduction algorithm flow chart

在频率域中,对含有条纹噪声的图像进行滤波可以表示为

$$G(u, v) = F(u, v)H(u, v) \quad (1)$$

式中: $F(u, v)$ 为图像经过傅里叶变换的矩阵; $H(u, v)$ 为频域滤波器; $G(u, v)$ 为去噪后的频谱矩阵^[6]. 频域滤波器原型定义为

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & D(u, v) \in D_0 \\ 1 & D(u, v) \in D - D_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: D 为整个图像的频域空间; D_0 为频域空间中条带成分子空间. 在频域内对图像进行滤波的关键在于如何准确的确定 D_0 , 这就需要将图像从空间域变换到频率域, 并进行一系列处理.

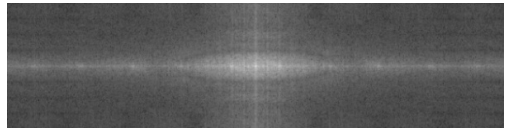
1.1 将噪声图像和正常图像从空间域变换到频率域
静止的数字图像可以看成二维数据阵列. 将一幅像素大小为 $M \times N$ 的含噪声图像 $f_1(x, y)$ 和原始图像 $f_2(x, y)$ 进行二维快速傅里叶变换, 变换表达式为

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(ux/M+vy/N)} \quad (3)$$

变换后得到两幅图像的频谱图 $F_1(u, v)$ 、 $F_2(u, v)$. 频谱图中的每个点对应着空间域的图像信息的变化. 图 2 和图 3 分别为含噪声图像和正常图像及其相应的频谱图.



(a) 含条纹噪声的图像



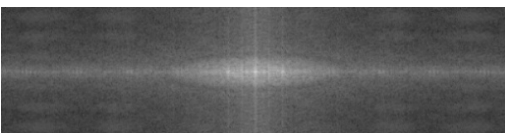
(b) 频谱图

图 2 含条纹噪声的图像及其频谱图

Fig. 2 Image of strip noise and its spectrogram



(a) 正常图像



(b) 频谱图

图 3 正常图像及其频谱图

Fig. 3 Normal image and its spectrogram

1.2 对频谱图进行二值化和逻辑处理

对比 $F_1(u, v)$ 和 $F_2(u, v)$, 发现差异集中于高频处. 但由于车号的边缘部分在频域中同样表现为高频, 因此需要在频谱图的高频区域进一步定位差异部分, 以防止在频域滤波过程中将车号边缘模糊化. 首

先将两幅图像分别进行二值化处理. 二值化的阈值选取采用最大类间方差法^[5]. 设图像有 M 个灰度值, 取值范围为 $0 \sim (M-1)$, 在此范围内选取灰度值 t , 将图像分成 G_0 和 G_1 两组, G_0 包含像素的灰度值在 $0 \sim t$ 范围内, G_1 包含像素的灰度值在 $(t+1) \sim (M-1)$ 范围内, N 为图像像素总数, n_i 表示灰度值为 i 的像素个数. 则每一个灰度值出现的概率为

$$p_i = n_i / N$$

G_0 和 G_1 两组像素所占百分比为

$$\omega_0 = \sum_{i=0}^t p_i$$

$$\omega_1 = \sum_{i=t+1}^{M-1} p_i = 1 - \omega_0$$

两组的平均灰度值为

$$u_0 = \sum_{i=0}^t ip_i$$

$$u_1 = \sum_{i=t+1}^{M-1} ip_i$$

图像的总平均灰度

$$u = \omega_0 u_0 + \omega_1 u_1$$

两组平均灰度值的类间方差

$$g(t) = \omega_0 (u_0 - u)^2 + \omega_1 (u_1 - u)^2 = \omega_0 \omega_1 (u_0 - u_1)^2$$

阈值 T 将整幅图像分成前景和背景两部分, 当两类的类间方差最大时, 前景和背景的差异最大, 二值化效果最好. 所以最佳阈值为式 (4).

$$T = \max(g(t)) \quad (4)$$

频谱图 $F_1(u, v)$ 与 $F_2(u, v)$ 选取相同阈值, 以保证最终区域确定的准确性. 二值化后得到的图像矩阵分别为 $f_3(x, y)$ 和 $f_4(x, y)$, 并对其进行如下处理:

$f_3(x, y) \& f_4(x, y) \oplus f_4(x, y)$, 得到阻频带区域如图 4 (白色区域) 所示.

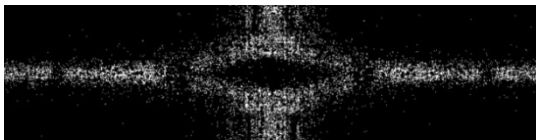


图 4 阻频带区域

Fig. 4 Damping band

1.3 多样本处理

由于不同动车图像中的文字不同, 并且采集过程中环境条件略有差异, 因此得到的频谱图也存在一定的差异性. 为解决这一问题, 随机选取了 100 幅通过 CCD 线阵相机在现场采集的不同车次和车厢的图

像, 并截取像素大小为 774×195 的车号部分, 分别进行 1.1、1.2 中所述操作后, 对 100 幅图像的二值化结果进行累加, 将白色区域重复率大于 50 的部分进行保留, 去除剩余部分.

$$f_T(x, y) = \begin{cases} 1 & \sum_{i=1}^{100} f_i(x, y) \geq 50 \\ 0 & \sum_{i=1}^{100} f_i(x, y) < 50 \end{cases} \quad (5)$$

经多样本处理后的图像如图 5 所示, 将图中的阻频带区域对称的划分为 6 个矩形区域.

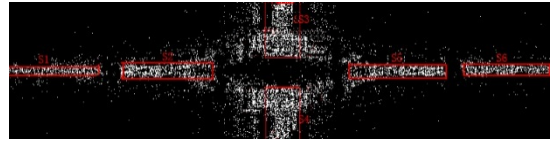


图 5 多样本处理后的阻频带区域

Fig. 5 Damping band after multiple-sample processing

1.4 巴特沃斯带阻滤波器进行平滑滤波

将图 5 所示的 6 个区域作为阻频带, 选用带阻滤波器进行滤除. 采用理想的带阻滤波器将致使图像的频率变化过快, 产生较严重的模糊和振铃现象, 虽然某种程度上达到了去除噪声的效果, 但是图像有用信息也发生了变化. 为了解决这一问题, 采用巴特沃斯带阻滤波器进行滤波操作. 巴特沃斯滤波器的特点是在通频带内的频率响应曲线最大限度平坦, 没有起伏, 而在阻频带则逐渐下降为零^[6].

n 阶 Butterworth 带阻滤波器的传递函数为

$$h(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u, v)W}{D^2(u, v) - R_0^2} \right]^{2n}} \quad (6)$$

式中: W 是阻频带的宽度; R_0 是阻频带的中心半径. (u_i, v_i) 为阻频带的区域中心, 且

$$D(u, v) = \sqrt{(u - u_i)^2 + (v - v_i)^2} \quad (7)$$

由于得到的巴特沃斯滤波器的阻频带是 6 个条形区域, 因此在选用滤波器时以条形区域的长为直径, 将巴特沃斯带阻滤波器的中心分别转移至矩形区域中心 (u_i, v_i) , $i=1, 2, 3, 4, 5, 6$. 并且, 由于 2 阶巴特沃斯滤波器是理想滤波器的尖锐和高斯型滤波器的完全平滑的一种过渡, 是有效滤波和可接受的振铃特性之间的折中, 因此本文选取 $n=2$.

在各区域中均利用式 (6) 求取传递函数 $h_i(u, v)$, $i=1, 2, 3, 4, 5, 6$. 将各 $h_i(u, v)$ 进行整合, 得到式 (8) 所示的最终传递函数 $H(u, v)$.

$$H(u, v) = \begin{cases} h_i(u, v) & (u, v) \in (\bigcup_{i=1}^6 S_i) \\ 1 & (u, v) \notin (\bigcup_{i=1}^6 S_i) \end{cases} \quad (8)$$

改进带阻滤波器的三维透视图如图 6 所示.

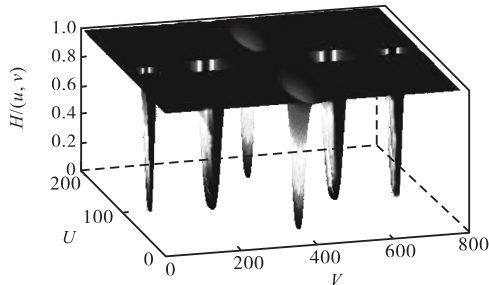


图 6 改进带阻滤波器的三维透视图

Fig. 6 3D perspective drawing of the improved band rejection filter

1.5 反傅里叶变换

运用改进带阻滤波器进行频域滤波后, 根据式 (1) 得到 $G(u, v)$, 进行反傅里叶变换, 得到处理后的空域内的图像 $f(x, y)$. 反傅里叶变换公式^[10]为

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} G(u, v) e^{j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (9)$$

1.6 图像增强处理

经过频域处理后的图像亮度降低, 对比度下降, 同时部分图像也伴随着字符边缘虚化的问题. 采用 VDM 图像处理模块中的 IMAQ GrayMorphology.VI 函数对图像进行锐化处理, 以解决字符边缘虚化问题. 利用 IMAQ BCGLookup.VI 函数进行图像亮度和对比度的调节, 并进行伽马校正. 在确定 IMAQ BCGLookup.VI 函数中的亮度、对比度和伽马参数的值时, 利用 NI 公司开发的 VISION ASSISTANT 能够动态地更改函数中的亮度、对比度和伽马值, 以找到效果最好的参数值^[7]. 图像增强处理的最终程序框图及选取的相应参数见图 7.

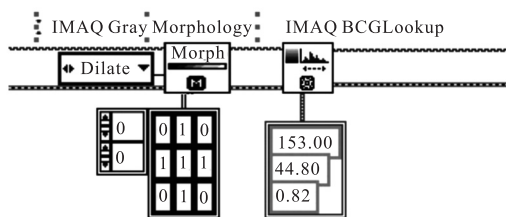


图 7 图像增强程序框图

Fig. 7 Block diagram of image enhancement

通过对图像增强处理后, 最终达到了去除条纹噪

声的效果, 得到了较为理想的图像. 图 8 给出了进行图像增强前后的效果对比.



(a) 增强处理前



(b) 增强处理后

图 8 图像增强处理前后的效果对比

Fig. 8 Results comparison before and after image enhancement

2 去噪方法评价

在石家庄动车运用所利用线阵 CCD 相机对动车图像进行了采集. 随机选取 30 组图像, 并截取大小为 774 像素 \times 19 像素 5 的车号部分, 分别用本方法和普通带阻滤波方法、矩匹配法对图像中的条纹噪声进行去除, 并运用求取均方误差 (MSE) 和峰值信噪比 (PSNR) 两种方法分别评价去噪效果^[8], 求取其平均值并进行对比, 结果见表 1. 其中, 均方误差和峰值信噪比的计算公式为

$$MSE = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_{i,j} - \hat{f}_{i,j})^2}{M \times N} \quad (10)$$

$$PSNR = 10 \lg \frac{(2^n - 1)^2}{MSE} \quad (11)$$

式中: $f_{i,j}$ 、 $\hat{f}_{i,j}$ 分别为无噪图像和恢复图像的像素值; n 为图像位深度, 本文处理图像的位深度为 8.

表 1 去噪效果评价

Tab.1 Evaluation of de-noising effectiveness

评价 指标	噪声 图像	去噪方法		
		普通带阻滤波	矩匹配法	本文方法
MSE	0.291 6	0.262 5	0.283 5	0.094 3
PSNR	53.481 6	53.939 5	53.605 3	58.385 7

通过对比可见, 本文的去除条纹噪声的效果好于普通带阻滤波和矩匹配法.

3 结 语

通过图像识别技术获取动车车号是一种常用途

径,而为图像识别过程提供清晰、完整的图像是提高图像识别率的基本要求.本文针对动车车号图像的特点采用了针对性较强的去除条纹噪声算法对车号图像进行了去噪和图像增强处理,为进一步的车号识别提供了技术保障.该方法已经成功应用在石家庄动车运用所的车号图像采集系统中,对图像去噪处理的效果明显.但是,该方法存在针对性较强的缺点,并不适用于所有场合的图像条纹去噪.

参考文献:

- [1] 马云岭,陈雷,吴月东.铁路货车车号管理的发展及其应用信息技术的研究[J].铁道车辆,2006,44(4):29-34.
- [2] 修吉宏,翟林培,刘红.CCD图像条带噪声消除方法

[J].电子器件,2005,28(4):719-721,725.

- [3] 徐花艳,孙瑞宁.基于频域的图像条纹噪声消除方法[J].硅谷,2012(6):194.
- [4] 孙颖,张志佳.基于频域滤波的自适应条带噪声去除算法[J].仪表技术与传感器,2006(2):57-59.
- [5] 张引.基于空间分布的最大类间方差牌照图像二值化算法[J].浙江大学学报:工学版,2001,35(3):272-275,280.
- [6] 刘岳巍.修正巴特沃斯函数快速图像降噪方法[J].兰州大学学报:自然科学版,2014,50(1):122-127.
- [7] 李扣生.基于虚拟仪器的电路板图像识别系统研究与实现[D].上海:上海交通大学,2010.
- [8] 李晓晶.图像质量评价与图像增强技术研究[D].南京:南京理工大学,2008.

责任编辑:常涛

(上接第59页)

编写了下位机软件,最后通过冻融实验测试了系统性能.系统能够按上位机设定参数自动完成冻融循环实验,实时采集并存储相关数据,上位机界面简明,便于操控,可为工程提供可靠实验数据.目前,系统只能完成冻融循环实验,不能自动评定抗冻等级,在后续研究中还可将抗冻等级评定功能嵌入到系统中.

参考文献:

- [1] 李金玉,曹建国,徐文雨,等.混凝土冻融破坏机理的研究[J].水利学报,1999(1):41-49.
- [2] 杨绍明,周双喜.混凝土抗冻性实验方法及其评价参数的探讨[J].混凝土,2008(4):27-29.

- [3] 中华人民共和国原水利电力部.DLT 5150—2001水工混凝土实验规程[S].北京:中国电力出版社,2001.
- [4] 杨永恒,曹万智.利用低温冷冻试验箱改造混凝土快速冻融试验机[J].中国建材科技,2011(1):17-19.
- [5] 王悦.混凝土空心砖材料冻融机测试系统[J].天津科技大学学报,2012,27(5):61-64.
- [6] 张培.一种多路音频切换电路的改进方案[J].苏州市职业大学学报,2012,23(2):32-35.
- [7] 王建新,杨世凤.LabWindows/CVI测试技术及工程应用[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [8] 蒋明,谭克锋,范付忠.高性能轻集料混凝土的强度及耐久性的研究[J].混凝土,2002(1):47-49.

责任编辑:常涛