

文章编号:1671-251X(2016)04-0036-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.04.009

徐荣鑫,司垒,魏英豪,等.综采工作面监控图像混合增强算法[J].工矿自动化,2016,42(4):36-40.

综采工作面监控图像混合增强算法

徐荣鑫¹, 司垒^{1,2}, 魏英豪¹, 王如¹, 陈文鹏¹

(1. 中国矿业大学 机电工程学院, 江苏 徐州 221116;

2. 中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:针对单尺度 Retinex 算法会产生较严重纵向条纹噪声的问题,提出了一种混合图像增强算法。该算法利用模板去噪算法减少常规单尺度 Retinex 算法产生的纵向条纹噪声,并结合拉普拉斯算子增强图像细节,提高图像质量。采用实际综采工作面不同工况下的监控图像对该算法进行实验验证,结果表明,该算法具有图像清晰度高、对比度大与图像细节增强优的特点。

关键词:综采工作面; 图像增强; 单尺度 Retinex; 纵向条纹噪声; 拉普拉斯算子

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:2015-12-04 15:38

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20151204.1538.009.html>

A mixed enhancement algorithm of video monitoring image on fully-mechanized coal mining face

XU Rongxin¹, SI Lei^{1,2}, WEI Yinghao¹, WANG Ru¹, CHEN Wenpeng¹

(1. School of Mechatronic Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China; 2. School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: In view of problem of longitudinal stripe noise existed in single dimension Retinex algorithm, a mixed enhancement algorithm of image was proposed. The algorithm uses template denoising algorithm to reduce longitudinal stripe noise of conventional single scale Retinex algorithm, and adopts Laplace operator to enhance image details, so as to improve image quality. The method was verified by experiment using actual monitoring images under different working conditions of fully-mechanized coal mining face. The results show that the algorithm has characteristics of high image resolution, big contrast and optimal image detail enhancement.

Key words: fully-mechanized coal mining face; image enhancement; single dimension Retinex; longitudinal stripe noise; Laplacian operator

0 引言

煤炭生产是一个高危行业,任何一个煤炭生产环节出现问题都会引起重大事故,及时准确地对每一个生产过程进行监控将有效减少生产事故的发生。但是,由于煤矿生产的特殊工况,监控画面常含有大量噪声,画面细节较差,这就要求对监控图像进

行增强。目前,已有学者对煤矿井下监控图像增强技术进行研究。刘毅等^[1]提出了基于同态滤波原理的井下光照不均图像处理方法;应东杰等^[2]使用小波变换和模糊理论对巷道图像进行增强,取得了较好效果;张英俊等^[3]将暗原色先验用于煤矿井下图像增强;杨勇等^[4]提出一种动态图像增强方法,消除了图像“雪花”噪声。然而,综采工作面工作环境较

收稿日期:2015-12-15;修回日期:2016-01-08;责任编辑:张强。

基金项目:中国博士后科学基金第58批面上资助项目(2015M581879)。

作者简介:徐荣鑫(1992—),男,江苏盐城人,硕士研究生,主要研究方向为机电一体化,E-mail:xurxpaper@163.com。

恶劣,眩光、低照度与粉尘等工况使常规的图像增强方法并不适用。针对上述情况,有学者提出了单尺度 Retinex 图像增强算法,它通过从原图像中去除光源的影响,达到增强图像的目的^[5]。目前,国内外学者对单尺度 Retinex 算法提出了许多改进方法,主要集中在光照估计方法的改进^[6-8],而对单尺度 Retinex 算法产生的纵向条纹噪声问题则少有提及。

本文提出了一种混合图像增强算法,用以对综采工作面监控图像进行增强。该算法使用模板去噪算法减少单尺度 Retinex 处理结果中的纵向条纹噪声,使用拉普拉斯算子增强图像细节,提高图像质量。最后,通过实验验证了该算法可有效提高综采工作面监控图像质量。

1 单尺度 Retinex 算法

Retinex 算法最早由 Edwin Land 提出,它解释了物体在不同光源条件下色彩的恒常性^[9-10],其本质是将原图像 $I(x,y)$ 分为亮度图像 $L(x,y)$ 与反射图像 $R(x,y)$,如式(1)所示。亮度图像反映了光源特性,反射图像包含图像的本质特征,通过去除亮度图像对反射图像的影响,达到增强图像的目的^[11]。

$$I(x,y) = R(x,y)L(x,y) \quad (1)$$

单尺度 Retinex 算法由 Jobson 等提出,他们证明了高斯函数可以从原图像中有效地预估出亮度图像,进而得到反射图像^[12]。单尺度 Retinex 算法可表示为

$$\ln R(x,y) = \ln I(x,y) - \ln I(x,y) \otimes G(x,y) \quad (2)$$

$G(x,y)$ 为高斯函数,其可表示为

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

式中: σ 为高斯函数的尺度参数, σ 越小动态范围压缩越强,细节增强越明显,但色彩容易失真; σ 越大,动态范围压缩能力减弱,色彩保真度越高^[13]。

单尺度 Retinex 算法对于雾化与低照度的图像具有明显的增强效果,然而,在实际应用过程中发现,当图像中存在灰度明显变化的区域时,单尺度 Retinex 算法会产生较严重的纵向条纹噪声,对图像质量影响较大,如图 1(b)所示。

2 混合图像增强算法

针对单尺度 Retinex 算法会产生较严重的纵向条纹噪声的问题,本文提出了一种混合图像增强算

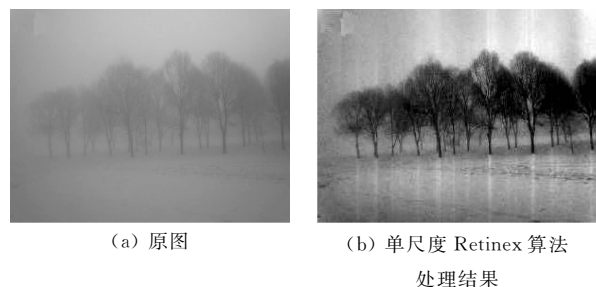


图1 原图与单尺度 Retinex 算法处理结果

法,算法流程如图 2 所示。

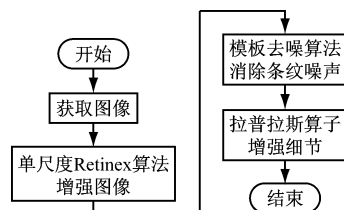


图2 混合图像增强算法流程

2.1 模板去噪算法

模板去噪算法通过分析纵向条纹噪声的特点,标记出噪声区域,随后将噪声从原始图像中剔除,实现去噪。模板去噪算法的具体步骤如下:

Step1: 使用 $m \times n$ 的均值滤波器对输入图像进行横向模糊(m, n 分别为滤波器的列数与行数,且 $m > n$)。图 3(a)为将图 1(b)作为输入图像,对其使用 31×1 的均值滤波器横向模糊化的结果。

Step2: 输入图像减去 Step1 所得图像,可得到包含纵向条纹噪声的噪声模板。图 3(b)为图 1(b)的噪声模板。

Step3: 将 Step1 所得噪声模板划分为 r 行、 c 列的网格,分别统计每个单元格 L_n 内像素值不为 0 的像素点个数占单元格总像素点个数的比例,记为 $P(r,c)$ 。将 $P(r,c)$ 较大的 $k_1 \times r \times c$ 个单元格标记为可疑干扰区域,其余单元格标记为噪声区域, $k_1 (0 < k_1 < 1)$ 为可疑干扰区域选择比例。

Step4: 分别对可疑干扰区域单元格进行操作,统计每个单元格内每一列像素值不为 0 的像素点个数,记为 N_l (l 为单元格内像素的列数),将 N_l 较大的 $k_2 \times l$ 列标记为噪声列($k_2 (0 < k_2 < 1)$ 为噪声列选择比例),其余列为干扰区域。最后,将干扰区域内的像素值置为 0,得到去除干扰区域后的噪声模板。图 3(c)为图 3(b)去除干扰区域后的结果。

Step5: 使用 $m \times n$ 的均值滤波器对 Step4 所得的噪声模板进行纵向模糊。图 3(d)为对如图 3(c)使用 1×11 均值滤波器纵向模糊的结果。

Step6: 输入图像减去 Step5 所得的噪声模板,得到输出图像。图 3(e)为图 1(b)减去图 3(d)所得

结果。对比图 1(b)与图 3(e)可以发现,模板去噪算法较好地减少了纵向条纹噪声。

其中,Step1 和 Step2 得到的噪声模板不仅包含了需要在噪声模板中保留的噪声区域,而且还包含了不希望噪声模板中保留的干扰区域,保留干扰区域将会使最终的处理结果模糊不清,因此,需要去除噪声模板中的干扰区域。Step3 和 Step4 为标记与去除干扰区域的步骤。为了减少 Step1—Step4 得到的噪声模板中残留的少量干扰,Step5 对噪声模板进行了纵向模糊。

上述步骤均为对单通道灰度图像进行处理,为了便于人眼观察,图 3(b)—(d)的像素值被放大了 5 倍。

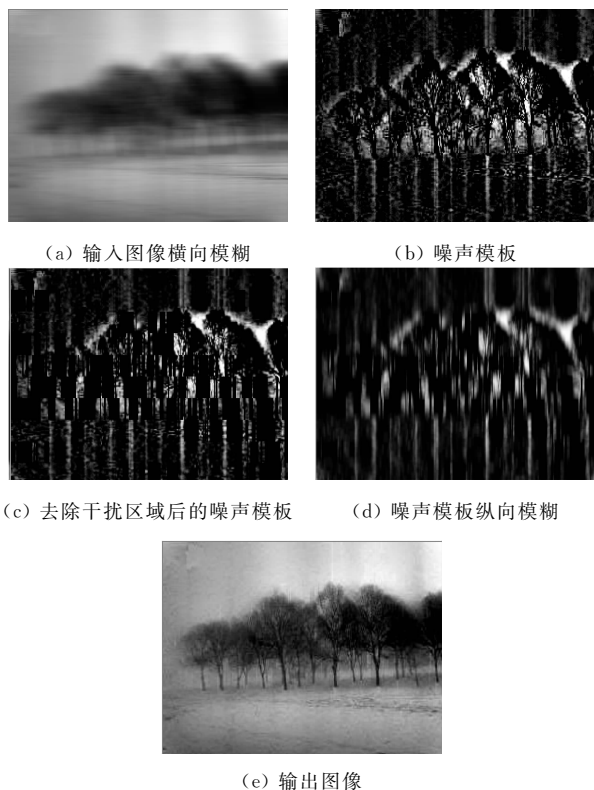


图 3 模板去噪算法处理过程

2.2 拉普拉斯算子

拉普拉斯算子是一种微分算子,它可以强调图像中灰度突变的部分,起到锐化图像边缘、增强图像细节的作用^[14]。离散拉普拉斯算子可以表示为

$$\nabla^2 f(x,y) = 4f(x,y) - f(x+1,y) - f(x-1,y) - f(x,y+1) - f(x,y-1) \quad (4)$$

使用拉普拉斯算子增强图像的基本方法可以表示为

$$g(x,y) = f(x,y) + \nabla^2 f(x,y) \quad (5)$$

式中: $g(x,y)$ 为锐化后的图像; $f(x,y)$ 为输入图像。

3 实验与分析

3.1 实验准备

为验证本文提出的混合图像增强算法对综采工作面监控图像的增强效果,笔者从某煤矿 22210 综采工作面的监控视频中选择眩光、低照度与粉尘 3 种工况下的原始图像进行实验,分别如图 4(a)、图 5(a)与图 6(a)所示。

实验参数设置如下:

(1) 单尺度 Retinex 算法:尺度参数 $\sigma=50$,高斯核尺寸为 401。

(2) 模板去噪算法:横向模糊均值滤波器尺寸为 31×1 ,噪声模板网格划分为 10 行、5 列($r=10$, $c=5$),可疑干扰区域选择比例 $k_1=0.5$,噪声列选择比例 $k_2=0.2$,纵向模糊均值滤波器尺寸为 1×11 。

实验软件平台为 Microsoft Visual 2012 + OpenCV 2.4.11。

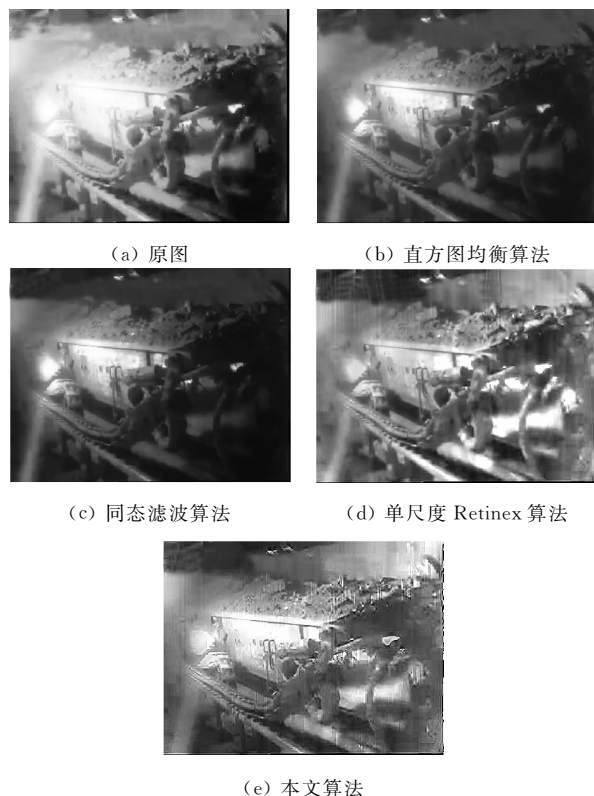


图 4 几种算法的眩光图像处理效果对比

3.2 主观分析

本文提出的混合图像增强算法与几种常用图像增强算法的对比结果如图 4—图 6 所示,由图 4—图 6 可以看出,经直方图均衡与同态滤波算法处理后的图像存在亮度不均、较暗区域中物体难以辨识的缺点;单尺度 Retinex 算法处理后的图像亮度更加均匀,图像清晰度与对比度得到加强,但图像中存

在纵向条纹噪声、物体轮廓模糊的问题;本文提出的混合图像增强算法不仅具有 Retinex 算法的优点,且减少了图像中的纵向条纹噪声,物体轮廓更清晰

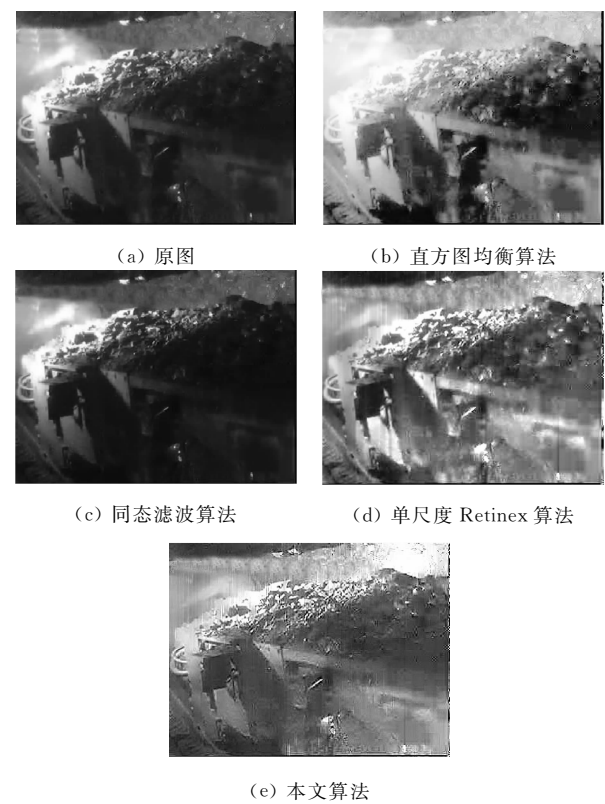


图5 几种算法的低照度图像处理效果对比

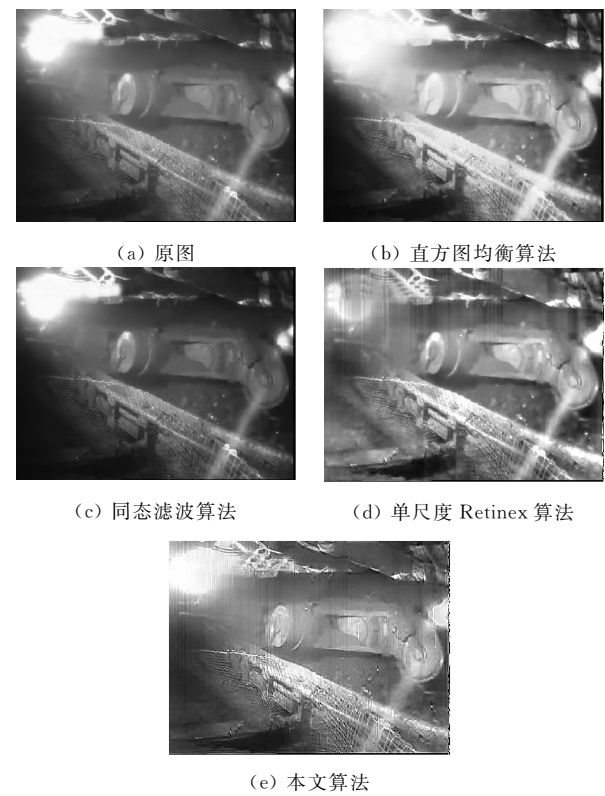


图6 几种算法的粉尘雾化图像处理效果对比

了。因此,利用本文算法对综采工作面监控图像进行增强,人眼主观效果更优。

3.3 客观分析

本文选用对比度与信息熵 2 个客观评价指标对图像进行评价。一般来说,对比度越大,图像越清晰,对比度越小,图像越模糊,但对比度过大则会导致图像细节丢失。图像的信息熵可反映图像所包含的信息量,图像的信息熵越大,则包含的信息量也越大。

几种算法的对比度对比结果见表 1。从表 1 可看出,直方图均衡导致对比度过大,会使得图像过亮且细节丢失,而采用本文算法改善图像对比度的效果最好。

几种算法的信息熵对比结果见表 2。从表 2 可看出,本文算法在提高图像信息熵方面的效果最好。因此,本文算法对综采工作面监控图像增强的结果更优。

表 1 几种算法的对比度对比结果

图像	对比度				
	实际值	直方图均衡	同态滤波	单尺度 Retinex	本文算法
眩光图像	54.92	73.65	54.47	56.34	60.29
低照度图像	59.51	73.11	59.72	58.95	61.13
粉尘雾化图像	54.35	73.79	55.24	54.95	60.15

表 2 几种算法的信息熵对比结果

图像	信息熵				
	实际值	直方图均衡	同态滤波	单尺度 Retinex	本文算法
眩光图像	5.18	5.39	5.02	5.31	5.40
低照度图像	5.01	5.37	4.81	5.38	5.41
粉尘雾化图像	5.26	5.32	5.17	5.28	5.37

4 结语

为了提高综采工作面监控图像质量,提出了一种混合图像增强算法,通过模板去噪算法消除单尺度 Retinex 算法产生的纵向条纹噪声,并结合拉

普拉斯算子增强图像细节。采用实际综采工作面不同工况下的监控图像对该算法进行实验验证,结果表明,该算法在增强图像清晰度、对比度与图像细节方面优于常规图像增强算法,对综采工作面监控图像的增强效果较好。

参考文献:

[1] 刘毅,贾旭芬,田子建.一种基于同态滤波原理的井下光照不均图像处理方法[J].工矿自动化,2013,39(1):9-12.

[2] 应东杰,李文节.煤矿监控图像增强算法的分析与实现[J].工矿自动化,2012,38(8):55-58.

[3] 张英俊,雷耀花,潘理虎.基于暗原色先验的煤矿井下图像增强技术[J].工矿自动化,2015,41(3):80-83.

[4] 杨勇,岳建华,李玉良,等.一种矿井动态图像增强方法[J].工矿自动化,2015,41(11):48-52.

[5] CHEN Chao. Application of improved single-scale Retinex algorithm in image enhancement [J]. Computer Applications & Software, 2013, 30(4): 55-57.

[6] 陈薇,赵方田,陈侃,等.改进单尺度 Retinex 的光照人脸识别[J].计算机工程与应用,2013,49(12):151-154.

[7] GE Wei, LI Guiju, CHENG Yuqi, *et al.* Face image

illumination processing based on improved Retinex [J]. Optics & Precision Engineering, 2010, 18(4): 1011-1020.

[8] 张赛楠,吴亚东,张红英,等.改进的单尺度 Retinex 雾天图像增强算法[J].激光与红外,2013,43(6): 698-702.

[9] MOORE A, ALLMAN J, GOODMAN R M. A real-time neural system for color constancy [J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1991, 2(2): 237-247.

[10] LAND E, MCCANN J J. Lightness and Retinex theory[J]. Journal of the Optical Society of America, 1971,61(1):1-11.

[11] 肖燕峰.基于 Retinex 理论的图像增强恢复算法研究[D].上海:上海交通大学,2007.

[12] FUNT B, CIUREA F. Turning Retinex parameters [J]. Journal of Electronic Imaging, 2004, 13(1): 58-64.

[13] 张锐.雾天或背光条件下图像清晰化算法研究及硬件实现[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.

[14] RAFAEL C G, RICHARD E W. Digital image processing [M]. 3nd. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2007.