

文章编号:1671-251X(2018)07-0080-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017120014

一种煤矿井下视频图像增强算法

付燕, 李瑶, 严斌斌

(西安科技大学 计算机科学与技术学院, 陕西 西安 710054)

摘要:煤矿井下视频图像存在亮度不均、细节纹理模糊不清、噪声较多等问题,而常用的图像增强算法在处理煤矿井下视频图像时会出现图像失真、图像层次不清、处理效率低等缺点。针对上述问题,提出了一种基于对比度受限函数和反馈函数的煤矿井下视频图像增强算法。该算法首先结合加权平均法和中值滤波对图像进行灰度化和去噪预处理;然后通过对比度受限函数对图像对比度进行限幅增强;最后通过反馈函数调节图像的灰度级,对图像层次进行增强。实验结果表明,该算法可有效改善煤矿井下视频图像失真情况,图像层次分明,且具有较快的处理速度。

关键词:矿井视频图像;图像增强;对比度受限;灰度级调整

中图分类号:TD67 文献标志码:A

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20180625.1138.001.html>

An underground video image enhancement algorithm

FU Yan, LI Yao, YAN Binbin

(College of Computer Science and Technology, Xi'an University of Science and Technology,
Xi'an 710054, China)

Abstract: For problems of uneven brightness, blurry detail texture and much noise existed in underground video images, and image distortion, unclear image level and low processing efficiency of common image enhancement algorithm used to process underground video image, an underground video image enhancement algorithm based on contrast limited function and feedback function was proposed. Firstly, image is preprocessed with grayscale and denoising by weighted average method and median filtering. Then contrast is enhanced by use of contrast limited function. Finally, gray level is adjusted by feedback function so as to enhance image level. The experimental results show that the algorithm can effectively improve underground video image distortion with clear level and fast processing speed.

Key words: mine video image; image enhancement; contrast limitation; gray level adjustment

0 引言

煤矿井下复杂环境导致视频图像存在亮度不均、细节纹理模糊不清、噪声较多等问题^[1-4],因此,有必要对煤矿井下视频图像进行增强处理^[5-6]。李新锋^[7]提出了一种基于灰度变换和自适应中值滤波的煤矿监控图像去噪增强方法,很好地保留了图像细节,但处理时间较长。赵艳芹等^[8]提出了一种中

值滤波和自适应直方图均衡相结合的煤矿视频监控图像增强方法,较好地提高了图像对比度,但增强后图像出现失真。程德强等^[9]针对矿井图像增强提出了一种基于引导滤波的单尺度 Retinex 算法,该算法在对比度提升、细节增强和去噪方面有较好的效果,但无法同时满足图像的动态范围压缩和颜色高保真。蔡利梅等^[10]提出了一种改进的 HSV (Hue, Saturation, Value, 色调、饱和度、明度)空间颜色可

收稿日期:2017-12-07;修回日期:2018-06-11;责任编辑:盛男。

基金项目:陕西省教育厅专项科学研究项目(16JK1505)。

作者简介:付燕(1972—),女,河南鹤壁人,教授,博士,研究方向为图像处理和软件开发技术,E-mail:598987062@qq.com。

引用格式:付燕,李瑶,严斌斌.一种煤矿井下视频图像增强算法[J].工矿自动化,2018,44(7):80-83.

FU Yan, LI Yao, YAN Binbin. An underground video image enhancement algorithm[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(7): 80-83.

恢复的多尺度 Retinex 图像增强算法,有效抑制了背景噪声,但增强后图像层次不清。鉴此,本文提出一种基于对比度受限函数和反馈函数的煤矿井下视频图像增强算法,可有效提高图像整体对比度,对噪声抑制能力强,使增强后图像更符合人眼视觉特性,同时具有较高的处理效率。

1 算法原理

煤矿井下视频图像多为黑白图像,但均为 RGB 模型图像^[11-12]。为便于图像的进一步处理,采用加权平均法对图像进行灰度化。由于人眼对绿色的敏感度最高,红色次之,蓝色最低^[13],所以将红、绿、蓝 3 个颜色通道分量 $R(x,y), G(x,y), B(x,y)$ ((x,y) 为图像中像素位置)的加权系数分别设置为 0.3, 0.59, 0.11, 得到灰度图像:

$$I_{\text{gray}}(x,y) = 0.3R(x,y) + 0.59G(x,y) + 0.11B(x,y) \quad (1)$$

煤矿井下视频图像含有大量脉冲噪声,而中值滤波能很好地滤除脉冲噪声,同时能保护目标图像边缘,因此利用中值滤波对图像进行去噪处理:

$$I_{\text{med}}(x,y) = \underset{A}{\text{Med}}\{I_{\text{gray}}(x+i,y+j)\} \quad i,j \in A \quad (2)$$

式中: $I_{\text{med}}(x,y)$ 为去噪后图像; $\underset{A}{\text{Med}}\{\}$ 为中值滤波器; i,j 为像素点的坐标增量; A 为滤波窗口,本文选取滤波窗口大小为 3×3 。

为了增强图像对比度,将经过灰度化和去噪的图像划分成若干大小相等且不重叠的子图像,每个子图像的像素点数为 N_{subl} ($0 \leq N_{\text{subl}} \leq 85$),子图像直方图为 $h(k)$ (k 为灰度级, $0 \leq k \leq L-1$, L 为最大灰度级)。

对每个子图像进行直方图剪切,计算剪切阈值:

$$\delta = N_{\text{subl}}/L + \frac{1}{C}(N_{\text{subl}} - N_{\text{subl}}/L) \quad (3)$$

式中 C 为常量,可决定对比度增强的程度。

对于每个子图像,使用相对应的剪切阈值 δ 对子图像直方图 $h(k)$ 进行剪切,再将超过剪切阈值的像素点均匀地重新分配到直方图各灰度级中:

$$N_{\text{total}} = \sum_{k=0}^{L-1} \max(h(k) - C, 0) \quad (4)$$

$$N_{\text{sub}} = N_{\text{total}}/L \quad (5)$$

$$\mu = \delta - N_{\text{sub}} \quad (6)$$

式中: N_{total} 为超过剪切阈值 δ 的像素点数; N_{sub} 为每个灰度级增加的平均像素点数; μ 为分配阈值。

为避免过度增强而引入噪声,通过对比度受限

函数对图像对比度增强的程度进行限制。通过对比度受限函数得到重新分配图像像素点后的直方图:

$$h'(k) = \begin{cases} \delta & h(k) > \mu \\ h(k) & h(k) \leq \mu \end{cases} \quad (7)$$

为了对图像层次进行增强,根据代价因子 ω ($50 \leq \omega \leq 100$) 定义转换函数,将图像灰度值转换到 $[0,1]$ 区间:

$$\bar{e} = \frac{1}{N^2} \sum_{x=0}^N \sum_{y=0}^N f(x,y) \quad (8)$$

$$\hat{e} = \arg \max\{f(x,y) - \bar{e}\} \quad (9)$$

$$t(k) = (\hat{e} - h'(k)) / (\hat{e} - \omega + 0.001) \quad (10)$$

$$I_{\text{trans}}(k) = 1 / (1 + t(k)) \quad (11)$$

式中: $\bar{e}$ 为灰度值均值; N 为转换前图像的像素点数; $f(x,y)$ 为转换前图像的灰度值; $\hat{e}$ 为最大灰度值; $t(k)$ 为转换函数; $I_{\text{trans}}(k)$ 为转换后图像。

图像层次的增强需要使图像亮的地方更亮,暗的地方更暗。为避免过拟合调整,需要对图像像素点的灰度级进行反馈调节。因此定义反馈因子:

$$P(k) = n_k / N \quad (12)$$

$$P_{\text{mean}} = \sum_{k=0}^{L-1} kP(k) / \hat{e} \quad (13)$$

$$\beta = I_{\text{trans}}(k) - P_{\text{mean}} \quad (14)$$

式中: $P(k)$ 为第 k 级灰度出现的概率; n_k 为第 k 级灰度的像素点数; P_{mean} 为归一化后灰度级出现概率均值; β 为反馈因子。

越靠近反馈因子的像素值变化越小,反之,像素值变化越大。通过反馈函数得到灰度级调整后图像:

$$I_{\text{fb}}(k) = \begin{cases} 1 - 2(1 - I_{\text{trans}}(k))^2 & \beta > 0 \\ 2I_{\text{trans}}^2(k) & \beta < 0 \end{cases} \quad (15)$$

2 实验结果及分析

为验证本文算法的有效性,选取煤矿井下视频图像进行增强处理,通过主观评价和客观评价 2 种图像质量评价方法对文献[8]算法、文献[10]算法及本文算法进行对比,实验结果如图 1 所示。

2.1 主观评价

从图 1(a)可看出,原始图像光照不均匀、对比度低,几乎看不到细节信息。从图 1(b)可看出,采用文献[8]算法后,图像亮度得到提升,但图像亮度异常且细节信息不明显。从图 1(c)可看出,采用文献[10]算法后,图像清晰度提高,但增强过度。从图 1(d)可看出,采用本文算法后,图像亮度及对比度得到有效提升,并保留了部分细节信息,使图像失

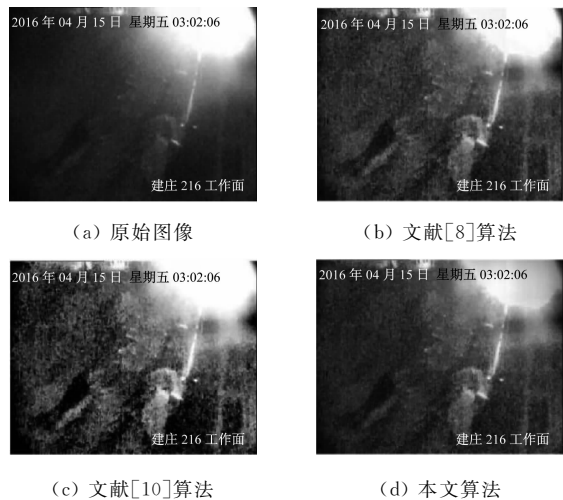


图 1 煤矿井下视频图像增强效果对比
Fig. 1 Comparison of enhancement effect of underground video image

表 1 煤矿井下视频监控图像质量客观评价结果

Table 1 Objective evaluation results of underground video image quality

图像	均值	方差	峰值信噪比	信息熵	运行时间/s
原始图像	89.592 0	5 009.327 1	—	7.179 4	—
文献[8]算法处理图像	104.497 0	3 576.700 0	42.597 8	7.368 0	0.31
文献[10]算法处理图像	0.357 1	0.048 5	16.142 3	7.462 9	1.80
本文算法处理图像	106.387 7	5 784.000 0	38.136 5	6.707 6	0.25

灰度级大幅度降低,去噪效果也不理想;本文算法对图像的亮度和灰度级均有很好的提升效果,处理后图像峰值信噪比较高,且算法运行时间最短,虽然信息熵偏低,但整体增强效果最好。

3 结语

基于对比度受限函数和反馈函数的煤矿井下视频图像增强算法在对图像进行灰度化和去噪预处理的基础上,通过对比度受限函数对图像对比度进行限幅增强,通过反馈函数对图像层次进行增强。实验结果表明,该算法可有效提升煤矿井下视频图像的亮度和灰度级,使增强后图像更加逼真和层次分明,同时具有很高的运行效率,满足煤矿井下视频监控图像实时处理需求。

参考文献(References):

[1] 王星,白尚旺,潘理虎,等.一种矿井图像增强算法[J].工矿自动化,2017,43(3):48-52.
WANG Xing, BAI Shangwang, PAN Lihu, et al. A mine image enhancement algorithm[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(3): 48-52.

真度小且层次分明。
2.2 客观评价
采用均值、方差、峰值信噪比、信息熵和运行时间作为评价指标对各图像增强算法进行客观评价^[14-15]。均值反映图像的明亮程度,均值越高,表示图像越亮;方差反映图像灰度值分散情况,方差越大,表示灰度值分布范围越广,灰度级越丰富;峰值信噪比反映图像的逼真度,峰值信噪比越大,表示抑制噪声能力越强;信息熵反映图像的信息量,信息熵越大,表示图像包含的信息越多。以图 1 中的图像为例,各算法的客观评价结果见表 1。
从表 1 可看出,文献[8]算法提升了图像亮度,从峰值信噪比和信息熵可发现图像噪声小且细节保留较好,但方差较小导致图像灰度级降低;文献[10]算法在信息熵方面表现良好,但处理后图像亮度和

[2] 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.
YANG Yong, YUE Jianhua, LI Yuliang, et al. A dynamic image enhancement method for mine [J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(11): 48-52.
[3] 赵谦,王奕婷,曾召华,等.一种矿井巷道图像边缘检测算法[J].工矿自动化,2013,39(2):71-75.
ZHAO Qian, WANG Yiting, ZENG Zhaohua, et al. An edge detection algorithm for mine roadway image [J]. Industry and Mine Automation, 2013, 39(2): 71-75.
[4] 王焱,关南楠,刘海涛.改进的多尺度 Retinex 井下图像增强算法[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2016,35(4):440-443.
WANG Yan, GUAN Nannan, LIU Haitao. An improved multi-scale Retinex algorithm for mine image enhancement[J]. Journal of Liaoning Technical University(Natural Science), 2016, 35(4): 440-443.
[5] PIZER S M, AMBURN E P, AUSTIN J D, et al. Adaptive histogram equalization and its variations[J]. Computer Vision Graphics & Image Processing, 1987, 39(3): 355-368.
[6] KIMMEL R, ELAD M, SHAKED D, et al. A

- variational framework for Retinex[J]. International Journal of Computer Vision, 2003, 52(1): 7-23.
- [7] 李新锋. 一种煤矿监控图像的去噪增强方法[J]. 中国仪器仪表, 2010(4): 48-49.
- LI Xinfeng. A de-noising and enhancing method for monitor image in coal mine [J]. China Instrumentation, 2010(4): 48-49.
- [8] 赵艳芹, 王振翀, 付喜辉. 基于煤矿视频监控系统的图像增强方法研究[J]. 煤矿机械, 2012, 33(5): 63-65.
- ZHAO Yanqin, WANG Zhenchong, FU Xihui. Research on image enhancement based on coal mine video monitoring system[J]. Coal Mine Machinery, 2012, 33(5): 63-65.
- [9] 程德强, 郑珍, 姜海龙. 一种煤矿井下图像增强算法[J]. 工矿自动化, 2015, 41(12): 31-34.
- CHENG Deqiang, ZHENG Zhen, JIANG Hailong. An image enhancement algorithm for coal mine underground [J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(12): 31-34.
- [10] 蔡利梅, 向秀华, 李紫阳. 自适应 HSV 空间 Retinex 煤矿监控图像增强算法[J]. 电视技术, 2017, 41(4/5): 11-15.
- CAI Limei, XIANG Xiuhua, LI Ziyang. Adaptive Retinex algorithm at HSV space for coal mine monitoring image enhancement [J]. Video Engineering, 2017, 41(4/5): 11-15.
- [11] 智宁, 毛善君, 李梅. 基于照度调整的矿井非均匀照度视频图像增强算法[J]. 煤炭学报, 2017, 42(8): 2190-2197.
- ZHI Ning, MAO Shanjun, LI Mei. Enhancement algorithm based on illumination adjustment for non-uniform illuminance video images in coal mine [J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42(8): 2190-2197.
- [12] WU Xiaofeng, HU Shigang, ZHAO Jin, et al. Comparative analysis of different methods for image enhancement[J]. Journal of Central South University, 2014, 21(12): 4563-4570.
- [13] TANG Ling, CHEN Shunling, LIU Weijun, et al. Improved Retinex image enhancement algorithm[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 11: 208-212.
- [14] 刘晓阳, 乔通, 乔智. 基于双边滤波和 Retinex 算法的矿井图像增强方法[J]. 工矿自动化, 2017, 43(2): 49-54.
- LIU Xiaoyang, QIAO Tong, QIAO Zhi. Image enhancement method of mine based on bilateral filtering and Retinex algorithm[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(2): 49-54.
- [15] 王鸿南, 钟文, 汪静, 等. 图像清晰度评价方法研究[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(7): 828-831.
- WANG Hongnan, ZHONG Wen, WANG Jing, et al. Research of measurement for digital image definition [J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(7): 828-831.