

文章编号:1671-251X(2012)08-0055-04

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(8):55-58.

煤矿监控图像增强算法的分析与实现

应东杰¹, 李文节²

(1. 中煤科工集团常州自动化研究院, 江苏 常州 213015;

2. 徐州泰荣煤矿设备有限公司, 江苏 徐州 221008)

摘要:针对煤矿井下粉尘多、光照差的恶劣环境使得矿井监控图像偏暗、对比度低、视觉效果差的特点,提出了一种基于小波变换和模糊理论的图像增强算法。该算法选择小波变换为工具分解图像,应用新的模糊隶属度和增强算子对高频信息进行模糊处理,利用直方图均衡化对低频信息进行处理,最后对图像进行重构。处理结果较好地增强了图像细节信息,从整体上改善了图像效果。

关键词:煤矿; 监控图像; 图像处理; 图像增强; 小波变换; 小波分解; 模糊理论; 直方图

中图分类号:TD672

文献标识码:A

网络出版时间:2012-08-03 13:35

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20120803.1335.013.html>

Analysis of Enhancement Algorithms of Coal Mine Monitoring Image and Its Realization

YING Dong-jie¹, LI Wen-jie²

(1. Changzhou Automation Research Institute of CCTEG., Changzhou 213015, China.

2. Xuzhou Tairong Coal Mine Equipment Co., Ltd., Xuzhou 221008, China)

Abstract: In view of characteristics of darker monitoring image, lower contrast ratio and poor visual effect caused by bad environment of intensive coal powder and weak illumination in coal mine underground, the paper put forward an algorithm of image enhancement based on wavelet transformation and fuzzy theory. The algorithm chooses way of wavelet transformation to decompose image, then used new fuzzy membership function and enhancement operator to process high frequency information and used histogram equalization to process the low-frequency information, and finally reconstructed the image. The process results showed that more details information of the image was enhanced and the image effect was improved as a whole.

Key words: coal mine, monitoring image, image process, image enhancement, wavelet transformation, wavelet decomposition, fuzzy theory, histogram

0 引言

目前,煤矿企业都采用工业监控技术来提高生产的安全性与高效性。但煤矿井下光线差、照度低,粉尘又多,它们对安全监控图像质量的影响特别大,监控图像在通过转换传输由工业电视直接显示观看时,效果很差,甚至无法辨认视频内容。因此,需要对图像作增强处理^[1]。

近年来,由于小波变换具有较好的时频局部特

性^[3],因此,基于小波变换的图像增强技术引人注目。在煤矿监控图像处理领域,以小波变换为工具的图像增强处理也成为人们关注的热点。

同时模糊理论的产生对图像信息的表述也带来了无可比拟的作用。目标投影成像的过程中二维和三维的转换以及受到光照条件、空间分辨率等干扰因素的影响,造成了图像信息的模糊性,用一般的数学理论很难描述。模糊理论则提供了一套严格的数学方法,用来描述带有模糊不确定性的现象和事

收稿日期:2012-06-12

作者简介:应东杰(1984-),男,江苏宜兴人,助理工程师,现主要从事通信工程技术服务工作。E-mail: ydongjie@126.com

物。所以,利用模糊理论来处理图像的模糊不确定性信息有其内在的合理性。

鉴此,笔者对基于小波变换和模糊理论的煤矿监控图像处理方法及其实现进行了研究。

1 基于小波变换和模糊理论的图像增强算法分析

小波变换在图像处理中表现出以下优点:小波变换在将数字信号进行充分分解的同时,既能保证不丢失信息,又能保证不会增加冗余信息,具有比较完善的重构能力;经小波变换对图像分解后的信息进行分类,可以分成细节图像和轮廓逼近图像之和,它们分别代表了图像的不同信息和结构^[4],因此,使用者很容易提取出原始图像中感兴趣的结构信息和细节信息:低频信息部分反映图像的整体轮廓信息,属于平滑区;高频信息反映的是图像的细节、边缘,同时噪声也都存在在高频部分。由此可见,对低频信息的处理主要改善的是图像的整体视觉效果,增强灰度对比度的同时并不会增强图像中的噪声信息,也不会影响图像的细节信息。因此,基于小波变换的算法思想,可将图像小波分解成高频和低频信息 2 个部分,并分别进行处理。

针对矿井图像的特点,基于小波变换和模糊理论,笔者对矿井图像进行了分层次处理,具体的处理流程如图 1 所示。

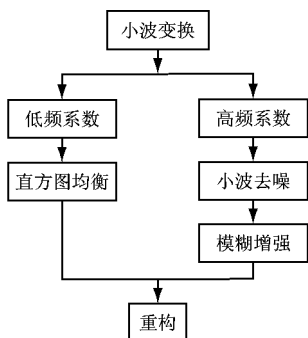


图 1 基于小波变换和模糊理论的图像处理流程

1.1 高频分量模糊增强处理

图像中一般都含有不同程度的噪声信息,在使用小波变换对图像进行分解的同时,也将噪声进行了分解。噪声多分布在高频区,而高频部分又影响着图像的细节特征,因此,噪声的影响相对来讲比较大,所以在对高频信息进行处理前,首先要利用小波对其进行去噪处理。

小波去噪的根本任务就是从小波分解出的高频信息中有效地分离出信号的小波变换信息和噪声的小波变换信息^[5]。本文采用小波阈值收缩(Wave

Shrink)方法,这种方法的思想:取高频信息的系数计算其均方差,由于噪声信息的系数与有用信息的系数相差比较大,计算得到的均方差就会比较大,然后确定某一个系数值,使大于这个数值的所有系数的均方差达到最小,则该值就是所要选取的阈值。可以看出,该算法的计算量比较小,节省运算时间,并且经实验证明具有较好的视觉效果。

阈值的确定是小波收缩去噪最关键的一步,很多学者对阈值的选择进行了大量的研究,对提出的各种阈值算法进行总结分类,主要分为软阈值函数、硬阈值函数和半软阈值函数,它们各有优劣,对比如表 1 所示。

表 1 阈值去噪函数的优缺点

函数	优点	缺点
硬阈值函数	可以很好地保留信号或图像的边缘等局部特征	会使结果出现振铃、伪吉布斯效应等视觉失真,出现“伪”噪声点
软阈值函数	结果图像相对平滑很多	导致图像边缘模糊等失真现象
半软阈值函数	保留了较大系数,而且具有连续性	需要确定 2 个阈值,增加了计算复杂度

本文对图像小波去噪的主要目的就是去除噪声的影响。为了能够达到较好的图像增强效果,对比 3 种阈值去噪方法的优缺点,选择可以平滑图像的软阈值去噪函数,而且这种算法简单,可以节省运行时间,提高实效性。软阈值函数的公式为

$$\mu_T(\omega_{ij}) = \begin{cases} 0 & |\omega_{ij}| < T \\ \text{sgn}(\omega_{ij}) (|\omega_{ij}| - T) & |\omega_{ij}| > T \end{cases} \quad (1)$$

式中:sgn(x)为符号函数; ω_{ij} 为高频小波系数; T 为阈值。

阈值确定方法本文采用通用阈值法,即 $T = \sigma_n \sqrt{2 \log N}$,这里 σ_n 为噪声标准差, N 为给定图像中高频信息小波分量的系数个数之和。本文处理图像的过程中,对图像噪声的估计采用 Donoho 提出的噪声标准差鲁棒中值估计,计算式为 $\sigma_n = \text{MAD} / 0.6745$,其中 MAD 是对原始图像第一次小波分解得到小波系数的中值。这种算法简单,计算量小,同时又能够取得较好的去噪效果。

经过软阈值去噪对高频信息进行去噪处理以后的高频系数都是图像细节信息,不会造成图像细节信息和边缘信息的模糊,然后再对高频部分采用新的模糊隶属度和增强算子进行模糊增强。本文采用改进后的增强算法来对高频系数进行模糊增强。具体算法如下:

(1) 采用定义较为简单的隶属度函数

$$\mu_{ij} = \frac{\omega_{ij} - \omega_{\min}}{\omega_{\max} - \omega_{\min}}$$

式中: ω_{\min} 为高频小波系数中最小的系数值;
 ω_{\max} 为高频小波系数中最大的系数值。

(2) 定义非线性变换函数

$$\mu'_{ij} = T_r(\mu_{ij}) = T_r(T_{r-1}(\mu_{ij})), r = 1, 2, 3, \dots, L$$

其中:

$$T(\mu_{ij}) = \begin{cases} \frac{\mu_{ij}^2}{\mu_c} & 0 \leq \mu_{ij} \leq \mu_c \\ 1 - \frac{(1 - \mu_{ij})^2}{1 - \mu_c} & \mu_c \leq \mu_{ij} \leq 1 \end{cases}$$

式中: T_r 为多次调用函数。

该函数的结果是当 $\mu_{ij} > \mu_c$ 时, 增大 μ_{ij} 的值或者当 $\mu_{ij} < \mu_c$ 时减小 μ_{ij} 的值, 这一点与经典模糊增强算法^[6-7]相似。这里 μ_c 的为可变参数, 它的取值范围在 $[0, 1]$, 该参数控制着模糊增强的区域范围, μ_c 的确定决定了哪部分的系数值是要增强的, 哪部分系数值是要消弱的。同时, 由该变换式可以得到经过变换处理后 μ_{ij} 的取值被限定在区域 $[0, 1]$ 上, 克服了经典模糊增强算法中丢失部分信息的缺陷。而且该式的复杂程度比经典算法要小很多, 计算时间较小, 提高了图像增强处理的实时性。

由于高频部分具有 3 个分开的单方向: 水平、垂直和对角线方向, 即 LH、HL、HH 三个子带。这里就要对 3 个分量的信息分别利用模糊增强算法来进行增强处理, 而每一个方向的信息分布情况是不同, 这样在做模糊增强处理时就会有不同的也可能相同的最佳参数值, 要经过大量的实验来选择出最佳参数值, 以使实验得到相对较好的处理结果。

1.2 低频分量直方图增强处理

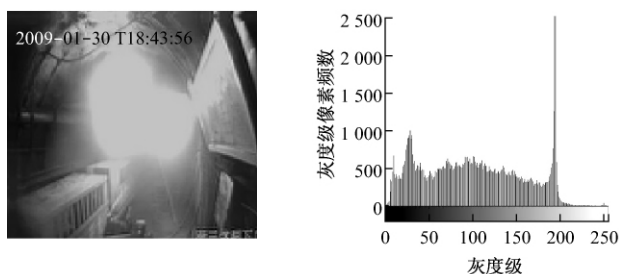
灰度直方图均衡化是传统图像增强技术中的经典算法, 其主要原理是对灰度图像的直方图利用一定的变换进行处理, 使图像的直方图均匀分布或者是基本均匀。这种算法在对图像信息进行处理的同时, 对噪声信息也进行了增强处理, 这在一定程度上又影响了图像的增强处理效果, 在某些需求中是不可取的。因此, 为了既能改善图像的整体视觉效果, 又能抑制或者保持噪声原信息, 把噪声信息与反映图像整体的信息进行分离, 然后再对图像信息进行灰度直方图均衡。基于这一算法思想, 更说明了小波分解图像信息的有效性。

本文对经过小波分解后的低频信息进行直方图均衡化处理, 增大低频信息的灰度动态范围, 增强对

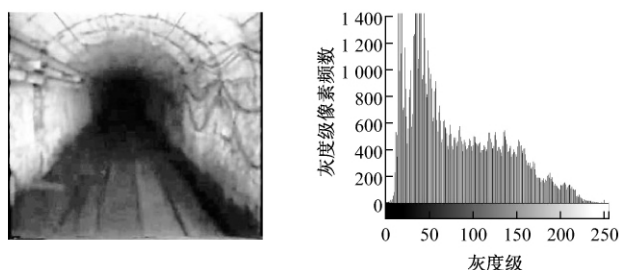
比度。这里表达图像低频信息的就是 LL 子带图, 处理时对高频信息不会产生影响, 保持了完整的细节信息。所以, 通过直方图均衡在增强对比度的同时, 并不会产生灰度级合并及放大噪声的问题。由直方图均衡后的 LL 子图与模糊增强后的 HL、LH、HH 三个子图进行小波重构, 就产生了增强处理效果图。

2 实验结果及分析

对小波分解出来的低频信息图像及对其进行均衡后的图像处理效果如图 2~3 所示。

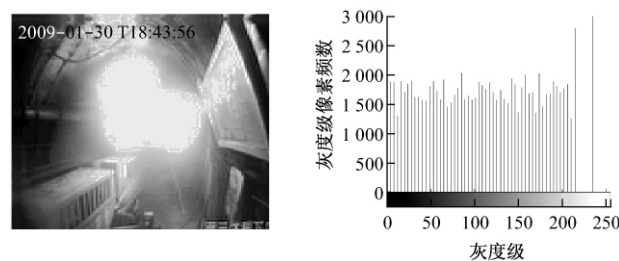


(a) 煤眼下口原始图像及其直方图

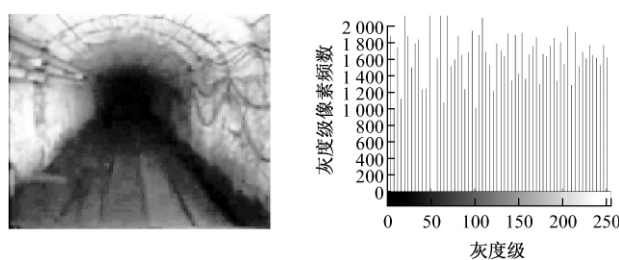


(b) 巷道原始图像及其直方图

图 2 小波分解出的低频系数图像及直方图



(a) 煤眼下口原始图像及其直方图



(b) 巷道原始图像及其直方图

图 3 低频系数均衡化后的图像及直方图

由图 2~3 可以看出,原低频信息图像整体灰度对比度偏差,整体灰度偏暗,在经过直方图均衡以后图像灰度对比度提高,整体亮度有所改善,灰度动态范围扩大,具有较好的增强效果。

对高频信息和低频信息分别进行处理之后,再经过小波重构,得到最终处理的图像,如图 4~6 所示,增强图像信息熵对比如表 2 所示。

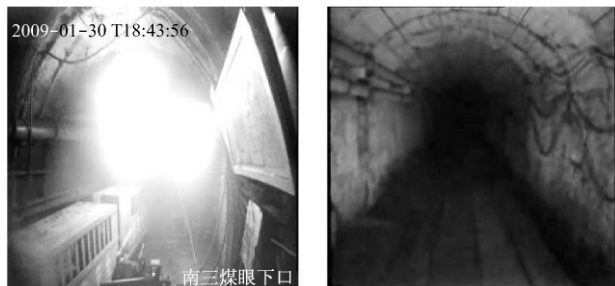


图 4 原始图像

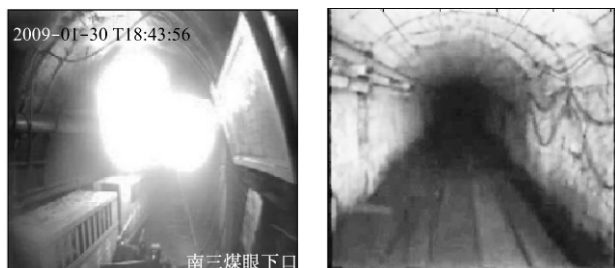


图 5 经图像增强算法处理后的图像

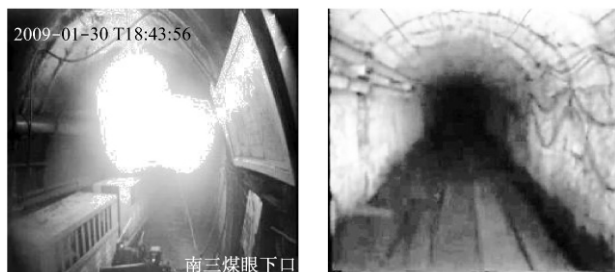


图 6 直方图均衡处理后的图像

表 2 增强图像信息熵对比

增强算法	本文图像增强算法	直方图均衡
煤眼下口	7.405 0	7.362 6
巷道	7.918 6	7.319 1

从图 4 可以看出,对于煤眼下口,原来的矿井图像中由于井内光线与外界相差很大,导致视觉上井口光线比较突出刺眼,这样比较不适于监控观看,而且越是在井里口,就是在比较远离井口的位置,光线就会越暗,一些细节就显示不出来。对于巷道,由于光线照射的范围有限,致使越往里光线越暗,这个画面比较暗。通过利用本文提出的图像增强算法改进

后的图像如图 5 所示,煤眼下口图像整体看上去光线柔和许多,比较图 4 观看起来更适合一些,这就有效抑制了原来光线的强弱对比强烈导致刺眼的问题,同时也可以看出采用本文算法处理后的图像较原始图像清晰度降低,主要是由于高频部分噪声信息的残留引起的。图 5 实现了对感兴趣部分的信息的增强,达到了预期目标。但为了达到更好的实现效果,对于阈值的优化还需要更多的实验来确定。整体来看,图 5 光线亮区有所扩大,这是灰度均衡调整的结果,这样,就不会有明显的亮暗分区的感觉,相对清晰。与图 6 的传统直方图均衡处理结果相比,也可以明显看出本文提出的图像增强算法优于传统直方图均衡处理结果。因此,采用本文提出的图像增强算法处理之后的图像更适合于监控观看,效果也更好。

3 结语

煤矿的特殊环境造成煤矿图像复杂,这增加了图像的处理难度,但为了达到某种应用需求,往往希望图像信息能够更细致化,目标信息更明确,并且处理时能将对其它信息的影响降到最低。本文提出的图像增强算法能相对较好地解决这一问题,利用小波将图像分解之后处理更有针对性,不仅从整体上改善了图像效果,同时也较好地增强了细节信息,可以有效地改善煤矿图像质量。实验对比也证明了该算法可取得比传统直方图均衡更好的效果。

参考文献:

- [1] 安良. 模糊理论及其在图像分割中的应用研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2003.
- [2] 陈书海,傅录祥,实用数字图像处理[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [3] 姜庆伟. 基于模糊理论的图像增强技术研究与应用[D]. 上海:华东师范大学,2009.
- [4] 刘习文,蒋艳荣,罗显光. 一种改进的图像模糊增强算法[J]. 计算机工程与应用,2008, 44(4):50-52.
- [5] 袁野,欧宗瑛. 基于小波变换和模糊算法医学图像边缘检测算法[J]. 大连理工大学学报,2002,42(4):504-508.
- [6] 刘兴森,王仕成,赵静. 基于小波变换与模糊理论的图像增强算法研究[J]. 弹箭与制导学报,2010(4):183-186.
- [7] 翟改霞,王春光. 基于小波多分辨率分析的图像模糊增强算法的研究与应用[J]. 计算机应用与软件,2008, 25(10):261-262.