

# 一种基于粗集理论对雾天图像增强的研究

刘远仲, 曾黄麟, 樊玉梅

(四川理工学院自动化与电子信息学院, 四川 自贡 643000)

**摘要:**由于雾天有光亮条件的干扰,雾天拍摄的图片经常都有很严重的图像降质;针对雾天图片的退化情况,文章提出了一种基于粗集理论在空域采用 $3 \times 3$ 滑动窗口的图像增强方法,通过对实物照片的处理表明该方法在图像增强效果和时间复杂性方面均优于传统图像增强方法,在重现原图的基础上能有效地改善雾天图像的退化现象和提高图像清晰度。

**关键词:**粗集理论;图像增强;直方图均衡;中值滤波

**中图分类号:**TP391.41

**文献标识码:**A

在图像处理系统中,进行获取、发送、传输、接收、输出和复制图像等过程时,每一个环节都易产生干扰,使得图像的质量降低。因此,怎样对这些“降质”图像进行处理使其达到我们的要求受到了研究人员的高度重视,尤其对雾天图像进行识别的处理,已经成为研究智能交通的一个热点,传统的图像增强方法如均值滤波、中值滤波等,在滤除噪声的同时会使边缘模糊化,但图像中含有大量的边缘,通常包含大量的有用信息。因此有必要研究在滤除噪声的同时能够有效保护边缘的图像增强方法。文章提出一种基于粗集理论在具有4个方向模板的滑动窗口的空域图像增强算法。思路为:首先给出具有4个方向模板的滑动窗口;然后用该窗口对整幅图像进行处理,即基于不可分辨等价关系去除噪声点,并通过粗集近似精度对边缘进行增强;最后,通过自适应度函数对增强效果进行定量评价<sup>[1]</sup>。

## 1 图像增强算法

采用滑动窗口对图像进行增强处理过程,如图1所示。图1以窗口为中心沿各对角线总共可获得4个方向模板,分别为方向模板1、方向模板2、方向模板3和方向模板4,在对图像进行增强处理时,将该窗口在整幅图像上滑动,实现噪声和非噪声的分离以及边缘的检测。滑动窗口增强算法由以下两步完成:(1)利用不可分辨关系分离出噪声图像中的噪声点,并对噪声点通过中值

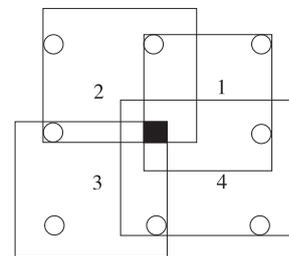


图1 具有四个方向模板的 $3 \times 3$ 滑动窗口

滤波去噪。(2)利用基于粗集的近似精度检测边缘,对相应像素领域的4个方向上的模板的相似性进行检测,找到具有最大近似精度的模板,则中心像素属于该模板的可能性最大,对于边缘点来说,该方向最有可能为边缘的走向,以该模板的均值取代中心点灰度值对边缘进行增强,不会使图像的边缘被破坏,相反使边缘细节信息得到增强<sup>[2]</sup>。最后,给出自适应度函数评价图像增强质量的客观评价标准。可在原始图像基础上提高图像增强效果,而且可以大大降低时间复杂性。

## 2 图像增强算法的实现步骤

对于一幅给定大小为 $M \times N$ 的二维灰度图像 $U$ ,现设为 $U$ 中的一个对象,则称知识库 $K = (U, R)$ 为一个图像的近似空间<sup>[3]</sup>。为了增强图像,定义条件属性集 $R = \{R_1, R_2\}$ ,其中 $R_1$ 是像素的噪声属性, $R_2$ 是像素的边缘属性。采用被划分为4个方向模板的滑动窗口对整幅图像进行处理,包括对噪声像素点的去除和对图像边

收稿日期:2011-03-28

作者简介:刘远仲(1985-),男,四川仪陇人,硕士生,主要从事图像处理,模式识别和信息处理方面的研究,(E-mail)lyzkaoy@163.com

缘细节的增强。

步骤一:对噪声点的去除。设  $P \subseteq R$ , 且  $P \neq Q$ , 则  $\cap P(P$  中全部等价关系的集合)称为  $P$  上的一种不可分辨关系,且记为  $IND(P)$ , 且有:

$$[X]_{IND(P)} = \cap [X]_R, P \subset R \quad (1)$$

基于不可分辨关系,噪声属性  $R = \{r_1, r_2\}$  对图像噪声的划分如下:

$$\frac{U}{R_1} = \{r_1, r_2\} \quad (2)$$

$r_1$  是所有噪声点的集合,  $r_2$  是所有非噪声点的集合, 且满足:

$$r_1 = \left\{ (i, j) \left| \begin{array}{l} \min(\text{mean}(|I(i, j) - I(x, y)|)) > Q, \\ 1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq 4, (x, y) \in W_k \end{array} \right. \right\} \quad (3)$$

$$r_2 = \left\{ (i, j) \left| \begin{array}{l} \min(\text{mean}(|I(i, j) - I(x, y)|)) > Q, \\ 1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq 4, (x, y) \in W_k \end{array} \right. \right\} \quad (4)$$

其中  $I(i, j)$  是窗口中心的灰度值,  $I(x, y)$  是位于窗口内  $(x, y)$  坐标处的像素灰度值,  $\text{mean}$  是求平均灰度差值的算子,  $\min$  表示取最小运算,  $Q$  为设定的噪声域值。对于划分得到的噪声像素点集合  $r_1$ , 以相应噪声点为中心的窗口内像素中值取代该噪声像素, 即可滤除噪声。

步骤二:对图像边缘的增强。基于不可分辨关系实现噪声像素点滤除后, 由于在滤除噪声的同时又模糊了边缘<sup>[4]</sup>, 因此, 基于粗集近似精度通过检测边缘的连续性和方向来实现边缘的增强处理。现将图像的近似空间改造为局部近似空间,  $W_k$  是第  $k(1 \leq k \leq 4)$  个模板对应的像素集合, 是定义在第  $k$  个模板上的等价关系, 表示如下:

$$R_k: |I(i, j) - I(x, y)| < TH\_D, (x, y) \in W_k \quad (5)$$

$I(i, j)$  是窗口中心的灰度值,  $TH\_D$  是衡量中心像素和模板像素之间一致性或连续性的域值。关于模板  $W_k$  的近似表示精度为<sup>[5]</sup>:

$$a_k = \frac{d_{R_k}(W_k) = \text{card}(R_{-k}(W_k))}{\text{card}(R^{-k}(W_k))}, 1 \leq K \leq 4 \quad (6)$$

$W_k$  中满足上近似的元素数目为  $\text{card}(R^{-k}(W_k)) = 4$ , 满

足下近似的元素数目为满足式(5)的模板  $W_k$  中的像素集合的数目, 可以认为该值越大, 则该模板和中心像素之间的差异越小, 中心像素在该模板方向的连续性越强, 对边缘点来说, 边缘走向在该模板方向的可能性也就越大<sup>[6]</sup>。因此, 对于中心像素点来说, 它应属于具有最大近似精度的模板, 最后用该模板的灰度均值代替中心像素点的灰度值。

### 3 图像增强质量的评价

图像增强质量的评价通常包括主观评价和客观评价, 主观评价主要是指人的视觉评价, 是一种常用的图像增强效果的评价方法, 但是, 由于图像质量的视觉评价是一种高度主观的过程<sup>[7]</sup>。因此, 文章引用自适应度函数对图像增强的质量进行客观的评价。描述图像增强质量的自适应度函数为:

$$\text{Con} = \frac{1}{n} \times \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N f^2(x, y) - \left[ \frac{1}{n} \times \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N f(x, y)^2 \right] \quad (7)$$

其中,  $n = M \times N$ ,  $f(x, y)$  为增强后图像的灰度值, 如果  $\text{Con}$  越大, 则图像灰度分布越均匀, 对比度也越高, 图像增强的效果也就越明显。

### 4 实验结果与分析

为了验证文章方法的有效性, 选取 cameraman 和 trees 两幅图像, 在 C4 2.66、内存为 1G 的电脑上, 用 MATLAB7.0 对添加有椒盐噪声的上述两幅图像分别用均值滤波、中值滤波、高斯滤波、文章的方法滤波加以增强处理, 并用式(7)计算每次处理后的灰度图像的自适应度函数值。

表1给出了对 cameraman 和 trees 两幅图像, 分别加入 3%、6%、9% 和 12% 的椒盐噪声后, 用均值滤波、中值滤波、高斯滤波、和文章的算法, 在 MATLAB7.0 运行处理后的图像自适应度函数值<sup>[8]</sup>。

表1 添加不同椒盐噪声下的适应度函数值(x10)

处理方法	不同含量的 cameraman 图像				不同含量的 trees 图像			
	3%	6%	9%	12%	3%	6%	9%	12%
均值滤波	1.4981	1.4743	1.5294	1.5285	2.7636	2.7792	2.7103	2.7848
中值滤波	1.7666	1.644	1.7654	1.7444	2.5728	2.57527	2.5752	2.5766
高斯滤波	1.4869	1.4994	1.5700	1.4676	2.5827	2.5101	2.4661	2.4677
文章方法	1.9172	1.9376	1.9796	1.9005	2.7578	2.7726	2.6010	2.6361

为了进一步验证文章中算法的有效性, 图2、图3、图4和图5分别给出了对实物雾天图像用中值滤波、直方图处理和文章中的方法处理后的灰度图像, 其中图5为用文章中方法处理后的结果。

采用传统的直方图均衡算法对雾天图像进行增强时, 图像的灰度级有可能被过多地合并, 导致处理后灰

度级过多减少, 这就降低了图像的灰度层次感<sup>[9]</sup>; 而且它不能适应输入图像的局部亮度特性, 这就限制了图像中某些部位的对比度拉伸力度, 从而导致处理结果中背景和小物体的对比度恶化, 某些细节信息无法增强, 增强效果不明显(图3)<sup>[10-11]</sup>; 而图4中采用局部直方图均衡算法又会使噪声信息过于增强, 尤其是在较大块的



图 2 原始图像



图 3 中值滤波后的图像



图 4 直方图处理后的图像



图 5 本方法处理后的结果

平坦区域噪声增强已达到破坏场景增强的程度,如天空区域、路面等;因此,文章利用空间域滑动窗口在滤除噪声使频率域滤除图像边缘的高频成分减少<sup>[12]</sup>,通过与传统方法相比,文章基于粗集理论的增强算法在有效去除噪声的同时,处理后图像的对比度更高,对图像边缘增强更为有效,而且算法的时间复杂性更低<sup>[13]</sup>。

## 5 结束语

针对雾天条件下多深度目标场景的退化现象,文章在具有 4 个方向模板的滑动窗口的基础上,研究了一种基于粗集理论不可分辨关系和近似精度的图像增强方法,并用该方法与传统方法相比较,综合各种因素考虑和实验分析,文章提出的方法能够较好地用于增强雾天图像的对比度,提高景物影像清晰度,达到改善图像质量的目的,而对于由塑料、灰尘等悬浮物造成退化的图像的增强处理,文章算法也可以有很好的应用。

## 参考文献:

- [1] L in Y, Tian J, He H G. Image segmentation via fuzzy object extraction and edge detection and its medical application[J]. Journal of X2Ray Science&Tehology, 2002, 10(1/2):45-79.
- [2] Jubai A, Jing B, Yang J. Combining fuzzy theory and a genetic algorithm for satellite image edge detection[J]. International Journal of Remote Sensing, 2006, 27 (14): 301323079.
- [3] Mitra S, Pal S K. Fuzzy set s in pattern recognition and machine intelligence[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2005, 156(3):3812109.
- [4] Oakley J P, Satherley B L. Improving image quality in poor visibility conditions using a physical model for degradation[J]. IEEE Trans. Image Processing, 1998, 7(2): 67-185.
- [5] Narasimhan S G, Nayar S K. Removing weather effects from monochrome images[A]. Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition[C]. 2001:186-193.
- [6] Paragios N, Deriche R. Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(3):266-280.68-93.
- [7] 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 北京:电子工业出版社, 2004.
- [8] 曾黄麟. 智能计算:关于粗集、模糊逻辑、神经网络的理论及其应用[M]. 重庆:重庆大学出版社, 2004.

- [9] 张德丰. MATLAB 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [10] 李刚. 基于模糊理论和模糊形态学的遥感图像边缘检测研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [11] 徐金龙, 庞尚珍. 神经网络在多源图像融合中的应用研究[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2010, 23(2): 85-89.
- [12] 李刚, 何世文, 卢玉荣, 等. 小波变换模极大值多尺度边缘检测算法分析[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2010, 21(5): 65-68.
- [13] 黄晋. 一种快速、高效的分形图像编码方[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2008, 21(1): 63-65.

## Enhancement Algorithm of Misty Image Based on Rough Set Theory

*LIU Yuan-zhong, ZEN Huang-lin, FAN Yu-mei*

(School of Automation and Electronic Information, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

**Abstract:** Since existing the lighting interference of foggy weather, images taken in fogs ordinarily have the comparatively serious degradation. According to the degraded phenomenon of the images, this paper proposes a new method based on rough set theory for image enhancement. In this method, a slide window is of used in space domain. Experimental results show that the method proposed above is very effective to improve the degradation of images and can enhance the clearness of images on originally images.

**Key words:** rough set theory; image enhancement; histogram equilibrium; median filtering