

一种改进的自适应直方图均衡化增强档案图像的方法^{*}

尚晋^{1,2} 杨有³ 李晓虹³

(重庆大学计算机学院 重庆 400044)¹ (重庆电子职业技术学院计算机二系 重庆 400021)²

(重庆师范大学数学与计算机科学学院 重庆 400047)³

摘要 直方图均衡化能够调节图像的动态灰度范围,是一种经典有效的图像增强方法,但它建立在合并相似像素灰度的基础之上,模糊了图像的细节。强调细节的自适应图像均衡化(DEAHE)不但保持了图像均衡化具有动态范围调节的优点,而且也可以放大图像细节。考虑到档案图像在数码化过程种可能受噪声的干扰,DEAHE方法在强调图像细节的同时,也放大了噪声,因此,本文提出一种改进的DEAHE方法,即IDEAHE方法,它使得增强后的档案图像噪声得到抑制、图像细节得以放大、整幅图像的灰度范围得到调节。实验表明,经过IDEAHE方法增强后的档案图像,其主观视觉效果改善明显,可用于实际的数码档案生产过程中。

关键词 档案图像,直方图均衡化,自适应,图像增强

An Improved Method of Adaptive Histogram Equilibrium for Document Image Enhancement

SHANG Jin^{1,2} YANG You³ LI Xiao-Hong³

(College of Computer, Chongqing University, Chongqing 400044)¹ (The Second Department of Computer, Chongqing Electronic Profession College, Chongqing 400021)² (College of Mathematics and Computer Science, Chongqing Normal University, Chongqing 400047)³

Abstract Histogram equilibrium (HE) of image can extend the image's grey range. It's a classic and efficient method of image enhancement. But this method can blur image also, because of the algorithm is constructed by the basis of combination of similar grey pixels. Detail emphasized adaptive histogram equilibrium (DEAHE) has not only holding the advantage of HE-extend the grey range, but also amplifying image detail. Due to some noises were added to the images in the document digitalization procedure, so DEAHE amplified the noises simultaneously while it amplified the image detail. Therefore, we proposed an improved DEAHE method, called IDEAHE, to suppress noise, to amplify the image detail, and to adjust the grey range of the image. The experiments show that the IDEAHE method could improve the document image visually. It's an alternative method of image enhancement in digital document image producing.

Keywords Document image, Histogram equilibrium, Adaptive, Image enhancement

1 引言

图像增强是为了改善视觉效果或便于人和机器对图像的分析理解,根据图像的特点、存在的问题,以及应用的目的所采取的改善图像质量的方法或加强图像某些特征的措施。

图像增强的技术主要分为两大类:空域法和频域法。空域法是指直接对图像中的像素进行灰度映射变换,所用的灰度映射变换取决于图像的特点和增强的目的。频域法是对图像进行某种变换,对变换后的系数进行运算,然后再反变换到原来的空域,得到增强图像。其变换可以是 FT、DCT、WHT、HT、DST、DKLT 和 WT 等。

灰度直方图均衡化^[1]是一种经典、有效的图像增强方法。该方法把输入图像的灰度级 r_k 映射到输出图像的灰度级 s_k , 即 $s_k = T(r_k)$, 映射函数 $T(r)$ 满足两个条件:一个是 $T(r)$ 在区间 $[0, 1]$ 上单值且单调增加,另一个是当 $r \in [0, 1]$ 时有 $T(r) \in [0, 1]$ 。一般选择满足上述两条条件的累积分布函数 CDF 作为 $T(r)$, 这样,经过该变换处理的图像,其像素灰度级服从均匀分布,动态范围得到提高,增强了图像的质量。

但是,灰度直方图均衡化建立在合并相近灰度级图像元素的基础上,因而它可能损失一些较为重要的图像细节,且使得处理后的图像显得粗犷,因此出现了自适应直方图均衡化方法^[2](AHE)和强调细节的自适应直方图均衡化方法^[3](DEAHE)。DEAHE 方法是在对图像进行 AHE 处理之前,先将原始图像进行局部对比度增强,得到原图像的细节,并将

其保存下来,然后再将这些图像细节叠加到经 AHE 处理的图像上。这样 DEAHE 既调节了图像的动态范围,又增强图像的内部细节。

考虑到档案图像在数码化加工过程当中会受到噪声的干扰,DEAHE 方法在提高对比度的同时,也放大了噪声,因此,我们必须采取噪声限幅策略来抑制噪声,而且希望梯度大的地方放大系数比较小,梯度小的地方放大系数相对较大,即使得不易察觉的图像细节得到较好增强的同时,也使得增强后的档案图像总体上比较柔和。本文提出了一种改进的自适应直方图均衡化方法(IDEAHE),较好地实现了该目的,可广泛应用于企业工商档案、国土房产档案的数字图像处理,有效地提高档案图像质量。

2 IDEAHE 方法增强图像的原理

2.1 DEAHE 方法

AHE 方法^[2]采用滑动窗口技术,对包含被处理点的窗口区域进行直方图均衡化,即求出该区域内的最低灰度和最高灰度,在此区域内均化区域图像直方图,据此并按全图直方图均衡化求灰度映射的原理,给窗口内待处理的像素点重新赋值。

为加强图像细节,一些作者对 AHE 方法进行了改进,提出了 DEAHE 方法^[3],其计算公式为:

$$x'_{i,j} = \begin{cases} AHE(x_{i,j}) + k(x_{i,j} - m_{i,j}), & 0 \leq x'_{i,j} \leq 255 \\ AHE(x_{i,j}), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

^{*} 本文受重庆师范大学科研项目资助(编号:06XLY026)。尚晋 副教授,主要研究方向为数字图像处理、信息系统及软件开发环境。

其中 $x_{i,j}$ 和 $x'_{i,j}$ 分别代表图像均衡化前和图像均衡化后的像素灰度值, $m_{i,j}$ 为以 $x_{i,j}$ 为中心的邻域的像素灰度均值, $AHE(\cdot)$ 为将原始图像进行自适应均衡化处理后的灰度值。由于 $AHE(\cdot)$ 操作处理后的图像像素灰度级服从均匀分布, 因此 $AHE(\cdot)$ 操作起到了调节像素灰度级动态范围的作用。而 $k(x_{i,j} - m_{i,j})$ 则起到了增强图像局部细节的作用。实际上, $k(x_{i,j} - m_{i,j})$ 具有高通滤波的作用。 k 的选择必须满足: 当邻域的中心像素 $x_{i,j}$ 位于无图像细节处时, $k \rightarrow 0$; 而当邻域的中心像素 $x_{i,j}$ 位于有图像细节处时, k 为一个比较大的值。这样, 式(1)中的算法既考虑了局部细节, 也考虑了全局灰度调节。

对于 k 值的选择, 可以定义为:

$$k = k' \left(\frac{\sigma_{i,j}^2}{\sigma_n^2} - 1 \right) \quad (2)$$

其中 $\sigma_{i,j}^2$ 为邻域内的噪声方差, σ_n^2 为整幅图像的噪声方差, k' 为一比例系数, 代表细节放大倍数, 一般取 5~10 之间的值。结合式(1), 可以看出: 当邻域方差 $\sigma_{i,j}^2$ 与图像方差 σ_n^2 接近时, 表明图像在此处无细节存在, 此时 $k \rightarrow 0$, 只对邻域内的中心像素点进行直方图均衡化处理, 即 $AHE(\cdot)$ 操作; 当邻域方差 $\sigma_{i,j}^2$ 逐渐大于图像方差 σ_n^2 时, k 值也逐渐变大, 表明图像在此处的细节因素应该越来越得到重视。因此, k 值具有自适应图像特点的性能, 式(1)实现了强化细节, 抑制噪声的目的。

2.2 IDEAHE 方法

诸如企业工商档案、国土房产档案等政府资源类的纸质档案, 在批量化数字图像生成过程当中, 一方面由于数码化设备会在图像成像过程中产生噪声, 另一方面由于纸质档案的种类繁多, 数码化过程难以实现有针对性的扫描参数调节, 导致部分数字图像的像素灰度级范围窄小, 因此, 本文从两个方面对式(1)进行改进, 以实现这类档案图像的增强。

首先, 根据文[4, 5]对于图像处理中的空域噪声限幅策略, 认为幅度小于某一门限梯度是由于噪声引起的, 因此没有必要对这类细节进行增强, 所以我们将式(1)改写为

$$x'_{i,j} = \begin{cases} AHE(x_{i,j}) + kl(x_{i,j} - m_{i,j}), & |\nabla x_{i,j}| > \epsilon \\ AHE(x_{i,j}), & |\nabla x_{i,j}| \leq \epsilon \end{cases} \quad (3)$$

其中 $\nabla x_{i,j}$ 表示图像在像素点 (i, j) 处的梯度, $\epsilon > 0$ 为门限梯度, 参数 k 为邻域内的细节判定参数, 其定义由式(2)给出, 参数 l 为细节放大参数。 $\nabla x_{i,j}$ 的计算可以使用 Roberts 算子, Prewitt 算子, 或 Sobel 算子等。

其次, 考虑到实际图像增强中, 对于原本梯度大的地方, 视觉效果本身就比较清晰, 不需要增强, 而对于原本图像梯度小的地方, 才是真正需要增强的部分, 故将 (3) 式中的 l , 用一个随着梯度增大反而减小的关系来描述

$$l = 1 + \lambda_1 e^{-|\nabla x_{i,j}|/\lambda_2} \quad \lambda_1, \lambda_2 > 0 \quad (4)$$

其中的常量 1 是为了保证 $l > 1$, 以实现细节的正向放大; λ_1 反映了对比度的最大增大倍数, λ_2 反映了放大系数随梯度增大的衰减速度。采用这样的参数 l 可以使得高对比度地方增强较少, 增强后的图像效果总体比较柔和, 视觉效果不至于太锐化, 但是起到了对于一些有用的、原本不易察觉的图像细节进行增强的效果。

3 实验和讨论

我们选取某市的国土档案作为测试图像, 诸如此类的档案图像既包括了印刷体文字, 还包括印章和手写体, 目标信息

的灰度值千差万别, 经扫描生产的数字图像其视觉效果不理想。由于此类图像在整个国土档案当中为数众多, 因此对其图像增强是有意义的。

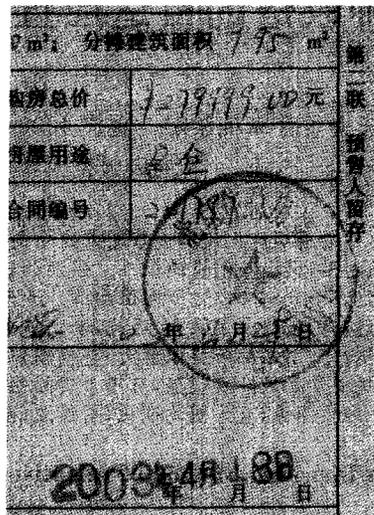


图1 原始图像



图2 HE 增强图像

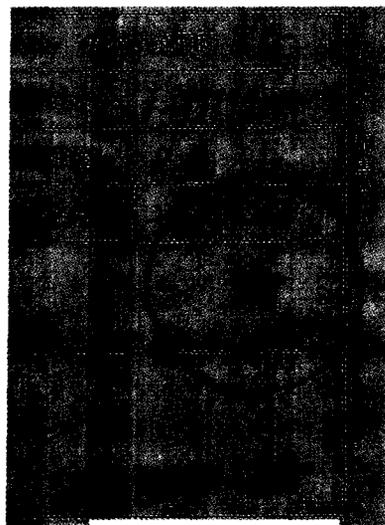


图3 DEAHE 增强图像



图 4 IDEAHE 增强图像

图 1 是编号为“京朝 04 字第 717980 号”档案中的一个截取子图,其灰度范围明显窄小,目标信息和背景信息的灰度差值较小,即对比度较小。图 2 是图 1 经过直方图均衡化(HE)处理后的结果,由于整幅图像的灰度级服从均匀分布,灰度级的范围加大,因此图像细节明显增多,但图像的噪声也随之放大。图 3 是图 1 经过 DEAAHE 方法处理的结果,与图 2 相比,它滤除了大部分噪声,同时也加强了图 1 中的细节。图 4 是图 1 经过 IDEAHE 方法处理后的结果。

比较图 3 和图 4,可以看出:1)图 3 的锐化效果强于图 4,比如图像上部的印刷字体“建筑面积”几个字,图 3 的这几个字的笔画边上反差非常强烈,而图 4 则比较柔和。这是由于式(1)中只有图像细节加强的成分,即只要存在图像细节,就

将该细节放大并线性地加入到经过 AHE 处理过的像素点上。而在式(3)中,参数使得图像的细节加强随待处理点的梯度而变化,使细节加强曲线变得更加平滑,减少了锐化现象。2)图 4 比图 3 更加明亮,具有更好的视觉效果。这是因为式(3)中考虑了噪声因素,小于一定门限的噪声没有被放大,而且即使是大于门限的噪声,也不是简单的线性放大。

由于 IDEAHE 方法对梯度小于等于一定阈值的像素不进行细节加强,因此,相对于 DEAAHE 方法,它减少了计算量。

在式(3)和式(4)中,参数 ϵ, k, λ_1 和 λ_2 的取值要视图像增强的对象而定。对于我们处理的图像类,实验表明, ϵ 的取值范围在 3 到 10 之间, k 的取值范围在 2 到 5 之间, λ_1 的取值范围在 0.5 到 2 之间, λ_2 的取值在 2 到 20 之间。

经 IDEAHE 方法增强的档案图像具有良好的视觉效果,符合档案数码化的图像处理要求^[6,7],可用于实际的档案图像信息系统。

参考文献

- Gonzalez R C, Woods R E. Digital Image Processing, Second Edition. Prentice-Hall Inc., March 2003. 72~74
- 孙即祥. 图像处理[M]. 北京:科学出版社,2004
- Jongsan L. Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics. PAMI-I, 1980(2):165~168
- Highnam R, Brady M. Model-based image enhancement of far infrared images[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(4): 410~415
- Tang M, Ma S D, Xiao J. Model-based adaptive enhancement of far infrared image sequences[J]. Pattern Recognition Letters, 2000, 21:827~835
- 企业档案电子化管理标准[S]. 北京:国家工商行政管理局,2002
- 企业档案处理技术标准[S]. 北京:国家工商行政管理局,2000

(上接第 223 页)

法的可扩展性能越好。

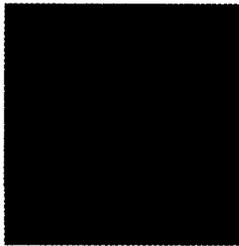


图 3 SAR 原始图像 1

图 4 SAR 图像分类结果 1



图 5 SAR 原始图像 2

图 6 SAR 图像分类结果 2

表 1 并行效率

(并行效率 = $\frac{\text{在 } n \text{ 台计算机上的并行运行时间}}{\text{串行程序运行时间}}$)

采用的计算机个数	1(串行)	2	4	8	
SAR 图像 1	运行时间(ms)	132203	69142	42569	28950
	效率		0.523	0.322	0.211
SAR 图像 2	运行时间(ms)	375172	193590	119680	76535
	效率		0.516	0.319	0.204

参考文献

- Schistad A H, Jain Sothberg A K. Texture Fusion and Feature Selection Applied to SAR Imagery[J]. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(2): 475~478
- 舒士畏,洪峻,林兵. 目标的雷达图像特征及其提取方法的研究. 雷达图像分析及地质应用, 科学出版社, 1991
- 宿富林,吴江,马国强. 相干斑噪声背景下的 SAR 图像分类方法研究. 系统工程与电子技术, 2002, 24(4): 34~36
- Unser M. Texture classification and segmentation using wavelet frames[J]. IEEE Trans. Image Processing, 1995, 4(11): 1549~1560
- Baraldi A, Parmiggian F. An Investigation of the Texture Characteristics Associated with Gray Level Co-occurrence Matrix Statistical Parameters. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 1995, 33(2): 293~303
- Ulaby F T, Kouyate F, Brisco B, Lee Williams T H. Texture Information in SAR Images. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 1986, 24(2): 235~245
- 章毓晋著. 图像分割. 北京:科学出版社,2001