

一种适度增强的模糊增强算法^{*}

王龙辉 邱道尹 文成林^{**} 沈宪章

(郑州工业大学电气信息工程学院)

侯丽亚

(郑州广播电视学校, 450002)

摘 要 提出了一种新的适度模糊增强算法, 详细讨论了增强算子的建立及用模糊方法进行图象增强的具体步骤。实验结果证明, 本算法能使图象在增强后保留更多的灰度信息, 对比度显著增强, 具有良好的效果。

关键词 图象增强; 模糊集; 图象处理

中图分类号 TN 941.1

在图象预处理中, 图象的增强技术对于提高图象质量起着非常重要的作用。它通过有选择地强调和抑制图象中的某些信息, 来增强图象的效果。由于图象本身所表现出来的不确定性, 即模糊性, 使得用模糊集理论进行图象处理成为可能。文献[1]中, Pal, King 给出了利用模糊集合进行图象增强的方法, 但该方法会造成增强后的图象灰度信息的损失, 对其后进行边缘检测及图象分析的质量将产生影响。

1 模糊图象增强

增强技术的目标是使图象便于进一步的处理和满足人们视觉上的要求, 让观察者得到直观清晰, 适合于分析的依据, 它所采用的方法必须能够灵活地达到特定增强效果的要求, 比较常用的增强方法是灰度直方图均衡^[2]。然而, 由于图象本身的变化和不同灰度的动态特性, 传统的这种在整个图象上进行直方图均衡的方法往往得不到预期的效果。随着模糊数学理论的不断完善和发展, 一些学者将模糊集理论应用到增强技术中来^[3]。本文提出的适度模糊增强算法发展了已有的算法。

1.1 模糊图象的定义

当系统的复杂性和不确定性是由于存在模糊性而不是随机性时, L·A·Zadeh 于 1965 年创立的模糊集合理论给我们提供了有效解决这类系统模式识别问题的方法。设 A 是给定论域上模糊集合, 论域到 $[0, 1]$ 闭区间的任一映射:

$$\left. \begin{aligned} X &\rightarrow [0, 1] \\ u_A(x) &\rightarrow u_A(x) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$u_A(x)$ 称为 x 对 A 的隶属程度或为 A 的隶属函数, 模糊集合 A 完全由其隶属函数所刻画。在文献[4]中给出了模糊集合的基本运算(并, 交, 补)的定义, 按照模糊子集的概念, 一幅 $M \times N$ 维且具有 L 个灰度级的图象可以看成是一个模糊点集阵, 记为:

^{*} 中科院模式识别国家重点实验室及河南省自然科学基金联合资助项目(974061500)

收稿日期: 1998—03—15

^{**} (西北工业大学自动化系, 西安, 710072)

$$\Pi = (u_{mn}/x_{mn})_{MN} \tag{2}$$

其中 x_{mn} 是图象第 (m, n) 个象素点所具有的灰度, u_{mn} 是该点的隶属度(相对灰度)。这里隶属函数表征了图象的某种特征(例如灰度等), 称为模糊特征, 全体 u_{mn} 即组成了模糊特征平面。

1.2 模糊增强算法

如果选用文献[1]中的隶属度函数, 则会造成在增强后的图象中, 许多低灰度信息被硬性置零, 导致在原图 X 中损失了大部分低灰度信息, 因而图象的整个增强效果就受到了影响, 仿真结果也表明了这一点。而且文献[1]中增强算子的选取由于限制了只能对隶属度以 0.5 为中心的两边进行灰度增强, 这样就限制了其应用范围。

本文提出了一种新的模糊增强算子。

首先, 以一个简单的分段函数来代替文献[1]中复杂的函数形式(S 或 π 型), 记为:

$$u_{mn} = G(X_{mn}) = \begin{cases} X_{mn}/X_0 & (X_{mn} < X_0) \\ X_0/X_{mn} & (X_{mn} \geq X_0) \end{cases} \tag{3}$$

其中 $u_{mn} \in [0, 1]$ 。显然上式变换不会产生低灰度信息被置零的情况。

为了实现对任意灰度级进行对比度的增强运算, 我们给出下面的变换算子:

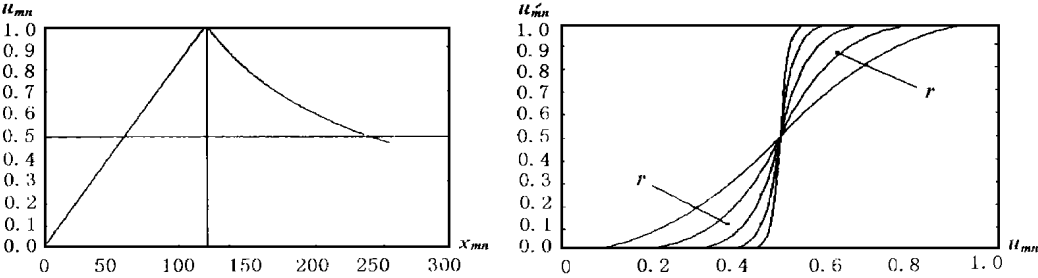
$$u'_{mn} = T_r(u_{mn}) = T_1(T_{r-1}(u_{mn})) \quad (r = 1, 2, \dots;) \tag{4}$$

。在

$$T_1(u_{mn}) = \begin{cases} u_{mn}^2/u_c & (0 \leq u_{mn} \leq u_c) \\ 1 - (-u_{mn})^2/(1 - u_c) & (u_c < u_{mn} \leq 1) \end{cases} \tag{5}$$

式中 $u_c = G(X_c)$ 。

式(3)与式(4)的变换关系分别见图 1(a)和图 1(b)所示。



(a) $X_0=120$ 时的隶属函数 (b) $u_c=0.5, r$ 变化时的增强算子

图 1 隶属函数与增强算子

图 2 给出了 Pal, King 算法和本算法增强前后 X_{mn} 和 X'_{mn} 的关系曲线。由图 2(b)可看出, 随着 X_c (既 $u_{mn} = u_c$ 时的 X_{mn}) 的改变, 可进行任意级灰度增强。

2 适度模糊增强系统的工作过程

模糊增强算法的原理图如图 3 所示。

图 3 中 $f(x, y)$ 表示输入图象; GLT 表示灰度线性变换; $G(\cdot)$ 表示取隶属度运算; $T_r(\cdot)$ 表示增强运算; $G^{-1}(\cdot)$ 表示 $G(\cdot)$ 的逆运算; $g(x, y)$ 表示输出图象; X_{mn} 是图象第 (m, n) 点的灰度; u_{mn} 是该点的隶属度; u'_{mn} 是该点增强后的隶属度。

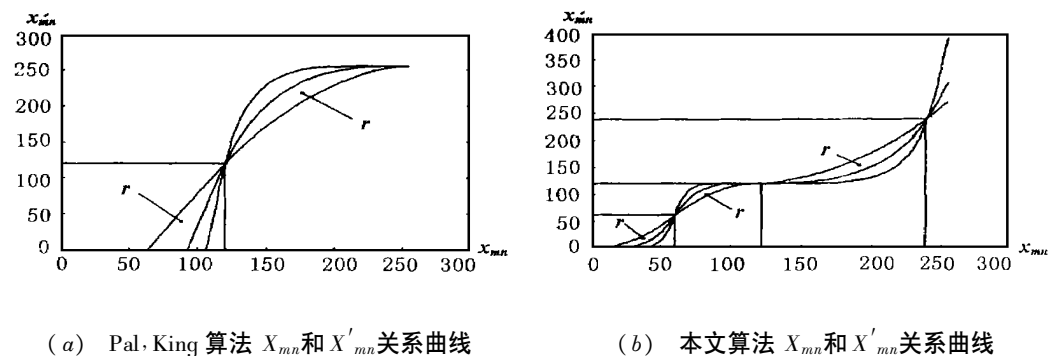


图 2 X_{mn} 和 X'_{mn} 关系曲线

$$\frac{f(x,y)}{IN} \rightarrow GLT \xrightarrow{X_{mn}} G(X_{mn}) \xrightarrow{u_{mn}} Tr(u_{mn}) \xrightarrow{u'_{mn}} G^{-1}(u'_{mn}) \xrightarrow{q(x,y)} OUT$$

图 3 适度模糊增强系统原理框图

工作过程如下：

首先,对灰度图象进行线性扩展。由于经模糊算法处理后得到的新图象没有改变灰度的分布范围,为增强视觉效果,我们对图象进行线性灰度扩展。设原图象 $f(x,y)$ 的灰度范围是 $[a,b]$,变换后图象 $g(x,y)$ 的灰度范围希望扩大到 $[c,d]$,则线性变换定义为：

$$g(x,y)=[(d-c)/(b-a)][f(x,y)-a]+c \tag{6}$$

其次,形成模糊特征平面。

采用式(3)所定义的隶属函数形式,将空域图象转换为模糊特征平面。以后进行的图象增强工作均在特征平面上进行。

然后,对图象进行模糊增强。

采用式(4)和式(5) 所示增强算子,观察图象灰度直方图,根据增强要求选取合适的 u_c 和 r 进行增强运算。

最后,对特征平面进行逆变换。采用下式：

$$X_{mn}=\begin{cases} X_0 u_{mn} & (X_{mn} \leq X_0) \\ X_0/u_{mn} & (X_{mn} > X_0) \end{cases} \tag{7}$$

在上述变换过程中,第 2 步和第 3 步的运算我们采用查表方法来实现,这样就大大减少了增强过程的运算时间,运算速度得到了显著地提高。

3 实验结果及分析

本文用烧结机尾断面图象进行了对比实验,结果令人满意。

图 4(a)是原始图象,灰度分布在 100~255 之间。图 4(b) 是经灰度范围线性扩展后的图象,灰度分布在 0~255 之间。图 4(c)与图 4(d)是分别采用 Pal, King 法与本方法进行增强后的图象。其中图 4(c)对应 $X_c=185, r=2$ (本文方法);图 4(d)对应 $F_d=302, r=2$ (Pal, King 方法)。通过比较发现,Pal, King 方法造成了低灰度信息的损失,图象的一些细节丢失;使用本文方法却在适度增强的基础上,保留了大部分细节信息,而且可以通过改变 x_c 有目的地进行区域灰度增强,效果较好。

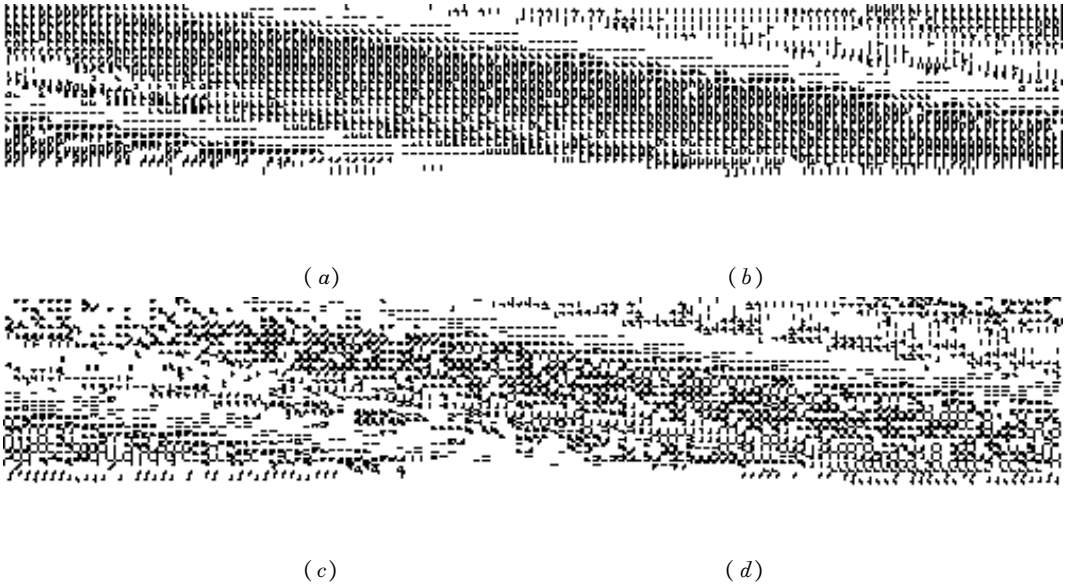


图 4 模糊增强处理结果

4 结 论

图象增强技术对于提高图象质量有着重要的意义,而且也是图象预处理中的一个重要环节。本文采用灰度线性扩展和适度模糊增强算法对一幅现场工业图象进行了增强处理,实验结果表明,适度模糊增强算法比一般的模糊增强算法效果更好。

参考文献

1 Pal S K, King R A. Image enhancement using fuzzy set. Electron Lett, 1980, 16: 376~378
2 Russ J C. The image processing handbook. New York: CRC Press, 1994
3 Li H, Yang H S. Fast and reliable image enhancement using fuzzy relaxation technique. IEEE Trans Syst Man Cybern, 1989, 119(5): 1276~1281
4 Lotfi A. Zadeh, A fuzzy — set — theoretic interpretation of linguistic hedges. Journal of Cybernetic, 1972, 64 (2): 4~34

A Moderately Enhanced Fuzzy Enhancement Algorithm

Wang Longhui Qiu Daoyin Wen Chenglin* Shen Xianzhang

(Zhengzhou University of Technology) *(Northwest University of Technology)

Hou Liya

(Zhengzhou Broadcast TV School)

Abstract In this paper , a moderately enhanced fuzzy enhancement algorithm is present- ed. It discusses in detail the establishment of enhancement operator and the concrete steps of image enhancement by using fuzzy theoretic approach. The experimental results show that the algorithm designed can reserve more gray message of image, and the contrast of image can also be remarkably enhanced.

Keywords image enhancement; fuzzy sets; image processing