

基于直方图统计学的图像增强算法研究

李开端 李树军

(海军航空工程学院青岛分院航空仪电控制系, 青岛 266041)

摘要 针对图像的灰度特征可以通过统计矩进行定量描述的特点,提出了一种基于直方图统计学图像增强算法。该算法根据图像的全局灰度均值、方差及不同像素点子块灰度均值、方差,对符合增强条件的各像素进行增强,而对亮区不需增强的像素进行保留。因此,图像暗区的细节得以增强。实验结果表明,该算法增强了图像中所希望得到的细节。

关键词 图像增强 直方图统计 图像处理

中图法分类号 TP391.41; **文献标志码** A

图像在生成、获取、传输等过程中,由于种种因素而使图像的质量降低,不利于人们的判断和分析。图像增强的主要目的是改善图像的视觉效果,并把图像处理成为适于计算机分析或控制的某种形式^[1]。

图像增强技术主要分为两类:空域增强法和频域增强法。空域增强法是直接对像素进行处理,基本上以灰度映射为基础。使用的映射变换取决于增强的目的,如增加图像的对比度,改善图像的灰度层次等。频域增强法的基础是卷积定理,它通过傅里叶变换改变频域,实现对图像的增强处理^[2]。

$$g(x, y) = F^{-1}[H(u, v)F(u, v)] \quad (1)$$

得到的改进图像灰度 $g(x, y)$ 比原图像灰度 $f(x, y)$ 在某些性能方面更加鲜明、提出,因此更容易识别。如增强图像中的低频分量使图像得到平滑,增强图像中的高频分量使图像的边缘得到增强等。

图像增强处理往往带有很强的目的性,主要是增强处理的结果使图像更适合于人的视觉特性或机器的识别系统。不同的应用目的,增强采用的技术手段不一样。图像增强技术主要包括灰度变换、直方图修正、图像平滑、图像锐化及彩色处理等^[3]。

1 直方图均衡化

直方图均衡化则通过使用累积函数对灰度值进行调整以实现对比度的增强。设具有 n 级灰度的图像,第 i 级出现的概率为 P_i ,则它所含的信息量为:

$$I(i) = -P_i \lg P_i \quad (2)$$

整幅图像的信息量(熵)为:

$$H = \sum_{i=0}^{n-1} I(i) = - \sum_{i=0}^{n-1} P_i \lg_2 P_i \quad (3)$$

由信息论知识可知:

当 $P_0 = P_1 = \cdots = P_{n-1} = 1/n$, 获得图像的信息量最大。

根据直方图的定义,一幅图像的灰度级 r 可被视为区间 $[0 \quad 1]$ 内的随机变量,可以定义变换函数: $s = T(r); 0 \leq r \leq 1$ (4)

全局直方图均衡化的变换函数

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}, \text{其中 } 0 \leq r \leq 1 \quad (5)$$

变换函数表示的是输入图像灰度级的累积分布函数,通过变换函数的作用,像素相对集中的灰度级区域被变换到较宽广的区域,同时集中程度也相对降低了。同样,像素相对较少的区域则被映射到较窄的区域,使得稀疏的数据变得更为紧凑。这就使得图像信息量较大的灰度区域得到放大达到

对比度增强的目的。

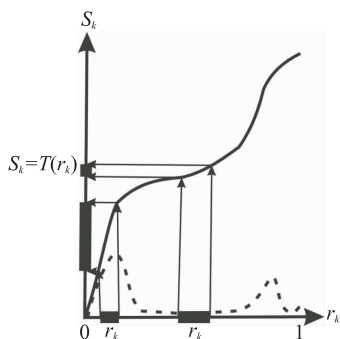


图1 灰度映射图

局部直方图均衡化能适应输入图像的局部亮度特性,能够克服全局直方图均衡化难以适应局部灰度分布的缺陷,可以获得较好的对比度增强效果。其基本思想是将直方图均衡化运算分散到图像的所有局部区域,通过局部运算的叠加自适应地增强图像局部信息,该算法的缺点是:运算复杂度高。

为了减少计算量并且保持其局部自适应优点,提出了子块非重叠直方图均衡化算法,其基本思想是每个子块中的所有像素点都用子块的直方图进行均衡化处理并保留处理结果,相邻子块之间不重叠,使得计算量大大减少。然而,由于相邻子图块之间的灰度分布不同而产生直方图均衡变换上的差异导致子块的边界出现突变,因而将不可避免地产生块状效应^[4]。

2 基于直方图统计学的增强算法

2.1 理论推导

图像的边界线段形状和灰度特征可以通过统计矩进行定量的描述,如均值、方差和高阶矩。令 r 表示在区间 $[0, K-1]$ 上代表离散灰度的离散随机变量,并且令 $p(r_i)$ 代表对应于 r 的第 i 个值的归一化直方图分量,把 $p(r_i)$ 看做灰度级 r_i 出现的概率估计值。

$$\mu_n(r) = \sum_{i=0}^{K-1} (r_i - m)^n p(r_i) \quad (6)$$

$$m = \sum_{i=0}^{K-1} r_i p(r_i) \quad (7)$$

式(6)、式(7)中, K 是图像边界上点的数目, $\mu_n(r)$ 与形状函数 $p(r)$ 有直接关系。例如,二阶矩 $\mu_2(r)$ 用来衡量 r 的均值曲线分布,三阶矩 $\mu_3(r)$ 衡量以均值作为参考的对称性。因此,可以使用直接从直方图获得统计参数进行图像增强。

对图像增强,通常使用图像的一阶矩和二阶矩处理。利用全局平均值(一阶矩)和方差(二阶矩)对整幅图像强度 and 对比度进行初步粗调整。根据图像中对每个像素预先定义的区域图像特性,利用局部平均值和方差对图像进行精确调整^[5]。

令 (x, y) 为某一图像中像素的坐标,令 S_{xy} 表示一确定大小的邻域(子图像),其中心在 (x, y) , 根据一阶矩公式,在 S_{xy} 邻域中像素的平均值 $m_{S_{xy}}$ 为:

$$m_{S_{xy}} = \sum_{(s,t) \in S_{xy}} r_{s,t} p(r_{s,t}) \quad (8)$$

式(8)中, $r_{s,t}$ 是在邻域中坐标 (s, t) 的灰度,且 $p(r_{s,t})$ 是与灰度值对应的邻域归一化直方图分量。

区域 S_{xy} 中像素的灰度级方差由二阶矩公式可得:

$$\sigma_{S_{xy}}^2 = \sum_{(s,t) \in S_{xy}} [r_{s,t} - m_{S_{xy}}]^2 p(r_{s,t}) \quad (9)$$

$\sigma_{S_{xy}}^2$ 是邻域中对比度的度量。

图像增强算法过程如下^[6]:

① 利用统计矩计算全局均值和方差

$$M_G = \sum_{i=0}^{K-1} r_i p(r_i) \quad (10)$$

$$D_G^2 = \sum [r_i - m]^2 p(r_i) \quad (11)$$

② 计算定点 (x, y) 区域内的局部均值和方差

$$m_{S_{xy}} = \sum_{(s,t) \in S_{xy}} r_{s,t} p(r_{s,t}) \quad (12)$$

$$\sigma_{S_{xy}}^2 = \sum_{(s,t) \in S_{xy}} [r_{s,t} - m_{S_{xy}}]^2 p(r_{s,t}) \quad (13)$$

③ 判断像素点 (x, y) 是否符合增强条件

$$m_{S_{xy}} \leq k_0 M_G \text{ 且 } k_1 D_G \leq \sigma_{S_{xy}} \leq k_2 D_G \quad (14)$$

其中, k_0, k_1, k_2 为系数

④ 如符合增强条件,增强该像素灰度

$$g(x, y) = E f(x, y) \quad (15)$$

式(15)中, E 为增强系数。

2.2 算法流程图

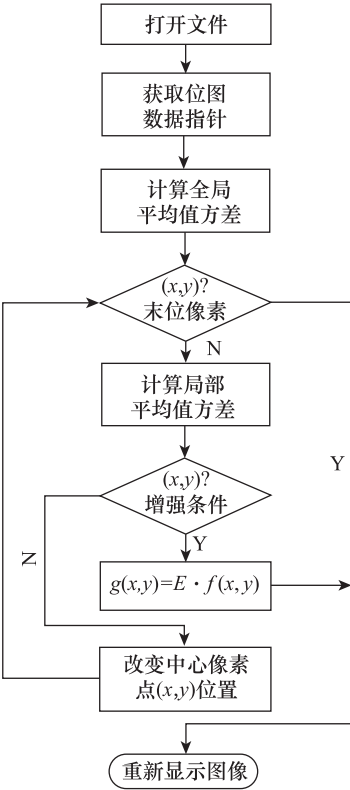


图2 流程图

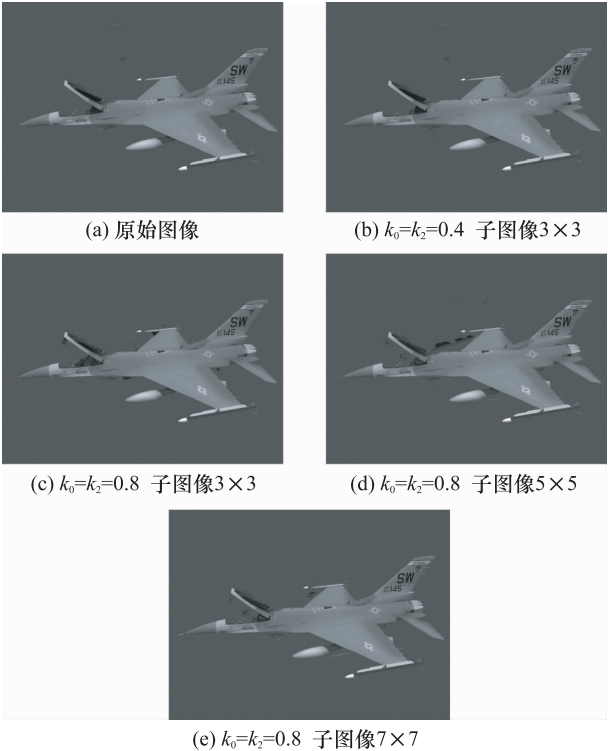


图3 处理后的图像

3 应用仿真及分析

为了验证该算法的有效性,采用 VC++ 语言进行编程,在取不同系数情况下,对部分 bmp 格式的灰度图像进行了仿真实验。

原始图像(图 a)显示了一架飞机和一辆坦克组成的图像,在图像下面的飞机图像清晰易识别,在飞机上面的坦克结构由于灰度暗,其细节特征不清楚。

增强方案的首要因素是 $m_{s_{xy}} \leq k_0 M_G$,即把像素在点 (x,y) 邻域内的局部灰度值小于全局灰度值的 k_0 倍作为候处理对象,而不增强图像的明亮部分。如处理后图像中的飞机与处理前相比,基本上没有任何变化。(图 b)是采用 $k_0、k_2$ 为 0.4、子块区域大小选择 3×3 进行增强得到的。与原始图像相比,增强了坦克的部分细节,尤其是边缘细节,但整体灰

度较暗。主要是因为 $k_0、k_2$ 系数选择小,致使坦克的部分细节得到增强(图像等比例放大后,与原图像比较,效果更明显)。

(图 c)是采用 $k_0、k_2$ 为 0.8、子块区域大小选择 3×3 进行增强得到的。与(图 b)相比,增强的坦克细节(灰度暗的区域)增多了,对比度增大了,但噪点增大了。

(图 d、图 e)是采用 $k_0、k_2$ 为 0.8、子块区域大小选择 $5 \times 5、7 \times 7$ 进行增强得到的,飞机图像中出现了一些小亮点,这些噪点是因为满足增强条件而被参数 E 放大了。

图 e 与图 d、图 c 相比,随着选择子块区域的增大,坦克的亮度增大了,对比度增强了,坦克图像的细节稍微趋于模糊。随着选择子块区域越大,图像模糊程度越大。主要是因为子块区域的越大,其子块区域灰度平均值越接近于整体图像的灰度平均值,子块区域灰度的方差也越接近于整体图像的灰度方差。因此,符合增强条件的图像灰度增多了,所以其亮度增大了。图像模糊程度增大的原因是

因为子块的增大而扩大了局部信息。

4 结束语

本文基于可测的且与图像外观相近的统计度量,利用直方图获得统计参数进行图像增强,分析了系数 k_0 、 k_2 采用不同的权值对图像灰度值的影响,采用不同的子图像区域对图像灰度值的影响。 E 、 k_0 、 k_1 、 k_2 系数根据特定图像及增强目的进行选择,子块区域大小要考虑保留细节和减少计算量而选择合理的尺寸。实验结果表明,该算法增强了图像中所希望得到的细节,验证了该算法的有效性。

参 考 文 献

1 张娜. 图像增强技术的研究. 计算机仿真, 2007; 24(1): 192—195

2 赵秋宇, 王晓红. 可增强图像细节的改进的直方图均衡化算法. 信阳师范学院学报, 2008; 21(4): 601—603

3 基于图像边缘增强组合算法的研究. 红外技术, 2009; 31(2): 95—98

4 杨晨. 雾天图像增强算法研究. 西安: 南京理工大学, 2007

5 冈萨雷斯. 数字图像处理. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2004

6 高守传, 姚领田. Visual C++—数字图像处理与工程应用篇. 北京: 中国铁道出版社, 2006

Research of Image Enhancement Algorithm Based on Histogram Statistics

LI Kai-duan, LI Shu-jun

(Qingdao Branch of NAEI, Qingdao 266041, P. R. China)

[Abstract] A new image enhancement algorithm based on histogram statistics was proposed inallusion to characteristic that gray image may be described quantificationally by statistical matrix. The algorithm can enhance or reserve automatically gray values according to enhancement condition. So, details in the dark image are enhanced. Experimental results show that the algorithm can enhance details expected in the image.

[Key words] image enhancement histogram statistics image processing