

一种微弱图像增强技术研究

秦 杨, 孙刘杰, 王文举

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: 对传统灰度图像直方图均衡化方法进行了深入研究, 提出了一种基于正切函数调整的直方图均衡化改进算法, 该方法有利于提高图像的对比度, 达到对图像判别的要求。算法实现的关键是最优参数选择, 因此采用了一种便于选择最优参数的方法。另外, 将图像相似程度应用于了增强效果的评价, 为图像增强的实验分析提供了新的方法, 具有一定的科学性与可行性。实验结果表明, 该算法比现有的图像增强方法效果更好。

关键词: 微弱图像; 低对比度; 图像增强; 灰度变换; 直方图均衡化

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)07-0077-04

Research of Faint Image Enhancement Technology

QIN Yang, SUN Liu-jie, WANG Wen-ju

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: After further study of traditional histogram equalization method, an improved algorithm of histogram equalization based on triangle function was put forward. This method is helpful to improve the contrast of image and makes image meet the requirement of image identification. Selecting the optimal parameters is the key to image enhancement technology, so a kind of easy way to choose the optimum parameters was selected. Image similarity was applied for image enhancement. The experimental results showed that the proposed method can enhance the image more effectively than the existing methods.

Key words: faint image; low contrast; image enhancement; gray transform; histogram equalization

图像是信息的载体, 据统计, 生活中 80% 以上的信息来自于图像。图像增强技术是提高图像判别和识别效果, 使原图像更适宜人眼观察或计算机处理分析的一种技术。突出图像中的有用信息, 忽略无用信息, 以改善图像的视觉效果, 是图像增强技术的目的。针对不同特点的图像, 选择不同的图像增强方法, 可以达到较好的效果。

在这个高速发展的信息时代, 图像增强应用于各个领域。例如, 在交通上, 大雾天气采集到的图像信息相当的微弱; 在数字水印版权保护方面, 提取出的水印信息往往比较微弱等。在很多的发展领域, 越来越需要人们关注于这类微弱图像的增强, 所以, 笔者针对图像增强技术做了相关的研究分析, 提出了一种使微弱图像信息增强的算法。

1 传统直方图均衡化

直方图反映一幅图像中灰度值出现的频率, 是像素数与灰度级的图形, 能够从整体上描述一幅图像。通过观察图像的直方图, 能够直观了解图像的灰度级与像素数的情况, 对于调整算法参数具有辅助作用。

传统直方图均衡化是通过某种变换, 将原图像变成一幅灰度直方图均匀分布的新图像的算法, 是最常用也是最重要的图像增强算法。

1.1 直方图均衡化原理

直方图均衡化方法是将原图像的直方图通过一定的变换函数修正为灰度基本均匀分布的直方图, 然后按均衡后的直方图修正原图像, 以达到图像增强的目的。

收稿日期: 2013-01-03

基金项目: 上海市教委科研创新重点项目(13zz111); 国家新闻出版总署数字印刷工程研究中心开放基金项目

作者简介: 秦杨(1990-), 女, 吉林省长春人, 上海理工大学硕士生, 主要从事数字图像处理、数字水印等。

为讨论方便,设定归一化的原图像灰度为 r ,经修正后的原图像灰度为 s ,变换函数为 $T(r)$,且变换要满足以下 2 个条件:(1)在 $0 \leq r \leq 1$ 区间,变换函数是单调递增函数;(2)在 $0 \leq r \leq 1$ 区间, $0 \leq T(r) \leq 1$ 。

条件(1)保证了灰度级的黑白不变性,条件(2)确保了映射后的灰度在允许的范围之内。

对于连续变化图像的直方图均衡化问题,现假定变换函数为 r 的累积分布函数:

$$s = T(r) = \int_0^r P_r(r) dr \tag{1}$$

在概率论中,任何一个随机变量,其概率分布函数都在 0 与 1 之间,是单调递增的函数,满足变换函数的 2 个条件,这是直方图均衡化的基础,所以假定变换函数为式(1)的形式能达到直方图均衡化的目的。

由连续图像的均衡化推广到离散图像的直方图均衡化,用频率来代替概率,则变换函数的形式为:

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k P_r(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \tag{2}$$

1.2 直方图均衡化步骤

进行处理的数字图像,都是离散的图像,所以真正用于直方图均衡化图像增强的是式(2),直方图均衡化步骤如下:(1)列出原始图像的所有灰度级 r_j ,并统计灰度级出现的像素个数 n_j ;(2)计算原始图像灰度级出现的概率 $P_r(r_j) = \frac{n_j}{n}$,并绘制原始图像灰度直方图;(3)计算原图像的灰度累积分布函数 s_k ;(4)求出灰度级别变换后的灰度值 $g_k = \text{INT}[s_k \times (g_{\max} - g_{\min}) + g_{\min} + 0.5]$,并统计变换后各灰度级的像素数目 n_k ;(5)计算变换后图像灰度级出现的概率 $P_g(g_k) = \frac{n_k}{n}$,并绘制新图像灰度直方图;(6)根据以上结果,修改图像灰度级,获得均衡化后的新图像。

1.3 直方图均衡化特点

直方图均衡化方法的有效性与简易性决定了它是最常用的图像增强方法。对于大多数由于灰度分布集中在较窄区间而导致图像对比度较低,视觉无法分辨细节内容的图像,经过直方图均衡化后,都能使其灰度级间距拉开,或者使其灰度均匀分布,从而增大图像的对比度,使图像细节变得清晰,达到图像增强的目的。

直方图均衡化方法对灰度分布在较窄区间且大、小灰度级别出现频率明显差异(过大与过小)信息微

弱的图像,由于其会使得出现级别过大的灰度级过度增强,出现级别过小的灰度级损失,而达不到图像增强的目的。提出的基于正切三角函数的直方图均衡化改进算法则能够很好地提高这类图像的目标清晰度。

2 基于正切三角函数的直方图均衡化改进算法

针对直方图均衡化对于大小灰度出现频率明显差异,图像达不到很好的图像增强效果的这种现象,提出了基于正切三角函数的直方图均衡化改进算法。

2.1 基于正切三角函数的直方图均衡化原理

和传统直方图均衡化相比,基于正切三角函数的直方图均衡化改进算法在将原始图像的灰度级变换为新图像灰度级时,采用含有正切三角函数形式的变换函数。变换函数为:

$$y = |a \tan(nx)| \tag{3}$$

其中: a 用来改变图像的灰度级大小,调节图像的明暗程度; n 为调节参数; x 为原图像的灰度值。参数 n 的调节用来调整图像的陡度,即图像的变化速率,从而来实现任意灰度范围的拉伸与压缩,提高图像对比度,增强图像的显示效果。

正切函数对应的图像见图 1,按照箭头所指的方

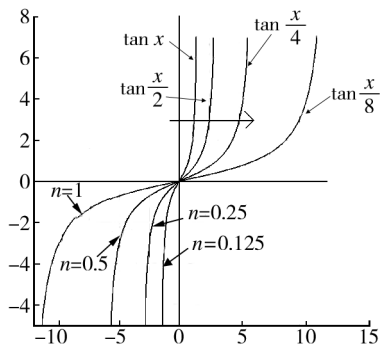


图 1 正切函数图像

Fig. 1 Tangent function image

向,参数 n 的取值分别为 1,0.5,0.25,0.125。由此可见, n 变化时,正切函数的曲线变化很大,故可以根据参数的调节有选择地增强图像某个范围的对比度。

调节参数的原则如下:(1) a 值越大,整幅图像越亮, a 值越小,整幅图像越暗;(2)参数 n 的选择是根据 x 的大小以及正切函数图像的性质进行调节的。

由此可见,基于正切三角函数的图像直方图均衡化算法,参数的调节是关键,要根据需要调节参数,以

达到增强图像的目的。

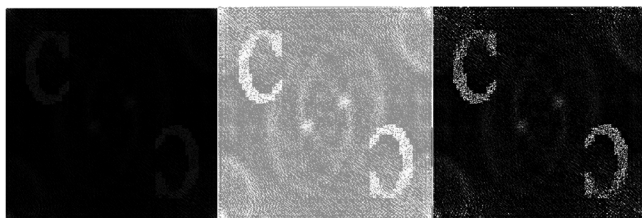
2.2 最优参数的选择

针对于参数的调节,采用了一种选择最优参数的方法,就是设置参数间隔,一次性输出不同参数处理后的多张新图片,对比新图片的效果,以缩小参数间隔,逐渐锁定最优参数。

例如,当参数 n 的总变化区间为 2 时,同时输出 5 张处理后的图像,则参数间隔为 0.4;寻找效果相对好的图像,以该图像的参数为中心,变换参数 n 的总变化区间为 1,同样是同时输出 5 张图像,则参数间隔 0.2,就这样逐渐缩小参数间隔,最终锁定最优参数,提高图像增强算法的使用效率,实现较好的增强效果。

2.3 实验结果与分析

图 2b 与图 3b 是应用传统直方图均衡化算法对大小灰度出现频率明显差异图像增强的效果图,图 2c 与图 3c 是应用基于正切三角函数的直方图均衡化算法对图像增强的效果图,对于二者增强效果做比较,观察增强效果的变化。



a 原图 b 传统直方图均衡化图像增强 c 基于正切函数均衡化图像增强

图 2 数字水印版权保护嵌入提取后的水印信息图像的增强效果对比

Fig. 2 Comparison of image enhancement effect for watermark image after watermark extraction



a 原图 b 传统直方图均衡化图像增强 c 基于正切函数均衡化图像增强

图 3 标准测试图图书馆微弱信息图像的增强效果对比

Fig. 3 Comparison image enhancement effect of faint image from standard test map storage

2.3.1 主观分析

由实验效果图从主观上就可以看出,设置适当的

参数,图 2c 与图 3c 的增强效果较相应图 b 的增强效果有了明显的提升,图像中的目标区域清晰可见,目标的对比度显著提升。

2.3.2 客观分析

由于试验采用的 2 个对称 C 的图片来源于数字水印版权保护嵌入提取后的水印信息图像,故拥有原始清晰图像,见图 4。为说明其增强效果,下面从客

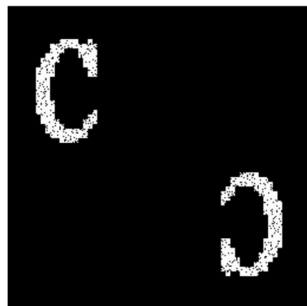


图 4 清晰原始图片

Fig. 4 The clear original picture

观上采用相似度程度计算方法,对于 2 种算法的增强效果进行对比。

检测图片相似度程度多用于评价数字水印图像提取后的水印与原水印的相似程度,将此方法应用于增强效果的评价,为图像增强的实验分析提供了新的方法,具有一定的科学性与可行性。

相似度计算公式见式(4),其中: $\bar{W}$ 代表标准清晰图像; W 代表增强后图像;则相似度比例为 NC。

$$NC = \frac{W' \bar{W}}{\sqrt{W' W} \sqrt{W' W}} \quad (4)$$

式(4)归一化相关值,其值域是[0-1],越接近于 1,则表示相似程度越高,增强效果越好。通过计算,传统直方图均衡化增强后的图片(图 2b) NC 值为 0.2289,改进算法基于正切函数的直方图均衡化增强后的图片(图 2c),NC 值为 0.2852, $0.2852 > 0.2289$,更接近于 1,因此,从客观数值上说明,改进算法较传统直方图均衡化算法有更好的增强效果。

3 总结

经过理论分析与实验验证,基于正切三角函数的直方图均衡化改进算法对微弱图像——灰度分布在较窄区间且大、小灰度级别出现频率明显差异(过大与过小的图像),有明显的增强效果,但是此算法仍然

存在图像周围一些图像细节信息的丢失的情况,且仍有少量的噪音,需要进一步的提升。

参考文献:

- [1] HUANG Kai-qi, WU Zhen-yang, WANG Qiao. Image Enhancement Based on the Statistics of Visual Representation [J]. Image and Vision Computing, 23. 1 (2005): 51-57.
- [2] 车国泉, 秦军, 陈于林. 一种基于直方图均衡化改进的图像增强算法[J]. 四川测绘, 2007, 30(4): 152-154.
CHE Guo-quan, QIN Jun, CHEN Yu-lin. A Method Improved on Histogram Equalization for Image Enhancement [J]. Surveying and Mapping of Sichuan, 2007, 30(4): 152-154.
- [3] 高均立. 基于直方图均衡化的数字图像增强技术[J]. 陕西科技大学学报, 2011, 29(2): 118-121.
GAO Jun-li. Digital Image Enhancement Techniques Based on Histogram Equalization [J]. Journal of Shanxi University of Science and Technology, 2011, 29(2): 118-121.
- [4] 高彦平, 郑永果. 基于抛物线调整的直方图均衡化[J]. 福建电脑, 2005(4): 43-44.
GAO Yan-ping, ZHENG Yong-guo. Histogram Equalization Adjustments Based on The Parabolic [J]. Fujian Computer, 2005(4): 43-44
- [5] 高彦平, 郑永果. 图像增强方法的研究与实现[D]. 济南: 山东科技大学, 2005.
GAO Yan-ping, ZHENG Yong-guo. Research and Implementation of Image Enhancement Methods [D]. Jinan: Shandong University of Science and Technology, 2005.
- [6] MENG Fan-bo. Development of a Dual-detector X-ray Imaging System for Phase Retrieval study. " Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 254. 2 (2007): 300-306.
- [7] RAHMAN Zia-ur, JOBSON Daniel J, WOODSELL Glenn A. Investigating the Relationship between Image Enhancement and Image Compression in the Context of the Multi-scale Retinex [J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 22. 3 (2011): 237-250.
- [8] 陈文飞, 黄志勇, 董文永, 等. 基于 Piecewise 直方图均衡化的图像增强方法[J]. 通信学报, 2011, 32(9): 153-160.
CHEN Wen-fei, HUANG Zhi-yong, DONG Wen-yong, et al. Histogram Equalization Adjustments Based on Piecewise [J]. Journal on Communication, 2011, 32(9): 153-160.
- [9] 刘锦辉. 图像增强方法的研究以及应用[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2009.
LIU Jin-hui. Research and Application on Image Enhancement Methods [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2009.
- [10] 张娜. 图像增强技术的研究[J]. 计算机仿真, 2007(1): 192-195.
ZHANG Na. Research on Image Enhancement Technology [J]. Computer Simulation, 2007(1): 192-195.
- [11] 杨帆. 图像增强算法的研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2011.
YANG Fan. The Research on the Image Enhancement Algorithm [D]. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology, 2011.
- [12] 吕王勇, 周杰, 高仕龙. 一种基于最优融合的数字水印算法[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2005, 42(4): 669-673.
LYU Wang-yong, ZHOU Jie, GAO Shi-long. A Digital Watermarking Algorithm Based on The Optimal Fusion [J]. Journal of Sichuan University (Natural Science Edition), 2005, 42(4): 669-673.

(上接第 70 页)

- CAO Zhao-hui. Study on Multi-color Printing Separation Model [D]. Zhengzhou: PLA Information Engineering University, 2007.
- [4] MOROVIĆ Ja'n, LUO M Ronnier. Calculating Medium and Image Gamut Boundaries for Gamut Mapping [J]. Color Research and Application, 2000: 394-401.
- [5] 李文育, 周世生. 关于灰平衡数据的计算[J]. 包装工程, 2004, 25(1): 65-67.
LI Wen-yu, ZHOU Shi-sheng. The Calculation of Gray Balance [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(1): 65-67.
- [6] 刘真, 周倩, 朱明. 高保真多色分色模型中间色的设置[J]. 包装工程, 2011, 32(15): 18-21.
LIU Zhen, ZHOU Qian, ZHU Ming. A Mid-color Setting Method for Hi-Fi Color Separation Model [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(15): 18-21.
- [7] 熊康鹏. 分色方法的建模研究与误差分析[D]. 西安: 西安理工大学, 2010.
XIONG Kang-peng. Study on Modeling of Color Separation Methods and Errors Analysis [D]. Xi'an: University of Xi'an for Science and Technology, 2010.
- [8] 周倩, 刘真, 朱明. 3 种主流分色算法的误差分析[J]. 包装工程, 2011, 32(7): 107-111.
ZHOU Qian, LIU Zhen, ZHU Ming, et al. Errors Analysis of Three Major Color Separation Algorithms [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(7): 107-111.