

基于MMTD的保留灰度值的直方图均衡化

葛彬¹,周宁宁^{1,2}

(1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;

2. 软件开发环境国家重点实验室, 北京 100191)

摘要:直方图均衡化是图像处理领域中利用图像直方图对对比度进行调整的方法,其“中心思想”是把原始图像的灰度直方图从比较集中的某个灰度区间变成在全部灰度范围内的均匀分布。传统的直方图均衡化图像增强方法存在着灰度级合并的缺点,为了保留更多图像细节,采用一种保留灰度级的直方图均衡化的方法。在该方法中,利用中介真值程度来判断是用保留高灰度级的直方图均衡化还是保留低灰度级的直方图均衡化。用该方法处理的图像要比传统的直方图均衡化算法处理结果效果好。

关键词:图像增强;直方图均衡化;中介真值程度

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)12-0063-04

A Gray Value Retention Histogram Equalization Based on MMTD

GE Bin¹, ZHOU Ning-ning^{1,2}

(1. School of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. State Key Laboratory of Software Development Environment, Beijing 100191, China)

Abstract: Histogram equalization is the use of image processing to adjust the contrast of the image histogram, the "central idea" is to change the original image histogram from the more concentrated gray-scale range of gray scale range into all the uniform distribution. There is a shortcoming that gray-scale merging exists in traditional histogram equalization image enhancement. In order to retain more image detail, use a method retained a gray-level histogram equalization. In this method, use the measure of medium truth scale to determine to use histogram equalization which retains high gray level or histogram equalization which retains the low gray-level. The images that are treated with this method is better than the ones that are treated with traditional histogram equalization.

Key words: image enhancement; histogram equalization; measure of medium truth degree

0 引言

图像增强的方法有很多,经常用到的方法是直方图均衡化(Histogram Equalization, HE)方法以及相关的其它一系列算法,如赵晓捷等人提出的反距离加权插值自适应图像直方图均衡化算法^[1], Menotti D等人提出的多对比度增强和维护亮度的直方图均衡化方法^[2], Kim J Y等人提出的使用部分重叠的子块改进的对比度增强直方图均衡化方法^[3]等。但是这些算法都无法解决这样一个问题:用HE对图像进行处理后,有可能被过多地合并原图像的灰度级,从而降低处理后图像的灰度层次感,使其细节丢失而达不到更好的

图像增强效果^[4]。

现有一种改进保留灰度值的HE算法能很好地改善传统HE算法的不足。保留灰度级的HE算法分两种情况:保留低灰度级和保留高灰度级。文中利用中介真值程度(MMTD)来判断原图像灰度偏高还是偏低,从而选择哪种情况的保留灰度级算法,改善了原保留灰度级HE算法的处理效率。

1 保留灰度的HE算法

传统HE处理图像时出现的灰度级合并现象是因为合并了相邻的灰度级成同一灰度级而引起的^[5]。而保留灰度级的HE算法^[6]指的是对传统HE处理后的图像各灰度值进行调整,尽量使得调整后的图像与原图像具有相同的灰度级,从而减少由于灰度级合并而产生的图像失真情况。一般灰度图像来说,原图像和处理后的图像的各个灰度值绝对是在0与255之间的。但是有时候图像的灰度只是集中在某个范围内,例如在[0, 255]的一个子区间内;就算图像灰度范围

收稿日期:2012-04-06;修回日期:2012-07-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61170322);软件开发环境国家重点实验室开放课题(SKLSDE-2011KF-04)

作者简介:葛彬(1986-),男,江苏苏州人,硕士研究生,CCF会员,研究方向为数字图像处理;周宁宁,副教授,研究方向为虚拟现实和数字图像处理。

比较大,也很难使得每个灰度级上都有值。这些条件使得在灰度 $[0, 255]$ 区间范围内进行调整变的可行。然而合并后的灰度级一般相距很近,为了使得调整后的灰度值不超出灰度范围 $[0, 255]$,取调整单位值为1,即合并的相邻灰度级相距为1,如此调整后的灰度级就增加了^[7]。若原图像直方图的低灰度级灰度值比较多,则可从传统HE后的图像最低灰度级开始向上调整;若原图像直方图高灰度级灰度值较多,为了避免调整后的灰度值超出范围,则可从传统HE后的图像最高灰度级开始向下调整。

调整后的图像和原先传统HE后图像相比包含了更多的细节,在一定程度上消除了灰度级合并带来的不良影响。但是如何判断原图像直方图中高灰度级像素点多还是低灰度级像素点多是个不容易解决的问题^[8]。文中采用了中介真值程度数学方法的思想较好地解决了这个问题,改进了原先的算法。

2 中介数学系统简介

我国的两位学者朱栢榄、肖奚安在20世纪80年代自创了中介逻辑演算系统(medium logic),并建立起了以中介公理集合论(medium axiomatic set)作为主要内容的中介数学系统^[9,10]。

2.1 中介数学的符号

中介数学里一般用 P 代表一谓词, x 代表一个任意的变元, $P(x)$ 代表变元 x 完全的拥有性质 P 。符号“ \neg ”表示反对对立否定,念做“对立于”,则 $\neg P$ 就表示 P 的反对对立面, P 与 $\neg P$ 即代表一对反对对立概念;符号“ \sim ”表示模糊否定,读作“部分地”;“ $<$ ”表示真值程度,例:“ x 真值程度弱于 y ”可以用“ $x < y$ ”表示。

对于 P 和 $\neg P$,如果称 x 是 P 与 $\neg P$ 的中介对象,那么变元 x 满足于 $\sim P(x) \& \sim \neg P(x)$,这里的“ $\&$ ”代表自然语言中的“与”或“并且”。中介数学贯彻的原则是:存在对象 x 和谓词 P ,使得 $P(x)$ 和 $\neg P(x)$ 都能部分地真。这里面包含着两层含义:一是认为并非所有反对对立面都有中介,二是认为并非所有反对对立面都没有中介。

2.2 中介真值程度的度量

2.2.1 一维情形的真值程度度量

在“真”数值区域 T 内, α_T 是谓词 P 的 ε_T 标准度;而在“假”数值区域 F 内, α_F 是 $\neg P$ 的 ε_F 标准度。如果 $\alpha_F < \alpha_T$,则称谓词 P 是正谓词;如果 $\alpha_T < \alpha_F$,则称谓词 P

是负谓词。

图1为数值区域与谓词的对应关系。

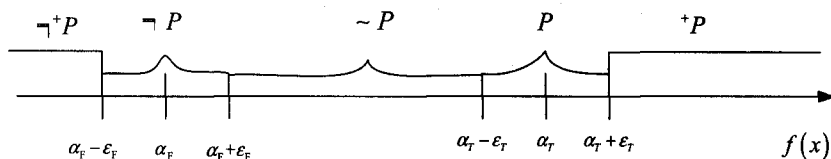


图1 数值区域与谓词的对应关系

2.2.2 距离比例函数

用 h 表示 h_T 或 h_F ,并称之为距离比例函数。

每个数值区域中的个体真值程度都可以通过计算相对 P (或 $\neg P$)的距离比例函数 $h_T(y)$ (或 $h_F(y)$)来得到。

3 基于中介真值程度的保留灰度值的直方图均衡化思想

中介真值程度的度量(MMTD)是用来处理模糊问题的方法。文中用MMTD的思想来判断原图像直方图中灰度值分布偏高还是偏低进而选用哪种保留灰度值的HE。

要判断原图像的直方图中像素点出现次数非零的灰度级是属于高灰度级还是低灰度级,这是一个计算程度的问题。利用中介真值程度距离比例函数计算出非零概率的高灰度级的程度和低灰度级的程度,结果进行比较。如果高灰度级的程度高则用保留高灰度级的HE算法;如果低灰度级的程度高则用保留低灰度级的HE算法;如果两者相差不大,则用传统的HE算法。用距离比例函数 h 可以计算出原图像直方图中像素点出现次数非零的灰度级高低程度。

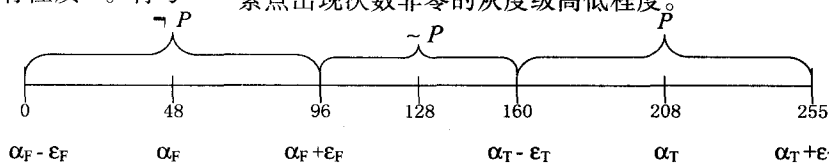


图2 高低灰度区域与谓词P的对应关系

由图2所示,经过多次实验,在 $[0, 255]$ 灰度范围内进行划分,得出取 $\alpha_T = 208$, $\alpha_F = 48$, $\varepsilon_T = \varepsilon_F = 48$ 为比较合适的数值,取 $96 \sim 160$ 为 $\sim P$ 区域。 $h_1(n)$ 为原图像直方图中第 n 个灰度级上像素点出现概率为低灰度级的程度函数,GP为原图像直方图函数。代入距离比例函数公式并乘以该灰度值下像素点出现次数GP(n)得:

$$h_1(n) = \begin{cases} \frac{|n - 96|}{|96 - 0|} * GP(n) & 0 \leq n \leq 96 \\ 0 & 96 < n < 128 \end{cases} \quad (1)$$

H_1 表示 $h_1(n)$ 的平均值。

$$H_1 = \frac{\sum_{n=0}^{128} h_1(n)}{128} \quad (2)$$

同理 $h_2(n)$ 为原图像直方图中第 n 个灰度级上像素点出现概率为高灰度级的程度函数,代入距离比例函数公式并乘以该灰度值下像素点出现次数 $GP(n)$ 得:

$$h_2(n) = \begin{cases} \frac{|n-160|}{255-160} * GP(n) & 160 \leq n \leq 255 \\ 0 & 128 < n < 160 \end{cases} \quad (3)$$

H_2 表示 $h_2(n)$ 的平均值。

$$H_2 = \frac{\sum_{n=128}^{255} h_2(n)}{128} \quad (4)$$

比较 H_1 与 H_2 大小, H_1 比较大, 则用保留低灰度级的 HE 算法; H_2 比较大, 则用保留高灰度级的 HE 算法, 大小相差越大处理出来的图像效果越好。 H_1 与 H_2 大小相差很小, $|H_1 - H_2|$ 小于 H_1 与 H_2 本身大小的十分之一时, 用传统的 HE 算法处理就行了。

4 基于中介真值程度的保留灰度值的直方图均衡化步骤

步骤一: 绘制出原始图像 PS 的直方图^[11], 并利用中介真值程度来计算 PS 的直方图中低灰度级的灰度值多还是高灰度级的灰度值多。

步骤二: 根据步骤一的结果选用保留高灰度级的 HE 还是保留低灰度级的 HE 来对 PS 进行增强处理。即根据公式(2)和公式(4)求得 H_1 和 H_2 并比较大小, H_1 比较大, 则用保留低灰度级的 HE 算法; H_2 比较大, 则用保留高灰度级的 HE 算法。

5 实验结果与分析

实验1: 图3是整体效果偏暗的 $291 * 240$ 的小孩图以及两种算法处理后的图像。传统 HE 后的图像, 图像的整体对比度是有了提高, 但图中小孩的头、窗帘等细节处过亮, 影响了整个图像的连续性; 而用保留灰度级 HE 后的图像, 可见窗帘、头发等细节地方过亮的情况消除了, 整个图像亮度均匀了。

实验2: 图4是整体效果偏暗的 $255 * 255$ 的摄影师图以及两种算法处理后的图像。经过传统 HE 后的图像, 整个图像对比度有了提高, 但图中摄影师的裤

子、衣服等细节处过亮了, 使得图像看起来有些虚假, 效果不好; 而保留灰度级 HE 后的图像, 可见裤子、衣服等细节处过亮的情况消除了, 整幅图像亮度变得均匀了, 视觉效果也较柔和, 舒服了。

以上是对图像增强效果的肉眼主观评估, 图像增强效果的客观评估是比较图像对比度。对比度指的是一幅图像中明暗区域最亮的白和最暗的黑之间不同亮度层级的测量, 即指一幅图像灰度反差的大小, 一般来说, 对比度高说明增强效果比较好, 对比度低则说明增强效果一般。这里所用到的求对比度的公式为:

$$c = \sum r(i,j) * r(i,j) * p(i,j) \quad (5)$$

其中 $r(i,j) = |i-j|$ 即相邻像素间的灰度差; $p(i,j)$ 为相邻像素灰度差为 r 的像素分布概率。



原图像

传统 HE 处理后的图像

保留灰度级 HE 处理后的图像

图3 不同算法处理后的小孩图效果



原始图像

传统 HE 处理后的图像

保留灰度级 HE 处理后的图像

图4 不同算法处理后的摄影师图效果

通过公式(5)求得图像的对比度, 结果如表1。

表1 原图像与处理后图像对比度比较结果

小孩图像				摄影师图像			
	原图像	传统 HE	保留灰度值 HE		原图像	传统 HE	保留灰度级 HE
对比度	0.1650	0.2353	0.2372	对比度	0.1832	0.2525	0.2545

从表1可以看出保留灰度级 HE 较之传统的 HE 在对比度增强上确实有一定的提高。可见文中提出的方法在一定程度对直方图均衡化图像增强有所改进。

6 结束语

传统 HE 图像处理方法是在整体上增强了图像,

但在处理时有时会过多地合并原图像的灰度级而降低了图像整体的灰度层次感,丢失了一些细节^[12]。针对这样的问题,根据原图像灰度级的灰度值总体偏高还是总体偏低两种情况,有两种保留灰度级的 HE 算法:保留高灰度级的 HE 和保留低灰度级的 HE。运用 MMTD 来判断原图像灰度级的灰度值是总体偏高还是总体偏低进而决定用哪种保留灰度级的 HE 算法。

采用保留灰度级 HE 处理后的图像在一定程度上改进了传统的 HE 算法的缺点,即由于灰度级合并而降低整体的灰度层次感。经过该方法处理过的图像能包含更多的细节信息,图像看起来显得更加连续,视觉效果比较柔和。由此认为,中介真值程度的数值化度量方法对直方图均衡化图像增强还是有一定帮助的,下一步将继续运用 MMTD 的数学方法来尝试改进一下直方图规定化(匹配)的传统方法,争取能获得比较好的改进效果。

参考文献:

- [1] 赵晓捷,穆冬,薛斌党.反距离加权插值自适应图像直方图均衡化算法[J].中国体视学与图像分析,2010(15):8-11.
- [2] Menotti D, Najman L, Facon J, et al. Multi-histogram equalization methods for contrast enhancement and brightness preserving[J]. IEEE Transaction on Consum Electronics, 2007,

53(3):1186-1194.

- [3] Kim J Y, Kim L S, Hwang S H. An advanced contrast enhancement using partially overlapped sub-block histogram equalization[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(4):475-477.
- [4] Chang D C, Wu W R. Image contrast enhancement based on a histogram transformation of local standard deviation[J]. IEEE Trans on Medical Imaging, 1998, 17(4):518-531.
- [5] Gonzalez R C, Woods R E. 数字图像处理[M].阮秋琦,阮宇智译.第2版.北京:电子工业出版社,2008.
- [6] 乔闹生.一种改进的直方图均衡化[J].光学技术,2008,34(S1):141-142.
- [7] 张志龙,李吉成,沈振康.一种保持图像细节的直方图均衡新算法[J].计算机工程与科学,2006,28(5):36-38.
- [8] Chen S D, Ramli A R. Contrast enhancement using recursive mean-separate histogram equalization for scalable brightness preservation[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2003, 49(4):1301-1309.
- [9] 洪龙,肖奚安,朱梧横.中介真值程度的度量及其应用(I)[J].计算机学报,2006,29(12):2186-2194.
- [10] 洪龙,肖奚安,朱梧横.中介真值程度的度量及其应用(II)[J].计算机学报,2007,30(9):1551-1558.
- [11] 姚静,武文波,康停军.直方图均衡化的 Matlab 实现[J].辽宁工程技术大学学报,2007,26(S2):60-62.
- [12] 尹立敏,刘艳滢,贺琳,等.基于多尺度灰度直方图的图像增强的研究[J].电子器件,2006(2):431-433.

(上接第62页)

其他服务,搭建一个包容各类服务的迁移平台,将是下一步的研究方向。

参考文献:

- [1] 百度无线移动开放平台.百度移动互联网发展趋势报告 2011Q4[EB/OL]. 2012-03-01. <http://open.shouji.baidu.com/?page=mireport&action=download&f=2011q4>.
- [2] Sandvine Incorporated. Global Internet Phenomena Report Fall 2011[EB/OL]. 2011-10-26. http://www.sandvine.com/downloads/documents/10-26-2011_phenomena/Sandvine_Global_Internet_Phenomena_Report_Fall_2011.pdf.
- [3] Schulzrinne H, Rao A, Lanphier R. Real time streaming protocol[S]. IETF RFC2326, 1998.
- [4] Liu Haiqin, Sun Yan, Kim M S. Provider-level content migration strategies in P2P-based media distribution networks[C]//IEEE CCNC 2011. [s.l.]:[s.n.], 2011:337-341.
- [5] 苏俭,郭伟,刘强.移动 Ad Hoc 网络服务迁移的研究与实现[J].计算机工程,2009,35(9):110-113.
- [6] Paul R. Google reveals plans for Chrome cloud synchronization

[EB/OL]. 2009-08. <http://arstechnica.com/open-source/news/2009/08/google-reveals-plans-for-chrome-cloud-synchronization.ars>.

- [7] 周俊,李文中,陆桑璐,等.利用网格技术实现流媒体服务迁移[J].计算机科学,2005,32(8):109-113.
- [8] 谢希仁.计算机网络[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [9] Rosenberg J, Schulzrinne H, Camarillo G, et al. Session Initiation Protocol[S]. IETF RFC3261, 2002.
- [10] Fielding R, Gettys J, Mogul J, et al. Hypertext Transfer Protocol[S]. IETF RFC2616, 1999.
- [11] Ma Liqun, Shen Haihong, Zhang Qishan. The key technologies for a large-scale real-time interactive video distribution system[C]//IEEE ICACC 2010. [s.l.]:[s.n.], 2010:471-476.
- [12] Lee M. Java Bindings for vlc[EB/OL]. 2012-02-13. <http://code.google.com/p/vlcj/>.
- [13] Huttunen A, Defee I. Performance of desktop software MPEG-2 TS decoder[C]//ISCAS 99. [s.l.]:[s.n.], 1999.