

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.09.014

## 一种基于粗集理论的直方图均衡化方法

黄登斌, 胡伟文

(海军工程大学 理学院, 湖北 武汉 430033)

**摘要:** 灰度吞噬造成图像信息丢失是目前图像处理中一个普遍存在而不好解决的问题。提出一种改进直方图均衡化方法, 在一定程度上避免图形信息吞噬现象。该方法利用粗集理论中集合近似及分类近似度量及重要性的概念, 划分出集合的恰当边界, 并进行试验对比分析。结果表明, 改进直方图均衡化方法处理过的直方图图像清晰、细节丰富, 能有效避免图形信息吞噬现象。

**关键词:** 灰度; 直方图均衡化; 累积分布函数; 上近似; 下近似; 边界; 重要性

**中图分类号:** O235 **文献标识码:** A

## Histogram Equalization Based on Rough Set

Huang Dengbin, Hu Weiwen

(College of Science, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** Loss of gray-scale image information caused by swallowing is a common image processing and a bad solution. An improved histogram equalization method, to some extent, is introduced to avoid graphical information phagocytosis. The method uses rough set theory and approximate measure of the importance and classification of similar concepts, divided into a collection of appropriate boundaries, and compared to experiment. The results show that the improved histogram equalization histogram processed image clarity, detail-rich, graphical information can swallow to avoid phagocytosis.

**Keywords:** grayscales; histogram equalization; cumulative distribution function (CDF); upper approximation; lower approximation; boundary; importance

### 0 引言

直方图均衡化广泛应用于图像增强处理中, 高效且易于实现。直方图的图形高低不齐, 处理后的图像只能是近似均匀分布。而灰度直方图均衡化的算法, 是把直方图的每个灰度级进行归一化处理, 求每种灰度的累积分布, 得到一个映射的灰度映射表, 然后根据相应的灰度值来修正原图中的每个像素。其实质是: 2 个占有较多像素的灰度归并后被变为背景或变换后级差增大。

因为一般背景和背景占有的像素较多, 故这种技术实际上加大了背景和背景的对比度。占有较少像素的灰度变换后被归并, 使得背景和背景的背景变得陡峭, 因为边界处像素较少, 归并后被变为背景或背景。由此会带来一些问题: 输出图像的实际灰度变化范围很难达到图像格式所允许的最大灰度变化范围; 输出图像的灰度分布直方图虽然接近均匀分布, 但其值与理想值  $1/n$  仍有可能存在较大的差异, 并非是最佳值; 输出图像的灰度级有可能被过多地合并, 由于灰度的吞噬也易造成图像信息的

丢失。故采用粗集理论中近似分类的方法, 提出一种改进直方图均衡化方法, 以解决灰度吞噬造成图像信息的丢失问题。

### 1 经典直方图均衡化

直方图均衡化的基本思想是把原始图的直方图变换为均匀分布的形式, 增加像素灰度值的动态范围, 从而达到增强图像整体对比度的效果。对于图像  $f(x, y)$ , 以  $n_k$  表示具有灰度值  $k$  的像素的个数:

$$P_S(S_K) = n_k / n \quad 0 \leq S_K \leq 1; K=0, 1, \dots, L-1$$

其中,  $P_S(S_K)$  代表原始图像第  $K$  个灰度级的出现概率,  $S_K$  为自变量,  $P_S(S_K)$  函数的曲线就是图像的直方图。设原图像为  $s(x, y)$ , 变换后图像为  $t(x, y)$ , 映射 EH 实现由  $s$  到  $t$  的变换, 即:

$$t(x, y) = EH[s(x, y)]$$

根据均化假设,  $t(x, y)$  具有以下性质:

- 1) EH 是单值单增的;
- 2) 对于  $0 \leq s(x, y) \leq 1$ , 有  $0 \leq t(x, y) \leq 1$ ;
- 3)  $t(x, y)$  在  $[0, 1]$  上是均匀分布的。

收稿日期: 2010-03-01; 修回日期: 2010-04-30

基金项目: 海军工程大学自然科学基金项目: 现代模糊信息优化处理技术及其应用研究 (HGDJJ05005)

作者简介: 黄登斌 (1979-), 男, 湖南人, 硕士, 讲师, 从事模式识别、算法设计研究。

可见，EH就是累计分布函数（Cumulative Distribution Function, CDF）。

## 2 改进的直方图均衡化

在经典直方图均衡化的过程中，首先要分出图像的  $k$  级灰度值。对于该分类，可以确定如下一个分类知识库系统。研究对象  $U$ ：像素的个数是  $n_a$  的灰度值  $a$ ，等价关系  $R$ ，所属分类情况  $X$ ，计作  $s_i$ ，具体如表 1。

表 2 直方图均衡化计算列表

原始灰度级	0	1	2	3
$n_i$	2 620	880	365	382
原始直方图	0.157 5	0.052 9	0.021 9	0.023 0
累计直方图	0.157 5	0.210 3	0.232 3	0.255 2
新灰度级	2	3	3	3
原始灰度级	4	5	6	7
$n_i$	311	266	1 082	1 123
原始直方图	0.018 7	0.016 0	0.065 0	0.067 5
累计直方图	0.273 9	0.289 9	0.354 9	0.422 4
新灰度级	4	4	5	6
原始灰度级	8	9	10	11
$n_i$	2 128	1 601	3 481	2 132
原始直方图	0.127 9	0.096 2	0.209 2	0.128 1
累计直方图	0.550 3	0.646 5	0.855 7	0.983 8
新灰度级	8	9	12	14
原始灰度级	12	13	14	15
$n_i$	175	60	27	7
原始直方图	0.010 5	0.003 6	0.001 6	0.000 4
累计直方图	0.994 4	0.998 0	0.999 6	1.000
新灰度级	14	14	14	15

由表 2 可以看出，灰度级 1、2、3 合并，4、5 合并，11、12、13、14 合并。得出的图像如图 1。



(a) 原始图片 (b) 典法增强图片

图 1 改进前的直方图均衡化显示

为了保证输出图像的灰度级不至于过多地被合并，进而减少灰度的吞噬，避免过多地造成图像信息的丢失之前就找到比较合理的分类方法，达到直方图均衡化的目的。笔者试图从粗集理论中集合近似及分类近似度量和系统参数重要性的概念，划分出集合的恰当边界。在粗集理论中，知识库  $k=(U,R)$ ，

表 1 研究对象所属分类情况表

研究对象	$n_a$ 与 $a$ 相对 $k$ 的关系	所属分类
$a$	$a < (255 / (k + 1)) * \lceil \lceil \frac{a}{255 / (k + 1)} \rceil + 1 \rceil$ $\lceil \frac{a}{255 / (k + 1)} \rceil$	$S_{\lceil \frac{a}{255 / (k + 1)} \rceil}$ $\lceil \frac{a}{255 / (k + 1)} \rceil$

但如此划分将输出图像的灰度级有可能被过多地合并，由于灰度的吞噬也易造成图像信息的丢失。例如，对于图像  $f(x,y)$ ，如果把它分成 16 级灰度值，即 0 到 15，16 到 31...240 到 255，经过均衡化，可得到表 2。

对于每个子集  $X \subset U$ ，下近似  $R_-(X) = \{X \subset U : [X]_R \subset X\}$ ；上近似  $R_+(X) = \{X \subset U : [X]_R \cap X \neq \Phi\}$ ；边界  $BN_R(X) = R_+(X) - R_-(X)$ ；在此，利用重要性的概念，对经典直方图均衡化方法做如下改进：

首先，改变上述确定性分类方法为不确定分类，以原本分类节点为中心，选择一个小区间段作为活动选择，作为一个试验，这里选择 5 个灰度值作为区间，既可以被分到上一灰度级，也可以分到下一灰度级，称之为活动区间，如图 2。

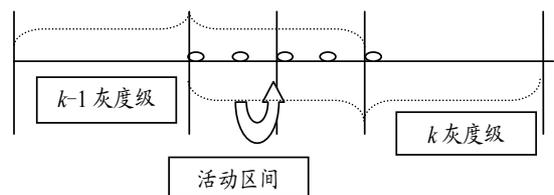


图 2 不确定分类

下面确定活动区间如何分配到某一灰度级中。假设活动区间的像素总数为  $R_1$ , 左右侧灰度级像素总数分别为  $S_i, i=1, 2$ 。再定义  $\alpha_R(X_i)$  为活动区间关于灰度级  $K$  的重要性, 则可由下式计算  $\alpha_R(X_i)$ :

$$\alpha_R(X_i) = \left| \frac{R_1}{S_i} \right| \quad i=1, 2$$

由  $\alpha_R(X_i)$  的大小决定活动区间对于某灰度级的重要性, 从而确定该区间分配到那个灰度级中去; 可加大该灰度级的分布概率, 减少该灰度级被合并的可能性, 从理论上解决直方图均衡化过程中过度合并的问题, 有效减少输出图像灰度信息的丢失。其具体算法步骤如下:

- 1) 灰度归一化, 原灰度级  $k$ , 归一化后  $r_k$ ;
- 2) 统计各级灰度分布个数  $m_k$  以及活动区间灰度分布个数  $R_k$ ;

3) 计算活动区间关于灰度级  $K$  的重要性  $\alpha_R(X_i)$ :

$$\alpha_R(X_i) = \left| \frac{R_1}{S_i} \right| \quad i=1, 2$$

从而确定该活动区间分配到哪个灰度级中去, 并确定该级灰度分布个数  $n_k$ ;

表3 改进后的直方图均衡化列表

原始灰度级	0	1	2	3
$n_k$	2 436	962	501	261
原始直方图	0.146 4	0.057 8	0.030 1	0.015 7
累计直方图	0.146 4	0.204 8	0.235 0	0.250 7
新灰度级	2	3	3	3
原始灰度级	4	5	6	7
$n_k$	316	400	1 117	1 336
原始直方图	0.019	0.024 0	0.067 1	0.080 3
累计直方图	0.269 8	0.293 9	0.361 2	0.441 7
新灰度级	4	4	5	6
原始灰度级	8	9	10	11
$n_k$	1 593	2 135	2 800	2 378
原始直方图	0.095 7	0.128 3	0.168 3	0.142 9
累计直方图	0.536 2	0.664 5	0.832 8	0.975 7
新灰度级	8	9	12	13
原始灰度级	12	13	14	15
$n_k$	299	68	33	5
原始直方图	0.018	0.004 1	0.002	0.000 3
累计直方图	0.993 6	0.997 7	0.999 7	1.000
新灰度级	14	14	14	15

- 4) 始概率  $h_k, h_k = n_k / N$ ;
- 5) 积概率  $t_k, t_k = t_{k-1} + n_k / N = t_{k-1} + h_k$ ;
- 6) 量化为  $t'_k$  (因为变换后  $t_k$  必须变为  $1/15$  的

倍数, 这种变化会发生灰度合并);

7) 映射关系  $r_k \rightarrow t'_k$ , 最终得到表3改进后的直方图均衡化列表, 改进后增强图像如图3。

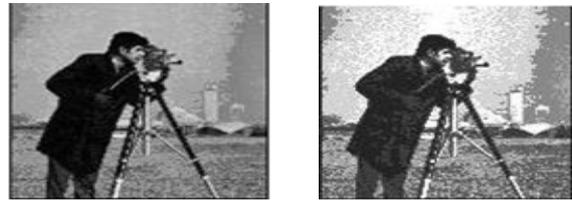


图3 改进后的直方图均衡化显示

### 3 直方图对比分析 (图4)

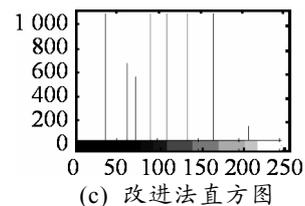
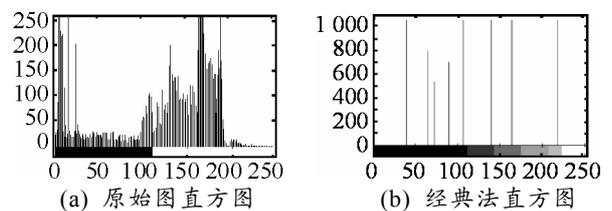


图4 直方图对比分析

从原始图的直方图可看出, 主体集中在灰度级两端, 图像对比鲜明, 但是细节不够, 只便于图像检测。而经典法处理过的图像, 灰度相对均匀, 但仍可看出靠一端较为集中。改进法处理过的直方图, 灰度分布均匀, 相邻灰度间有相当的像素, 且有效避免了图像信息吞噬现象, 图像清晰, 细节丰富。

### 4 结论

改进后, 原直方图均衡化由于灰度过量合并而产生的图像信息吞噬严重的情况得到了缓解, 同时, 增强了图像的对比度。该方法实用、可行, 即使反映在图像上的图像有较大反差, 但许多细节也能看得很清楚, 可为相关技术人员提供参考、借鉴。

### 参考文献:

- [1] 曾黄麟. 智能计算[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2004.
- [2] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [3] 龙祖利. 基于角点检测法的图像配准章毓晋[J]. 兵工自动化, 2007, 26(5): 57-59.
- [4] Yang G, Huang T. S. Human face detection in a complex back2ground[J]. Pattern Recognition, 1994, 27(1): 53-63.