

文章编号: 0258-7025(2004)01-0089-03

低对比度图像分割算法研究

聂守平¹, 王鸣¹, 刘峰²

¹ 南京师范大学光电技术江苏省重点实验室, 江苏 南京 210097

² 南京邮电学院图像处理与图像通信江苏省重点实验室, 江苏 南京 210003

摘要 在分析图像分割算法的基础上, 针对灰度随机分布的低对比度图像, 提出采用空间区域方差和灰度区域方差进行图像增强和灰度分区。实验结果表明该方法能有效地实现低对比度图像的分割。

关键词 信息光学; 图像分割; 方差; 图像增强

中图分类号 TN 911.73 文献标识码 A

Image Segmentation Algorithm Study for Low Contrast Image

NIE Shou-ping¹, WANG Ming¹, LIU Feng²

¹ Opto-electronic Technology Key Lab, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210097, China

² Image Procession & Image Communication Key Lab, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing, Jiangsu 210003, China

Abstract The algorithm of image segmentation is analyzed. The property of low contrast and gray randomly distributed image is considered and the method based on space region variance and gray region variance is proposed for image enhancement and gray segmentation. The experimental results show this method is valid for low contrast image.

Key words information optics; image segmentation; variance; image enhancement

1 引言

图像分割的目的是将图像像素按属性归类, 从而把图像划分成一系列互不重叠的区域, 同一个区域的像素具有相同的属性。图像分割的难易程度取决于所要分割图像的复杂程度。如果背景和目标在灰度上存在差异, 可以选择灰度阈值^[1] (包括单阈值、多阈值、自适应阈值等) 作为特征来分割背景和背景。对于自然背景下的图像, 其特征是目标和背景之间对比度差、目标边缘模糊和噪声大, 这时应用分水岭算法^[2,3] 效果较好。若已知要分割目标的大小形状, 可以通过建立目标结构元素用数学形态学^[4] 方法或采用匹配模板^[5] 来处理。

低对比度图像的特征分割, 其主要特征是目标

内部各处的灰度级变化明显, 但又不是简单的单调变化, 显示不出任何可以辨别的规律, 这主要是由于目标的吸收系数、反射系数不同, 以及由成像系统的电噪声和胶片颗粒噪声引入的。同时目标与目标之间没有显著的灰度变化也给区域分割带来了困难。这种现象普遍存在于 X 射线图像、显微图像、超声波图像和红外图像的分析 and 检测中, 因而研究低对比度图像的分割具有重要的意义。

2 低对比度图像增强

若一幅图像的灰度分布过于集中在一个动态范围很小的区域内, 由此产生的对比度减弱可以采取线性或非线性灰度变换, 扩大灰度的动态范围, 也可

收稿日期: 2002-08-09; 收到修改稿日期: 2002-12-06

基金项目: 江苏省自然科学基金 (BK2001109) 和南京邮电学院图像处理与图像通信江苏省重点实验室开放基金 (K02089) 资助项目。

作者简介: 聂守平 (1967—), 男, 南京师范大学物理科学与技术学院副教授, 博士, 主要从事光信息处理和图像处理研究。

E-mail: nieshp@mail.njnu.edu.cn

以通过直方图均衡化使灰度分布充满整个灰度等级,都可以提高图像的对比度。图 1(a),(b)所示是一幅低对比度的图像及其直方图,从中可以看到图像的灰度等级分布在整个动态范围之内,因此不能靠扩大灰度等级范围来提高对比度。同时也不能简

单通过选取多阈值来分割图像,这是由于图像在任意局部范围内都存在着灰度的剧烈变化,呈现随机分布,难以确定其分布函数。对于随机变量,常常用其均值和方差来描述其变化,因此这里引入空间区域方差图像来反映图像灰度的随机分布。

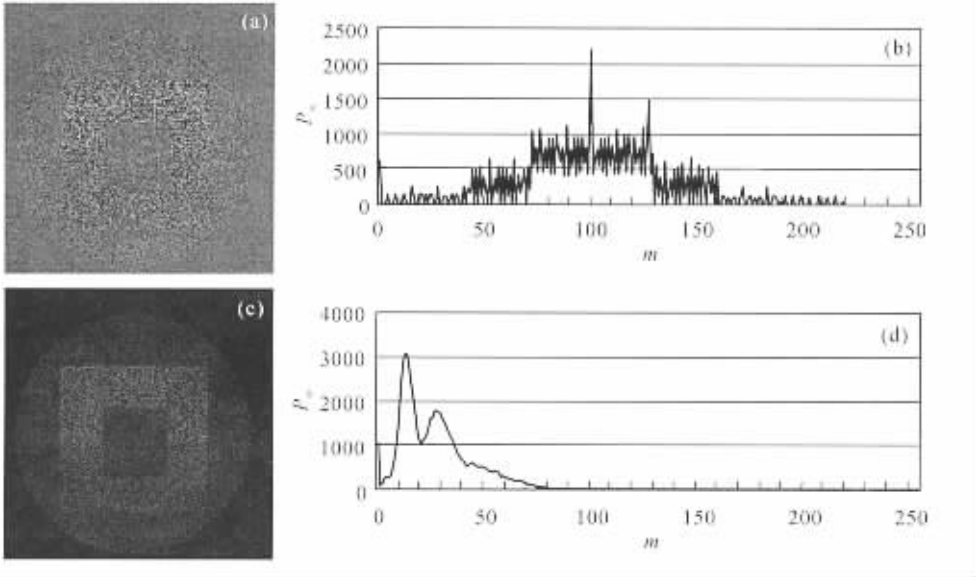


图 1 原始图像及其方差图像

Fig. 1 Original image and variance image

设 $A(x, y)$ 表示原图像,以任意一点 (x, y) 为中心,以 $(2m+1, 2m+1)$ 为大小的矩形区域内的灰度均值 $A_s(x, y)$ 为

$$A_s(x, y) = \frac{1}{(2m+1)^2} \sum_{i=x-m, j=y-m}^{i=x+m, j=y+m} A(i, j) \quad (1)$$

用这一局部区域的灰度平均值来代替原来的灰度,可以滤掉图像部分噪声。

原图像的方差图像 $\sigma^2(x, y)$ 表示为

$$\sigma^2(x, y) = \frac{1}{(2m+1)^2} \sum_{i=x-m, j=y-m}^{i=x+m, j=y+m} [A(i, j) - A_s(x, y)]^2 \quad (2)$$

方差图像中的每个像素的灰度反映了该像素偏离周围像素灰度的分布情况。为了简化(2)式的计算,常用

$$\sigma(x, y) = |A(x, y) - A_s(x, y)| \quad (3)$$

来代替。它的含义是用原始图像和滤掉噪声的模糊图像的差值来实现图像对比度增强,这样就将对比度增强和去噪声结合到了一起。

图 1(c),(d)为依据(3)式建立的方差图像及其直方图分布,从中可以看出图像的对比度得到了增强,区域轮廓已基本可以分辨。图 1(d)表示方差图像的灰度动态范围比原图像减小了,这和通过线性

灰度变换压缩灰度范围是截然不同的,单纯的压缩将使图像的对比度降低,而通过方差图像则可以反映图像的局部区域变化,提高对比度的同时压缩了灰度动态范围,方便了利用图像的像素属性进行灰度分区。

3 灰度分区

对经过增强以后的图像进行灰度分区,就是按像素的灰度属性进行归类。如果一组像素的方差在一个允许的范围内,就认为这组像素的属性相同,可以用相同的灰度值来表示。

对于如图 1(d)所示经过增强后的图像直方图,选取一组灰度值 $k_i (i = 0, 1, 2, 3, 4)$ 将非零部分的灰度区间划分为四部分,使得划分后的每一个区间像素的方差限制在一个较小的范围内。其中 k_0 和 k_4 分别取非零灰度区间的最小值和最大值。

设图像的直方图分布用 P_m 表示,它反映了在某一个灰度级 m 上的像素个数,那么在第 i 个区间上像素的总数为

$$S_i = \sum_{m=k_{i-1}}^{k_i} P_m \quad (4)$$

区间上的平均灰度值为

$$g_i = \frac{1}{S_{i,m=k_{i-1}}^{k_i}} \sum_{m=k_{i-1}}^{k_i} mP_m \quad (5)$$

区间上的灰度方差为

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{S_{i,m=k_{i-1}}^{k_i}} \sum_{m=k_{i-1}}^{k_i} P_m (m - g_i)^2 \quad (6)$$

同样为了简化,实际计算中灰度方差可以用

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{S_{i,m=k_{i-1}}^{k_i}} \sum_{m=k_{i-1}}^{k_i} P_m |m - g_i| \quad (7)$$

代替(6)式。

为了使各个灰度区间上的方差能在一个较合理的范围内,采用迭代法求 k_i 的值。即设定一组 k_i 初始值,当 k_i 变化时,根据(4),(5),(7)式得到各个灰度区间上的方差值,找出一组相对较小的方差值,它所对应的 k_i 就是能够按像素属性对图像灰度进行分类的灰度区间。对图 1(d)所示直方图进行分区,四个区间上的灰度平均值分别为 13,28,41,59,于是每个区间上的所有灰度值都用区间上的灰度平均值来代替。

图 2 所示是按照上述算法得到的灰度区间分割图像及其直方图(出于显示的原因将图像灰度放大了 4 倍),分割后的图像的特点是只有四个灰度等级,图像中任意一个小的范围内像素灰度不再象图 1(a)那样剧烈变化,而是多数像素灰度相同,同时存在一些噪声。

需要指出的是,这种灰度方差区间划分法并不是将灰度区间等分成几部分,而是综合考虑灰度等级和在此灰度上的像素数目两个方面,因为灰度大并不表示它对区间的均值和方差贡献大,还和这一灰度上的数目有关,将两者结合到一起才能综合反映像素的属性。

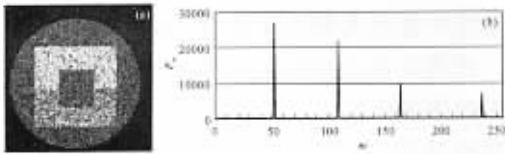


图 2 灰度分区图像

Fig. 2 Image with gray segmentation

4 区域生成

在灰度分区的基础上,就是要将相同灰度的区

域连接到一起,同时去掉区域中的噪声。由于图像 2(a)只有 4 个灰度等级,在局部范围内,大多数灰度相同,因此可以采用中值滤波的方法将噪声去除。

对图像中任意一个像素 (x,y) ,以它为中心选取 5×5 的区域,将区域中的像素灰度值按从小到大的顺序排序,然后选取一个中间值作为图像变换以后的灰度值。按照这种方法对图像 2(a)进行多次滤波,结果如图 3 所示。

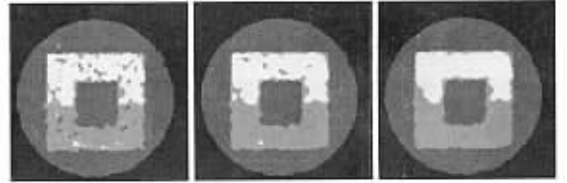


图 3 中值滤波后的区域图像

Fig. 3 Region image with median filtering

5 结论

针对低对比度图像的分割,紧紧围绕灰度无规则分布的特征,利用空间区域方差在降低噪声的同时实现了图像增强,利用灰度区域方差对灰度进行分区,最后采用中值滤波完成了图像分割,使得同一个区域的像素具有相同的属性。实验表明借助方差这个描述随机变量分布的工具,能够较好地实现灰度随机分布图像的处理。

参 考 文 献

- 1 K. V. Mardia, T. J. Hainsworth. A spatial thresholding method for image segmentation [J]. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1988, **10**(6):919~927
- 2 L. Shafarenko, M. Petrou, J. Kittler. Automatic watershed segmentation of randomly textured color images [J]. *IEEE Trans. Image Processing*, 1997, **6**(11):1530~1543
- 3 Ma Zhaomian, Tao Chunkan. Artificial object detection in natural background [J]. *Chinese J. Lasers*, 2000, **A27**(3):237~242
马兆勉,陶纯堪. 自然背景下人工目标的检测与分割[J]. *中国激光*, 2000, **A27**(3):237~242
- 4 Demin Wang, Veronique Haese-Coat, Joseph Ronsin. Shape decomposition and representation using a recursive morphological operation [J]. *Pattern Recognition*, 1995, **28**(11):1783~1792
- 5 Marie-Pierre Dubuisson Jolly, Sridhar Lakshmanan, Anil K. Jain. Vehicle segmentation and classification using deformable templates [J]. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1996, **18**(3):293~308