

# 基于最大熵-方差模型的图像分割方法

张群会<sup>1</sup>, 李贵敏<sup>1</sup>, 蔺宝华<sup>2</sup>, 韩波<sup>2</sup>

(1. 西安科技大学 计算机学院, 陕西 西安 710054;

2. 西安科技大学 理学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:**针对当图像中目标与背景的面积相差很大时,最大类间方差方法的分割性能迅速下降的问题,研究了信息熵和方差的关系。认为信息熵和方差都被用作不确定性的度量,两者之间定会存在一定的科学关系,因此将最大熵和最大类间方差结合起来建立数学模型,提出基于最大熵-方差模型的图像分割方法,并引入类内方差对分割进行评价来选取参数调整算法的分割性能,更充分地利用了图像的灰度信息。通过实验证明该方法优于最大熵方法和最大类间方差方法,具有较强的稳定性,提高了图像分割精度。

**关键词:**图像分割;最大类间方差;最大熵;阈值

中图分类号:TN911.73

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)06-0043-04

## Threshold Image Segmentation Based on Maximum Entropy - Variance Model

ZHANG Qun-hui<sup>1</sup>, LI Gui-min<sup>1</sup>, LIN Bao-hua<sup>2</sup>, HAN Bo<sup>2</sup>

(1. College of Computer, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. College of Science, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** When the area of the target and the background for an image are more different, the performance to segment an image by the maximum between-class variance method declines rapidly. So have researched the relation between information entropy and variance, think that both information entropy and variance are used as a measure of uncertainty, there must be certain scientific relations between the two. Has constructed the mathematical model between maximum entropy and maximum variance, a new image segmentation method based on entropy-variance model is proposed. Adjust the performance to segment an image through evaluating the variance within the class, make better use of the gray information of an image. Numerous experiments show that the method is better than the method of maximum entropy and the maximum between-class variance method, the method is very stable and enhance the accuracy of image segmentation.

**Key words:** image segmentation; maximum variance between cluster; maximum entropy; threshold

## 0 引言

图像分割<sup>[1,2]</sup>是指将一幅图像分解为若干互不交叠的、有意义的、具有相同性质的区域。好的图像分割应具备以下特征:

- 1) 分割出来的各区域对某种性质而言具有相似性,区域内部是连通的且没有过多小孔。
- 2) 相邻区域对分割所依据的性质有明显的差异。
- 3) 区域边界是明确的。

图像分割一直是图像工程中的重点和热点,也是图像分析和计算机视觉中的难题。至今,提出的分割

算法已有上千种,其中最经典的方法是基于灰度阈值的分割方法。它是把像素按灰度级分成若干类,通过设置一个灰度阈值,从而实现图像分割。基于直方图的常见分割方法有:最大类间方差方法<sup>[1]</sup>、最小误差阈值选择法<sup>[3]</sup>、最大熵阈值选取法<sup>[3]</sup>、基于最大散度差的阈值选择法<sup>[3,4]</sup>和基于最小类内方差的阈值选择法<sup>[3,5]</sup>等。

就最大类间方差而言,优点是算法简单,当目标与背景的面积相差不大时,能够很有效地对图像进行分割。但是,当图像中目标与背景的面积相差很大时,表现为直方图没有明显的双峰或者2个峰的大小相差很大,分割效果不佳,或者目标与背景的灰度有较大重叠时也不能准确地将目标与背景分开,导致这种现象出现的原因是该方法忽略了图像的空间信息,同时该方法将图像灰度分布作为分割图像的依据因而对噪声也

收稿日期:2010-10-25;修回日期:2011-01-22

基金项目:科技部科技型中小企业技术创新基金(08C26216111454)

作者简介:张群会(1956-),男,教授,研究方向为科学计算可视化、图形图像处理、模式识别。

相当敏感。所以在实际应用中,总是将其与其他方法结合起来使用。笔者结合熵反映了图像的轮廓的理论依据,提出基于最大熵-方差模型的图像分割方法。通过实验证明该方法优于最大熵方法和最大类间方差方法,具有较强的稳定性,提高了图像的分割精度。

## 1 典型的阈值分割方法——最大类间方差方法与最大熵方法

假设某图像的灰度范围为  $[0 \cdots L-1]$ , 灰度级  $i$  的像素数为  $n_i$ , 图像的像素总数为  $N = \sum_{i=0}^{L-1} n_i$ , 灰度级  $i$  的概率为  $p_i = n_i/N$ ,  $(i=0, 1, 2, \cdots, L-1)$ ,  $p_i \geq 0$  且  $\sum_{i=0}^{L-1} p_i = 1$ 。阈值  $t$  将图像分为目标  $O$  和目标  $B$ , 目标  $O$  的灰度级范围为  $[0, t]$ , 目标  $B$  灰度级范围为  $[t+1, L-1]$ 。

### 1.1 最大类间方差方法 (OTSU 法)

OTSU 法<sup>[1,3]</sup>是一种依据类间方差最大化为最佳判别条件的分割方法,具有简单、高效的特点。基本思想:假设目标  $O$  和目标  $B$  的概率分别为:

$$\omega_0 = \sum_{i=0}^t p_i, \omega_1 = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i = 1 - \omega_0$$

均值分别为:

$$u_0 = \sum_{i=0}^t ip_i / \omega_0, u_1 = \sum_{i=t+1}^{L-1} ip_i / \omega_1$$

整幅图的均值:

$$u_T = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i = \omega_0 u_0 + \omega_1 u_1$$

类间方差定义为:

$$\sigma_B^2 = \omega_0 (u_0 - u_T)^2 + \omega_1 (u_1 - u_T)^2$$

让  $t$  在  $[0, L-1]$  之间取值,使图像的两部分距离最大的阈值就是 OTSU 法的最佳阈值。

数学表达式:

$$t^* = \text{Arg max}_{0 \leq t \leq L-1} (\sigma_B^2) = \text{Arg max}_{0 \leq t \leq L-1} [\omega_0 (u_0 - u_T)^2 + \omega_1 (u_1 - u_T)^2]$$

### 1.2 最大熵方法

熵<sup>[6]</sup>是信息论中描述不确定因素的基本方法,而图像的边界分布最具有不确定性,因而图像中目标和背景的交界处熵最大(信息量最大),熵反映了图像的轮廓。

最大熵方法<sup>[7-10]</sup>基本思想:设目标  $O$  和目标  $B$  的概率分别为:

$$p_O = \sum_{i=0}^t p_i, p_B = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i = 1 - p_O$$

根据信息论中有关熵的定义而知目标  $O$  和  $B$  的熵分别为:

$$E_O = - \sum_{i=0}^t p_i / p_O \log p_i / p_O$$

$$E_B = - \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i / p_B \log p_i / p_B$$

两部分信息熵之和:

$$E = E_O + E_B$$

$$= - \left( \sum_{i=0}^t p_i / p_O \log p_i / p_O + \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i / p_B \log p_i / p_B \right)$$

分割图像的最佳阈值为:

$$t^* = \text{Arg max}_{0 \leq t \leq L-1} (E) = \text{Arg max}_{0 \leq t \leq L-1} (E_O + E_B)$$

## 2 文中方法

最大类间方差方法是以目标与背景之间的最大类间方差作为分离性准则的阈值图像分割方法,适应于对目标和背景的灰度反差较大而且目标与背景的面积接近的图像进行分割,而当图像中目标和背景的面积相差很大时,表现为直方图没有明显的双峰或者 2 个峰的大小相差很大,最大类间方差方法的分割性能迅速下降,甚至不能正确地分割出目标。导致出现这种问题原因是最大类间方差仅仅考虑了图像各个灰度级的分布状况,而忽略了图像的空间信息。图像的边界信息对图像的正确分割起着至关重要的作用,如果将图形的边界因素综合考虑进来,一定会提高分割算法的精确性和适应性。一幅图像的梯度图最能反映该图像的边界信息,但是梯度基于图像的空间范畴的特征,很难将其引入最大类间方差方法里面。在信息论中,Shannon<sup>[6]</sup>认为信息是不确定性的减小或消除,即得到的信息越多,信源的不确定性就越小,所以信息熵是随机变量不确定性程度的度量,其值越小,不确定性程度越小、随机性越小。图像的边界分布最具有不确定性,因而熵反映了图像的轮廓,熵越大则图像的边界信息就越突出,所以文中提出基于最大熵-方差模型的图像分割方法。

### 2.1 图像去噪

由于基于图像灰度分布的图像分割算法会受到噪声的干扰,因而首先要对图像进行去噪处理。在空域滤波器中,中值滤波器可以克服线性滤波器所带来的图像细节模糊问题,而且对过滤脉冲干扰及图像扫描噪声非常有效,所以文中采用中值滤波器。另外,如果图像为彩色图像,则滤波之前要进行图像的灰度化<sup>[11]</sup>处理。

中值滤波<sup>[1,12]</sup>是用一个有奇数点的滑动窗口,将窗口中心点的值用窗口中各点的中值代替。一个 2D 中值滤波器的输出可以写为:  $g_{\text{median}}(x, y) = \text{median}[f(s, t)]$ <sup>[3]</sup>, 式中 median 代表取中值,即对窗口覆盖的灰度值按数值大小进行排序,并取排序后处

于中间位置的灰度值。

其步骤:

- 1) 将模板中心与图像中某个像素位置重合;
- 2) 读取模板下对应像素的灰度值,并将这些灰度值从小到大排成一行;
- 3) 找出这些值中排在中间的一个,将其赋给对应模板中心位置的像素。

## 2.2 该方法的数学模型

$$t^* = s * \text{Arg max}_{0 \leq t \leq L-1} (\sigma_B^2) + (1-s) * \text{Arg max}_{0 \leq t \leq L-1} (E_O + E_B)$$

$$\text{式中: } \sigma_B^2 = \omega_0(u_0 - u_T)^2 + \omega_1(u_1 - u_T)^2$$

$$E_O = - \sum_{i=0}^L p_i / p_O \log p_i / p_O$$

$$E_B = - \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i / p_B \log p_i / p_B$$

$\sigma_B^2$  为图像类内方差,  $E_O$  为目标的信息熵,  $E_B$  为背景的信息熵。

## 2.3 权重系数 $s$ 的计算方法

权重由分割后区域内的性质一致性原则确定。如果分割后图像各个区域内的方差越小,则均匀性测度越大,图像分割质量越好,所以权值就越大。

设使用最大类间方差方法计算的阈值为  $t$ ,将图像分割成目标  $O$  和  $B$ ,分割后区域的方差分别为  $\sigma_1^2$  和  $\sigma_2^2$ ,类内方差计算方法:

$$\text{目标 } O \text{ 总像素数: } N_1 = \sum_{i=0}^t n_i,$$

$$\text{灰度级 } i \text{ 对应的概率: } p_i = \frac{n_i}{N_1}, (i = 0, 1, \dots, t)$$

$$\text{均值: } \omega_1 = \sum_{i=0}^t p_i * i, \text{ 方差: } \sigma_1^2 = \sum_{i=0}^t p_i * (i - \omega_1)^2$$

$$\text{目标 } B \text{ 总像素数: } N_2 = \sum_{i=t+1}^{L-1} n_i,$$

$$\text{灰度级 } i \text{ 对应的概率: } p_i = \frac{n_i}{N_2}, (i = t + 1, t + 2, \dots, L - 1)$$

$$\text{均值: } \omega_2 = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i * i, \text{ 方差: } \sigma_2^2 = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i * (i - \omega_2)^2$$

同理,可以计算出使用最大熵方法计算的阈值  $t$  将图像分割为两个目标的方差  $\sigma_3^2$  和  $\sigma_4^2$ ,则最大类间方差方法计算的阈值对应的权重为:

$$s = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) + (\sigma_3^2 + \sigma_4^2)}$$

最大熵方法计算的阈值对应的权重为:  $1 - s$

$s$  取值介于  $0 \sim 1$  之间,当  $s = 1.0$ ,为最大类间方差方法。由于该算法引入权值因子  $s$  使算法变得可调

节,增强了算法的动态响应范围,所以算法具有较广的适应性,同时也增强了算法的分割精度和稳定性。

## 3 实验结果及分析

为了验证本算法的性能,选取 2 幅典型的图像进行实验,分别为 cameraman.png, pentagon.png。实验平台是 Pentium 4 CPU 3.0GHz, 内存为 2G, 操作系统为 Windows7, 编程工具为 VC2008 SP1 专业版。图 1 分别是 cameraman 的原图及其直方图,虽然其直方图有明显的双峰,但大小差别很大。根据图 2 分析,使用最大类间方差法计算的阈值为 89, 偏小,导致结果图像中基本看不到远处的建筑物轮廓,使用最大熵法计算的阈值为 193, 偏大,导致结果图像中只能看到物体的一些边界,两者分割的效果都不好,而采用本方法计算的阈值为 141, 按其进行图像分割,结果图像层次分明细节突出。图 3 分别是 pentagon 的原图及其直方图,显然,该图像的直方图在灰度级为 90 附近有微小的峰,在灰度级为 128 附近有个大的峰,总体上没有明显双峰。根据图 4 分析,采用最大类间方差法计算的阈值为 193, 有点偏右,导致结果图像层次不太分明,

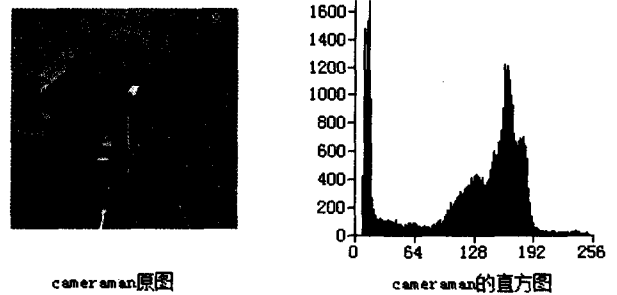


图 1 cameraman 原图及直方图



图 2 cameraman 图像的三种方法分割结果

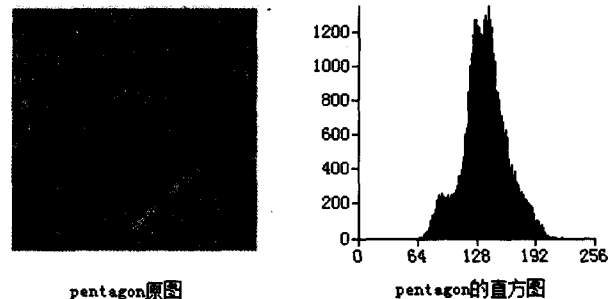


图 3 pentagon 原图及直方图



最大类间方差: 阈值=193

最大熵: 阈值=116

本文方法: 阈值=141,  $s=0.7$ 

图 4 pentagon 图像的三种方法分割结果

采用最大熵计算的阈值有点偏左, 导致许多细节被淹没了, 而采用文中方法获取的图像与采用最大类间方差获取的图像很相近, 但是该方法获取的图片有较为清晰的边界。

#### 4 结束语

通过提出基于最大熵-方差模型图像分割方法既可以有效避免最大类间方差对直方图没有明显的双峰或者 2 个峰的大小相差很大而造成的欠分割或过分割问题, 又可以避免最大熵分割图像奇异的问题(如图 2 中第二幅图)。通过实验证明该方法优于最大类间方差方法和最大熵方法, 具有良好的稳定性和较高的分割精度, 同时由于引入加权因子并利用类内方差评价分割效果, 使算法具有一定的动态响应能力, 也增强了算法的适应性。

#### 参考文献:

[1] 姚敏. 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社,

(上接第 42 页)

管理工具, 操作系统、中间件、数据库自动化的安装配置, 应用软件自动化的安装, 降低了软硬件成本和运营成本。资源的动态监控和自动部署, 支持业务高峰期需求, 建立 IT 资源共享的服务平台, 快速响应新业务需求, 云计算的高扩展、高可用等特性为用户带来比传统 IT 配置更高的价值, 推动了企业业务创新, 提高了投资回报率。虚拟化技术提高资源利用率, 节省电力, 建立了绿色、环保和低碳的 IT 基础设施<sup>[11,12]</sup>。

Gartner 预测, 到 2012 年, 80% 的财富 1000 强企业将会应用云计算服务, 30% 将会应用云计算系统和应用基础架构服务。物联网是国家重要发展战略, 作为物联网发展基石的云计算将会得到广泛应用。

#### 参考文献:

- [1] 黄智维, 倪子伟. 网格计算环境下资源管理的研究[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(3): 200-207.
- [2] 宋丽华, 刘方爱. 资源网格中数据传输策略的研究[J]. 信息技术与信息化, 2009(6): 60-63.
- [3] 宋丽华, 刘方爱. 基于 Web Service 的网格服务功能的研究

2006.

- [2] 许新征, 丁世飞, 史忠植, 等. 图像分割的新理论和新方法[J]. 电子学报, 2010, 38(2A): 76-82.
- [3] 章毓晋. 图像工程(中册)-图像分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [4] 王志斌, 谷越, 李志全. 基于最大散度差准则的阈值图像分割[J]. 应用光学, 2010, 31(3): 403-407.
- [5] 崔宝侠, 张昆, 郭宇. 最小类内方差和区域生长相结合的图像分割法[J]. 沈阳工业大学学报, 2008, 30(5): 140-142.
- [6] 赵秀菊. 风险的两种度量方法-信息熵与方差[J]. 襄樊学院学报, 2010, 31(2): 12-15.
- [7] 吴谨, 李娟, 刘成云, 等. 基于最大熵的灰度阈值选取方法[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2004, 27(1): 58-60.
- [8] 石殿国, 桂预风. 基于信息熵图像分割算法的若干改进[J]. 软件导刊, 2009, 8(8): 56-58.
- [9] ZHANG Weiwei, TANG Yinggan. Maximum Fuzzy Entropy and Particle Swarm Optimization (PSO) Based Infrared Image Segmentation[J]. 电子器件, 2007, 30(5): 1736-1740.
- [10] 杨妹, 孙玉敏, 齐振国, 等. WKS 熵阈值法的快速算法[J]. 沈阳工业大学学报, 2006, 28(2): 140-142.
- [11] 李贞培, 李平, 郭新宇, 等. 三种基于 GDI+ 的图像灰度化实现方法[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(7): 73-79.
- [12] 邓秀勤, 熊勇. 用于图像处理的加权中值滤波算法[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(3): 46-51.
- [13] 计算机技术与发展, 2009, 19(7): 59-61.
- [4] IBM-东营市政府共建黄河三角洲云计算中心[EB/OL]. 2009. <http://www.cioage.com/art/200909/85986.htm>.
- [5] IBM 与东营市政府共建黄河三角洲云计算中心[EB/OL]. 2009. <http://www.cioage.com/spec/ibmcloudlabs090925/>.
- [6] 云计算新版[EB/OL]. 2009. <http://www.zenmeyang6.com/a/jisuan/jisuan/2009/1122/2107.html>.
- [7] 中国云计算网. 什么是云计算[EB/OL]. 2008-05-14. <http://www.cloudcomputingchina.cn/Article/ShowArticle.asp?ArticleID=1>.
- [8] 虚拟化及优势[EB/OL]. 2009-02-27. <http://wenku.baidu.com/view/6e46b81e650e52ea55189803.html>.
- [9] 宋丽华, 刘方爱, 张凤娟. 基于网格服务的 GridFTP 传输性能的研究[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(6): 1335-1338.
- [10] 陈丹伟, 黄秀丽. 云计算及安全分析[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2): 99-102.
- [11] 段志鹏, 何鸿君. 基于信誉值的 P2P 访问控制模型[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(33): 78-81.
- [12] 刘浩, 唐培和. 无线传感器网络中能耗平衡的传输策略[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(33): 112-114.