

基于区域合并的动态阈值分割算法

王萍 苏秀琴 刘雅轩

(中科院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

摘要 在传统分块分割再合并阈值法的基础上, 引入图像区域合并的思想, 以邻近区域阈值相似性作为判断区域合并的依据, 借助人机交互式系统, 运用待识别目标灰度与完成区域合并的阈值作加权, 消除区域灰度不连续, 实现目标与背景的有效分离, 减少算法的运算量, 提高目标识别精度. 实验证明, 该算法实现简单且行之有效.

关键词 阈值; 区域合并; 相似性; 加权

中图分类号 TN911.7 **文献标识码** A

0 引言

将数字图像划分成互不相交、各具特性的区域并提取感兴趣目标的技术和过程称之为图像分割^[1,6]. 随着信息科学的发展, 图像分割技术以广泛应用于航天、军事、医学等领域, 其中, 阈值分割作为图像处理的关键技术, 在目标识别定位中有着重要的应用价值.

传统的自适应法针对各图像子集计算阈值, 通过对子集阈值的插值, 获取各像素的阈值, 形成阈值曲面, 实现动态分割^[1,6,8,9]. 本文在传统自适应分割法的基础上, 引入区域合并^[1,3,6]思想, 根据一定的相似性原则, 合并图像子集阈值. 为消除规则划分图像区域产生的人为边界、灰度不连续, 借助人机交互式系统, 利用待分割目标灰度特性, 与各图像子集阈值进行加权运算, 实现目标与背景的有效分离, 提高目标识别精度.

1 算法介绍

1.1 动态阈值

设 $f(x, y)$ 为 $N \times M$ 图像 F 在 (x, y) 点处的灰度值, 灰度级为 L , 设 T 为该图像的一个阈值, 则对目标和背景的有效分割准则为: 目标部分: $\{f(x, y) \geq T\}$; 背景部分: $\{f(x, y) \leq T\}$;

将图像 F 规则划分成一系列互不重叠的图像

子集 $(S_{0,0}, S_{0,1}, \dots, S_{N/K, M/K})$, 则有: $F = \sum_{i=0}^{N/K} \sum_{j=0}^{M/K} S_{i,j}$, 其中 $S_{i,j} = \sum_{x=i}^{x=i+Ky=j+K} f(x, y)$, (i, j) 为图像子集左上角点在图像 F 中的坐标点, 称为参考点. 记 $T(i, j)$ 为图像子集 $S_{i,j}$ 的阈值. 对各图像子集 $S_{i,j}$, 利用类间方差法^[1,13,14]或迭代法^[4,6]求取阈值 $T(i, j)$.

1.1.1 类间方差阈值法

在待识别图像中, 目标和背景共同构成原始图像. 记 $g_{ob}(T)$ 为目标与背景之间的某种差距度量; $g_{oa}(T)$ 为目标与原图之间的某种差距度量; $g_{ba}(T)$ 为背景与原图之间的某种差距度量; 若 $g(T)$ 取均值作为差距度量, 则目标与原图和背景与原图之间的均值差距度分别为

$$g_{oa}(T) = (\mu_o(T) - \mu_T)^2 \omega_o(T) \quad (1)$$

$$g_{ba}(T) = (\mu_b(T) - \mu_T)^2 \omega_b(T) \quad (2)$$

式中 $\mu_o(T)$ 和 $\mu_b(T)$ 分别为以阈值 T 分割出的目标和背景部分的均值; $\omega_o(T)$ 和 $\omega_b(T)$ 分别为以阈值 T 分割出的目标和背景部分的概率. 总均值 $\mu_T = \omega_o(T)\mu_o(T) + \omega_b(T)\mu_b(T)$. 以目标和背景均值差距和为最大作衡量标准构造阈值选取法, 有 $T = \arg \max_{0 < T < L-1} (g_{oa} + g_{ba})$. 利用方差作为差距度获取的图像阈值可以有效地分割图像边界. 则记 $p(i)$ 为灰度值是 i 的频率, 目标类 C_o 和背景类 C_b 的方差为

$$\delta_o^2 = \sum_{i=0}^T (i - \mu_o(T))^2 p_i / \omega_o(T) \quad (3)$$

$$\delta_b^2 = \sum_{i=T+1}^{L-1} (i - \mu_b(T))^2 p_i / \omega_b(T) \quad (4)$$

定义类内方差为

$$\sigma_w^2(T) = \omega_o \sigma_o^2 + \omega_b \delta_b^2 \quad (5)$$

类间方差

$$\delta_B^2(T) = g_{oa}(T) + g_{ba}(T) = \omega_o \omega_b (\mu_b(T) - \mu_o(T))^2 \quad (6)$$

按以下原则求取阈值

$$T = \text{Arg} \max_{0 < T < L-1} (\delta_B^2(T) / (\delta_o^2(T) + \delta_w^2(T))) \quad (7)$$

可以有效地将目标分离出来.

1.1.2 迭代阈值

通过迭代计算阈值. 首先选取图像灰度范围的中值作为初始阈值 T_0 , 按以下公式进行迭代

$$T_{k+1} = 0.5 \left\{ \frac{\sum_{i=0}^{T_k} h_i * i}{\sum_{i=0}^{T_k} h_i} + \frac{\sum_{i=T_k+1}^{L-1} h_i * i}{\sum_{i=T_k+1}^{L-1} h_i} \right\} \quad (8)$$

式中 h_i 是灰度值为 i 的像素数, 迭代到 $T_{k+1} = T_k$, 取结束时的 T_k 为阈值.

通过对各图像子集动态求取阈值, 并求取阈值的均值 E_i 和方差 D_i . 通过插值获得所有像素的阈值, 在此基础上对原始图像的分割, 从图 3 可以看出, 由于规则划分图像, 产生各子集灰度的不连续, 有明显的人为边界. 为了达到准确识别目标的目的, Chow 和 Kaneko 采用了 7×7 的窗来消除灰度的不连续性^[1]. 根据区域分开合并的原理, 提出采用动态阈值与区域分开合并阈值相结合的分割法, 减少灰度的不连续性, 准确实现目标提取.

1.2 目标识别

分开合并区域法是图像分割中常用的方法. 其基本思想是: 针对图像任意不相交的区域, 根据给定的相似性检测准则合并或分割这些区域, 以达到分割的要求. 通过对原始图像求取动态阈值 $T(i, j)$, 构成动态有序变化的阈值图像 T . 由于各图像子集 $S_{i,j}$ 内部灰度具有一定的均匀性质, 同时相邻图像子集之间有一定的相似性和连通性, 则阈值图像 T 的相邻阈值元素之间有一定的相似性. 故对各图像子集 $S_{i,j}$ 进行区域合并, 视图像 T 的元素 $T(i, j)$ 为种子区域, 按照相似性准则进行区域合并, 改善区域的模糊性.

由于各图像子集包含像素较少, 阈值有较大的相似性, 阈值图像 T 的元素 $T(i, j)$ 作为灰度值, 可利用相邻阈值元素的差值 Δ 作为衡量相邻元素相似性的判定准则, 即

$$|T(i, j) - T(i-1, j)| < \Delta \quad (9)$$

$$|T(i, j) - T(i, j-1)| < \Delta \quad (10)$$

但由于各图像子集阈值之间有较强的相似性, 在四邻域内按照判定准则进行初次区域合并后, 各图像子集之间灰度依然存在不连续. 故可对阈值图像区域再作二次合并.

平均灰度的均匀测度量亦可作为区域合并的相似性准则. 则对阈值图像内任意区域 O 的均匀性测度可表示如下

$$\max_{(i,j) \in O} |T(i, j) - E| < K \quad (11)$$

式中 E 为图像区域 O 的均值, K 均匀测度阈值. 可以将阈值图像划分成互不重叠的区域, 完成区域的再合并, 减少区域的不连续性.

在实际应用中, 常根据目标的几何及统计特性进行目标识别. 借助人机交互式系统, 利用待分割目标与背景对比度作为特征量, 与完成合并后的阈值图像的阈值元素进行加权, 动态调整各图像子集阈值, 即如果目标亮度较高, 可以适当调高阈值, 否则减小阈值, 目的是更大限度的提取目标, 滤除背景

及噪声. 为此可选用阈值图像的均值及方差作为调节参量, 调整各子集阈值. 其公式如下

$$\Delta T = E_i + l * D_i \quad (12)$$

$$T(i, j) = kT(i, j) + (1 - k)\Delta T \quad (13)$$

式中 $k = 0, 0.1 \dots 1$, 试验 $k = 0.5$.

整个处理过程的步骤如下: 1) 对原始图像进行规则化划分, 形成互不重叠的图像子集. 对各图像子集求取阈值; 2) 对各图像子集按公式(9)和(10)进行初次区域合并; 3) 对初次合并后的各子集阈值依照公式(11)合并; 4) 对各图像子集阈值依照公式(12)和(13)进行自适应调节; 5) 对各图像子集阈值进行插值, 对原始图像各像素进行分割.

本文提出的图像阈值分割法, 由于采用了区域合并这一概念, 并借助人机交互式系统, 实现了目标和背景的有效分离. 该算法较单一的阈值分割法精度高. 针对传统的区域合并法是对直方图依照相似度准则进行合并, 采用对图像子集阈值进行合并, 提高了运算速度.

2 试验及结果

区域合并的动态阈值分割算法既考虑到了像素的灰度特性, 同时考虑了图像区域的空间相似性及连通性, 较为充分的考虑了图像的全局与局部信息. 图 1 和图 7 为原始图像, 图 2 是采用 OSTU 阈值分割法获取的图像, 图 3 是对图 1 进行分块分割算法获得的图像, 从图 3 可以明显看出人为边界以及图像的不连续性. 通过对图 1 和图 7 利用上述算法获取图 4 和图 8, 其中对图 1 自适应提高阈值, 对图 7 自适应降低阈值. 图 6 是对图 1 进行噪化, 通过区域合并的动态阈值分割算法进行处理, 可以看出该算法的抗噪性较好.



图 1 原始图像

Fig. 1 Original image



图 2 Ostu 阈值分割

Fig. 2 Ostu threshold



图3 动态阈值分割
Fig. 3 Dynamic threshold



图4 动态阈值与区域合并阈值
Fig. 4 Dynamic threshold with region combining



图5 经噪化的图1
Fig. 5 Noised Fig1



图6 动态阈值与区域合并阈值
Fig. 6 Dynamic threshold with region combining



图7 目标图像
Fig. 7 Original image



图8 动态阈值与区域合并阈值
Fig. 8 Dynamic threshold with region combining

3 结论

本文提出了的基于区域合并的思想实现动态阈值分割. 该算法较大程度上实现了目标的提取, 减少了传统区域合并算法的计算量, 与类间方差法相比较更多地考虑了像素的空间特性. 但是通过对该算法的仿真实验, 我们发现仍有如下方面需要改进:

1) 目标进行规则划分, 造成边界模糊和区域不连续, 为以后的区域增长分割带来了较大的计算量.

2) 图像的边缘能明确反映图像灰度的变化, 可以利用边缘信息自适应确定图像区域的划分, 从而减少运算量, 提高运算速度. 建议在算法中引入灰度-梯度共生矩阵. 该算法针对复杂图像有较好的处理结果, 但针对简单的具有双峰的图像分割速度较慢, 恰好反映了阈值分割算法所谓的局限性及针对性.

参考文献

- 夏良正. 数字图像处理. 南京: 东南大学出版社, 1999. 193 ~ 238
Xia L Z. Digital Image Processing. Nanjing: The Press of Southeast University, 1999. 193 ~ 238
- 赵荣椿. 数字图像处理导论. 西安: 西北工业大学出版社, 2000. 194 ~ 209
Zhao R C. Xian; Digital Image Processing. Xi'an: The Press of Northwestern Polytechnical University, 2000. 194 ~ 209
- 阮秋琦. 数字图像处理学. 北京: 电子工业出版社, 2001. 390 ~ 400
Ruan Q Q. Digital Image Processing. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2001. 390 ~ 400
- 何斌. Visual C++ 数字图像处理. 北京: 人民邮电出版社 2001. 459 ~ 473
He B. Visual C++ Digital Image Processing. Beijing: People Post and Telecom Press, 2001. 459 ~ 473
- Castleman K R. 数字图像处理. 北京: 电子工业出版社, 1998. 390 ~ 406
Castleman K R. Digital Image Processing. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1998. 390 ~ 406
- 章毓晋. 图像分割. 北京: 科学出版社, 2001. 43 ~ 74
Zhang Y J. The Image Segmentation. Beijing: Science Press, 2001. 43 ~ 74
- 程宏煌, 戴卫恒. 图像分割方法综述. 电信快报, 2000, (10): 39 ~ 41
Chen H H, Dai W H. Telecom Gazette, 2000, (10): 39 ~ 41
- 周德龙, 申石磊. 基于灰度-梯度共生矩阵模型的最大熵阈值处理法. 小型微型计算机系统, 2002, 23 (2): 136 ~ 138

- Zhou D L, Shen S L. *Mini-Micro System*, 2002, **23**(2): 136 ~ 138
- 9 王广君, 田金文. 基于四权树结构的图像分割方法. *红外与激光工程*, 2002, **30**(1): 12 ~ 14
Wang G J, Tian J W. *Infrared and Laser Engineering*, 2002, **30**(1): 12 ~ 14
- 10 刘立波. 图像分割方法探讨. *宁夏农学院学报*, 2001, **22**(4): 51 ~ 54
Liu L B. *Journal of Ningxia Agricultural College*, 2001, **22**(4): 51 ~ 54
- 11 王爱民, 沈兰荪. 图像研究分割综述. *测控技术*, 2000, **19**(5): 1 ~ 6
Wang A M, Shen L S. *Measure & Control*, 2000, **19**(5): 1 ~ 6
- 12 王耀民, 董建萍. 图像分割的统计迭代算法. *桂林电子工业学院学报*, 2000, **20**(2): 6 ~ 8
Wang Y M, Dong J M. *Journal of Guilin Institute of Electronic Technology*, 2000, **20**(2): 6 ~ 8
- 13 汪国有, 周玉兰. 基于显著性 OSTU 局部递归分割算法. *华中科技大学学报*, 2002, **30**(9): 56 ~ 59
Wang G Y, Zhou Y L. *J Huazhong Univ of Sci & Tech*, 2002, **30**(9): 56 ~ 59
- 14 张橘, 吴志斌. 一种新的自适应二值化方法. *计算机工程*, 2002, **28**(5): 184 ~ 186
Zhang J, Wu Z B. *Computer Engineering*, 2002, **28**(5): 184 ~ 186

Dynamic Thresholding Based Region Combination

Wang Ping, Su Xiuqin, Liu Yaxuan

Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of CAS, Xi'an 710068

Received date: 2003-03-10

Abstract The dynamic thresholding based on region combining is proposed. The conception of region combination is introduced, the threshold of adjacent region is taken as the rule of judging region combining, and the gray level of object that depend on IIPS (Interactive Information Process Systems) is weighed with the threshold of each region. The discontinuity of gray is decreased; the performance of the object recognition is improved. The operation of thresholding is decreased and the precision of object recognition is enhanced. The verification testing shows that the method is simple and valid.

Keywords Threshold; Region combining; Similarity; Weigh



Wang Ping was born on November 11, 1977 in Shaanxi, and received her B. S degree in electronic engineering from Xi'an Petroleum Institute, and M. S degree in communication engineering from Xi'an Institute of Optics & Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences. Her research interests are in image process.