

基于模糊判决改进的 Otsu 图像分割算法

张建明, 李雨朋

(江苏大学 计算机科学与通信工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘 要: 在图像分割中, 阈值的选取是十分重要的. 提出了一种基于模糊判决的 Otsu 图像分割算法, 通过对 Otsu 算法中阈值的模糊判决处理, 采用重心法来求取阈值, 使所求阈值更加接近实际最佳阈值, 从而能更好地分割图像. 实验结果表明, 与当前的一维 Otsu 算法和二维 Otsu 算法相比, 改进算法有着更好的图像分割效果.

关键词: 图像分割; Otsu 算法; 阈值偏移; 模糊判决; 重心法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)06-0149-03

An Improved Otsu Image Segmentation Algorithm Based on Fuzzy Judgement

ZHANG Jian-ming, LI Yu-peng

(College of Computer Science and Communications Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: In image segmentation, threshold selection is crucial. For traditional Otsu's algorithm exists threshold deviation cause poor image segmentation problem, a kind of fuzzy judgment Otsu image segmentation algorithm has been proposed. Though the process of Otsu's threshold fuzzy judgment, by the gravity method for searching the threshold to get a result of segmenting image better. Experimental results show that the proposed algorithm can get better result compared with one-dimensional Otsu's algorithm and two-dimensional Otsu's algorithm.

Key words: image segmentation; Otsu's method; threshold deviation; fuzzy judgment; gravity method

1 引言

图像分割就是把图像分成各具特性的区域并提取出感兴趣目标的技术. 图像分割是图像理解和识别的基础. 阈值分割技术是一种非常流行的图像分割算法. Otsu 算法就是其工程应用中的典型代表, 但是由于其没有考虑像素的空间分布问题, 因此受噪声影响较大. 针对这一不足, 刘建庄^[1]通过引入领域均值像素这一概念, 得到图像的二维直方图信息, 之后大量的关于二维阈值的算法被很多研究人员提出^[2-5]. 但是这些算法无一例外都是从减少最佳阈值搜索时间和更好的抗噪效果方面去改进, 而没有解决用 Otsu 算法得到的最佳阈值易偏向于占优势分布的灰度级一边^[6], 使得在图像中目标与背景相差较大时得不到有效的分割. 因此本文采用模糊判决

中的重心法和 Otsu 算法相结合来解决其阈值偏移问题, 提出了基于模糊判决的 Otsu 阈值选取算法来求取更接近实际最佳的分割阈值, 并用实验去论证该算法能否解决 Otsu 算法存在的阈值偏移问题.

2 Otsu 算法

2.1 一维 Otsu 算法

Otsu 算法是经典的非参数, 无监督的自适应阈值选取算法. Otsu 利用图像的灰度直方图, 使得目标和背景的方差最大来确定图像的分割门限值.

假设给定图像的灰度级范围是 $[L_0, L_1]$, 灰度值为 i , $h(i)$ 为灰度值 i 在图像中出现的频数, 图像大小为 $M \times N$, 每个灰度级存在的概率 $P_i =$

收稿日期: 2013-09-10; 修回日期: 2013-11-01

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金(201132271100211)

$h(i)/(M \times N)$, 平均灰度均值 $u = \sum_{i=L_0}^{L_1} iP_i$. 传统的大类间方差的基本思想是: 设灰度值 t 把图像分为 c_0 、 c_1 两类, 则 c_0 的灰度值取值范围为 $[L_0, t]$, 灰度概率 $\omega_0 = \sum_{i=L_0}^t P_i$. c_1 的灰度值范围为 $[t+1, L_1]$, 灰度概率 $\omega_1 = \sum_{i=t+1}^{L_1} P_i$, 则这两个类的灰度平均值 u_0 , u_1 可分别表示为: $u_0 = \sum_{i=L_0}^t iP_i/\omega_0$, $u_1 = \sum_{i=t+1}^{L_1} iP_i/\omega_1$. 传统的 c_0 、 c_1 类间方差表示为

$$g = \omega_0 (u_0 - u)^2 + \omega_1 (u_1 - u)^2 \quad (1)$$

而满足式(1)取得最大值时的阈值 t 即为采用传统的最大类间方差法获得的最佳分割阈值 t_0 :

$$t_0 = \text{Arg}\{\max(g)\}, L_0 \leq t \leq L_1 \quad (2)$$

因为方差体现了灰度分布的均匀性, 其大小表明目标与背景之间的差别, 方差越大说明其差别越大, 方差越小, 目标与背景相差越小, 这就是 Otsu 准则.

2.2 二维 Otsu 算法

由于一维 Otsu 无法体现出图像的空间分布信息, 当图像受到噪声干扰时, 图像分割效果就会不太理想, 因此刘建庄等^[1]提出二维 Otsu 自适应阈值分割算法.

设 $f(x, y)$ 表示原始图像空间坐标 (x, y) 的像素灰度值, $g(x, y)$ 表示此图像上以坐标 (x, y) 为中心的 $w \times w$ 邻域的平均灰度值. 如果设 $f(x, y)$ 的灰度级为 L , 则相应的 $g(x, y)$ 的灰度级也为 L . 如果像素灰度值为 i , 邻域平均灰度值为 j 的像素点个数为 r_{ij} , 图像大小为 $M \times N$, 那么相应的概率密度 p_{ij} 为

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{M \times N}, i, j = 0, 1, \dots, L-1 \quad (3)$$

且 $\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p_{ij} = 1$. 任意选取阈值向量 (s, t) 可以将二维直方图分成四个区域, 如图 1 所示, 区域 0 和 1 代表目标或背景, 区域 2 和 3 代表边界或噪声.

设在此直方图中 c_0 、 c_1 分别代表目标和背景两类, 两类的概率分别为

$$\omega_0 = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t P_{ij} \quad (4)$$

$$\omega_1 = \sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} P_{ij} \quad (5)$$

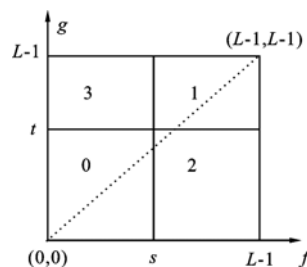


图 1 二维直方图

两类对应的均值向量分别为

$$u_0 = (u_{0i}, u_{0j})^T = \left(\sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t \frac{ip_{ij}}{\omega_0}, \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t \frac{jp_{ij}}{\omega_0} \right)^T \quad (6)$$

$$u_1 = (u_{1i}, u_{1j})^T = \left(\sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} \frac{ip_{ij}}{\omega_1}, \sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} \frac{jp_{ij}}{\omega_1} \right)^T \quad (7)$$

二维直方图所对应的总的均值向量为

$$u = (u_i, u_j)^T = \left(\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ip_{ij}, \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} jp_{ij} \right)^T \quad (8)$$

定义目标与背景的离散度矩阵为

$$S_B = \omega_0 (u_0 - u)^T (u_0 - u) + \omega_1 (u_1 - u)^T (u_1 - u) \quad (9)$$

以离散度矩阵的迹作为类间离散度的测度函数:

$$\text{tr}(S_B) = \omega_0 [(u_{0i} - u_i)^2 + (u_{0j} - u_j)^2] + \omega_1 [(u_{1i} - u_i)^2 + (u_{1j} - u_j)^2] \quad (10)$$

二维 Otsu 算法就是遍历整个二维直方图求出使得上式取得最大值时所对应的 (s, t) 即为最佳阈值.

3 基于模糊判决的 Otsu 阈值选取算法

在上述 Otsu 算法的中, 无论是一维 Otsu 算法还是二维 Otsu 算法, 它们均存在阈值偏移问题. 因此本文借助模糊判决手段解决其在目标背景相差较大时的过分割问题而提出了一种改进算法.

3.1 模糊集和模糊判决

与本文相关的模糊判决理论如下: 设 X 为某些对象的集合, 称为论域, 可以是连续的或离散的; x 表示 X 的元素, 记作 $X = \{x\}$.

定义 1(模糊集合) 论域 X 到 $[0, 1]$ 区间的任意映射 μ_F , 即 $\mu_F: X \rightarrow [0, 1]$ 都确定 X 的一个模糊子集 F ; μ_F 称为 F 的隶属函数或隶属度. 也就是说, μ_F 表示 x 属于模糊子集 F 的程度或等级. 在论域 X 中, 可以把模糊子集表示为元素 x 与其隶属函数

$\mu_F(x)$ 的序偶集合记为

$$F = \{ (x, \mu_F(x)) \mid x \in X \} \quad (11)$$

若 X 为连续,则模糊集 F 可记作

$$F = \int_X \mu_F(x) / x \quad (12)$$

若 X 为离散,则模糊集 F 可记为

$$F = \sum_{i=1}^n \mu_F(x_i) / x_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

在模糊集合中取一个相对最能代表这个模糊集合的单值过程称为解模糊或模糊判决。

这里我们用重心法与 Otsu 算法结合生成新的求解算法。重心法就是取模糊隶属函数曲线与横坐标轴围成面积的重心作为代表点。通过计算输出范围内一系列连续点的重心,即

$$u = \frac{\int_x x \mu_F(x) dx}{\int_x \mu_F(x) dx} \quad (14)$$

但实际上是计算输出范围内整个采样点(即若干离散值)的重心,即

$$u = \sum x_i \cdot \mu_F(x_i) / \sum \mu_F(x_i) \quad (15)$$

3.2 基于模糊判决的 Otsu 图像分割算法

针对 Otsu 算法中存在的阈值偏移问题,尤其是在目标和背景相差较大的情况下导致图像得不到很好的分割效果。因此我们不能简单地用 Otsu 算法求得的最佳阈值去进行图像分割。本算法通过对 Otsu 算法所求的单一阈值模糊判决处理使所求阈值更加接近于实际的最佳阈值,改进了 Otsu 算法的阈值偏移问题,使得图像分割效果更加理想。算法具体实现步骤如下:

(1) 将本算法中的论域 X 设为图像的灰度级范围为 $[L_0, L_1]$ 。

(2) 构造隶属函数 $\mu_F(x_i)$, 根据 Otsu 算法中各个阈值所求的方差与最大方差之比 $g/\max(g) = (\omega_0(u_0 - u)^2 + \omega_1(u_1 - u)^2) / \max(\omega_0(u_0 - u)^2 + \omega_1(u_1 - u)^2)$ 构成其隶属函数集 $\{\mu_F(x_i)\}$ 。

(3) 运用模糊判决中的重心法公式求出值 u , 并将 u 作为最终分割阈值来对灰度图像进行分割。

经过这种处理的算法综合考虑了所有阈值贡献程度,对于目标和背景相差较大时,采用模糊判决重心法求出的最佳阈值向占优势分布一方偏移的问题得到了有效抑制,同时解决了 Otsu 算法要求所求隶属函数曲线一定是单峰曲线的问题,因此这里采用重心法求取其最佳阈值是合理的。

4 实验结果与分析

为了验证本算法的有效性和可行性,实验选取的图像大小为 512×512 的 train 图像,分别采用一维 Otsu 算法,二维 Otsu 算法和本文所采用的算法进行比较,实验环境为 windows xp,系统配置为 0.99 GB 内存,2 GHz, matlabR2011b 下进行图像分割,图像的分割阈值和计算时间比较如表 1 所示。

表 1 train 图像的分割阈值和计算时间比较

	一维 Otsu 算法	二维 Otsu 算法	本文算法
阈值	143	(151,150)	118
时间/s	4.71	21.35	6.34

由图像的分割结果可以看出,采取一维 Otsu 分割算法的噪声点要比二维 Otsu 分割算法多,这是由于二维 Otsu 算法考虑了像素的空间分布,引入了领域均值。但两者均无法解决阈值过分割问题,最终导致图像分割模糊不清,而重心法可以抑制阈值偏移,从而较好的保留图像细节,分割效果较优,抗噪性也和二维 Otsu 算法相当。从表 1 可以看出重心法耗时要远小于二维 Otsu 算法,这是由于重心法是在一维中进行的,虽然比一维 Otsu 算法要大一些但图像分割效果要好得多。而且还可以看出采用重心法得到的阈值和采用一维 Otsu 算法和二维 Otsu 算法所求的阈值相比要更小,更加接近实际的最佳阈值,有效避免了过分割现象,使所求阈值能更好的分割图像。

5 结束语

本文提出了利用模糊判决的方法去求解阈值,抑制了阈值偏移问题,改进了 Otsu 算法的不足,使得阈值偏移得到改善,所求阈值更接近最佳阈值,具有较好的自适应性和可扩展性,同时具有一定的抗干扰性。实验证明,本文提出的算法相比于一维 Otsu 算法、二维 Otsu 算法可取得更好的分割效果,图像分割细节更加突出。

参考文献:

- [1] 刘建庄,栗文青. 灰度图像的二维的 Otsu 自动阈值分割法[J]. 自动化学报,1993,19(1):101-105.
- [2] 胡斌,宫宁生. 一种改进的 Otsu 阈值分割算法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(12):153-155.
- [3] 倪麟,龚劬,曹莉,等. 基于自适应加权中值滤波的二维 Otsu 图像分割算法[J]. 计算机应用研究,2013,30(2):598-600.

(下转第 157 页)

5 结束语

本文提出了 CT-RBAC 访问控制模型. 该方案考虑了云用户的动态变化性以及云计算的弹性特点,保证了云客体的安全可靠,具有很好的易扩展性和灵活性. 下一步的工作是对该模型的改进以及实施.

参考文献:

- [1] 陈全,邓倩妮. 云计算及其关键技术[J]. 计算机应用, 2009,29(9):2562-2566.
- [2] 冯登国,张敏,张妍,等. 云计算安全研究[J]. 软件学报,2011,22(1):71-83.
- [3] Balachandra R K, Ramakrishna P V, Drrakshit A. Cloud security issues[C]//IEEE International Conference on Services Computing. Bangalore: IEEE, 2009: 512-520.
- [4] 林闯,封富君,李俊山. 新型网络环境下的访问控制技术[J]. 软件学报,2007,18(4):955-966.
- [5] 邓集波,洪帆. 基于任务的访问控制模型[J]. 软件学报, 2003, 14(1):76-81.
- [6] Sandhu R, Coynee J, Feinstein HL et al. Role-Based access control models[J]. IEEE Computer, 1996, 29(2):38-47.
- [7] 熊智,王平,徐江燕,等. 一种基于属性的企业云存储访问控制方案[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(02): 513-517.

- [8] 王小威,赵一鸣. 一种基于任务角色的云计算访问控制模型[J]. 计算机工程,2012,38(24):9-13.
- [9] LI Danchen, LIU Cheng, WEI Qiang. RBAC based access control for SaaS system[C]//2nd International Conference on Information Engineering and Computer Science. Wuhan:[s. n.],2010:1-4.
- [10] 朱养鹏,张璟. SaaS平台访问控制研究[J]. 计算机工程与应用,2011,47(24):12-16.
- [11] 赵明斌,姚志强. 基于 RBAC 的云计算访问控制模型[J]. 计算机应用,2012,32(z2):267-270.
- [12] 林果园,贺珊,黄皓,等. 基于行为的云计算访问控制安全模型[J]. 通信学报,2012,33(03):59-66.
- [13] Tang Z, Wei J, Sallam A. A new RBAC based access control model for cloud computing [J]. International Journal of Modern Education and Computer Science, 2012,5(3):279-288.
- [14] 洪澄,张敏,冯登国. AB-ACC:一种云存储密文访问控制方法[J]. 计算机研究与发展,2010,47(Suppl): 259-265.
- [15] 洪澄,张敏,冯登国. 面向云存储的高效动态密文访问控制方法[J]. 通信学报, 2011, 32(7):125-132.

作者简介:

常玲霞 女,(1989-),硕士研究生. 研究方向为访问控制.
王凤英 女,(1962-),教授. 研究方向为网络与信息安全.
赵连军 男,(1976-),博士,副教授. 研究方向为软件研发.
贾永新 男,(1975-),副教授. 研究方向为网络与信息安全.
程震 男,(1973-),副教授. 研究方向为网络与信息安全.

(上接第 151 页)

- [4] 梁义涛,庞蕊,朱远坤. 灰度图像二维 Otsu 折线阈值分法[J]. 计算机工程与应用,2012,48(33):178-182.
- [5] 郝颖明,朱枫. 2 维 Otsu 自适应阈值的快速算法[J]. 中国图像图形学报,2005,10(4):484-488.
- [6] Hou Z, Hu Q, Nowinski W L. On minimum variance thresholding[J]. Pattern Recognition Letters,2006,27(4):1732-1743.

作者简介:

张建明 男,(1964-),博士,教授. 研究方向为虚拟现实、图像处理、模式识别等.
李雨朋 男,(1989-),硕士生. 研究方向为图像处理、模式识别.