

基于智能 Fisher 和灰色后处理的图像分割方法

李晓玲¹, 吴慧丽², 鹿艳晶², 李 凯²

(1 中原工学院 信息商务学院, 河南 郑州 450007; 2 郑州职业技术学院 软件工程系, 河南 郑州 450121)

摘 要: 针对图像分割中最佳阈值选取及运算速度问题, 本文提出 Fisher 准则和灰色关联分析有效结合的方法来给予解决. 该方法首先引入模式识别理论中的 Fisher 判别准则, 针对遍历目标函数速度慢的问题, 结合 PSO 算法对其进行快速的优化处理, 提高了工作效率, 更快地逼近最佳阈值; 最后根据图像的特点, 采取灰色关联分析, 对已经分割的图像进行再次处理, 可以消除边界区域的信息对最终分割结果的不利影响, 由此得到更为准确、精细的分割图像.

关键词: Fisher 准则; 图像分割; 灰色关联分析; 粒子群优化

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)11-0082-05

Image Segmentation Method Based on Intelligence Fisher Criterion and Grey Post Processing

LI Xiao-ling¹, WU Hui-li², LU Yan-jing², LI Kai²

(1 College of Information & Business, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou, 450007, China;

2 Department of Software Engineering, Zhengzhou Technical College, Zhengzhou, 450121, China)

Abstract: Aiming at the threshold selection and slow speed in image segmentation, the paper suggests a effective method based on Fisher criterion and grey correlation analysis. In the method, a 2D entropy model is designed to locate the best threshold value via Fisher criterion. Additionally, Particle Swarm Optimization(PSO) is introduced to speed up the segmentation procedure. Finally, the segmented image was processed by grey correlation analysis according to image's character. Some experimental results indicate that the new algorithm ignores the disturbance of inherent speckle in image and get accurate image segmentation.

Key words: Fisher criterion; grey correlation analysis; image segmentation; particle swarm optimization (PSO)

1 引言

图像分割是将感兴趣的目标从图像中提取出来, 而阈值分割则是应用最广泛的一种图像分割方法. 近几年, 将模式识别理论中的 Fisher 判别函数引入图像分割的方法越来越多, 受到了业界越来越多的关注^[1-2].

基于二维直方图的阈值分割方法的优点是分割效果良好, 受光照和噪声的影响较小, 缺点是搜索空间相对较大, 耗时多. 粒子群优化(PSO)算法具有并行优化能力, 将其用于最佳阈值的求取, 可以很大程

度上解决二维直方图耗时多的问题; 与此同时, 我们应用灰色系统理论中的灰色关联理论来对分割后的图像进行后处理, 进一步提高了图像的分割质量.

2 基于 PSO 和二维 Fisher 准则的图像分割

2.1 Fisher 判别准则

Fisher 判别准则最早是由英国著名统计学者费雪(R. A. Fisher)提出, 该准则自诞生以来就受到业界的好评, 广泛应用到各个行业当中. 其基本思想是: 通过判别分类的方法, 针对不同样本数据组之间的方差分析, 利用多元函数求得不同数据组之间方差最

收稿日期: 2012-05-11; 修回日期: 2012-06-03

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2011C460001)

大且相同数据组内方差最小^[3].

根据 Fisher 原理,可以通过其判别函数得到对应特征向量在二维空间中的投影方向,在此将同一数据组称之为类,投影方向可以让不同类别之间的分离度最大,那么此时 Fisher 函数值也最大,这给类别的分离程度判断提供了可靠的依据.在图像阈值分割中,可以有效地利用 Fisher 判别函数这一特性,其具体原理如下:

假如,当前有 N 个 D 维的特征向量 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$, $x_i = \{x_1, x_2, \dots, x_D\}$, 其中有 N_1 个特征向量属于类 W_1 , 其余的特征向量(即 $N - N_1$)属于另外一个类 W_2 . 分别将其投影到相应的一条直线上,在此特征空间就由原始的 D 维复杂空间变成了直观的一维空间.下面将研究如何选取其相应的直线,以保证其类间距达到最佳效果.

在此,以二维特征向量为例,对其进行分析.如图 1 所示,可以直观地描述其间距.

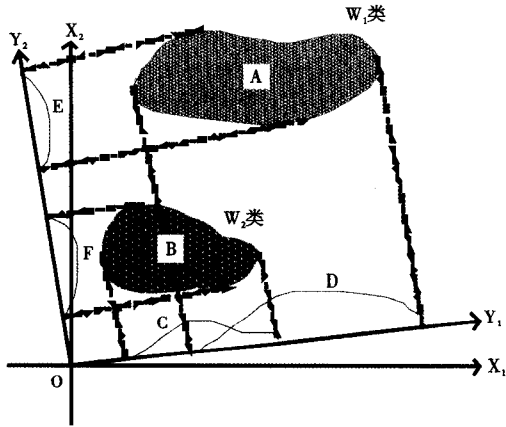


图 1 二维特征向量在直线上的投影

其中 A 代表类 W_1 ; B 代表类 W_2 ; C 表示 B 在 Y_1 上面的投影,公式为 $Y_1^T X$; D 表示 A 在 Y_1 上面的投影,公式为 $Y_1^T X$; E 表示 A 在 Y_2 上面的投影,公式为 $Y_2^T X$; F 表示 B 在 Y_2 上面的投影,公式为 $Y_2^T X$. 经过对不同类别 W_1 和 W_2 进行两条直线 Y_1 和 Y_2 投影之后,可以看出,这两个类间分类在 Y_2 上的方向要好于 Y_1 . y 表示特征向量 X 的线性组合,用公式(1)表示:

$$y = Y^T X \quad (1)$$

当 $\|Y\| = 1$ 时, y 就是特征向量 X 在 Y 直线上的投影.还要求出 W_1 类所有特征向量的平均值,用 μ_i 表示,其公式如下:

$$\mu_i = \frac{1}{n_i} \sum_{X \in w_i} X \quad (2)$$

其中, n_i 的值为类 W_1 中元素的个数.根据 Fisher 原理,要求其平均值和方差,由公式(1)和(2)变换可得:

$$m_i = \frac{1}{n_i} \sum_{X \in w_i} Y^T X = Y^T \mu_i \quad (3)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{n_i} \sum_{X \in w_i} (Y - m_i)^2 \quad (4)$$

当两个类之间的离散度越大,对其进行有效识别的效果就越好.在同一个类内,其数据样本要尽可能地密集,这是为了让类内的离散度尽可能地小.通过公式(5)可以对两个类间的分散度进行有效地判断, Fisher 评价函数表示如下:

$$J(Y) = \frac{|m_1 - m_2|^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (5)$$

通过上面公式的计算,当 $J(Y)$ 的值最大时,表示两个类的分离度达到最佳效果,所在投影的直线 Y 为最佳的投影方向.可以将这一方法应用到图像的分割上面,根据实际情况的需要构造相应的准则,针对不同的灰色度计算所定义准则的值,当此评价函数值最大时,就是最佳的阈值.

2.2 二维 Fisher 判别准则的阈值分割

图像的二维直方图可以有效地将图像的像素灰度分布信息描述出来,同时对于像素的邻域空间数据也能进行有效地表达出来^[4],因此,利用图像的二维直方图可以获得更为精确的分割阈值.

假如一幅图像的大小为 $M \times N$, 其中, L 表示灰度等级, $N_{i,j}$ 表示在整个图像中像素的灰度为 i 且邻域均值为 j 的个数, $P_{i,j}$ 表示像素点的灰度-邻域灰度均值为 (i,j) 时的概率值,用公式(6)表示:

$$p_{i,j} = \frac{N_{i,j}}{M \times N}, \quad i, j = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (6)$$

通过三维的形式对图像的像素灰度-邻域灰度均值 (i,j) 的二维直方图描述如图 2 所示.

二维直方图将向哪条直线进行投影也是需要考虑的问题,本文所采用的方法是对于所求图像的像素灰度-邻域灰度均值 (i,j) , 将分别向 i, j 这两条直线上进行投影,其计算公式如下所示:

$$h(i) = \sum_{j=0}^{L-1} p_{i,j}, \quad i = 0, 1, \dots, L-1 \quad (7)$$

$$w(j) = \sum_{i=0}^{L-1} p_{i,j}, \quad j = 0, 1, \dots, L-1 \quad (8)$$

设 μ_0^i, μ_0^j 和 μ_1^i, μ_1^j 分别表示目标和背景在 i, j 坐标轴上投影的均值, σ_0^i, σ_0^j 和 σ_1^i, σ_1^j 分别表示目标和背景在 i, j 坐标轴上投影的方差,则

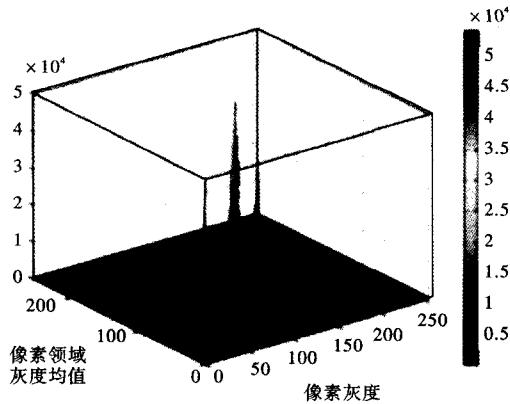


图2 基于像素灰度和像素邻域灰度均值的三维描述

$$\begin{aligned}\mu_0^i &= \frac{\sum_{i=0}^s ih(i)}{\sum_{i=0}^s h(i)}, \quad \mu_0^j = \frac{\sum_{j=0}^t jw(j)}{\sum_{j=0}^t w(j)} \\ \mu_1^i &= \frac{\sum_{i=s+1}^{L-1} ih(i)}{\sum_{i=s+1}^{L-1} h(i)}, \quad \mu_1^j = \frac{\sum_{j=t+1}^{L-1} jw(j)}{\sum_{j=t+1}^{L-1} w(j)}\end{aligned}\quad (9)$$

$$\begin{aligned}\sigma_{0i}^2 &= \sum_{i=0}^s (i - \mu_0^i)^2 h(i), \\ \sigma_{0j}^2 &= \sum_{j=0}^t (j - \mu_0^j)^2 w(j) \\ \sigma_{1i}^2 &= \sum_{i=s+1}^{L-1} (i - \mu_1^i)^2 h(i), \\ \sigma_{1j}^2 &= \sum_{j=t+1}^{L-1} (j - \mu_1^j)^2 w(j)\end{aligned}\quad (10)$$

结合 Fisher 判断函数的标准,可以得出对于图像分割的二维 Fisher 判断函数^[5]:

$$J(s, t) = \frac{([\mu_0^i, \mu_0^j] - [\mu_1^i, \mu_1^j]) \times ([\mu_0^i, \mu_0^j] - [\mu_1^i, \mu_1^j])^T}{\sigma_{0i}^2 + \sigma_{0j}^2 + \sigma_{1i}^2 + \sigma_{1j}^2}\quad (11)$$

当 $J(s, t)$ 的值为最大时,相应的 (s, t) 就成为最佳的分割阈值。至此,将问题成功地转移到求判断函数极值的上来。

2.3 PSO 和二维 Fisher 判别准则的图像快速分割

通过 Fisher 判断函数让问题简单化,但是在整个图像中,存在的数据样本数量可以说是海量。如果用传统的遍历搜索目标函数的方法逐条进行运算,那么耗费时间将相当长。因此,还必须引入相应的群体智能算法来配合使用。本文采用的算法是 PSO 算法,可以有效地减少盲目的搜索,以提高效率^[6]。

通过 PSO 算法快速分割图像的原理是:在整个待分割图像的阈值灰度空间里,最终的结果只有一个最佳的阈值。要想获取这个最佳阈值,第一步是将粒子群进行初始化,获取初始阈值粒子群,通过随机搜寻的方式获得其各自的适应度;其次每个粒子根据自己在获取信息的过程所取得的经验来选择一个飞行的方向,这样做的结果就好比所有的粒子都在人为的强控制之下,利用群体协作的方式,获得最佳阈值。

PSO 算法可以有效地缩短搜索的时间,本文将 PSO 算法和 Fisher 准则有效地结合起来,生成新的 PSOF 算法,其具体的流程如图 3 所示。

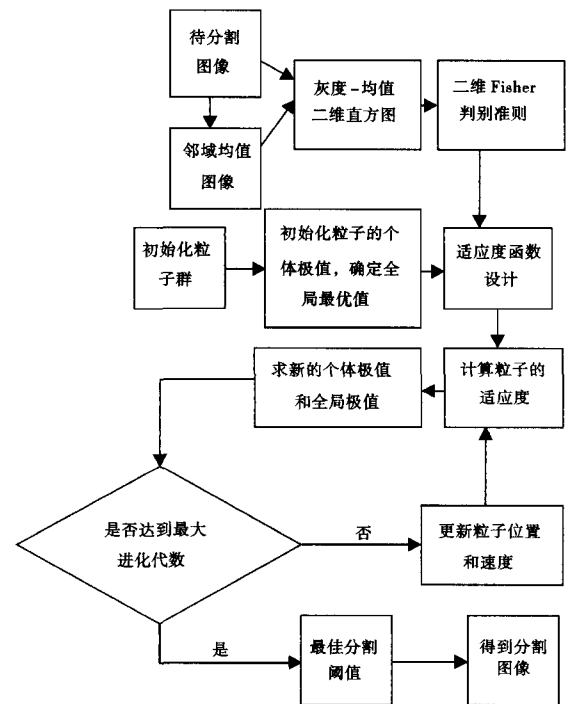


图3 基于 PSO 和 Fisher 准则的图像快速分割方法流程图

具体步骤如下:

(1) 初始化粒子群。该步的主要作用是确定粒子群规模和图像中各个粒子的原始位置及更新速度。其中阈值的初始值根据实际情况将其均匀分布在 $[0, 255]$ 的随机整数;更新速度确定为 $(-2, -1, 0, 1, 2)$ 这几个数字。

(2) 适应度函数的设计。通过对 Fisher 标准的分析,对公式(11)进行改变,得出 PSOF 方法的判断函数。如下所示:

$$J(s, t) =$$

$$-\frac{([\mu_0^i, \mu_0^j] - [\mu_1^i, \mu_1^j]) \times ([\mu_0^i, \mu_0^j] - [\mu_1^i, \mu_1^j])^T}{\sigma_{0i}^2 + \sigma_{0j}^2 + \sigma_{1i}^2 + \sigma_{1j}^2} \quad (12)$$

(3) 对每一个粒子进行判断和更新. 根据公式(12)计算出各个粒子的适应度值. 根据各个粒子的当前值和极值进行比较, 来确定是否更新该粒子值.

(4) 对循环次数进行判断, 是否达到系统所定义的最大进化代数. 如果没有达到最大代数, 那么代数加 1, 重新进行步骤(3), 如果达到了, 则取其中所计算的最优值就是最佳阈值(s, t).

3 用灰色关联分析作后处理

3.1 灰色关联分析

在灰色理论体系中, 目前针对“小样本、贫信息”的数据集合, 应用最广泛的就是灰色关联分析. 关联分析的核心思想是: 利用数据序列在图表中相应的曲线形状的近似程度对其数据序列的相关度进行分析. 其具体的步骤如下^[7]:

(1) 明确参考序列 $x_0(k)$ 及比较序列 $x_j(k)$. 其中, $k=1, 2, \dots, N \in \text{int}$ 表示序列中的第 k 项; $j=1, 2, \dots, I \in \text{int}$ 表示需要进行比较的序列; N 表示序列的最大长度; I 表示比较序列的最大个数.

(2) 对参考数列和比较数列之间的灰色关系系数进行计算, 其公式如下所示:

$$\xi_{0j}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0j}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad j=1, 2, \dots, I; k=1, 2, \dots, N \quad (13)$$

其中, $\Delta_{\min} = \min |x_0(k) - x_j(k)|$; $\Delta_{\max} = \max |x_0(k) - x_j(k)|$; $\Delta_{0j}(k) = |x_0(k) - x_j(k)|$. 分辨系数 ζ 是由系统事先选取的常数, 一般 $\zeta=0.5$; $\Delta_{\min}$ 和 $\Delta_{\max}$ 分别表示所确定的参考数列和 I 个待比较数列之间的最小绝对差值及最大绝对差值; $\Delta_{0j}(k)$ 表示 $x_0(k)$ 与 $x_j(k)$ 的绝对差值.

(3) 计算各比较数列与参考数列之间的关联度

$$R_{0j} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_{0j}(k), \quad k=1, 2, \dots, N \quad (14)$$

3.2 灰色后处理

利用 2.3 节中图像分割算法, 得到了一个提取图像目标的最佳阈值, 该图像分割的结果是目标值为白色、背景值为黑色. 由于算法不具有抗噪性, 所以该图像中会有一些错分点, 为将这些噪声碎片除去, 得到更精确的分割效果, 继续利用灰色理论中的灰色关联分析, 对图像进行后期的降噪处理.

对黑白图像除噪就是将错分点重新归类. 灰色关联分析除噪的基本思想是: 将图像中的像素点分为两类: 取值为 1 的目标点集合和取值为 0 的背景点集合. 如果找到两个分别能代表两个集合的参考序列, 并通过图像中各像素点与这两个参考序列的灰色关联度大小重新归入集合^[8]. 算法如下:

(1) 确定参考序列和比较序列

利用二值图像的四邻域来定义序列, 用 1 表示白色目标, 0 表示黑色背景. 序列 $x_1=(1, 1, 1, 1)$ 代表白色内点, 序列 $x_2=(0, 0, 0, 0)$ 代表黑色内点.

(2) 利用 2.1 节中公式计算以各像素点为中心形成的比较序列 χ 与两个参考序列之间的灰色关联系数.

(3) 根据关联度阈值 θ 与灰色关联系数的关系进行重新分类. 当 $\max(R_{1y}, R_{2y}) \geq \theta$ 且 $R_{1y} \geq R_{2y}$ 时, 该像素为目标点; 当 $\max(R_{1y}, R_{2y}) \geq \theta$ 且 $R_{1y} < R_{2y}$ 时, 该像素为背景点.

(4) 调整关联度阈值的大小, 以控制除噪和保护程度, 达到一个较好的平衡点.

4 实验结果与分析

在 Pentium IV 2.4G PC MATLAB 7.01 环境中对算法进行测试, 选用了一幅合成孔径雷达 (SAR) 图像和一幅红外图像, 作为待测试图像.

从分割结果可以看出, PSOF 法虽然能够分割出比较大致目标, 但是边缘模糊, 视野不清晰. 采用文中方法分别对其进行灰色后处理后, 就有了比较清晰的目标边缘.

5 结束语

Fisher 判别函数是模式识别理论中一种判定类别分离程度的准则, 本文将之作为图像阈值分割的准则函数, 并结合反映图像像素灰度信息和空间信息的二维直方图, 建立图像阈值分割模型; 然后引入 PSO 算法, 利用其高效并行寻优能力对该模型进行优化, 快速得到最佳分割阈值; 最后为进一步得到清晰的目标边缘, 我们运用灰色理论中的灰色关联分析理论对分割后的图像进行后处理, 完善分割效果. 本文将群体智能算法、灰色理论与模式识别理论有效地结合起来, 是图像分割领域新方法研究的有益尝试.

本文仍需进一步完善, 后续尝试将二维直方图扩充至多维, 预计得到更具抗噪性的分割方法.

参考文献:

- [1] 陈果. 图像阈值分割的 Fisher 准则函数法[J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(6): 564-567.
- [2] 杨金龙, 张光南, 厉树忠, 等. 基于二维直方图的图像分割算法[J]. 激光与红外, 2008, 38(4): 400-403.
- [3] Lu C D, Zhang C M, Zhang T Y, et al. Kernel based symmetrical principal component analysis for face classification[J]. Neurocomputing, 2007, 70(4/6): 904-911.
- [4] Ozdemir D, Akarun L. A fuzzy algorithm for color quantization of images[J]. Pattern Recognition, 2002, 35(8): 1785-1791.
- [5] 杨金龙, 张光南, 厉树忠, 等. 基于二维直方图的图像分割算法研究[J]. 激光与红外, 2008, 38(4): 400-403.
- [6] Bach J. Principles of synthetic intelligence: PSI: an architecture of motivated cognition[D]. Oxford University Press, USA, 2009.
- [7] Bartneck C, Lyons M J, Saerbeck M. The relationship between emotion models and artificial intelligence[C] // in Workshop on The Role of Emotion in Adaptive Behaviour And Cognitive Robotics, at the 10th Inter-

national Conference on Simulation of Adaptive Behavior: From Animals to Animates (SAB 2008). Osaka, 2008.

- [8] 马苗, 郝重阳, 韩培友, 等. 基于灰色关联分析的图像保真度准则[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(7): 978-983.

作者简介:



李晓玲 女, (1982—), 讲师, 硕士研究生. 研究方向为计算机网络与数据库.

吴慧丽 女, (1965—), 高级讲师. 研究方向为计算机教学与研究.

鹿艳晶 女, (1983—), 硕士研究生, 助教. 研究方向为图像分割、模式识别.

李凯 男, (1980—), 硕士研究生, 助教. 研究方向为程序设计、网络开发.

(上接第 81 页)

- [7] Wen H, Lin C, Chen Z J, et al. An improved markov model for IEEE 802. 15. 4 slotted CSMA/CA mechanism[J]. Journal of Computer Science and Technology, 2009, 24(3): 495-504.
- [8] 程宏斌, 李克清, 孙霞. 基于减少偷听的 802. 15. 4 网络节点能耗降低方法[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(9): 3477-3480.
- [9] Martalò M, Busanelli S, Ferrari G. Markov chain-based performance analysis of multihop IEEE 802. 15. 4 wireless networks [J]. Performance Evaluation, 2009, 66(12): 722-741.

作者简介:



孙霞 女, (1978—), 硕士, 讲师. 研究方向为算法分析与设计、计算机网络协议.

梁伟 男, (1971—), 博士, 副教授. 研究方向为计算机通信网及 IP 技术.

程宏斌 男, (1975—), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机网络协议.

王海军 男, (1977—), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机网络应用.