

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 3
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012 年 3 月 第 17 卷 第 3 期(总第 191 期)

目 次

图像处理和编码

摄影测量共线方程的单位四元数描述	杨化超,卢晓攀,王永波,姚国标(301)
分形压缩感知高维信号重构方法	刘佑鑫,孙权森(309)
自适应子矢量划分的快速码字搜索算法	吴鑫鹏,潘志斌,李达(315)
基于人类视觉模型的各向异性扩散滤波方法	宋建军,侯志强,余旺盛(321)
整数提升小波多相矩阵分解系数的快速提取算法	王锋,赵志文,牟盛(329)
自适应样本块大小的图像修复方法	孟春芝,何凯,焦青兰(337)

图像分析和识别

改进 FCM 在交互式图像分割中的应用	依玉峰,高立群,郭丽(342)
输电导线图像目标识别方法	孙凤杰,杨镇潭,李媛媛,范杰清(349)
无表观特征小目标检测与跟踪	陶霖密,李亮,邸慧军(357)
应用改进频率调谐的海上小目标检测方法	任蕾,施朝健,冉鑫(365)
视觉注意原理局部特征的行人检测	刘俊涛,刘文予,吴彩华,李雄伟,冯镔(370)
尺度不变单样本人脸识别方法	王炜强,张晓阳,曹春芹,付奎生(380)
复杂交通场景中采用稀疏表示的车辆识别方法	李修志,吴健,崔志明,陈建明(387)
利用复合导数的边缘检测新算法	程金梅,叶永强,姜斌(393)

图像理解和计算机视觉

迭代分割逼近:新的基于局部响应显著度的角点检测	马丽红,谭幸均(402)
融合 SIFT 特征的熵图估计医学图像非刚性配准	张少敏,支力佳,赵大哲,林树宽,赵宏(412)

计算机图形学

面向非均匀采样点集的 3 维表面重建算法	刘晓平,段瑞青,余烨(419)
基于可编程图形管线的大规模流程工厂模型多分辨率绘制方法	周剑,唐卫清,朱耀琴,夏明,黄晓剑(426)
带有位置修正的环境映射	王晨昊,汤晓安,孙即祥,马伯宁(435)

遥感图像处理

海岸线遥感信息提取的元胞自动机方法及其应用	冯永玖,韩震(441)
-----------------------------	-------------

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健	月刊(1996 年创刊)	第 17 卷 第 3 期	2012 年 3 月 16 日出版
-----------	--------------	--------------	-------------------

主管单位	中国科学院	Superintended by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院遥感应应用研究所 中国图象图形学学会 北京应用物理与计算数学研究所	Sponsored by	Institute of Remote Sensing Application, CAS China Society of Image and Graphics Institute of Applied Physics and Computational Mathematics
主 编	李小文	Chief editor	LI Xiaowen
编辑出版	《中国图象图形学报》编辑出版委员会 北京 9718 信箱 邮编 100101 电子信箱:jig@irsa. ac. cn 电话:010-68407995 010-82614429 网 址:www. cjig. cn	Editor ,Publisher	Editorial and Publishing Board of Journal of Image and Graphics (P. O. Box 9718 ,Beijing 100101 ,China) E-mail:jig@ irsa. ac. cn
印刷装订	北京北林印刷厂	Distributed by	Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals
广告经营许可证	京朝工商广字第 0346 号	Domestic	All Local Post Offices in China
总 发 行	北京报刊发行局	Foreign	China International Book Trading Corporation (P. O. Box 399 ,Beijing 100044 ,China)
订 购	全国各地邮局	Printed by	Beijing Beilin Printing House
国外发行	中国国际图书贸易总公司 (中国国际书店) (北京 399 信箱 邮编 100044)		

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 3 March 2012

Contents

Image Processing and Coding

Unit quaternion based description of collinearity equations	Yang Huachao, Lu Xiaopan, Wang Yongbo, Yao Guobiao (301)
Fractal compressive sensing for high-dimension signal recovery	Liu Jixin, Sun Quansen (309)
Fast codeword search algorithm based on adaptive subvector partitions	Wu Xinpeng, Pan Zhibin, Li Da (315)
Anisotropic diffusion image smoothing method based on human visual model	Song Jianjun, Hou Zhiqiang, Yu Wangsheng (321)
Fast extraction algorithm of the polyphase matrix decomposition coefficient based integer lifting wavelet	Wang Feng, Zhao Zhiwen, Mou Sheng (329)
Image completion method with adaptive patch size	Meng Chunzhi, He Kai, Jiao Qinglan (337)

Image Analysis and Recognition

Application of improved FCM for interactive image segmentation	Yi Yufeng, Gao Liquan, Guo Li (342)
Methods of transmission line target recognition	Sun Fengjie, Yang Zhenhuan, Li Yuanyuan, Fan Jieqing (349)
Featureless small object detection and tracking	Tao Linmi, Li Liang, Di Huijun (357)
Small target detection method under sea surface environment using revised frequency tuned saliency detection	Ren Lei, Shi Chaojian, Ran Xin (365)
Pedestrian detection method using local feature based on vision attention	Liu Juntao, Liu Wenyu, Wu Caihua, Li Xiongwei, Feng Bin (370)
Scale invariant face recognition from single sample	Wang Weiqiang, Zhang Xiaoyang, Cao Chunqin, Fu Kuisheng (380)
Sparse representation method of vehicle recognition in complex traffic scenes	Li Xiuzhi, Wu Jian, Cui Zhiming, Chen Jianming (387)
Novel edge detection algorithm using a composite derivative	Cheng Jinmei, Ye Yongqiang, Jiang Bin (393)

Image Understanding and Computer Vision

Iterative segment approaching: new corner detection based on local response saliency	Ma Lihong, Tan Xingjun (402)
Entropic graph estimation integrated with SIFT features for medical image non-rigid registration	Zhang Shaomin, Zhi Lijia, Zhao Dazhe, Lin Shukuan, Zhao Hong (412)

Computer Graphics

Three-dimensional surface reconstruction algorithm for non-uniform sampling points	Liu Xiaoping, Duan Ruiqing, Yu Ye (419)
Multi-resolution rendering approach of large-scale process plant models based on programmable graphics pipeline	Zhou Jian, Tang Weiqing, Zhu Yaoqin, Xia Ming, Huang Xiaojian (426)
Environment mapping with position rectification	Wang Chenhao, Tang Xiao'an, Sun Jixiang, Ma Boning (435)

Remote Sensing Image Processing

Cellular automata approach to extract shoreline from remote sensing imageries and its application	Feng Yongjiu, Han Zhen (441)
---	------------------------------

中图法分类号: TP391.4 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2012)03-0342-07

论文引用格式: 依玉峰, 高立群, 郭丽. 改进 FCM 在交互式图像分割中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(3): 342-348

改进 FCM 在交互式图像分割中的应用

依玉峰¹, 高立群¹, 郭丽²

1. 东北大学信息科学与工程学院和流程工业综合自动化国家重点实验室, 沈阳 110819;

2. 天津医科大学医学影像系, 天津 300203

摘要: 为解决由于自然纹理的干扰而导致的分割图像边缘模糊问题, 对模糊 C 均值聚类算法进行改进并应用于交互式图像分割中。用户通过输入种子点来获得目标和背景的主要特征, 并将输入的种子点作为聚类中心点; 提出全局空间相似性度量标准并引入 Gabor 能量滤波器来计算图像中各点到聚类中心的距离; 算法首次引入边缘密度概念定义权重因子, 根据图像特点, 自适应地计算图像中任意一点的纹理特征和颜色特征在特征空间中所占比例, 使得到的特征更加准确地描述图像的本质属性。对具有自然纹理背景的图像进行仿真实验, 应用两种性能指标来比较本文所提算法与随机游走算法的分割精度。实验结果表明, 本文算法分割精度高于模糊聚类 and 随机游走算法。

关键词: 模糊 C 均值聚类; 图像分割; Gabor 能量滤波器; 边缘密度; 随机游走

Application of improved FCM for interactive image segmentation

Yi Yufeng¹, Gao Liqun¹, Guo Li²

1. School of Information Science & Engineering, Northeastern University and State Key Laboratory of Integrated Automation for Process Industries, Shenyang 110819, China; 2. Department of Medical Imaging, Tianjin Medical University, Tianjin 300203, China

Abstract: We propose an improved (FCM) approach for interactive image segmentation to solve the problem that the objective contour is easily influenced by natural texture. Users interactively input seed points as clusters centers to get the main feature differences between foreground and background; a global spatial similarity measure model and Gabor energy filters are introduced into the distance metric to measure the similarity between all the pixels and the cluster centers. Edge density is introduced into the definition of the weight factor, according to image features, the ratio of the texture feature and the color feature in the feature space for pixels which can be adaptively calculated, making the feature we calculated more accurately reflect the essential attributes of the image. In this paper, experiments have been carried out on images with natural texture background, and two performance measures were used to compare the proposed algorithm with the random walker (RW) algorithm. It is shown that the accuracy of the proposed method surpasses FCM and RW methods.

Key words: fuzzy c-means (FCM); image segmentation; gabor energy filters; edge density; random walker

0 引言

图像分割是将图像分成许多同质区域的过程,

使得到的目标区域更加有意义和便于后续处理。图像分割是图像处理的基础, 在计算机视觉和模式识别中起了关键性作用。图像分割在现实生活中有许多重要的应用, 例如, 在医学病理组织图像中, 用来

收稿日期: 2011-03-24; 修回日期: 2011-06-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81000639, 60674021); 中国博士后科学基金项目(20100470791)

第一作者简介: 依玉峰(1980—), 男, 东北大学信息科学与工程学院控制理论与控制工程专业博士研究生, 主要研究方向为模式识别与智能系统。E-mail: neuiyiyufeng@126.com

检测病变部位和进行计算机辅助手术^[1-2]等;在红外和遥感图像中,用来进行遥感图像目标定位和热源目标定位^[3-5]等;在工业生产相关图像中,用来进行疵点检测和故障检查^[6]等。

图像分割在实际的应用中,由于图像中纹理和颜色信息的复杂性,使得传统的自动分割算法很难获得令人满意的分割结果,针对这些问题,随后出现的交互式图像分割算法凭借分割精准的特性得到了广泛应用,其中比较有代表性的交互式图像分割算法有2001年Boykov等人提出的图割算法^[7-8],应用最大流最小割理论来实现图像分割;1992年Mortensen等人提出的live wire算法^[9-10],用户首先输入起始种子点和目标种子点,通过计算两点间最短路径来定位目标边界;1987年Kass等人提出的snake算法^[11],用户首先选择合适的目标轮廓,逐步收敛得到真实的目标轮廓;2004年Grady提出的随机游走算法^[12-13],应用离散电势理论计算图中节点电势值,并根据电势值的大小对图中节点进行分类,实现图像分割。

受FCM算法^[14]的启发,提出一种新颖的交互式图像分割算法。算法应用高斯函数计算图像中每个像素点到各个聚类中心的全局空间相似性;应用Gabor能量滤波器与图像进行卷积运算,得到图像的纹理特征,与图像的灰度特征共同作用,应用边缘密度自适应地计算纹理特征和颜色特征在特征空间中所占的比例,使得到的特征更加准确的反映出图像的本质属性。将用户输入的种子点作为聚类中心点,计算得到图像中所有像素点到各个聚类中心的隶属度,并根据隶属度函数值的大小将图中各点进行分类,实现图像分割。为了保证目标区域具有连续性,采用区域增长法,由目标种子点出发搜索相邻且具有目标标记的像素点,得到连续的目标区域,获得最终的图像分割结果。

1 模糊聚类(FCM)

FCM算法^[14]首次由Bezdek等人提出,用于对数据样本点进行分类。文献[15-16]将FCM算法用到图像分割中,根据每个像素点所属不同聚类中心的模糊隶属度函数值对像素点进行分类,实现图像分割。模糊聚类目标函数定义为

$$J = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n \mu_{i,j}^m d_1^2(v_j, v_i) \quad (1)$$

式中, $V = (v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_n)$ 表示图像中像素点集合, v_j 为一个具有 k 维特征值的特征向量, n 为图像中像素点的个数。 $\mu_{i,j}$ 表示第 j 个样本点属于第 i 类的隶属度。 m 为权重指数,本文中 $m=2$ 。 v_i 表示第 i 类的聚类中心。 $d_1(v_j, v_i)$ 表示像素点 v_j 与聚类中心 v_i 间的距离,其定义为

$$d_1^2(v_j, v_i) = \|v_j - v_i\|^2 \quad (2)$$

目标函数值越小,像素点与其所属聚类中心隶属度函数值越大;反之较小。通过不断更新隶属度函数值 $\mu_{i,j}$ 和聚类中心 v_i 来最小化目标函数值 J 。隶属度函数值 $\mu_{i,j}$ 和聚类中心 v_i 更新公式如下:

$$\mu_{i,j} = \left(\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_1(v_j, v_i)}{d_1(v_j, v_k)} \right)^{2/(m-1)} \right)^{-1} \quad (3)$$

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_{i,j}^m v_j}{\sum_{j=1}^n \mu_{i,j}^m} \quad (4)$$

FCM算法通过迭代更新聚类中心和隶属度矩阵,并将更新后的聚类中心和隶属度矩阵代入目标函数中,当目标函数达到最小时,就获得了当前数据划分的最优解,根据最优解对应的隶属度函数值,将数据样本点进行分割,实现图像分割。

2 基于FCM的交互式图像分割算法

传统模糊聚类算法随机初始化聚类中心,通过最小化目标函数来获得数据最优划分对应的隶属度矩阵,根据隶属度函数值对数据样本点进行分割,实现图像分割。为了提高图像分割精度,在FCM模型的基础上提出一种新颖的交互式图像分割算法,用户通过交互的输入种子点(前景种子点和背景种子点)来获取前景和背景的空间位置,灰度和纹理信息,并将用户输入的种子点作为聚类中心点,计算图像中每个未标记点到各个种子点的隶属度函数值,根据隶属度函数值的大小对图像中像素点进行分类,实现图像分割。

2.1 全局空间相似性度量标准

为了提高算法性能,定义全局空间相似性度量标准 F_{ij} 来计算图像中每个像素点与各个聚类中心点的空间相似性。 F_{ij} 表示以聚类中心点 v_i 为中心,图像内任一像素点与聚类中心点的空间相似性,其大小取决于图像中任一像素点与聚类中心

点的空间距离。空间相似性度量标准为

$$F_{ij} = \exp\left(-\frac{\max(|x_j - x_i|, |y_j - y_i|)}{\max(M, N)}\right) \quad (5)$$

式中, (x_i, y_i) 和 (x_j, y_j) 表示聚类中心点 v_i 和像素点 v_j 的空间坐标, M, N 分别为图像的长和宽。如图 1 所示, 当像素点 v_j 与聚类中心点 v_i 空间坐标越接近时, F_{ij} 越大, 反之越小。

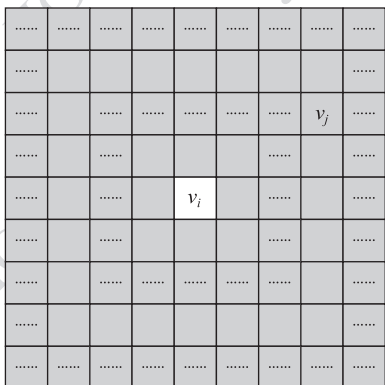


图 1 像素点空间位置关系图

Fig. 1 Spatial location of image window

图像中任意一点到聚类中心的距离定义如下:

$$d_2^2(v_j, v_i) = \|(1 - (F_{ij})^\lambda) \cdot (P_j - P_i)\|^2 \quad (6)$$

式中, P_i, P_j 的大小取决于图像中节点 v_i 和 v_j 灰度(颜色)和纹理特征的强度。 F_{ij} 的大小取决于像素点 v_j 与聚类中心 v_i 的空间位置关系, $\lambda \geq 1$ 为自由度参数, 决定了空间位置因素对 d_2 的影响程度。如图 2 所示, 图中横坐标 L_{ij} 表示图像中节点 v_j 与聚类中心点 v_i 的空间位置关系, 纵坐标 F_{ij}^λ 表示节点 v_j 与聚类中心点 v_i 的空间相似度, 本文中 $\lambda = 1$ 。

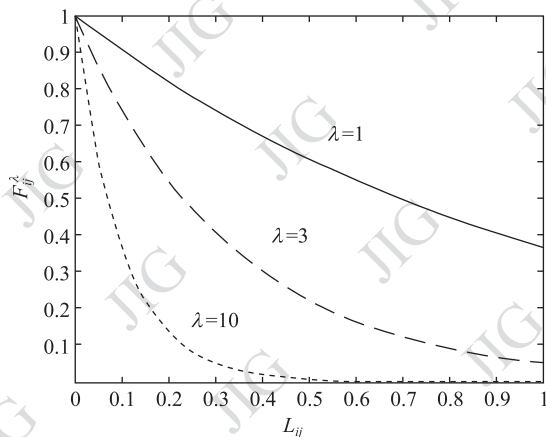


图 2 不同自由度参数下全局空间相似性曲线图

Fig. 2 Global spatial information at different free parameter

2.2 自适应特征提取

传统的图像分割方法主要分为 3 类, 即基于灰度, 基于纹理和基于边缘的图像分割方法。由于图像中信息的复杂性, 单凭一类方法无法精准的分割所有图像, 对于不同类型的图像或同一图像中不同区域, 所选取的方法也不同。根据图像自身的特点, 提出一种自适应的特征提取方法, 应用边缘密度计算图像中任意一点的灰度特征和纹理特征在特征空间中所占的比例, 使本文方法具有基于灰度和基于纹理图像分割方法的优点, 提高了算法的适用性和分割精度。

纹理是一种广泛存在的视觉特征, 在计算机视觉和图像处理中常用纹理信息来描述图像。采用 2 维 Gabor 能量滤波器^[17-18]来获取图像的纹理特征。首先, 定义 2 维 Gabor 滤波器为

$$G_{x_i, y_j} = \exp\left(-\frac{u_1^2 + \gamma u_2^2}{2\sigma^2}\right) \cdot \cos(2\pi f u_1 + \varphi) \quad (7)$$

$$u_1 = (x_q - x_p) \cos \theta + (y_q - y_p) \sin \theta$$

$$u_2 = (x_q - x_p) \sin \theta + (y_q - y_p) \cos \theta$$

式中, (x_p, y_p) 表示滤波器中心坐标, 方差 σ 决定了滤波器的大小, 参数 f 用来描述滤波器最佳空间频率, DeValois 等人在文献[18]中研究表明, σ 与 f 是相关的, 半空间频率响应带宽 $\sigma \cdot f$ 对应的值是 0.56, 本文中 $f=0.122$ 和 $f=0.183$; γ 表示滤波器的偏心率, 本文中 $\gamma=0.3$, θ 决定了滤波器的最优响应方向, 在 $(0, \pi]$ 范围内选取 8 个等间距方向。

将图像 I 与滤波器进行卷积运算可以得到不同方向和空间频率下纹理特征图(如式(8)所示)。

$$T = \iint I_{x_q, y_q} * G_{x_q, y_q} dx dy = \sum_{x_q=1}^M \sum_{y_q=1}^N I_{x_q, y_q} \times G_{x_q, y_q} \quad (8)$$

将两个不同相位的卷积结果组合起来, 构成 Gabor 能量特征图谱, 其表达式为

$$E = \sqrt{T_{f, \theta, 0}^2 + T_{f, \theta, -(1/2)\pi}^2} \quad (9)$$

将得到的图像中每个像素点的纹理特征与灰度特征共同作用, 按照一定比例计算得到该点真实特征值大小。图像中每个像素点对应的特征值大小为

$$P_p = \alpha \times I_p + (1 - \alpha) \times E_p \quad (10)$$

式中, I_p 和 E_p 分别表示归一化后图像中任意一点 v_p 的灰度特征和纹理特征幅值大小, $M \times N$ 表示图像大小, α 为权重因子 ($0 \leq \alpha \leq 1$), 其定义如下:

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \rho_p, \rho_q \geq t_1 \\ 1 & \rho_p \text{ 或 } \rho_q \leq t_2 \\ \frac{t_1 - \max(\rho_p, \rho_q)}{t_1 - t_2} & \text{其他} \end{cases} \quad (11)$$

式中, $0 \leq t_1, t_1 \leq 1$, 本文中, $t_1 = 0.7, t_2 = 0.3$; ρ_p 表示以像素点 v_p 为中心, 固定窗口大小的边缘密度, 其定义如下:

$$\rho_p = \frac{\sum_{x_q=x_p-n/2}^{x_p+n/2} \sum_{y_q=y_p-m/2}^{y_p+m/2} E_{x_q, y_q}}{mn} \quad (12)$$

式中, E_{x_q, y_q} 为图像中任意一点 v_q 的梯度幅值, m, n 为固定窗口大小的长和宽。

图像中任意像素点 v_j 与聚类中心点 v_i 的隶属度函数值为

$$\mu'_{ij} = \left(\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_2(v_j, v_i)}{d_2(v_j, v_k)} \right)^{2/(m-1)} \right)^{-1} \quad (13)$$

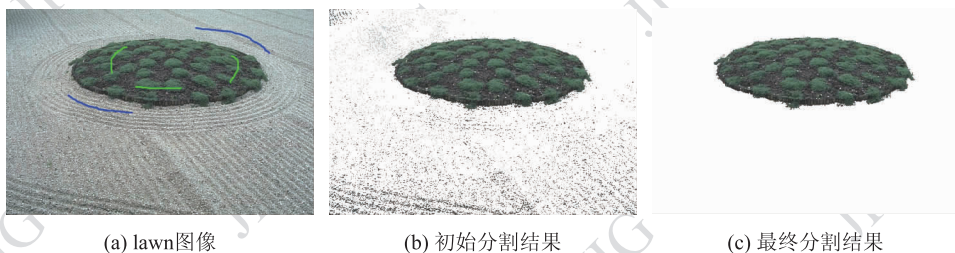


图3 分割原理图

Fig. 3 The schematic of image segmentation

2.3 算法流程

- 1) 用户输入种子点;
- 2) 计算图像中各个未标记点到各个种子点(中心点)的空间相似性;
- 3) 计算图像的 Gabor 能量特征图谱;
- 4) 根据式(6)计算所有未标记点到各个标记点的距离;
- 5) 根据式(13)计算图像中所有未标记像素点到各个种子点(中心点)的隶属度函数值;
- 6) 根据隶属度函数值的大小将未标记点归并到最大隶属度函数值对应标记点所属的类中, 实现图像初始分割;
- 7) 应用区域增长法, 由目标种子点出发, 搜索相邻且具有目标标记的像素点, 获得连续的目标区域, 实现图像分割。

根据节点 v_j 到各个聚类中心的隶属度函数值 $\mu'_{ij} (i=1, 2, \dots, c)$ 的大小, 将像素点 v_q 标记为该点对应的最大隶属度函数值所属聚类中心的标记, 获得图像初始分割结果。为了保证目标区域的连续性, 从目标种子点出发, 采用区域增长法, 搜索相邻且具有目标标记的像素点, 获得连续的目标区域, 实现图像分割。

本文算法分割原理图如图3所示, 用户通过在图像中标记种子点(图3(a)中绿线为前景标记点, 蓝线为背景标记点), 获得图像中前景和背景的空间、灰度和纹理等信息。计算未标记点到各个标记点的隶属度函数值, 根据隶属度函数值的大小标记未标记点, 获得初始图像分割结果(如图3(b)所示)。再由目标种子点出发, 采用区域增长法搜索相邻且具有目标标记的像素点, 获得最终的分割结果(如图3(c))。

3 结果与分析

选取两组图像进行仿真实验, 来验证本文算法的可行性。应用两种性能指标来客观的评价本文所提算法与随机游走算法(RW)的分割精度。并且, 选取5幅具有不同特征的图像进行仿真实验, 并应用主观评价法比较本文算法与模糊聚类算法(FCM)和随机游走算法的分割精度。实验应用 Matlab7.0 语言编程实现, 实验环境在 P4 2.80GHz CPU, 2GB 内存的 PC 机上实现。

3.1 性能指标

为了客观的评价不同算法的分割精度, 采用两种性能指标来评价不同算法。它们分别为正确率(TPR)和错误率(FPR), 其定义为

$$TPR = \frac{num(E_p)}{num(E_{TP})} \tag{14}$$

式中, $num(X)$ 表示集合 X 中元素个数, E_{TP} 为理想轮廓图像目标轮廓内像素点集合, E_p 为分割出来的目标轮廓中像素点集合与在理想轮廓中像素点集合的交集。

$$FPR = \frac{num(E_N)}{num(E_{TN})} \tag{15}$$

式中, $num(X)$ 表示集合 X 中元素个数, E_{TN} 为理想轮廓图像背景像素点集合, E_N 为理想轮廓图像中背景像素但误分为目标像素的像素点集合。

3.2 仿真实验

图 4 分别为在相同标记下,应用本文算法和随机游走算法对“飞机”和“熊”图像的分割结果,图 4(a)是原始图像和用户标记点,图 4(b)为理想轮廓图(GT),图 4(c)为 RW 算法分割结果,图 4(d)为本文算法分割结果。从分割结果中我们可以看到,本文算法实现了图像的精确分割,而随机游走算法无法分割出“飞机”图像的螺旋桨,并且,在对“熊”图像分割中,由于水纹理的干扰,在熊的腿部出现了误分割现象。为了更客观的评价图像分割精度,本文将两种算法的性能评价指标列于表 1 中,从表中可以看到,本文算法对两幅图像的分割精度高于 RW 算法。

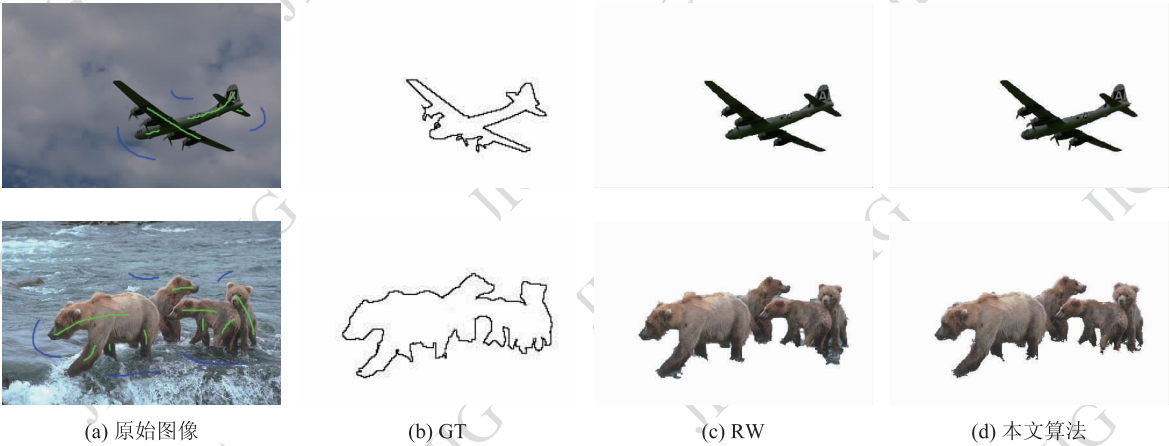


图 4 分割结果
Fig. 4 segmentation results

表 1 分割结果性能指标

Table 1 The performance measures of the airplane and bear image

图像	算法	TPR/%	FPR/%
飞机	RW	94.12	0.32
	本文算法	96.78	0.11
熊	RW	97.82	1.53
	本文算法	96.10	0.75

图 5 显示了 3 种不同算法对 5 幅具有自然纹理背景的单目标图像仿真结果。(a) 为原始图像和用户输入标记点,(b) 为 FCM 算法对图像分割结果

(聚类数为 2),(c)和(d)分别为在相同标记下 RW 算法和本文算法对图像仿真结果。从图中可以看到,由于传统的自动分割算法自身的局限性,使得 FCM 算法很难获得令人满意的分割结果。由于图像中存在复杂纹理的干扰,使得图像精确分割的难度大大增加,例如,RW 算法分割结果中(如(c)所示),panthers 图像目标尾部和前爪处出现了误分割,dragonfly 图像中蜻蜓的身子中部和腿部都出现了误分割,bear 图像中,熊的右耳出现了误分割,而在 ostrich 图像中,鸵鸟的颈部更是出现了大小不一的误分割现象。与 RW 算法相比,本文算法较精确的分割出具有自然纹理背景图像中的目标物体(如(d)所示)。



图5 具有自然纹理背景图像分割结果

Fig. 5 Natural texture background image segmentation results

4 结 论

由于传统的模糊聚类算法无法实现图像的精确分割,使得算法在实际的应用中受到很大的限制。为了提高算法对各类图像的适用性和分割的精度,在模糊聚类算法的基础上进行了改进,提出一种新颖的交互式图像分割算法。算法在充分考虑图像的空间,颜色和纹理信息的基础上,通过计算图像中各点到标记点的隶属度函数值来实现图像中像素点的分类,并采用区域增长法来获得连续的目标区域。本文算法避免了采用单一信息来描述图像特征的缺

点,使得算法更具适用性。对具有自然纹理背景的彩色图像进行仿真实验,实验结果表明,本文算法实现了图像的精确分割。

参考文献 (References)

[1] Sluimer I, Prokop M, van Ginneken B. Toward automated segmentation of the pathological lung in CT [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2005, 24(8):1025-1038.
[2] Bin F, Hsu W, Lee M L. On the accurate counting of tumor cells [J]. IEEE Transactions on NanoBioscience, 2003, 2(2):94-103.
[3] Neves S R, da Silva E A B, Mendonca G V. Wavelet-watershed automatic infrared image segmentation method [J]. Electronics

- Letters, 2003 39(12):903-904.
- [4] Jiao L C, Gong M G, Wang S, et al. Natural and remote sensing image segmentation using memetic computing [J]. Computational Intelligence Magazine, IEEE, 2010, 5(2):79-91.
- [5] Faur D, Gavati I, Datcu M. Salient remote sensing image segmentation based on rate-distortion measure [J]. Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, 2009, 6(4):855-859.
- [6] Harlow C A, Henderson S E, Rayfield D A, et al. Automated inspection of electronic assemblies [J]. Digital Object Identifier, 1975, 8(4):36-45.
- [7] Boykov Y, Veksler O, Zabih R. Fast approximate energy minimization via graph cuts [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, 2001, 23(11):1222-1239.
- [8] Li Y, Sun J, Tang C, et al. Lazy snapping [C]// Proceeding of ACM SIGGRAPH. New York: ACM Press, 2004: 303-308.
- [9] Mortensen E, Morse B, Barrett W, et al. Adaptive boundary detection using "Live-Wire" two-dimensional dynamic programming [C]// IEEE Proceedings of Computers in Cardiology. Durham, North Carolina: IEEE Press, 1992:635-638.
- [10] Färber M, Ehrhardt J, Handels H. Live-wire-based segmentation using similarities between corresponding image structures [J]. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2007, 31(7): 549-560.
- [11] Kass M, Witkin A, Terzopoulos D. Snakes: active contour models[J]. International Journal of Computer Vision. 1987, 1(4): 321-331.
- [12] Grady L, Funka-Lea G. Multi-label image segmentation for medical applications based on graph-theoretic electrical potentials [C] // Computer Vision and Mathematical Methods in Medical and Biomedical Image Analysis, ECCV 2004. Prague, Czech Republic: Springer-Verlag, 2004: 230-245.
- [13] Grady L. Random walks for image segmentation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006, 28(11): 1768-1783.
- [14] Bezdek J. Pattern Recognition With Fuzzy Objective Function Algorithms [M]. New York: Plenum Press, 1981.
- [15] Wang Xiangyang, Bu Juan. A fast and robust image segmentation using FCM with spatial information [J]. Digital Signal Processing, 2010, 20(4): 1173-1182.
- [16] Hao J T, Zhao J J, Chen Q K, et al. Multi-attribute based spatial continuity fuzzy clustering algorithm for blood vessels segmentation [J]. Journal of Image and Graphics. 2009, 14(8):1643-1649. [郝聚涛, 赵晶晶, 陈庆奎, 等. 基于多属性的空间连续模糊聚类算法的血管分割[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(8):1643-1649.]
- [17] Kruizinga P, Petkov N. Nonlinear operator for oriented texture [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1999, 8(10): 1395-1407.
- [18] DeValois R L, Albrecht D G, Thorell L G. Spatial frequency selectivity of cells in macaque visual cortex [J]. Vision Research, 1982, 22(5): 545-559.