

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 9
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9月 第17卷 第9期(总第197期)

目次

图像处理和编码

- 自适应阈值 HMRF 模型超分辨率重建 朱虹, 刘薇, 姚杰, 欧阳光振, 刘小乾(1049)
- 亮度补偿变换矩阵的颜色恒常性算法 袁兴生, 王正志(1055)
- 小波变换和稀疏冗余表示的混合图像去噪 李慧斌, 刘峰(1061)
- 基于运动信息自适应的快速运动估计算法 李子印, 杨齐(1069)
- 融合纹理特征的两阶段聚类分割算法 王改华, 李德华(1075)
- 利用纹理和边缘特征的 Criminisi 改进算法 任澍, 唐向宏, 康佳伦(1085)

图像分析和识别

- 激光焊接对接拼缝测量的微景深方法 王平江, 黄雅婷, 齐江飞, 彭芳瑜, 李斌, 唐小琦(1092)
- 基于码本模型和多特征的早期烟雾检测 姜明新, 王洪玉, 蔡兴洋(1102)
- 结合局部特征和全局信息的自适应活动轮廓模型 朱晓舒, 孙权森, 夏德深(1109)
- 高斯颜色模型在瓷片图像分类中的应用 郑霞, 胡浩基, 周明全, 樊亚春(1115)
- 区域生长的轮对图像分割 史倩, 吴开华(1122)
- 图像搜索结果的滑动窗口多标记传播聚类 谷瑞军, 陈圣磊, 陈耿, 汪加才(1128)

图像理解和计算机视觉

- 中介相似性量度的图像匹配 周宁宁, 吕文杰(1135)
- 自适应字典学习的多聚焦图像融合 严春满, 郭宝龙, 易盟(1144)
- 摄像机几何约束及人体定位 陶霖密, 于亚鹏, 邸慧军, 孙洛(1150)

虚拟现实与增强现实

针对层次式累进网格模型的动态评估与调整 王丹华, 卢威, 潘金贵(1158)

医学图像处理

结合形状与纹理特征的椎间盘退化辅助诊断 郝世杰, 蒋建国, 郭艳蓉, 詹曙, 李鸿(1168)

改进的核磁共振图像分割与偏移场恢复耦合模型

..... 王顺风, 冀晓娜, 张建伟, 陈允杰, 方林, 詹天明(1175)

遥感图像处理

光学遥感图像低可观测区域舰船检测 周伟, 关键, 何友(1181)

非下采样 Contourlet 变换与脉冲耦合神经网络相结合的 SAR 与多光谱图像融合

..... 金星, 李晖晖, 时丕丽(1188)

“计算机视觉前沿论坛”专栏征文通知 (1196)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健

月刊(1996年创刊)

第17卷 第9期

2012年9月16日出版

主管单位 中国科学院

主 办 中国科学院遥感应用研究所

中国图象图形学学会

北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

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: 010-64807995 010-82614429

网 址: www.cjig.cn

印刷装订 北京北林印刷厂

广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

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)

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing Application,

CAS China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational

Mathematics

Chief editor LI Xiaowen

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

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers

and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading Corporation

(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)

Printed by Beijing Beilin Printing House

ISSN 1006-8961 CN11-3758/TB CODE ZTTFXZ 国内邮发代号: 82-831 国外发行代号: M1406 国内定价: 45.00 元

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 9 September 2012

Contents

Image Processing and Coding

- Adaptive threshold HMRF model for super-resolution reconstruction
..... Zhu Hong, Liu Wei, Yao Jie, Ouyang Guangzhen, Liu Xiaoqian(1049)
- Color constancy algorithms with luminance-compensation transform matrix Yuan Xingsheng, Wang Zhengzhi(1055)
- Hybrid image denosing method based on wavelet transform as well as on a sparse and redundant representations model
..... Li Huibin, Liu Feng(1061)
- Fast motion estimation algorithm based on motion information adaptation Li Ziyin, Yang Qi(1069)
- Texture feature fusion-based two-stage clustering segmentation algorithm Wang Gaihua, Li Dehua(1075)
- Improved Criminisi algorithm with the texture and edge features Ren Shu, Tang Xianghong, Kang Jialun(1085)

Image Analysis and Recognition

- Seam measurement based on micro depth of field lens for laser welding
..... Wang Pingjiang, Huang Yating, Qi Jiangfei, Peng Fangyu, Li Bin, Tang Xiaoqi(1092)
- Early smoke detection based on codebook model and multiple features Jiang Mingxin, Wang Hongyu, Cai Xingyang(1102)
- Adaptive active contour model integrating global and local image fitting energy Zhu Xiaoshu, Sun Quansen, Xia Deshen(1109)
- Porcelain shard images classification based on Gaussian color model Zheng Xia, Hu Haoji, Zhou Mingquan, Fan Yachun(1115)
- Image segmentation for wheel set measurement based on region growing Shi Qian, Wu Kaihua(1122)
- Sliding window multi-label propagation clustering for searched images
..... Gu Ruijun, Chen Shenglei, Chen Geng, Wang Jiakai(1128)

Image Understanding and Computer Vision

- Image matching based on the medium similarity measure Zhou Ningning, Lv Wenjie(1135)
- Multi-focus image fusion using adaptive dictionary learning method Yan Chunman, Guo Baolong, Yi Meng(1144)
- Geometric constraints of locating cameras and people Tao Linmi, Yu Yapeng, Di Huijun, Sun Luo(1150)

Virtual Reality and Augmented Reality

- Dynamic evaluation and modification methods against aggressive mesh hierarchy models
..... Wang Danhua, Lu Wei, Pan Jingui(1158)

Medical Image Processing

- Computer aided diagnosis on intervertebral disc degeneration with shape and texture features
..... Hao Shijie, Jiang Jianguo, Guo Yanrong, Zhan Shu, Li Hong(1168)
- Improved coupled model for MR images segmentation and bias restoration
..... Wang Shunfeng, Ji Xiaona, Zhang Jianwei, Chen Yunjie, Fang Lin, Zhan Tianming(1175)

Remote Sensing Image Processing

- Ship detection from low observable regions in optical remote sensing imagery Zhou Wei, Guan Jian, He You(1181)
- SAR and multispectral image fusion algorithm based on pulse coupled neural networks and non-subsampled Contourlet transform
..... Jin Xing, Li Huihui, Shi Pili(1188)

中图分类号: TP391 文献标识码: B 文章编号: 1006-8961(2012)09-1075-09

论文引用格式: 王改华, 李德华. 融合纹理特征的两阶段聚类分割算法[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(9): 1075-1084.

融合纹理特征的两阶段聚类分割算法

王改华^{1,2}, 李德华¹

1. 华中科技大学图像识别与人工智能研究所, 武汉 430074;
2. 新疆师范大学物电学院, 乌鲁木齐 830053

摘要: 提出一种融合纹理特征的两阶段聚类分割算法。首先, 选择纹理特征、差分均值和颜色分量这3个特征, 组成一个分割所用的特征矢量; 然后, 使用直方图对特征矢量进行初始聚类中心和类别数的估算; 最后, 通过模糊C均值算法对特征矢量进行聚类。该算法有效地克服了模糊C均值(FCM)容易陷入局部最优的缺陷, 使聚类结果更加精确。实验结果表明该方法比一些现存方法的分割效果要好。

关键词: 局部二进制模式; 模糊C均值; 聚类分割; 直方图

Texture feature fusion-based two-stage clustering segmentation algorithm

Wang Gaihua^{1,2}, Li Dehua¹

1. Institute for pattern recognition & Artificial Intelligence, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;
2. The College of Physics and Information Science of Xinjiang Normal University, Urumqi 830053, China

Abstract: It proposes texture feature fusion-based two-stage clustering segmentation algorithm. First, we choose texture feature, the average of difference and color component as feature vector for segmentation. Then, at the stage of segmentation, aim to the disadvantages of Fuzzy c-means, it computes the clustering center and the number of clustering center based on histogram. Finally, we use feature vector to cluster through Fuzzy c-means. Compared with some well-known methods, the proposed method has a better segmental result.

Key words: local binary pattern; fuzzy c-means; clustering segmentation; histogram

0 引言

图像分割是图像处理中的一项重要任务, 分割质量的好坏直接影响后续工作的开展。大量研究人员对该问题提出了许多解决方法: 基于直方图的阈值分割法^[1]、基于边缘检测法^[2]、基于区域分割法^[3]、基于特征聚类分割法^[4]、模糊神经网络技术法^[5]等。

模糊C均值(FCM)是一种被广泛应用到彩色图像分割中的聚类分割算法, 它的优势在于每个像素值隶属度具有一定的模糊性。但FCM也存在很

大的缺陷: 1) 每个像素仅作为一个独立的单元处理, 没有考虑空间信息的影响; 2) 随机的初始聚类中心影响了分割的质量, 使聚类陷入局部最优解^[6]。针对FCM的不利, 研究者们提出了各种各样的改进算法: 基于核的模糊聚类算法^[7], 加入惩罚因子^[8]或局部自适应空间约束项^[9]的聚类算法, 加入均值(FCM_S1)、中值(FCM_S2)等带有空间信息的FCM算法^[10-11], 两阶段的改进FCM算法^[12-13]等。同时, 还有许多其他的方法也被提出^[14-16]。

然而, 由于图像的多样性和复杂性, 到目前为止还没有一种通用的分割方法, 也没有一个判断分割

收稿日期: 2011-09-20; 修回日期: 2012-04-08

第一作者简介: 王改华(1979—), 女, 华中科技大学图像识别与人工智能研究所控制理论与控制工程专业在读博士, 研究方向为图像处理。E-mail: wanggaihua11@yahoo.com.cn

是否成功的客观标准,因此图像分割被认为是计算机视觉中的一个瓶颈问题。纹理特征是一种不依赖于颜色或亮度的反映图像中同质现象的视觉特征。图像中的纹理特征主要有共生灰度矩阵、自回归纹理模型、Gabor 变换等多种方法,但大部分的纹理特征提取方法较为繁琐复杂,速度较慢。局部二进制模式(LBP)是基于图像空间域局部关系的图像纹理描述算法,并被广泛应用到计算视觉任务中,如纹理分类^[17]、人脸识别^[18]、目标检测^[19]等。它是一种有效结合纹理基元与属性分布的灰度变化描述算子^[20-21]。通过 LBP 算子得到的纹理特征在纹理表述能力上较其他常规方法有较大的优势。本文提出一种简单有效的改进 FCM 分割算法。首先,将 LBP 纹理模型、差分均值和图像色彩特征相融合,构成一

个特征矢量。然后,采用 FCM 算法对图像进行分割,并采用直方图选择初始的聚类中心和聚类数。算法有效地克服了 FCM 容易陷入局部最优的缺陷,使聚类结果更加精确,提高了图像的分割质量。

1 LBP 纹理模型

1.1 LBP_{P,R}

LBP 是一种点样本估计方法,点的纹理通过该点与其周围的点进行某种运算得到。该算子最初定义的基本形式是由 Ojala 等人^[23]提出来的,以邻域中心像素的灰度值为阈值,将邻域中的 8 个像素进行门限化处理,然后乘以相应的权值,把结果相加后就得到了对应像素的 LBP 码值,如图 1 所示。

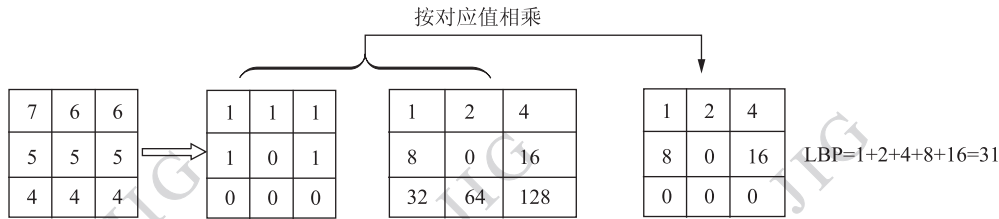


图 1 LBP 算子码值计算过程

Fig. 1 The process of LBP code

基本 LBP 算子可扩展为利用不同大小圆环形邻域计算码值,假设给定 g_c 对应着局部邻域内中心像素的灰度值, $g_p (p=0, 1, \dots, P-1)$ 对应着邻域周围位于半径为 $R (R>0)$ 的圆环上的 P 个像素的灰度值,而这 P 个像素组成了一个圆对称邻域集,则 g_p 的坐标值为 $(R \sin(\frac{2\pi p}{P}), R \cos(\frac{2\pi p}{P}))$ 。邻域集中的像素如果没有位于图像像素的中心位置,则通过线性插值估计其灰度值^[21-22]。局部邻域通过基于中心像素灰度值的门限化转换为一个局部模式。

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{LBP}_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} \text{sgn}(g_p - g_c) \times 2^p \quad (2)$$

作为一个差分算子, $\text{LBP}_{P,R}$ 能够可靠地描述灰度变化。对于灰度一致的区域,所有方向上的差分值为零;对于缓慢变化的边缘,该算子沿梯度方向具有大的差分值,沿边缘方向则为零;对于斑点,则沿任何方向均具有较大的差分值^[24-25]。

为了消除旋转对于算子的影响, Pietikainen 等人^[26]又定义了一个新的具有旋转不变性特征的纹

理算子

$$\text{LBP}_{P,R}^{i_r} = \min \{ \text{ROR}(\text{LBP}_{P,R}, i_r) \mid i_r = 0, 1, \dots, P-1 \} \quad (3)$$

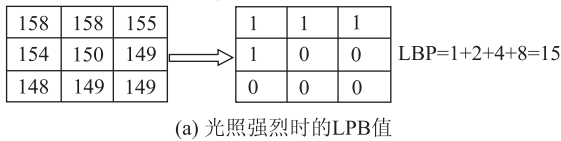
式中, $\text{ROR}(x, i_r)$ 表示对 P 位数字 x 进行 i_r 次的右向循环移位。 $\text{LBP}_{P,R}^{i_r}$ 代表了局部邻近像素值在不同旋转角度下的最小值。无论旋转角度有多大,这个最小值总是不变的,所以 $\text{LBP}_{P,R}^{i_r}$ 具有旋转不变性特征。

对原始 LBP 算子的另一个扩展是一致局部二进制模式。为了准确描述这些最基本特征,定义了一种统一度量方法 U , 它对应了模式内部循环位 0-1 跳转的次数。定义 U 值不大于 2 的模式为统一模式 (Uniform Pattern)。现在给每个一致局部二进制模式一个标号,并给所有其他的非一致局部二进制模式一个标号。这样一个 8 像素的邻域,用原始的 LBP 模式可以有 256 种标号,而如果用一致二进制模式则只需要 59 种标号^[27] (当全 1 或全 0 时,具有旋转不变性,仅各有一种模式;当其他 7 种一致模式出现时,分别可用 8 种模式表示,共有 56 种模式;所有非一致局部二进制模式为一个标号,则共有 59 种模式)。

1.2 LBP 相关算子模型的优势

当图像中光照变化时,将引起图像灰度尺度的变化。光照强烈的情况,整幅图像总体变得明亮,灰度值整体偏大;光照微弱的情况,整幅图像总体变得黑暗,灰度值整体偏小。由于光照变化给像素灰度值带来的变化并不是线性的,所以 $g_p - g_c$ 的值在不同光照下是不同的,它不具有灰度尺度不变性。但是 $g_p - g_c$ 的符号却是随光照变化而不变的,它反映的是像素值之间的大小关系,光照带来的非线性变化通常不会改变这个符号值,因此,LBP 相关算子纹理模型具有灰度尺度不变性^[20, 28],如图 2 所示。

另外,LBP 纹理模型结构简单,计算较容易,并



且速度快。

1.3 LBP 模型的缺陷

LBP 及其扩展方法只考虑了中心像素点与邻居像素点之间的大小关系,而没有考虑到它们之间的对比度,因此会出现图 3 所示的情况。图 3(a)(b) 中第 1 部分子图中心值可能位于均匀区域中,第 2 部分子图中心值可能是在一条线上或一个角点上,但图 3(a) 中两部分的 LBP 值几乎相同,图 3(b) 中两部分的 LBP 值完全相同。

以上例子的 LBP 值相同,但是却忽略掉了十分重要的对比度信息,而对比度的不同恰恰是这两个局部区域纹理的最重要特征。

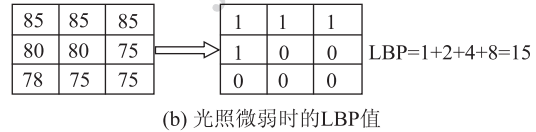
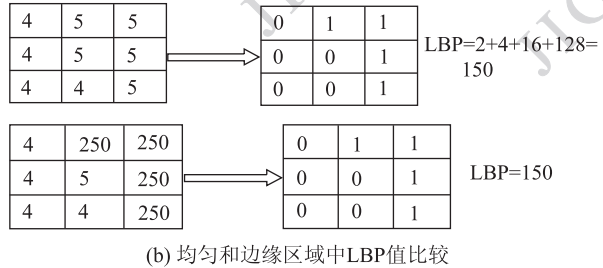
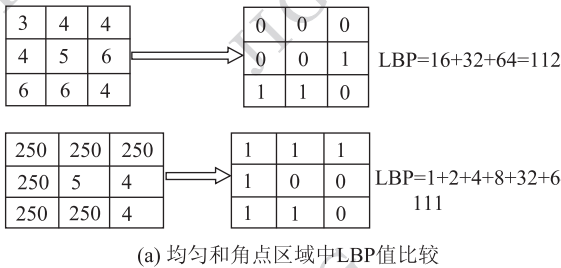


图 2 不同光照下 LBP 灰度尺度的不变性

Fig. 2 The tolerance against monotonic illumination changes



(a) 均匀和角点区域中LBP值比较

(b) 均匀和边缘区域中LBP值比较

图 3 LBP 纹理检测错误的情况

Fig. 3 The incorrect of LBP texture

2 改进的聚类分割算法

2.1 特征的提取

怎样选择一个好的图像分割算法是至关重要的,但如果图像的特征提取没有得到足够的重视,再好的图像分割方法也得不到理想的分割效果。

LBP 算子是一种有效结合纹理基元与属性分布的描述方式,它提供了像素级灰度变化的局部信息,但是却忽略掉了十分重要的对比度信息。通过增加差分均值项作为特征的一部分来改进 LBP 描述子的不完善。

给定彩色图像 $H \times W \times 3$, $f_l(i, j)$ 是颜色矢量值,取值范围为 $[0, 255]$ ($l=1, 2, 3$), 每个像素的 $f_l(i, j)$ 的 LBP 值用 $LBP(i, j)$ 表示。实际上是用彩色

矢量的 3 个分量进行合成获取 LBP 的码值

$$LBP(i, j) = \sum_{p=0}^{P-1} \text{sgn}\left(\sum_{l=1}^3 (g_{lp} - g_{lc})\right) \times 2^p \quad (4)$$

用 S 表示差分均值,对邻域差分值进行求和再平均。

$$S = \frac{1}{\sqrt{3}p} \sum_{p=0}^{P-1} \|g_{lp} - g_{lc}\| \quad (5)$$

式中, $\sqrt{3}$ 表示将取值范围限定在 $[0, 255]$ 区间内。 $\|g_{lp} - g_{lc}\|$ 表示邻域像素和中心像素之间的欧氏距离。均匀区域中,差分平均值近似为 0;对于角点或边缘区,差分均值很大。可以反映出像素间的对比度变化。

将以上两种特征值再与像素本身的颜色特征值结合,共同组成了分割所需要的特征。因此选择的特征组成了特征矢量 $(LBP, S, f_1(i, j), f_2(i, j), f_3(i, j))$ 。

2.2 基于直方图的初始聚类中心

针对 FCM 的缺陷,采用两阶段聚类分割算法,并使用直方图法进行初步估计聚类中心和聚类数。

分别计算各特征分量的直方图 h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 。让 L_x, S_x, r_x, g_x 和 b_x 分别表示特征矢量直方图 $h_1(x), h_2(x), h_3(x), h_4(x), h_5(x)$ 的第 x 值的个数。

$$\begin{cases} h_1(x) = L_x \\ h_2(x) = S_x \\ h_3(x) = r_x \\ h_4(x) = g_x \\ h_5(x) = b_x \end{cases} \quad (6)$$

图 4 为“地图 2”各特征向量的直方图。横坐标表示各特征矢量的取值范围为 $[0, 255]$,纵坐标表示各特征矢量取值所对应的个数。

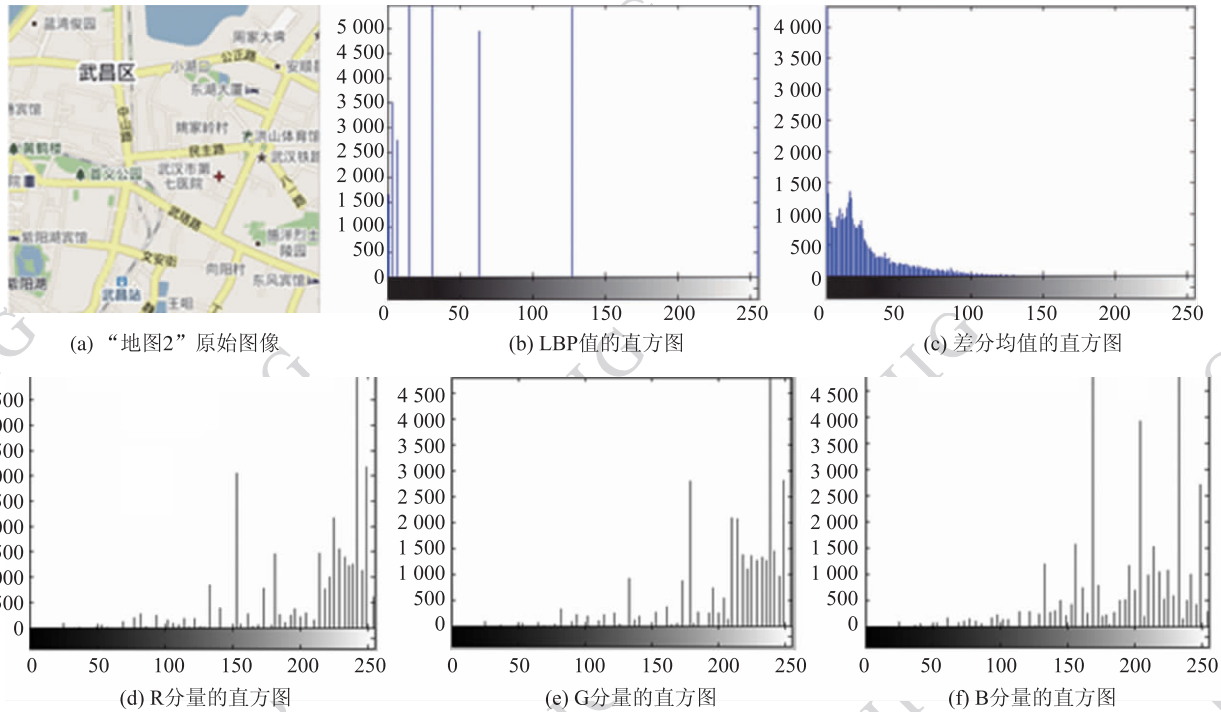


图 4 “地图 2”图像的 LBP 值,差分均值,颜色分量 R,G,B 的直方图

Fig.4 The histogram of LBP, the average of difference, color component of “map2” image

基于欧氏距离测度函数找出在 256 个值中彼此之间的距离大于阈值 T 的值(文中 $T = 150$)。并且对测度函数中的分量赋予不同的权值,

$$D = \alpha(h_1(i) - h_1(j)) + \beta(h_2(i) - h_2(j)) + \gamma \|h_x(i) - h_x(j)\|, \quad x=3,4,5 \quad \forall i \neq j \quad (7)$$

式中,取 $\alpha=0.1, \beta=0.1, \gamma=0.8$ 。

所有 C 个彼此不相似的值设定为初始聚类中心 $V_{xk} (x=1,2,\dots,5), k$ 表示第 k 类,聚类类别数为 C 。

2.3 改进的 FCM

将多种特征组合得到的特征矢量作为分割所用

的特征值,以上节获取的聚类中心和聚类数作为初始聚类中心。定义 C 是分类数, μ_k 是隶属矩阵,其中每一个值表示属于第 k 类的隶属等级。 V_{xk} 是聚类中心值;给定 V_{1k}, V_{2k}, V_{3k} 是颜色分量的初始聚类中心; V_{4k} 为 LBP 值的初始聚类中心值; V_{5k} 为差分均值的聚类中心。 m 是权值指数因子,式(8)是约束条件,最大隶属度值为 1,最小隶属度值为 0。

$$\sum_{k=1}^C \mu_{kij} = 1 \quad (8)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, H; j = 1, 2, \dots, W; \mu_{kij} \in [0, 1]$$

$$\mu_{kij} = \frac{1}{\sum_{k_1=1}^C \left(\frac{\alpha(\text{LBP}(i,j) - v_4(k)) + \beta(S(i,j) - v_5(k)) + \gamma \|f_i(i,j) - v_l(k)\|}{\alpha(\text{LBP}(i,j) - v_4(k_1)) + \beta(S(i,j) - v_5(k_1)) + \gamma \|f_i(i,j) - v_l(k_1)\|} \right)^{2/(m-1)}} \quad (9)$$

$$\begin{cases}
 V_{lk} = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W (\mu_{kij})^m (\gamma f_i(i,j))}{(\alpha + \beta + \gamma) \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W (\mu_{kij})^m} \\
 V_{4k} = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W (\mu_{kij})^m (\alpha(\text{LBP}(i,j)))}{(\alpha + \beta + \gamma) \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W (\mu_{kij})^m} \\
 V_{5k} = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W (\mu_{kij})^m (\beta S(i,j))}{(\alpha + \beta + \gamma) \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W (\mu_{kij})^m}
 \end{cases} \quad (10)$$

改进的 FCM 算法步骤如下:

- 1) 抽取每个像素的特征 LBP 值, 差分均值, 颜色属性值构成特征矢量 (LBP, S, $f_1(i,j)$, $f_2(i,j)$, $f_3(i,j)$);
- 2) 通过直方图获取初始聚类中心 V_{xk} 和类别

数 C;

3) 用式(9)更新隶属矩阵;

4) 使用式(10)更新聚类中心值 V_{xk} ; 停止准则为 ($V_{\text{new}} - V_{\text{old}} < \varepsilon$), 如果 V_{new} 和 V_{old} 的差值小于某一个设定的阈值, 则算法停止, 否则返回到步骤 3)。

3 实验结果分析

实验用若干地图图像 (来自于 WebGIS, 例如 Google Map/Earth) 测试评估本文算法。计算机性能为: 2.01 GHz CPU 和 1.0 G RAM 的台式电脑, 用 Matlab7.0 测试。为了比较, 本文也测试了其他不同的算法: KFCM_F^[7], FCM_S^[10-11]。图 5 为测试的原始图像, 在 FCM_S 和 KFCM_F 中, 设定分类数为 6 类, 随机地选择初始聚类中心。



(a) “地图1” 图像



(b) “地图2” 图像



(c) “地图3” 像

图 5 原始图像

Fig. 5 Original image

1) 分割图像比较分析

表 1 是使用不同的方法最终分割得到的类别数。在表 1 “地图 1” 中, 当使用 FCM_S 和 KFCM_F 方法进行分割图像时, 尽管设定了初始类别数为 6 类, 但由于 KFCM_F 和 FCM_S 随机地选择初始聚类中心, 容易使算法陷入局部最优, 因此仅得到分类数为 3 类。图 6 是“地图 1” 图像使用不同的方法得到的分割结果。可以看到, 在图 6(a) — (c) 和 (d) — (f) 中, KFCM_F 和 FCM_S 过早地收敛, 只分割出了 3 类目标; 图 6(a) — (c) 分别为使用 KFCM_F 算法得到的地面、绿地、河流分割结果, 其中, 文字符号不能被正确区分。图 6(d) — (f) 中也存在类似的结果。对于本文算法, 从表 1 可看到聚类类别数为 5

类, 本文算法使用直方图法进行估算初始聚类中心, 使分类结果更加精确, 图 6(g) — (k) 分别为本文算法分割得到的地面、绿地、河流、边缘线、文字符号等结果。可看到本文算法能够更加精确地将文字符号单独分割出来。

表 1 不同算法最终的分割类别数

Table 1 The number of classification of difference methods

	算法		
	KFCM_F	FCM_S	本文
“地图 1”	3	3	5
“地图 2”	5	5	5
“地图 3”	4	4	5

在表1“地图2”中,当使用不同算法时得到的结果分类数都为5类。但从相对应的图7分割结果图中可以看到,KFCM_F和FCM_S在道路图像分割中比较精确,但其他地形图混淆的比较多,例如,图7(b)(f)中湖泊、绿地、文字符号都被分割成同一类。这是因为KFCM_F和FCM_S随机选择初始聚类中心,使分割结果陷入了局部最优。从图7(j)—(l)中可以看到,当使用本文方法时,湖泊、绿地、文字符号被分别分割成单独的一类,分割结果更加精确。

在表1“地图3”中,当使用FCM_S和KFCM_F方法进行分割图像时,得到分类数为4类。图8是“地图3”图像使用不同的方法得到的对应的分割结果。在图8(a)—(d)和(e)—(h)中,文字符号和河流同样被分割成一类,不能被正确区分。当使用本文方法时,从表1可看到聚类类别数为5类,在图8(i)—(m)中道路、河流、绿地、地面、文字符号等分割更加精确。

2) 评价指数分析

分割评价算法可以根据是否依赖于人眼视觉分为主观评价和客观评价两类。主观评价是使用最广泛的一类方法,以人为主体。但是视觉评价具有内在的主观性,不同的人有不同的标准,所以评价结果也不同。为了对分割算法进行评价,人们已先后提出了几十个客观评价准则,但仍然没有一种很好的实用的客观评价准则。为了对本文算法与已有的算法进行比较,以便得到一个无偏的分割结果评价,采用有监督评价算法进一步进行评价,将计算机程序分割的结果和手工分割结果对比进行评价。定义错分率为

$$E/\% = \frac{\sum |O_1 - O_2|}{\sum O_1} \times 100 \quad (11)$$

式中, O_1 为手工分割结果的二值图像, O_2 为计算机程序分割结果的二值图像。其差值绝对值之和为错分的像素个数。图9显示了采用手工方法使用Matlab7.0进行分割“地图1”的结果。

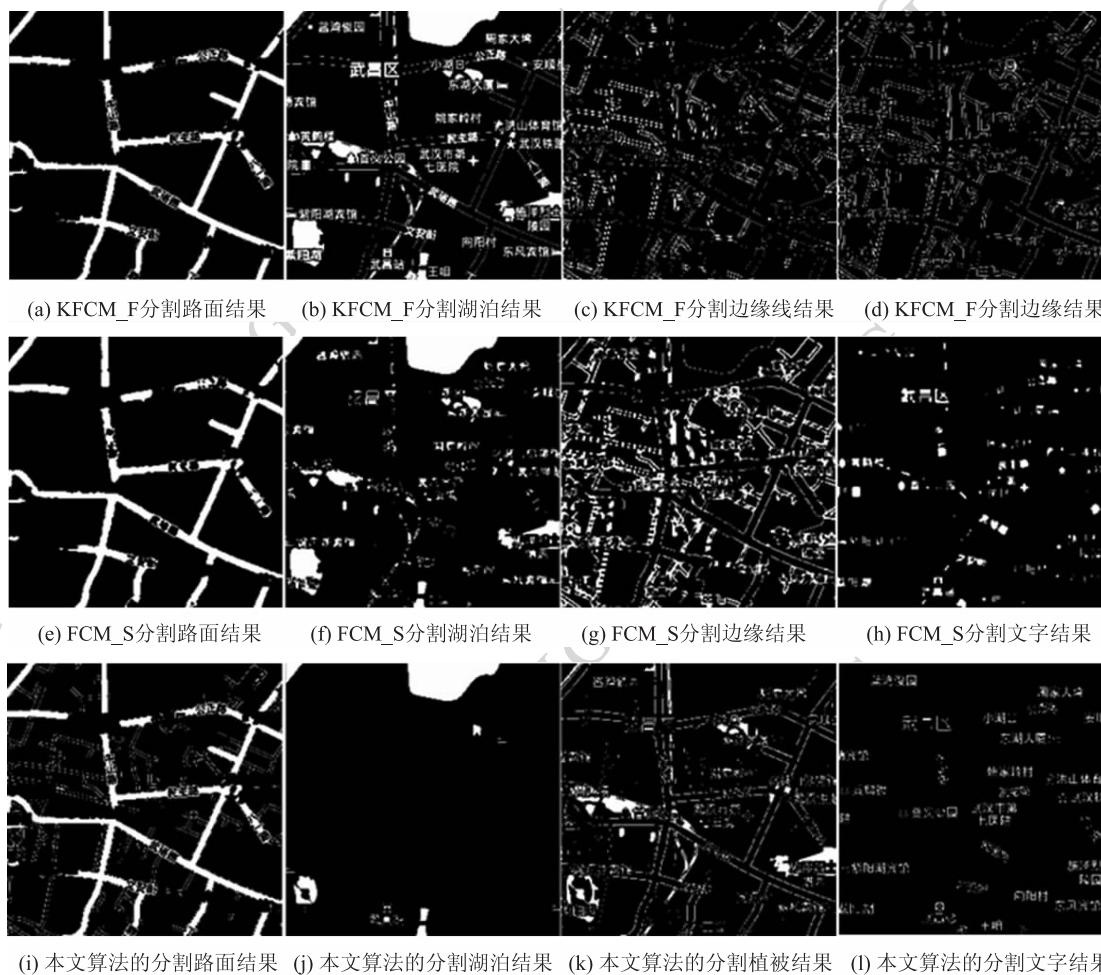


图7 “地图2”图像的分割结果

Fig. 7 The segmentation result of “map2” image

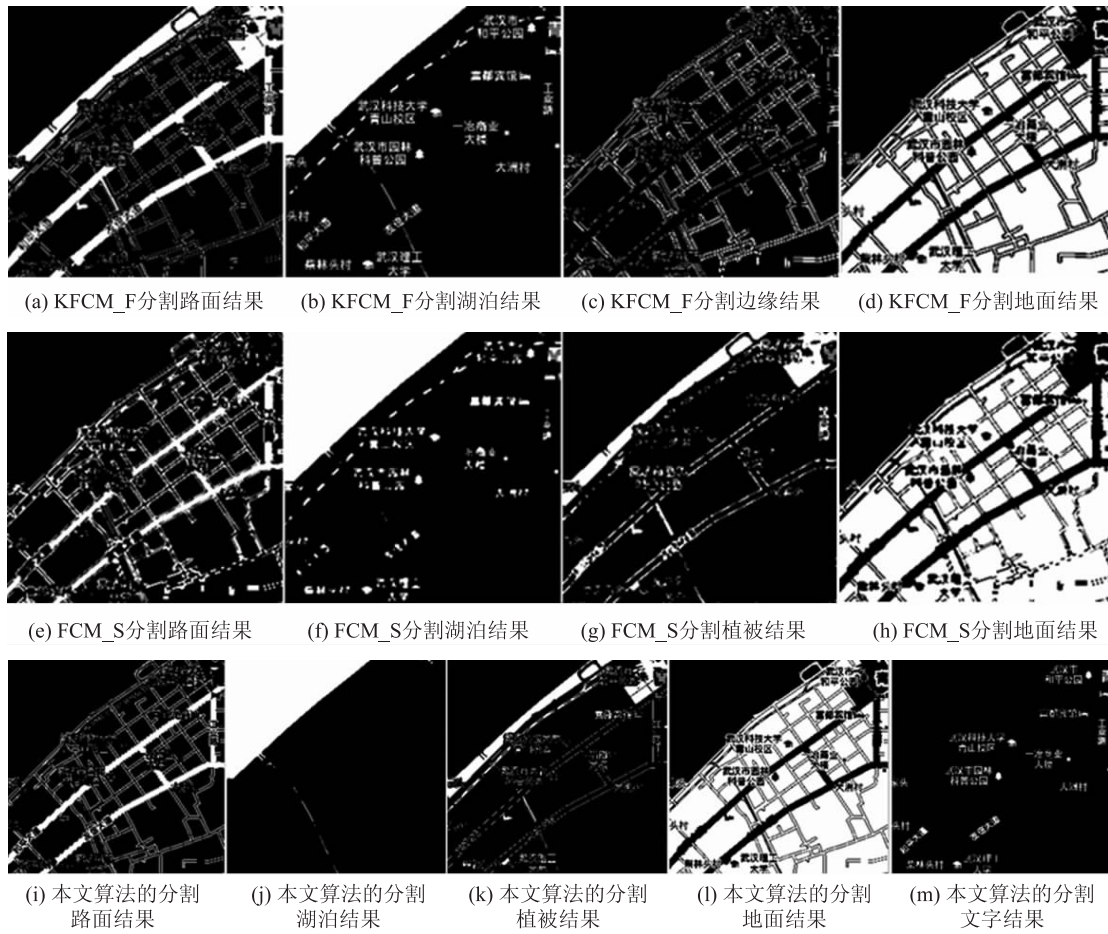


图 8 “地图 3”图像的分割结果

Fig. 8 The segmentation result of “map3” image

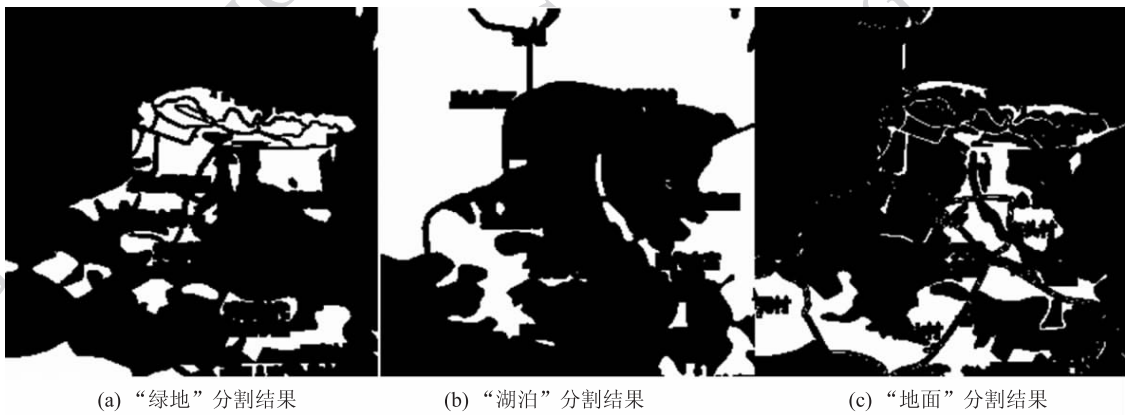


图 9 “地图 1”图像的手工分割结果

Fig. 9 The segmentation result of “map1” image

按照式(11)计算“地图 1”图像的错分率,得到结果如表 2。从表 2 中可以看出,对于“湖泊”的分类精确度较高,本文算法误分率仅仅为 1.28%,能够准确地将“湖泊”分割出来。对于“绿地”的分类,KFCM_F 分割效果较差,准确度仅为 60%;FCM_S

方法因加入了空间信息,分割精确度有所提高;而本文方法仍然能够很准确地将“绿地”分割出,正确率达到 87%。对于“地面”的分割,FCM_S 与 KFCM_F 方法有很多的错误。本文算法基本上能够分割出“地面”图像。

表2 不同方法的错分率

Table 2 The ratio of misclassification of difference methods

		/%		
		算法		
		KFCM_F	FCM_S	本文
“湖泊”		12.92	11.87	1.28
“地图1”	“绿地”	40.33	25.81	13.06
	“地面”	74.15	92.67	55.57

4 结 论

首先,本文针对 LBP 纹理特征存在的缺陷,提出将差分均值, LBP 特征及图像色彩特征组合起来构成一个特征矢量,该特征矢量描述既考虑了灰度的变化,又考虑了灰度对比度的特征;其次,在图像分割阶段,针对 FCM 存在的不足,又采用两阶段的聚类分割算法,使用直方图法进行估算初始聚类中心和类别数,这克服 FCM 容易陷入局部最优的缺陷,使聚类结果更加精确。实验结果表明提出的方法比文献中的一些方法分割结果要精确。

参考文献(References)

- [1] Otsu N. A threshold selection method from gray-Level histograms [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-67.
- [2] Ma W Y. EdgeFlow: a technique for boundary detection and image segmentation [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(8): 1375-1388.
- [3] Chen Y L, Liu X B. Adaptive image region-growing [J]. Image Processing, IEEE Transactions on, 1994, 3(6): 868-872.
- [4] Xia Y, Feng D G, Wang T J. Image segmentation by clustering of spatial patterns [J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28(12): 1548-1555.
- [5] Pedrycz W. Fuzzy sets in pattern recognition: methodology and methods [J]. Pattern Recognition, 1990, 23(1-2): 121-146.
- [6] Siangtan K, Matisa N. Color image segmentation using histogram thresholding Fuzzy C-means hybrid approach [J]. Pattern Recognition, 2011, 44(1): 1-15.
- [7] Graves D, Witoldpedrycz. Kernel-based fuzzy clustering and fuzzy clustering: A comparative experimental study [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2010, 161(4): 522-543.
- [8] Yang Z, Chung F, Wang S T. Robust fuzzy clustering-based image segmentation [J]. Applied Soft Computing, 2009, 9(1): 80-84.
- [9] Zhao F, Li C J, Liu H Q. et al. A novel fuzzy clustering algorithm with non local adaptive spatial constraint for image segmentation [J]. Signal Processing, 2011, 91(4): 988-999.
- [10] Cai W L, Chen S C, Zhang C C. Fast and robust fuzzy c-means clustering algorithms incorporating local information for image segmentation [J]. Pattern Recognition, 2007, 40(3): 825-838.
- [11] Chuang K S, Zeng H L, Chen S R, et al. Fuzzy c-means clustering with spatial information for image segmentation [J]. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2006, 30(1): 9-15.
- [12] Sikka K, Sinha N, Singh K P, et al. A fully automated algorithm under modified FCM framework for improved brain MR image segmentation [J]. Magnetic Resonance Imaging, 2009, 27(7): 994-1004.
- [13] Wang X, Bu J. A fast and robust image segmentation using FCM with spatial information [J]. Digital Signal Processing, 2010, 20(4): 1173-1182.
- [14] Huang P, Zhang D Q. Locality sensitive C-means clustering algorithms [J]. Neurocomputing, 2010, 73(16-18): 2935-2943.
- [15] Forouzanfar M, Forghani N, Teshnehlab M. Parameter optimization of improved fuzzy c-means clustering algorithm for brain MR image segmentation [J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2010, 23(2): 160-168.
- [16] Sowmya B, Rani B S. Colour image segmentation using fuzzy clustering techniques and competitive neural network [J]. Applied Soft Computing, 2011, 11(3): 3170-3178.
- [17] Zhou H, Wang R, Wang C. A novel extended local-binary-pattern operator for texture analysis [J]. Information Sciences, 2008, 178(22): 4314-4325.
- [18] Shan C, Gong S, Mcowan P W. Facial expression recognition based on Local Binary Patterns: A comprehensive study [J]. Image and Vision Computing, 2009, 27(6): 803-816.
- [19] Liu Y, Chen M, Ishikawa H, et al. Automated macular pathology diagnosis in retinal OCT images using multi-scale spatial pyramid and local binary patterns in texture and shape encoding [J]. Medical Image Analysis, 2011, 15(5): 748-759.
- [20] Chen H X. Study on face recognition under varying illumination based on multi-scale analysis [D]. Chongqing: Chongqing University, 2010. [陈恒鑫. 基于多尺度分析的变化光照下人脸识别研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2010.]
- [21] Zhou H. Hierarchical analysis method for high resolution remote sensing images [D]. Beijing: National University of Defense Technology, 2009. [周晖. 高分辨率遥感图像的层次化分析方法 [D]. 北京: 国防科技大学, 2009.]
- [22] Wang X J. Research on automatic face recognition algorithm based on statistical learning [D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2007. [王先基. 基于统计学习的自动人脸识别算法研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2007.]
- [23] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measure with classification based on feature distribution [J]. Pattern Recognition, 1996, 29(1): 51-59.
- [24] Jun B, Taewankim, Daijinkim. A compact local binary pattern

- using maximization of mutual information for face analysis [J]. Pattern Recognition, 2011, 44(3): 532-543.
- [25] Shan C. Learning local binary patterns for gender classification on real-world face images [J]. Pattern Recognition Letters, 2012, 33(4): 431-437.
- [26] Pietikainen M, Ojala T, Xu Z. Rotation-invariant texture classification using feature distributions [J]. Pattern Recognition, 2000, 33(1): 43-52.
- [27] Lu L. A study of gender classification and age estimation based on face image [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2010. [陆丽. 基于人脸图像的性别识别与年龄估计研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2010.]
- [28] Liu Z, Liu C. Fusion of color, local spatial and global frequency information for face recognition [J]. Pattern Recognition, 2010, 43(8): 2882-2890.