

弱可视环境下卫星图像粘连区域高精度分割方法研究

贾润亮

(太原理工大学 财经学院, 山西 太原 030024)

摘 要: 弱可视环境下粘连区域存在孔洞与震荡突变问题, 传统方法容易产生过分割现象, 得到的分割结果存在较大的偏差, 分割精度较低. 为此, 提出一种新的弱可视环境下卫星图像粘连区域高精度分割方法, 通过 Bernsen 算法对卫星图像进行二值化处理, 在此基础上, 将可体现卫星图像目标边界复杂程度的形状因子看作粘连区域的判别依据对卫星图像粘连区域进行确定, 通过距离变换获取卫星图像粘连区域的距离图, 对种子点进行选择, 依据得到的种子点对距离图进行重建, 通过快速浸没分水岭变换模型对重建的粘连区域图像进行分割. 实验结果表明, 所提方法具有很高的分割精度和有效性.

关键词: 弱可视环境; 卫星图像; 粘连区域; 高精度; 分割

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2017)06-0128-04

Weak Satellite Image Visual Environment Adhesion Area and High Precision Method Research

JIA Run-liang

(College of Finance & Economics, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Weak visual environment problems holes and shock mutation adhesion area, traditional method is prone to over-segmentation phenomenon, the segmentation results in larger deviation, low precision segmentation. Weak to do this, put forward a new visual environment adhesion area and high precision satellite image segmentation method, through the Bernsen algorithm of satellite image binarization processing, based on this, will be able to reflect the shape of the target satellite image boundary complexity factor as the discrimination on the basis of the satellite image of adhesion area to determine the adhesion area, the distance of the satellite images captured by the distance transformation adhesion area diagram, of the seed point selection, on the basis of the seed point to rebuild from the figure, through rapid immersion watershed transformation model of reconstruction image segmentation adhesion area. The experimental results show that the proposed method has high segmentation accuracy and effectiveness.

Key words: weak visual environment; satellite image; adhesion area; high precision; segmentation

1 引言

卫星图像在地震监测预报中被广泛应用, 在弱可视环境下卫星图像会出现粘连现象^[1-2], 粘连区域存在孔洞和震荡突变问题, 大大影响图像分割结果, 导致分割结果不可靠^[3-4]. 因此, 寻求合理的方法对弱可视环境下卫星图像粘连区域进行分割具有重要意义, 已经成为相关人员分析的热点方向^[5-6].

文献[7]提出一种基于分离点搜索的卫星图像粘连区域分割方法, 针对二值化卫星图像, 通过形态学腐蚀处理获取粘连需区域最终分割成单个区域的数量, 再依据腐蚀结果在原始二值卫星图像上获取分离点, 从而实现图像的分割. 该方法易于实现, 但若粘连区域面积过大, 会导致粘连图像被分割为多个目标; 文献[8]提出一种基于水坝算法的卫星图像粘连区域分割方法, 该方法将粘连区域看作自然地

质表面,不同的地理高度和不同像素亮度值相应.假设在地质表面打孔,令水从孔中溢出水域,为了避免水域汇合,需筑起一道堤坝,该堤坝即为目标间的分类线,从而实现粘连区域的分割.该方法无需阈值处理过程,但分割结果容易受到噪声干扰,结果不可靠;文献[9]提出一种基于阈值分割的图像粘连区域分割方法,首先确定一个在图像灰度取值范围内的灰度阈值,再将图像中每个像素的灰度值和该阈值相比,将其分成两类,从而实现粘连区域的分割.该方法不易受到外界环境的影响,但需确定一个最优阈值;文献[10]提出一种基于语义信息的图像粘连区域分割方法,该方法将图像灰度分布形式包含的边界信息看作语义信息,以语义信息为核心,依据某种逻辑推理出各种类型的边界,通过模糊逻辑获取满足要求的粘连区域分割结果.该方法分割精度高,但容易造成过分割.

针对上述方法的弊端,提出一种新的弱可视环境下卫星图像粘连区域高精度分割方法,并进行了实验对比分析.实验结果表明,所提方法具有很高的分割精度和有效性.

2 弱可视环境下卫星图像粘连区域高精度分割方法

在对弱可视环境下卫星图像粘连区域进行分割时,首先对卫星图像进行预处理,得到二值化图像;再针对各区域进行粘连区域的判断,若存在粘连则对其进行分割处理;反之,对下一区域进行提取,直至目标全部判断完毕.

2.1 弱可视环境下卫星图像预处理

在弱可视环境下,首先需对卫星图像进行预处理,本节通过 Bernsen 算法对卫星图像进行二值化处理,依据像素点所处局部窗口中像素的最大值与最小值确定该像素的值,假设像素灰度值的最大值是 $\max(i, j)$,最小值是 $\min(i, j)$,通过下式可获取其阈值 $T(i, j)$:

$$T(i, j) = (\max(i, j) + \min(i, j)) / 2 \quad (1)$$

按照顺序对卫星图像中的各像素点进行扫描,获取其阈值,即可实现对卫星图像的二值化处理.图1是原始灰度卫星图像,图2是经二值化处理后的卫星图像.

2.2 卫星图像粘连区域判定

本节将可体现卫星图像目标边界复杂程度的形状因子看作粘连区域的判别依据,形状因子 SF 可描述成:



图1 原始灰度卫星图像



图2 经二值化处理后卫星图像

$$SF = \frac{4\pi A}{C^2} \quad (2)$$

式中, A 用于描述卫星图像连通区域的面积像素; C 用于描述该连通区域的该区域的周长像素.

形状因子的取值在 $0 < SF \leq 1$ 范围内,在卫星图像粘连区域是圆形的情况下, SF 取最大值 1. 本节将既定阈值 SF_0 和最大面积阈值 $A_{\max}$ 看作卫星图像粘连区域的判断依据. 当某区域满足 $SF_i > SF_0$ 且 $A_i < A_{\max}$ 时,认为该区域无粘连;反之,认为该区域存在粘连.

2.3 卫星图像粘连区域分割

本节通过分水岭方法对弱可视环境下卫星图像粘连区域进行分割,首先通过距离变换获取卫星图像粘连区域的距离图,然后对种子点进行选择,根据获得的种子点对距离图实行重建,最后经过迅速淹没分水岭变换模型对重建图像进行分割.

把灰度值超过相邻 8 个连通域像素点的非 0 点当作种子点 $p_i(x_i, y_i, A_i)$, 扫描卫星图像能得到 n 个种子点,由于卫星图像粘连区域不统一,因此一幅卫星图像会得到多个种子点,经过以下进程对种子进行选择及优化.

(1) 获取的 n 个种子点间的间隔,把各种子点及其近邻种子点间的间隔当作此种子点的有效距离.

两个种子点间的间隔可经过下式获取:

$$D(p_i, p_j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3)$$

式中, x_i, y_i 用于描述种子点 p_i 的空间坐标; 种子点 p_i 的有效距离如下:

$$D_{\text{able}}(p_i, p_j) = \min[D(p_i, p_j)] \quad (4)$$

(2) 在种子点 $p_i(x_i, y_i, A_i), p_j(x_j, y_j, A_j)$ 之间的有效距离符合式(5)的情况下, 两个种子点可通过式(6)合成为新的种子点:

$$D_{\text{able}}(p_i, p_j) < T_{\beta}, T_{\beta} = \omega N \quad (5)$$

式中, T_{β} 用于描述种子点合并的既定阈值; ω 用于描述过滤因子, 通常取 0.4; N 用于描述合并基准阈值.

$$p_{ij}(x_{ij}, y_{ij}, A_{ij}) = \begin{cases} x_{ij} = \frac{x_i A_i + x_j A_j}{A_i + A_j} \\ y_{ij} = \frac{y_i A_i + y_j A_j}{A_i + A_j} \\ A_{ij} = \frac{A_i + A_j}{2} \end{cases} \quad (6)$$

式中, A_i 用于描述原种子点灰度值.

(3) 重复执行步骤(2), 直到没有两点符合合并条件.

将优化后的种子点看作地形的最高峰, 取最大灰度值. 以种子点为中心向四周顺地势递减, 递减的规则为

$$A(x, y) = A(x_n, y_n) - \alpha D[(x, y), (x_n, y_n)] \quad (7)$$

获取重构的距离图像后, 通过快速浸没分水岭变换模型对卫星图像粘连区域进行分割:

$$\text{Result} = \text{WaterShed}(A(x, y)) \quad (8)$$

式中, $\text{WaterShed}(\cdot)$ 用于描述分水岭变换; Result 用于描述分割结果.

将优化后的种子点看作入水点, 从入水点处注水, 随着水位的升高, 粘连区域的水流会相聚, 在相聚处通过分水岭变换将粘连区域分割开来.

3 实验结果分析

3.1 实验设备

通过图 3 所示的卫星图像采集设备对卫星图像进行采集, 因为采集设备精度不高, 所以得到的卫星图像可视度不是很高. 实验选择了不同种类粘连区域的卫星图像, 对 200 幅不同卫星图像进行实验, 同时和阈值方法以及水坝方法作对比, 验证本文方法的有效性.

3.2 粘连区域分割结果

任选一幅采集的卫星图像, 如图 4 所示, 分别采

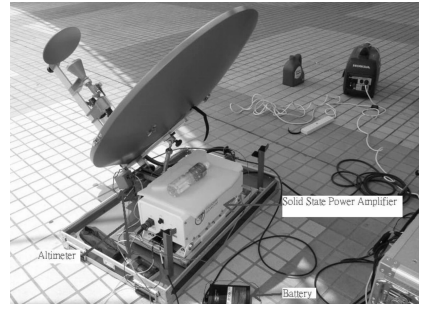


图 3 卫星图像采集设备

用本文方法、水坝方法和阈值方法对标记区域进行分割, 得到的分割结果分别用图 5~7 所示.



图 4 采集的卫星图像



图 5 本文方法分割结果

由图 4~7 可以看出, 采用本文方法对卫星图像粘连区域进行分割, 分割效果明显优于水坝方法和阈值方法, 验证了本文方法的有效性.

3.3 分割结果的量化评价

为了验证本文方法的分割准确性, 将分割率 (SR)、分割错误率 (SERR) 和分割有效率 (SEFR) 作为指标对实验结果进行评价, 各指标可通过下式求出:



图 6 水坝方法分割结果



图 7 阈值方法分割结果

$$SR = \frac{N_2}{N_1} \tag{9}$$

$$SERR = \frac{N_{\text{under}} + N_{\text{error}}}{N_1} \times 100\% \tag{10}$$

$$SEFR = \frac{N_{\text{correct}}}{N_2} \times 100\% \tag{11}$$

式中, N_1 用于描述粘连子区域实际个数; N_2 用于描述采用分割方法分割后的子区域个数; N_{under} 用于描述欠分割个数; N_{error} 用于描述过分割与分割位置错误的个数; N_{correct} 用于描述准确分割的粘连子区域个数.

分割率为分割程度的指标体现, 在 $SR>1$ 的情况下, 说明出现过分割, 反之, 出现欠分割. 分割错误率 SERR 越低认为分割效果越好. 分割有效率 SEFR 越高, 说明分割有效性越高, 如果 SEFR 取最大值 100%, 则认为分割全部有效.

任选 5 幅采集的卫星图像, 分别采用本文方法、水坝方法和阈值方法对其中的粘连区域进行分割, 得到的 SR、SERR、SEFR 比较结果用表 1 进行描述.

表 1 三种方法分割性能比较

方法	指标	图像 1	图像 2	图像 3	图像 4	图像 5
本文方法	SR	1	1	1.01	1	1
	SERR/%	2.9	4.1	2.7	1.8	3.2
	SEFR/%	97.1	95.9	97.3	98.2	96.8
水坝方法	SR	1.06	0.93	0.96	0.92	1.05
	SERR/%	6.9	7.4	8.2	8.6	7.9
	SEFR/%	93.1	92.6	91.8	91.4	92.1
阈值方法	SR	1.05	1.09	0.91	0.93	1.06
	SERR/%	8.4	8.9	7.6	7.7	8.2
	SEFR/%	91.6	91.1	92.4	92.3	91.8

分析表 1 可以看出, 在分割率方面, 本文方法只在第 3 幅卫星图像中出现了过分割现象($SR>1$), 而水坝方法和阈值方法针对 5 幅图像均出现了过分割或欠分割现象, 说明本文方法分割效果最好. 从分割错误率和分割有效率方面分析, 本文方法的分割错误率明显低于水坝方法和阈值方法, 分割有效率明显高于水坝方法和阈值方法, 说明水坝方法和阈值方法存在更多的错误分割和无效分割, 分割准确度和有效性低于本文方法.

为能客观地表示三种分割方法间的区别, 以手动分割结果当作基准, 把差度值当作评价指标, 公式表示为

$$S = D/T \tag{12}$$

S 值越小, 则认为分割方法与手动分割之间的差异越小, 分割效果越好. 表 2 描述的是本文方法、水坝方法、阈值方法与手动分割差度值的比较结果.

表 2 三种方法差度值比较结果

方法	图像 1	图像 2	图像 3	图像 4	图像 5
本文方法	0.06	0.04	0.02	0.03	0.05
水坝方法	0.37	0.45	0.33	0.41	0.39
阈值方法	1.09	1.12	0.97	0.95	1.14

分析表 2 可以看出, 和水坝方法与阈值方法相比, 本文方法与手动分割的差度值最小, 说明本文方法对卫星图像粘连区域的分割效果最好.

4 结束语

本文提出新的弱可视环境下卫星图像粘连区域高精度分割方法, 并进行实验对比分析, 结果表明, 所提方法具有很高的分割精度和有效性.

对不同特征的分量进行混沌处理,同时针对分量的非线性变化特点,采用极限学习机进行预测,获得了较高精度的网络流量预测结果,而且具有良好的稳定性. 相对于神经网络,极限学习机的训练过程更加简单,同时克服了支持向量机的参数确定难题,降低人为因素风险,结果表明,网络流量预测值与实测值拟合很好,建立的网络流量模型具有一定的实际应用价值.

参考文献:

- [1] Nguyen T T, Armitage G. A survey of techniques for internet traffic classification using machine learning [J]. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2008, 10(4): 56-76.
- [2] 姜明,吴春明,张曼,等. 网络流量预测中的时间序列模型比较研究[J]. 电子学报, 2009, 37(11): 2353-2358.
- [3] 李士宁,闫焱,覃征. 基于 FARIMA 模型的网络流量预测[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(29): 148-150.
- [4] 马华林,李翠凤,张立燕. 基于灰色模型和自适应过滤的网络流量预测[J]. 计算机工程, 2009, 35(1): 130-131.
- [5] Silva C G. Time series forecasting with a nonlinear model and the scatter search met heuristic [J]. Information Sciences, 2008, 178(16): 3288-3299.

- [6] Callado A, Keu R J, Sadok D, et al. Better network traffic identification through the independent combination of techniques [J]. Journal of Network and Computer Applications, 2010, 33(4): 433-446.
- [7] 田妮莉,喻莉. 一种基于小波变换和 FIR 神经网络的广域网网络流量预测模型[J]. 电子与信息学报, 2008, 30(10): 2549-2555.
- [8] 刘渊,王鹏. 融合小波变换与贝叶斯 LS-SVM 的网络流量预测[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(6): 2229-2231.
- [9] 张东娟,丁煜函,刘国海,等. 基于改进极限学习机的软测量建模方法[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(20): 51-54.
- [10] 陈伟,吴介军,段渭军. 基于小波分解和 SVM 的城市大气污染浓度预测[J]. 现代电子技术, 2011, 34(13): 145-148.
- [11] Jin Yi, Zhou Gan. Theoretical mean-variance relationship of IP network traffic based on ON/OFF model [J]. Sci China Inf Sci, 2009, 52(4): 645-655.
- [12] 高光勇,蒋国平. 采用优化极限学习机的多变量混沌时间序列预测[J]. 物理学报, 2012, 61(4): 1-9.

作者简介:

胡竟伟 女(蒙古族), (1981-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机软件与理论. E-mail: 20524787@qq.com.

(上接第 131 页)

参考文献:

- [1] 王佳欣,翟红生. 畸变粘连细胞的高精度图像分割模型仿真[J]. 计算机仿真, 2015, 32(2): 418-422.
- [2] 李文勇,李明,钱建平,等. 基于形状因子和分割点定位的粘连害虫图像分割方法[J]. 农业工程学报, 2015, 31(5): 175-180.
- [3] 谢榕,刘亚文,李翔翔. 大数据环境下卫星对地观测数据集成系统的关键技术[J]. 地球科学进展, 2015, 30(8): 855-862.
- [4] 倪志强,叶明. 基于分水岭变换的粘连颗粒图像分割方法[J]. 计算机系统应用, 2014, 23(6): 93-97.
- [5] 代强玲,张宏伟,林宗坚. 稀少控制的多源卫星影像区域网平差研究[J]. 测绘科学, 2014, 39(9): 34-38.
- [6] 常生鹏,马亿昨,蔡立军,等. 一种基于 Hadoop 的高分辨率遥感图像处理办法[J]. 计算机工程与应用, 2015,

51(11): 167-171.

- [7] 付卓,申文明,熊文成,等. 基于环境一号卫星 CCD 影像的磷石膏识别[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(6): 970-975.
- [8] 段光耀,宫辉力,李小娟,等. 结合特征分量构建和面向对象方法提取高分辨率卫星影像阴影[J]. 遥感学报, 2014, 18(4): 760-770.
- [9] 蔡燕伟,崔红霞. 基于彩色空间的二维 OSTU 的图像分割算法[J]. 电子设计工程, 2014, 22(5): 131-133.
- [10] 陈阳,陈霞,汪军. 基于图像处理的织物覆盖系数检测[J]. 西安工程大学学报, 2016, 30(1): 16-20.

作者简介:

贾润亮 男, (1973-), 硕士, 讲师. 研究方向为人工智能. E-mail: wanghong1975001@sina.com.