

基于局部复杂度的图像过渡区处理研究

冯涛¹⁾ 周祖安²⁾ 刘其真³⁾

¹⁾(上海第二工业大学,上海 200041) ²⁾(上海师范大学中新科技管理学院,上海 200233)

³⁾(复旦大学计算机科学与工程系,上海 200433)

摘要 图像过渡区是图像中普遍存在的特定区域。由于图像过渡区的存在,不仅致使图像分割不准确,而且对图像的后续分析和理解也易产生偏差。针对此问题,提出了一种基于局部复杂度的图像过渡区处理方法,该方法首先采用统计图像局部复杂度的方法准确提取图像的过渡区,然后确定图像过渡区的处理方向,进而进行插值或修正处理。实验结果表明,处理后的图像,其边缘部分更清晰,过渡带的现象得到很好的遏制。此方法既可以遏制图像的过渡带,又可保留图像原有的内部细节。具有较高的实用性和推广性。

关键词 图像分割 过渡区提取 欧氏距离 局部复杂度

中图法分类号: TP391.41 文献标识码:A 文章编号:1006-8961(2008)10-1894-04

Analysis of the Image Transition Region Processing Based on Local Complexity

FENG Tao¹⁾, ZHOU Zu-an²⁾, LIU Qi-zhen³⁾

¹⁾(Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 200041) ²⁾(Shanghai Normal University Science and Technology Management College, Shanghai 200233) ³⁾(Computer Science and Engineering Department, Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract The image transition region is a particular area that ubiquitously exists in image. Because of the existence of the image transition region, causing low accuracy in image segmentation and misinterpretation of image itself. This paper used the method of the local complexity which could accurately draw the transition region, and confirm the processing direction of the image transition region. The experimental result shows that the impact from the image transition region is reduced while edges are much clearer after processing. This method can keep the original internal details of the image and has higher practicability and popularization.

Keywords image segmentation, transition region extraction, Euclidean distance, local complexity

1 引言

图像分割是图像分析和图像理解的基础,而且分割的结果对进行后续图像处理有很大的影响。其中阈值分割^[1,2]是图像分割的常用方法,然而由于图像过渡区的存在,不仅造成了图像分割结果的不准确性,而且易对图像的后续分析和理解产生偏差。图像过渡区是图像中普遍存在的特定区域。它既有边界的特点,可用于将不同区域分开;又有区域的特点,其自身有宽度,并且面积不为零^[3]。过渡区处理的好坏

将直接影响最终分割阈值的确定和分割结果的质量。近年来,许多学者提出了多种过渡区算法^[3,4]。文献[3]通过计算图像的有效平均梯度(EAG)和通过对图像灰度进行剪切(CLIP)操作来得到图像过渡区灰度分布的上边界 L_{high} 和下边界 L_{low} ,并且证明了 L_{high} 和 L_{low} 的唯一存在,而且在实际图像中 L_{high} 总是大于 L_{low} 。文献[4]采用一元线性回归的方法来消除局部区域的随机波动,虽然提高了过渡区判定过程的鲁棒性和定位精度,但上述方法存在不能很好保留图像的内部细节以及过渡区的定位精度不高的问题。然而由于图像内部细节对于进行图像分析和理解至关重

收稿日期:2008-06-20; 改回日期:2008-07-01

第一作者简介:冯涛(1975~),男,讲师。2001年获东华大学工学硕士学位。主要研究方向为电子与通信技术、图像处理与模式识别。E-mail:fengtao@adult.sspu.cn

要,为此,本文通过统计图像局部复杂度来准确提取图像的过渡区,进而确定图像过渡区的处理方向,并且通过计算图像像素之间的欧氏距离来得到图像过渡区的有效处理像素,再进而按照图像过渡区的处理方向进行修正处理。具体步骤如下:

- (1) 进行局部复杂度计算,提取过渡带,并保留图像内部细节;
- (2) 按处理方向分段选取过渡带像素点;
- (3) 对于方向上的过渡带,根据相似度选取背景与目标;
- (4) 将图像内部细节与处理后的过渡带相加,即可恢复原始图像。

2 灰度图像过渡区的提取

2.1 图像过渡区的特点

图像过渡区是介于目标与背景之间的区域,其普遍具有如下特点^[5]:

- (1) 图像过渡区应分布在目标周围,且具有一定的宽度,而且即使是阶跃型边缘,根据香农定理对它采样,所得到的离散图仍存在至少一个像素宽度的边缘;
- (2) 图像过渡区的灰度值一般介于目标灰度值与背景灰度值之间;
- (3) 图像过渡区的灰度值变化率比其他区域的变化率大,由于图像过渡区是一幅图像中灰度等级层次分布较多的区域,因此它包含的信息量也比其他区域丰富。

通过对图像过渡区的特点进行分析可以发现,只要求得整幅图像的局部区域的复杂度,就可以把图像的过渡区从目标和背景中分离出来。

2.2 局部复杂度的计算

运算结构元素是局部复杂度计算的基本算子,

由于所有关于局部复杂度的计算都由它来完成,因此合理选取运算结构元素将直接影响局部复杂度计算的效果和质量。考虑本文处理对象的实际情况,可采用正方形结构元素 S 作为基本算子。结构元素的大小可根据图像目标体的灰度变化情况和噪声情况而定,灰度变化越小,结构元素可选大些,以提高运算速度。根据本文项目需处理的图像的灰度、纹理等特性,选取 6×6 大小的结构元素,就可以保证能准确提取到图像的过渡区。

定义: $f(i, j)$ 为结构元素 S 内的灰度分布函数, $\{p = (i, j)\}$ 为 S 内的像素集合。

$$h(r) = \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y \delta(r - f(i, j)) \quad (r=0 \sim 255) \quad (1)$$

X, Y 分别为结构元素 S 的长度和宽度, δ 为单位冲激函数。

计算复杂度时,首先利用式(1)得到 S 内灰度图像的直方图 $h(r)$,并对每个出现过的灰度值标记为 1,而将未出现过的灰度值标记为 0,然后统计标记为 1 的灰度值,其得到的统计结果即为局部的复杂度。据此可以发现,当结构元素 S 内的灰度级别较多时,则该区域的复杂度较大,其最大值为 $X \times Y$,当结构元素 S 内的各像素灰度值相等时,则复杂度最小,为 1;如果在一个区域内复杂度越大,则表明该结构元素 S 内的灰度分布层次越多,同质性越差,越接近过渡区,反之则为目标或背景;

在整个图像中,通过水平或垂直移动结构元素 S 来统计整个图像的局部复杂度,就可以得到一个由局部复杂度组成的 2 维矩阵,然后根据 2 维矩阵的值来设置合适的复杂度门限,将图像过渡区的像素从整个图像中分离出来。分离结果如图 1 所示。

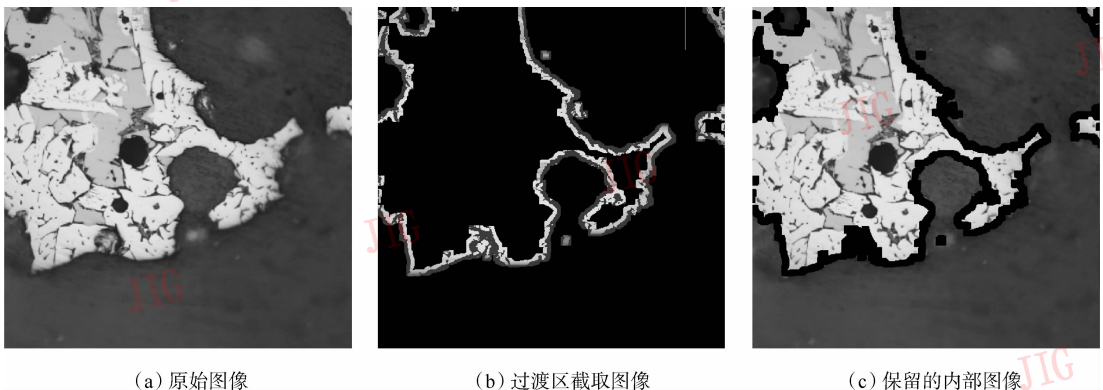


图 1 某种铁矿石显微图像过渡区的分离结果

Fig. 1 The segmentation result of the image transition region

3 灰度图像过渡区的处理方法

得到图像过渡区后,则根据图 1(b)的纹理就可以看出,分别沿水平、垂直方向进行处理的结果是完全不一样的。所以,必须确定图像的处理方向。

定义:图像中非零像素值的两点 $p_1 = (x_1, y_1)$, $p_2 = (x_2, y_2)$ 之间的距离(像素间的欧几里德距离)为 $D(p_1, p_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ (假设图像的像素个数为 800×800 , $i = 1 \sim 800$),则可认为它的实际意义就是图像像素值之间的差分。因为过渡区的像素位于目标与背景之间,其灰度变化频繁,不仅目标与背景像素之间的相似度小,并且灰度是一个渐变的过程^[5]。通过计算某像素与其相邻像素的欧几里德距离,就可以确定图像

处理的方向。

假定像素 p 的值大于 0, N_p 为像素 p 其四邻域像素的序列,如果欧几里德距离 $D(N_p)$ 中有一个连续序列 n_1, n_2, \dots, n_k ($k \geq 1$),则必定满足下列条件之一:

(1)如果该序列的每个 $D(N_p)$ (p 为奇数)的值大于零,且连续,则可认为图 1(b)的纹理是垂直的,此时应该水平处理图像;

(2)如果该序列的每个 $D(N_p)$ (p 为偶数)的值大于零,且连续,则可认为图 1(b)的纹理是水平的,此时应该垂直处理图像。

假设以水平方向通过应用上述方法逐行处理图 1(b)来得到图像过渡带的处理数据,由于选择的结构元素 S 为偶数,因此可以证明各行节选的数据个数亦为偶数,节选的部分数据见表 1。

表 1 图像过渡带部分实验数据

Tab. 1 Experimental data about the image of transition region

数据范围	得到的实验数据(灰度)												灰度变化趋势			
第 200 行 431 ~ 467 列	217	217	215	216	216	215	214	212	209	209	207	208	205	207	向左渐变小	
	204	202	198	196	199	197	193	190	184	177	171	159	146	131		
	114	94	80	60	46	39	40	47								
第 400 行 594 ~ 626 列	195	191	186	183	184	187	191	195	196	193	192	191	191	187	向左渐变小	
	183	178	175	168	163	154	143	132	120	107	86	69	53	48		43
	45	44														
第 500 行 534 ~ 574 列	195	192	190	183	172	155	133	130	146	165	177	179	179	181	向左渐变小	
	179	178	176	171	169	165	162	156	149	141	133	125	115	103		
	94	85	77	68	58	54	48	45	42	42	43	44				

在具体的过渡区处理算法中,如果直接使用某一固定灰度值作为过渡区的分割阈值,则会导致分割后的过渡区目标与背景产生较大的误差。解决的方法是,可以将灰度值按行进行升序排序,先将各行过渡区像素值分段提取出来,然后计算像素间的相似度。像素之间的相似度函数一般定义为

$$w(i, j) = \exp[-D(p_i - p_j)/(2\sigma^2)] \quad (2)$$

其中, $D(p_i - p_j)$ 为两像素之间的欧几里德距离,对于灰度图像来说,其可以是像素之间的灰度差^[6]。根据相似度 $w(i, j)$ 可以将过渡区准确地分为目标与背景两部分。最后将处理后的过渡区与保留的原始图像相加,即可以得到进行过渡区处理后的图像。

4 实验结果与应用

图 2(a)是某矿相的原始图像,图 2(b)为处理后的图像示例,其处理前面积为 $S_a = 2.8644e + 005$,处理后面积为 $S_b = 2.8228e + 005$ 。由此可以看出,处理前后的面积是相差较多的,处理后的图像的边缘部分更清晰,且过渡带的现象得到很好的遏制,所以用上述方法既可以处理图像的过渡带,又可以保留图像原有的内部细节。

通过用上述方法对某种矿石图像进行边缘处理,经过对 400 余幅不同的样品图像进行实验的结果表明,该方法的处理结果基本符合要求。此处理方法具有较高的实用性和推广性。

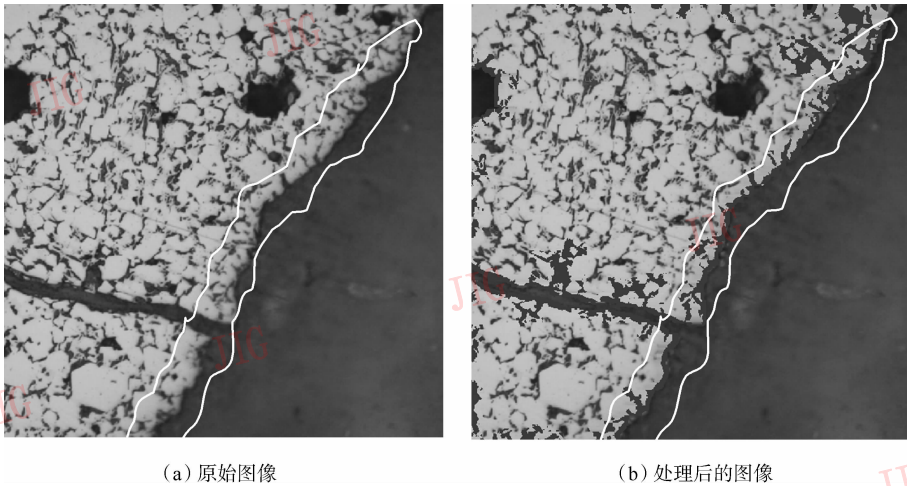


图 2 本文方法处理的某矿相图像

Fig. 2 The image processed by using the algorithm in this article

参考文献 (References)

- 1 Nikhil R P, Sankar K P. A review on image segmentation techniques [J]. Pattern Recognition, 1993, **26**(9):1227 ~ 1294.
- 2 Shao P K, Soltani S, Wong A K C, *et al.* Survey of thresholding techniques [J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1988, **41**(2): 233 ~ 260.
- 3 Zhang Yu-jin. Transition region and image segmentation [J]. Acta Electronic Sinica, 1996, **24**(1):12 ~ 17. [章毓晋. 过渡区和图象分割[J]. 电子学报, 1996, **24**(1):12 ~ 17]
- 4 Le Ning, Liang Xue-jun, Weng Shi-xiu. The algorithm of image transition region and its improvement [J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2001, **20**(3):211 ~ 214. [乐宁, 梁学军, 翁世修. 图像过渡区算法及其改进[J]. 红外与毫米波学报, 2001, **20**(3):211 ~ 214]
- 5 Yan Cheng-xin, Sang Nong, Zhang Tian-xu. Degree-based image transition region extraction and its segmentation [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology, 2004, **32**(10): 1 ~ 3. [闫成新, 桑农, 张天序. 基于度信息的图像过渡区提取与分割[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2004, **32**(10): 1 ~ 3]
- 6 Shi J, Malik J. Normalized cuts and image segmentation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, **22**(8):888 ~ 905.