

基于 LDC 的图像过渡区提取与分割

陈从平, 秦武, 方子帆

(三峡大学机械与材料学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要:提出一种基于局部清晰度-复杂度的图像过渡区提取算法,通过计算图像局部清晰度获得清晰度图像,增加了过渡区灰度层次信息,再计算清晰度图像的局部复杂度,并根据复杂度曲线确定过渡区提取门限对过渡区进行提取,根据提取的过渡区灰度直方图,获得图像的分割阈值并对图像进行分割。实验结果表明,本文方法比传统的基于局部复杂度法提取的过渡区更加准确,图像分割效果更好。

关键词:过渡区提取;清晰度;复杂度;图像分割

中图分类号:TP391 文献标识码:A DOI:10.3969/j.issn.1001-5078.2011.09.018

Image transition region extraction and segmentation based on LDC

CHEN Cong-ping, QIN Wu, FANG Zi-fan

(School of Mechanical & Materials Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: A novel algorithm for the image transition region extraction and segmentation is presented based on local definition-complexity of the image. At first, the local definition of the original image is calculated to get a definition image, which enhanced the transition region's grey level. Then the local complexity of the definition image is calculated and transition region extraction threshold is gotten based on the complexity curve. At last, segmentation is made to the original image according to the threshold value obtained from the extracted transition region histogram. Experiment results demonstrate that the proposed algorithm achieves a better transition region extraction and segmentation performance.

Key words: transition region extraction; definition; complexity; image segmentation

1 引言

基于过渡区提取的图像分割是近年来提出的一种新的阈值分割方法。1991年, Zhang首次提出应用过渡区提取技术解决图像分割的问题^[1], 随后闫成新^[2-3]、韩涛^[4]等先后利用基于局部复杂度(local complexity, LC)的过渡区提取算法分别对遥感图像进行分割和 underwater 图像进行增强, 但基于 LC 的过渡区提取算法具有低通滤波功能, 使得图像的边缘等高频信息受到抑制, 导致图像过渡区灰度层次降低, 致使过渡区提取宽度不够准确, 图像分割效果不

理想。

本文提出了一种基于局部清晰度-复杂度(local definition-complexity, LDC)的图像过渡区提取与分割算法^[5-6], 首先求取原图像的清晰度图像的局部复杂度曲线, 据此复杂度曲线获得过渡区提取门限, 根据提取出的过渡区的灰度直方图求取图像分

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 51005134)资助。

作者简介: 陈从平(1976-), 男, 副教授, 博士, 主要研究工作是机器视觉与智能控制。E-mail: mechencp@163.com

收稿日期: 2011-02-24; 修订日期: 2011-04-12

割阈值并对图像进行分割,经实验验证取得了更好的图像分割效果。

2 基于 LC 的图像过渡区提取

令 S 为像素空间坐标的整数集合, Ω_k 为图像中以 k 为中心的邻域,其大小为 $M_k \times N_k$,具有 256 个灰度级,则该邻域的局部复杂度 LC_k 为:

$$LC_k(\Omega_k) = \sum_{l=0}^{255} S_l \quad (1)$$

其中:

$$S_l = \begin{cases} 1, & h(l) \neq 0 \\ 0, & h(l) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

且:

$$h(l) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \delta(l - f(i, j)) \quad (3)$$

式中, $h(l)$ 为图像的直方图函数; $f(x, y)$ 为 I 的灰度分布函数; $l \in \{0, 1, 2, \dots, 255\}$ 为灰度等级; $\delta(\cdot)$ 为冲激函数。利用获得的各像素点处的复杂度值构造复杂度图像,由于过渡区像素同质性差,灰度层次丰富,将具有较高的复杂度值,而目标内部与背景内部像素同质性好,具有较低的复杂度值。故可以设定合适的复杂度阈值,提取出大于该阈值像素,即可获得原图像的过渡区。但复杂度表征的是灰度级别的差异性,与灰度幅值无关,此时尽管孤立的噪声点会引起梯度的局部突变,但有限个孤立点对 LC 的影响较小,故 LC 能有效消除孤立点噪声,但同时也弱化了像素之间的差异,使过渡区对比度降低。

由 LC 的定义可知,基于 LC 的图像过渡区提取算法的核心思想是通过图像局部复杂度的“拉伸效应”,突出了图像中过渡区与非过渡区的区别,更便于过渡区的提取。基于这一思想,为进一步细化过渡区图像的灰度层次,充分体现过渡区的细节信息,本文提出基于局部清晰度-复杂度的过渡区提取方法,首先计算出图像局部清晰度值,构造清晰度图像,再对清晰度图像求局部复杂度,进而进行过渡区提取与图像分割。

3 基于 LDC 的图像过渡区提取

设大小为 $N \times N$ 的窗口 W_k 内图像灰度分布函数为 $f_w(x, y)$,定义 W_k 的清晰度函数为:

$$\{D_k | D_k = (f'_w(x, y) - f'_w(i, j))^2, x > i \text{ or } y > j; (x, y, i, j) \in [1 \ N], k \in [1 \ C_{N^2}^2]\} \quad (4)$$

其中:

$$f'_w(x, y) = f_w(x, y) + \alpha(f_w(x, y) - f_w^m(x, y)) \quad (5)$$

表示图像局部窗口增强函数; $f_w^m(x, y)$ 为窗口 W_k 内的灰度分布均值; α 为增强系数,取前一窗口的 LC 值,反映了相邻窗口与当前窗口像素灰度的联系;当 $f_w(x, y) - f_w^m(x, y) > 0$ 时,清晰度 D_k 被增强;当 $f_w(x, y) - f_w^m(x, y) < 0$ 时 D_k 被缩小,从而使得窗口内图像清晰度范围被拉伸。利用所获得的清晰度值构造清晰度图像并构造 LDC 为:

$$LDC_k(W_k) = \sum_{k=1}^{C_{N^2}^2} h(D_k) \quad (6)$$

其中:

$$h(D_k) = \begin{cases} 1 & \delta(D_k) \neq 0 \\ 0 & \delta(D_k) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

通过求取 LDC 值,将反映过渡区灰度变化的测度由 LC 算法的 $N^2/2$ 扩展为 LDC 算法的 $C_{N^2}^2$,相应的对比度值的长度区间由 $N^2/256$ 拉伸到 $C_{N^2}^2/256$,进而使过渡区的灰度特征与图像中其他部分的灰度特征区别更明显。

通过移动模板获得整幅图像的 LDC 值后,设定合适的阈值 T_D ,将大于此阈值的原图区域提取出来,即得到准确的过渡区域。 T_D 过大会导致提取的过渡区不完整并且使本来连通的过渡区域发生断裂, T_D 过小会将图像中的非过渡区提取出来,直接导致后续的图像分割中目标分割不准确。为确定此合适的阈值,我们采集了 140 幅电厂红外图像,经实验统计验证,其中 80% 以上的实验图像满足此阈值 T_D 为各自最大 LDC 值的 0.5~0.6 倍,即:

$$T_D = \lambda \max(D_k) \quad (\lambda = 0.5 \sim 0.6) \quad (8)$$

综上所述,基于 LDC 的过渡区提取及图像分割算法步骤为:

- S1: 计算图像的清晰度值;
- S2: 基于清晰度图像计算 LDC 值;
- S3: 根据 LDC 门限值提取过渡区;
- S4: 根据过渡区灰度直方图得到分割门限;
- S5: 根据阈值分割图像。

4 对比实验

为验证本文方法的有效性,利用本文方法对电厂变压器红外图像进行过渡区提取与分割实验,并与现有的 LC 对图像的处理效果进行比较,其中局部窗口尺寸为 5×5 ,实验结果如图 1 所示,其中图 1(a)为变压器局部红外图像。

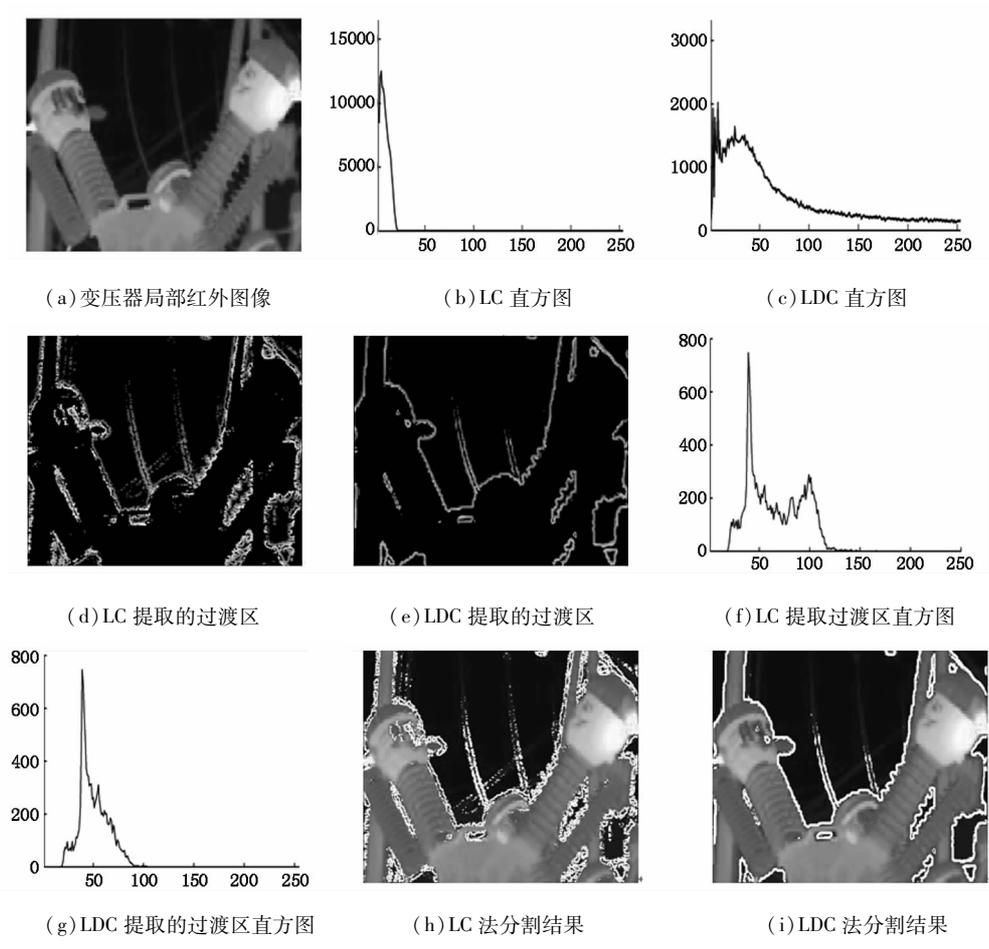


图1 红外图像过渡区提取与分割结果

图1(b)和图1(c)分别为 LC 和 LDC 图像直方图,可见 LDC 像灰度范围得到拉伸,且经计算 LDC 直方图曲线包络面积明显大于 LC 曲线包络面积,这表明 LDC 图像相比于 LC 图像同时增加了对比度和细节层次。分别按要求选择阈值后对原图过渡区进行提取,其结果分别如图1(d)和图1(e)所示,可见 LC 提取的过渡区过宽,区域边界不够光滑,部分不属于过渡区的区域被误提取,而 LDC 提取的过渡区域边界光滑,提取结果更准确。进一步分析利用两种方法提取的过渡区灰度直方图如图1(f)和图1(g)所示,LC 方法提取的过渡区直方图灰度范围较宽,且出现双峰值,而 LDC 法提取的过渡区灰度范围较窄,呈现明显的单峰现象,说明 LDC 法提取的过渡区灰度向度更集中,误提取出的非过渡区域的范围更小,且单峰值可更准确地确定原图像的分割阈值。图1(h)、图1(g)分别为基于 LC 和 LDC 方法分割出的变压器局部图像,可见利用本文方法分割出的目标具有更清晰的边界。

实验表明,LC 法和 LDC 法对邻域窗口的尺寸较为敏感,窗口尺寸过大会使非过渡区的像素被误

判为过渡区像素,造成提取的过渡区过宽;窗口过小则会使提取的过渡区过窄。LDC 运算的时间复杂度为 $(C_{N^2}^2)^4$,随着窗口尺寸的增加,时间复杂度呈指数增长,为便于计算,窗口尺寸一般取奇数,对上述的 140 幅图像进行过渡区提取实验表明,窗口尺寸一般选择 3×3 和 5×5 就能够得到很好的分割效果,并且应该遵循先小后大的原则。表1为邻域窗口尺寸为 3×3 和 5×5 时对图1(a)分别用 LDC 和 LC 方法分割后的熵和各自的 Complexity 测度值,结果表明无论用 3×3 或 5×5 领域窗口,LDC 分割后的图像熵更大,表明图像中包含的细节信息更丰富(或丢失的细节信息更少),同时 LDC 法分割过程中的 Complexity 测度也更高,表明经清晰度变换后,图像的灰度层次更丰富,使过渡区灰度变化特征更明显,更有利于过渡区的提取与分割。

表1 LC 法和 LDC 法性能参数对比

评价指标 \ 算法	熵		Complexity 测度	
	3×3	5×5	3×3	5×5
LC	5.5800	3.6727	$N^2/2 = 4.5$	$N^2/2 = 12.5$
LDC	6.2406	4.9989	$C_{N^2}^2 = 36$	$C_{N^2}^2 = 300$

5 结 论

本文提出了一种对图像过渡区进行精确提取和分割的算法,首先计算图像的清晰度获得清晰度图像,使图像的灰度得到拉伸,然后计算清晰度图像的复杂度,根据复杂度曲线求取过渡区分割门限并对过渡区进行提取,进而根据提取的过渡区灰度曲线获得图像分割阈值。结果表明,本文提出的方法比传统意义上的基于复杂度的图像过渡区提取与分割算法获取的过渡区更准确,对图像的分割效果也更好。

参考文献:

- [1] Zhang Y J, Gerbrands J J. Transition region determination based thresholding [J]. Pattern Recognition Letters (ISSN:0167-8655), 1991, 12(1): 13-23.
- [2] Yan Chengxin, Sang Nong, Zhang Tianxu, et al. Image transition region extraction and segmentation based on local complexity [J]. J. Infrared Millim. Waves, 2005, 24(4): 312-316. (in Chinese)
闫成新, 桑农, 张天序, 等. 基于局部复杂度的图像过渡区提取与分割[J]. 红外与毫米波学报, 2005, 24(4): 312-316.
- [3] Yan Chengxin. Local complexity based remote image segmentation [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2009, 31(18): 160-163. (in Chinese)
闫成新. 基于局部复杂度的遥感图像分割[J]. 武汉理工大学学报, 2009, 31(18): 160-163.
- [4] Han Tao, Yan Chengxin. A new method for underwater image enhancement based on local complexity [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2009, (12): 101-104. (in Chinese)
韩涛, 闫成新. 一种基于局部复杂度的水下图像增强方法[J]. 现代制造工程, 2009, (12): 101-104.
- [5] Yuan Shengzhi, Li Hongzhou, Yang Libin. Research on infrared target image segmentation and compression based on transition region [J]. Laser & Infrared, 2009, 39(3): 327-329. (in Chinese)
袁胜智, 李洪周, 杨利斌. 基于过渡区的红外目标图像分割与压缩研究[J]. 激光与红外, 2009, 39(3): 327-329.
- [6] Li Hongzhou, Yuan Shengzhi, Chen Rong, et al. Transition region extraction and segmentation of infrared image on complex background [J]. Laser & Infrared, 2009, 39(2): 217-219. (in Chinese)
李洪周, 袁胜智, 陈榕, 等. 复杂背景的红外图像过渡区提取与分割[J]. 激光与红外, 2009, 39(2): 217-219.