

基于相位信息的目标分割算法

孟卫华^{1,2}, 向静波²

(1. 北京理工大学光电学院光电成像技术与系统教育部重点实验室, 北京 100081;
2. 中国空空导弹研究院航空制导武器航空科技重点实验室, 河南 洛阳 471009)

摘要: 针对复杂背景下, 红外目标与背景的亮度或对比度发生变化等因素会影响目标的分割结果的问题, 构造了一种基于边缘相位信息的分割算法。该算法首先利用系数间积(ICP)变换获取图像边缘的相位信息, 并进行边缘提取; 再根据边缘像素点的相位与幅值, 确定后续区域生长的种子与判决条件; 最后采用区域生长思想对整幅图像实施分割。仿真结果表明, 该算法不受亮度和对比度变化影响, 准确有效地实现红外图像分割, 避免了传统的分割算法所导致的图像边缘信息丢失。

关键词: 图像分割; 相位信息; ICP变换; 红外图像

中图分类号: V271.4; TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2014)03-0015-03

Image Segmentation Algorithm Based on Phase Information

MENG Wei-hua^{1,2}, XIANG Jing-bo²

(1. Key Laboratory of Photoelectronic Imaging Technology and System of Ministry of Education, School of Optoelectronics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2. Aviation Key Laboratory of Science and Technology on Airborne Guided Weapons, China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China)

Abstract: In complex background scene, the variation of brightness or contrast may affect the performance of image segmentation. To deal with this problem, a new algorithm for image segmentation was proposed based on phase information of geometric edges. The algorithm first extracted phase information of edge using Inter-Coefficient Product (ICP) transform, and obtained the image edge using the phase information. Then, according to the phase information and amplitude, a pixel was chosen as the seed of growing process, and the decision criterion was established. Finally, the whole image was segmented by using region growing. The simulation results show that: the proposed method is not influenced by the variation of brightness or contrast, and can implement infrared image segmentation accurately and effectively. The algorithm also helps to avoid missing the edge information of image.

Key words: image segmentation; phase information; ICP transform; infrared image

0 引言

复杂背景下目标检测识别研究是计算机视觉、成像制导等领域的重要课题。目标检测识别的关键在于完整地分割目标、合理地提取特征和有效地判别准则。在复杂背景下, 目标和背景灰度对比度低、环境光照不均匀以及目标自身大小等因素对于基于图像灰度的传统

分割算法影响较大, 经常目标分割不完整, 易造成识别不准确、跟踪不稳定。随着小波理论的日益成熟, 已成为信号多尺度分析的重要手段, 在图像分割中也得到了广泛应用^[1-5]。但通常的小波分析是各向同性, 不能完整地保持图像边缘信息和几何特征, 使得图像分割结果产生边缘模糊和奇异性扩散现象^[6], 在目标和背景灰度接近时, 会造成错误分割或欠分割, 不利于后续的目标检测识别处理。为了提高分割效率, 得到理想的分割结果, 就需要寻找目标与背景新的特性差异。生理学方面实验证明, 人的视觉系统对于边缘的相位信息十分敏感^[7], 相位信息的获取不受图像亮度或对比度变化的影

收稿日期: 2013-04-17 修回日期: 2013-06-16

基金项目: 航空科学基金(20100112002)

作者简介: 孟卫华(1969—), 男, 河南洛阳人, 硕士, 研究员, 研究方向为图像识别跟踪。

响。因此,本文利用 ICP 变换提取出目标边缘的相位,并根据边缘的相位一致性,提出一种基于相位信息的目标分割算法,实现低信噪比目标的分割。

1 相位信息

尽管小波变换具有多尺度分析和局部时频分析能力,但是在处理实数信号时,只能产生实值变换系数,不能提供相位信息。双树复数小波变换(DTCWT)^[8]是可逆的且以有限的冗余(对D维信号存在2D倍的冗余,冗余度与分解的层数无关)获得近似可平移性。因为具有方向性,DTCWT在复变换系数中提供了相位信息,能为目标检测识别提供更丰富的特征。较大的幅度值表示奇异点的存在,而相位反映了奇异点在小波支撑域内的位置,因此,综合利用系数的幅度和相位信息能够得到更多的有用特征。尽管从DTCWT的每一层变换系数的幅值可推断出特征的方向,但计算得到的方向精度较差,且各子带的相位直方图比较散乱,不能用统计分布模型进行相位描述。

针对这一问题,Kingsbury设计了一种基于复数小波变换的相位信息的计算方法——系数间积(Inter-Coefficient Product,ICP)^[9]。该方法可以快速计算出系数附近的方向角度,直观地表示图像边缘的多尺度特性。ICP计算的是空间系数间的共轭积,尤其是在相同尺度和方向上的两个相邻系数之间的共轭积。在DTCWT系数之间的区域中出现的任意显著特征都会使得这些系数的相位差与特征方向成比例,且比例为一个固定常数。通过除以该常数,ICP系数 ψ 的复自变数(complex argument)等于潜在特征的角度。

复数积通过复数的相位来表示目标特征方向,同时通过复数的幅值来增强目标特征。设相对左上角的坐标 (x,y) 的空间位置处DTCWT在第 d 子带上的第 l 层上的复数系数为 $W_l(x,y,d)$,则引入常相位复数值 $W_{l\Delta}$

$$\begin{cases} W_{l\Delta}(x,y,1) = W_l(x,y,1) \times W_l(x+1,y,1)^* \\ W_{l\Delta}(x,y,2) = W_l(x,y+1,2) \times W_l(x+1,y,2)^* \\ W_{l\Delta}(x,y,3) = W_l(x,y,3) \times W_l(x,y+1,3)^* \\ W_{l\Delta}(x,y,4) = W_l(x,y,4)^* \times W_l(x,y+1,4)^* \\ W_{l\Delta}(x,y,5) = W_l(x,y,5)^* \times W_l(x+1,y+1,5)^* \\ W_{l\Delta}(x,y,6) = W_l(x,y,6)^* \times W_l(x+1,y,6)^* \end{cases} \quad (1)$$

从定义出发,每一个子带中的特征方向 ϑ_d ,可以表示为 $\angle W_{l\Delta}(x,y,d)$ 。 $W_{l\Delta}$ 的幅值为相邻DTCWT系数的幅值乘积, $W_{l\Delta}$ 的相位为它们的相位差。根据共轭积 $W_{l\Delta}$ 和特征方向 ϑ_d 的表达式,可以定义系数间积(ICP)。

ICP:给定图像的DTCWT分解后的系数 $W_l(x,y,d)$,表示的是第 $d=1,\dots,6$ 个子带第 l 层上的系数,可以采用下面的复数系数集 $\{\psi_l(x,y,d),d=1,\dots,6\}$ 定

义子带 d 第 l 层的系数间积

$$\begin{cases} \psi_l(x,y,1) = \sqrt{|W_{l\Delta}(x,y,1)|} \times e^{i(\frac{1}{\sqrt{2}}\angle W_{l\Delta}(x,y,1))} \\ \psi_l(x,y,2) = \sqrt{|W_{l\Delta}(x,y,2)|} \times e^{i(\frac{1}{\sqrt{2}}\angle W_{l\Delta}(x,y,2))} \\ \psi_l(x,y,3) = \sqrt{|W_{l\Delta}(x,y,3)|} \times e^{i(\frac{1}{\sqrt{2}}\angle W_{l\Delta}(x,y,3))} \\ \psi_l(x,y,4) = \sqrt{|W_{l\Delta}(x,y,4)|} \times e^{i(\frac{1}{\sqrt{2}}\angle W_{l\Delta}(x,y,4))} \\ \psi_l(x,y,5) = \sqrt{|W_{l\Delta}(x,y,5)|} \times e^{i(\frac{1}{\sqrt{2}}\angle W_{l\Delta}(x,y,5))} \\ \psi_l(x,y,6) = \sqrt{|W_{l\Delta}(x,y,6)|} \times e^{i(\frac{1}{\sqrt{2}}\angle W_{l\Delta}(x,y,6))} \end{cases} \quad (2)$$

式中, $i = \sqrt{-1}$ 。

在任意层 l 和任意位置 (x,y) 上,在 (x,y) 附近的潜在特征(例如边缘和脊)的方向性特征根据ICP系数的相位获取。

2 基于相位信息的目标分割算法

图像边缘是图像局部特性不连续性(灰度突变、颜色突变等)的反映,它标志着一个区域的终结和另一个区域的开始,在一定条件下包含了图像的全部信息。本文的做法是通过相位信息得到边缘像素点后,再根据边缘像素点的幅值,确定后续区域生长的判决条件,采用区域生长思想对整幅图像实施分割。但是,如果区域生长条件选择或种子像素不合适,会造成区域生长检测到的边界与实际不一致,造成欠分割或过分割^[10]。因此,本文根据相位信息选择种子像素和区域生长条件避免这一不足。具体的选择方式如下:在进行区域生长时,对需要分割的区域找出相位值最大点作为初始种子像素点;当种子像素周围8邻域中像素的幅值与种子像素的幅值的差异在一定范围内时,则称其满足灰度生长条件,将该像素合并到种子像素所在的区域中;将这些新像素当作新的种子像素继续进行上面的过程,直到再没有满足条件的像素可被包括进来,这样一个区域就长成了。具体的算法如下所述。

1) 采用ICP变换对图像变换,获得图像在6个方向子带上的相位和幅度信息。

2) 在分解后的相位信息的第一层,用sobel算子(窗口大小为 3×3),提取图像中的边缘,并对提取出的边缘信息进行低通滤波,滤除噪声。

3) 将相位边缘位置上的像素点作为种子点,进行区域生长。

4) 将全图划分为 8×8 的区域,不同的区域选择不同的阈值,作为相似性准则。

5) 根据ICP变换后的幅值,在种子的8个邻域内进行幅值判断,若与种子点相邻的像素的幅值与种子本身的幅值差异小于阈值时,则认为该像素与种子点隶属于同一个区域,划分为一类;若差异大于阈值,认

为该像素点与种子点不属于同一类,则跳过当前点,继续下一个像素点的判断。

6) 重复上述过程直到区域不能再扩展为止。

3 实验结果

选用地面建筑物、树枝、含高斯噪声树枝和大型建筑物4组红外数据进行实验,原始图像数据如图1a、2a、3a和4a所示。软件环境为Matlab7。其中,图3a是在图2a基础上添加了高斯噪声(均值0.2,方差0.006)。

针对以上4类红外图像,分别运用本文提出的方法以及传统的双峰法、小波变换分割法和区域生长法进行分割,结果如图1~图4所示。

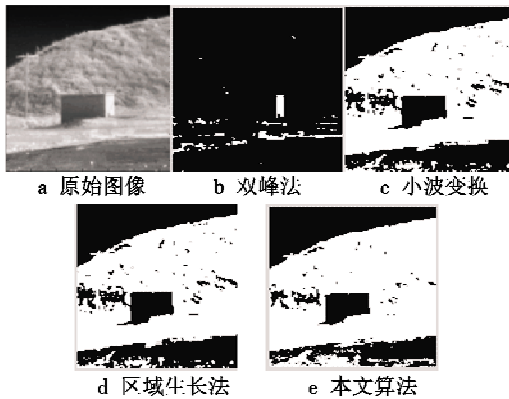


图1 地面建筑分割结果
Fig.1 Segmentation results of ground building

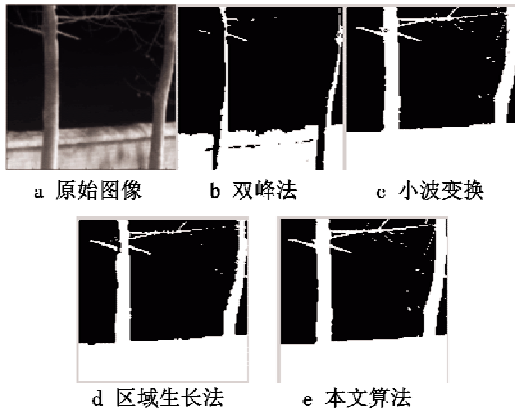


图2 树枝分割结果
Fig.2 Segmentation results of branches

如图1a所示,原始图像中的山体背景缓变,但建筑物的墙面和地面区域的灰度分布不均匀,灰度值明显高于其他区域;如图1b所示,双峰法无法正确区分背景和建筑物,仅将高亮区域分割出来;图1c、图1d和图1e则有效地将目标从背景中提取出来。

如图2a和图3a所示,原始图像中树枝较细,且灰度值与背景不很明显;如图2b和图3b所示,双峰法无法正确区分出较小的树枝。区域生长法因为生长判断条

件选择不合适,造成欠分割,如图中一些较小的树枝不能正确分割出来。本文算法分割效果要好于小波变换。

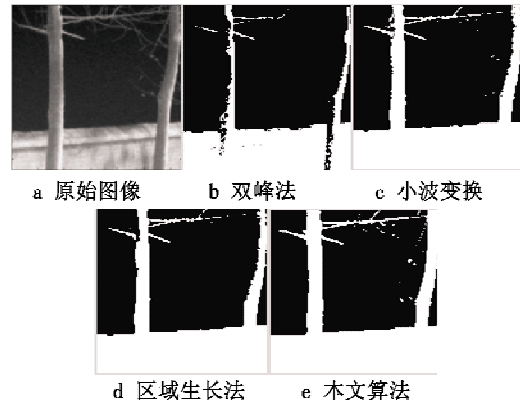


图3 含高斯噪声树枝分割结果
Fig.3 Segmentation results of branches with Gaussian noise

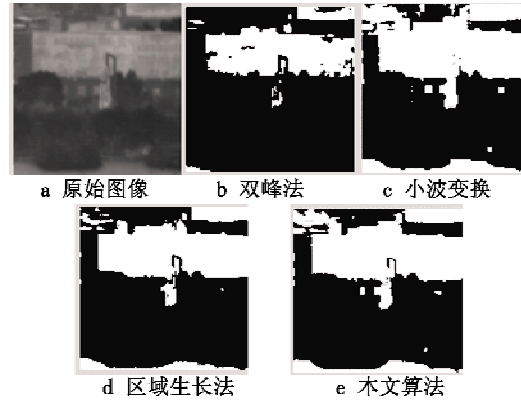


图4 大型建筑物分割结果
Fig.4 Segmentation results of a huge building

如图4a所示,原始图像中大型建筑物的灰度与背景灰度对比度不明显;如图4b所示,双峰法无法正确区分出大型建筑物,区域生长法出现欠分割,小波变换能较好地将大型建筑物分割出来,但在边缘的细节处理上不如本文算法。因此,多组实验证明,对复杂背景和灰度不均匀的目标,本文方法都可得到较好的分割结果。

4 结论

本文提出的算法利用ICP变换获取图像边缘的相位信息,并根据相位信息进行边缘提取,再根据边缘像素点的幅值,确定后续区域生长的判决条件,最后采用区域生长思想对整幅图像实施分割。实验结果表明,该算法有效地消除了复杂背景下光照和对比度变化对目标分割结果的影响,准确地给出了图像分割结果,避免了传统算法所带来的图像边缘信息丢失。

参考文献

[1] 侯彪,徐婧,刘凤,等. 基于第二代 Bandelet 域隐马尔科 (下转第 37 页)

- (9):1758-1763.
TIAN F Q, LUO R, LI K Y, et al. Variable step size LMS algorithm based on the improved hyperbolic tangent function [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2012, 34(9):1758-1763.
- [6] 钟慧湘,郑莎莎,冯月萍. 基于双曲正切函数的智能天线变步长 LMS 算法 [J]. 吉林大学学报:理学版, 2008, 46(5):935-939.
ZHONG H X, ZHENG S S, FENG Y P. Variable step size LMS algorithm in smart antenna based on the hyperbolic tangent function [J]. Journal of Jilin University: Science Edition, 2008, 46(5):935-939.
- [7] BERSHAD N J. Analysis of the normalized LMS algorithm with Gaussian inputs [J]. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Process, 1986, 34(4):793-806.
- [8] HAYKIN S. 自适应滤波器原理 [M]. 4 版. 郑宝玉, 等译. 北京:电子工业出版社, 2003.
HAYKIN S. Adaptive filter theory [M]. 4th ed. Translated by Zheng B Y, et al. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.
- [9] GÓRRIZ J M, RAMÍREZ J, CRUCES-ÁLVAREZ S, et al. Speech enhancement in discontinuous transmission systems using the constrained-stability least-mean-squares algorithm [J]. Acoustical Society of America, 2008, 124(6):3669-3683.
- [10] GROSS F. 智能天线 (Matlab 版) [M]. 何亚军, 桂良启, 李霞, 译. 北京:电子工业出版社, 2009.
GROSS F. Smart antennas for wireless communications with Matlab [M]. Translated by HE Y J, GUI L Q, LI X. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009.
-
- (上接第 17 页)
- 夫树模型的图像分割 [J]. 自动化学报, 2009, 35(5):498-504.
HOU B, XU J, LIU F, et al. Image segmentation using second generation bandelet-domain hidden Markov tree models [J]. Acta Automatica Sinica, 2009, 35(5):498-504.
- [2] 项海林, 贾建, 焦李成. 基于 Contourlet 域树状系数的自组织神经网络图像分割 [J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(5):843-846.
XIANG H L, JIA J, JIAO L C. Image segmentation of self-organizing neural net works based on tree-type coefficients in Contourlet domain [J]. Systems Engineering and Electronic, 2008, 30(5):843-846.
- [3] CANDÈS E J. Monoscale ridgelets for the representation of images with edges [R]. Technical report, Stanford Univ, 1999.
- [4] CANDÈS E J, DONOHO D L. Curvelets [R]. Technical report, Stanford Univ, 1999.
- [5] DOM N, VETTERLI M. Contourlets: A new directional multi-resolution image representation signals, systems and computers [C]//Conference Record of the Thirty-Sixth Asiloma Conference, Rochester, 2002:3-6.
- [6] 钱晓华, 郭树旭, 李雪妍. 基于图像理解视角的分割全局评价算法 [J]. 电子学报, 2012, 40(10):1975-1981.
QIAN X H, GUO S X, LI X Y. Image understanding based global evaluation algorithm for segmentation [J]. Acta Electronic Sinica, 2012, 40(10):1975-1981.
- [7] WANG J H, SUN W D. On the characteristics of Growing Cell Structures (GCS) neural network [J]. Neural Processing Letters (S1370-4621), 1999, 10(2):139-149.
- [8] KINGSBURY N G. A dual-tree complex wavelet transform with improved orthogonality and symmetry properties [C]//Proceedings of International Conference on Image Processing, Vancouver, 2000:375-379.
- [9] ANDERSON R, KINGSBURY N, FAUQUEUR J. Determining multiscale image feature angles from complex wavelet phases [C]//Proceedings of second International Conference on Image Analysis and Recognition, Toronto, 2005:490-498.
- [10] 陶唐飞, 韩崇昭, 代雪峰, 等. 综合边缘检测和区域生长的红外图像分割方法 [J]. 光电工程, 2004, 31(10):50-52.
TAO T F, HAN C Z, DAI X F, et al. An infrared image segmentation method based on edge detection and region growing [J]. Opto-Electronic Engineering, 2004, 31(10):50-52.

欢迎关注新浪微博 @电光与控制