

基于红外图像的GVF Snake 轮廓提取算法的研究

王建华, 刘缠牢, 郑阳光, 王莹

(西安工业大学 光电工程学院, 陕西 西安 710032)

摘要: 针对红外图像目标具有边界模糊不清, 区分效果较差的缺点, 结合 Ostu 阈值法和梯度矢量流主动轮廓模型(GVF Snake), 提出一种目标轮廓自动提取方法。采用 Ostu 法先对图像进行分割, 然后将得到的边界作为 Snake 模型的初始边缘轮廓, 利用 GVF Snake 特性将初始轮廓准确地收敛到目标边界。由于 Ostu 算法具有将目标物体从复杂背景中分割开来的优点, 使得在应用 GVF Snake 模型对复杂图像进行分割时减少了人工的干预。实验证明: 该方法运算速度快, 能够快速收敛到目标轮廓, 并准确地跟踪目标, 具有一定的抗噪能力。

关键词: 图像分割; GVF Snake 模型; Ostu 算法

中图分类号: TN219

文献标志码: A

Algorithm of GVF Snake contour extraction for infrared image

WANG Jian-hua, LIU Chan-lao, ZHENG Yang-guang, WANG Ying

(School of Optoelectronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

Abstract: To overcome the blurred borders and poor distinction of the infrared images, an automatic object contour extraction method based on the Ostu threshold method and GVF Snake is proposed. The Ostu algorithm is adopted to segment the image. Then the extracted object contour is taken as an initial contour of Snake model for precise segmentation computation. After that, the initial contour is converged to the target borders precisely by utilizing the feature of GVF Snake. With GVF Snake model, the manual operation is reduced during the segmentation of complex images thanks to the advantages of the Ostu algorithm. Experiments show that such algorithm is fast in calculation, it can converge the contour to the target borders rapidly and track a target precisely, and it is immune to noise.

Key words: image segmentation; GVF Snake model; Ostu algorithm

引言

对于传统的红外图像轮廓提取方法, 首先要进行基本的边缘检测, 然后进行边缘连接及二值化, 继而进行轮廓跟踪处理。在边缘检测时, 易受局部噪声影响而产生虚假边缘, 或者是不连续的间断边缘, 无法保证分割或者提取的结果就是连续光滑的闭合轮廓。此外, 基于底层信息的轮廓跟踪, 一方面

对二值化过程的依赖性比较大, 另一方面, 对于间断的边缘, 使用上述简单方法将会使跟踪失败。这些都是传统计算机视觉分层处理模型所无法解决的问题。

Snake 模型又称为主动轮廓模型, 是 Kass 等人于 1987 年提出^[1]的。之后, 人们对该模型进行了改进, 并将其应用于计算机视觉研究领域。Snake

存在的问题是不能收敛于凹形边缘,虽然外力的方向指向边缘,但在凹形边缘内部,作用力方向相反,互相抵消。针对主动模型缺陷, XU Chen-yang 和 Prince J L 提出了梯度矢量流主动轮廓(GVF Snake)算法^[2],该算法模型扩大了经典 Snake 的外力作用范围,加强了对目标凹轮廓边缘的吸引力,提高了传统 Snake 的性能。

1 Snake 模型初始轮廓选取中存在的问题

由于 Snake 模型对初始位置敏感,因此要求初始轮廓尽可能靠近真实轮廓,否则求解结果达不到要求。而当图像边缘模糊,目标比较复杂或与其他物体靠得较近时,其初始轮廓更不易确定。初始轮廓的确定方法主要有 4 种^[3-5]: 1) 人工勾勒出图像边界; 2) 序列图像差分边界; 3) 基于序列图像的前一帧图像边界进行下一帧图像边界的预测; 4) 基于传统的图像分割结果进行边界选取。

人工勾勒图像边界的方法比较烦琐,且不易实现自动化。序列图像通过差分法和预测边界的方法获取初始轮廓,适用于相邻 2 帧图像差别不大的情况,但不适用单帧图像或相邻 2 帧图像差别较大的情况。传统的图像分割技术能够处理背景简单的图像,但对于具有复杂背景的图像,处理结果难以令人满意。

本文采用 Otsu 算法先将图像中主要的物体从复杂背景中提取出来,并将得到的边界作为 Snake 模型的初始边缘轮廓,然后求解 GVF Snake 模型进行图像分割,对于复杂背景图像,可得到较好的检测效果。

2 Otsu 算法

Otsu 在 1979 年提出的最大类间方差法(也称为大津方法)一直被认为是阈值自动选取方法中的最优方法,该方法计算简单,在一定条件下不受图像对比度与亮度变化的影响,因而在一些实时图像处理系统中得到了很广泛的应用^[6]。Otsu 法是在判决分析最小二乘法原理的基础上推导得出的,该法的基本思路是:选取的最佳阈值应当使不同类间分离性最好。先以直方图得到各分割特性值的发生概率,以阈值变量将分割特征值分为 2 类,然后求出每一类的类内方差及类间方差,选取使类间方差最大或类内方差最小的 T 作为最佳阈值。具体算法如下:

为使对应目标绝大多数像素的灰度值大于整个图像灰度的均值,可将第一个阈值的下限定为整个图像的均值,即

$$T_{1\min} = \sum_{i=1}^N i \times p(i) \quad (1)$$

灰度值大于 $T_{1\min}$ 的像素大多数对应于目标,因此,可用下式计算第一个阈值的上限:

$$T_{1\max} = \sum_{i_{1\min}+k_1=1}^N i \times p(i) / P_2 \quad (2)$$

式中 k_1 为第一个阈值上限的调整值,通常 k_1 的取值范围是 $[0, 10]$; P_2 由下式确定:

$$P_2 = \sum_{i=T_{1\min}+k_1}^N p(i) \quad (3)$$

因此,第一个阈值 T_1 的取值范围为 $[T_{1\min}, T_{1\max}]$ 。

第二个阈值 T_2 的取值下限 $T_{2\min} = T_{1\max} + 1$ 。 T_2 的取值上限是这样考虑的:虽然图像整个灰度级是 256,但对于每一帧图像,目标的灰度级不一定覆盖 $0 \sim 255$,因此,第二个阈值的上限不必取 255。根据对实测红外图像序列的分析,可采用下式确定第二个阈值的上限:

$$\sum_{i=T_{2\min}}^{T_{2\max}} + 1 p(i) = k_2 \times P_2 \quad (4)$$

式中 k_2 为第二个阈值上限的调整值,其取值范围为 $[0.95, 1]$ 。Otsu 法求取的最佳双阈值为

$$g(T_1, T_2) = \underset{T_{1\min} \leq T_1 \leq T_{1\max}, T_{2\min} \leq T_2 \leq T_{2\max}}{\text{Max}} \cdot \omega_0(\mu - \mu_0)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu)^2 \quad (5)$$

式中: T_1 在 $T_{1\min} \sim T_{1\max}$ 之间变化; T_2 在 $T_{2\min} \sim T_{2\max}$ 之间变化。根据上式求出每次对应的 $g(T_1, T_2)$,其中最大值对应的 (T_1, T_2) 即为 Otsu 双阈值法求取的最佳阈值。图 1(a) 为原始图像,图 1(b) 为取最佳阈值 T_2 分割后的图像。

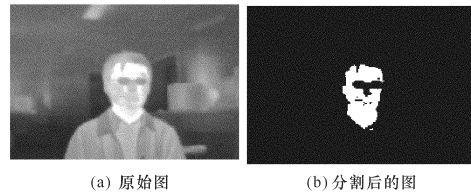


图 1 Otsu 阈值法分割结果图

Fig. 1 Result of Otsu threshold method

3 GVF Snake

SNAKE 模型定义目标轮廓为图像平面中的一条参数曲线 $v(s) = (x(s); y(s))$ 。轮廓的每一步构

造都与某些有限能量相关。轮廓的能量由下面 3 部分组成,其函数形式为

$$E_{\text{total}} = \int_c E_{\text{int}} + E_{\text{img}} + E_{\text{ext}} \tag{6}$$

式中: E_{int} 主动轮廓线的内部能量; E_{img} 为图像自身作用力产生的能量; E_{ext} 为外部限制力产生的能量。由此可见,Snake 的行为是由外部力和内部力来控制的,内部力起平滑性限制作用,外部力引导初始轮廓线向图像特征逼近。初始轮廓线在内、外力的作用下寻找其能量函数的极小值。

GVF 代表梯度矢量流,GVF snake 是在图像中产生了这种类型的力场驱动 snake 演化。GVF snake 的基本模型和 Kass 等人提出的模型是一样的,区别在于 GVF snake 与一种新的外场相联系,因此 2 种算法的差异就在于计算外场的方法。定义轮廓的欧拉方程为

$$\alpha V_s - \beta V_{ss} = E_{\text{ext}} \tag{7}$$

为了定义 E_{ext} ,利用得到图像的边缘图,通过最小化下面积分的矢量场估计 E_{ext} :

$$E_{\text{ext}} = \iint [(u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2) + |\Delta I|^2 |F - \Delta I|^2] dx dy \tag{8}$$

在临近物体边界的情况下, ΔI 会很大。所以,当初始轮廓接近物体边界时,如果想最小化这个区

域的 E_{ext} ,应设定 $F \approx \Delta I$,以满足 Snakes 性能的需要。当远离物体边缘时, $\Delta I \rightarrow 0$ 。(8)式积分中第2项趋于零,只保留括号内的第1项,该项是 ΔI 的展开式。最小化这项产生了一个很小的变化场,逐渐向物体边界收敛,这样就产生了一个所有的力均匀收敛到物体边界的场。该力场保证了无论初始轮廓距离物体边界多远都能快速收敛到物体的边界上。图2中(a)为原图及初始轮廓;(b)为GVF Snake 迭代50次的结果和力场图。

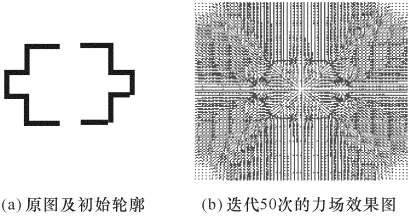


图2 GVF Snake 处理力场效果图
Fig. 2 Field of force based on GVF Snake

4 实验结果及分析

实验结果如图3所示。图3中左图为原始图像,中间的图像为 Ostu 分割后的图像,右图为 GVF Snake 边缘检测后的结果。

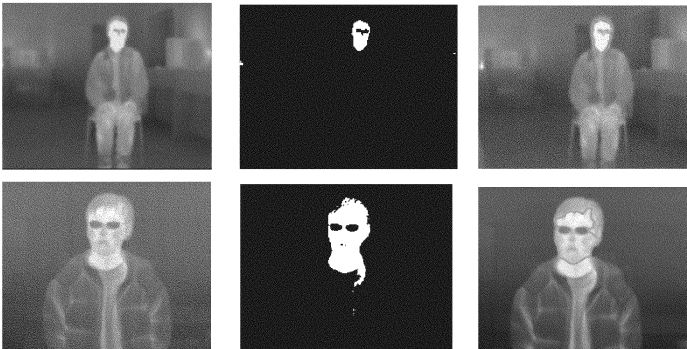


图3 GVF Snake 处理后的结果
Fig. 3 Results obtained by GVF Snake algorithm

文中算法用 Visual C++6.0 实现,实验平台为P42.0G 512M 内存。测试序列采用大小为320×240 的红外图片。检测边界模糊不清、区分效果较差的红外图像一直是图像处理和模式识别研究的重点。GVF Snake 模型是近年来提出的一种非常好的目标轮廓检测方法,它很好地绕过了分割凌乱背景的困难,但 GVF Snake 模型初始轮廓的自动

选取还有待研究。本文采用 Ostu 的分割结果为 GVF Snake 模型提供初始边界,实验证明该方法对处理背景复杂凌乱、边缘模糊的图像是有效的,提高了初始轮廓提取的自动化程度。

参考文献:
[1] KASS M, WITKIN A, TERZOPOULOS D. Snake-

- es; active contour models [J]. International J Computer Vision, 1988,1(4):321-331.
- [2] XU Chen-yang, Prince J L. Snakes, shapes and gradient vector flow [J]. IEEE Trans. on Image Processing, 1998,7(3):359-369.
- [3] 王蓓,张立明. 利用图像先验知识与Snake 结合对心脏序列图像的分割[J]. 复旦学报,2003,42(1):81-86.
WANG Pei, ZHANG Li-ming. Segmentation of ventricle sequence MR images using combination of prior-knowledge and snakes [J]. Journal of Fudan University,2003,42(1):81-86. (in Chinese)
- [4] 王立功,于勇华,姜晓彤,等. 基于Snake 模型的图像目标轮廓自动跟踪方法[J]. 东南大学学报,2003,33(2):215-218.
WANG Li-gong, YU Yong-hua, JIANG Xiao-tong, et al. Snake model based automatic tracking method for image object contour [J]. Journal of Southeast University,2003,33(2):215-218 (in Chinese)
- [5] KURITA T, OTSU T N, MALIK N A. Maximum likelihood thresholding based on population mixture models [J]. Pattern Recognition, 1992, 25: 1231-1240.
- [6] 付忠良. 图像阈值选取方法——Otsu 方法的推广 [J]. 计算机应用,2000,20(5):37-39.
FU Zhong-liang. Access method of image threshold-extend of Otsu method [J]. Journal of Computer Application,2000,20(5):37-39. (in Chinese)