

基于改进的 Gabor 滤波和区域生长的目标检测

王 雨 戴曙光

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院 上海 200093)

摘 要: 针对目标检测中背景的相对运动、检测物体相似性、外界光线变化等因素的影响,提出了一种基于改进的 Gabor 滤波和区域生长的目标检测方法。首先将输入的视频图像的相邻两帧做差,然后将得到差值图像中的 Lab 模型 L 分量进行 Gabor 滤波处理,根据不同的场景选择合适的参数,以提取目标的显著区域。为了兼顾运行速度和目标的显著特性,所以选取图像以某一灰度值的像素点为种子点,将灰度值差值在某一范围内的点进行区域生长操作,得到更为准确的目标。接着,为了去除干扰,进行腐蚀膨胀等一系列操作。最后将 8 个方向的滤波合并在一起,用外接矩形将符合要求的目标区域标出,达到目标检测的目的。通过参数调整和实验验证,相比传统检测算法的低准确率,此方法的目标检测率提高至 90.89%,并且在光照、背景等外界因素干扰的情况下能具有良好的鲁棒性。

关键词: Lab 模型;Gabor 滤波器;区域生长;腐蚀膨胀;多目标检测

中图分类号: TN911 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.52101

Target detection based on improved gabor filter and region growing

Wang Yu Dai Shuguang

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: A target detection method based on improved Gabor filtering and regional growth is proposed for the influence of the relative motion of the background, the similarity of the object and the change of the external light. First it will do subtraction between two adjacent frames of the input video image, and then the L component of the Lab model in the difference image is subjected to Gabor filter processing, then we need to choose the right parameters according to different scenarios to extract the salient region of the target. In order to consider the operating speed and the significant features of the target, we need to select a pixel with a gray value as the seed point, and for the purpose of obtaining a more accurate target, we need to perform a region growing operation at a point within a certain range of gray value difference. Next, we need use corrosion and swelling to remove interference. Finally, to achieve the purpose of testing, the eight directions of filtering should be merged together, and the circumscribed rectangle is used to mark the target area that meets the requirements. Through parameter adjustment and experimental verification, the target detection rate of this method is improved to 90.89% compared with the low accuracy of the traditional detection algorithm, and it can have good robustness under the interference of external factors such as illumination and background.

Keywords: Lab model; Gabor filter; region growing; erosion and dilation; multi-target detection

0 引 言

目标检测^[1-2]有着很强的实用性,运动目标跟踪在军事制导、视觉导航、智能交通系统、机器人、公共安全等领域有着广泛的应用^[3]。在复杂的环境下,如何快速精确地检测出目标依旧是研究的重点^[4]。

目前对于运动目标检测的方法主要有光流法、背景模型法(背景差分法)、帧差法。光流法^[5-6]实现条件较为苛

刻, Middlebury 光流基准库中虽然总结了当前光流场估计的一些新方法^[7],可靠性和运行速度上已经取得很大提升,但计算依旧复杂,实时处理不高,抗噪性差。背景差分法较为简单,但是其对场景中的遮挡、光线等背景变化和噪声的影响很敏感。尤其在背景运动情况下,背景差分法检测会产生大量的虚假目标^[8]。帧差法^[9-10]则是利用相邻两帧或者几帧做差来提取目标。帧差法虽然实时性好,但检测率低,检测出的目标往往存在空洞现象。

在图像分割领域,通常使用 Gabor 滤波器^[11-12]提取图像中的特征,谷多玉等^[13]在航空图像居民区域提取中也提出了一种基于 Gabor 滤波器的快速提取算法。因为 Gabor 函数对图像边界比较敏感,所以在方向和尺度方面能提供良好的选择特性。在特征提取方面,Gabor 滤波能够满足系统实时性的要求,并且因为对光的变化不敏感,所以能够忽略一定程度的图像的旋转、变形,可以提高系统的鲁棒性。

Levine 等^[14]首先提出将区域生长法成功运用于图像分割方法中。区域生长法基本思想^[15]是根据预先设定好的生长准则来将像素或子区域合成较大区域的处理方法,一般处理方法是以前一组“种子”点为起点来形成生长区域,即将那些预先设定的属性(如像素的灰度级或颜色)类似于种子点的邻域像素附加到每个种子点上。

本文将采用二维 Gabor 函数,在区域生长算法方面也做出改进,使得种子点的选取维度更广并实现种子点的自动化选取,在时域和频域上同时得到较高的分辨率,从而达到更好的分割精度。

1 算法设计

本目标检测算法实现过程中,首先需要将读入视频的相邻两帧作差,后为保留更宽阔的色域,将差值图像从 RGB 转成 Lab 彩色图。接着对图像进行滤波和生长操作,并对各个朝向的灰度图进行腐蚀膨胀和二值化处理,最后去除不符合要求的区域并框出目标区域。

1.1 彩色模型转换

根通过 RGB 转成 Lab 模型,图像能够保留更加宽阔的色域以及更加丰富的色彩,更好的达到目标检测的目的。

从 RGB 模型转到 Lab 模型,需要先将 RGB 转向 X、Y、Z 3 个刺激量,然后再从这 3 个刺激量转到 Lab 模型。其中 X、Y、Z 与 R、G、B 的关系为:

$$X = 0.490\ 2R + 0.309\ 9G + 0.199\ 9B \quad (1)$$

$$Y = 0.177\ 0R + 0.812\ 3G + 0.010\ 7B \quad (2)$$

$$Z = 0.000\ 0R + 0.010\ 1G + 0.989\ 9B \quad (3)$$

X、Y、Z 与 L、a、b 的转化公式如下:

$$L = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (4)$$

$$a = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \quad (5)$$

$$b = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \quad (6)$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3}, & t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29}, & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

其中, X_n 、 Y_n 、 Z_n 一般默认是 95.047, 100.0, 108.883。在 MATLAB 中,根据以上公式,首先定义一个 rgb2lab 函数,通过调用这个函数实现彩色模型转换。

1.2 Gabor 滤波器的构造及参数选择

Gabor 函数可以被分为实部和虚部两部分,用实部滤

波图像会变得平滑,而虚部滤波则常被作为边缘检测的一种方法。其中式(8)表示虚部部分,式(9)表示实部部分。

$$G_1(\sigma, \omega_0, x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \cos(\omega_0(x+y)) \quad (8)$$

$$G_2(\sigma, \omega_0, x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \sin(\omega_0(x+y)) \quad (9)$$

在本文设计中,选择的 Gabor 滤波器的核函数如式(10)。

$$G(\lambda, \varphi, \theta, \sigma, \gamma, x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2 + y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda} + \varphi\right) \quad (10)$$

所选取的 Gabor 的核函数有多个参数,每个参数都会对结果造成影响,产生不同的结果,所以要选取合适的参数,以达到最佳的效果。

从特征提取的角度考虑,为了尽可能完整的提取图像的各个特性,需要对图像进行不同尺度、不同方向的 Gabor 滤波。所以本次设计选取 8 个朝向的 Gabor 滤波器,就是由 $180/8$ 得到的各个度数,即 $0^\circ, \pi/8^\circ, \pi/4^\circ, 3\pi/8^\circ, \pi/2^\circ, 5\pi/8^\circ, 3\pi/4^\circ, 7\pi/8^\circ$ 共 8 个方向。

此套算法改进的优势在于时域窗宽和频域窗宽可以灵活的取值,可以确保 Gabor 滤波器的中心频率一直趋于稳定,并且不会丢失图像的局部细节,同时也不会因为过于突出细节而造成噪声干扰。所选取的 Gabor 的核函数有多个参数,每个参数都会对结果造成影响,产生不同的结果,所以要选取合适的参数,以达到最佳效果。

1.3 区域生长及模型选择

在对视频序列进行滤波处理之后,接下来就要进行区域生长。用一个循环读入的程序将滤波后图像依次读入。本文区域生长由定义的 regiongrow 函数程序完成此函数为 $[g, NR, SI, TI] = \text{regiongrow}(f, S, T)$ 。具体步骤如下:

1) 按照不同的图像,将灰度值为某数值的色素点确定为种子点;

2) 以该像素为中心检查它的 8 邻域的像素,如比较灰度值的差值,将灰度值小于某一阈值的一个或一些像素合并起来。如果灰度差值的绝对值比预先设定的阈值小,那么就将它们合并为一个区域;

3) 将中心定为新合并进来的像素,继续步骤 2) 的操作,搜索新的种子像素的 8 邻域,直至无符合条件的像素可以合并,区域不能进一步扩张,生长完毕。

本算法在生长点进行区域生长时覆盖的对象类型极全,能够实现种子点的纯自动化选取,这里通过对比图 1 可以看出,生长后得到的效果很好,分割精度极高。

1.4 目标检测算法设计

1) 需要将输入的相邻的两帧图像作差,得到差值图像。

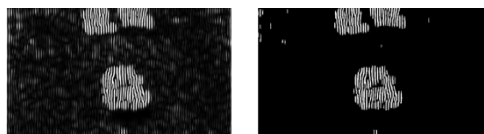


图 1 生长前、生长后对比

然后再将 RGB 彩色图转换成 Lab 彩色图。然后使用 Gabor 滤波器对 L 分量进行 8 个方向的滤波处理,得到相应的滤波图。2)对滤波后的图像进行区域生长,得到分割后的图像。3)把分割后的图像经过先膨胀后腐蚀的闭运算,然后进行二值化转换,将图像转成二值图像,这样可以消除图像中的部分干扰,能够平滑边缘,去除噪声。

接下来,计算联通区域的面积,使用 MATLAB 语句 $BW=bwareaopen(BW,P)$ 去除面积小于 50 的小区域,进一步的减少噪声,去除干扰,以及消除膨胀腐蚀闭运算后留下的空洞。

最后,将 8 个朝向的滤波结果合并,得到合并后结果图。然后在合并后的图像中找出目标区域,用矩形框框出来,并且将不符合条件的矩形框去掉,达到更加精准的检测效果。

2 实验结果与分析

2.1 Gabor 滤波提取实验结果

在 Gabor 滤波前,首先对读入的视频序列进行差值操作、彩色模型转换。然后设定合适的参数,对图像的 L 分量进行滤波操作。针对车辆视频(第 10 帧)的各角度朝向滤波结果对比分别如图 2~4 所示。



图 2 第 10 帧原始图像

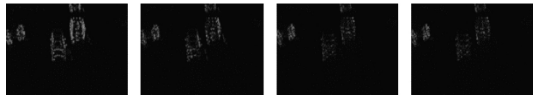


图 3 0°、22.5°、45°、67.5°朝向滤波

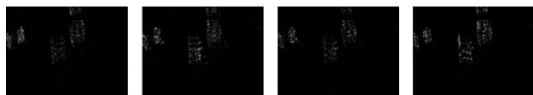


图 4 90°、112.5°、135°、157.5°朝向滤波

各个朝向的滤波图对比得出,当输入图像在设定的朝向上有显著特征时,Gabor 滤波器会产生最大响应。在 0°朝向的滤波结果中,可以发现图像中目标的边缘被增强。在 22.5°朝向的滤波结果图中,可以发现图像中目标的部分边缘以及中间部分被增强。在 45°朝向的滤波结果中,可以发现图像中目标内部的信息被增强。在 90°朝向的滤波结果中,可以发现图像中目标边框水平的地方检测效果较好。在 112.5°朝向的滤波结果中,可以发现图像中汽车影子部分被增强。在 135°朝向的滤波结果中,可以发现图像中右侧部分增强。在 157.5°朝向的滤波结果中,可以发现图像中目标的左侧被增强。

2.2 区域生长实验结果

本次目标检测处理是在 Gabor 滤波后再进行区域生长,其中区域生长所用的函数为 regiongrow,种子点灰度值以及阈值的选取根据不同的图像来进行设定,不同朝向生长图如图 5、6 所示。



图 5 0°、22.5°、45°、67.5°朝向生长



图 6 90°、112.5°、135°、157.5°朝向生长

从图 5、6 可以明显的看出,有的生长后形成明显的区域,有个生长后反而信息更少,这是因为每张图的灰度值不一样,但是在区域生长时设定的生长点以及范围一样,所以有些图,比如 90°朝向的区域生长结果图,生长后形成的区域明显,但是有些图,如 135°朝向的区域生长结果,生长后的区域变小,因为大部分的像素点的灰度值与种子点的灰度值不相符。其它帧的结果也类似,在此不一一列举。

2.3 目标检测实验结果

目标检测也就是将目标从背景中或者是不感兴趣的区域当中提取出来。通过 Gabor 滤波以及区域生长,将区域生长后的 8 个方向的图像合并在一起,得到一个合并后的图像,能够粗略的得到目标图像,接着通过目标检测,将目标在图像中标注出来。每个方向分别滤波区域生长后得到的是离散的点,合并在一起后能够得到一个联通区域。

将车辆视频序列相关帧的 8 个方向滤波生长后合并。各帧合并图像如图 7、8 所示。



图 7 前 3 帧合并图像

各角度的滤波结果如图 3、4 所示,将图 2 的原始图和



图 8 后 3 帧合并图像

从视频各帧的合并图像中可以看出,每一帧图像经过 8 个方向的滤波后,图像的各个局部特征明显,背景部分也并没有因为目标的增多而出现明显的噪声,并且在区域生长后图像的清晰度极高。总结为滤波生长后图像的缺陷微小,局部特征信息得到增强。并且克服了光照、背景等外界条件的干扰,去噪效果极好。

车辆原视频序列目标检测结果如图 9、10 所示。

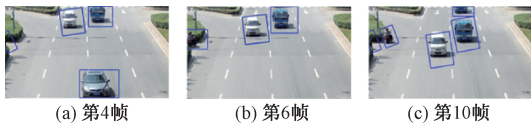


图 9 前 3 帧检测结果



图 10 后 3 帧检测结果

从实验结果中可以看出,各帧图像中需被检测的目标区域都被框出,从第 4 帧到第 30 帧,虽然图像中的目标数变多,环境也变得复杂,但是在改进的算法滤波和区域生长的处理下,所有目标也都被一一检测出,并且检测的效率也没有因为目标的增多而下降,检测率和跟踪率也一直趋于平稳。但是由于车是由远及近行驶的,所以在车的前方还是有帧间差分拖尾现象。并且有的车辆挨着较近,比如第 30 帧后面的两辆红车,成为了一个联通区域,划入了同一个检测框内,这也导致了检测率没有达到 95% 以上的水平,暂时只提高至 90% 以上。

如表 1 所示,基于改进的 Gabor 滤波和区域生长的目标检测方法相比传统一维滤波和生长检测算法,虽然跟踪率只取得了小幅增长,但通过算法改进和滤波生长,检测率取得了明显提升,成功高效的实现了复杂场景中的多目标检测。

表 1 传统算法对比本方法实验结果

编号	算法类型	检测率/%	跟踪率/%
1	一维算法	59.29	71.17
2	本文方法	90.89	82.21

3 结 论

本文提出的一种基于改进的 Gabor 滤波和区域生长的

目标检测方法,经多次参数调整和实验验证表明:1) 相比传统算法还只能够停留在对特定场景下的运动目标进行检测与建模,本改进算法成功解决了复杂环境下多目标检测问题,同时能着重选择出重要信息,克服外界噪声的干扰,使系统保持良好的鲁棒性,并且极大提升了检测速度和目标检测率。2) 同时本文提出的方法能够通过调整二维 Gabor 核参数,使之适用于不同的场景和目标。对除车辆检测之外的其他目标检测问题具有一定的参考意义。本文的方法相比传统算法检测率虽然高了很多,但在跟踪率方面需要进一步的努力,并且在今后的研究中,可以将参数做成自适应的,针对不同的视频不需要人为调整,实现检测的智能化。

参考文献

- [1] AYTEKIN C, KIRANYAZ S, GABBOUJ M. Automatic object segmentation by quantum cuts[C]. International Conference on Pattern Recognition, IEEE Computer Society, 2014:112-117.
- [2] CHENG M M, MITRA N J, HUANG X L, et al. Global contrast based salient region detection[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2015, 37(3):569-582.
- [3] KHAKPOUR S, PAZZI R W, ELKHATIB K. Using clustering for target tracking in vehicular AD Hoc networks[J]. Vehicular Communications, 2017, 14(7): 136-142.
- [4] KIM J, WANG X, WANG H, et al. Fast moving object detection with non-stationary background [J]. Multimedia Tools and Applications, 2013, 67 (1): 311-335.
- [5] 胡觉晖, 李一民, 潘晓露.改进的光流法用于车辆识别与跟踪 [J]. 科学技术与工程, 2010, 10 (23): 5814-5817.
- [6] HU Y L, SONG R, LI Y S. Highly accurate optical flow estimation on superpixel tree[J]. Image and Vision Computing, 2016, 52(8):167-177.
- [7] SUN D, ROTH S, BLACK M J. A Quantitative analysis of current practices in optical flow estimation and the principles behind them [J]. International Journal of Computer Vision, 2014, 106(2):115-137.
- [8] 袁益琴, 何国金, 王桂周, 等.背景差分与帧间差分相融合的遥感卫星视频运动车辆检测方法.中国科学院大学学报, 2018, 35(1): 50-58.
- [9] 袁国武, 陈志强, 龚健, 等.一种结合光流法与三帧差分法的运动目标检测算法[J]. 小型微型计算机系统, 2013, 34(3):668-671.
- [10] WANG K Q, XU L, FANG Y K, et al. One-against-all frame differences based hand detection for human and mobile interaction[J]. Neurocomputing, 2013, 120(1):

185-191.

[11] SIVABALAN K, GNANADURAI D. Efficient defect detection algorithm for gray level digital images using Gabor wavelet filter and Gaussian filter [J]. International Journal of Engineering Science and Technology, 2011, 3(4): 32-40.

[12] KANANAGA L, AKSHMI K. Frequency domain enhancement algorithm based on loggabor filter in FFT domain [J]. European Journal of Scientific, 2012, 74(4): 563-573.

[13] 谷多玉,郭江,李书晓,等.基于 Gabor 滤波器的航空图像居民区域提取方法[J].北京航空航天大学学报, 2012, 38(1):106-110.

[14] LEVINE M, NAZIF A. Dynamic measurement of computer generated image segmentations [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1985, 7(2):64-155.

[15] SRINARKA T, KAMBHAMETTUB C. A framwork for multiple snakes and its applications [J]. Pattern Recognition, 2016, 39(9):1555-1565.

作者简介

王雨,硕士研究生,主要研究方向为图像处理、目标检测识别。

E-mail:37660206@qq.com

戴曙光,博士、教授、博士生导师,主要研究方向为工业光电检测技术与装置、测试信息获取与处理、计算机视觉检测技术等。