

基于 BIFs 方法的量子目标检测

陈柏生

(华侨大学 计算机科学与技术学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 检测和跟踪附着在神经元表面的量子的活动信息对于全面理解神经系统的工作机制具有重要意义。使用 BIFs 方法提取图像中的量子目标,并通过优化 BIFs 参数配置和融合高斯滤波预处理提高算法性能。实验结果表明该方法对强杂波干扰下的量子目标具有较高的检测率。

关键词: 生物信息学;图像处理;形态学滤波;基本图像特征

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)16-0034-02

Quantum dots detection based on BIFs

Chen Baisheng

(College of Computer Science & Technology, Huqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Detecting and tracking activities of the quantum dots which are attached on the surface of neurons helps to thoroughly understand how neural system works. We presented basic image features(BIFs) method to detect quantum dots in this paper. It also employed BIFs parameters optimization and a morphological filtering pre-processing to declude the clutters. Results show the methodology detect quantum dots of high clutters with high detection ratio.

Key words: bioinformatics; image processing; morphological filtering; basic image features

在许多神经生物信息学研究领域,利用图像处理技术检测和跟踪附着在神经元表面的量子目标的活动信息对于全面理解生物神经系统的工作机制具有重要意义^[1]。相较于一般图像目标,量子具有以下几个显著特点:目标持续闪烁变化,状态极其不稳定;尺度微小,不存在显著性不变图像特征;通过电子显微镜下获取的量子图像杂波干扰强烈。

量子目标的上述特点使得传统的阈值分割、角点和边缘检测等方法失效。GRIFFIN 等^[2,3]提出一种基本图像特征 BIFs(Basic Image Features)方法用于检测图像中的对称结构,而旋转对称性恰恰是量子目标的唯一显著图像特征。本文使用 BIFs 方法提取图像中的量子目标,并通过优化 BIFs 参数配置和融合形态学滤波^[4]预处理提高算法性能。实验结果表明该方法可以对强杂波干扰下的量子目标实现较高的检测率。

1 BIFs 方法简介

BIFs 方法把广泛存在的局部对称性作为图像结构的基本特征,并把各种类型的对称结构描述成如图 1 所示的 7 种纹元:平面、过渡、局部极小值、局部极大值、边缘、直线和旋转对称。BIFs 方法将图像结构判别为 7

种纹元之一。使用 BIFs 特征提取图像目标大致可以分为以下两个步骤:

(1) 将图像结构映射到一个滤波-响应空间,该空间由如图 2 所示的 6 个衍生高斯滤波器组成。映射操作就是计算图像结构经过高斯滤波获得的响应 c_{ij} ($i \geq 0, j \geq$



图 1 对称结构

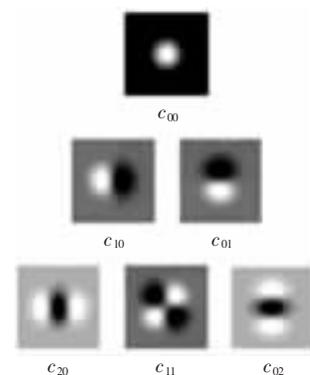


图 2 高斯滤波器组

0, $i+j \leq 2$)。

(2)利用滤波器响应值判别图像属于哪种对称结构,使图像结构获得最大响应的滤波器所对应类别就是图像结构的对称类型。图1中各对称结构对应的滤波器响应依次如式(1)各项所示。因此,只要求取式(1)集合的最大项就可以确定图像结构的对称性质:

$$\{\varepsilon c_{00}, 2\sigma \sqrt{c_{01}^2 + c_{10}^2}, \lambda, -\lambda, (\gamma + \lambda) / \sqrt{2}, (\gamma - \lambda) / \sqrt{2}, \gamma\} \quad (1)$$

其中, $\gamma = \sigma^2 \sqrt{(c_{20} - c_{02})^2 + 4c_{11}^2}$, $\lambda = \sigma^2(c_{20} + c_{02})$, σ 是高斯核的大小, ε 是一个控制算法对噪声敏感度的调节参数。

2 参数优化和高斯滤波预处理

量子具有点圆型结构,且在电子显微镜下呈现亮白色,所以本文使用BIFs的局部极大值纹元检测图像中的量子目标。但电子显微镜下的量子图像存在大量杂波干扰,必须采取适当的方法滤除杂波影响。事实上,BIFs方法自身内含了一种抗噪机制,可以通过调节参数来控制算法对于噪声的敏感性。当 ε 值逐渐增大时,低圆度的噪声点会被检测为平面结构而被排除。图3所示为 ε 取不同值时量子目标的被检测率。可见,对于本文实验数据,当 $\varepsilon=0.2$ 时,BIFs获得最高检测率;而当 ε 值继续增大时,由于部分量子目标也被检测为平面结构,BIFs的检测率反而下降。

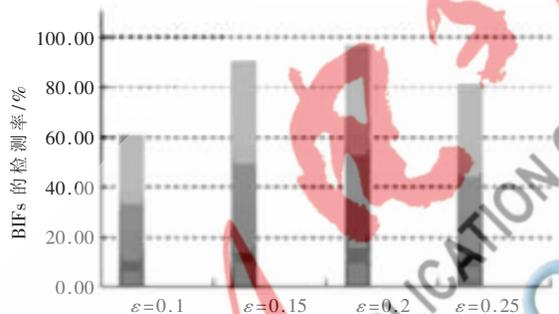


图3 ε 取不同值时的检测率

在强噪声干扰下,量子的点圆形状会遭到破坏,外廓出现不规则凹凸。BIFs将这样的目标判别为平面结构而予以滤除。同时,那些较小的目标和太接近而连接在一起的目标也会被误判为平面结构而被排除。为了解决上述问题,本文使用级联形态学滤波器先对量子图像进行形态修复。为了避免较小目标被删除,先使用尺寸较小的结构元对图像进行一次开运算,删除噪声点和目标表面突起,并增大目标间的距离;然后再使用较大尺寸的结构元对图像进行一次闭运算,修复量子目标的点圆形状。

3 实验结果与分析

本文的实验数据使用电子显微镜下拍摄的记录量子连续运动的100帧图像。图像分辨率为204像素 \times 204像素,每帧包含20~30个量子目标,目标极不稳定,高频度地在视野中出现和消失,且存在较强噪声干扰。将最

优参数配置下的BIFs方法与结合形态学滤波预处理的BIFs方法进行实验对比。主要实验参数配置如下: BIFs方法的噪声敏感控制参数 $\varepsilon=0.2$,形态学滤波器采用形状保持较好的圆形结构元,两次开闭操作使用的结构元半径分别为4像素和7像素。

图4给出了一帧实验结果对比。标准BIFs方法会对较小目标和相邻太近目标造成误判,而经过形态学滤波预处理的BIFs则可以较好地处理这个问题。为了更好地对比两种方法的检测效果,统计每帧平均漏检数、虚警数以及目标检出率,结果如表1所示。可见两种方法都存在一定的误检率,但经过形态学滤波预处理的BIFs的检测性能优于标准BIFs。



图4 一帧检测结果对比

表1 目标检测率

	平均漏检数	平均误警数	平均检出率/%
BIFs方法($\varepsilon=0.2$)	1.3	2.1	90.3
形态学滤波BIFs	0.9	1.2	94.2

使用BIFs方法检测量子目标以满足特定生物信息学应用的需求,并通过优化BIFs参数和融合高斯滤波预处理提高算法的抗噪性能。实验结果表明本文方法可以有效地检测强杂波干扰下的、具有高随机动态的量子目标。

参考文献

- [1] SIANO S, CUPELLO A, PELLISTRI F, et al. A quantum-dot nanocrystal study of GABAA receptor subunits in living cerebellar granule cells in culture[J]. Neurochemical Research, 2007,32(6):1024-1027.
- [2] GRIFFIN L D, LILLHOLM M, CROSIER M, et al. Basic image features(BIFs) arising from approximate symmetry type[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2009, 5567: 343-355.
- [3] GRIFFIN L D, LILLHOLM M. Symmetry sensitivities of derivative-of-gaussian filters[J]. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010,32(6):1072-1083.
- [4] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理[M]. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2007.

(收稿日期: 2011-06-16)

作者简介:

陈柏生,男,1980年生,硕士,讲师,主要研究方向:图像处理、计算机网络。