























### 3 讨 论

从上述实验结果可以得出：本文所提出的算法在有效地提取轮廓的同时能较好地去除纹理背景。与当前流行的其他检测方法相比，针对那些轮廓细节丰富、纹理背景复杂的或是轮廓与纹理背景差异不明显的自然场景图像，本文方法具有更强的轮廓提取能力，其二值轮廓图与人工绘制的轮廓图更接近。

ISO 和 MCI 虽然以生物视觉机理为基础来构建检测模型，但是均存在如下几个问题：(1)没有考虑生物视觉信息的层级作用特性；(2)简化了视网膜神经节细胞会对视觉信息进行初级加工的机理，直接将原始灰度图像作为 LGN 环节的输入信号；(3)忽略了视网膜神经节细胞感受野尺寸对视觉信息处理的影响以及 LGN 前级和后级视觉区域对于视觉信息的处理。ISO 方法首先使用 Gabor 变换来模拟经典感受野提取轮廓信息，然后分别利用各向同性抑制和各向异性抑制的方法来模拟非经典感受野的抑制作用，使其具备了较强的纹理背景抑制能力，但是会造成主体轮廓信息的丢失，其对于纹理背景和主体轮廓的区分能力，存在显著的缺陷。而 MCI 模型使用了多特征融合机制，融合了方位，光强和对比度三个特征来提取图片的特征，并使用周边抑制特性来提取轮廓。虽然检测效果较 ISO 方法有了显著的提升，但是其对于主体轮廓强化和纹理背景抑制之间的平衡能力还是较弱。同时，该方法的泛化性能较弱，当检测背景复杂的图像时，其对于纹理背景的抑制效果不理想。而本文方法从视觉信息处理机制出发，考虑了初级视通路中各个环节在视觉信息处理中所起的作用，使得本文算法更符合生物视觉信息处理的机制。同时，必须需要指出的是，由于本文考虑了多规格的感受野尺寸，并利用前述优化策略实现最佳感受野尺寸的选取，避免了图像轮廓检测中的感受野尺寸固定模式，使得本文方法具有较好的自适应性能。

### 4 结 论

本文通过尝试构建初级视通路计算模型，模拟生物视觉信息流的传递和处理过程。首先提出了基于 Top-X 策略的多尺度特征融合模型，实现模拟视网膜神经节细胞对视觉信息的初步处理机制；然后

提出了视觉信息的时空编码，预先对图像进行了时空编码处理，实现纹理背景的初步抑制以及主体轮廓的强化；接着提出了一种基于 NSCT 和 Gabor 变换协同处理模型来模拟非经典感受野对视觉信息的侧抑制性质。最后引入高级视皮层对初级视皮层的反馈机制，实现了在突出主体轮廓信息的同时抑制了纹理背景的目的。通过与 ISO 和 MCI 两种主流方法相比，本文方法在有效提取轮廓信息的同时，充分抑制了纹理背景信息。本文所构建的轮廓检测方法，为后续的基于生物视觉机制的轮廓检测方法研究提供了新的研究思路。后续研究可以以生物视觉机制为基础，深入探讨视通路中各个环节的作用以及它们之间的相关性。此外，还可以探索本文所提出的视觉机制方法如何在更高级的图像理解与感知任务中进行应用。

### 参考文献(References)

- [1]. Grossberg S. Cortical dynamics of three-dimensional form, color, and brightness perception: I. Monocular theory[J]. Perception & Psychophysics, 1987, 41(2):117-158. [DOI: 10.3758/BF03204875]
- [2]. Grigorescu C, Petkov N, Westenberg M. Contour detection based on nonclassical receptive field inhibition[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2003, 12(7): 729-739. [DOI: 10.1109/TIP.2003.814250]
- [3]. Tang Q, Sang N, Zhang T. Extraction of salient contours from cluttered scenes[J]. Pattern recognition, 2007, 40(11): 3100-3109. [DOI: 10.1109/TIP.2003.814250]
- [4]. Zeng C, Li Y, Li C. Center-surround interaction with adaptive inhibition: A computational model for contour detection[J]. NeuroImage. 2011, 55(1): 49-66. [DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.11.067]
- [5]. Lv C, Xu Y, Zhang X, et al. Edge Detection Based on Primary Visual Pathway[C]//International Conference on Image and Graphics. Springer, Cham, 2017: 430-439. [DOI: 10.1007/978-3-319-71589-6\_37]
- [6]. Hou W S, Zhang Y, Zheng X, et al. Simulation study of epidural electrical stimulation applied on the visual cortex based on finite element method. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 29 557-563. [侯文生, 章毅, 郑小林,等. 基于有限元法的硬脑膜外视皮层电刺激仿真研究 [J]. 中国生物医学工程学报, 2010, 29(4):557-563.][DOI:10.3969/j.issn.0258-8021.2010.04.013]
- [7]. Zhu M, Rozell C J. Visual nonclassical receptive field effects emerge from sparse coding in a dynamical system.[J]. PLoS Computational Biology,2013, 9(8): 7577-7588. [DOI:10.1371/journal.pcbi.1003191]
- [8]. Wang Z, Guo L, Adjouadi M. A generalized Leaky Integrate-and-Fire neuron model with fast implementation method[J]. International Journal of Neural Systems, 2014, 24(05):1659-8. [DOI: 10.1142/S0129065714400048]
- [9]. Liang P, Wu S, Gu F. An introduction to neural information processing[M]. Springer, 2016. [DOI: 10.1007/978-94-017-7393-5]
- [10]. Jones HE, Grieve KL, Wang W, et al. Surround suppression in primate V1[J]. Journal of neurophysiology, 2001, 86(4):2011. [DOI: 10.1152/jn.2001.86.4.2011]

- [11]. Da C A, Zhou J, Do M N. The nonsubsampling contourlet transform: theory, design, and applications[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 15(10):3089-3101. [DOI: 10.1109/TIP.2006.877507]
- [12]. Wu Y Q, Luo Z J, Wu W Y. A method of small target detection in infrared image based on non-subsampling contourlet transform[J]. Chinese Journal of Image and Graphics, 2009, 14(3):477-481. [吴一全, 罗子娟, 吴文怡. 基于 NSCT 的红外图像小目标检测技术[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(3):477-481.] [DOI: 10.11834/jig.20090316]
- [13]. Yang Y, Tong S, Huang S, et al. Log-Gabor energy based multimodal medical image fusion in NSCT domain[J]. Comput Math Methods Med, 2014, 2014(2):835481. [DOI: 10.1155/2014/835481]
- [14]. Azzopardi G, Petkov N. A CORF computational model of a simple cell that relies on LGN input outperforms the Gabor function model[M]. Springer-Verlag New York, Inc. 2012. [DOI: 10.1007/s00422-012-0486-6]
- [15]. Papari G, Campisi P, Petkov N, et al. A biologically motivated multiresolution approach to contour detection[J]. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2007, 2007(1): 119-119. [DOI: 10.1155/2007/71828]
- [16]. Yang K, Li C, Li Y. Multifeature-based surround inhibition improves contour detection in natural Images[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2014, 23(12):5020-5032. [DOI: 10.1109/TIP.2014.2361210]
- [17]. Yang K F. Non classical receptive field model based on multiple visual features and its application[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2012. [杨开富. 基于多视觉特征的非经典感受野模型及应用研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.]

#### 通信作者:



范影乐, 男, 教授, 主要研究方向为生物视觉机制、机器学习与图像处理。本文通信作者。

E-mail: [fan@hdu.edu.cn](mailto:fan@hdu.edu.cn)

#### 其他作者简介:

周涛, 男, 杭州电子科技大学控制科学与控制工程专业硕士研究生, 主要研究方向为视觉神经计算与图像处理。

E-mail: [arsenal\\_henry14@126.com](mailto:arsenal_henry14@126.com)

朱亚萍, 女, 教授, 主要研究方向为智能检测与信息处理。

Email: [zhuyup@hdu.edu.cn](mailto:zhuyup@hdu.edu.cn)

#### 作者简介:



武薇, 1979 年生, 女, 博士, 主要研究方向为神经信息编码、模式识别与图像处理。

E-mail: [ww@hdu.edu.cn](mailto:ww@hdu.edu.cn)