



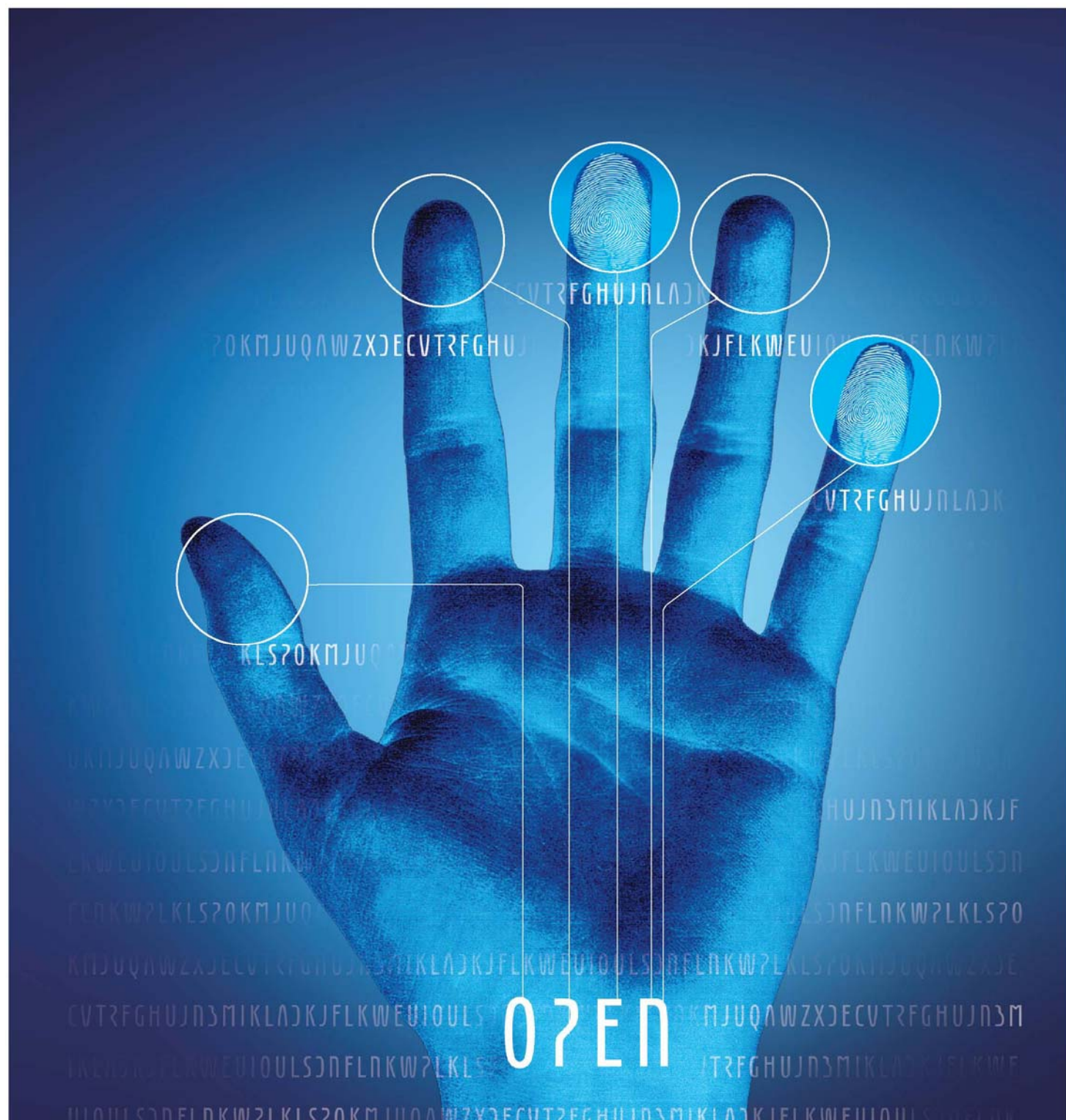
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2013
07
VOL.18

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB





第18卷第7期（总第207期）

2013年7月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。本刊所有图片均为非商业目的使用。

Copyright

2013 all rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@irsa.ac.cn

电 话 010-64807995 010-82614429

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司

（中国国际书店，邮政信箱：北京399信箱 邮编：100044）

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@irsa.ac.cn

Telephone 010-64807995 010-82614429

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100044, P.R.China)

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

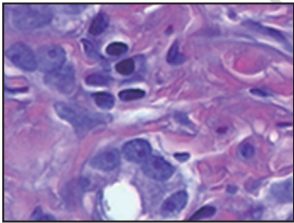
国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

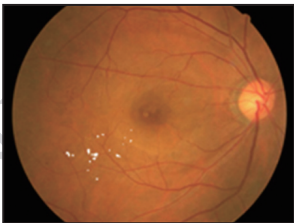
国内定价 50.00元



彩色纹理图像恢复的非局部TV模型 (第753页)



基于Nyström密度值逼近的减法聚类 (第790页)



RBF神经网络和阈值分割实现视网膜硬性渗出自动检测 (第859页)

图像处理 and 编码

各向异性的均衡化网状扩散模型 熊辉, 赖剑煌	731
特征提取和匹配的图像倾斜校正 钟金荣, 杜奇才, 刘炎, 林嘉宇	738
先进边界区分噪声检测的改进算法 祁冰露, 黄宴委, 陈少斌	746
彩色纹理图像恢复的非局部TV模型 端金鸣, 潘振宽, 台雪成	753
相似性约束的视频超分辨率重建 张义轮, 干宗良, 朱秀昌	761

图像分析和识别

低质量指纹图像方向场提取 卞维新, 徐德琴, 俞庆英	768
方向微分分块统计的运动模糊方向鉴别 李均利, 储诚曦	776
参数自适应的KPCA先验形状约束目标分割 沈霖, 李元祥, 周则明	783
基于Nyström密度值逼近的减法聚类 孙志海, 孔万增	790
空间目标检测序列图像中恒星目标抑制 黄宗福, 孙刚, 陈曾平	799

图像理解和计算机视觉

人体动作的超兴趣点特征表述及识别 王扬扬, 李一波, 姬晓飞	805
轮廓编组中的线索合并模型 王娇, 罗四维, 钟晶晶, 邹琪	813
全局图像特征分析与实时层次化消失点检测 孙愿, 卢鸿波, 张志敏	818
彩色图像特征捆绑的自动模型构建 徐洁, 邓红霞, 李海芳	829

计算机图形学

偏离映射的烙画风格绘制 钱文华, 徐丹, 岳昆, 官铮, 普园媛	836
点云模型法矢调整优化算法 孙金虎, 周来水, 安鲁陵	844

医学图像处理

基于惩罚最大似然优化模型的各向异性约束磁共振成像方法 邓梁, 史仪凯, 张均田	852
RBF神经网络和阈值分割实现视网膜硬性渗出自动检测 高玮玮, 沈建新, 王玉亮	859

遥感图像处理

衡量结构保持性能的SAR图像去噪质量评价 唐益明, 杨学志	866
地面LiDAR数据中建筑轮廓和角点提取 童礼华, 程亮, 李满春, 陈焱明, 王亚飞, 张雯	876

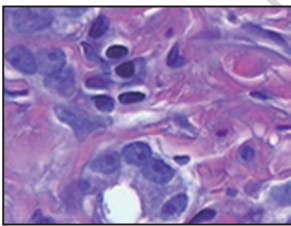
《中国图象图形学报》论文摘要写作要求	884
--------------------	-----

CONTENTS

JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Non-Local TV models for restoration of color texture images (P753)



Density value approximation for subtractive clustering based on Nyström method (P790)



Automatic detection of hard exudates based on RBF neural network and threshold segmentation (P859)

Image Processing and Coding

Equalized net diffusion model based on the anisotropy diffusion Xiong Hui, Lai Jianhuang	731
Robust method of skew correction based on feature points matching Zhong Jinrong, Du Qidai, Liu Ying, Lin Jiayu	738
Modification of advanced boundary discriminative noise detection algorithm Qi Binglu, Huang Yanwei, Chen Shaobin	746
Non-Local TV models for restoration of color texture images Duan Jinming, Pan Zhenkuan, Tai Xuecheng	753
Video super-resolution method based on similarity constraints Zhang Yilun, Gan Zongliang, Zhu Xiuchang	761

Image Analysis and Recognition

The orientation field extraction method for low quality fingerprints Bian Weixin, Xu Deqin, Yu Qingying	768
Identification of motion blur direction from motion blurred image by directional derivation and block statistics Li Junli, Chu Chengxi	776
Shape prior constrained KPCA object segmentation with parameter adaption Shen Ji, Li Yuanxiang, Zhou Zeming	783
Density value approximation for subtractive clustering based on Nyström method Sun Zhihai, Kong Wanzeng	790
Stellar targets suppression in image sequences for space targets detection Huang Zongfu, Sun Gang, Chen Zengping	799

Image Understanding and Computer Vision

Human action recognition based on super-interest points features Wang Yangyang, Li Yibo, Ji Xiaofei	805
Cue combination model for contour grouping Wang Jiao, Luo Siwei, Zhong Jingjing, Zou Qi	813
Hierarchical real-time vanishing point detection based on holistic image feature Sun Yuan, Lu Hongbo, Zhang Zhimin	818
Construction of the automatic model for feature binding of color image Xu Jie, Deng Hongxia, Li Haifang	829

Computer Graphics

Rendering pyrography style painting based on deviation mapping Qian Wenhua, Xu Dan, Yue Kun, Guan Zheng, Pu Yuanyuan	836
Optimal algorithm for normal adjustment of point clouds Sun Jinhu, Zhou Laishui, An Luling	844

Medical Image Processing

Anisotropically constrained MR imaging based on penalized maximum likelihood optimality model Deng Liang, Shi Yikai, Zhang Juntian	852
Automatic detection of hard exudates based on RBF neural network and threshold segmentation Gao Weiwei, Shen Jianxin, Wang Yuliang	859

Remote Sensing Image Processing

Image quality assessment of SAR image despeckling for measuring structure-preserving capability Tang Yiming, Yang Xuezhi	866
Extraction of building contours and corners from terrestrial LiDAR data Tong Lihua, Cheng Liang, Li Manchun, Chen Yanming, Wang Yafei, Zhang Wen	876

中图法分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)07-0829-07

论文引用格式: 徐洁, 邓红霞, 李海芳. 彩色图像特征捆绑的自动模型构建[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(7): 829-835. [DOI: 10.11834/jig.20130705]

彩色图像特征捆绑的自动模型构建

徐洁, 邓红霞, 李海芳

太原理工大学计算机科学与技术学院, 太原 030024

摘要: 特征捆绑问题是认知科学和神经科学的中心问题之一。为了对彩色图像中颜色与形状这两种最基本特征实施捆绑, 在简化脉冲耦合神经网络(PCNN)模型的基础上, 提出一种基于矢量的特征捆绑脉冲耦合神经网络模型。在该模型中, 利用神经元的第1次脉冲发放时间将不同的特征进行分离, 同时利用神经元的自身输入刺激将属于同一感知对象的不同特征进行捆绑。仿真实验结果表明, 该模型能够很好地实现彩色图像特征的分离和捆绑, 并实现迭代次数的自动判定, 对脉冲耦合神经网络模型在彩色图像特征捆绑的研究和应用中具有一定的参考价值。

关键词: 彩色图像; 特征捆绑; 脉冲耦合神经网络; 矢量模型; 自动判定

Construction of the automatic model for feature binding of color image

Xu Jie, Deng Hongxia, Li Haifang

College of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China

Abstract: The binding problem is regarded as one of the central themes of cognitive science and neuroscience. In order to solve the binding problem of shapes and colors for color images, an advanced vector model for the binding problem, based on the simplified pulse coupled neural network (PCNN), is presented in this paper. In this model, the first pulse emission time of a neuron separates the different characteristics, while the input stimulus of the neurons itself binds the different characteristics. The experimental results indicate that the model can achieve good feature separation as well as feature binding and it discovers the optimal iteration times. The method has certain reference value for the research and application of the binding problem of color image.

Key words: color image; feature binding; pulse coupled neural network; vector model; automatic determination

0 引言

大量的神经解剖学和神经生理学研究表明^[1-2], 大脑皮层存在多个视觉区域, 不同区域的脑细胞对外界刺激物的不同特征做出选择性反应。为了识别一个外部世界中的对象, 大脑必须能够把不同区域

中的信息整合起来, 形成一个完整的知觉, 这就是所谓的“特征捆绑”(feature binding)。

特征捆绑被认为是认知科学和神经科学的中心问题之一, 对心理过程的认知神经机制研究起到了重要推动作用^[3]。目前, 国内外研究者针对特征捆绑已经提出了许多研究理论, 如 Treisman 等人的特征整合理论^[4], 认为特征从早期阶段的平行加工到

收稿日期: 2012-07-13; 修回日期: 2012-11-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(61070077); 山西省自然科学基金项目(2010011020-2)

第一作者简介: 徐洁(1987—), 女, 现为太原理工大学计算机科学与技术专业在读硕士研究生, 主要研究方向为图像处理、智能信息处理。E-mail: xujie108@126.com

通讯作者: 李海芳, E-mail: sxlhfl23@163.com

后期的整合是通过空间注意模型实现的;又如 Humphreys 等人的双阶段理论^[5],认为特征捆绑分为前注意捆绑和注意捆绑两个阶段;比较具有代表性的是神经元同步振荡理论^[6],该理论认为捆绑是通过神经活动的同步激活实现的,不同的神经元对应不同的特征。虽然这些著名理论已经取得了许多可观的成果,但是相关的理论模型并不多,其中比较有代表性的是 BLF (Bayesian linking field) 模型^[7-8]和基于强度的脉冲耦合神经网络(PCNN)模型^[9]。

BLF 模型将脉冲耦合神经网络引入特征捆绑的研究中,但该模型仅考虑了“在给定的外部刺激和内部环境下,哪些神经元如何形成动态绑定”^[7],并未专注于理解颜色和形状的绑定过程。基于强度的 PCNN 模型^[9]提出了将颜色和形状这两种图像最基本的特征进行捆绑的方法,但是,并没有考虑到彩色图像的捆绑问题,利用的仅仅是图像的灰度信息且并未实现图像的自动捆绑。

灰度图像相比彩色图像,丢失了许多图像的色彩信息。但是 PCNN 主要应用于灰度图像的处理,应用于彩色图像处理时具有一定的局限性^[10]。同时,PCNN 在参数确定的情况下,其循环迭代次数直接影响捆绑效果^[11]。若循环迭代次数很大的时候,需要人眼长时间对结果进行反复比较,这样花费的时间就更长,无法实现 PCNN 模型的自动捆绑^[12-13]。

为此,提出了一种基于矢量的特征捆绑 PCNN (VFB-PCNN)模型,对视觉感知过程中的特征捆绑问题进行研究。

1 简化的 PCNN 模型

PCNN^[14-15]被称为第三代人工神经网络,它是在生物视觉皮层模型的启发下产生的由若干个神经元相互联系而构成的反馈型神经网络。传统的 PCNN 模型过于复杂,且需要恰当地设置模型中的各种门限参数、衰减系数以及连接系数等。相比之下,简化 PCNN 模型^[16-17]能够更快、更有效地进行图像处理。

简化的 PCNN 模型的单个神经元由接受部分、调制部分和脉冲产生部分组成,其模型如图 1 所示。

单个神经元 ij 的离散数学方程式描述为

$$F_{ij}(n) = I_{ij} \quad (1)$$

$$L_{ij}(n) = \sum \mathbf{M} Y_{ij}(n-1) \quad (2)$$

$$U_{ij}(n) = F_{ij}(n)(1 + \beta L_{ij}(n)) \quad (3)$$

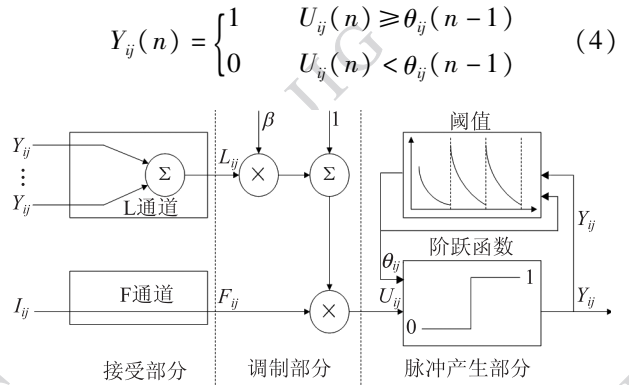


图 1 简化的 PCNN 模型

Fig. 1 Model of simplified PCNN

$$\theta_{ij}(n) = \exp(-\alpha_\theta)\theta_{ij}(n-1) + v_\theta Y_{ij}(n) \quad (5)$$

式中, n 为迭代次数, F_{ij} 是神经元的反馈输入项, I_{ij} 为神经元的外部输入激励, L_{ij} 是链接输入项。 U_{ij} 为神经元的内部活动项, Y_{ij} 是脉冲输出值, θ_{ij} 为动态阈值项, $\mathbf{M}$ 为连接权矩阵(一般为 3×3 的方阵)。 v_θ 和 α_θ 分别为 θ_{ij} 的幅度常数和衰减系数, β 为连接系数。

2 基于矢量的特征捆绑 PCNN 模型

2.1 模型整体描述

基于 PCNN 在彩色图像处理方面的局限性,在简化 PCNN 模型的基础上,提出一种基于矢量的特征捆绑 PCNN 模型。单个神经元的模型如图 2 所示。

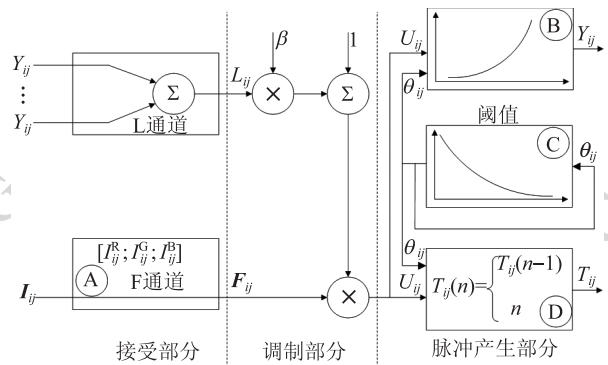


图 2 基于矢量的特征捆绑 PCNN 模型

Fig. 2 Model of feature binding PCNN based on vector

与简化 PCNN 模型相同,VFB-PCNN 模型也是一个由众多神经元构成的网络模型,将图像中的每一个像素对应于一个神经元。其单个神经元的迭代公式为

$$F_{ij}(n) = I_{ij} \quad (6)$$

$$L_{ij}(n) = \sum M Y_{ij}(n-1) \quad (7)$$

$$U_{ij}(n) = F_{ij}(n) (1 + \beta L_{ij}(n)) \quad (8)$$

$$Y_{ij}(n) = \| U_{ij}(n) - U_{0ij} \| / \theta_{ij}(n) \quad (9)$$

$$T_{ij}(n) = \begin{cases} n & \| U_{ij}(n) - U_{0ij} \| \geq \theta_{ij}(n-1) \\ & \text{且 } T_{ij}(n-1) = 0 \\ T_{ij}(n-1) & \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

$$\theta_{ij}(n) = \exp(-\alpha_{\theta}) \theta_{ij}(n-1) \quad (11)$$

2.2 模型具体分析

2.2.1 反馈输入项

对一幅彩色图像进行处理,首先要选择好合适的颜色空间。表达颜色的空间有许多种,它们通常是根据不同的应用目的而提出的^[18]。采用 RGB 颜色空间,原因是:1) RGB 空间是与计算机硬件设备最吻合的颜色空间,用于硬件显示时相当准确;2) 数字图像通常是以 RGB 方式进行表达与存储的,在该空间进行图像处理时不需要将图像进行颜色空间的转换,避免了复杂的运算。

为了解决彩色图像的描述和表达问题,对于输入的彩色图像,将其在 RGB 空间中的 3 基色值进行归一化,从而形成新的 3 基色值,归一化公式为

$$\begin{aligned} I^R &= R / (R + G + B) \\ I^G &= G / (R + G + B) \\ I^B &= B / (R + G + B) \end{aligned} \quad (12)$$

单个神经元的外部输入激励 I_{ij} 可表示为

$$I_{ij} = [I_{ij}^R, I_{ij}^G, I_{ij}^B], \quad i \leq m, j \leq n \quad (13)$$

式中,下标 ij 表示图像中像素点的位置, I_{ij}^R 、 I_{ij}^G 和 I_{ij}^B 分别表示 ij 位置像素点的红色分量、蓝色分量和绿色分量; m 和 n 分别为图像的宽度和高度(单位为像素)。

通过在 RGB 空间中的归一化处理,反馈输入项 F_{ij} 由 PCNN 模型中的标量形式转换为 VFB-PCNN 模型中的矢量形式,如图 2 中 A 处所示。

2.2.2 链接输入项及内部活动项

VFB-PCNN 模型的链接输入项及内部活动项的公式与 PCNN 模型保持一致,但内部活动项的形式却发生了变化:由 PCNN 模型的标量变为 VFB-PCNN 模型的矢量,即每个像素点的内部活动项同反馈输入项一样,均为一个 3 维向量。输入图像的内部活动项的值记为 U_0 ,在此后的每一次循环迭代过程中生成的内部活动项的值记为 U ,计算每个神经元 U 与 U_0 之间的距离,那么整个图像像素点的颜

色特征便形成一个 2 维的矢量场,利用该矢量场进行输出项的确定。

2.2.3 动态阈值项

PCNN 模型的一个关键思想是阈值指数衰减机制,如式(5)所示。在神经元的阈值衰减过程中,若某一个神经元的阈值衰减到等于或小于内部状态 U 时,该神经元点火。此后,该神经元的阈值急剧增大,脉冲停止输出,阈值又开始衰减,当满足条件时脉冲再次产生,如此周而复始,如图 1 中阈值部分所示。显然,这种变化规律并不符合人眼对亮度强度响应的非线性要求,并且这种阈值机制使处理结果的很多信息都包含在了神经元的激活周期中^[19]。

本文模型仅考虑神经元在所有神经元均发放脉冲的一次循环过程,故而对阈值函数进行改进,即将随时间反复衰变的指数函数改进成为随时间单调递减指数函数,如图 2 中 C 处所示,并且各个神经元采用相同的阈值及衰减方式。

2.2.4 脉冲输出项

PCNN 模型中脉冲输出项的作用包括以下两方面:1) 作为链接输入项的一部分对周围神经元进行影

响;2) 作为模型的输出进行特定的图像处理应用。对于作用 1):PCNN 模型中的脉冲输出项是由阶跃函数得到的,神经元的输出是二值脉冲序列,如式(4)所示。这样,单个神经元对其周围神经元的影响也仅局限于有无影响,从而造成了加权不公平的情况,引起不均衡的领域贡献率而造成的处理结果偏差。为了避免这种现象,并改善 PCNN 算法的性能,采用曲线型神经网络模型^[19],将 PCNN 模型的输出 Y 用式(9)代替,其曲线示意图如图 2 中 B 处所示。

对于作用 2):PCNN 模型的二值输出无法实现特征捆绑,以赋时矩阵 T 作为输出。赋时矩阵 T 与图像大小相同,记录着每个像素的第 1 次点火时刻,其赋值过程如式(10)所示。赋值过程一直进行到所有神经元都已经点火,即得到最终的赋时矩阵 T ,如图 2 中 D 处所示。总之,赋时矩阵 T 如实地记录了每个神经元的第 1 次点火时刻,并以其作为输出,同时亦为特征分离以及捆绑的依据。

3 仿真实验

在视觉感知过程中,颜色和形状特征经历着先分离然后再捆绑的过程^[20]。通过一幅简单的彩色

图像作为模型的输入来演示本文模型的特性。

3.1 问题描述

图 3 有 3 个简单的图形:五角星、波形和心型,它们分别拥有不同的颜色。



图 3 不同颜色和形状的实验图像

Fig. 3 Experimental image of different colors and shapes

依次记图 3 中 3 种形状为 Shape1、Shape2 和 Shape3,同时依次记 3 种颜色为 Color1、Color2 和 Color3。由于仅考虑图像的颜色和形状特征,故而图 3 中可以分离出的特征为 3 种形状和 3 种颜色(不考虑背景色),那么怎样将这些特征分离出来,并且将对应的颜色与形状相结合构成一个感知对象,而不是错误的结合,这就是要解决的颜色和形状的特征捆绑问题。

3.2 特征分离

3.2.1 特征分离的原理

输入图像的像素点与 PCNN 模型的神经元是一一对应的。在所有的神经元中,一部分神经元有助于感知对象 1 的视觉特征的识别,一部分神经元有助于感知对象 2 的视觉特征的识别,另一部分有助于感知对象 3 的识别。同时,一些神经元对颜色特征识别有贡献,比如图形内部的视觉刺激,因为这些神经元具有区域特性;一些神经元对形状特征识别有贡献,比如图形边缘的视觉刺激,因为这些神经元具有跳跃特性。

神经元之所以可以感知这些对象或特征,缘于它们的刺激输入是各异的。对于不同刺激输入的神经元,它们的内部活动项不同,第 1 次点火时刻也不相同:具有相同或相近刺激输入的神经元偏向于同步点火,不同刺激输入的神经元的第 1 次点火时刻之间存在差异,以此便可进行特征的分离。

3.2.2 特征分离的步骤

实验中各参数的选取为多次实验所确定的结果,各实验参数如表 1 所示。

表 1 矢量 PCNN 模型参数表
Table 1 Parameter table for vector PCNN

	连接系数 β	衰减系数 α_0	θ 初始值
调整值	0.002 5	0.2	0.025

实验中的内部连接矩阵 M 的初值是一个 3×3 的方阵,其中每一个元素的数值为中心像素到周围每个像素的欧几里德距离的倒数,内部活动项的初值 U_0 同外部输入激励矩阵 I 相同。

接下来通过所选的参数对实验的图像进行特征分离,具体步骤如下:

- 1) 输入图像通过式 (12) 进行彩色空间的变换;
- 2) 将变换后的值表示为式 (13) 所示,作为模型的输入,如式 (6),令 $F = I$;
- 3) 根据式 (7) (8) 求出内部活动项 U ;
- 4) 根据内部活动项 U 与 U_0 之间的距离构建矢量场,根据式 (9) 确定 Y 值;
- 5) 根据式 (10) 得到赋时矩阵 T ;
- 6) 反复执行步骤 3) — 5) 直至确定赋时矩阵中无零元素,此时即以赋时矩阵 T 作为输出。

3.2.3 特征分离的结果

图 3 以 VFB-PCNN 模型得到的分离结果如图 4 所示。

1) 颜色的分离 3 种图形所对应的区域神经元的第 1 次点火时间不同:Shape1 所对应的区域神经元在第 11 次同期点火;Shape2 所对应的区域神经元在第 10 次同期点火;而 Shape3 所对应的区域神经元在第 8 次同期点火。根据各个区域神经元的不同点火时刻,可以判定它们属于不同的颜色,颜色特征也就从背景中分离出来。

2) 形状的分 虽然图形边缘与内部神经元的刺激输入是相同的,但是它们所受到的邻域内的链接输入不同,故而边缘神经元和内部神经元的点火时间有所不同。在图 4 所示的输入图像中,由于背景的影响,边缘神经元的点火时间迟于内部神经元,这样也可同时将各种形状特征分离出来。

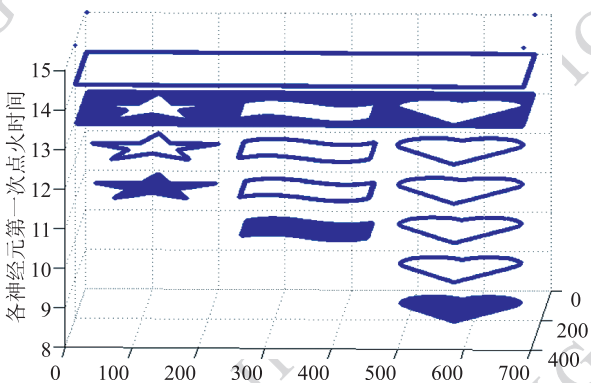


图 4 矢量 PCNN 模型特征分离结果

Fig. 4 Feature separation result for vector PCNN

图 3 以基于强度的 PCNN 模型得到的分离结果如图 5 所示。

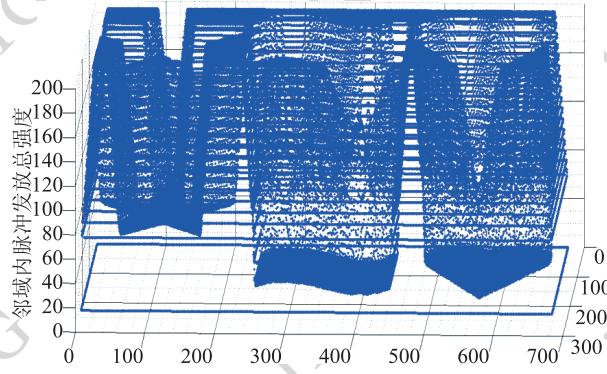


图 5 基于强度的 PCNN 模型特征分离结果

Fig. 5 Feature separation result for PCNN model based on strong

图 4 与图 5 特征分离的结果对比:

- 1) 基于强度的 PCNN 模型的边缘分布于背景与图形之间,较为模糊;VFB-PCNN 模型的边缘分布在不同的层次,更加清晰明了,便于后续的捆绑工作;
- 2) 基于强度 PCNN 模型不能将 Color2 与 Color3 分离开,原因是这两种颜色的灰度值是相近的,但是 VFB-PCNN 模型可以将这两种颜色区分开。

3.3 特征捆绑

由于图形边缘与内部神经元的刺激输入是相同的,所以可以根据 3.2 节分离出来的颜色和形状特征的自身刺激输入进行捆绑。对于输入的 RGB 图像,分别利用其 R、G、B 分量的直方图进行特征捆绑。

图 3 的 R、G、B 分量的直方图信息分别如图 6—图 8 所示,由这 3 个直方图亦可得到如表 2 所示的

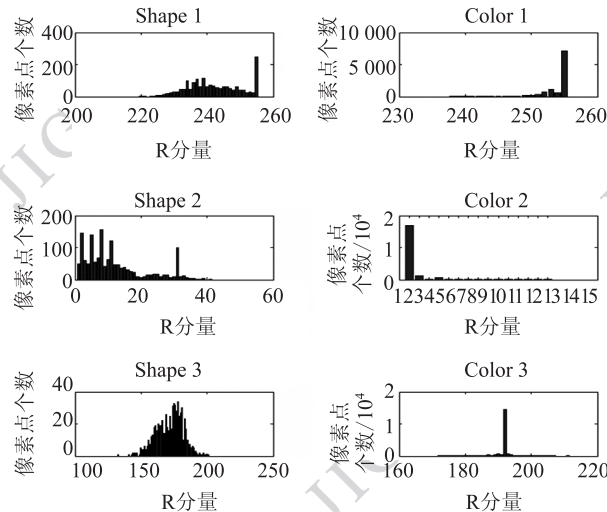


图 6 R 分量直方图显示

Fig. 6 Histogram representation of R component

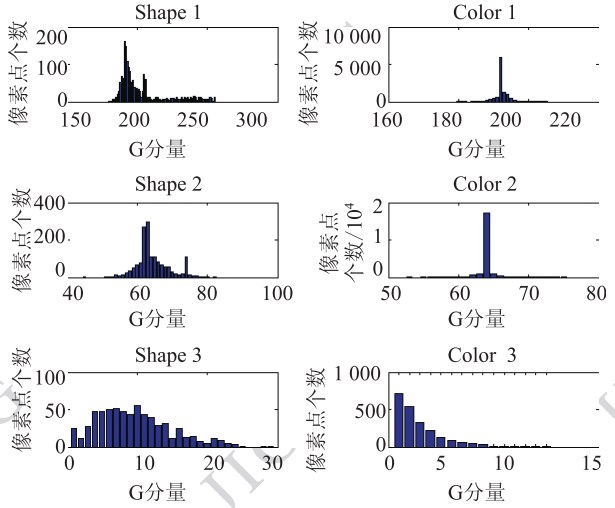


图 7 G 分量直方图显示

Fig. 7 Histogram representation of G component

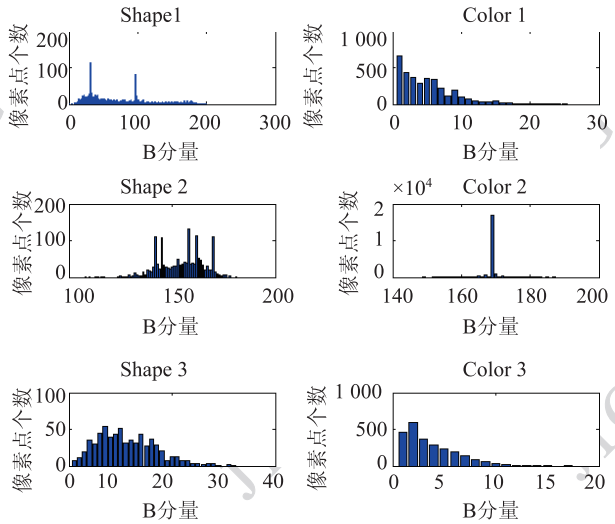


图 8 B 分量直方图显示

Fig. 8 Histogram representation of B component

各种特征在各个分量的统计信息。

表 2 各种特征的分量分布统计表
Table 2 Table of component distribution
for various features

特征名称	R 分量	G 分量	B 分量	感知对象
Shape1	220 ~ 255	170 ~ 250	0 ~ 200	图形 1
Shape2	0 ~ 40	50 ~ 80	130 ~ 170	图形 2
Shape3	150 ~ 200	0 ~ 30	0 ~ 40	图形 3
Color1	235 ~ 255	180 ~ 210	0 ~ 30	图形 1
Color2	0 ~ 15	50 ~ 75	140 ~ 180	图形 2
Color3	170 ~ 210	0 ~ 15	0 ~ 20	图形 3

由图6—图8以及表2可以得到,同一对象不同特征的自身各个分量信息虽有差异,但分布在相近的区间内,这是缘于同一对象的边缘以及其内部所受到的输入刺激是相同的,故而可以将它们感知为一个对象,从而实现了特征的捆绑。

3.4 迭代次数的自动判定

利用赋时矩阵作为模型的输出来进行特征的分离以及捆绑,因为赋时矩阵 T 记录的是每个神经元的第1次点火时刻,所以只有当所有神经元全部点火时才可得到最终的 T 。因此,利用赋时矩阵即可以实现循环次数的自动判定,也就是在所有神经元均已点火的时刻,赋时矩阵也就最终确定,这时的循环迭代次数对应的即为最佳的结果。迭代次数的自动判定过程如图9所示。

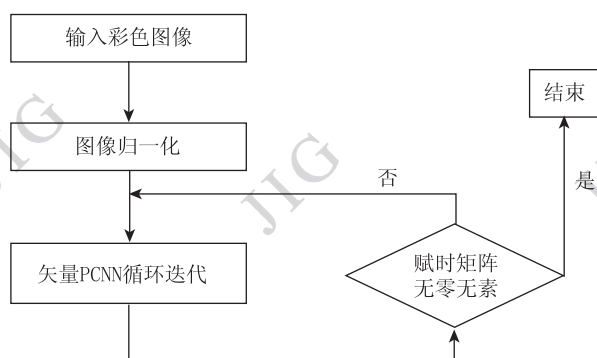


图9 最优迭代次数自动判定流程图

Fig. 9 Flow chart for the determination of optimal iteration times

4 结 论

在 PCNN 模型的基础上,提出一种基于矢量的特征捆绑 PCNN 模型。将 PCNN 模型处理的灰度标量空间扩展到彩色矢量空间,并利用赋时矩阵来实现特征的分离以及捆绑,同时实现了迭代次数的自动判定,建立了彩色图像的自动捆绑模型。仿真实验结果表明,本文模型能够很好地解决彩色图像的自动特征绑定问题,具有很好的鲁棒性,对脉冲耦合神经网络在彩色图像特征捆绑的研究和应用中具有一定的参考价值。

参考文献 (References)

[1] Singer W, Gray C. Binding in models of perception and brain function [J]. Current Opinion in Neurobiology, 1995, 5(4):

520-526.

- [2] Treisman A. Feature binding, attention and object perception [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences, 1998, 353(1373): 1295-1306.
- [3] Watanabe W, Nakanishi K. Solving the binding problem of the brain with bi-directional functional connectivity [J]. Neural Networks, 2001, 14(4-5): 395-406.
- [4] Treisman A, Gelade G. A feature-integration theory of attention [J]. Cognitive Psychology, 1980, 12(1): 97-136.
- [5] Humphreys G W, Cinel C, Wolfe J, et al. Fractionating the binding process: neuropsychological evidence distinguishing binding of form from binding of surface features [J]. Vision Research, 2000, 40(12): 1569-1596.
- [6] Singer W, Gray C M. Visual feature integration and the temporal correlation hypothesis [J]. Annual Review of Neuroscience, 1995, 18(3): 555-586.
- [7] Shi Z W, Shi Z Z, Liu X. A computational model of feature binding [J]. Science in China (Series C): Life Sciences, 2008, 38(5): 485-493. [石志伟, 史忠植, 刘曦. 特征捆绑的计算模型 [J]. 中国科学(C辑): 生命科学, 2008, 38(5): 485-493.]
- [8] Liu X, Shi Z Z, Shi Z W. Approach for object recognition based on a computational model of feature binding [J]. Journal of Software, 2010, 21(3): 452-460. [刘曦, 史忠植, 石志伟. 一种基于特征捆绑计算模型的物体识别方法 [J]. 软件学报, 2010, 21(3): 452-460.]
- [9] Li H F, Yin Q. Research on modeling method of feature binding in visual perception [J]. Computer Engineering, 2011, 37(22): 151-155. [李海芳, 尹清. 视觉感知中特征捆绑建模方法的研究 [J]. 计算机工程, 2011, 37(22): 151-155.]
- [10] Cheng D S, Liu X F, Jin Y. A segmentation method of color images based on improved PCNN [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2009, 41(3): 58-62. [程丹松, 刘晓芳, 金野. PCNN 模型在彩色图像分割中的应用 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, 41(3): 58-62.]
- [11] Xin G J, Zou B J, Li J F. Image segmentation with PCNN model and maximum of variance ratio [J]. Journal of Image and Graphics, 2011, 16(7): 1310-1316. [辛国江, 邹北骥, 李建峰. 结合最大方差比准则和 PCNN 模型的图像分割 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(7): 1310-1316.]
- [12] Berg H, Olsson R, Lindblad T, et al. Automatic design of pulse coupled neurons for image segmentation [J]. Neurocomputing, 2008, 71(10-12): 1980-1993.
- [13] Wei S, Hong Q, Hou M S. Automatic image segmentation based on PCNN with adaptive threshold time constant [J]. Neurocomputing, 2011, 74(9): 1485-1491.
- [14] Eckhorn R, Reitboeck H J, Arndt M, et al. Feature linking via synchronization among distributed assemblies: simulation of results from cat cortex [J]. Neural Computation, 1990, 2(3): 293-307.
- [15] Wang Z B, Ma Y D, Cheng F Y, et al. Review of pulse-coupled

- neural networks [J]. Image and Vision Computing, 2010, 28(1):5-13.
- [16] Chen Y L, Park S K, Ma Y. A new automatic parameter setting method of a simplified PCNN for image segmentation [J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2011, 22(6):880-892.
- [17] Chen Y, Park S K, Ma Y, et al. A new automatic parameter setting method of a simplified PCNN for image segmentation [J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2011, 22(6):880-892.
- [18] Zhao J X, Wang J, Zhao Z. Color image edge detection based on subdivision of RGB space [J]. Optoelectronic Technology, 2009, 29(3):173-190. [赵景秀,王菁,赵昭. 基于RGB空间
- 剖分的彩色图像边缘检测[J]. 光电子技术,2009, 29(3):173-190.]
- [19] Liu M, Gong H L, Liu J L. PCNN model based on vector and applications [J]. Control & Automation, 2009, 25(12):255-257. [刘明,宫辉力,刘君玲. 基于矢量的PCNN模型及其应用[J]. 微计算机信息,2009, 25(12):255-257.]
- [20] Yao X Z, Lu T W, Hu H P. Object recognition models based on primate visual cortices: a review [J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2009,22(4):581-588. [姚行中,鲁统伟,胡汉平. 基于灵长类视觉皮层的目标识别模型综述[J]. 模式识别与人工智能,2009, 22(4):581-588.]