

国外信息技术优秀图书选译

Image Processing Using Pulse-Coupled
Neural Networks (Second Edition)

脉冲耦合神经网络 图像处理

(第2版)

T. Lindblad J. M. Kinser 著

马义德 绽 琨 王兆滨 等译

TP183/67

2008

国外信息技术优秀图书选译

Image Processing Using Pulse-Coupled
Neural Networks (Second Edition)

脉冲耦合神经网络 图像处理

(第2版)

T. Lindblad J. M. Kinser 著

马义德 绽 琨 王兆滨 等译



高等教育出版社

图字号:01-2008-1345

Translation from the English language edition:

Image Processing Using Pulse-Coupled Neural Networks by T. Lindblad and J. M. Kinser

Copyright ©Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998, 2005

Springer is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

图书在版编目(CIP)数据

脉冲耦合神经网络图像处理:第2版/(瑞典).林德布莱德(Lindblad, T.), (美)凯泽(Kinser, J. M.)著;马义德, 绽琨, 王兆滨译. —北京:高等教育出版社, 2008.4

书名原文: Image Processing Using Pulse - Coupled Neural Networks

ISBN 978-7-04-024463-2

I. 脉… II. ①林…②凯…③马…④绽…⑤王… III. 神经网络-图像处理 IV. TP183

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第045133号

策划编辑 陈红英 责任编辑 陈红英 封面设计 刘晓翔 责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 9.75
字 数 180 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008年4月第1版
印 次 2008年4月第1次印刷
定 价 18.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24463-00

译者序

意识问题是对当代科学的巨大挑战,长期以来一直是科学家十分关注的研究对象。由于意识问题的极端复杂性,经过长达几个世纪的探索,至今还没有取得突破性进展。随着人们对生物学与计算机科学等学科研究的逐步深入,相信人们对意识问题的本质会有更深刻的认识。

由于发现脱氧核糖核酸(DNA)的双螺旋结构,Francis Crick 与 Maurice Wilkins 共同获得 1962 年诺贝尔生理及医学奖。Francis Crick 认为“人的精神活动完全由神经细胞、胶质细胞的行为和构成及影响它们的原子、离子和分子的性质所决定”。他坚信,意识这个心理学的难题可以用神经科学的方法来解决。他用科学方法来解释意识奥秘的著作《惊人的假说——灵魂的科学探索》一书最后章节,特别提到脉冲耦合神经网络和研究脉冲耦合神经网络的开山鼻祖 Charles M. Gray 和 Reinhard Eckhorn 等科学家。

1987 年,Charles M. Gray 等发现猫的初生视觉皮层有神经激发相关振荡现象,并于 1989 年将其研究成果发表在 Nature 杂志上。与此同时,Reinhard Eckhorn 根据猫的大脑视觉皮层同步脉冲发放现象,提出了展示脉冲发放现象的连接模型,继而对其模型进行修改开拓性得到了脉冲耦合神经网络的基本模型。在脉冲耦合神经网络的具体应用中,目前在瑞典首都斯德哥尔摩 AlbaNova 大学中心的瑞典皇家理工学院粒子与天体粒子研究所从事科研的 Thomas Lindblad 和在美国乔治·梅森大学任职的 Jason Kinser 研究尤为出色。两位合著的《Image Processing Using Pulse-Coupled Neural Networks》是目前脉冲耦合神经网络应用研究中的权威著作。

译者作为国内最早研究脉冲耦合神经网络的一员,有幸经原作者同意翻译此书,从而国内读者可以更通俗、更准确的方式了解该书有关脉冲耦合神经网络应用研究中的有关知识。

国内研究脉冲耦合神经网络是从 20 世纪 90 年代末开始的。脉冲耦合神经网络模型是在哺乳动物视觉皮层神经元研究的基础上提出的新型神经网络模型,国内研究者很少研究其神经元内在机理,主要将其作为强大的数学工具应用于图像处理各个领域,很少对数学模型或参数设置进行研究。本书介绍

Jason Kinser 提出的交叉皮层模型以及几种与脉冲耦合神经网络有关的皮层模型,并介绍脉冲耦合神经网络与小数幂指数滤波器结合,在目标识别、图像融合等方面的应用,同时阐述了基于脉冲耦合神经网络的纹理图像分析、图像签名和硬件设计以及与其它学科的交叉研究内容。由于属于智能信息学科发展相关的前沿动态研究,因此无论在国内还是在国外,都有一定的参考价值和实用价值。

脉冲耦合神经网络属于目前研究和讨论最多,发展最快的第三代人工神经网络。本书适合从事智能信息处理、模式识别、数字信号处理与软计算理论、计算机视觉、通信与图像工程、生物医学图像处理等信息学科相关专业高年级本科生、研究生和相关工程技术人员阅读。

在国家自然科学基金(No.60572011)、教育部新世纪人才支持计划(NCET-06-0900)和甘肃省自然科学基金(0710RJZA015)的资助下,本书的翻译工作由马义德等的脉冲耦合神经网络研究小组完成,并由马义德主持并统稿,宛琨负责翻译、出版协作等相关工作,具体参加翻译和校对的工作人员有马义德、宛琨、王兆滨、张红娟、林冬梅、苏茂君、余文锐、陈昱莅、赵荣昌、邱秀清、张思溯、朱望飞、邓海波、薛峰、杨丽珍、宋文强、程飞燕、袁树林、陈锐、刘丽、田乐等。此外,兰州大学化学化工学院陈兴国教授对本书第 7.4.3 小节相关化学专业知识部分进行了校对,王兆滨博士在整个翻译过程中付出较多。

中译本能够顺利出版,我们要感谢高等教育出版社相关领导给予的帮助,特别是陈红英编辑的大力支持和帮助。Thomas Lindblad 教授一直与我们保持联系,共同探讨脉冲耦合神经网络的研究及翻译中遇到的问题,Jason Kinser 教授为我们提供原书的插图,在此,感谢两位原作者 Thomas Lindblad 教授与 Jason Kinser 教授,在我们翻译过程中给予的真诚帮助和大力支持。

由于神经网络与智能信息处理是正在发展中的热点领域,理论性强、技术更新快,加之译者水平有限,难免有不足和错误之处,真诚恳请广大专家学者批评指正。

译者

2008 年 1 月

于兰州大学电路所

中文版序

当前信息技术飞速发展,数码影像随处可见。相比文字阅读,人们更喜欢通过数码影像来获取信息。最近一项调查显示,因特网上一半以上的资料是影像,并且这种趋势还在逐步上升。尽管图像产生的速度非常惊人,但处理图像的技术却远远滞后。因此,未来图像处理与分析将是非常有潜力的热门研究领域。

图像分析非常复杂,各种应用要求多种算法组成一个独特的综合系统。所以,作为图像分析研究者,需要从不同角度分析和解决问题,需要掌握多种算法才能在具体应用中提高系统性能。

与传统方法相比,源自哺乳动物视觉皮层神经元信息传导模型的脉冲耦合神经网络是一种功能强大的图像处理工具,解决图像处理具体应用问题时,性能出色。由于在图像处理中,脉冲耦合神经网络并不需要与生物神经元内在机理完全吻合。这样便产生了一种新的脑皮层模型——交叉皮层模型,该模型具有计算量小、性能优越的特点。

本书主要介绍脉冲耦合神经网络和交叉皮层模型及其各种应用。显然,其更多应用远非本书所能述及。目前,我们在互联网上可检索到同行用脉冲耦合神经网络和交叉皮层模型解决多种应用研究的实例,同时有更多探索者正积极投入此项研究。本书的部分章节内容与各国同行学者的贡献是分不开的,具体地,第7章内容大部分来源于毛里求斯大学的 Soonil Rughooputh 教授的研究成果;第五章的一部分内容是乔治梅森大学的 Guisong Wang 教授的研究成果。他们将脉冲耦合神经网络和交叉皮层模型用到各种具体研究。对本书内容做出贡献的还有瑞典皇家理工学院的几位本科生和研究生:Jenny Atmer 女士、Nils Zetterlund 先生以及 Ulf Ekblad 博士等。我们通过对脉冲耦合神经网络和交叉皮层模型的深入研究,将其应用于其它新的领域并获得很好成果,因此对脉冲耦合神经网络和交叉皮层模型的研究及探讨将是永无止境的。

本书读者应该具有一定的编程能力,因为脉冲耦合神经网络和交叉皮层模型的思想算法很容易通过计算机语言实现,例如 Matlab、Python (NumPy/SciPy) 等。因为这些语言都支持矩阵运算,因此,通过简单编程,很容易实现脉冲耦合神经网络和交叉皮层模型的模拟仿真,并能很快将其应用在具体图像处理环境。

最后特别强调,令本书两位作者最高兴的事是本书已翻译成中文。在翻译过

程中,我们一直与远在中国的译者同行通过电子邮件联系,讨论脉冲耦合神经网络、交叉皮层模型和本书相关研究内容。我们由衷地感谢他们的努力,使本书能在全世界范围内得到传播和交流!

Thomas Lindblad, Jason Kinser

2007 年 12 月

于斯德哥尔摩和马纳萨斯

第2版前言

第一版前言里提到,近几十年来数字图像处理已经成为一个非常热门的领域。一如既往,其目标无论在过去还是现在,都是想让计算机来模拟实现人脑很容易就做到的某些图像处理功能。为此,科学家们在探索人脑视觉系统的内在机理,同时研究如何将这些机理应用到图像处理中去。当然,我们也在不懈努力,在过去的五六年间^①,我们的研究又获得许多新成果。本书第二版中加入了这些新思想和基于其的研究工作。

目前,第2版主要内容包括基于大脑视觉皮层的两种生物模型的理论和应用,基于视觉皮层神经网络的生物模型——脉冲耦合神经网络(Pulse Coupled Neural Network, PCNN)和交叉皮层模型(Intersecting Cortical Model - ICM),以及用PCNN和ICM开发的非常有意义的新算法。第2版在第1版的基础上,只新增加了一些最新研究成果。

特别要说明的是,在第7章中的个别应用是我们的同事提出的。为此,我们要特别感谢Mauritius Guisong大学的自然科学系主任Soonil D. D. V. Rughooputh和工程系主任Harry C. S. Rughooputh。

我们还要感谢Mauritius Guisong大学计算机科学学院的博士生Guisong Wang为本书第5章所作的重要贡献。

我们还要感谢KTH大学一些博士生和毕业生,特别是Jenny AtmerNils、Zetterlund和Ulf Ekblad。

Thomas Lindblad, Jason M. Kinser

2005年4月

于斯德哥尔摩和马纳萨斯

① 译者注:从1998年第1版书到2005年第2版书出版

第1版前言

近几十年来,数字图像处理已经成为一个非常热门的领域。一如既往,其目标无论在过去还是现在,都是想让计算机来模拟实现人脑很容易就做到的某些图像处理功能。这个目标远远还没有达到。因此,我们必须学习更多关于人类视觉机制的知识以及如何将其应用于图像处理中。一般认为,大脑活动是通过数十亿简单的处理单元即神经元来共同完成的。这些神经元通过复杂的突触系统互相连接。

在人工神经网络中,神经元通常是执行相加、求阈值等运算的简单部件。然而,真实的生物神经元是相当复杂的。与人工神经网络相比,它能够做更复杂的计算。生物神经元具有单一的功能。大脑中的神经元类型有数百种,神经元间的信息传递是以脉冲形式进行的。

最近,科学家们开始研究一些小型哺乳动物的视觉皮层。该研究导致了一种新算法的产生。该算法是对高复杂度的数字图像进行处理。随着这种生物启发的方法,尤其是神经网络的产生,我们向着上述目标又迈进了一步。

我们将使用脉冲耦合神经网络(PCNN)来表示视觉皮层模型。PCNN是一种神经网络算法,当其被灰度图像或彩色图像激励时会产生一系列的二值脉冲图像。这个网络与一般意义上的人工神经网络的不同之处在于其不需要训练。

图像处理的目标是最终要根据图像的内容做出判断。使用PCNN的脉冲输出通常比使用原图像更容易实现这些判断。因此,PCNN是一种非常有用的预处理工具。不过,也有人认为其不仅仅是一个预处理工具,实际上,PCNN亦具有自组织能力,这种能力也可使其具有类似关联存储器的功能。对于一种不需要训练的算法来说,具有这种能力是很不寻常的。

最后,需要注意的是PCNN完全可以在硬件上实现。传统神经网络有大量输入和输出。也就是说,一个神经元与许多其它神经元相连。在电子学中,实现每个连接都需要一条“电线”,在此情况下,建立一个大的网络是十分困难的。另一方面,PCNN仅仅具有局部连接性,且在大多数情况下这些连接是确定的。这一点对电路实现而言是有利的。

PCNN功能非常强大,我们对它的研究才刚刚开始。本书首先将回顾PCNN理论,然后探究其在图像处理中的一些重要应用:分割、边缘提取、纹理提取、目标识

别、目标隔离、运动处理、凹点检测、噪声抑制和图像融合等。本书还将介绍 PCNN 处理逻辑竞争问题的能力及其在协同计算中的应用。此外,书中还将介绍 PCNN 的硬件实现。

本书面向熟悉图像处理术语或对图像处理有一定基础的读者,但也不要求具有广泛的图像处理知识。此外,从数学角度来看,PCNN 并不复杂,因此并不要求广泛的数学知识。不过,书中将会使用傅里叶图像处理技术,所以具有这方面的知识在理解本书时是很有帮助的。

PCNN 与当今所用的许多传统方法从根本上是不同的,很多传统方法都具有相同的数学基础,而 PCNN 却不同。因此,PCNN 是有光明前途且又令人兴奋不已的一个领域。

目录

第1章 理论介绍	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 传统图像处理技术	(1)
1.2.1 通用性与差异性	(2)
1.2.2 内积	(2)
1.2.3 哺乳动物的视觉系统	(3)
1.2.4 未来工作如何开展	(4)
1.3 视觉皮层理论	(4)
1.3.1 视觉皮层简介	(4)
1.3.2 Hodgkin-Huxley 模型	(5)
1.3.3 Fitzhugh-Nagumo 模型	(6)
1.3.4 Eckhorn 模型	(7)
1.3.5 Rybak 模型	(8)
1.3.6 Parodi 模型	(9)
1.4 小结	(9)
第2章 数字模型原理	(10)
2.1 脉冲耦合神经网络	(10)
2.1.1 脉冲耦合神经网络原始模型	(10)
2.1.2 时间序列	(14)
2.1.3 神经元连接	(16)
2.1.4 快速连接	(18)
2.1.5 快速平滑	(19)
2.1.6 模拟时序仿真	(20)
2.2 交叉皮层模型——一个通用的数字模型	(21)
2.2.1 最小计算复杂度的必要条件	(21)
2.2.2 交叉皮层模型	(22)
2.2.3 干涉	(24)

2.2.4 曲率流模型	(26)
2.2.5 向心自动波	(26)
2.3 小结	(28)
第3章 图像目标自动识别	(30)
3.1 重要的图像特征	(30)
3.2 血液红细胞图像分割	(35)
3.3 乳腺 X 射线图像分割	(36)
3.4 航空器图像识别	(37)
3.5 北极光图像分类	(38)
3.6 小数字指数滤波器	(40)
3.7 目标识别与二值相关	(41)
3.8 图像分解	(44)
3.9 反馈式脉冲图像发生器	(46)
3.10 目标分离	(48)
3.11 动态目标分离	(51)
3.12 阴影目标	(53)
3.13 考虑含噪图像	(54)
3.14 小结	(58)
第4章 图像融合	(59)
4.1 多光谱模型	(59)
4.2 脉冲耦合图像融合设计	(61)
4.3 一个彩色图像的例子	(63)
4.4 小波滤波图像融合实例	(64)
4.5 多光谱目标检测	(64)
4.6 小结	(69)
第5章 图像纹理处理	(70)
5.1 脉冲谱	(70)
5.2 谱的统计分离	(73)
5.3 利用统计方法的识别	(74)
5.4 通过联想记忆的脉冲谱识别	(75)
5.5 小结	(78)
第6章 图像签名	(79)

6.1 图像签名理论.....	(79)
6.1.1 PCNN 和图像签名	(80)
6.1.2 颜色与形状.....	(81)
6.2 目标签名.....	(81)
6.3 真实图像的签名.....	(82)
6.4 图像签名数据库.....	(84)
6.5 计算最佳视角.....	(85)
6.6 运动估计.....	(88)
6.7 小结.....	(90)
 第7章 PCNN 的各种应用	(91)
7.1 凹点检测.....	(91)
7.1.1 凹点检测算法.....	(92)
7.1.2 基于 PCNN 凹点模型的目标识别.....	(94)
7.2 直方图再造.....	(96)
7.3 迷宫问题.....	(98)
7.4 PCNN 在条形码中的应用	(99)
7.4.1 数据序列和图像的条形码生成	(100)
7.4.2 PCNN 计数器	(103)
7.4.3 化学药品索引	(103)
7.4.4 星系识别和分类	(109)
7.4.5 导航系统	(113)
7.4.6 手势识别	(114)
7.4.7 路面检测	(117)
7.5 小结	(120)
 第8章 PCNN 的硬件实现.....	(121)
8.1 硬件实现原理	(121)
8.2 用 CNAPs 处理器实现	(122)
8.3 用 VLSI 实现.....	(124)
8.4 用 FPGA 实现	(124)
8.5 光学应用	(128)
8.6 小结	(129)
 参考文献.....	(130)
索引.....	(137)

第1章 理论介绍

1.1 概述

众所周知,在任何场合,人类很容易识别、分类和鉴别目标物体。例如,让坐在教室里的同学去找日光灯开关,他瞬间就能做到,即使这个开关不在所期望位置或形状与想像的不一样也仍然能行。另外,不需要上千样本的训练过程,人就能识别目标物体。例如,一个人只要见过狗,那他就能认得大多数狗。自然界里,动物也具有某种程度的识别能力。例如,蜘蛛可以轻易地识别苍蝇,即使是幼蜘蛛也能识别。从这个意义上讲,我们正在讨论成千上万的神经细胞或神经元的处理过程,进而说明了在自然界里生物处理此类问题是非常出色的。

相反,计算机却很难完成这类任务,即使计算机有大容量的内存和非常高的处理速度,也无法达到人类的水平,况且这样的通用软件也不存在。到目前为止,计算机只擅长特定类型的某种具体应用,仍然很难实现一般图像处理和识别的任务。

在数字图像处理研究的早期,许多人认为能找到一种专门实现图像识别的方法。可直到目前为止,我们用的最多的傅里叶变换以及相继提出的许多后续处理方法,都没有仿照人类视觉的处理机理,显然,人类用许多近似完美的视觉机制在进行图像处理。很遗憾,时至今日,我们只了解其中很少的一部分。

视觉皮层是大脑从眼睛获取信息的通道,是脑中枢神经的一部分。眼睛首先进行图像的处理和转换,具体地实现从图像到脉冲序列的转换,然后视觉皮层传递这些脉冲序列并将其馈送到大脑。据此,人们已经提出了一种基于小型哺乳动物视觉皮层的通用模型,并已成功应用到图像处理中。

此时,读者可能会非常急切地想问这个模型是如何工作的,如何应用它,相对于目前系统,该模型带来的好处有哪些,能否用现有硬件实现等一系列问题。这些都是许多科学家当前正在研究的热点^[1,2],也是本书所关注的中心问题。

1.2 传统图像处理技术

图像处理(image processing)这门学科尽管已经研究了几十年,而且激光的发

明打开了光学图像处理的大门,高性能计算机使大尺寸图像处理变成现实,越来越多的科学家正在从事图像处理研究,但现在要达到接近人类图像识别能力,科学家取得的进展却是极其有限的。

对视觉皮层(visual cortex)处理模式的模拟研究是不小的进步。因为它直接模拟大脑的一部分,而我们相信大脑是当前最有效的图像处理系统,还有从数学分析角度来讲,它与许多目前所使用的传统算法有着本质的不同。

1.2.1 通用性与差异性

这里首先回顾一下图像处理中常用的一些专业术语。一般图像处理包括的范围很广,可划分为:图像形态学处理(将一幅图像变换成另一幅图像)、滤波(filtering)(移除或提取图像的某些部分)、识别(recognition)和分类(classification)等。

图像滤波就是从一幅图像中滤出特定的区域。因此,图像滤波可用于提取图像边缘,寻找图像中的特定物体或定位特定目标。但本书只介绍一些特定的图像滤波方法。

目标识别涉及对图像中某一特定目标的识别。一般而言,一个目标就是一个物体,如一条狗,但目标也可以是信号签名,如序列或特定模式。前面识别狗的例子就是目标识别,人一旦见过狗后,他就认得大多数狗了。

而分类和识别稍有不同:分类要求用一个标记来表示输入图像中的某个目标,而往往实际中存在的一种可能是,大多数情况下可以识别存在的目标,但却不能为该目标贴上相应的标记。

另外,还需要注意的是通用性(generalization)和差异性(discrimination)这两种类型的识别和分类。

一般性要求找出各类之间的共性。例如,如果我们见到一个动物,它有四条腿、一条尾巴,身上长着毛,并且体型和品种都与我们见过的狗相似,那么我们就可以认为它就是一条狗。而差异性也就是特殊性,要找出目标之间的不同点。例如,有一条狗可能鼻子较短,尾巴弯曲,与大多数狗很不相似,因此可以将其认定为哈巴狗。

1.2.2 内积

目前,图像处理使用的很多方法,特别是广为流行的基于频域的滤波、神经网络(neural network)和小波(wavelets)等方法的数学基础都是内积运算。例如,在具体实现时,对输入图像而言,只要在傅里叶滤波器覆盖的区域内,傅里叶变换的过程就是一组内积计算。

尽管一个神经网络通常可能由多层神经元组成,但落到实处,神经元的计算都是其权值与数据的内积(当然,再经非线性阈值判决才能输出)。小波变换本身由一组滤波器组成,与傅里叶变换类似,其变换过程仍然离不开内积运算。

内积是一阶运算,其本身所提供的计算能力是有限的。正因为如此,滤波处理和神经网络等这些高阶算法必须使用多组内积运算实现,但同时遇到的困难是内积数和相互关系无法确定。可喜的是,对于二值系统有人已提出这些问题的解决方案^[8]。但对于模拟数据,我们只能使用训练算法(其中许多训练算法要求用户预先设定好内积的数目以及它们彼此之间的关系),通过优化以逼近正确结果。甚至这种训练可能会很复杂、冗长、计算量大,且不能保证通过训练就能得到正确结果。

如前所述,一阶运算的内积本身的作用是很有限的。它只能从一组数据中提取一阶信息。例如,常见的异或(XOR)有四种状态(00:0,01:1,10:1,11:0),其输入是二维的,而对应的输出是一维的。异或运算是个二阶问题,显然不能用单个内积来完全映射异或运算。所以,在前向反馈(feedforward)人工神经网络中我们用两层神经元来解决异或问题。

尽管内积的作用本身非常有限,但大多数图像识别系统却离不开它。而且,哺乳动物系统则使用更复杂,也更高效的高阶系统。

1.2.3 哺乳动物的视觉系统

哺乳动物的视觉系统处理图像时要比简单内积运算简洁高效。许多操作还没有进行时,视觉系统已经处理并结合图像内容做出了判断,由此可知,神经科学的研究根本没有搞清楚神经元到底是怎么运作的。下面提到的几种重要操作可使我们对处理的复杂性有所了解。实际上,哺乳动物系统要比常用图像识别算法复杂得多。因此,认为用简单运算能够与生物系统性能相媲美是非常幼稚、可笑的。

当然,图像是从人眼传入大脑的。视网膜上的影像感受野并不对所有输入均匀处理,也不是仅仅对同一种光源敏感。实际上,有些感受器对运动敏感,有些感受器对色彩或亮度敏感。还有,感受器是互联的,一个感受器收到信号时会影响周围其它感受器的行为。换句话说,人眼在离开图像之前,已经对其进行了数学运算。

同时,人眼也接收来自大脑的反馈信息,因为我们并不是盯着整幅图像,而是在图像中寻找我们感兴趣的目标,此时我们的注意力是在图像各部分之间移动。也就是说,反馈信息同样也在改变感受野的输出。

图像信息从感受野传递到视觉皮层并在大脑中进行进一步分析处理。当然,我们在本书中使用的数学模型就是建立在对猫^[11]和天竺鼠^[12]视觉皮层研究基础上的,尽管这些模型在仿真哺乳动物视觉系统方面已前进了一大步,并且有很多成果已被实现或应用到工程实际问题的解决,但该类模型仍然是生物系统极其复杂系统的简化模拟。为此,时至今日,这仍然是科学家们继续探索和研究的热点领域。

1.2.4 未来工作如何开展

相比人脑图像识别,以上主要介绍了现有算法实现图像识别时的各种缺点。很明显,与复杂的生物识别系统相比,基于计算机实现的这些算法显得太稚嫩了。故而,模拟生物系统进行计算机识别是迫在眉睫的研究任务。

值得强调的是:尽管人们在模拟生物系统时还有很多争议,但模拟视觉皮层的处理模式正逐渐被人们所理解,并已证明非常有效且已很快成了图像识别领域的新工具。

1.3 视觉皮层理论

本书将探究两种视觉皮层模型的原理及其应用:脉冲耦合神经网络(Pulse Coupled Neural Network, PCNN)和交叉皮层模型(Intersecting Cortical Model, ICM)^[3,4]。因为,这些模型都是基于视觉皮层的生物模型。所以,以下有必要回顾那些对PCNN和ICM的发展有过深远影响的一些算法。

1.3.1 视觉皮层简介

尽管对视觉皮层所建模型还不够完善,而且还有很多争议,但是基于皮层机理的一些研究结果很有价值,并已应用于许多领域。因此,本书在简单介绍灵长类动物皮层系统后,将不再专门讨论视觉皮层的工作机理,而将主要研究视觉皮层模型的应用。

尽管大脑皮层视觉区生理机理非常复杂,但生物大脑视觉皮层通常有P型神经节细胞和M型神经节细胞两种基本视觉通路。视觉皮层的这两种细胞分别感知色彩和形状/运动信息。图1.1所示是这两种思路的模型,视网膜上的亮度和色彩感知器首先感知转换光强、色彩等图像信息并进行预处理,然后传递到视觉皮层(在图1.1中用V标注)。而外侧膝状核(Lateral Geniculate Nucleus, LGN)在图像传递到视觉皮层之前,会把它分解为灰度、对比度、频率成分等。

图1.1中用V1、V2、V3、V4、V5分别标注视觉皮层的各个区域。具体地:

V1表示条纹状视觉皮层区域,它对图像很少进行预处理,但包含丰富的图像细节信息。

V2包括视觉映射,但相比V1包含较少的细节信息和更少的预处理量。

V3、V4、V5视觉皮层区域具有特定功能,分别处理色彩/形状、静止和运动等信息。

在图1.1中,虽然只显示了正向信号的传输流程,但实际中信息是在这些区域之间双向传递的。当信号正向传递时,对应神经元处理图像的区域将逐步增大,也即V3中的神经元对图像的处理区域要比V1中的神经元对图像的处理区域更大。