

视觉仿生学原理与应用

谢剑斌 陈章永 刘 通 编著
闫 玮 李沛秦



科学出版社

视觉仿生学原理与应用

谢剑斌 陈章永 刘 通 编著
闫 玮 李沛秦

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍视觉仿生的原理、技术与应用,在详尽分析人眼、鱼眼、鹰眼、蛙眼、蝇眼、蛇眼、蜚眼、猫眼等生物视觉原理的同时,深入阐述视觉仿生技术的新成果。特别重视视觉仿生理论研究与技术应用的有机结合,力图利用生物视觉机理解决视觉分析领域中的诸多难题,如感兴趣目标跟踪、高清晰视频处理、海量视频分析、主动生物特征识别和智能视频监控等。

本书可作为电子信息、计算机和自动化等专业高年级本科生与研究生的教材,也可供视频分析与识别领域的科研技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

视觉仿生学原理与应用/谢剑斌等编著. —北京:科学出版社,2013.11

ISBN 978-7-03-039145-2

I. ①视… II. ①谢… III. ①计算机视觉-仿生 IV. ①TP302.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第273132号

责任编辑:张 濮 陈 静 / 责任校对:宣 慧

责任印制:张 倩 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年11月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2013年11月第一次印刷 印张:12

字数:240 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



作者简介



谢剑斌，博士，教授，国防科学技术大学研究生导师，中国生物特征识别国家标准组委员，中国数字电视国家标准组委员，中国图象图形学学会高级会员，计算机学会高级会员，《电光与控制》编委会委员。长期从事海量视频分析与生物特征识别方面的研究工作，作为项目负责人主持国家级项目 7 项、部委级项目 25 项、横向课题 37 项。在国内外知名期刊发表学术论文 70 多篇，出版专著 2 部，获国家发明专利授权 16 项、实用新型专利 29 项。荣获国际发明展金奖 2 项，湖南省科技进步二等奖 1 项，公安部技术革新特别项目奖 2 项和全国发明展金奖 1 项、铜奖 1 项。



陈章永，硕士，高级工程师，中钞实业有限公司总工程师。长期从事防伪领域技术研究工作，是行业专家库专家。负责多项国家级、部级科研项目，获发明专利 3 项、实用新型专利 20 余项、软件著作权 1 项和实审阶段发明专利 10 项。荣获国家科技进步二等奖、部级一等奖、省级一等奖各 1 次，发表学术论文 10 余篇，因技术创新工作成绩突出先后获省、部级表彰。



刘通，博士，讲师，任职于国防科学技术大学。长期从事海量视频分析与生物特征识别方面的研究工作，作为技术骨干参与国家级项目 3 项、省部级项目 17 项。在国内外知名期刊发表学术论文 29 篇，参与出版专著 2 部，获国家发明专利授权 13 项、实用新型专利 26 项。荣获国际发明展金奖 2 项，湖南省科技进步二等奖 1 项，公安部技术革新特别项目奖 2 项和全国发明展金奖 1 项、铜奖 1 项。



闫玮，博士，讲师，任职于国防科学技术大学。长期从事海量视频分析与生物特征识别方面的研究工作，作为技术骨干参与国家级项目 3 项、省部级项目 15 项。在国内外知名期刊发表学术论文 23 篇，参与出版专著 2 部，获国家发明专利授权 13 项、实用新型专利 28 项。荣获国际发明展金奖 2 项，湖南省科技进步二等奖 1 项，公安部技术革新特别项目奖 2 项和全国发明展金奖 1 项、铜奖 1 项。



李沛秦，博士，讲师，任职于国防科学技术大学。长期从事海量视频分析与生物特征识别方面的研究工作，作为技术骨干参与国家级项目 3 项、省部级项目 13 项。在国内外知名期刊发表学术论文 25 篇，参与出版专著 2 部，获国家发明专利授权 14 项、实用新型专利 28 项。荣获国际发明展金奖 2 项，湖南省科技进步二等奖 1 项，公安部技术革新特别项目奖 2 项和全国发明展金奖 1 项、铜奖 1 项。

前 言

仿生学是模仿生物系统的原理来建造技术系统，或者使人造技术系统具有生物系统特征或类似特征的科学。视觉仿生学是仿生学的重要组成部分，主要是模仿动物的视觉系统来解决生产实际中提出的一些工程技术问题。从鼎鼎大名的“响尾蛇”导弹到比比皆是的眼镜头，无不完美展示了视觉仿生学的魅力和价值。本书是作者二十多年研究生物视觉机理、技术和应用的科学结晶，系统总结了作者二十多年相关科研实践的成果，也适当参考了国内外一些论文和专著的相关材料。

全书分为8章。第1章是人眼原理与应用，主要阐述人眼的光学特性、视觉模型、仿生技术与应用；第2章是鱼眼原理与应用，主要阐述鱼眼的视觉原理、仿生技术与应用；第3章是鹰眼原理与应用，主要阐述鹰眼的视觉原理、仿生技术与应用；第4章是蛙眼原理与应用，主要阐述蛙眼的视觉原理、仿生技术与应用；第5章是蝇眼原理与应用，主要阐述蝇眼原理、仿生技术、蝇眼图像处理和蝇眼仿生应用；第6章是蛇眼原理与应用，主要阐述蛇眼的视觉原理、仿生技术与应用；第7章是蜥眼原理与应用，主要阐述蜥眼的视觉原理、物理模型、数学模型和仿生应用；第8章是猫眼原理与应用，主要阐述猫眼的光学特性视觉感知模型和仿生技术与应用。

本书由国防科学技术大学数字视频课题组编著。谢剑斌教授主编，第1、8章由闫玮、谢剑斌执笔，第2、5、7章由谢剑斌执笔，第3章由李沛秦、谢剑斌执笔，第4、6章由刘通、谢剑斌执笔。在本书编著过程中得到了国防科学技术大学庄钊文教授、唐朝京教授的大力支持，穆春迪、张旭、崔静、刘双亚、李润华等为本书编著做了大量工作，国家自然科学基金项目（61303188）对本书的相关研究工作进行了资助，在此一并致谢！由于时间有限，可能没有列全参考文献，请读者或相关作者来信告知，在再版时加入并致谢。

作 者

2013年2月于新加坡

目 录

前言

第 1 章 人眼原理与应用	1
1.1 人眼光学特性	2
1.1.1 基本概念	2
1.1.2 视觉感受野	6
1.1.3 视觉整合野	6
1.1.4 视觉信息处理机制	7
1.1.5 双目视觉	8
1.2 人眼视觉模型	8
1.2.1 人眼视觉计算模型	8
1.2.2 人眼视觉功能模型	12
1.3 人眼仿生技术	15
1.3.1 多元图像分析方法	15
1.3.2 选择性注意机制	18
1.3.3 图像对数极坐标变换技术	20
1.3.4 双目立体成像技术	23
1.3.5 数字水印技术	26
1.4 人眼仿生应用	28
1.4.1 多尺度下的噪声图像边缘检测	28
1.4.2 基于视觉注意力模型的图像分割	29
1.4.3 基于 LPT 的目标匹配	30
1.4.4 基于双目视觉的人数统计	32
1.4.5 基于数字水印的票据防伪	32
参考文献	34
第 2 章 鱼眼原理与应用	36
2.1 鱼眼原理	37
2.2 鱼眼仿生技术	39
2.2.1 鱼眼镜头的结构	39
2.2.2 鱼眼镜头的光学特性	41
2.2.3 鱼眼镜头畸变	44

2.3 鱼眼仿生应用	52
2.3.1 特效摄影	52
2.3.2 气象观测	52
2.3.3 球幕电影	53
2.3.4 内壁检测	53
2.3.5 安全监视	54
2.3.6 军事应用	54
参考文献	55
第3章 鹰眼原理与应用	56
3.1 鹰眼原理	56
3.1.1 面向看得广的高分辨率成像	57
3.1.2 面向看得清的动态目标跟踪	58
3.2 鹰眼仿生技术	59
3.2.1 高分辨率成像技术	59
3.2.2 动态目标跟踪技术	64
3.2.3 鹰眼系统设计	67
3.3 鹰眼仿生应用	70
3.3.1 感兴趣目标提取	70
3.3.2 目标跟踪	72
3.3.3 光学预警	72
3.3.4 鹰眼体育辅助系统	73
3.3.5 地图导航策略	74
3.3.6 工业过程控制	74
参考文献	75
第4章 蛙眼原理与应用	76
4.1 蛙眼原理	77
4.1.1 蛙眼的视神经	77
4.1.2 蛙眼视觉感知模型	77
4.1.3 蛙眼视网膜的定量分析	79
4.1.4 蛙眼视网膜的门电路模拟	81
4.2 蛙眼仿生技术	81
4.2.1 昆虫检测器	81
4.2.2 电子蛙眼	82
4.2.3 烟雾检测仪	86
4.2.4 运动目标模糊化区域跟踪	90

4.3 蛙眼仿生应用	93
4.3.1 军事领域	93
4.3.2 民用领域	94
参考文献	94
第5章 蝇眼原理与应用	95
5.1 蝇眼原理	96
5.1.1 复眼的生理结构	96
5.1.2 复眼的光学结构	97
5.1.3 蝇眼感知模型	100
5.2 蝇眼仿生技术	102
5.2.1 平面型并列复眼	102
5.2.2 重叠型复眼	104
5.2.3 球面并列复眼	105
5.2.4 单层曲面复眼	105
5.2.5 三层曲面复眼	107
5.2.6 单层曲面复眼优化设计	108
5.3 蝇眼图像处理	110
5.3.1 小眼通道图像降噪	110
5.3.2 成像畸变非线性校正	111
5.3.3 复眼图像配准	115
5.3.4 复眼图像融合	119
5.3.5 复眼目标探测与定位	121
5.4 蝇眼仿生应用	123
5.4.1 复眼的特殊功能	123
5.4.2 复眼特性的仿生应用	124
5.5 蝇眼仿生技术发展趋势	127
参考文献	128
第6章 蛇眼原理与应用	129
6.1 蛇眼原理	129
6.1.1 蛇眼感知机理	129
6.1.2 蛇眼感知模型	130
6.1.3 蛇眼仿生机理	135
6.2 蛇眼仿生技术	136
6.2.1 红外成像技术	136
6.2.2 红外制导技术	141

6.2.3 红外遥感技术	143
6.3 蛇眼仿生应用	145
6.3.1 “响尾蛇”导弹	145
6.3.2 红外热像仪	146
6.3.3 其他应用	146
参考文献	147
第7章 鲨眼原理与应用	148
7.1 鲨眼原理	149
7.2 物理模型	150
7.2.1 时域分析	150
7.2.2 频域分析	151
7.2.3 硬件实现	152
7.3 数学模型	153
7.4 鲨眼仿生应用	157
7.4.1 基于侧抑制网络的视频预处理	158
7.4.2 基于侧抑制网络的运动目标信息获取	160
7.4.3 基于侧抑制的红外图像自适应处理	161
参考文献	162
第8章 猫眼原理与应用	163
8.1 猫眼光学特性	163
8.1.1 猫眼光学结构	163
8.1.2 猫眼生理特性	164
8.2 猫眼视觉感知模型	165
8.2.1 视神经元的同步振荡现象	165
8.2.2 经典视神经元感受野机制	165
8.3 猫眼仿生技术	167
8.3.1 脉冲耦合神经网络	167
8.3.2 交叉视觉皮层	172
8.3.3 猫眼效应	173
8.4 猫眼仿生应用	174
8.4.1 脉冲耦合神经网络应用	174
8.4.2 猫眼效应应用	180
参考文献	182

第 1 章 人眼原理与应用

视觉系统实现人类 70% 以上的信息获取，是人类最重要的感觉器官^[1]。人的视觉系统包括光学通道和神经通道，在人对周围事物的感知中起到传感器的作用。人的视觉系统是一个并行的多通道系统，不同的通道承担着不同的信息传输和处理功能。人的视觉系统这种复杂的并行结构，为基于特定目标的视觉算法与复杂的多通道特征并行计算给出新的启发，因此可以考虑将这种多通道特征用于多波段成像的智能信息处理。

人眼相当于摄像机，在观看景物时，入射光线经过角膜、晶状体、玻璃体的处理后，聚焦到光线检测的视网膜上，如图 1.1 所示。

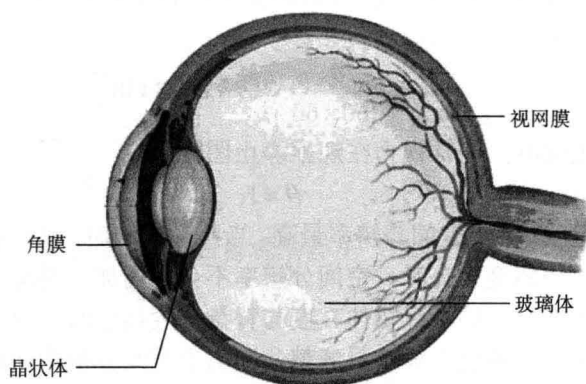


图 1.1 人眼的基本结构

视网膜的主要作用是收集光信号，视网膜上的感光细胞有两种：杆状细胞和锥状细胞。杆状细胞在暗视（scotopic）条件下比较敏感，在亮视（photopic）条件下出现响应饱和，对彩色视觉不起作用。锥状细胞在亮视和中等亮度条件下起作用，对空间信息比较敏感。

人眼视网膜中大约有一亿两千万个杆状细胞和七百万个锥状细胞，只有大约一百万个神经节与之相连。这种 127 : 1 的不均匀分配说明在视网膜中存在视觉信息的压缩过程，使得一幅图像变成空间、时间、轮廓、颜色和运动等信息。

杆状细胞和锥状细胞的分布十分不均匀，在视网膜外侧，分布着大量的暗视条件下敏感的杆状细胞，大约 100 个细胞对应一个视神经的神经节。在暗视条件

下,人眼通过大量的传感器冗余保证感知信号的准确性,越靠近视网膜的中间部分,杆状细胞分布的越少,锥状细胞分布的越多。在黄斑中心的一个小区域——中央凹(fovea)上,几乎没有杆状细胞存在。在这里,视神经节的分布相对密集,常常出现一个锥状细胞对应几个神经节的情况。

1.1 人眼光学特性

1.1.1 基本概念

1. 人眼分辨率

人眼分辨景物细节的能力称为人眼分辨率,包括空间分辨率、亮度分辨率、时间分辨率和彩色分辨率等^[2]。

空间分辨率为人眼对被观察物体上能分辨的相邻最近两点的视场角的倒数。若用 L 表示人眼与景物之间的距离, d 表示能分辨的相邻最近两点之间的距离, θ 表示视场角('),则

$$\frac{d}{2\pi L} = \frac{\theta}{360 \times 60} \Rightarrow \theta \approx 3438 \frac{d}{L}$$

在中等亮度和对比度时,正常视力在观察静止图像时有

$$\theta \approx 1$$

景物在黄斑上成像时,空间分辨率最高。当照度太暗时,仅杆状细胞起作用,空间分辨率下降;当照度太亮时,空间分辨率不会再增加,甚至会因“眩目”而降低;在相对对比度小,即目标物体亮度与背景亮度接近时,空间分辨率下降。如果人眼对很细小的“条纹”很难看清楚,则属于空间分辨率问题。

亮度分辨率是图像在时间、空间上变化都很缓慢的情况下得到的人眼对亮度变化的分辨能力。如果人眼对运动很快的目标看不清楚,则属于时间分辨率问题。如果时间频率高,则空间分辨率和亮度分辨率都会下降。

空间分辨率、亮度分辨率和时间分辨率相互联系,只有三个方面都合适,人眼才能看得清楚。空间分辨率、亮度分辨率和时间分辨率可以进行互换,亮度差别小的,如果时间频率很低,则人眼能看清楚;亮度差别很大的,即使有轻微晃动,仍能看清楚。当时间频率较高时,人眼对空间对比度的敏感性降低,对快速运动物体的细节分辨率降低;当空间频率较高时,人眼对闪烁的敏感性降低。

人眼对彩色细节的分辨率低于对黑白画面的分辨率,如果把刚好能分辨的黑白条纹换成亮度相同、颜色不同的彩色条纹,则人眼不能分辨出条纹;如果换成红绿相间的条纹,则会由于人眼的空间混色效应而表现出一片黄颜色。实验还表明,人眼对不同颜色构成的彩色细节的分辨率也不同,人眼对色度变化比对灰度

变化敏感,所以可用伪彩色技术对图像进行增强。

2. 人眼的适应性

人眼可以通过自身的适应性调节来感觉宽度达 10^8 倍的亮度范围,这种对亮度的适应性主要体现在以下三个方面。

1) 暗适应

从明亮处走入暗处,视觉要经过几分钟才能适应,约 45min 才能稳定。人眼适应暗环境的功能称为暗适应。这时瞳孔直径可由 2mm 扩大到 8mm,进入眼睛的光通量增加到原来的 16 倍,由锥状细胞转换为杆状细胞起作用,后者视敏度为前者的 10^4 倍。

2) 亮适应

环境由暗变亮时,锥状细胞在几秒钟内就恢复作用,很快分辨出物体的明暗和颜色。这一适应过程约在 3min 内达到稳定。

3) 局部适应

视网膜上某点或某个局部小区域受强光刺激时,视敏度就比其他部分的低。然后看均匀亮度的背景时,由于这部分视细胞的视敏度来不及恢复,就会感到该背景上相应处呈现黑色。

3. 人眼的掩盖特性

掩盖特性是一种测度,用来测量观察者在“掩盖”信号存在时对激励的反应。掩盖效应可以分为以下三类。

1) 空间域中的掩盖效应

人眼对目标的分辨能力不仅与目标临近区域的平均亮度有关,还与邻近区域的亮度在空间上的变化有关。假设将一个光点放在亮度不均匀的背景上,那么当背景亮度变化越剧烈,人眼对光点的分辨能力就越弱,这种现象称为空间域中的视觉掩盖效应 (visual masking)。

2) 时间域中的掩盖效应

影响时间域中的掩盖效应的因素比较复杂,研究尚处于初始阶段。实验表明,当视频图像中相邻画面的变化剧烈时,人眼的分辨率会突然剧烈下降,约为原分辨率的 1/10。当新场景突然出现时,人眼基本上看不清新景物,在大约 0.5s 之后,视力才逐渐恢复到正常水平。显然,在这 0.5s 内,传送分辨率很高的图像是没有必要的。当眼球跟着画面中的运动物体转动时,人眼的分辨率要高于不跟着物体转动的情况。

3) 彩色的掩盖效应

在亮度变化剧烈的背景上,如在黑白跳变的边沿上,人眼对色彩变化的敏感

程度明显降低。人眼对彩色信号的噪声也不易察觉，体现亮度信号对彩色信号的掩盖效应。

4. 对比效应

对比效应由人眼的多种适应性引起，具体包括以下四种类型。

1) 亮度同时对比效应

人眼对某个区域感觉到的亮度不是简单地取决于该区域的强度，在相同亮度的刺激下，当背景亮度不同时，人眼所感觉到的明暗程度也不同^[3]。如图 1.2 所示，三个位于中心的正方形具有完全相同的亮度，而背景具有三个不同的亮度。当人眼看上去时，会感觉到暗背景中的正方形看起来要亮些，而亮背景中的正方形看起来要暗些。这是由于当目标被白背景包围时，受目标刺激的视细胞受到周围的在高亮度光刺激下视细胞视敏度下降的影响，所产生的亮度感觉有所下降。所以，视觉的主观亮度取决于视野中心（目标）与周围环境之间光照的相对强度。在观察彩色图像时，也有类似情况，即暗背景中的彩色看起来比亮背景中的彩色明亮一些。

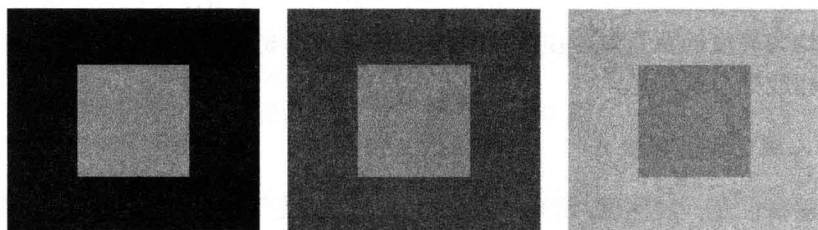


图 1.2 亮度同时对比效应

2) 彩色饱和度对比效应

面积相同、色度与亮度相同的红色区域分别被亮度相同的灰色和红色背景包围，相比之下会感觉红色背景包围的红色区域饱和度较低。

3) 彩色色调对比效应

面积相同、色度与亮度相同的橘红色区域分别被黄色和红色背景包围，相比之下会感到黄色背景包围的橘红色偏红，而红色背景包围的橘红色偏黄。

4) 面积对比效应

色度、亮度相同而面积不同的两个彩色区域，面积大的一块会给人以亮度和饱和度都强一些的感觉。

5. 马赫带效应

人眼对于图像上不同空间频率的成分具有不同的灵敏度，人眼对于中频的响

应较高,对高、低频率的响应较低。在观察如图1.3(a)所示的灰阶条带时,就会显示出马赫带效应。图中是一些不同灰度级的条带,带内亮度均匀,相邻两条带的亮度之间相差一个固定值,但是看上去每条带的左侧都要比右侧亮一些,这就是马赫带效应,相邻条带的边界或图像中亮度的突变处会更加明显。

图1.3(b)中的实线是实际亮度的变化曲线,显示亮度呈现阶梯状的变化。图1.3(c)中的实线是主观亮度的变化曲线,在亮度阶跃处发生过冲,马赫带效应具有增强目标轮廓的作用,是人眼判读图像中特定目标时的有利因素。

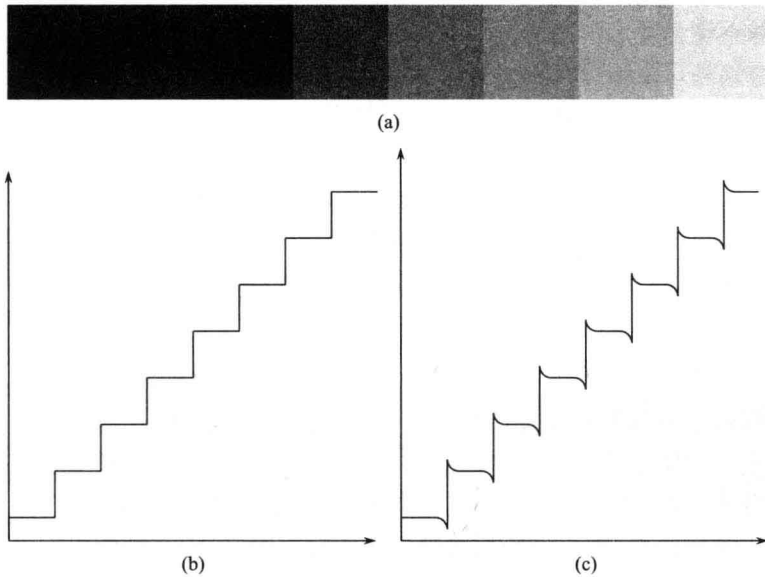


图 1.3 马赫带效应示意图

6. 人眼的视觉惰性和闪烁感觉

19 世纪 20 年代,英国科学家发现人眼的“视觉暂留”现象。当有光脉冲刺激人眼时,视觉的建立和消失都需要一定过程,具有一定的惰性。在光源消失后,景物影像会在视觉中保留一段时间,称为视觉暂留或视觉惰性现象。视觉暂留时间为 $0.05 \sim 0.2\text{s}$ 。

若景物以间歇性光亮重复呈现,只要重复频率大于 20Hz ,那么视觉上会始终保留有景物存在的影像。如果周期性重复的脉冲光源作用到视网膜上,则当脉冲光的重复频率不够高时,人眼会产生明暗交替变化的闪烁感觉,这是因为光源在有光和无光之间变化时,人眼在亮度感觉上能辨识出它们的差异。

1.1.2 视觉感受野

视网膜上一定区域的由感光细胞转换的神经能量能激活与这个区域有联系的视觉系统中各层神经细胞的活动，处于某一层次的神经细胞只接受来自一定区域的感光细胞传递的信息。如图 1.4 所示，视网膜上的这个感光细胞区域称为相应神经细胞的感受野（reception field），不同的感受野通过外膝体感受皮层细胞受到的不同刺激，如感受线条、面积、角度、运动方向等。

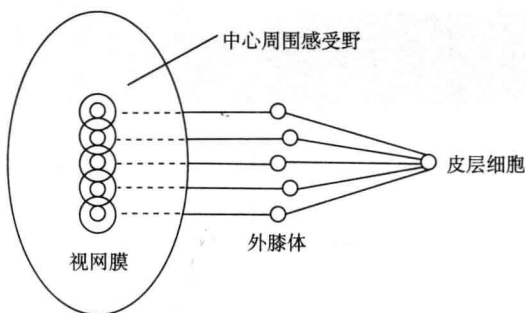


图 1.4 视觉感受野

视网膜神经节细胞和外膝体神经元的感受野均呈同心圆结构，神经节细胞的感受野是由一个圆形的中心区和同心的环形周围区所组成的。按中心区对光的反应形式可分为：给光（on）-中心细胞和撤光（off）-中心细胞。

当光点照射给光-中心细胞感受野的中心时，给光-中心细胞出现兴奋；当光点照射感受野的周围区时，给光-中心细胞产生抑制；当用弥散光同时照射给光-中心细胞感受野的中心和周围区时，给光-中心细胞以兴奋为主。

当光点照射撤光-中心细胞感受野的中心时，撤光-中心细胞出现抑制；当光点照射撤光-中心细胞感受野的周围区时，撤光-中心细胞产生兴奋；当用弥散光同时照射撤光-中心细胞感受野的中心和周围区时，撤光-中心细胞以抑制为主。

神经节细胞几乎不对图像中亮度的实际水平起反应，只对图像中对比的边缘起反应，这种突出反差的现象，对人和动物视觉信息的加工，起重要作用。

外膝体神经元的感受野除了能传递图像的平均亮度信息，还能增强图形的边缘和拐角。当用图形的不同部位刺激细胞时，外膝体神经元的感受野对边缘和拐角的放电频率最高。因此，外膝体神经元具有增强图形特征的作用。

1.1.3 视觉整合野

在感受野以外，存在一个范围更大的区域，称为整合野（integration field）。

每一个神经细胞有一个小视野,包括一个中心和一个外周。其中,中心检测目标,外周检测背景。通过它们之间的相互作用来检测目标和背景之间特征上的差别,就能够很快捕捉到目标。

整合野不仅能检测出背景图像的特征,还能检测出目标物与背景的特征差别。当感受野内的图形与它周围整合野内的图形存在任何静态(如图形、颜色)的或动态(如运动速度、方向)的特征差别时,整合野就会迅速检测出来并及时反馈至人脑中。以草地上的青蛙为例,青蛙就是目标,草坪就是背景,二者虽然同为绿色,但当青蛙跃起时,人眼就能发现青蛙。

中国科学院神经科学研究所李朝义院士认为,虽然刺激整合野不能引起神经细胞产生兴奋,但却能调制神经细胞的活动强度,这种调制可以是兴奋性的,也可以是抑制性的。前者增强神经细胞放电,后者减弱神经细胞放电。前一种称为“易化性整合野”,后一种称为“抑制性整合野”。

整合野像感受野一样,对图形的方位、空间频率、运动速度等基本特征具有一定的选择性。当感受野内的图形特征与整合野内的图形特征相同时,易化性整合野细胞被激活,这说明这类细胞适合检测大范围的特征相同的图像,如沙漠、草原、森林、湖泊等。

抑制性整合野细胞的特性正好相反,当感受野与整合野之间出现某种图形特征(如相对亮度、颜色、方位、空间频率或运动速度等)的差别时,这类细胞才产生兴奋。抑制性整合野细胞的功能是检测相邻区域之间的特征差别。视觉信息更多地包含在各式各样的特征差别之中,因此抑制性整合野在复杂图像信息处理中的作用比易化性整合野更加重要。

1.1.4 视觉信息处理机制

人的大脑对于视觉信息是分层次进行处理的,这是一个序列式的处理过程。但是在各层次内部,信息则是并行处理的。在同一个层次内的神经元往往具有相似的感受野形状和反应特征,并完成相似功能。

在信息处理过程中大脑对于外界的信息并不一视同仁,而是表现出某种特异性。这有两个原因:①由于人的大脑中可用资源有限,所以大脑所能够存储信息的容量远低于感受系统所提供的信息总量,特别在视觉系统中尤为突出。根据估计和实验,人的视网膜所提供的信息量是 $10^8 \sim 10^9 \text{ bit/s}$,而大脑皮层细胞的数目为 $10^6 \sim 10^7$ 个,这就是通常所说的信息处理中的瓶颈效应。在此情况下,要实时处理全部信息是不可能的,为此视觉系统只是有选择地对一部分信息进行处理。②对于观察者来说,并不是全部的外界环境信息都是重要的,所以大脑只需要对部分重要的信息做出响应,并进行控制。这种特异性称为神经系统的注意机制,又称为空间指向性注意,通过减少对注意焦点以外的分心刺激的注意资源,实现对靶