

范立南 韩晓微 张广渊 著

图像处理与 模式识别

 科学出版社
www.sciencep.com

TN911.74
330
1=

图像处理与模式识别

范立南 韩晓微 张广渊 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书结合作者对图像处理与模式识别进行的研究和工作,对图像处理与模式识别方面的几个关键问题进行了论述与探讨。全书共分10章,内容包括颜色视觉特性与颜色相似性度量、基于脉冲噪声检测的图像滤波方法、灰度图像多结构元形态学边缘检测、基于形态变换的彩色图像边缘检测、彩色图像区域分割及应用、基于不变矩方法的图像特征提取、基于BP神经网络的图像模糊分类、满文文字识别及处理等。

本书可供信息科学、数理科学、生命科学和遥感科学的科研人员和工程技术人员阅读,还可作为计算机科学与技术、自动化、电子工程、信号与信号处理等专业研究生和高年级本科生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

图像处理与模式识别/范立南,韩晓微,张广渊著. —北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-018728-4

I. 图… II. ①范… ②韩… ③张… III. ①图像处理 ②模式识别
IV. TN911.73 0235

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 034072 号

责任编辑:刘宝莉 / 责任校对:陈玉凤
责任印制:刘士平 / 封面设计:王 浩

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>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年3月第 版 开本:B5(720×1000)

2007年3月第一次印刷 印张:15 1/2 插页:1

印数:1—3 000

字数:296 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前 言

图像是用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的、可以直接或间接作用于人眼并进而产生视知觉的实体。人的视觉系统就是一个观测系统,通过它得到的图像就是客观景物在人脑中形成的影像。图像是人类最重要的信息源,其直观性和易理解性是显而易见的,是其他类信息无法比拟的,因而是现代信息化社会的重要支柱。科学研究和统计表明,人所获取的信息大约 75% 来自视觉系统。

随着计算机的发展,数字图像技术近年来受到人们极大的重视取得了长足的进展,出现了许多有关的新理论、新方法、新算法、新手段和新设备,并已在科学研究、工业生产、医疗卫生、教育、娱乐、管理和通信等方面得到了广泛的应用,对推动社会发展、改善人们生活水平都起到了重要的作用。人们对这方面的研究集中在计算机视觉、图像工程、机器人视觉等研究领域,它们有个共同之处就是都基于对图像的处理与理解。由于图像本身的特殊性和复杂性,有很多问题需要研究,而图像处理与图像模式识别又是其中的研究热点。本书就图像处理与模式识别方面的几个关键问题进行阐述与研究,包括颜色相似性度量、图像滤波、图像分割及边缘检测、图像特征提取、图像分类、文字识别等。

本书基本上从专著和科研的角度出发,理论性、实用性、系统性和实时性相结合,既参考了许多他人的有关文献,更结合了作者近年来在图像处理与模式识别方面的研究成果,不仅有较系统的原理介绍,还结合科研成果给出了许多实例。

全书共分 10 章。第 1 章对人眼视觉基本原理、颜色视觉特性等方面的国内外研究成果进行了阐述,对主要的颜色空间进行了归类分析,并对各种颜色空间的转换关系进行了论述,定义了颜色相似系数,实现了颜色之间的相似性度量。第 2 章根据脉冲噪声的幅值特征,分别提出了脉冲噪声多颜色通道标量检测方法和基于颜色相似性的矢量检测方法,采用改进的自适应中值滤波方法对脉冲噪声图像有选择地滤除。第 3 章提出了多结构元的灰度形态学边缘检测梯度算法,既能提取精细的边缘,又能很好地抑制噪声。第 4 章建立了基于 HSI 颜色空间彩色形态学边缘检测梯度算法,基于该算法实现彩色图像边缘检测。第 5 章基于所提出的颜色相似性度量方法,在颜色聚类中实现图像区域分割过程,给出了一种新的彩色图像区域分割方法。第 6 章采用不变矩特征作为图像模式识别的特征矢量,讨论了利用边缘图像计算的线矩特征矢量。第 7 章基于 BP 神经网络的分类器,分别对医学图像和颜色等进行分类,采用特征矢量标准化以及模糊化预处理

理、竞争选择等一系列措施,提高了识别效果。第8章介绍了满文的特点和满文编码系统,提出了对扫描文档的倾斜检测和校正算法以及版面分析算法,并对满文单词图像进行去噪、细化和剪枝操作。第9章建立了满文笔划基元的分割、提取、特征提取和识别,以及笔划基元的组合识别方法。第10章为了优化满文识别正确率,建立了一个基于语料和规则相结合的满文知识基,实现了对脱机手写满文识别的后处理测试。

本书第1、2、5章由韩晓微编写,第3、4、6章由范立南编写,第7章由范立南和韩晓微共同编写,第8、9、10章由张广渊编写,全书由范立南统稿。

本书的研究课题得到了国家自然科学基金、中国博士后科学基金、辽宁省自然科学基金的资助。另外,在撰写本书的过程中,还参考和引用了一些论文和资料。在此一并表示衷心的感谢。

由于图像处理与模式识别技术正在迅速发展之中,加之作者水平所限,本书的内容一定有不足之处,恳请广大读者批评指正。

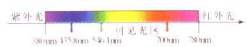


图1.1

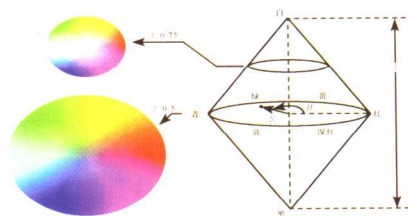


图 1.10

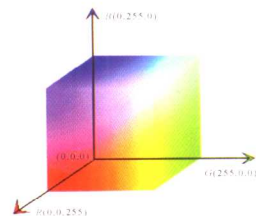


图 1.11

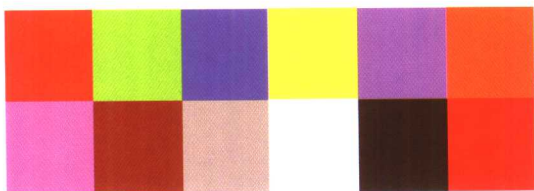


图 1.18



图 2.10 (a)



图 2.10 (b)



图2.13(a)



图2.13(b)



图 2.13(c)



图 4.2(a)

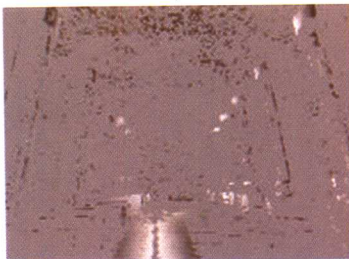


图 4.2(b)



图 4.3



图 4.4



图 4.5

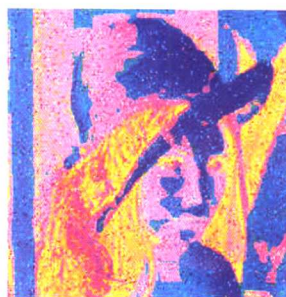


图 4.6

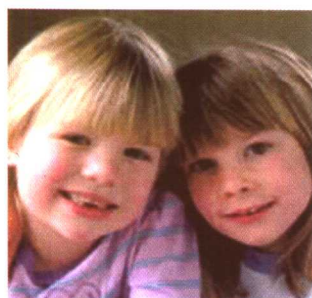


图 4.10 (a)



图 4.10 (b)



图 4.10 (c)

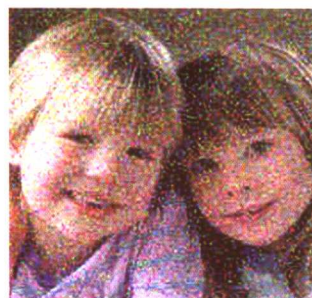


图 4.11(a)



图 4.11(b)

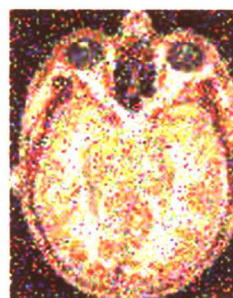


图 4.11(c)



图 5.7(a)

图 5.7(b)



图 7.7

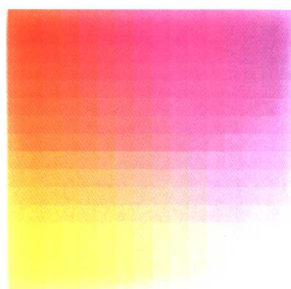
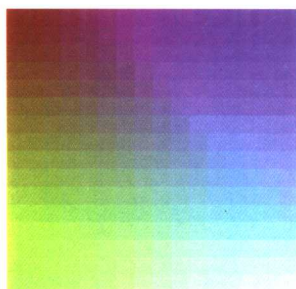


图 7.8

目 录

前言

第 1 章 颜色视觉特性与颜色相似性度量	1
1.1 引言	1
1.2 光度学基本概念	2
1.2.1 可见光范围	2
1.2.2 光强	3
1.2.3 光通量	3
1.2.4 亮度	4
1.2.5 照度	5
1.3 视觉基本原理	5
1.3.1 人眼构造和工作原理	5
1.3.2 人眼视觉模型	7
1.3.3 视觉现象	8
1.4 颜色基本特性	10
1.4.1 颜色属性	10
1.4.2 颜色的定量描述	11
1.4.3 混色原理	12
1.4.4 亮度方程	13
1.5 颜色视觉原理	13
1.5.1 视觉系统颜色感知	14
1.5.2 颜色视觉模型	15
1.6 颜色空间分析	16
1.6.1 面向设备的颜色空间	16
1.6.2 面向视觉感知的颜色空间	19
1.6.3 均匀颜色空间	23
1.6.4 色差度量	25
1.7 颜色相似性度量	26
1.7.1 RGB 与 HSI 颜色空间变换特征	27
1.7.2 颜色相似系数	27
1.8 实验结果与分析	29

1.9 本章小结	30
参考文献	31
第2章 基于脉冲噪声检测的图像滤波方法	33
2.1 引言	33
2.2 图像噪声	34
2.2.1 噪声的来源	34
2.2.2 噪声的模型	34
2.2.3 脉冲噪声	34
2.3 灰度图像脉冲噪声滤除	35
2.3.1 脉冲噪声的图像特征分析	36
2.3.2 灰度图像脉冲噪声检测	37
2.3.3 脉冲噪声滤除	39
2.4 彩色图像脉冲噪声滤除	39
2.4.1 彩色图像脉冲噪声检测	41
2.4.2 脉冲噪声的自适应滤除	44
2.5 实验结果与分析	46
2.5.1 灰度图像	46
2.5.2 彩色图像	47
2.6 本章小结	52
参考文献	53
第3章 灰度图像多结构元形态学边缘检测	55
3.1 引言	55
3.2 数学形态学的特点	55
3.3 二值形态学	56
3.3.1 腐蚀	56
3.3.2 膨胀	58
3.3.3 开运算	60
3.3.4 闭运算	61
3.4 灰度数学形态学的基本运算	62
3.4.1 灰度腐蚀	62
3.4.2 灰度膨胀	63
3.4.3 灰度开运算	64
3.4.4 灰度闭运算	65
3.4.5 复合形态学滤波	65
3.5 灰度图像形态学的边缘检测梯度	68

3.6 抗噪型形态学边缘检测算法	69
3.7 多结构元形态学边缘检测算法	70
3.8 结构元的选择	71
3.9 实验结果与分析	72
3.10 本章小结	78
参考文献	78
第4章 基于形态学变换的彩色图像边缘检测	80
4.1 引言	80
4.2 图像阴影过渡区的检测研究	81
4.3 HSI 颜色空间形态学变换	82
4.4 彩色形态学开运算和闭运算	85
4.5 多结构元彩色形态学边缘检测算法	85
4.5.1 彩色边缘	85
4.5.2 彩色形态学边缘检测算法	86
4.6 实验结果与分析	87
4.7 本章小结	93
参考文献	94
第5章 彩色图像区域分割及应用	96
5.1 引言	96
5.2 彩色图像区域分割	98
5.2.1 图像区域分割定义	98
5.2.2 彩色图像区域分割	98
5.3 足球机器人视觉系统概述	100
5.3.1 足球机器人系统	100
5.3.2 视觉子系统工作原理	100
5.3.3 足球机器人色标	101
5.3.4 色标颜色特征分析	102
5.4 足球机器人色标搜索与分割	103
5.4.1 排异聚类色标主色提取	103
5.4.2 网格搜索策略	105
5.4.3 色标区域分割	106
5.4.4 分割结果后处理	107
5.5 实验结果与分析	108
5.5.1 彩色图像区域分割	108
5.5.2 足球机器人色标搜索与分割	109

5.6 本章小结	110
参考文献	111
第6章 基于不变矩方法的图像特征提取	113
6.1 引言	113
6.2 不变矩理论	114
6.3 线矩特征的计算	116
6.3.1 基于线积分的线矩计算	116
6.3.2 基于二值边缘图像的线矩计算	117
6.4 实验结果与分析	118
6.5 本章小结	122
参考文献	123
第7章 基于BP神经网络的图像模糊分类	124
7.1 引言	124
7.2 多层前向神经网络	127
7.2.1 前向神经网络模型	127
7.2.2 反向传播的训练	129
7.2.3 反向传播BP网络有关问题	132
7.2.4 BP网络学习步骤	133
7.3 神经网络训练与学习的预处理	134
7.3.1 不变矩矢量标准化	134
7.3.2 以BP网络做模糊分类	135
7.3.3 竞争选择	135
7.4 基于BP神经网络的颜色分类	136
7.4.1 颜色类的选择	136
7.4.2 颜色样本的获取	137
7.4.3 颜色特征提取	138
7.4.4 网络节点数量的确定	138
7.4.5 网络的训练与分类	139
7.5 实验结果与分析	139
7.5.1 医学图像分类	139
7.5.2 颜色分类	147
7.6 本章小结	151
参考文献	152
第8章 满文文字识别预处理	153
8.1 引言	153

8.2 满文编码系统	155
8.2.1 满文编码现状	155
8.2.2 满文音码编码方案	156
8.2.3 满文形码编码方案	158
8.3 二值化处理	161
8.3.1 整体阈值二值化	162
8.3.2 局部阈值二值化	163
8.3.3 动态阈值二值化	163
8.4 倾斜校正	163
8.4.1 图像的倾斜检测	163
8.4.2 图像的旋转	167
8.5 版面分析	169
8.5.1 版面分析的对象与任务	169
8.5.2 版面分析的方法	170
8.5.3 基于投影的版面分析	171
8.6 满文单字识别预处理	174
8.6.1 噪声过滤	175
8.6.2 细化	176
8.6.3 剪枝	179
8.7 本章小结	180
参考文献	180
第9章 满文文字识别	183
9.1 引言	183
9.2 文字识别的原理和方法	184
9.2.1 统计模式识别	184
9.2.2 结构模式识别	186
9.2.3 统计识别与结构识别的结合	187
9.2.4 人工神经网络	187
9.3 文字识别现状	188
9.3.1 蒙古文特点	189
9.3.2 蒙文的切分和识别	190
9.4 满文文字识别系统结构	190
9.5 基于笔划基元的满文单字识别	192
9.5.1 笔划基元的划分与提取	192
9.5.2 笔划基元的特征提取与识别	196

9.5.3 游离笔划的识别	199
9.5.4 满文基元的组合识别	200
9.6 基于二级子结构引导的满文识别	201
9.7 基于 WNN 的满文连接笔划识别	202
9.7.1 小波神经网络	202
9.7.2 网络的具体训练算法	204
9.7.3 基于 WNN 的笔划识别	205
9.8 实验结果与分析	205
9.9 本章小结	207
参考文献	208
第 10 章 满文文字识别后处理	211
10.1 引言	211
10.2 后处理的原理和方法	211
10.2.1 后处理的重要性	211
10.2.2 对单字识别器输出的要求及其描述	212
10.2.3 基于词匹配的文字识别后处理	214
10.2.4 基于句法-语义分析的后处理	218
10.2.5 基于人工神经网络的文字识别后处理	220
10.2.6 基于统计方法的文字识别后处理	222
10.3 基于知识基的满文识别后处理	226
10.3.1 系统结构	226
10.3.2 词典	227
10.3.3 规则描述语言	228
10.3.4 语料标注	229
10.3.5 后处理策略	232
10.4 实验结果与分析	233
10.5 本章小结	233
参考文献	234

第 1 章 颜色视觉特性与颜色相似性度量

1.1 引言

颜色是光作用于人眼所引起的视觉感知现象，是计算机视觉、多媒体和虚拟现实领域基础研究的一部分，与认知学、生理学和信息科学等领域的研究密切相关，共同发展。在生物学领域，人们希望通过对颜色信息处理的研究来了解人脑信息表象和处理过程。在计算机视觉领域，人们试图借助对人脑颜色信息处理模型的研究成果，设计颜色信息的表象和处理方法，实现景物理解。颜色的应用有两个主要原因：第一，颜色是一个强有力的描绘子，它常常可简化目标物的区分及从场景中抽取目标。第二，人可以辨别 30 多万种不同的颜色。与灰度图像相比，彩色图像由于具有了颜色，因此携带了更多的可视信息。颜色在客观上是光的一种特性，在主观上是一种视知觉现象，是人的感觉器官对外界刺激的反映。对颜色的感觉决定于光的物理本质，也决定于光在人的眼-脑视觉系统中引起的反应。与一般的物理量不同，颜色包含着复杂的生理和心理过程。

不同波长的光作用于人眼后产生了颜色的主观感觉。光作为一种能量进入人眼，汇聚在视网膜上，刺激感光细胞，最后以电脉冲形式传入大脑皮层，产生颜色感觉。光本身并没有颜色，光是通过眼睛的光感机制而被感知。人类神经系统获得了外界环境的不同波长光的信息，并对光信息进行转换才产生了颜色。颜色是人类视觉系统内在的特性，依赖于视觉而存在，颜色和其他感觉的存在一样是人们以一种特殊的方式理解这个世界。

颜色分析是彩色图像处理的重要基础。颜色分析首先要对光谱分布和光的度量等进行研究，建立以光的照射、反射现象为基础的物理模型，从而解释光的辐射、传播、照射、反射和吸收等方面现象。由于颜色是光作用于人眼的结果，因此颜色分析还需要对人眼视觉系统进行研究，建立一个符合客观实际的人眼视觉模型。

颜色空间是用来表示颜色的三个参数所构成的三维空间，是颜色抽象表示和描述的方法，是在某些标准下用通常可接受的方式来简化颜色规范。因此，颜色空间是进行颜色信息研究的理论基础。表达颜色的空间可以是非均匀、非线性的，用于彩色图像处理的空间必须同时具备独立性和均匀性的要求。独立性的要求是指颜色空间的三个分量不互相影响，对其中某个分量的处理不会导致其他分

量相对于人眼感觉发生变化。均匀性的要求是指对颜色空间中的每一个分量来说,在不同取值处的相同改变量引起的视觉变化是相同的。可以说,彩色图像处理与灰度图像处理的区别主要在于建立一个能满足上述条件的颜色空间,而具体对各个分量的处理则完全可以参照成熟的灰度图像处理技术。

颜色空间要求能形象、直观地反映人眼的颜色视觉特性,使得人们可以有目的地进行各种处理,同时又能保证在各种处理过程中都能达到预期的处理效果而不产生负面影响。由于人眼对颜色的感觉是一个复杂的非线性关系,绝对满足上述条件的颜色空间是不存在的,但是可以实验为基础,寻找一个能在较大范围内符合上述条件的颜色表达空间。

为了定量地表达自然界丰富多样的色彩,人们借助于数学坐标,已先后提出了各种各样的颜色空间。在颜色空间中,颜色由三维坐标表示,这个坐标描述了颜色在特定颜色空间中的位置。有很多种颜色空间可以精确地表达任意一种颜色,但由于颜色感知所固有的主观性和非线性,它们大多不能直接运用于彩色图像处理,必须经过必要的非线性变换和可视化处理,这个过程需要花费大量的计算时间,是一个要在软硬件设计中综合考虑的因素。

颜色空间把抽象的、主观的视觉感受具体化为三维空间中的位置、矢量,使各种彩色图像、彩色设备的颜色特性都能实现可视化,成为颜色研究的重要工具。各种混色系统都有其相应的颜色空间,不同的颜色空间具有不同的特性,分别具有各自的优缺点和局限性。在进行彩色图像处理之前,首先应选择合适的颜色空间。

本章内容是后续章节必要的理论基础。

1.2 光度学基本概念

光度学是光学中研究光的辐射、吸收、照射、反射、散射、漫射等有关光的度量的学科。光度学研究是从辐射的角度对图像进行分析和度量,用光度学对于人眼所见的图像进行度量,结合人眼的视觉特征来确定光的度量及所使用的单位。使用光电器件接受图像信息时,亮度刺激由辐射强度和接受器件的敏感特性共同决定,此时往往把电磁辐射作为纯物理现象来研究,应采用辐射量量值系统;通过人眼观察图像或景物时,人们往往只关心辐射强度和人眼光敏感特性共同作用的效果,即视觉系统受刺激的程度,需要采用光学量量值系统。

1.2.1 可见光范围

作为能量和信息的载体,电磁辐射的波谱范围很广,可见光是电磁光谱中非常小的一部分。要严格定义可见光的波长范围是困难的,一般说来,可以取 380~

780nm 波长之间, 其中红色光线有最长的波长, 而紫光线的波长最短, 如图 1.1 所示。然而, 当光很强时, 人眼又在暗适应的情况下, 可感受的波长至少可扩大到 350~900nm。有时在色度学计算中, 取 400~700nm 也可以得到一定的精度。不同波长的可见光作用于视觉系统时, 不仅会产生不同的颜色感觉, 还会产生不同的亮度感觉。

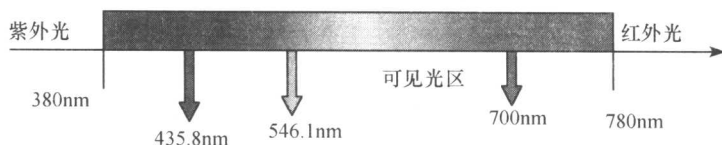


图 1.1 可见光

实际上, 见到单色的机会很少, 所见到的光都是混合光。一定成分的混合光, 有一种确定的颜色与之对应; 但反过来, 一种颜色并不只对应一种光谱组合。两种光谱成分完全不同的混合光, 有可能引起同样的颜色感觉。这种现象在色度学中被称为“同色异谱”。

1.2.2 光强

设某个点光源向各个方向都均匀辐射, 则光强可定义为发射到单位立体角 $d\Omega$ 的光通量 $d\Phi$ 的比值, 即 $I = d\Phi/d\Omega$ 。光强 I 的单位为坎 (cd); Ω 的单位为球面度 (sr); Φ 为光通量, 单位为流明 (lm)。

光强表示光源在给定方向上的发光强度, 单位为坎, 坎定义为光源发出频率为 540×10^{12} Hz 的单色辐射光, 且在此指定方向上的辐射强度为 $1/683$ W/sr, W 为能量单位, 由于点光源向四周均匀辐射, 而球心对球面总立体角有 4π 球面度, 所以 $I = \Phi/(4\pi)$ 。1cd 光强的点光源发出的总光通量为 4π lm。

1.2.3 光通量

光源以电磁波的形式辐射出的光功率称为光通量。光通量是用于度量可见光对人眼的视觉刺激程度的量, 与辐射度量中的辐通量对应, 单位为流明 (lm)。单位流明定义为发光强度为 1cd 的均匀点光源在一球面立体角内发射的光通量, 即 $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$ 。流明的测量常以人眼的光感觉来度量其辐射功率。人眼对不同波长、相同辐通量的可见光的敏感程度不同, 这表明人的视觉系统对不同波长可见光有不同的相应灵敏度, 称为光谱光效率函数。观察场明暗程度不同时, 人眼光谱敏感特性稍有不同。国际照明委员会 (CIE) 根据实验确定两种光谱光效率函数: 明视觉光谱光效率函数 $V(\lambda)$ 和暗视觉光谱光效率函数 $V'(\lambda)$, 函数曲线如图 1.2 所示, 这里函数值已经归一化。

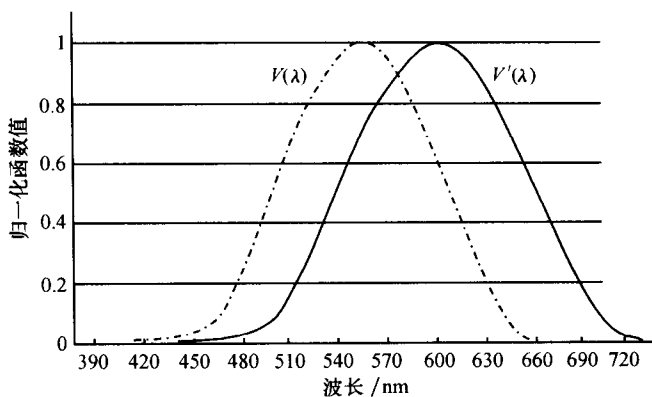


图 1.2 光谱光效率函数

图 1.2 中, $V(\lambda)$ 是在亮视场观察时的光谱光效率函数, 最敏感波长为 555nm; $V'(\lambda)$ 是在暗视场观察时的光谱光效率函数, 最敏感波长为 607nm。

对于单一波长的光源来讲, 光通量 Φ 与辐射功率的关系为

$$\Phi = kP(\lambda)V(\lambda) \quad (1.1)$$

式中, $k=683\text{lm/W}$, $P(\lambda)$ 为光源辐射功率的波谱分布。

在可见光范围内对所有波长求和, 即为光源的光通量:

$$\Phi = k \int_{\Delta} P(\lambda)V(\lambda)d\lambda \quad (1.2)$$

式中, 积分的 Δ 范围为可见光范围, 即 $\Delta=380\sim780\text{nm}$ 。

1.2.4 亮度

亮度 B 是发光面的明亮程度的度量, 决定于单位面积的光强。光可以从一个面光源直接辐射, 也可以由入射光照射下从单一表面反射出来或者是某光源经

介质透射出来。从某一角度 α 去看发光面 S , 如图 1.3 所示, 亮度与该角度的光强 I_α 成正比, 与所见的面积 $S\cos\alpha$ 成反比。其亮度定义为 $B = I_\alpha / (S\cos\alpha)$ 。 I_n 为发光面法线方向的发光强度, I_α 为 S 发光面在指定方向的发光强度, α 为该方向与法线的夹角。在任何方向看到的 I_α 越大或 $S\cos\alpha$ 越小, 则亮度 B 越大, 即明亮程度越高。按前述的理想漫射的面光源, 即光强按余弦规律分布, 则

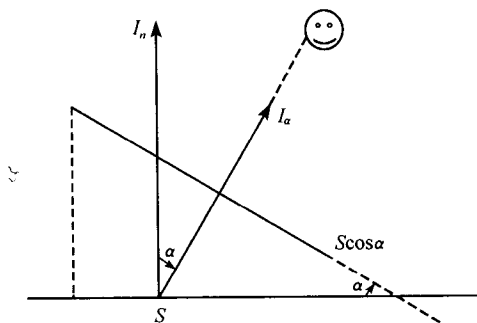


图 1.3 发光面的视在面积