

互联网图像处理 与过滤技术

万月亮 著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

互联网图像处理 与过滤技术

万月亮 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是关于互联网图像数据处理技术与过滤技术领域的一部专著。书中总结了近年来,在这一领域的研究进展及作者的研究成果。全书由5章组成,第一章绪论,介绍本书研究背景;第二章图像边缘检测,论述了基于有限元边缘融合的图像边缘检测方法;第三章图像轮廓视觉编组,分析论述了视觉组织的轮廓生成算法;第四章基于肤色特征的互联网图像过渡,阐述了敏感图像的肤色检测模型;第五章图像检测与互联网检测,结合网页结构化内容和视觉特征,提出了一种基于监听方式互联网监测原型系统。

本书可供从事互联网多媒体信息处理、网络信息安全等专业的科技人员阅读和参考借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

互联网图像处理与过滤技术/万月亮著. —北京:国防工业出版社, 2012.8

ISBN 978-7-118-08298-2

I. ①互… II. ①万… III. ①互联网络—数字图像处理
IV. ①TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 172633 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 5 1/2 字数 152 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 42.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前 言

随着我国互联网技术的发展演进，以宽带技术、移动技术、IPv6 技术、网络架构优化技术等为特征的信息通信网络基础设施的建设，推动了各类互联网应用快速增长。当前，各类互联网应用逐渐从单纯的文本应用发展成为多媒体信息交换平台，例如，即时通信、新浪微博、腾讯微博、百度、搜狗、必应、有道等图像搜索引擎、Youtube、优酷、56、酷 6、土豆网、新浪等视频网站，每天互联网数以亿计的图像通过互联网传输。互联网传输数据类型占比正在发生深刻的变化，文本信息在互联网中的比重有快速降低、图像和视音频数据有迅速增加的趋势。

如何对这些海量互联网图像数据进行处理，以对这些图像特征进行识别，进而对其中内容进行提取，以实现图像事件智能感知和过滤存在大量需求，呈现应用推动基础技术研究局面，该领域研究处于方兴未艾蓬勃发展阶段。目前，对互联网文本数据的处理与挖掘分析已经建立相关理论体系。如何对互联网图像等多媒体数据处理与过滤，将研究对象从文本扩展到图像多媒体领域是一个亟待解决问题。由于图像数据具有信息量大、非结构化、二义性等特点，所以，在缺乏应用领域约束情况下，缺乏有效的技术手段填平视频底层特征和高层抽象概念之间的存在的语义鸿沟。

本书主要讨论了智能图像处理技术，系统介绍了智能图像处理技术的有代表性的思想、算法与应用，跟踪了图像处理技术的

发展前沿，重点阐述了编著者近年来在智能图像处理方面所取得的科研成果。全书共分为六章，包括图像边缘检测、图像视觉轮廓编组、肤色检测、人体检测、跨媒体数据融合、基于互联网图像审计系统。本书的特色在于：图像处理相关技术以互联网图像为研究对象，围绕互联网图像处理和过滤所涉及的技术展开研究，通过对图像边缘等底层信息的主动感知及处理，以视觉编组和肤色模型为目标，构建人体检测模型，建立基于跨媒体如何的互联网图像处理与过滤检测框架。本书将拓展跨媒体计算中图像的感知计算能力，具有重要的科学意义和应用前景。

本书体系结构完整。希望对从事该领域工作的技术人员有参考作用，由于互联网图像处理与过滤属于新兴应用领域，相关技术处于探索阶段，加之作者水平所限，书中难免存在不妥和不足之处，望读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 主要内容与组织	3
第 2 章 图像边缘检测	6
2.1 引言	6
2.2 边缘检测的研究现状	7
2.3 基于有限元边缘融合算法	12
2.3.1 问题的提出	12
2.3.2 小波变换图像边缘包络带	13
2.3.3 有限元模型以及逼近准则	21
2.3.4 自适应网格规划	27
2.3.5 多尺度边缘融合准则	28
2.3.6 实验结果及分析	30
2.4 本章小节	36
2.4.1 边缘检测存在的问题	37
2.4.2 边缘检测的发展趋势	38
参考文献	39
第 3 章 图像轮廓视觉编组	41
3.1 引言	41
3.2 视知觉编组理论	42
3.2.1 格式塔准则	42
3.2.2 大范围优先准则	50

3.3 轮廓编组研究现状	50
3.3.1 轮廓编组线索	52
3.3.2 轮廓编组优化过程	55
3.4 基于大范围优先的图像编组模型	57
3.4.1 图像主要边缘集	58
3.4.2 基于大范围优先的层次编组模型	58
3.4.3 编组准则量化及相关性分析	59
3.4.4 实验结果	63
3.5 本章小节	69
参考文献	71
第 4 章 基于肤色特征的互联网图像过滤	74
4.1 引言	74
4.2 不良图像研究现状	74
4.3 肤色模型研究现状	78
4.3.1 自适应肤色检测模型	79
4.3.2 参数化肤色检测模型	80
4.3.3 非参数化肤色检测模型	82
4.3.3 肤色颜色空间	86
4.4 基于最大熵模型的敏感图像检测	88
4.4.1 最大熵模型	89
4.4.2 特征选择	90
4.4.3 参数估计	95
4.4.4 肤色区域特征提取	97
4.5 SVM 分类器的选择与设计	98
4.5.1 一类 SVM	98
4.5.2 训练数据修剪	103
4.6 实验结果	105
4.7 本章小节	109
参考文献	112

第 5 章 图像检索与互联网监测	118
5.1 引 言	118
5.1.1 互联网内容过滤模式	118
5.1.2 互联网内容过滤方法	121
5.2 跨媒体数据处理	122
5.2.1 图像特征	123
5.2.2 纹理特征	125
5.2.3 目标轮廓特征	126
5.2.4 网页结构化信息和文本预处理	127
5.2.5 网络跨媒体处理	132
5.3 互联网监测原型系统	135
5.3.1 互联网监测模型	135
5.3.2 特征选取	140
5.3.3 基于决策树的网页分类	142
5.4 实验结果	144
5.4.1 关键字倾向识别	145
5.5 本章小节	152
参考文献	153

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

互联网已经成为交流和获取各种信息的最直接而有效的平台，其开放的体系结构和虚拟的交流空间是这个平台的两个基本特点。开放的体系结构使互联网络的规模日益庞大，虚拟的交流空间给人们获取信息、传播信息、学习知识和认识世界开辟了快捷、便利的窗口。这两个特点使互联网络突破了地理、国家界限，信息发布变得简单而高效；使互联网的影响渗透到社会活动的各个领域，极大地促进了社会的进步和发展。

互联网自从诞生之日起就不是一方净土，各种不良信息不仅通过文本方式进行传输，而且越来越多地通过多媒体方式广泛传播，并日益危害着正常的社会活动和健康的价值体系，尤其是对未成年人的影响。根据第 29 次 CNNIC 调查，2012 年 1 月公布的最新数据显示，截至 2011 年 12 月底，中国网民规模突破 5 亿，大部分网络娱乐类应用的使用率在 2011 年延续下降势头。相比之下，网络视频行业的发展势头相对良好，用户规模达到 3.25 亿。如何有效对网络信息进行监测、净化网络环境、保障国家安全、维护社会的稳定成为世界各国共同面对的政治、社会、科学和技术问题。

为加强对网络内容的管理，国内外陆续颁布了一系列相关法律法规。1998 年 10 月，美国众议院通过了《儿童在线保护法案》(Child Online Protection Act)，以限制未成年人访问国际互联网上的成人内容，保护未成年人的健康成长。1999 年，欧盟 15 国通

讯部长在布鲁塞尔会议上决定提供一笔资金，在其后的四年内实施一项清除互联网上的淫秽和非法内容的行动计划。随后欧洲委员会制订名为“网络保护”（Net Protect）的计划，将开发互联网多语言过滤系统定为目标之一。德国政府宣布实施《多媒体法》，该法对经营网络信息提出了明确的责任界限，还规定了社会对多媒体信息的许可限度，以免未成年人被信息误导和毒害。英国政府制定了与网络内容监管相关的 RIP 法案（Regulation of Investigatory Powers Bill），成立了一个互联网监护基金会，专门负责互联网的监督管理事务。

我国十分重视对网络信息的管理，各部委陆续出台各类网络内容领域的法律法规。公安部于 1997 年 12 月 30 日发布了《计算机信息网络国际联网安全保护管理办法》。1999 年，第九届全国人大通过了《中华人民共和国预防未成年人犯罪法》。国务院于 2000 年 9 月 25 日发布了《互联网信息服务管理办法》。2004 年 7 月，我国建立了违法和不良信息举报中心。2004 年 7 月，国家广播电影电视总局（广电总局）颁发了《互联网等信息网络传播视听节目管理办法》，该办法对包括互联网、手机、电视等不同终端在内的视频内容给予了诸多规定。2007 年 1 月 23 日，中共中央政治局就世界网络技术发展和中国网络文化建设与管理问题进行集体学习。胡锦涛总书记在主持学习时指出：“要积极利用和有效管理互联网，使之成为传播社会主义先进文化的新途径、公共文化服务的新平台。”2008 年 6 月 20 日，胡锦涛总书记在人民日报社考察工作时的讲话中指出：“高度重视互联网的建设、运用、管理，努力使互联网成为传播社会主义先进文化的前沿阵地、提供公共文化服务的有效平台、促进人们精神生活健康发展的广阔空间。”从 2009 年 1 月起，国务院新闻办公室等七部委全面开展“互联网反低俗专项整治行动”，该行动的主要任务是对网上低俗信息进行集中整治。2010 年 6 月 8 日，我国发表了《中国互联网状况》白皮书，白皮书指出：“互联网管理是一个不断实践的过程，中国政府将在实践中进一步完善互联网管理。”

对于互联网文本数据的挖掘分析与内容审计已经建立相关理论体系,并形成了实际部署的系统,将互联网内容审计范围从文本扩展到图像、多媒体领域还缺乏相关理论指导,这是近年来互联网数据挖掘和信息安全领域的一个研究热点。因此,研究互联网图像信息的识别方法、开发及与之相适应的互联网信息监测系统是具有广泛应用前景、极富挑战性的研究课题,具有重大的科学意义和社会价值。

1.2 主要内容与组织

本书对互联网图像处理与过滤的几个关键问题进行了研究,旨在将图像检测技术和自然语言处理技术相结合,以提高互联网图像处理性能。

第1章 绪论。首先介绍了研究背景,接着介绍了图像的边缘检测技术以及基于视觉组织的轮廓生成算法、敏感图像的肤色检测、基于网页结构化内容、视觉特征分类算法和监听方式互联网监测原型系统等内容。

第2章 图像边缘检测。对小波变换图像边缘场中边缘点分布进行研究,提出了有效边缘包络带,即边缘点在小波变换模取阈值后,极大值落在给定区间内,该区间内唯一存在点对应于实际边缘点。分析了在采用紧支集、可分离对称尺度函数对应的二进小波基情况下,各类型图像边缘分布和小波支集区间的关系,指出在该分布区域进行的融和能保边缘质量,而在该区域外的融和会导致算法的失效,为融和算法提供了一个理论上的有效区域。为解决多尺度小波变换边缘存在的大尺度下边缘点易产生偏离、小尺度下抗噪性能差的问题,在有效边缘包络带内,基于有限元单元约束提出一种基于多尺度小波变换边缘融和算法,分为同尺度边缘融合和尺度间边缘融合。同尺度融合算法基于有效边缘包络带中在有限元单元结构约束下进行融合。尺度间边缘融合算法

以大尺度小波变换边缘集为基准,根据小尺度小波边缘特征进行融合。采用同尺度融和以及尺度间融和进行边缘检测,效果优于传统的单纯基于尺度间边缘信息融和算法。

第3章 图像轮廓视觉编组。为了有效地获取符合视觉组织的封闭轮廓,解决目前编组模型大多基于视知觉格式塔规则中接近律、连续律和相似律,很少考虑全局约束规则在编组过程中的作用,编组过程缺乏视知觉上的完整性问题,提出了一种具有全局约束的编组模型,在底层特征和高层抽象表达(如目标识别之间)构建由一系列简单编组模块组成的桥梁。由格式塔接近律、连续律和相似律作为底层编组线索进行轮廓编组,由平行律和对称律作为高层编组线索指导底层编组过程进行轮廓编组。与现有编组方法的对比显示,该模型在不损失生物视知觉合理性的同时减少了编组过程中的二义性,增加了算法的效率和健壮性。

第4章 基于肤色特征的互联网图像过滤。针对敏感图像检测中存在的对颜色、光照的敏感性问题,传统肤色模型方法中主观性强、准确率低以及概率方法中训练样本不足问题,提出了一种基于肤色区域分布特征的敏感图像检测方法。以显著点作为初始测试集,建立4邻域肤色特征直方图,最大熵模型检测邻域内的颜色梯度,利用置信传播算法估计模型参数,由封闭轮廓获得肤色区域描述肤色区域特征。由于在肤色检测中采用了基于视觉特征显著点作为检测的初始集,因此提高了肤色检测的效率,使得肤色检测更加符合人类视觉特征,以适合正样本分类问题的一类支持向量机对敏感图像检测。克服了两类支持向量机负样本选择困难、代表性不强的缺点,且参数意义明确,调整方便,减少了噪声数据的引入,提高了检测的准确率。

第5章 图像检索与互联网监测。为提高实时互联网监测的效率,解决基于文本的分类算法难以满足高速网络监测的要求问题,提出了一种基于网页结构化内容和视觉特征的层叠分类模型。作为第一层分类算法,根据倾向字典计算网页结构化内容中关键字的倾向性,不采用文本切割算法,降低了字典对于分类

算法的敏感性；模型的第二层采用综合网页结构化内容和图像等视觉特征进行分类，进一步提高了分类的准确率。

为了兼顾吞吐率和对敏感信息的识别准确率，从系统架构角度对监测模型进行改进。采用双层监测分析模型，第一层采用基于网页结构化内容的过滤技术，不需要进行文本分割预处理，提高第一层的处理速度。第二层的分类技术采用结合网页结构化内容和视觉特征进行分类模型，进一步提高分类准确率。

第 2 章 图像边缘检测

2.1 引 言

边缘包含了图像的大部分信息，边缘检测是图像处理和分析的关键步骤，对后续高层次的特征描述、匹配和识别等有着重大的影响。边缘是指图像局部亮度变化最显著的部分，是物体的轮廓或物体不同表面之间的交界在图像中的反映。边缘的形成是由于物体的材料不同或表面的朝向不同，而引起图像中的边缘处存在明暗、色彩、纹理的变化。在图像中检查不同灰度、色彩等特性区域的交界处可得到边缘。边缘有方向和幅度两个特性，沿边缘走向的灰度变化平缓，而垂直于边缘走向的灰度变化强烈。从信号处理的角度来看，图像边缘像素点往往是在局部范围特征，特别是视知觉特征信息突变的点，即奇异点，由边缘点组成的图像轮廓实质上是这些奇异点的集合。

边缘检测就是要将这些奇异点从图像信号中分离出来并准确定位，其基本思想是根据边缘信号突变特性，在图像的不同位置采用适当尺度函数滤波后用不同的算子检测边缘点。边缘检测是图像处理领域中最基本的问题，边缘检测属于图像分析的范畴，是机器视知觉领域内经典的研究课题之一，其结果对于进行高层次的特征提取、特征描述、目标识别和图像理解等有着重大的影响。因此，边缘检测在图像分割、模式识别、计算机视觉等众多方面都有着非常重要的地位，然而由于成像过程中的投影、混合、畸变和噪声等导致了图像的模糊和变形，边缘往往难于检测，这使得人们一直致力于构造具有良好性质的边缘检测算子。

在实际的问题处理中,图像边缘作为图像的一种基本特征,应用到较高层次的特征描述、图像识别、图像分割、图像增强以及图像压缩等处理技术中。

2.2 边缘检测的研究现状

边缘检测技术作为一个低级视觉处理过程,1959年,参考文献[1]就提到过边缘检测。1965年,L. G Roberts 最早开始系统研究边缘检测^[2],之后关于边缘检测方面的新理论新方法不断涌现。早期研究提出的边缘检测算子多检测像素邻近区域量化灰度级变化的方向和幅度,检测方法大多可归结为图像高频分量的增强过程,微分运算成为当时边缘检测与提取的主要手段。人们最早提出了一阶微分边缘算子,用图像灰度分布的梯度来反映图像灰度的变化,有 Robert 算子,以及由此改进得到的 Sobel 算子、Prewitt 算子和 Kirsh 算子等。这些算子由于梯度或一阶微分算子通常在图像边缘附近的区域内产生较宽的响应,故上述算子检测到的边缘图像常需做细化处理,这就影响了边缘定位的精度,因而又产生了与边缘方向无关的二阶微分边缘检测算子,即 LaPlacian 算子。利用二阶导数零交叉所提取的边缘宽度为一个像素,所得的边缘结果无需细化,有利于边缘更准确的定位^[3]。

由于图像中噪声和边缘都属于高频分量,因此仅仅只是微分运算同样会增加图像中的噪声。因此,在微分运算之前要先采用适当的平滑滤波来减少高频分量中噪声的影响。Marr 和 Hildreth^[4]提出的边缘检测理论属于先平滑后求导的方法,使用高斯函数进行平滑,使用各向同性的拉普拉斯算子进行求导,判定导数的零交叉点为边缘点,这种方法又称为 LOG (Laplacian Of Gaussian) 算子。LOG 算子反映了视神经细胞与视觉生理中的数学模型相容,建立了计算机视觉和视觉生理研究之间得联系,在机器视觉领域得到了广泛的应用。Carmy 从最优滤波器的角度提出了三个

最优准则，并从这三个准则得到一组最优滤波器^[5]。Canny 指出高斯函数的一阶导数可以近似为最优边缘检测算子。相对于 LOG 算子的过零点，Canny 检测的边缘是算子输出的局部极值，从这一点分析，两者在本质上是相同的。Canny 对边缘检测的贡献在于给出了一种寻找最优算子的思路，即确立了最优准则。根据不同问题的需求，使用数值分析的方法求出最优滤波器，最后得到最优边缘检测算子。在 Canny 思想的影响下，随后又产生了许多类似的最优滤波算子，例如，Deriche 将 Canny 的算法做了一定的简化^[6]，根据和 Canny 相同的最优化准则推出了无限脉冲响应滤波器的函数形式；邓湘金等根据最优准则提出了正弦算子^[7]，等等。这些根据最优准则得到算子的方法在边缘检测的研究中取得了一定的成果。

对图像进行平滑来抑制噪声，这种平滑是在整个图像平面上进行的。因此，想减少噪声，就得多牺牲细节；想多保留细节，就不能有力地抑制噪声。这个矛盾可以用自适应边缘检测的方法来解决^[8]。自适应方法是利用一个通用算子对信号进行平滑，该算子能使其本身与信号的局部结构相适应。根据模板所在位置的灰度变化情况自动调整模板权重，以达到保持细节，平滑噪声的目的。

随着后续研究的深入，人们逐渐认识到视觉过程是一个多分辨信息处理过程。在不同分辨率下，所提取、表达的信息是不同的，图像中的边缘同样具有这种多分辨性。分辨率在滤波中表现为滤波尺度，即不同特征的边缘存在于不同尺度下。用不同尺度的边缘检测算子作用于图像，可以得到图像在不同分辨率上的描述。通常小尺度检测算子能获得较多的图像细节，但对噪声也较敏感；而大的尺度算子虽然对噪声不很敏感，但会忽视图像细节。参考文献[9]首次提出尺度空间的思想，对边缘检测中的多尺度多分辨的思想进行了深入、直接的研究。文中指出信号和它的前几阶导数的极值点，常常可以反映信号的基本骨架，是不同类型信号的一种精确的定性描述。连续改变空间尺度参数，对图像进行

卷积, 跟踪其极值点, 并鉴别出现新极值点的奇异点, 研究不同尺度下的极值点的情况, 可以得到各尺度下信息的简洁而完整的定性描述。多尺度的思想为边缘检测的研究打开了更为广阔的空间, 而且由于小波时频分析的优越性, 使小波理论得到了广泛应用。作为处理信号奇异性的有力工具, 小波在边缘检测的研究和应用中同样取得了重要的成果, 得到了充分的利用。参考文献[10]将计算机视觉领域中的多尺度分析引入到小波函数的构造及信号小波变换的分解及重构, 有效地应用于图像分解与重构中。另外, S. Mallat 还将小波边缘检测方法 with LOG 算子及 Canny 最优检测算子在小波意义下统一起来^[11], 更加明确地表达了多尺度的思想在边缘检测中的重要意义。

由于小波变换具有“望远镜”的随意调焦的数学特性, 因此在图像边缘识别中受到日益广泛重视。与 Canny 算子思想类似, Canny 算子选择高斯函数对图像进行卷积操作, 而小波边缘检测算子中采用基于小波理论选择。这方面取得许多有意义的研究成果。参考文献[11]证明了小波模极大值能用于检测不规则的结构, 小波变换模极大值能充分刻画信号, 可利用模极大值提取所有的奇异点, 然而这些研究没有涉及有关奇异点结构问题。参考文献[12]研究了信号奇异性的 Lipschitz 的意义, 指出对于不同类型边缘奇异点的 Lipschitz 指数范围。参考文献[13]指出局部的 Lipschitz 正则性可以用小波变换来刻画, 给出了小波变换进行边缘提取的理论依据。不同类型边缘在不同尺度空间中表现出的数学特性是不同的, 从而出现尺度空间的思想。参考文献[14]指出满足尺度空间定义的唯一滤波器是高斯函数。参考文献[15]研究了高斯滤波器组成的尺度空间中信号的奇异性。参考文献[16]对于离散尺度空间及有效尺度进行了研究。参考文献[17]从不同类型边缘定位精度分析中引入多尺度边缘检测的有效尺度, 得出不同类型边缘(阶跃型边缘、斜坡型边缘、方波屋脊型边缘、三角屋脊型边缘)小波变换时不发生位置漂移的尺度集, 从而得出了不同类型边缘准确定位所需要的有效尺度。参考文献[18]研究