



Quality Assessment
Methods for Visual
Information

视觉信息质量 评价方法

高新波 路文 著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

视觉信息质量评价方法

Quality Assessment Methods for Visual Information

高新波 路文 著



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

视觉信息质量评价是影像工程的重要研究分支,在图像处理、图像分析、图像理解、计算机视觉和模式识别等领域具有广阔的应用前景,也是近年来重要的理论研究热点。本书系统地讲述了图像和视频质量评价的基本理论和经典方法,阐明了本领域研究的前沿课题及许多开放性的问题,介绍了一些最新的研究成果。主要内容有:图像质量评价方法的研究进展、人类视觉系统、全参考型图像质量评价方法、部分参考型图像质量评价方法、无参考型图像质量评价方法、视频质量客观评价方法、视觉信息质量主观评价方法、视觉信息质量评价的应用系统,以及生物特征图像质量客观评价方法,最后是总结与展望。

本书可作为有关领域研究人员和工程技术人员的参考资料和手册,也可作为理工科大学通信与信息系统、信号与信息处理、模式识别与智能系统、计算机科学与技术、自动控制等专业的博士生、硕士生及高年级本科生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

视觉信息质量评价方法 / 高新波, 路文著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2011.9

ISBN 978-7-5606-2609-3

I. ① 视… II. ① 高… ② 路… III. ① 图像分析—质量评价 IV. ① TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 115169 号

策 划 高维岳

责任编辑 张 玮 高维岳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印 刷 西安文化彩印厂

版 次 2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印张 16

字 数 325千字

印 数 1~1000册

定 价 35.00元

ISBN 978-7-5606-2609-3/TN·0610

XDUP 2901001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

在当今这个数字化信息时代,随着传感器技术和网络多媒体技术的迅猛发展,人们可以通过各种方式很方便地获取图像和视频等视觉信息。因此,各种影像采集、处理、分析和理解等系统应运而生。在我们的日常生活中,不难发现数码相机、视频监控系统、家庭影院、视频点播、指纹门禁、虹膜识别,以及现代化医院中必不可少的 CT、MR、CR 等放射影像,可以说我们已经进入了一个数字化影像时代。

所有影像的最终受体往往都是我们的眼睛,不论是图像的清晰与否、视频中的噪声强弱,还是色彩的鲜艳程度、灰度的对比度高低,所有影像中的瑕疵都逃不过人们的眼睛。因此,人眼成为影像采集、处理、分析等系统质量评价的重要依据。然而,随着影像系统的不断增加,面对浩如烟海的图像和视频信息,人眼已经是无能为力。根据人眼视觉系统的特性建立影像质量自动评价模型,然后让机器代替人来监控这些影像系统,将是一项非常有意义的工作。

尽管目前也已经有一些简单的视觉信息质量评价测度,如峰值信噪比、均方误差等,但是还远远不能满足生活和生产的需要。一方面,这些方法的评价结果与人类的视觉感受相差甚远;另一方面,现有的评价方法还必须依赖原始影像作为参照。为了仿照人眼视觉系统设计更为合理、可靠的影像质量评价测度,很多学者投身这一领域的研究,也取得了丰富的研究成果。

自 2004 年始,本人所在的西安电子科技大学影像处理系统(Video & Image Processing System, VIPS)实验室启动了该课题的研究工作,专门成立了影像质量评价课题组,最初由我的研究生王涛同学跟我一起开展基于内容的全参考图像质量评价测度的研究,论文发表在 Springer 出版的 *Lecture Notes in Artificial Intelligence* 第 3642 卷上以及《中国图像图形学报》上。随后,王体胜和路文同学的加入,使得课题组的研究得以加速,从全参考型向部分参考型图像质量评价测度的研究过渡,在 Wavelet 域、Contourlet 域结合多尺度几何分析展开研究,研究成果发表在《电子学报》、《红外与毫米波学报》、《电子与信息学报》以及 IEEE 的 SCM、ICIP 等国际会议上。2007 年以来,课题组进一步发展壮大,先后有邓勤耕、曾凯、李静、张花、何立火、刘妮、唐文剑、高飞、侯伟龙、梅宁、王冬雪等同学加盟,在路文和何立火同学的组织下开展基于人类视觉系统的部分参考型和无参考型影像质量评价测度的研究。同时,我们不断加强国际合作与交流,与英国伦敦大学的李学龙教授、澳大利亚悉尼技术大学的陶大程教授进行了深入的合作研究,取得了一系列的研究成果,联合撰写的论文发表在 IEEE Trans. on Image Processing、IEEE Trans. on SMC-B、

Neurocomputing、Signal Processing 等国际刊物上。目前,课题组还在这一领域默默耕耘着,并且相信只要我们坚持不懈地努力,就一定能够取得更多更好的研究成果。

在研究的过程中,我们发现国内缺乏一本系统的专门研究影像质量评价方法的书籍,而对于很多本领域的新学者来说,又特别需要这样一本书提供给他们一些基础知识和基本概念。作为从事本领域研究近七年的研究者,我认为我们课题组有责任担负起这一使命,总结现有的研究成果,介绍我们课题组的研究结果,抛砖引玉,以吸引更多的学者出版本领域的专著。

在本书的写作过程中,我的学生路文和何立火做了大量的组织协调和整理工作,研究生曾凯、邓勤耕、李静、张花、刘妮、唐文剑、高飞、侯伟龙、梅宁、王冬雪等同学花费了大量的精力收集资料、绘制图表和整理书稿。可以说没有他们的努力就没有本书的出版。在本书的出版过程中,课题组得到来自英国伦敦大学李学龙教授、澳大利亚悉尼技术大学陶大程教授及西安电子科技大学焦李成教授、田捷教授、石光明教授等的鼓励和支持,在此向他们表示深深的谢意。在本书的写作过程中参考了大量的文献,作者尽可能一一注明,但由于文献较多,疏漏在所难免,在此向被遗漏的作者表示歉意,并向所有的参考文献作者表示衷心的感谢。最后,特别感谢西安电子科技大学出版社的胡方明社长、阔永红总编、高维岳主任,本书能够得以顺利出版发行,与他们的耐心指导和辛勤工作是分不开的。

感谢国家自然科学基金委的大力支持,先后成立三个基金项目(No.60771068, No.60702061, No.60832005)资助我们课题组的研究工作。此外,感谢高等学校博士学科点专项科研基金为我们提供基金项目(No.20090203110002)的支持。正是在上述基金项目的资助下,我们在国内外核心期刊和重要国际会议上发表论文 50 余篇,才在此基础上形成了本书的初稿。

由于该领域可供借鉴的专著比较缺乏,同时我们所进行的研究还比较初步,因此,本书还比较肤浅,不足之处也在所难免。我们真诚地希望各位专家与学者能提出宝贵的意见和建议,以便在再版时能及时改进。

谨以此书献给与我一起工作的研究生们!

高新波

2011 年 4 月于西安

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 图像及其质量评价	1
1.2 图像质量主观评价方法	2
1.3 图像质量客观评价方法	3
1.3.1 基于原始图像的分类方法	5
1.3.2 基于具体应用的分类方法	5
1.3.3 基于人类视觉特性的分类方法	6
1.4 本书的章节安排	6
参考文献	7
第 2 章 人类视觉系统	9
2.1 人类视觉研究概况	9
2.2 人类视觉生理学结构	11
2.2.1 眼球	12
2.2.2 视网膜	12
2.2.3 外侧膝状体	14
2.2.4 视皮层	15
2.3 人类视觉系统中的信息处理	16
2.3.1 图像的形成及传送	16
2.3.2 视觉系统的线性特性	18
2.3.3 颜色信息的认知特性	18
2.3.4 运动和景深信息的认知特性	19
2.4 人类视觉系统特性	20
2.4.1 视觉的心理物理学特性	20
2.4.2 视觉的心理学特性	24
2.4.3 视觉注意机制	31
2.5 本章小结	35

参考文献.....	36
第 3 章 全参考型图像质量评价方法	39
3.1 全参考型图像质量评价方法简介.....	39
3.2 基于人类视觉系统的仿生学方法.....	43
3.2.1 Daly 模型.....	46
3.2.2 Lubin 模型.....	46
3.2.3 Safranek-Johnson 模型.....	46
3.2.4 Teo-Heeger 模型.....	47
3.2.5 Watson 离散余弦变换模型.....	47
3.2.6 Watson 小波变换模型.....	47
3.3 基于系统理论的工程学方法.....	47
3.3.1 PQS 模型.....	48
3.3.2 NQM 和 DM 模型.....	48
3.3.3 Fuzzy 模型.....	49
3.3.4 SVD 模型.....	49
3.3.5 VSNR 模型.....	49
3.3.6 VIF 模型.....	50
3.3.7 SSIM 模型.....	52
3.3.8 IWSSIM 模型.....	54
3.3.9 FSIM 模型.....	55
3.4 基于图像内容的质量评价方法.....	57
3.4.1 结构信息提取.....	57
3.4.2 图像区域分类.....	58
3.4.3 数量信息融合.....	59
3.4.4 实验结果与分析.....	60
3.5 彩色图像质量评价方法.....	63
3.5.1 基于自适应空间彩色分解的彩色图像质量评价方法.....	64
3.5.2 基于 S-CIELab 颜色模型的彩色图像质量评价方法.....	65
3.6 本章小结.....	67
参考文献.....	68
第 4 章 部分参考型图像质量评价方法	71
4.1 部分参考型图像质量评价方法简介.....	71
4.2 典型的部分参考型评价方法.....	72
4.2.1 基于降质特征提取的方法.....	73

4.2.2 基于谐波强度的方法.....	73
4.2.3 基于小波域自然图像统计模型的方法.....	73
4.2.4 基于特征嵌入的方法.....	75
4.2.5 基于 DCT 域系数重组的质量评价方法.....	76
4.2.6 针对彩色图像的评价方法.....	77
4.3 基于多尺度几何分析的方法.....	78
4.4 基于视觉注意的图像质量评价方法.....	97
4.4.1 视觉注意机制模型.....	98
4.4.2 基于视觉机制的质量评价方法.....	99
4.5 本章小结.....	101
参考文献.....	102
第 5 章 无参考型图像质量评价方法	105
5.1 无参考型图像质量评价方法简介.....	105
5.2 图像失真类型.....	106
5.3 基于几何特征的无参考型图像质量评价方法.....	108
5.3.1 针对块效应的图像质量评价.....	108
5.3.2 针对模糊的图像质量评价.....	112
5.4 自然场景统计特性.....	114
5.4.1 自相似性和尺度不变性.....	114
5.4.2 非高斯性.....	115
5.4.3 边缘主导特性和高维奇异性.....	115
5.5 基于自然场景统计特性的 JPEG 2000 压缩图像质量评价方法.....	116
5.5.1 自然场景统计特性及 JPEG 2000 压缩的影响.....	116
5.5.2 基于自然场景统计特性的 JPEG 2000 压缩图像质量评价.....	118
5.6 基于小波域隐马尔可夫树模型的图像质量评价方法.....	119
5.6.1 小波域 HMT 模型.....	120
5.6.2 小波域 HMT 模型参数的统计规律.....	121
5.6.3 基于小波域 HMT 模型的质量评价.....	123
5.7 基于 Contourlet 域统计特性的图像质量评价方法.....	124
5.7.1 Contourlet 域图像统计模型.....	124
5.7.2 Contourlet 域图像质量评价测度.....	126
5.8 通用型无参考图像质量评价方法.....	129
5.8.1 基于全局框架的通用型无参考图像质量评价方法.....	130
5.8.2 基于两阶段框架的通用型无参考图像质量评价方法.....	131

5.9 本章小结.....	132
参考文献.....	132
第6章 视频质量客观评价方法.....	136
6.1 视频质量评价的意义.....	136
6.2 引起视频降质的因素分析.....	137
6.2.1 由压缩编码引起的失真.....	137
6.2.2 由信道误码引起的失真.....	138
6.3 视频质量客观评价方法分类.....	139
6.4 基于像素域的视频质量评价方法.....	140
6.4.1 运动矢量的定义.....	140
6.4.2 信息内容的确定.....	142
6.4.3 感知不确定性的获取.....	142
6.4.4 基于运动感知模型的视频质量评价方法.....	143
6.4.5 实验结果与分析.....	143
6.5 基于视觉感知的视频质量评价方法.....	144
6.5.1 单通道模型.....	144
6.5.2 多通道模型.....	145
6.6 工程类方法.....	151
6.6.1 全参考型视频质量评价方法.....	151
6.6.2 部分参考型视频质量评价方法.....	156
6.6.3 无参考型视频质量评价方法.....	162
6.7 潜在的研究方向分析.....	165
6.8 本章小结.....	166
参考文献.....	167
第7章 视觉信息质量主观评价方法.....	172
7.1 视频质量专家组(VQEG).....	172
7.2 主观质量评价流程.....	174
7.2.1 测试环境的选择.....	174
7.2.2 测试材料的选择.....	176
7.2.3 测试人员的挑选与训练.....	177
7.2.4 评分方法的选择.....	177
7.2.5 主观分值的分析与处理.....	183
7.2.6 主观评价结果的使用.....	185
7.3 图像和视频数据库介绍.....	188

7.3.1 图像数据库.....	189
7.3.2 视频数据库.....	194
7.4 主观评价视频数据库的构建实践.....	196
7.4.1 原始视频的选取.....	197
7.4.2 失真视频的产生.....	199
7.4.3 主观评测过程.....	200
7.4.4 数据处理和结果分析.....	201
7.5 本章小结.....	204
参考文献.....	205
第8章 生物特征图像质量客观评价方法	208
8.1 生物特征图像质量评价的意义.....	208
8.2 人脸图像质量评价.....	211
8.2.1 人脸图像的失真类型.....	211
8.2.2 人脸图像质量评价方法.....	216
8.3 本章小节.....	222
参考文献.....	222
第9章 视觉信息质量评价的应用系统	224
9.1 影像质量评价的用途.....	224
9.2 现有的影像质量评价系统.....	225
9.2.1 Sarnoff 公司的 JNDmetrix™ 模型.....	225
9.2.2 Tektronix 公司的 PQA 系列.....	226
9.2.3 Vedio Clarity 公司的 Clear View 系列.....	227
9.2.4 Symmetricom 公司的 QoE Assurance 系列.....	228
9.2.5 Opticom 公司的 PEXQ 系列.....	228
9.2.6 Semaca 公司的 VQLab 软件系统.....	230
9.2.7 Ixia 公司的 Aptixia IxLoad 软件系统.....	230
9.2.8 VeriWave 公司的 Wave Video 系列.....	231
9.2.9 Rohde & Schwarz 公司的 DVQ 系列.....	232
9.3 本章小结.....	233
参考文献.....	233
第10章 总结与展望	234
10.1 总结.....	234
10.2 展望.....	236
附录 专业术语中英文对照	238

第 1 章 绪 论

200 年前,现代摄影术之父——威廉·亨利·福克斯·塔尔博特(William Henry Fox Talbot, 1800~1877)将树叶曝光于赭色感光纸上,拍摄出了世界上第一张模拟照片。1975 年,在美国纽约罗彻斯特的柯达实验室(Kodak Lab)中,一个孩子与小狗的黑白图像被 CCD 传感器所获取,记录在盒式音频磁带上。这是世界上第一台数码相机获取的第一张数码照片。2008 年 10 月,全球清晰度最高的商用成像卫星——“GeoEye-1”拍摄的第一张照片是位于美国宾夕法尼亚州的库茨敦大学(Kutztown University)的鸟瞰图。该卫星在空中的拍摄精度可以精确到 41 厘米。2010 年 6 月,苹果公司发布第四代 iPhone 手机,采用分辨率为 960×640 像素的“Retina 显示屏”,号称超过了人类视觉系统识别图像的极限。德国哲学家马丁·海德格尔在《世界的图像时代》中曾指出:“从本质上看,世界的图像将不再是一幅关于世界的图像,而是世界如何被把握为一幅图像。”今天,人类已经步入一个高清和智能的数字视觉新时代。视觉信息数字化波及到世界的每一个角落,不仅改变了人类的生活和工作方式,也成为推进人类发展和进步不可或缺的原动力。随着科学技术的发展,人们将不断追求视觉信息的高清晰和高保真。由于人眼是视觉信息(如图像、图形、视频等)的最终受体,要研究高清晰、高保真的成像原理和处理方法,就必须首先研究人类视觉系统(Human Visual System, HVS)。在此基础上,研究视觉信息质量的评价方法。

✎ 1.1 图像及其质量评价 ✎

图像^[1]是指图和像的有机结合,既反映物体的客观存在,又体现人的心理因素,是对客观存在物体的一种相似性的生动模仿或描述,也是直接或间接作用于人眼进而产生视知觉的实体。图像可以通过各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得。由于图像所承载的信息比其他形式的信息(如文字、语音等)都更真切、更丰富,因此图像的重要性可见一斑。

由于图像信息相对于其他信息有着显著的优点,因此利用图像信息进行客观世界的感知,并对其进行合理有效的处理^[2]成为各领域不可或缺的手段。在图像的采集、处理、传输和存储的过程中,由于成像系统、处理方法、传输介质和存储设备等不完善,加之物体运动、噪声污染等原因,不可避免地带来某些图像失真和降质,这给人们认识客观世界、研

究解决问题带来很大的困难。比如，在图像识别中，所采集到的图像质量直接影响识别结果的准确度和可靠性；又如，远程会议和视频点播等系统易受传输差错、网络延迟等不利因素的影响，都需要在线实时的图像质量监控，以便服务提供商动态调整信源定位策略，进而满足服务质量(Quality of Service, QoS)的要求；在生物医学领域，生物组织研究和临床诊断的重要辅助手段是医学图像；在军事应用方面，战场监视和打击评估的效果也取决于卫星、无人机等航拍设备所采集到的图像或视频的质量。因此，对图像质量的合理评估具有非常重要的应用价值。

然而，如何定义图像的质量是一个比较困难的问题。文献[3]认为，首先，由于图像是光学成像过程的结果，而光学成像过程相当于将三维的物理场景特征映射成一个二维的亮度分布，并对场景中重要几何信息和有用目标物的位置进行编码，因此，图像是视觉信息的载体而不仅仅是二维信号；其次，Marr 视觉理论^[4]认为，视觉认知过程是通过数值计算方法从二维亮度分布中重构出目标物的特征和与其相关的信息，然后通过记忆中的描述方法进行比较而对其解释，从而完成视觉认知的，因此，视觉认知过程是信息处理过程而不是信号处理过程；最后，视觉认知的过程不是一个独立的阶段，而是与人和环境的相互作用密切相关的，即视觉感知过程就像语言和运动一样，其所产生的对于场景内容的描述是人类与环境相互作用的一个子过程。因此，视觉认知处理在这一过程中扮演着至关重要的角色。

广义上讲，图像质量是图像的一个固有属性，是通过度量图像的降质或失真程度来获得的。具体来说，图像质量的优劣是指待测图像相对于参考图像在人眼的观察过程中产生差异程度的大小或者指人眼对图像特征信息的分辨能力的强弱。通常使用图像的逼真度和图像的懂度来描述这两种情况。图像的逼真度指待测图像与参考图像的相似度。图像的懂度指待测图像相对于参考图像向人或机器提供信息的能力。

图像质量评价^[5]包括主观和客观两类方法。由于人眼是图像的最终受体，因此主观评价被认为是最直接、最准确地表征视觉感知的方法，但由于受客观条件、主观情绪和观察者自身条件等因素影响，其评价结果往往不够稳定，而且不便于图像系统的集成和实现。多年来，人们希望找到一种能够逼近主观评价结果的客观评价方法^[6]作为评价图像质量和设计、改进图像系统的依据。如果能够提出这样一种可靠合理的图像质量客观评价方法，将可以用来指导处理系统的校准以及系统算法的优化等工作。因此，图像质量客观评价算法的研究是图像处理和图像分析领域非常基本的科学问题。

1.2 图像质量主观评价方法

图像质量的主观评价方法是让多名观察者按照已规定好的评判准则对目标图像质量进行打分评价，然后对所有观察者给出的评价分值进行加权平均，所得结果即为该图像质量

的主观评价。由于人是所有多媒体信息的最终接收者，因此，一般认为人类主观评价的合理性和准确度是最高的。

具体来说，主观评价^[7]的过程是选择一批非专家类型的受测者，让他们在一个特定的受控环境中连续观看一系列的测试图像，然后对所观看图像的质量进行评分，最后求得平均主观分数值(Mean Opinion Score, MOS)。测试环境中的受控因素包括：观测距离、环境光照、测试序列的选择、序列的显示时间间隔等。

在过去的十多年中，国际无线电咨询委员会(Consultative Committee of International Radio, CCIR)专门制定了 CCIR500-1 号建议书《电视图像质量的主观评价方法》和 CCIR405-4 号报告书《电视图像质量的主观评价》，对主观评价的方法和标准作出了详细的规定。CCIR500-1^[8]采用五级评价质量尺度和妨碍尺度。

表 1.1 所示为 CCIR500-1 推荐的图像质量评价五级标准。常用的主观评价方法包括绝对和相对两种。绝对方法是指根据预先规定的评价尺度或自己的经验，对被评价图像提出质量判断，如双激励损伤标度法(Double-Stimulus Impairment Scale, DSIS)和单激励连续质量评价法(Single-Stimulus Continuous Quality Evaluation, SSCQE)等。相对方法常用所谓的群优先尺度，即由观察者将一批图像由好到坏进行分类，对图像进行互相比较得出好坏并给出相应的分数，如双激励连续质量标度法(Double-Stimulus Continuous Quality Scale, DSCQS)等。

表 1.1 CCIR500-1 主观评价标准

等级	妨碍准则	质量准则
5	丝毫看不出图像质量变坏	非常好
4	能看出图像质量变坏但并不妨碍观看	好
3	清楚看出图像质量变坏对观看稍有妨碍	一般
2	对观看有妨碍	差
1	非常严重妨碍观看	非常差

主观评价方法虽然准确率很高，但是由于其耗时长、代价高、过程繁琐且容易受外界条件干扰等缺点，在实际中并不能得到很好的应用。由此，可靠合理的客观评价方法成为研究的热点。客观评价方法以简单高效、实时稳定等优点得到了快速发展，成为图像与视频处理领域的一个重要分支。

1.3 图像质量客观评价方法

图像质量客观评价^[7]的基本目标是设计能准确和自动感知图像质量的计算模型。其终极

目标是希望用计算机来代替人类视觉系统(HVS)去感知图像。为了能够模拟人眼的评价方法,客观方法性能的优劣是通过计算模型获得的图像质量量化值与人类主观观测值一致性的好坏来评判的。

图像质量客观评价^[9]在实际中有着非常广阔的应用前景。首先,它可以用来动态地监测和调整图像质量的状况。例如,在图像采集系统中,图像质量评价的结果被用来自动调整系统的参数以获得最佳质量的图像数据;在网络数字视频服务中,图像质量评价模型被用来实时地监测当前网络上传输视频的质量和分配数据流资源的状况。其次,它可以作为图像处理算法和参数优化的依据。例如,在视频编码系统端,可以根据质量评价模型的结果来对预滤波和比特分配等算法进行最优化处理;在视频解码系统端,可以根据评价模型的结果来对图像重建、误码掩盖和后滤波等算法进行最优化处理。最后,评价模型的评测结果还可以用作判定图像处理系统和算法优劣的度量。例如,在具体应用中如果有多个视频处理系统可以使用,就可以用质量评价模型^[10]来度量哪一个系统具有最好的处理效果。图 1.1 所示为影像质量评价的应用领域举例。

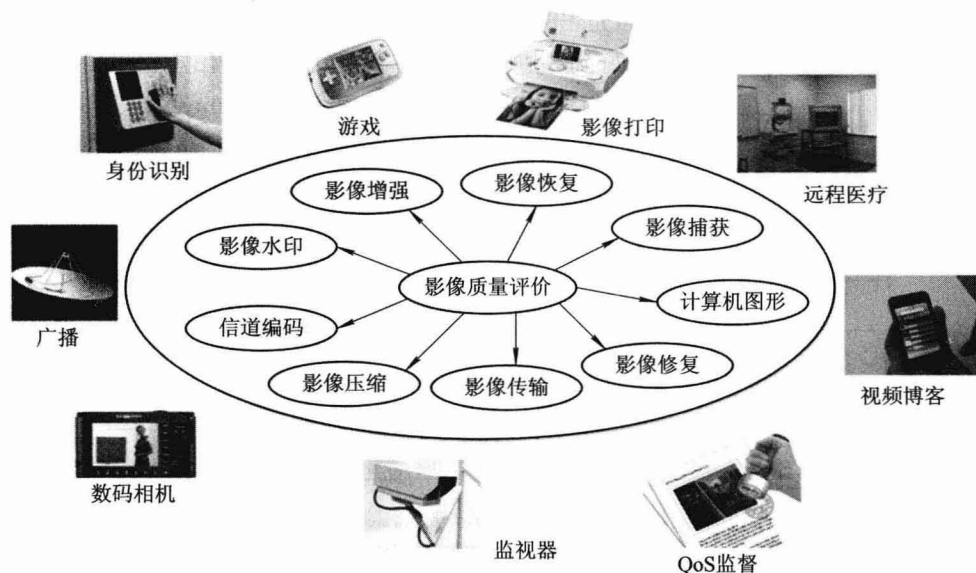


图 1.1 影像质量评价的应用领域

近年来,图像质量评价的研究如火如荼,新的评价测度不断涌现,但是到目前为止还没有一个清晰的关于图像质量评价方法的分类。总体来说,在设计图像质量评价方法时可能会用到三种类型的信息:原始图像信息^[11]、失真过程信息^[12]和人类视觉系统信息^[13]。相应地,评价方法也是基于这三种不同的信息进行分类的。图 1.2 所示为图像质量评价的分类方法示意图。

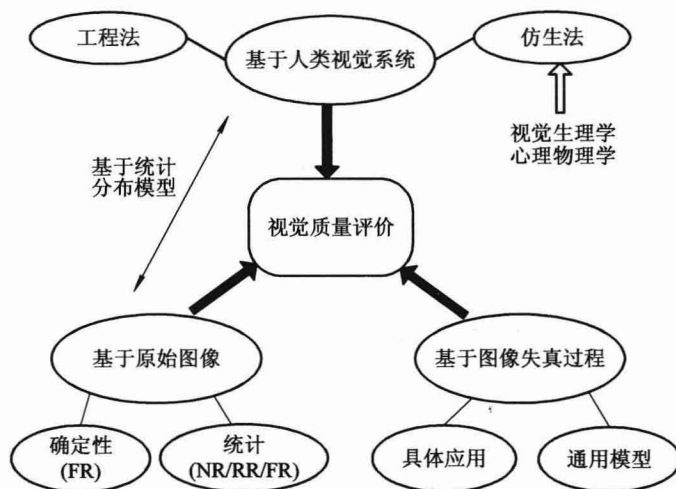


图 1.2 图像质量评价的分类方法

1.3.1 基于原始图像的分类方法

图像质量客观评价方法分类^[14,15]的第一个依据是失真图像的质量评价对原始图像信息的依赖程度，可分为全参考型(Full-Reference, FR)、部分参考型(Reduced-Reference, RR)和无参考型(No-Reference, NR)三种。

在这种分类准则下，原始图像一般被认为是无失真或完美质量的。全参考型图像质量评价方法假定原始图像存在并且完全是可以获得的，评价结果也比较准确可行。但在实际应用中很难获得原始图像作为参考，而且人类观察者通常是在没有任何参考图像的情况下对图像质量进行评价的。因此，设计一种能对图像进行盲评价的方法是非常必要的。于是，无参考型图像质量评价应运而生。但是人类视觉系统相当复杂，我们对它的认识还停留在初级阶段。因此，无参考型评价方法的设计还存在很多难题。而部分参考型图像质量评价方法则是一种介于全参考型和无参考型之间的图像质量评价方法。在实际应用中，参考图像可能无法完全得到，但是某些特征却可以从原始图像中提取出来作为一种辅助信息用于图像质量评价系统进行失真图像的评价。因此，部分参考型图像质量评价方法在实际中获得了广泛的应用。

1.3.2 基于具体应用的分类方法

图像质量客观评价方法^[16]分类的第二个依据是图像失真过程的信息。针对某种具体失真过程的方法已在实际中广泛应用。由于失真类型是已知的，因此评价方法能设计得简单并有针对性。比如，在基于块的图像压缩中，块效应(Blocking Artifacts)是最严重的失真，

而一个针对块效应的质量测度可以提供很好的质量评价性能。但是针对具体应用的方法也有很大的局限性,它仅仅适用于某一种失真类型,而降质图像往往同时具有多种失真,这就导致这类方法的评价结果不稳定。理想情况下希望能够设计一种通用的评价方法,该方法不仅能针对特定类型的失真,而且能灵活地应用于各种各样的失真。目前设计这样的方法还具有一定的难度,就算是简单地模拟基本功能,其算法复杂度也是相当高的,效率也相对较低。因此,如何寻找一个既适用于多种失真类型,又能针对某种失真有较好评价结果的方法是该问题的关键。

1.3.3 基于人类视觉特性的分类方法

由于图像质量评价^[17]的主体是人,因此人类视觉特性^[13]对评价算法的研究具有重要意义。但是,对人眼视觉特性的研究涉及生理、心理等方面的知识,迄今对其尚缺乏深入的认识,特别是对视觉的心理特性还难以找出定量的描述方法,所以目前还缺乏一套完善的视觉计算模型。尽管如此,在客观图像质量评价中引入少许简单的人类视觉系统知识或模型,也能大大提高客观评价结果和主观感知的一致性。

本类方法的一种思路是去研究人类视觉系统各个部分的功能,然后模拟相关部分及其心理学特性作为基本的结构单元,最后把它们组合在一起作为总的视觉系统模型。这种方法的目的是建立一个类似人类视觉系统的计算模型,以便进行图像质量评价,称之为仿生法(Biomimetic Method)。另有一种称之为工程法(Engineering Method),它是对整个人类视觉系统的整体功能进行假设,所假设的功能可能与人类视觉系统不完全一致,但它相当于把人类视觉系统看成一个“黑盒子”,只考虑输入和输出之间的关系。工程法最具吸引力的特点是可以提供较为简单的解决方案。

但是,仿生法和工程法之间并没有明显的界限。一方面,由于人类视觉系统的复杂性,一个可以完全模拟人类视觉系统功能的系统是很难得到的。为了得到一种可行的方法,就必须做很多假设来大大简化这种模拟过程。另一方面,为了使一个方法能够对人类视觉系统做出一个合理的整体假设,对人类视觉系统各个部分的理解也是非常有用的。

1.4 本书的章节安排

本书共分为10章,分别从视觉信息质量的客观评价方法和主观评价方法,图像质量的客观评价方法和视频质量的评价方法,全参考型、部分参考型和无参考型的质量评价方法等不同的角度系统总结了本领域的基本理论和经典方法,列举了一些当前研究的前沿课题及许多开放性的问题,介绍了一些最新的研究成果。具体来看,本文的章节安排如下:

第1章为绪论,给出了图像质量评价的基本概念,介绍了图像质量主客观评价的基本方法及其分类。

第2章为人类视觉系统,简要介绍了近年来对其生理学结构、视觉的形成以及视觉系统特性研究的一些概念和成果,详细阐述了人类视觉的心理学、心理物理学特征与现象。

第3章为全参考型图像质量评价方法,在简要介绍传统评价方法的基础上,重点介绍了基于人类视觉系统的仿生学方法、基于系统理论的工程学方法、基于图像内容的质量评价方法,以及针对彩色图像的质量评价方法。

第4章为部分参考型图像质量评价方法,在简要介绍六种典型的部分参考型图像质量评价方法的基础上,重点介绍了基于多尺度几何分析的图像质量评价方法,此外还介绍了基于视觉模型的质量评价方法。

第5章为无参考型图像质量评价方法,首先介绍了常见失真类型及几种基于几何特征的评价方法,然后简要介绍了自然图像的一些统计特性和三种基于图像统计特性的质量评价方法,最后结合两种现有的通用型评价算法介绍了通用型质量评价模型的构建。

第6章为视频质量客观评价方法,在分析了引起视频质量降质的基本因素之后,分别给出了基于像素域和基于视觉感知的视频质量评价方法以及工程类的评价方法。

第7章为视觉信息质量主观评价方法,分别介绍了视频质量专家组、主观质量评价流程、常用的图像和视频质量评价的测试数据库,最后介绍了我们团队进行主观评价实验的基本实践。

第8章为生物特征图像质量客观评价方法,简要阐述了生物特征图像质量评价的研究意义,并重点介绍了人脸图像的失真类型以及人脸图像质量评价的研究现状。

第9章为视觉信息质量评价的应用系统,在简要分析影像质量评价基本用途的基础上,重点介绍了9家知名公司的影像质量评价产品。

第10章为总结与展望,在本书所提出的创新性成果的基础上,归纳总结了本领域下一步研究的重点方向。

参考文献

- [1] Kenneth R Castleman. Digital Image Processing. The Prentice Hall, Inc., 1996.
- [2] Rafael C Gpnzalez, Richard E Woods. Digital Image Processing. Second ed. The Pearson Education, Inc., 2002.
- [3] Janssen T J. Understanding Image Quality. In: Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, 2001, 2:7.
- [4] Marr D. Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. San Francisco: Freeman, 1982.
- [5] Abodou E, Dusaussoy N J. Survey of image quality measurement. In: Proc. 1986 ACM Fall joint Computer Conference, Dallas, Texas, Unite States, 1986, 71-78.