

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 8
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年8月 第17卷 第8期(总第196期)

目次

综述

可计算图像美学研究进展 王伟凝, 蚁静斌, 贺前华(893)

图像处理和编码

利用混沌 PSO 或分解的 2 维 Tsallis 灰度熵阈值分割 吴一全, 吴诗嫻, 张晓杰(902)

H. 264 并行编码中负载平衡方法 侯兴松, 刘大齐, 盛凯, 赖玉洁(911)

提升细节捕捉能力的非下采样轮廓波变换 郭洪, 李雪军(919)

SVD 域的图像高斯噪声强度估计 柳薇(923)

图像扩散去噪模型的分析与改进 傅绪加, 刘峰, 王信松(934)

小波域最小嵌入失真函数设计及其在隐写中的应用 李军, 潘峰, 杨晓元, 刘镇(946)

图像分析和识别

抗压缩的照片图像与真实感计算机图形识别 张荣, 王让定(953)

云的自适应阈值检测方法 黄茜, 王少龙, 徐道磊, 廖婷婷(960)

煤矸区分中的间隔灰度压缩扩阶共生矩阵 于国防(966)

离群样本划分的半监督模糊学习策略 宋晓宁, 杨静宇, 杨习贝(971)

多相 Chan-Vese 模型的直接对偶方法 刘存良, 潘振宽, 郑永果, 王国栋, 丁洁玉(979)

利用梯度信息快速提取直线边缘特征 夏军营, 徐小泉, 熊九龙(987)

2 维双树复小波不确定度加权融合的人脸识别 王仕民,叶继华,邓涛,王明文(995)

图像理解和计算机视觉

流形学习与非线性回归结合的头面部姿态估计 范进富,陈锻生(1002)

计算机图形学

角点距离矩阵和同心圆划分的曲线描述与匹配 曾接贤,刘秀朋,符祥(1011)

弹性二次曲面模型下的 3 维形状表现与平滑 郝世杰,蒋建国,郭艳蓉,詹曙(1021)

医学图像处理

主动学习的白细胞图像自动分割 崔凤,潘晨,吴向平,徐军(1029)

遥感图像处理

Bregman 交替迭代遥感图像复原方法 徐焕宇,孙权森,罗楠,夏德深(1035)

基于各向异性 Markov 随机场的遥感影像亚像元尺度建筑物提取 李晓冬,凌峰,杜耘(1042)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健

月刊(1996 年创刊)

第 17 卷 第 8 期

2012 年 8 月 16 日出版

主管单位 中国科学院

主 办 中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会
北京 9718 信箱 邮编 100101
电子信箱:jig@irsa.ac.cn
电话:010-64807995 010-82614429
网 址:www.cjig.cn

印刷装订 北京北林印刷厂

广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司
(中国国际书店)
(北京 399 信箱 邮编 100044)

Superintended by

Sponsored by

Chief editor

Editor, Publisher

Distributed by

Domestic

Foreign

Printed by

Chinese Academy of Sciences

Institute of Remote Sensing Application,
CAS China Society of Image and Graphics
Institute of Applied Physics and Computational
Mathematics

LI Xiaowen

Editorial and Publishing Board
of Journal of Image and Graphics
(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)
E-mail:jig@irsa.ac.cn

Beijing Bureau for Distribution of Newspapers
and Journals

All Local Post Offices in China

China International Book Trading Corporation
(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)

Beijing Beilin Printing House

ISSN 1006-8961 CN11-3758/TB CODE ZTTFXZ 国内邮发代号: 82-831 国外发行代号: M1406 国内定价: 45.00 元

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 8 August 2012

Contents

Review

Review for computational image aesthetics Wang Weining, Yi Jingjian, He Qianhua (893)

Image Processing and Coding

Two-dimensional Tsallis gray entropy image thresholding using chaotic particle swarm optimization or decomposition
..... Wu Yiquan, Wu Shihua, Zhang Xiaojie (902)

Load balancing for H. 264 parallel encoding Hou Xingsong, Liu Daqi, Sheng Kai, Dun Yujie (911)

Non-subsampled contourlet transform algorithm to promote detail information capturing ability Guo Hong, Li Xuejun (919)

Gaussian noise level estimation in SVD domain for images Liu Wei (923)

Analysis and improvement of image diffusion denoising models Fu Xujia, Liu Feng, Wang Xinsong (934)

Design of minimizing embedding impact function in DWT domain and its applications in steganography
..... Li Jun, Pan Feng, Yang Xiaoyuan, Liu Zhen (946)

Image Analysis and Recognition

Anti-compression approach to distinguishing photographic images and photorealistic computer graphics
..... Zhang Rong, Wang Rangding (953)

Adaptive threshold approach for night-sky cloud inspection Huang Qian, Wang Shaolong, Xu Daolei, Liao Tingting (960)

Expanded order co-occurrence matrix to differentiate between coal and gangue based on interval grayscale compression
..... Yu Guofang (966)

Semi-supervised fuzzy learning strategy by using a way of partitioning the outlier instances
..... Song Xiaoning, Yang Jingyu, Yang Xibei (971)

Direct dual method of Chan-Vese model for multiphase segmentation
..... Liu Cunliang, Pan Zhenkuan, Zheng Yongguo, Wang Guodong, Ding Jieyu (979)

Fast line edge feature extraction using image gradients Xia Junying, Xu Xiaoquan, Xiong Jiulong (987)

Two-dimensional dual-tree complex wavelet transform uncertainty weighted fusion in face recognition
..... Wang Shimin, Ye Jihua, Deng Tao, Wang Mingwen (995)

Image Understanding and Computer Vision

Combining manifold learning and nonlinear regression for head pose estimation Fan Jinfu, Chen Duansheng (1002)

Computer Graphics

Representation and matching for planar curve based on corner distance matrix and concentric circles
..... Zeng Jiexian, Liu Xiupeng, Fu Xiang (1011)

Three-dimensional shape representation and smoothing with elastic quadratic patch model
..... Hao Shijie, Jiang Jianguo, Guo Yanrong, Zhan Shu (1021)

Medical Image Processing

White blood cell image segmentation based on active learning Cui Feng, Pan Chen, Wu Xiangping, Xu Jun (1029)

Remote Sensing Image Processing

Bregman alternating iterative method for remote sensing image restoration Xu Huanyu, Sun Quansen, Luo Nan, Xia Deshen (1035)

Building extraction at the sub-pixel scale from remotely sensed images based on anisotropic Markov random field
..... Li Xiaodong, Ling Feng, Du Yun (1042)

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2012)08-0893-09

论文引用格式: 王伟凝, 蚁静斌, 贺前华. 可计算图像美学研究进展[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(8): 893-901.

可计算图像美学研究进展

王伟凝, 蚁静斌, 贺前华

华南理工大学电子与信息学院, 广州 510640

摘要: 可计算图像美学研究目的是希望计算机能够模拟人类的视觉系统与审美思维对图像进行美学价值的判断。其研究成果可以应用到融合主观感知的基于语义的图像检索、图像美学质量评估、图像的美学修正、摄影的美学预测、艺术作品风格分析、人机交互等方面。该研究涉及美学、艺术、认知科学、计算机科学、心理学等多个学科, 属于多学科交叉的创新性前沿研究课题, 具有重要的理论研究价值和应用前景。总结国际上最新研究成果, 对该研究的常用方法和存在问题进行了系统的分析及综述, 给出了可计算图像美学分析研究的一般框架, 对图像的审美度量、美学视觉特征提取和美学推导等关键技术, 以及图像美学的应用与发展前景等进行了详细讨论, 并且针对当前研究存在的问题提出关键的解决方案。

关键词: 图像美学; 美学视觉特征; 美学度量; 美学分类

Review for computational image aesthetics

Wang Weining, Yi Jingjian, He Qianhua

School of Electronic and Information, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China

Abstract: The purpose of the computational image aesthetics research is to endow computer with the ability to assess the aesthetics value of images as human beings do. The results can be used in many fields, for example semantic-based image retrieval, fusing the subjective perception, image aesthetics evaluation, image aesthetics retouching, photograph aesthetics prediction, art works style analysis and man-machine interaction. Computational image aesthetics is a new interdisciplinary advanced topic with good developing prospect, while it involves different subjects, including Aesthetics, Art, Cognitive Science, Computer Science, Psychology, and so on. In this paper, the latest achievements of the computation image aesthetics research are introduced at first, then a general framework of the computational image aesthetics is proposed after the analysis and summary of methods commonly applied in this field. Additionally, we point out the exiting problems and we discuss including image aesthetics measurement, extraction of aesthetics vision features, aesthetics deduction, and also the application and future developments of image aesthetics. Furthermore, some crucial solutions are pointed out to solve the exiting problems.

Key words: image aesthetics; aesthetics vision features; aesthetics measure; aesthetics classification

0 引言

美学是以艺术为主要对象, 研究美、丑等审美范

畴和人的审美意识、美感经验, 以及美的创造、发展及其规律的科学^[1]。从艺术美学的角度上看, 美学是一门通过绘画、色彩和版面展现自然美感的学科。

长久以来, 美学(美感, aesthetics)一直作为哲学

收稿日期: 2011-12-23; 修回日期: 2012-03-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(60602014, 60972132); 广东省自然科学基金团队项目(9351064101000003); 中央高校基本科研基金项目(2009ZM0180)

第一作者简介: 王伟凝(1975—), 女, 副教授, 2005年于华南理工大学获通信与信息系统专业工学博士学位, 主要研究方向为图像视频处理与模式识别、机器学习、图像情感与美学分析、基于语义的图像检索等。E-mail: wnwang@scut.edu.cn

问题来讨论。美的作品由人类进行创造,由人类进行评判,并带给人们难以言表的愉悦和快乐。人们常常会根据美感来进行判断和决策,比如在购物、交朋友、选择方案时。随着计算机技术的飞速发展,越来越多的美学作品作为图像进行数字化创作、保存和传播,包括绘画、电影、视频和计算机游戏,而且,人们每天接触到各种各样人机交互界面,也希望能够产生美的享受和愉悦。面对日益激增的海量数据,人类已经无法胜任繁杂的处理工作,进而希望计算机能够帮助人类进行辅助美学处理。

近年来,随着计算机视觉和模式识别等技术的快速发展,在计算机科学范畴提出了计算美学(computational aesthetics)的概念,希望研究“美”的可计算方法,使计算机能模拟人类自主地理解、推导和计算“美”的可计算方法,并在相关应用中做出可行性的美学决策^[2]。美学概念在2005年欧洲计算机图形学会(EG)举办的第1届图形图像视觉计算美学学术会议上被正式提出,并逐步引起了国际学术界的关注。

可计算图像美学(computational image aesthetics),是让计算机模拟人类视觉及审美思维对图像进行美学决策,建立计算机与视觉艺术作品之间的桥梁。该研究是计算美学在图像领域的分支,也是最高层(抽象主观层次)图像语义研究的重要组成,其研究目的是使计算机能自主对图像的“美”进行定量的分析、计算和评价,如评价美学指数、判断绘画的美学风格等,通过对图像的美学分析、计算和评估,理解用户的美学感受,帮助寻找最适合用户心理需求、具有积极情感影响的方案和目标,对于实现和谐的人机交互具有重要意义。其研究结果可以应用到融合主观感知的基于语义的图像检索、图像美学质量评估、图像的美学修正、摄影的美学预测、艺术作品风格分析、人机交互等方面。该研究涉及美学、艺术、认知科学、计算机科学、心理学等多个学科,属于多学科交叉的创新性前沿研究课题,具有重要的理论价值和应用前景。

著名的图像处理国际会议(ICIP)在2008年关注到图像的美学问题,组织了一个图像美学和情感的专题讨论。2010年亚洲计算机视觉会议(ACCV)也组织了一个关于摄影美学计算的讨论会。近几年关于图像美学的相关论文逐渐在ACM Multimedia、ICIP、ICME、ECCV、ICPR等多媒体领域高等级学术会议中出现,得到了越来越多的关注。

由于没有统一衡量美学价值的规则标准,使用计算机模拟人脑对图像进行美学价值分析判断,具有一定的难度。目前,可计算图像美学在国外刚刚兴起,相关文献[3-19]集中在2008—2010年,在国内尚未见文献报导,我国应该尽快开展该领域的研究。

为此,本文关注可计算图像美学这个新兴研究领域,总结国际上最新研究成果,对该研究的常用方法和存在问题进行了系统的分析及综述,给出了可计算图像美学分析研究的一般框架,对图像的审美度量、美学视觉特征提取和美学推导等关键技术,以及图像美学的应用与发展前景等进行了详细讨论。

1 可计算图像美学研究现状

长期以来,美学从属于哲学领域的研究范畴。随着计算机技术和信号处理技术的发展,各国科研人员开始将美学研究与计算机技术结合起来,探索美学的可计算方法。

审美标准是衡量、评价对象审美价值相对固定的尺度。狭义上讲,美学是构图、色彩、光线、意境表达等的综合产物,是通过绘画、色彩和版面展现自然美感的学科,美学的目的是获得自然美感。那么什么样的图像才是一张具有自然美感的图像,如何计算和度量一张图像的美学价值?

使用数学模型定量地描述审美标准可以追溯到1933年,美国数学家Birkhoff在其著作《美学理论》^[20]中提出美学度量公式

$$M = \frac{O}{C} \quad (1)$$

式中, M 为Measure(度量), O 为Order(秩序), C 为Complexity(复杂性)。Birkhoff认为美学度量与事物内在的秩序与复杂性相关,例如对于多边形,秩序包括垂直和点对称、重复稳定性等要素,而复杂性包括边缘数目。然而,作者认为秩序和复杂性具体计算方法由经验确定,没有给出标准化的定义和验证。式(1)被认为是计算美学的最初雏形,其后的科学研究者继承了思想,并从不同角度对其进行了发展。

Machado等人^[21]认为图像的美学度量与图像本身的复杂性(IC)成正比,与人脑处理图像信息的复杂度(PC)成反比,他认为内在重复性高的图像(如分形图像)虽然IC高,但是人在识别和理解时

的处理却相对简单,PC低,所以会感觉“美”,因此给出了美学公式

$$\text{Measure} = \frac{\text{IC}}{\text{PC}} \quad (2)$$

式中,IC用JPEG压缩图的误差与压缩率的比值表示

$$\text{IC} = \frac{\text{RMS_Error}}{\text{Compression_Ratio}} \quad (3)$$

而PC用分形图像压缩率(fractal image compressibility)表示,并通过心理学TDA(test of drawing appreciation)实验验证了其方法的有效性。在近年来的研究中,Rigau等人^[22-23]利用信息论的观点和思路拓展了Birkhoff的美学信息度量,给出了结合信息论和Kolmogorov复杂度^[24]的美学量化方法,包括利用色彩分布信息计算图像的香农熵来定义的美学测度MB,利用Kolmogorov复杂度结合JPEG压缩比率定义的测度MK,以及从Zurek的物理熵观点得到的MZ。目前Rigau等人只将该方法对著名画家蒙德里安(Mondrian)、修拉(Seura)和梵高(Van Gogh)的9幅油画进行了美学数字分析,并没有进行心理学实验验证。

从以上研究成果可以看到,图像复杂度是衡量图像美学价值的一个重要度量,对评估图像的美学价值有重要的意义。但是目前美学相关的图像复杂度的研究还缺少有效的实验验证及应用。

在绘画、雕塑、多媒体影视等艺术领域对“美”的构造长期以来有自己深刻的理解,如对称性、平衡性、组合、方向性、色彩和谐性、色彩对比度等方面^[25]。从摄影的角度讨论图像美学,一张完美的影像必须焦点清晰,曝光正确,外表无缺陷。一般有3个标准:1)清楚表达摄影对象、主题;2)聚焦于该对象;3)消除分散注意力的元素实现简化。对于彩色照片,通常更注重彩色逼真度、色饱和度、彩色平衡、彩色反差等^[26]。这些都可以为图像的美学计算提供有益的思路。然而,这些表达和描述仅存在于艺术范畴,如何进行量化和计算是一个难题,各国学者从不同角度对图像美学的理论、可计算模型和应用进行了相关探索和研究。

自动评估图像的美学价值是可计算图像美学的研究重点,评估对象广泛,比如摄影照片、绘画、计算机绘图、图表、油画、合成图等。在对图像美学研究中,宾夕法尼亚大学Wang领导的研究小组是最早实现图像特征对图像美学质量的量化,主要是处理分析在线图像系统photo.net(<http://www.photo.net/>)

net/)中用户上传图像数据,实现图像视觉特征到图像美学判定的关联。他们基于摄影中用到的一些简单规则,定义并提取了包括图像的亮度、色彩分布、小波变换、区域组成、景深等35个图像特征,利用特征选取得到最有效的15个特征,使用支持向量机(SVM)对高美感和低美感的图像进行分类,得到了70.12%的分类正确率。而后采用多元线性回归,利用图像特征预测图像美感值^[3]。虽然预测结果正确率不高,但利用图像特征预测图像美感分数还是可行的。在此研究基础上,还建立了ACQUINE(aesthetics quality inference engine, <http://acquine.alipr.com>)美学质量系统,ACQUINE是一个典型的在线图像美学评分和搜索引擎,项目从2005年开始启动,于2009年4月份上线,目前用户可以上传自己的照片,自动获取照片的美学分数。系统主要用于评估专业彩色照片的审美品质。

Wu等人^[5]则是参考Datta等人^[3]的方法,用以预测对图像的美学形容:“good”、“bad”或“ugly”,但是他们并没有提出提高分类预测正确率的方法。另外,Ke等人^[27]通过提取图像视觉特征评估图像的美学价值,以识别高质量的专业照及低质量的快照。而Wong等人^[6]则提出视觉显著性区域增强的方法分类专业照和快照,利用视觉感知(清晰度、曝光、纹理等)建立视觉显著区域模型,取得了比全局特征更好的图像美学分类效果。Luo等人^[7]分析了专业摄影照片的相关技术特点,使用模糊感检测(blur detection)粗略估计聚焦的主体区域,从分离出的主体区域提取特征,有效改善分类效果。如图1所示,(a)(c)两张摄影作品被判断为具有高美学质量,而(b)(d)则认为是低美学质量。此外,卡内基梅隆大学的Li和Tsuhan^[8]则针对绘画作品,从艺术美学的角度对特征选取进行分析,提取了全局的色彩分布、亮度、朦胧效果、边缘分布等特征,并结合图像分割后的局部特征,利用主观视觉调查结果,采用Ada-Boost算法进行机器学习,实现对绘画作品的美学视觉质量类别分类。

图像的美学价值评估结果可以应用于图像检索中。例如,西班牙电信研究院的Obrador^[9]就图像美学分析进行了探索,在图像查询系统中引入图像美学算法,该美学评分由图像分割后的最具美学吸引力的相关区域的区域锐度、对比度和色彩浓度等测量组合计算得到。引入该算法的图像检索系统能筛选出更符合用户需求的图像。

图像美学研究也被应用于图像修复中。例如, Subhabrata 等人^[10] 详细讨论三分法则 (rule of thirds) 及视觉重量平衡 (visual weight balance) 对美学的影响, 建立了一个交互式应用程序, 使用户通过该软件移动图像中的主体目标或对图像进行空间重构, 以提高照片的视觉美感。如图 2 所示, (a)(c) 都为原始图像, (b) 是 (a) 经过主体移动后的图像, (d) 是 (c) 经过空间重构获得的图像, (b)(d) 显然比原图像具有更高的美感。

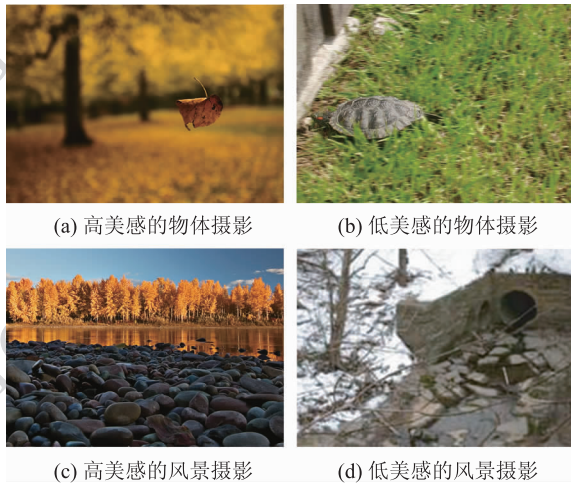


图 1 摄影作品美学质量示例^[7]

Fig. 1 Example of the aesthetics quality for photographs^[7]



图 2 图像美感增强示例^[10]

Fig. 2 Example of the image aesthetics enhancement^[10]

此外, 图像美学的研究在设计、广告领域也有所应用。例如, Bauerly 等人^[28] 通过实验调查, 研究排版的对称性、平衡性和结构要素对美学判断的影响, 并得到可计算模型, 该结果可用于指导网页的排版

设计。Phan^[11] 则利用色彩美学理论, 设计了一个根据商品本身色彩自动调整广告商品的环境背景和条块颜色的系统, 使得广告更吸引消费者。

随着生物信息学、生理学以及实验手段等理论的发展, 专家学者试图利用人类生物学视觉系统的相关理论指导图像美学的相关研究, 深入研究人类视觉与图像美学的关系。Peters^[12] 从人类视觉系统的模块化开始, 推导出大脑的 6 个美学视觉模块: 色彩、形式、空间、动态、景深、人物, 以认知神经系统科学和视觉艺术为原则, 对每个模块进行分析探索。Wallraven 等人^[13] 使用眼球跟踪方法, 研究人们在对艺术作品进行欣赏及美学价值评价时的眼球运动, 试图从人类视觉系统的角度, 寻找模拟人类审美观察的模型。

总的来说, 图像美学研究在近年来才在国际上兴起, 并逐步得到相关研究者的关注。目前国外的研究还刚刚起步, 在国内还暂未见到有关图像美学的相关研究报道。由于美学的主观性和复杂性, 图像美学的研究还处于初步探索和萌芽阶段, 有大量的问题有待研究, 目前为止并没有成熟的方法。

2 图像美学研究关键问题分析与讨论

总结已有的研究成果, 基于计算机视觉的图像美学研究基本架构如图 3 所示, 包括“图像数据库”、

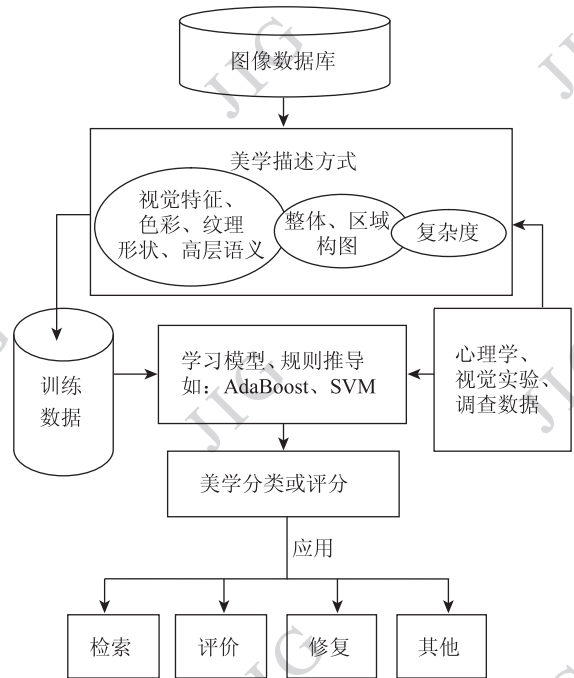


图 3 图像美学研究基本框图

Fig. 3 The scheme of the image aesthetics

“美学描述方式”、“学习模型与规则推导”、“美学分类或评分”、“应用”等,而“心理学、视觉实验调查数据”则作用于“学习模型、规则推导”中,并用于“美学描述方式”中选取有效的特征。

由于美学问题的抽象性和主观性,衡量图像美感的标准是图像美学研究的重点和难点。从图3可以看到,合适的图像美学描述在对图像进行美学价值分析中具有关键作用。此外,虽然图像的复杂度也被作为一个重要的美学衡量标准,但并未广泛应用于图像美学的研究中。所以,在接下来的研究工作中,将从图像主体区域、构图、视觉特征、图像复杂度等方面着手,讨论对图像美学价值自动的实现方法。

2.1 图像视觉特征

美学视觉特征是图像美学的核心部分,图像中不同的颜色、纹理、形状等在知觉的作用下往往会让人产生不同的心理反应,较大程度地决定了观察者对图像的审美评判趋向。目前从图像中抽取低层客观特征(如颜色、纹理、形状等)的算法已经日趋成熟,但是以美学评估为目的的图像特征提取,需要结合艺术、绘画和摄影的美学基础理论,寻找与人的感知和美学密切联系的相关特征,并运用适当的方法进行描述。

目前的研究只是在这方面进行了一些初步的尝试,Datta等人^[3]综合提取了一系列全局、局部的视觉特征,包括亮度、色彩、饱和度、灰度、相似度、小波纹理、形状与方位比例、三分之一法则、区域分布、景深等56个特征值,通过特征选取得到15个图像特征,实现对图像进行美学评分。但并没有详细思考这些特征对图像美学的作用机理,所以难以在美学评估中获得较高的正确率。目前图像美学评估的相关文献^[3,6,17]在图像的色彩和亮度特征提取方面只简单采用色彩分布、亮度对比度等特征,很少涉及色彩的和谐性、色彩平衡、亮度的空间分布、纹理特征、形状特征等。而这些特征又更符合人们审美的思维,因此,可以考虑将其应用到美学的评估中。

同时由于图像的低层特征不能够全面反映人类对图像的美学决策,可以从人类视觉感知机理和高层语义特征等方面对美学视觉特征的思路进行改进。如,Graham等人^[18]从人的视觉感知过程考虑,提取图像的对称空间、稀疏性、亮度、色彩、构图层次等特征,分析其与美学感知的联系。Obrador等人^[19]通过对用户进行主客观调查数据的分析,提取能够衡量图像吸引力的视觉特征(区域锐度、对比

度和色彩浓度等)。Ke等人^[27]提取高层语义特征(边缘空间分布、颜色分布、色度、模糊),区分高质量的专业照和低质量的快照。从视觉的角度探讨图像的美学特征,并用于对图像进行审美评估,更符合人们的审美思维。他们对视觉特征的研究都值得借鉴,可以应用到图像美学计算的特征提取中。

此外,对于不同主题的图像,影响人们审美的刺激特征也有所不同。例如,风景照片中主要受色彩、构图等特征影响;单一主体的图像中,主题的细节特征是决定因素;有人物的图像中,人物的表情形态、人物大小、多人物的关系等与人物相关的美学特征直接影响图像的美感评价,对于这种图像做主题分类的预处理,并针对不同主题采用不同的特征进行美学评估将能够取得更好的效果,目前没有看到这方面的相关报道。

总的来说,针对图像美感的特征提取需要深入总结各种特征的心理效应和美学规律,并结合相应的美学理论和规则进行处理。在图像关键区域有效划分的基础上,针对同主体的图像,选择和构建基于美学的图像特征是图像美学研究的前提。

2.2 图像主体区域

人们在欣赏一张图像的时候,往往会集中关注于某些区域。受关注的区域即是图像的主体区域,也称显著性区域,可以包括人物、主题、图像前景,显著性区域各方面的特性很大程度影响着人们的审美决策。Wallraven等人^[15]通过眼球跟踪探索眼球运动与人类艺术作品审美之间的关系,证实了人在进行图像欣赏时视觉总会集中于图像的主体区域。Cerosaletti等人^[14]探讨了图像中人的形象特征、有无人、主体的大小、角度等影响图像审美的因素。因此,图像的主体区域提取及其相关特征描述也值得重点关注和考虑。

Wong等人^[6]用视觉显著图(saliency map)模型区分专业照片和快照,分别提取全局特征和显著区域特征,并计算相应特征(清晰度、曝光、纹理等),比Datta等人^[3]使用的特征取得了更好的分类效果。Sun等人^[15]提出一个基于视觉注意力的照片评估模型评估照片质量,对人眼敏感的显著图(sensitive saliency map)进行分析,用于估计人眼视觉的注意力分布。Ke等人^[27]利用美学相关的摄影准则,采用清晰主题、主题集中、移除背景3个原则,提取了图像的显著性区域,并对显著性区域提取相应的视觉特征模拟人类对图像的评估。这些工作主要

是利用模拟人类视觉系统的显著图模型或摄影中的聚焦模糊准则提取前景式主体区域,并分析主体区域中的特征描述。实验结果表明,对图像主体区域的研究能更有效地分析和描述美学。

图像中不同的部分、区域和物体对人类审美感觉的影响有很大不同,有利于表达主题的图像主题、前景部分对图像美学判断有重要作用,而图像中的背景区域则具有衬托、支撑的功能。因此,如何结合人类视觉系统和审美过程,提取美感刺激强烈图像的关键区域及相应特征,是提升图像美感评估模型性能的重要环节。

2.3 图像构图

从艺术美学的角度来看,构图可以强化画面的视觉动力,从而影响观赏者的感官和思维活动。图像的光线、影调、线条、形状等形式元素,会呈现为一定的视觉形象。通过构图能够强调突出主体,使画面更具吸引力。图像中不同区域相互作用产生的图像构图效果,对美学判断有重要影响。Savakis 等人^[29]在研究图像吸引力时,通过实验指明构图比色彩及亮度这两个传统的图像质量评估标准更具有衡量价值。Datta 等人^[3]分析了 ACQUINE 网站的数据,发现用户给图像美感评分时所关注的各种词汇中,“构图”位列第一。这也说明了图像构图对美学判断有重要影响。

Datta 等人^[3]在对图像进行美学评估时,首先考虑到图像的构图,并从三分法则、结构及相似度对图像构图的视觉特征进行提取,结合提取其他如色彩、清晰度等特征,构造评估模型获得了与用户评价较一致的效果。在文献[16]中,Obrabor 等人利用简单的基于色彩的图像分割算法以图像区分为基础,探讨了图像构成对美学的影响。Subhabrata^[10]则通过三分法则及视觉重量平衡,对图像主体目标进行空间重构,从而提高照片的视觉美感。这些应用研究,证明研究图像的构图可以用以指导对图像美学的分析,为进行图像美感的评估提供了可行性指导思路。

现有的研究,一般通过图像的显著区域、平衡性、三分法则等研究图像的构图,只是构图中的一部分。构图还讲究均衡与对称、对比和视点等。另外,Lei 等人^[30]在分析图像的构图时,考虑了图像的对角构图、垂直构图、水平构图等准则。这些研究可以为我们在图像美学分析中提供参考。

构图可以通过对图像进行分割分析获取。在摄

影图像的分割中,色彩只是其中的一个因素,简单的色彩分割不能有效地分割图像。而且,构图的分析需要在划分图像区域的基础上,对各个区域的重要性排序,并对各区域之间的关系和排列进行细致地分析。这也体现了图像主体区域划分的重要性,所以可以结合 2.2 节中讨论的图像主体区域,对图像构图进行分析。

2.4 图像复杂度

复杂度,是描述一个客观存在的事物或事件的内在特征,是对复杂性的一种程度描述。图像的复杂度被认为是高度相关的审美测度之一。

Birkhoff^[20]于 1933 年提出将复杂度作为图像美学衡量因素之一,在此复杂度被定义为人脑处理目标物体的计算量。但 Birkhoff 认为复杂度具体计算方法是由经验确定的,没有给出标准的定义和验证。自香农理论出现后,不少的研究人员采用信息论的知识探索能够较好描述图像复杂度的方法, Frank 等人在文献[31]中给出了详细的介绍。在文献[21]中,Machado 等人从图像视觉美学的角度定义了图像形式复杂度和处理复杂度来评价图像复杂性,其中图像形式复杂度包括色彩复杂度、形状复杂度、结构复杂度等。他们认为具有更高图像内容复杂度和更低处理复杂度的图像具有更高的美学价值,通过计算图像的复杂度来评估图像的美学价值,符合人类的评判思维。

目前大部分与图像复杂度相关的美学研究,主要集中在美学测度的直接推导,试图研究利用公式对整幅图像直接计算图像美学测度,主要用于图像演化(image evolutionary)分析中^[32],指导计算机自动生成更具美感的图像。

在最新的文献中,Romero 等人^[33]采用 JPEG 压缩和分形压缩的方法来计算图像的复杂度,通过提取不同压缩率的均方根误差组成 18 维特征,来预测图像的美学价值。实验结果显示了用复杂度来预测图像美学价值的可行性和有效性。但单纯使用压缩理论的方法存在较大的局限性,提取的特征过于简单,难以很好地表述图像的复杂度。

由于图像复杂度的复杂性、抽象性,以及当前图像应用系统的处理速度与实时性要求,更多的与美学相关的图像复杂度的研究还未得到有效的开展。但由于图像复杂度也是衡量图像美学价值的一个重要因素,所以计算图像复杂度,并将其融入图像美学具体应用中是图像美学研究中一个关键的研究

内容。

可以参考已有的一些研究成果,将图像复杂度融入到图像美学的相关应用中。比如, Richard 等人^[34]针对目标识别提出一种通过区域的相似程度来衡量图像复杂度的方法。Rigau 等人^[35]利用互信息定义了图像组成复杂度,用来衡量图像在空间上的不均匀。郭云彪等人^[36]提出了针对二值图像与人眼视觉特性相统一的复杂度定义,用图像数据出现的频度与随机序列游程出现频度的接近程度来描述图像复杂度。这些都为计算图像复杂度提供了有益的思路。

2.5 美学价值评估实现

图像美学评估的目标是将图像美学描述映射到图像美学空间。由于人审美情操的主观性和复杂性,图像美学评估的过程离不开大量用户的参与。如何更好地规范和利用用户提供的信息,有效建立图像特征到用户审美观之间的映射,是图像美学研究的一个重点。从已有的研究看,主要采用神经网络、贝叶斯决策理论(bayesian decision theory)、遗传算法、SVM(支持向量机)、AdaBoost(自适应学习算法)等机器学习的方法实现自动分类与评估。

由于 SVM、AdaBoost 和遗传算法的学习方法具有明显的优势,在图像特征分类中能够获得较好的效果,成为近年来的研究热点,在图像特征分类中获得了广泛应用。Datta 等人^[3]在学习图像美学价值的研究中使用 1 维支持向量机进行特征选择,将 56 个选取的特征归一化后用标准的径向基函数(RBF)实现高相关特征及低相关特征子集的分类。同时,使用递归分割 RPART 算法分析不同特征对分类结果的影响,建立两类分类器的树模型。Zhang 等人^[37]采用遗传算法建立图像的色彩美学评估模型。Jiang 等人^[17]基于 RankBoost 和 SVM 提出新的称为 Diff-RankBoost 的回归方法,用以实现消费者图像的自动美学评估。另外,由于 AdaBoost 算法在分类问题中表现出明显的分类优势,在很多领域都被广泛应用,这也是我们实现图像美学分类评估的一个重要方法。

用统计的方法对未知对象进行特征抽取、学习、分类是智能技术的一个重要分支,是建立图像美学特征空间的重要方法。综合已有的研究,单一的机器学习、分类方法不能完全满足系统的要求,优化机器学习的不足,并引进最新的机器学习模型(比如多层分类模型、生物启发计算模型等),探索更好的推理学习机制,充分利用用户反馈等是今后的研究

重点。

3 应用与展望

图像计算美学的研究是希望计算机能够建立适当的模型模拟人类视觉系统及审美思维对图像进行美学价值的判定。对图像美学价值的评价主观性强,涉及美学、艺术、认知科学、心理学、计算机科学等多个学科,具有一定的难度。图像美学可以应用在图像处理、图像重建与修复、图像质量评价、图像分类、图像检索、艺术设计、广告等领域,是一个崭新的且富有挑战性的前沿研究课题。

图像美学应用广泛。比如 ACQUINE 在线图像评分和搜索引擎系统,而该美学评估系统也被嵌入到一款 Nadia 相机中,实现实时为照片的美学价值评分(<http://libaisan.com/tag/acquine/>)。另外不少学者在区分专业照片和业余照片上进行图像美学的相关研究,比如摄影图像的分类^[8,14,27,29]、照片空间重构^[10,38]等。另外,除了在摄影照片上作美学评估与分类,对绘画作品进行美学价值研究,也是一个相当有意义的课题。例如,对绘画作品的美学视觉质量评估^[8],对梵高绘画作品的风格评估^[39]等。图像美学广泛应用于计算机图像处理中,同时也可扩展到更多的与人类生活密切相关的领域,例如设计^[28]、广告^[11]等。图像计算美学具有广阔的发展空间。

从前面的讨论知道,人们对图像的审美标准难以达成统一的定论,图像美学价值分析模型的建立还处于探索阶段,现阶段只能根据实际的应用构造美学特征。在图像的美学研究过程中,人类视觉美学特征的提取、特征空间到美学价值空间的映射、用户的审美估计数据的规范以及更好地综合各领域用户的审美决策是今后研究的重点。另外,使用单一的统计的方法进行训练学习并未能满足实时系统的需求,更常见的做法是多种统计方法交叉验证。SVM、AdaBoost、生物启发计算模型等的结合表现出良好的优势,这也是今后我们学习训练图像美学评估量化模型的重要方法。

目前,图像美学研究的关键问题主要集中在如何提取更能表达人类对图像感知的美学视觉特征;如何建立底层特征空间到高层美学空间的联系。为此,提出以下几个解决思路:

1) 图像显著性区域各方面的特性很大程度影

响了人们的审美决策。在具体研究可计算图像美学时,首先考虑图像的显著性区域,提取图像的显著性区域进行更细致的特征提取与分析,非主体区域则不作过多的特征分析。

2) 图像的内容(题材、风格、主题、意境、格调等)往往会很大程度影响到人的审美判断。所以研究图像的美学价值时,可以先对图像进行主题分类处理,再依照不同的审美标准进行图像评估。这样做可以大大提高对图像美学价值评估的准确率。

3) 美学视觉特征在图像美学价值的研究中起着重要的作用。为了能够提取更有效的更符合人眼视觉感知的美学特征,可以从生物学的角度深入研究人眼与审美判断关联性,并结合相应的美学理论和规则进行处理,尝试提取符合人眼特性的美学视觉特征。

4) 在美学标准中,秩序和复杂性被当成反比关系。而现有图像美学研究中,由于处理速度及实时性的要求,在实际的研究中往往只从图像秩序(图像的视觉特征)入手,或者只是纯粹地研究图像复杂性。虽然我们找不到一个统一的参考标准,但是可以从前人提出的审美标准着手,综合图像秩序和复杂度,选取恰当的特征向量,以获得更优秀的性能。

5) 人们对图像作审美判断,很大程度取决于图像给人的视觉感受。让人觉得舒服的图像往往会获得较高的美学分数。图像美学与图像情感语义存在一定的共性,因此可以借鉴图像情感的相关研究成果^[40-41]。

总体来说,由于涉及计算机图形学、图像处理、色彩学、生理学、神经学、心理学等,图像美学的研究具有一定的难度和挑战性,还处于起步和探索阶段,有很大的发展潜力。希望本文能起到抛砖引玉的作用,引导国内更多学者加入图像美学的研究探索中来。

参考文献 (References)

- [1] Zhu L Y. Aesthetic Dictionary [M]. Shanghai: Shanghai Lexicographical Publishing House, 2010: 1. [朱立元. 美学大辞典 [M]. 上海: 上海辞书出版社, 2010: 1.]
- [2] Hoening F. Defining computational aesthetics [C] // Proceedings of Eurographics Workshop on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging. Switzerland: Eurographics Association, 2005: 13-18.
- [3] Datta R, Joshi D, Li J, et al. Studying aesthetics in photographic images using a computational approach [C] // Proceedings of European Conference on Computer Vision. Heidelberg: Springer Berlin, 2006: 288-301.
- [4] Datta R, Wang J Z. ACQUINE: Aesthetic quality inference engine real-time automatic rating of photo aesthetics [C] // Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia Information Retrieval. New York: Association for Computing Machinery, 2010: 421-424.
- [5] Wu Y, Bauckhage C, Thureau C. The good, the bad, and the ugly: predicting aesthetic image labels [C] // Proceedings of 2010 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2010). Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2010: 1586-1589.
- [6] Wong L K, Low K L. Saliency-enhanced image aesthetics class prediction [C] // Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2009). Piscataway: IEEE Computer Society, 2009: 997-1000.
- [7] Luo Y, Tang X. Photo and video quality evaluation: focusing on the subject [C] // Proceedings of 2008 10th European Conference on Computer Vision (ECCV 2008). Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, 5304: 386-399.
- [8] Li C, Tsuhan C. Aesthetic visual quality assessment of paintings [J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2009, 3(2): 236-252.
- [9] Obrador P, Anguera X, Oliveira R. The role of tags and image aesthetics in social image search [C] // Proceedings of 17th ACM International Conference on Multimedia, Workshop on Social Media (ACM MM). New York: Association for Computing Machinery, 2009: 65-72.
- [10] Subhabrata B, Rahul S, Mubarak S. A framework for photo quality assessment and enhancement based on visual aesthetics [C] // Proceedings of the ACM Multimedia 2010 International Conference. New York: Association for Computing Machinery, 2010: 271-280.
- [11] Phan T. Automated computational aesthetics for pervasive graphical advertisements [C] // Proceedings of the 2009 Workshop on Pervasive Advertising. Nara Japan: pervasiveadvertising.org, 2009.
- [12] Peters G. Aesthetic primitives of images for visualization [C] // Proceedings of Information Visualization 2007. Piscataway NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2007: 316-325.
- [13] Wallraven C, Cunningham D, Rigau J. Aesthetic appraisal of art from eyemovements to computers [C] // International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging. Victoria, Canada: Eurographics Association, 2009: 137-144.
- [14] Cerosaletti, Cathleen D, Loui A. Measuring the perceived aesthetic quality of photographic images [C] // Proceedings of International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX 2009). Piscataway: IEEE Computer Society, 2009: 47-52.
- [15] Sun X S, Yao H X, Ji R R. Photo assessment based on computa-

- tional visual attention model [C]//Proceedings of the 2009 ACM Multimedia Conference. New York: Association for Computing Machinery, 2009;541-544.
- [16] Obrador P, Schmidt L, Oliver N. The role of image composition in image aesthetics [C]//Proceedings of IEEE ICIP 2010. Piscataway: IEEE Computer Society, 2010;3185-3188.
- [17] Jiang W, Alexander C, Loui A. Automatic aesthetic value assessment in photographic images [C]//Proceedings of 2010 IEEE International Conference Multimedia and Expo(ICME). Piscataway: IEEE Computer Society, 2010; 920-925.
- [18] Graham D J, Redies C. Statistical regularities in art: relations to visual coding and perception [J]. Pergamon-Elsevier Science Ltd, 2010,50(16):1503-1509.
- [19] Obrador P, Moroney N. Low level features for image appeal measurement [C]//Proceedings of Image Quality and System Performance(SPIE 2009). Bellingham WA: SPIE, 2009; 7242.
- [20] Birkhoff G D. Aesthetic Measure [M]. Massachusetts Cambridge: Harvard University Press, 1933.
- [21] Machado P, Cardoso A. Computing aesthetics [J]. Lecture Notes in Computer Science. 1998, 1515:105-119.
- [22] Rigau J, Feixas M, Sbert M. Conceptualizing Birkhoff's aesthetic measure using Shannon Entropy and Kolmogorov Complexity [C]//Proceedings of Eurographics Workshop of Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging, Eurographics Association, 2007;105-112.
- [23] Rigau J, Feixas M, Sbert M. Informational aesthetics measures [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2008, 28(2): 24-34.
- [24] Li M, Vitanyi P M B. An introduction to Kolmogorov Complexity and its applications [J]. Graduate Texts in Computer Science, 1997.
- [25] Herbert Z. Sight, Sound, Motion with infotrac; applied media aesthetics [M]. 3rd ed. Wadsworth Publishing,1998. [泽特尔(美)著. 图像声音运动;实用媒体美学[M].3版.赵森森译.北京:中国传媒大学出版社,2003.]
- [26] New York Institute of Photography. The textbook of New York Institute of photography [M]. Beijing: China Photography Press, 2008,4:392-394. [美国纽约摄影学院,美国纽约摄影学院摄影教材[M].北京,中国摄影出版社,2008,4: 392-394.]
- [27] Ke Y, Tang X, Jing F. The design of high-level features for photo quality assessment [C]//Proceedings of 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR 06). Piscataway: IEEE Computer Society 2006, 17(22): 419-426.
- [28] Bauerly M, Liu Y. Computational modeling and experimental investigation of effects of composition elements on interface and design aesthetics [J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2006, 64: 670-682.
- [29] Savakis A, Eitz S, Loui A. Evaluation of image appeal in consumer photography [C]//Proceedings of the International Society for Optical Engineering(SPIE 2000). Bellingham WA: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 2000, 3959: 111-120.
- [30] Lei Y, Poonam S, Mu Q. OSCAR: On-site composition and aesthetics feedback through exemplars for photographers [J]. International Journal of Computer Vision,2012, 96(3):353-383.
- [31] Frank H G, Franke H W. Asthetische Information [M]. Berlin: Academia Libroservo, 1997.
- [32] Li Y, Hu C J. Aesthetic Learning in an Interactive Evolutionary Art System [C]//Proceedings of Applications of Evolutionary Computation. Heidelberg: Springer Verlag, 2010; 301-310.
- [33] Romero J, Machado P, Carballal A. Aesthetic classification and sorting based on image compression [C]//Proceedings of Applications of Evolutionary Computation-EvoApplications 2011. Heidelberg: Springer Verlag, 2011;394-403.
- [34] Richard A P, Robin N S. Image complexity metrics for automatic target recognizers [J]. Automatic Target Recognizer System and Technology Conference, Naval Surface Warfare Center; Silver Spring,1990; 1-17.
- [35] Rigau J, Feixas M, Sbert M. An information-theoretic framework for image complexity [C]//Proceedings of Eurographics Workshop of Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging, Switzerland: Eurographics Association, 2005: 177-184.
- [36] Guo Y B, You X G, Zhang C T, et al. Study of image bit-plane complexity in the information hiding [J]. Chinese Journal of Electronics,2006,34(6): 1048-1052. [郭云彪,尤新刚,张春田,等. 面向信息隐藏的图像复杂度研究 [J]. 电子学报, 2006,34(6): 1048-1052.]
- [37] Zhang Q, Zhao C L, Ming X G. Aesthetic coloring for complex layout using genetic algorithm [C]//Proceedings of the 2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems(GCIS 2009). Piscataway: IEEE Computer Society, 2009,3: 406-410.
- [38] Guo H. Aesthetic photo retouching with an image in painting Algorithm [C]//Proceedings of 2009 2nd International Congress on Image and Signal Processing(CISP 09). Piscataway NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2009; 1-5.
- [39] Rigau J, Feixas M, Sbert M. Toward Auvers period: evolution of Van Gogh's style [J]. Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging, 2010;99-106.
- [40] Wang W N, He Q H. A survey on emotional semantic image retrieval [C]//Proceedings of International Conference on Image Processing(ICIP 2008). Piscataway NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc,2008; 117-120.
- [41] Wang W N, Yu Y L, Jiang S M. Image retrieval by emotional semantics: a study of emotional space and feature extraction [C]//Proceedings of 2006 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics-(SMC2006). New York; Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2006, 4: 3534-3539.