

计算机视觉系统设计 及显著性算法研究

Computer Vision System Design and
Visual Saliency Research

徐海波 著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书以计算机视觉理论为基础，结合作者多年从事计算机视觉领域的研究经验，系统介绍了计算机视觉系统的设计及显著性算法的研究。全书共分5章，第1章介绍计算机视觉系统的组成及设计方法；第2章介绍显著性检测的基本原理及算法；第3章介绍显著性检测的改进算法；第4章介绍显著性检测的应用；第5章介绍显著性检测的总结及展望。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事计算机视觉研究的工程技术人员参考。

计算机视觉系统设计 及显著性算法研究

Computer Vision System Design and
Visual Saliency Research

徐海波 著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书主要针对自然图像中的显著性区域进行高效检测,在一定程度上实现模拟人类视觉的任务。主要内容包括图像处理的发展趋势及基本算法如立体视觉模型等,水下焊接条件下视觉系统的设计要求与设计过程;视觉显著性算法的发展趋势,几类比较核心的视觉显著性算法,如基于分数阶傅里叶变换的显著性检测算法、基于并节点传播的可判别显著性检测框架等。本书适用于自动化、计算机领域有关图像检测、模式识别等方向的研究者及青年学者参考与学习。

图书在版编目(CIP)数据

计算机视觉系统设计及显著性算法研究/徐海波著. —上海:上海交通大学出版社,2019

ISBN 978-7-313-22260-2

I. ①计… II. ①徐… III. ①计算机视觉—系统设计—研究②计算机视觉—算法—研究 IV. ①TP302.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 244495 号

计算机视觉系统设计及显著性算法研究

JISUANJI SHIJUE XITONG SHEJI JI XIANZHU XING SUAN FA YANJIU

著 者:徐海波

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:江苏凤凰数码印务有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

字 数:157千字

版 次:2019年12月第1版

书 号:ISBN 978-7-313-22260-2

定 价:36.00元

地 址:上海市番禺路951号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:9

印 次:2019年12月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:025-83657309

前言



伴随着大数据时代,丰富的信息经场景图像传递,图像对于生物视觉系统比文字传输的信息更饱满,而让计算机如何高效地模拟人类视觉工作原理成为一种全新的挑战,让计算机或机器人具有视觉是人类多年以来的梦想。计算机科学与机器人技术出现以后,人们试图用摄像机获取图像并转换成数字信号,用机器人的大脑——计算机实现对视觉信息的处理,从而逐渐形成一门新兴的学科,即计算机视觉,它包括信息的获取、传输、处理、存储与理解。伴随神经网络在计算机视觉领域的应用,许多智能算法应运而生,本书就是在这样的技术背景下完成的。

本书以自然图像为对象展开论述,自然图像中的背景和显著性区域无法根据先验知识获取,这为显著性检测过程增加了难度,而本书研究目的在于对自然图像中的显著性区域进行高效检测,这对一些基本应用,如遥感定位、目标跟踪和医学影像等有着重要意义。显著性检测算法是视觉检测算法的常用方法,在一定程度上可模拟人类视觉,其主要包括两类:显著性目标检测与眼动预测,前者主要目的在于精确定位显著性目标及相对应的显著性值,后者预测由显著性目标所引发的眼动机制。

针对自然图像的显著性检测问题由来已久。对于视觉显著性检测的概念,目前科研领域尚未给出明确定义,一般认为,基于计算机视觉技术有效地模拟人类视觉系统的工作原理,高效地定位并识别自然图像中的感兴趣区域或目标,这一过程定义为视觉显著性检测(或显著性检测)。

近年,有关显著性检测的新方法层出不穷。从研究思想上可大体分为两类:横向分析思想利用图像中背景与目标的特征进行区分,通过结合边缘、纹理和颜色等有效信息加以区分,从而达到显著性检测的目的;纵向分析思想利用相关图像组之间的深度信息,挖掘联合显著性对象,从而达到显著性检测的任务。研究方法大体可分为以下几类:①基于频域变换的分析方法;②基于图论的分析方法;③基于机器学习的分析方法等。现有的一些模型只能解决背景和目标相对



固定的一些自然图像,而涉及复杂背景下的多目标检测时,由于背景所含信息无法有效描述,或目标信息与背景信息相似度极高,会导致显著性检测失败。本书提出一种基于图的显著性传播算法解决复杂背景下的显著性检测问题。另外,对于 RGB(RGB 指红绿蓝)图像检测而言,现有的联合显著性检测模型并未考虑图像内部所隐藏的深度信息,本书在充分考虑深度信息的基础上,提出一种迭代的算法框架解决联合显著性检测问题。本书还利用深度显著性网络与完整图上种子传播相结合的框架提取联合显著性特征,以像素级精确度解决显著性目标的精确定位及目标边界模糊等问题。

在本书撰写过程中,得到了长江师范学院大数据与智能工程学院的江成顺教授、谢秀军副教授等几位老师的大力支持和宝贵意见。同时,也得到了广东工业大学何小敏副教授、许亮老师,华南理工大学蒋梁中教授对本专著的一些系统实践方面的指点,对此,笔者表示衷心的感谢。

本书是在笔者博士研究生阶段科研基础上,经充实和提高而成,其内容可为图像处理、模式识别、检测技术等专业研究生,以及高年级的本科生提供学习与参考,但由于笔者水平有限,书中疏漏和不妥之处殷切希望广大读者不吝指正。



目 录



第 1 章 绪论	1
1.1 计算机视觉系统的研究背景和存在的问题	2
1.1.1 研究现状.....	4
1.1.2 存在的问题.....	7
1.2 视觉显著性算法的具体应用	8
第 2 章 视觉系统原理及设计	11
2.1 计算机视觉的基本概念.....	11
2.1.1 计算机视觉系统现状	13
2.1.2 计算机视觉的具体应用技术	14
2.2 双目立体视觉研究现状.....	15
2.2.1 国外研究现状	15
2.2.2 国内研究现状	16
2.2.3 双目立体视觉模块	17
2.3 双目立体视觉的数学模型.....	18
2.3.1 针孔成像原理	18
2.3.2 成像过程中的坐标系	20
2.3.3 线性成像模型	21
2.4 摄像机非线性模型.....	25
2.4.1 径向畸变与切向畸变	25
2.4.2 非线性成像过程	26
2.4.3 归一化坐标的引入	27
2.4.4 完整的非线性成像数学模型	28
2.5 双摄像机立体视觉模型.....	29
2.5.1 三维坐标的几何求解	30



2.5.2	理想投影点的归一化坐标	30
2.5.3	几何求距	31
2.6	图像预处理	33
2.6.1	背景估计	34
2.6.2	背景差分与亮度调节	34
2.6.3	直方图修正	35
2.6.4	图像平滑	37
2.6.5	实验结果及分析	42
2.7	摄像机标定	45
2.7.1	摄像机的标定方法	45
2.7.2	双目立体视觉系统的标定	50
2.7.3	立体标定	60
2.8	视觉系统目标与设计	62
2.8.1	视觉系统的硬件平台和软件平台	64
2.9	视觉系统的详细设计	65
2.9.1	图像采集与显示	65
2.9.2	视频采集卡的初始化设置	66
2.9.3	视频采集卡的采集设置	68
2.9.4	双目匹配	70
2.9.5	三维坐标的计算	72
2.9.6	视觉系统软件界面介绍	72
2.10	构造路径	73
2.10.1	可视图的基本原理	73
2.10.2	新地图的产生	74
第3章 基于二维分数阶傅里叶变换的显著性模型描述		77
3.1	尺度空间基本概念	77
3.1.1	空间及尺度空间的建立	77
3.1.2	尺度空间的要求	78
3.1.3	尺度空间的离散形式	79
3.2	显著性检测算子的生成算法	84
3.3	重复模式分离算法	87



3.4 二维分数阶傅里叶变换数学模型	90
3.4.1 离散二维分数阶傅里叶变换	91
3.4.2 二维离散分数阶傅里叶变换的数学模型	92
3.4.3 离散 FrFT 阶数与图像信息熵的关系分析	93
3.5 FrFT 的显著性图生成模型	94
3.5.1 显著性图 SM 模型	94
3.5.2 最优化问题	94
3.6 仿真实验	97
3.6.1 噪声敏感度	97
3.6.2 定量比较	100
3.6.3 对心理学模式的响应	101
3.6.4 预测人眼注意力	103
3.6.5 分类图像下算法性能对比	104
第 4 章 复杂背景下显著性目标的检测	109
4.1 概述	109
4.2 基于显著性传播算法	112
4.2.1 判别式相似性度量	112
4.2.2 分布导向背景	113
4.2.3 并节点的显著性传播	115
4.2.4 显著性特征细化	117
4.3 实验结果	117
4.3.1 参数和评价指标	118
4.3.2 定量结果	118
4.3.3 结果的定性分析	122
4.3.4 算法运行时间对比	123
4.3.5 局限性分析	123
参考文献	125
索引	132
后记	134



绪 论

随着计算机存储、处理能力的不断增强,人们所处理信息越来越多地涉及图像。这种数据资源涵盖众多信息,人类尝试借助于计算机模拟人眼工作原理以提取图像中的重要信息,视觉显著性模型应运而生。目标识别是图像处理与模式识别领域的一个重要研究方向。视觉显著性模型可为模式识别、目标跟踪等研究方向提供理论依据,在安全监控、医疗影像、物体定位等方面有广泛的应用和研究意义。当前,如何使计算机具有人类感知功能成为视觉显著性模型的一个研究热点。二维图像目标识别是计算机视觉领域的研究内容之一,近年,视觉显著性不仅要实现计算机二维图像的目标识别特性,而且将三维信息也考虑在内,如图像深度信息等,这对于解决以局部特征主导的细粒度图像问题具有重要价值与意义。

人类视觉系统作为一种过滤器,可以对吸引和感兴趣的区域或对象进行进一步处理。人类视觉具有眼注功能,即保持视觉聚焦在一个位置。在这种视觉现象的启发下,一些视觉显著性模型着重于预测人类的眼注特性。此外,在计算机视觉应用的环境下,一些视觉显著性模型旨在识别图像或视频中的显著性区域,主要概括显著性目标检测的最新进展。计算机视觉显著性模型应用领域包括图像或录影检索、图像重定向、图像压缩、图像增强、录影编码、前景注释、质量评估、缩略图创建、动作识别和视频摘要等。过去 10 年人们见证了图像显著性检测的迅速进展,并根据一些先验或技术,提出大量的方法,如背景先验、紧致先验、稀疏编码、随机游动和深度学习等。这些面向 RGB 图像的可视化显著性模型取得优异性能,特别是基于深度学习的方法在性能上产生质的飞跃。随着采集技术的发展,人们可以得到更全面的信息,如 RGBD(基于深度线索的红绿蓝彩色图像)数据的深度线索、图像组间的图像约束以及视频数据的时间关系。

事实上,人类视觉系统不仅可以感知物体的外观,而且还会受到场景中深度信息的影响。随着成像器件的发展,人们可以简单方便地获得深度图,为 RGBD

显著性检测奠定基础。深度图为复杂背景下的前景提取提供更好的形状描述和其他有利的属性。一般情况下,深度信息的获取可以使用两种方式:直接作为附加特征与作为深度测量。

1.1 计算机视觉系统的研究背景和存在的问题

计算机视觉显著性模型模拟人类视觉系统对场景的感知,并在许多视觉任务中得以应用。随着采集技术的发展,人们利用更全面的信息,如深度线索、图像间关联度或时间关系,可将图像显著性检测扩展到 RGBD 显著性检测,联合显著性检测,或视频显著性检测。RGBD 显著性检测模型的重点是结合深度信息提取 RGBD 图像的显著性区域。联合显著性检测模型引入图像间对应的约束,发现图像群中共同的显著性对象。视频显著性检测模型目标是在视频序列中定位运动相关的显著性对象并结合运动线索和时空约束。以下简略介绍两类可视化显著性检测模型的研究背景。

1) 图像显著性检测

图像显著性检测的目的是在视觉先验和技术的基础上从单个图像中发现显著性的对象。经过 10 年的发展,图像显著性检测取得长足进步,算法层出不穷,性能得到提升。下面简要回顾两个主要模型的经典方法:自下而上模型和自上而下模型。

自下而上模型是由刺激驱动的,它的重点是探索低水平视觉特征。根据人类视觉工作原理提出一些描述显著性图像的先验属性,如对比先验、背景先验和致紧先验。皮质细胞可以优先响应高对比度刺激,这意味着高对比度区域将引起观察者更多关注。Cheng 等提出一种基于全局对比度的方法获取显著性目标。摄影师通常将重要的目标放在图像中心而非边界,因此,周围边界区域可视显著性计算的背景,称为背景先验,而这种定义在某些情况下存在片面性。Zhu 等提出一种鲁棒边界连通性定义,确定一个区域的背景概率,然后采用集成多个低级线索的优化框架实现显著性检测。在图像空间中,显著性区域倾向于拥有较小的空间方差,背景由于分布在整个图像上而具有较高的空间方差,这种分布特征称为致紧先验。Zhou 等结合致紧先验与局部对比方案获取显著性对象。同时,显著性信息还可以通过扩散框架在图上传播。

此外,大多数研究者引入一些传统的技术来实现图像显著性检测,如频域分析、稀疏表示、元胞自动机、随机游动、低秩恢复和贝叶斯理论。在稀疏表示框架下,背景可以重建一个区域。Li 等使用重构误差的方式对图像区域进行度量,



可将显著性区域对应于一个较大的误差。随机游动是随机序列路径的数学形式化,在显著性检测中得以应用。Li 等考虑图像细节和基于区域的估计,制订正则化随机游动排序以获取显著性图。对于低秩恢复模型,特征矩阵可分解为与图像背景相对应的低秩矩阵,以及表示显著性对象的稀疏矩阵。Peng 等提出一种新的结构化矩阵分解方法,以两种结构正则化的高级先验为导向,实现显著性检测并获得较好性能。为进一步提高现有显著性检测方法的性能,Lei 等通过贝叶斯决策和迭代优化方案提出一种显著性目标检测的通用框架。

自上而下的模型由任务激励,其需要对标签进行监督学习从而实现高性能。深度学习技术为显著性检测任务提供重要手段。例如,He 等通过一个超像素的卷积神经网络学习显著性检测的分层对比特性,在这种情况下,将不同尺度的颜色唯一性序列和颜色分布序列嵌入网络。Li 等提出一个端到端的高对比网络的显著性检测模型,利用多尺度全卷积流捕获视觉对比度的显著性,利用空间池化模拟沿对象边界的显著性不连续现象。Liu 等从全局角度整合卷积神经网络(CNN)和一个分层的 CNN(HRCNN),提出一个深度显著性网络。CNN 生成一个粗略的全局显著性图,HRCNN 通过考虑局部上下文信息来恢复图像细节。Hou 等在嵌套边缘检测器(HED)体系结构中引入短连接到跳层结构实现图像显著性检测,该检测结合低层和高层的多尺度特征,此方法已成功地移植到手机产品中。Zhang 等利用编码器全卷积网(FCN)和相应的解码 FCN 来检测显著性对象,引入 reformulated dropout(R-dropout)构造不确定的内部特征单元集合,并为减少反褶积算子的棋盘暗影设计混合采样法。

2) RGBD 显著性检测

深度图采集的简化使得 RGBD 显著性检测的研究成为可能。与图像显著性检测不同,RGBD 显著性检测模型采用颜色信息和深度信息线索来识别显著性对象。深度信息作为显著性检测的一个有用线索,通常采用两种方法:直接特征和设计作为深度度量。基于深度特征的方法着重将深度信息作为颜色特征的补充。基于深度测量的方法旨在通过设计深度测量来捕获深度图(如形状和结构)的综合属性。

为实现 RGBD 显著性检测,可将深度特征直接嵌入特征池中作为颜色信息的补充。Fang 等从 RGBD 图像中提取颜色、亮度、纹理和深度特征,以计算特征对比度图,然后利用融合和增强方案生成最终的 3D 显著性图。Song 等提出将深度信息作为一种区域特征,用于低对比度的显著性计算,也可作为显著性评价的加权项。最后,设计多尺度判别显著性融合模型,对多个显著性图进行融合,得到最终的显著性结果。

此外,考虑到所观察到的显著性区域明显不同于在深度图中的局部或全局背景,为此深度对比度可视为一个共同的深度属性。Niu 等计算全局深度对比度来获取立体显著性图。Peng 等通过一个多语境对比模型计算深度显著性,同时考虑对比先验、全局差异性和背景线索的深度图。最近,深度学习也成功地应用于 RGBD 显著性检测任务中。Qu 等设计 CNN 模型,自动学习低层线索和显著性结果之间的交互作用。

为充分利用深度图中的有效信息,如形状和结构,研究者设计了不同的深度测量方法。Ju 等提出一个各向异性中心-环绕差分(ACSD)测量与 3D 空间先验计算深度感知显著性图。Guo 等将 ACSD 测度与彩色显著性图相结合,提出一种迭代传播方法来优化初始显著性图并生成最终结果。由于背景通常包含深度图中高度可变的区域,所以某些高对比度背景区域可能导致误报,为此,Feng 等提出一个局部背景集(LBE)概念直接捕获显著性结构。根据摄影领域知识,显著性对象总是处于不同的深度水平,占据着较小区域。通过可增加显著性对象与干扰物之间的深度对比,Sheng 等提出深度对比度提高显著性对象的输出值,最后,定义一个优化函数来生成最终的显著性图。Wang 等通过最小屏障距离(MBD)变换和基于显著性融合的多层细胞自动机,提出 RGBD 图像的多级显著性目标检测框架,通过 FastMBD 方法生成深度激励的显著性图,并利用深度偏置和 3D 空间先验在多个阶段融合不同的显著性图。

1.1.1 研究现状

近年来,随着数据量的爆炸性增长,研究人员考虑处理多个相关图像。联合显著性检测作为一种新兴的、具有挑战性的模型,越来越受到研究者关注,其目的在于检测包含多个相关图像的图像组中共同的显著性区域,而背景完全未知。一般情况下,联合显著性对象应满足三属性:①对象应在每个单独的图像中显著性呈现;②对象应在图像组的所有图像中重复;③对象在多个图像中的外观应相似。显著性检测方法可以按深度线索分为两类:RGB 显著性检测和 RGBD 显著性检测。

图 1-1 总结了四种不同视觉显著性检测模型之间的关系,其中图像显著性检测模型是其他三模型的基础。通过深度线索,RGBD 显著性图可从图像显著性检测模型中获得。引入图像间关联信息,可将图像显著性检测模型转化为联合显著性检测方法。视频显著性检测可通过组合帧间对应和运动线索,或者通过集成运动线索,从图像显著性检测模型中获得。在实践中,为获得优越的性能,有必要设计一个专门的算法来实现显著性检测或视频显著性检测,而非直接移植图像显著性检测算法。

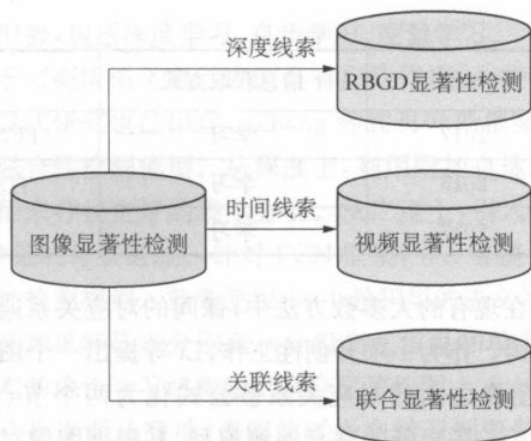


图 1-1 显著性检测模型关系

所涉及的研究现状如下。

(1) RGB 联合显著性检测 如前所述,像间关联信息在联合显著性检测中起着重要作用。在此回顾一些基于不同关联信息的 RGB 显著性检测模型,即基于匹配的方法、基于聚类的方法、基于排序分析的方法、基于传播的方法和基于学习的方法,RGB 联合显著性检测模型的举例介绍如表 1-1 所示。

表 1-1 RGB 联合显著性检测模型的举例介绍

模型	年份	信息获取方式	关键技术
CSP	2011	相似性匹配	均一化 SimRank
SA	2013	相似性匹配	超像素图匹配
CSM	2013	相似性匹配	相似性排序及匹配
RFPR	2014	相似性匹配	区域间差异性
HSCS	2014	相似性匹配	全局相似性度量
SCS	2015	相似性匹配	排序方案
CCS	2013	聚类	多线索聚类
SAW	2014	排序分析	约束性条件排序
LRMF	2015	排序分析	多尺度低秩融合
CSP	2016	传播	二级传播
CFR	2017	传播	颜色空间增强
LDW	2015	学习	深度学习

(续表)

模型	年份	信息获取方式	关键技术
GCS	2017	学习	FCN 框架,点对点
SPMI	2015	学习	自步多例程学习
UML	2017	学习	度量学习

相似性匹配 在现有的大多数方法中,像间的对应关系通过模拟基本单元间的相似性匹配而得。作为一项开创性工作,Li 等提出一个图像对的联合显著性检测模型,其中图像之间的对应关系被公式化为两个节点之间的相似性。Tan 等提出一种基于关联矩阵的联合检测模型,其根据图像对之间的超像素级双向图匹配对联合显著性进行评价。Li 等结合像内显著性图实现联合显著性检测,其中像间对应关系采用金字塔特征与最小生成树图像匹配的对偶相似性排序来测量。Liu 等提出一种基于分层的联合显著性检测模型,将像间关系作为每个区域的全局相似性来判定。Li 等提出一种显著性导向的显著性检测方法,第一阶段通过有效的流形排列恢复单显著性图中丢失的联合显著性部分,第二阶段通过一个具有不同查询的排序方案获取对应关系。

聚类 聚类是建立图像间联合响应的有效方法,将联合显著性区域分配给同一类别。在此基础上,Fu 提出一种无重学习的基于聚类的联合显著性检测算法。以聚类为基本单位,通过整合对比度、空间和相应的线索,设计一种跨图像聚类模型表示多个图像关系。

排序分析 理想情况下,联合显著性对象的特征表示应该具有相似性,因此,特征矩阵的秩相对较低。Cao 等提出一种基于秩约束的联合显著性检测融合框架,对多图像有效,对单图像显著性检测也有较好的效果。融合过程的自适应权值由低秩能量决定。Huang 等提出一种多尺度低秩显著性融合方法,用于单图像显著性检测,利用高斯混合模型(GMM),通过联合显著性先验原则生成联合显著性图。

传播方案 传播是在多个图像中捕捉像间的关系。Ge 等提出一种基于两段传播的显著性检测方法,其中显著性传播阶段用于覆盖公共属性,生成成对的前景线索图,像内传播阶段旨在进一步抑制背景,细化显著性传播图。通过对联合显著性对象在丰富的色彩特征空间中出现相似颜色分布的观测,Huang 等提出一种显著性残差的显著性检测方法。该方法将八色特征与四指数形成一个丰富的色彩特征空间,得到显著性指示图。

学习模式 近年来,基于学习的 RGB 显著性检测方法越来越受到重视,并



取得很好的发展形势,包括深度学习、自步学习、度量学习。

深度学习在学习高级语义表示方面具有广泛作用,一些基于深度学习的联合显著性检测启发式研究也已出现。Zhang 等在贝叶斯框架下,从深度和广度的角度提出一种联合性检测模型。从深度上,利用附加自适应层的卷积神经网络提取的高层特征来寻找更好的表示方法。从广度上,引入一些视觉上相似邻域,有效地抑制常见的背景区域。针对 FCN 框架,Wei 等提出一种基于端到端分组的深层联合性检测模型。首先使用 13 个卷积层的语义块来获取特征表示,然后捕获分组特征和单特征来分别表示分组交互信息和单个图像信息,最后利用卷积反褶积模型的协作学习结构输出联合显著性图。

自步学习理论是逐渐从简单/真实的样本中学习 to 更复杂/更易混淆的样本。Zhang 等提出一种新的联合显著性检测框架,即将 MIL 机制整合到自步学习(SPL)范式中。

度量学习的工作是学习一种距离度量,以使同类样本变得更接近,而不同类别的样本尽可能地变得疏远。Han 等在联合显著性检测中通过一个新的目标函数生成共同学习判别特征描述符和联合显著性目标检测器。该方法具有处理广泛性的能力,在图像领域取得优异性能。

(2) RGBD 联合显著性检测 深度信息在 RGBD 显著性检测中的优越性得到验证。结合深度线索和图像间的对应关系,可实现一个新的显著性检测课题,即 RGBD 联合显著性检测。存在两个常用的数据集,即 RGBDCoseg183 数据集和 RGBDCosal150 数据集。由于受数据源的限制,本节仅提出几种方法。

Song 等提出一种基于 Bagging 聚类的 RGBD 联合检测方法,通过特征包和区域分析挖掘图像间的对应关系。此外,还提取三个深度线索,包括平均深度值、深度范围和深度图上的方向梯度直方图(HOG),以表示每个区域的深度属性。Fu 等将 RGBD 联合显著性图引入到一个基于对象的带互斥约束的 RGBD 联合分割模型。Cong 等提出一种基于多约束特征匹配和交叉标签的传播的 RGBD 图像联合显著性检测方法。通过两种匹配尺度刻画图像内部的关系,即:基于多约束的超像素级相似性匹配和基于混合特征的图像级相似性模型。最后,设计跨标签传播方案,以交叉的方式细化像内显著性图和像间显著性图,并生成最终的联合显著性图。

1.1.2 存在的问题

与图像显著性检测相比,联合显著性检测仍是一个新兴的课题,其中像间的对应关系是表征共同属性的关键。精确图像能有效地消除非常见的显著性干

扰,提高精确度。相反,不准确的图像间对应如同噪声会降低性能。基于匹配和传播的方法通常能较准确地捕捉图像间的相互关系,但非常耗时。此外,多幅图像之间的建模是一个值得思考的问题,当然,如何利用深度属性来增强联合显著性对象的量化指标也有待进一步研究。具体总结为如下几个方面:

(1) 如何利用精确有效的深度线索表示辅助显著性检测。在大多数方法中,深度信息或作为补充颜色特征的附加特征,或作为进一步表示深度属性(如形状)的度量。一般来说,基于深度测量的方法可获得更好的性能。然而,如何有效地利用深度信息来增强显著性目标的识别能力还没有达成共识。

(2) 如何探索多幅图像的像间对应关系,以约束显著性对象的共性。将像间的对应关系表述为聚类过程、匹配过程、传播过程或学习过程。然而,这些方法对噪声敏感或耗时。因此,准确地捕捉像间的对应关系是一个亟待解决的问题。此外,设计一个高效的实时系统也是值得研究的。

(3) 如何通过学习框架实现小样本下显著性检测(RGBD/视频)。受标记RGBD和视频数据的限制,深度学习(RGBD/视频)显著性检测的优势尚未完全实现。目前,研究人员已做了一些有效的尝试,如数据增强和综合。此外,还可以尝试设计一个网络,以实现小样本的高精确度检测。

1.2 视觉显著性算法的具体应用

在计算机视觉及图像处理中显著性目标检测具有广泛应用,如图像/视频压缩、图像自动裁剪、目标识别、图像分割、行人检测、图像质量评价等。

1) 显著性检测在图像压缩方面的应用

压缩的目的在于剔除图像中的冗余信息,包括背景和干扰信号等,同时保留对象信息即关键信息,可理解为采用尽可能少的数据传输尽量清晰的图像。视频压缩原理也与图像类似,可看作是多帧图像的一个联合处理过程。首先,利用显著性检测模型提取图像中感兴趣目标或者区域,其次对该区域进行高分辨率或者高质量的编码,而其他非显著性区域或者对象进行低质量编码,以此来达到压缩图像存储大小的目的。具体可参考以下两个实例。

客户服务器(C/S)方面的应用:首先服务器传输一幅低质量或者低分辨率的图像到客户端,然后客户根据此图像的特征选出自己感兴趣的目标对象返回给服务器,最后服务器再根据显著性对象重构一幅高质量图像。图像压缩在进行远程医疗方面有广泛应用,客户端无须下载全幅高分辨率图像而重点关注感兴趣的关键目标区域。



人脸识别：人类视觉系统在观看视频演讲或者个人相册时通常关注图像或视频中的人脸部分，对图像中人脸部分进行高分辨率编码而其他部分弱化可大幅度压缩图像存储空间以保证一定的视觉效果。

2) 显著性检测在图像缩放方面的应用

随着显示设备的快速发展，目标图像和显示设备之间的匹配及图像大小调整问题受到极大关注。如一幅图像可能需要同时在电脑显示器与手机桌面上显示，但不同设备显示比例变化时设备和缩放图像的匹配成为一个比较亟待解决的问题。缩放图像问题近几年的研究比较普遍。最直接的图像缩放方法如固定窗口剪裁和均匀采样等，而这些方法无法取得比较满意的效果，如果缩放比例不一致将导致图形扭曲变形，则固定窗口剪裁会损失很多图像的重要信息。这类直接的方法不能很好地保留图像内容。研究表明，利用图像的显著性部分提出基于显著性的缩放方法，使得对图像进行缩放操作时可保护图像内部的显著性区域从而得到效果良好的缩放图像。

3) 显著性检测在图像分割中的应用

图像分割作为图像处理的一个研究方向，为后续处理提供依据。无监督的图像分割体现于自动地将图像中的内容与背景合理区分。基于显著性目标检测的图像分割可以看作是一种无监督的图像分割方法，以此输出感兴趣的目标或者区域。针对某幅固定图像，首先根据显著性检测的相关模型检测出人们感兴趣的部分，然后结合图像分割方法对感兴趣区域进行分离，如图 1-2 所示。

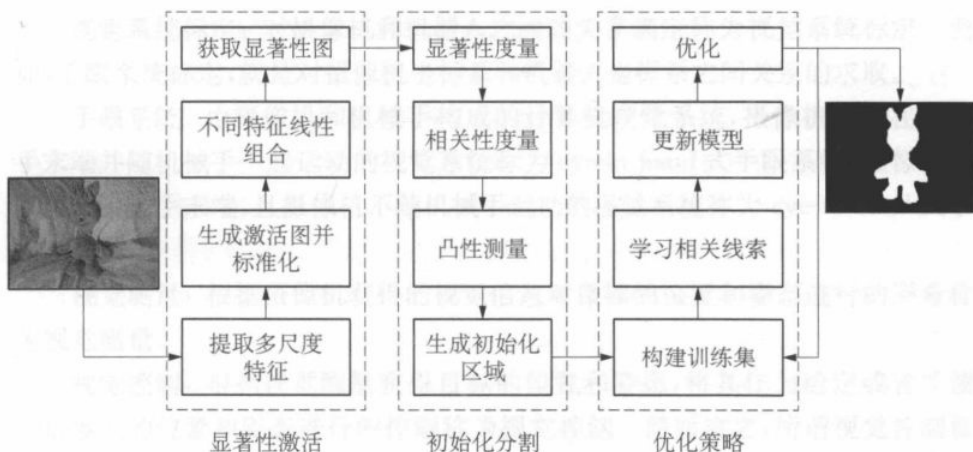


图 1-2 显著性模型在图像分割中的应用