

图像纹理特征分析及提取方法

雷雨果^{1,2}, 梁楠^{1,2}, 刘春梅^{1,2}

(1.河南省科学院应用物理研究所有限公司, 河南 郑州 450008;
2.河南省物联网感知技术与系统重点实验室, 河南 郑州 450008)
✉710952005@qq.com; 149016898@qq.com; 49072544@qq.com



摘要: 将计算机机器视觉、图像处理及图像分析技术紧密结合起来并用于图像纹理特征的分析, 通过总结已有的研究成果, 研究分析图像在区域化、边缘化、数学变换化等不同算法思想下提取的纹理特征, 并总结提出了一种计算成本趋向实时处理的图像纹理特征处理方案。该方案研究了更为精细的纹理分类、纹理分割、纹理拼接和纹理配准等算法, 并可实现图像纹理特征提取的准确性和良好的扩展性, 实现后续分类、分割、拼接和配准等基本应用的及时性、准确性和高效性。

关键词: 图像纹理特征分析; 计算机机器视觉; 图像处理

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A

Image Texture Feature Analysis and Extraction Method

LEI Yuguo^{1,2}, LIANG Nan^{1,2}, LIU Chunmei^{1,2}

(1. Institute of Applied Physics, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450008, China;
2. Henan Province Internet of Things Perception Technology and Systems Key Laboratory, Zhengzhou 450008, China)
✉710952005@qq.com; 149016898@qq.com; 49072544@qq.com

Abstract: This paper proposes to closely combine computer machine vision, image processing and image analysis technologies, which is used for analyzing image texture features. By summarizing the existing research results, image texture features, which are extracted by different algorithm ideas such as regionalization, marginalization and mathematical transformation, are studied and analyzed. An image texture feature processing scheme whose computational cost tends to be processed in real time is proposed. More refined algorithms of texture classification, texture segmentation, texture splicing and texture registration are studied in this scheme, which can achieve the accuracy and good scalability of image texture feature extraction. This scheme also achieve timeliness, accuracy and efficiency of subsequent essential applications, such as classification, segmentation, splicing and registration, etc..

Keywords: analysis of image texture features; computer machine vision; image processing

1 引言(Introduction)

近年来, 图像纹理特征分析得到了越来越多研究人员的关注, 并且在许多领域得到应用, 如图像纹理分类、图像纹理分割、图像纹理检索和图像纹理匹配, 具体到人脸识别、自然图像拼接、自然图像合成、道路检测、图像目标搜索匹配和医学影像分析等, 并使许多行业受益, 包括工业、农业、教育、医学、交通、航空、娱乐、环境等^[1]。同时, 新的图像纹理技术的出现又会使一些应用得到完善和不断推广,

另外还会开拓出更多、更新的应用领域。

本文从图像纹理分类、图像纹理分割、图像纹理合成、图像纹理检索、图像纹理拼接配准五个方面进行图像纹理特征分析关键技术研究, 并提出了一种图像纹理特征处理方案。

2 图像纹理分类(Image texture classification)

应用图像纹理特征分类可以有效地区分不同纹理特征信息的目标, 其差异化的定量可以通过有效的计算分析方法来获取。目前, 统计分析法、结构分析法、模型法以及基于数

学变换的分析法是常用的纹理分析方法。基本的统计分析法中包括灰度共生矩阵(GLCM)和局部二元模式(LBP)^[2], 灰度共生矩阵反映了图像灰度关于方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息; 而局部二元模式计算简单, 纹理信息反映较准确。基本的结构分析法^[3]是建立在纹理基元(基本的纹理元素)理论基础上的一种纹理特征分析方法。基本的模型法以图像的构造模型为基础, 采用模型的参数作为纹理特征, 典型的方法是随机场模型法^[4], 如马尔可夫(Markov)随机场(MRF)模型法。基本的数学变换常采用傅里叶变换、Gabor变换和小波变换等。

图1(a)为一幅 5×5 像素大小的四级灰度水平的GLCM特征向量描述图, 其中 d 为间距, θ 为方向, 灰度共生矩阵特征参数选取依据分析GLCM计算问题中得到的几个不相关且分辨力最好的特征: 对比度、熵、相关性。图1(b)为局部二元模式中点的不同个数和半径的LBP_{PR}的描述。

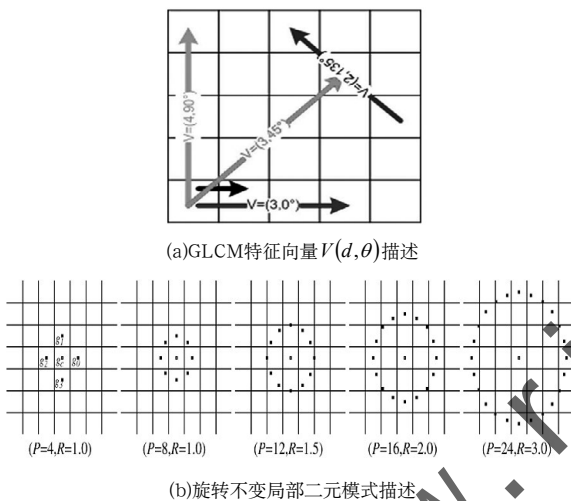


图1 纹理统计特征

Fig.1 Texture statistical feature

3 图像纹理分割(Image texture segmentation)

纹理分割是计算机视觉与图像处理的一个基础研究课题, 其要求同质纹理区内区域一致性好, 无误分; 另一方面, 要求不同纹理区域间的边界保持良好, 无误判。共有四种纹理特征的统计法, 包括粗糙度、对比度、方向性和梯度四种特征, 其采用形态学的一些方法消除目标孔洞和平滑边界, 并保留更完整的信息, 然后从背景中分割出感兴趣的陶瓷目标。离散Gabor小波变换是一种很好的分析信息特质能量分布的工具, 采用Gabor滤波器的纹理分析是一种空间-频率域联合分析的方法, 通过Gabor滤波器提取纹理特征的前期要设置合适的尺度和方向参数, 使得提取的纹理特征具有最佳纹理信息表征能力。由于纹理图像具有微观不规则但宏观存在某种统计规律性的特点, 因此人们越来越关注纹理图像的多尺度特征^[5], 从不同的尺度层次来捕捉纹理的微观和宏观特性。

灰度共生矩阵^[6]是从图像中提取纹理特征的一种方法, 主要以条件概率提取纹理的特征, 获取像素级灰度纹理在空间

上的相互关系。而马尔可夫随机场是从另一途径的空间依存关系来进行有效处理的, 通过高斯马尔可夫随机场计算像素之间的空间依赖关系, 建立纹理图像的强度场模型, 然后对二维纹理图像建模表示一维隐马尔可夫自回归模型的行列, 在Brodatz纹理库中的Mosaic 1#图像的分割实验中达到了预期的正确识别率, 如图2所示。

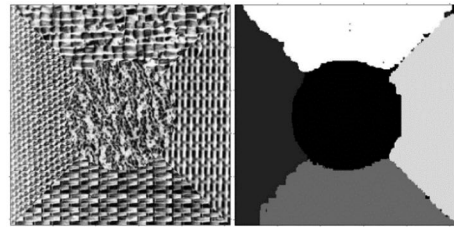


图2 Brodatz纹理库Mosaic 1#图像的分割效果

Fig.2 Partition effectiveness of Mosaic 1# image in Brodatz texture library

图像纹理特征提取既可以在空域中进行, 又可以在变换域中进行。在变换域中是对变换系数值进行某种操作以提取特征, 如傅里叶变换、Gabor变换和小波变换等, 不仅鲁棒性强, 而且能很好地反映纹理信息。利用小波变换获取图像的纹理特征也得到了广泛的应用及良好的效果^[7]。

4 图像纹理合成(Image texture synthesis)

二维纹理^[8]的合成在近几年不断地得到了发展, 由于还缺乏统一的参数化方法, 纹理合成还不够成熟, 在研究方法上, 一般分为基于像素点的合成方法和基于像素块的合成方法。基于像素点的合成在计算新点的颜色时, 根据该点周围已经合成出来的邻居点, 在种子纹理中寻找拥有和该点最大相似的邻居点的像素点, 然后用种子纹理中的对应点的颜色赋给该像素点。基于像素块的合成首先根据人眼的视觉特性, 然后根据优选工具从样本纹理中抽取不规则块, 最后将其合成到目标纹理中。研究人员整理出随机相位信号和渐近离散点信号模型的随机相位纹理合成方法, 并对给定的任意尺寸样本合成纹理图像, 如图3所示。

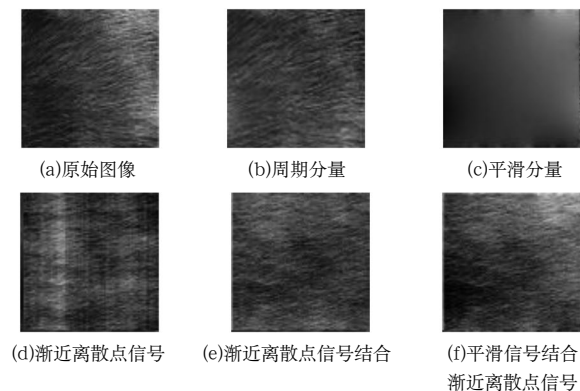


图3 原始图像周期分量演示过程

Fig.3 The demonstration process of the original image periodic component

5 图像纹理检索(Image texture retrieval)

在医学领域, 神经性疾病和老龄化人口的增加使得脑部

MRI图像纹理的特征分析研究受到极大的重视,提出了两种互补特征的图像分析方法,即局部二元模式(LBP)和Kanade-Lucas-Tomasi特征(KLT),通过自动提取DLBP(Dominant LBP)特征在MRI图像纹理分析上取得了较好的效果^[9],如图4所示。

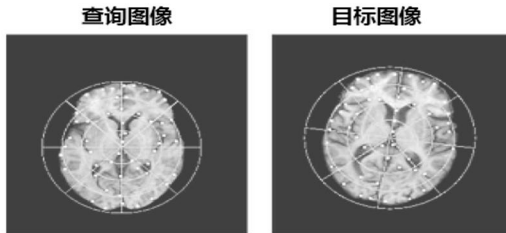


图4 从查询图像和目标图像中提取特征点的空间分布

Fig.4 The spatial distribution of feature points extracted from query image and target image

然而,由于在病理影像数据资料中存在非常相似的物质,这给图像的纹理检索研究带来了很大的困难,同时,这一固有难题在没有找到很好的解决办法之前也给后面的研究者提供了空间。纹理特征分类在临床病理学中的皮肤外伤和皮下组织损伤方面也有广泛的应用。

在道路交通领域,道路作为地理数据库中的重要元素之一,广泛应用于区域规划、汽车导航、交通管理等方面,因此,自动快速地提取精确的道路信息是该领域的研究热点。道路的检测配准常用的方法有基于形态学的方法和基于多光谱融合信息的方法等,通过两个主要步骤实现图像中道路的检测,首先对主干道的没影点进行估计,然后就检测估计到的没影点道路进行有效分割。其主要利用Gabor滤波计算出图像的纹理特征方向,并用于估算局部道路区域,而道路边界的检测用到了有约束没影点边界检测技术^[10],该方案在大量的道路图像检测试验中有良好的检测效果。

6 图像纹理拼接配准(Image texture splicing registration)

近年来,动态场景纹理的视频序列配准^[11]吸引了许多研究者的注意。动态场景包括但不限于一些非刚性目标,如烟花、风中飞舞的旗帜等,由于这些动态场景的复杂多变使得这一工作极具挑战性。张卫国等提出了一种动态纹理的视频影像配准方法^[12],它不要求摄像机是同步的,也不是基于逐帧的或是逐列的配准,而是将视频看作线性动态系统的输出,并将视频的配准任务变换到相关的动态模型参数配准。由于这些参数不能唯一定义,因此并不能直接将这些参数与视频影像配准相对照,还要变换成标准形式才可行。

7 图像纹理特征处理方案及结果(Image texture feature processing scheme and results)

本文提出的研究方案是在熟悉图像处理、图像分析、机器视觉和模式识别的基本理论、基本方法的基础上,研究目标图像纹理特征的提取算法,具体方案如图5所示。

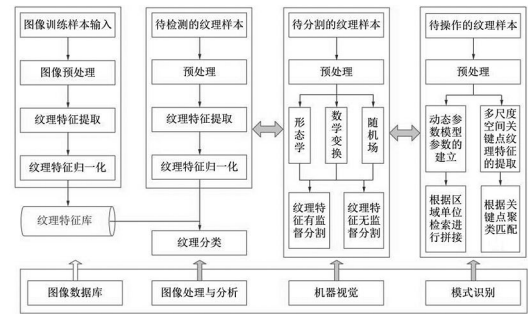


图5 图像纹理特征处理方案

Fig.5 Image texture feature processing scheme

具体实施步骤如下:

(1)图像纹理分类。研究的首要任务就是要从图像中找到能够有效表征图像纹理特征的方法,这是后续纹理分类处理的基础。提取图像纹理特征因目标对象(人脸、织物、道路、核磁共振影像等)不同,可以通过采用与之对应的单一方法或是融合的方法来进行。一般来说,融合的方法效果会更好一些,但单一的方法时效性更好,可根据具体的问题来展开。由于背景环境和图像本身的局部周期性或非周期性等诸多可变复杂因素的干扰,会给图像的有效纹理特征提取带来新的挑战。另外,纹理分类也应考虑前期特征提取的方案而采用合适的分类规则(二分类或多分类识别算法),在传统的分类方法基础上研究新颖的分类模式。

(2)图像纹理分割。在上一阶段得到的图像纹理特征可以直接用作图像纹理分割的特征,这只是一包含关系,但并不限于上一阶段的工作。这一阶段还可以继续研究某一局部所需的纹理特征(往往只是要找出某个具体的目标,如人脸、道路等),也会涉及全局的多模式的纹理特征分割(如街道、居民区、学校等)。在图像的纹理分割过程中,需要研究有监督和无监督两种不同场合的图像纹理分割途径。

(3)图像纹理拼接和配准。这一阶段是在前面两个阶段的工作理论基础之上进行的,在掌握图像的纹理特征提取、纹理分类和分割理论之后,能够将感兴趣区域的目标纹理检索(给定样本中检索出与目标纹理相似的子样本集)出来,其与纹理分类有一定的相似性,但又有本质的区别。纹理的拼接和配准与纹理的有效特征提取和分析性能密切相关,在前期的基础之上,研究数学变换和自适应分类相结合的纹理检索方法,研究半自动的或全自动的结合了相位特征和线特征的纹理配准方法。

在理论分析基础上,本文利用图像处理、图像分析、机器视觉和模式识别的基本理论,从基础的图像建库、图像纹理特征提取的效果和适用性、图像分类分割、图像拼接配准等方面逐一深入地通过不同的测试环境验证研究的成果,最后应用算法解决问题的实际应用。该方案缩短了图像纹理特征处理的时间,使得研究结果更加及时、准确,提高了研究效率。

8 结论(Conclusion)

本文对图像纹理分析技术进行了研究与总结,并介绍

了一种整体解决方案。该方案研究了更为鲁棒精细的纹理分类、纹理分割、纹理拼接和纹理配准等算法,并可实现图像纹理特征提取的准确性和良好的扩展性,实现后续分类、分割、拼接和配准等基本应用的实时性、高效性。

经过以上的研究探讨,在一定的基础上对图像纹理分析技术的一些关键问题做出如下展望:研究出一种能够最佳合理地表示各种不同纹理对象的纹理特征参数化模型,根据对象的不同,该纹理特征参数化模型是可调的,有较好的泛化能力,计算复杂度能降低到可实时操作,同时该纹理特征参数化模型应具有较好的稳定性,不会同化也不会异化;研究如何提高不同应用领域纹理分类、分割的性能,找出不同应用领域纹理分类、分割的存在关系和可能存在的制约因素,促使图像纹理分类和分割的能力进一步增强;图像的拼接和配准有很大的相似性,需要找到有效的相位特征和线特征,细微的误差都会导致效果不好或失败,因此,前期的特征提取是关键,后期的有效匹配算法也尤为重要,这些都要注意。

参考文献(References)

- [1] 刘丽,赵凌君,郭承玉.图像纹理分类方法研究进展和展望[J].自动化学报,2018,44(04):584-607.
- [2] 朱叶,申铨京,陈海鹏.基于彩色LBP的隐蔽性复制-粘贴篡改盲鉴别算法[J].自动化学报,2017,43(03):390-397.
- [3] 刘光宇,黄懿,曹禹.基于灰度共生矩阵的图像纹理特征提取研究[J].科技风,2021,12(03):61-64.
- [4] 孟月波,刘光辉,徐胜军.一种具有边缘保持的多尺度马尔可夫随机场模型图像分割方法[J].西安交通大学学

报,2019,53(03):56-65.

- [5] 郭恒光,朱默,赵亮.基于多尺度方向分解的纹理特征提取方法研究[J].计算技术与自动化,2021,40(04):102-107.
- [6] LIU L Y, FAN X J. The design of system to texture feature analysis based on gray level co-occurrence matrix[J]. Applied Mechanics and Materials, 2015, 3759(727):904-907.
- [7] 时庆涛,朱兴宇,于超.多光谱图像纹理特征数据挖掘方法仿真[J].计算机仿真,2020,37(02):247-250.
- [8] 吴俊.基于计算机视觉的彩色图像二维纹理识别方法[J].黑龙江工业学院学报,2020,20(1):31-36.
- [9] 舒明军,樊晓明,徐世道.不同级别脑胶质瘤患者MRI图像纹理特征分析[J].河南医学研究,2021,30(9):1679-1681.
- [10] 郭航宇,景晓军,尚勇.基于小波变换和数学形态法的车牌定位方法研究[J].计算机技术与发展,2010,20(5):13-16.
- [11] 张琳娜,陈建强,吴妍.基于双匹配配准算法的多重复纹理图像拼接[J].数据采集与处理,2021,36(02):334-345.
- [12] 张卫国,李景妹.改进的基于纹理特征的图像配准算法[J].计算机工程与应用,2016,52(06):214-218.

作者简介:

雷雨果(1994-),女,本科,工程师.研究领域:电子信息.本文通信作者.
梁楠(1981-),男,博士,副研究员.研究领域:控制科学与工程.
刘春梅(1983-),女,本科,实验师.研究领域:计算机科学与电子技术研究.

(上接第14页)

参考文献(References)

- [1] 苏丽娜.高压输电线路接地故障定位技术的研究[D].长春:长春工业大学,2012.
- [2] 刘振亚.基于行波的输电线路故障测距方法研究[D].徐州:中国矿业大学,2019.
- [3] 束洪春.行波暂态量分析与故障测距[M].北京:科学出版社,2016:18-69.
- [4] EVRENOSOGU C Y, ABUR A. Travelling wave based fault location for teed circuits[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2005, 20(2):1115-1121.
- [5] 田梦楚.基于行波理论的110kv线路距离保护研究[D].南京:南京理工大学,2012.
- [6] 傅国庆.暂态行波信息融合的输电线路故障定位方法研究[D].徐州:中国矿业大学,2016.
- [7] 覃剑,葛维春,邱金辉,等.输电线路单端行波测距法和双端行波测距法的对比[J].电力系统自动化,2006(06):92-95.

- [8] 汪敏.小波变换在输电线路行波故障测距中的应用[D].北京:华北电力大学,2014.
- [9] 爱玉,卢正通,贾文官.基于小波模极大值理论的架空输电线路故障测距研究[J].电工电气,2018(10):49-53.
- [10] 徐高,瞿峰,周强.基于小波分析法的行波故障测距方法研究[J].电工电气,2021(02):49-52,73.

作者简介:

李立江(1977-),男,本科,中级工程师.研究领域:电网监测.
林海(1998-),男,硕士生.研究领域:输电线路故障诊断.
王佳(1998-),女,硕士生.研究领域:六自由度机械臂轨迹跟踪控制.
陈换过(1977-),女,博士,教授.研究领域:故障预测,机械零部件可靠性.
胡旭晓(1965-),男,博士,教授.研究领域:图像处理,机器人轨迹跟踪控制.