



JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2013
08
VOL.18

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



北魏



隋



初唐

数字文化遗产研究 P968

综述

尺度不变特征变换算子综述

刘立, 詹茵茵, 罗扬, 刘朝晖, 彭复员 885

图像处理和编码

改进的H.264帧间模式选择算法

任克强, 张旭光, 罗会兰 893

均质雾天下摄像机动态标定的车速估计

宋洪军, 陈阳舟, 郜园园 901

基于人脸五官特征的空域差错掩盖算法

张江鑫, 谢晋, 邝万坤 913

采用圆谐-傅里叶矩的图像区域复制粘贴篡改检测

秦娟, 李峰, 向凌云, 殷蓓蓓 919

图像分析和识别

基于视频感知哈希的视频篡改检测与多粒度定位

朱映映, 文振焜, 杜以华, 邓良太 924

视觉注意模型的道路监控视频关键帧提取

刘云鹏, 张三元, 王仁芳, 张引 933

格拉斯曼流形上的半监督判别分析

姜伟, 陆瑶, 杨炳儒 944

精神疲劳实时监测中多面部特征时序分类模型

陈云华, 张灵, 丁伍洋, 严明玉 953

图像分类中的概率乘积核函数

杨赛, 赵春霞 961

轮廓整体结构约束的壁画图像相似性度量

唐大伟, 鲁东明, 杨冰, 许端清 968

应用色彩空间聚类方法实现道路建模

向宸薇, 王拓, 于舰 976

图像理解和计算机视觉

杂乱背景和摄像机移动下的时空兴趣点检测

刘长红, 陈勇, 王明文 982

形状和颜色混合不变量在图像检索中的应用

公明, 曹伟国, 李华 990

计算机图形学

结合统计分类和边缘特征的最优视图提取

潘翔, 陈敖, 章国栋 1004

医学图像处理

局部熵驱动下的脑MR图像分割与偏移场恢复耦合模型

张建伟, 杨红, 陈允杰, 方林, 詹天明 1011

改进的模糊聚类实质肺结节3维分割

李翠芳, 聂生东, 王远军, 孙希文, 郑斌 1019

遥感图像处理

高光谱海岸带区域分割的活动轮廓模型

王相海, 金弋博 1031

改进的基于非局部均值的极化SAR相干斑抑制

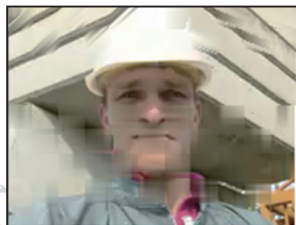
赵忠民, 赵拥军, 牛朝阳 1038

小波变换和稀疏表示相结合的遥感图像融合

刘婷, 程建 1045

《中国图象图形学报》论文摘要写作要求

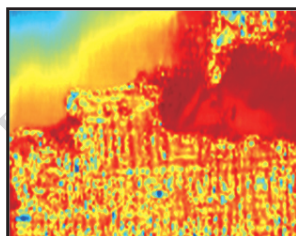
1054



基于人脸五官特征的空域差错掩盖算法 (第913页)



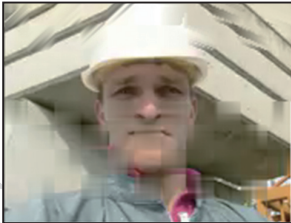
应用色彩空间聚类方法实现道路建模 (第976页)



改进的基于非局部均值的极化SAR相干斑抑制 (第1038页)

CONTENTS

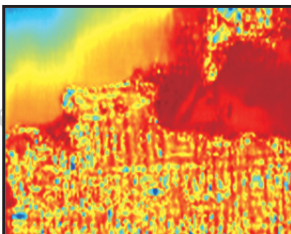
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Spatial error concealment algorithm based on the facial features (P913)



Road modeling using color spatial clustering (P976)



Improved polarimetric SAR speckle filter based on non-local means (P1038)

Review

Summarization of the scale invariant feature transform

Liu Li , Zhan Yinyin, Luo Yang, Liu Chaohui, Peng Fuyuan 885

Image Processing and Coding

Improved inter frame mode selection algorithm for H.264

Ren Keqiang, Zhang Xuguang, Luo Huilan 893

Vehicle velocity estimation based on camera calibration under homogenous fog

Song Hongjun, Chen Yangzhou, Gao Yuanyuan 901

Spatial error concealment algorithm based on the facial features

Zhang Jiangxin, Xie Jin, Kuang Wankun 913

Detection of image region copy-move forgery using radial harmonic Fourier moments

Qin Juan, Li Feng, Xiang Lingyun, Yin Changming 919

Image Analysis and Recognition

Video forgery detection and multi-granularity location based on video perceptual hashing

Zhu Yingying, Wen Zhenkun, Du Yihua, Deng Liangtai 924

Key frame extraction based on the visual attention model for lane surveillance video

Liu Yunpeng, Zhang Sanyuan, Wang Renfang, Zhang Yin 933

Semi-supervised discriminant analysis on Grassmannian manifold

Jiang Wei, Lu Yao, Yang Bingru 944

Time-series classification model based on multiple facial feature for real-time mental fatigue monitoring

Chen Yunhua, Zhang Ling, Ding Wuyang, Yan Mingyu 953

Probability product kernels in image classification

Yang Sai, Zhao Chunxia 961

Similarity metrics between mural images with constraints of the overall structure of contours

Tang Dawei, Lu Dongming, Yang Bing, Xu Duanqing 968

Road modeling using color spatial clustering

Xiang Chenwei, Wang Tuo, Yu Jian 976

Image Understanding and Computer Vision

Spatio-temporal interest point detection in cluttered backgrounds with camera movements

Liu Changhong, Chen Yong, Wang Mingwen 982

Application of combined shape and color invariants to image retrieval

Gong Ming, Cao Weiguo, Li Hua 990

Computer Graphics

Best view selection based on statistical classification and edge features

Pan Xiang, Chen Ao, Zhang Guodong 1004

Medical Image Processing

Brain MR image segmentation and bias correction model based on local entropy

Zhang Jianwei, Yang Hong, Chen Yunjie, Fang Ling, Zhan Tianming 1011

Segmentation of sub-solid pulmonary nodules based on improved fuzzy

C-means clustering

Li Cuifang, Nie Shengdong, Wang Yuanjun, Sun Xiwen, Zheng Bin 1019

Remote Sensing Image Processing

The active contour model for segmentation of coastal hyperspectral remote sensing image

Wang Xianghai, Yin Yibo 1031

Improved polarimetric SAR speckle filter based on non-local means

Zhao Zhongmin, Zhao Yongjun, Niu Chaoyang 1038

Remote sensing image fusion with wavelet transform and sparse representation

Liu Ting, Cheng Jian 1045

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)08-0919-05

论文引用格式: 秦娟,李峰,向凌云,殷苌茗. 采用圆谐-傅里叶矩的图像区域复制粘贴篡改检测[J]. 中国图象图形学报,2013,18(8):919-923. [DOI:10.11843/jig.20130805]

采用圆谐-傅里叶矩的图像区域 复制粘贴篡改检测

秦娟, 李峰, 向凌云, 殷苌茗

长沙理工大学计算机与通信工程学院, 长沙 410114

摘要: 现有检测方法大多对图像区域复制粘贴篡改的后处理操作鲁棒性不高。针对这种篡改技术, 提出一种新的基于圆谐-傅里叶矩的区域篡改检测算法。首先将图像分为重叠的小块; 然后提取每个图像块的圆谐-傅里叶矩作为特征向量并对其进行排序; 最后根据阈值确定相似块, 利用位移矢量阈值去除错误相似块以定位篡改区域。实验结果表明, 该算法能有效抵抗噪声、高斯模糊、旋转等图像后处理操作, 且与基于 HU 矩的方法相比有更好的检测结果。

关键词: 图像取证; 区域复制粘贴; 篡改检测; 圆谐-傅里叶矩

Detection of image region copy-move forgery using radial harmonic Fourier moments

Qin Juan, Li Feng, Xiang Lingyun, Yin Changming

Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, China

Abstract: Most existing forgery detection algorithms have the weak robustness to post-processing operations of the copy-move forgery regions. For the detection of image regions forged by copy-move, we propose a detection algorithm based on radial harmonic Fourier moments in this paper. First, the detected image is divided into multiple overlapping blocks with the same size. Second, radial harmonic Fourier moments of each block are extracted as a feature vector and all extracted vectors are sorted. Last, the similar blocks are determined by a pre-established threshold, the error similar blocks are eliminated by using a threshold of the displacement vector, and the tampered region is located. Experimental results show that the proposed algorithm deals well with various post-processing operations of image region copy-move forgery, including noise addition, blurring, rotation, translation and so on. In addition, our algorithm has a better detection rate than that of HU moment-based method.

Key words: image forensics; region copy-move tampering; forgery detection; radial harmonic Fourier moments

0 引言

数字成像技术的日趋成熟使得图像篡改变得轻

而易举, 且篡改之外难以用人眼分辨。篡改的图像可能被作为证据用于学术领域、新闻报道或法庭等场合, 这必然会对社会造成极大的负面影响。因此, 检验数字图像的真实性和完整性具有深刻的现实意

收稿日期: 2012-10-10; 修回日期: 2013-01-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(60973113, 61202439)

第一作者简介: 秦娟(1988—), 女, 长沙理工大学通信与信息系统专业在读硕士研究生, 主要研究方向为图像处理与模式识别。E-mail:

qinjuanrora@126.com

义。数字图像取证分为主动取证和被动取证两种。主动取证需要事先在图像中嵌入数字签名或水印等信息,而被动取证仅根据待认证图像本身判断其是否经过篡改处理,具有更强的应用性,已成为目前数字取证研究的主要方向。

数字图像篡改手段多种多样,其中复制粘贴就是一种简单有效的篡改方法。区域复制粘贴是在同幅图像中进行,篡改者一般会在复制粘贴操作之后进行加噪、模糊、JPEG 压缩以及几何形变等后处理操作以达到掩盖篡改的痕迹。近年来,研究者提出了一系列的复制粘贴篡改的检测算法:文献[1]提取了图像块的颜色和亮度特征以检测图像篡改;文献[2]提出了基于傅里叶-梅林变换的图像复制粘贴检测算法;文献[3]提出了采用 SIFT 算法检测复制篡改的方法。但是它们有一定的缺陷:文献[1]虽然对一些图像后处理操作具有较好的鲁棒性,但其不能抵抗旋转操作且只能检测一处的复制粘贴篡改;文献[2]则不能抵抗篡改区域的大角度旋转操作;文献[3]基于像素点对图像进行检测,虽然能有效抵抗篡改区域旋转、缩放等几何操作,但不能准确界定出具体的篡改区域。

通过分析篡改图像块经过各种图像后处理操作(如噪声、高斯模糊、旋转等)的特征变化,提取图像块的圆谐-傅里叶矩得到鲁棒的特征向量,对所有图像块的特征向量进行排序,缩小相似块匹配的搜索范围,最后利用判别阈值定位出篡改区域。

1 区域复制粘贴篡改检测算法

图像区域复制粘贴就是复制图像部分区域并将其粘贴到同幅图像中不重叠的其他区域以达到掩盖目标的目的^[4]。提出的篡改检测算法基于图像块匹配,首先将图像划分为有重叠区域的图像块;然后在极坐标域中提取每个图像块的圆谐-傅里叶矩特征,并对提取的特征向量进行排序来降低图像块匹配的搜索空间;最后根据相似度阈值并结合位移矢量阈值确定相似块对,并通过数学形态学滤波消除错误块获得最终更精确的相似块对。

1.1 图像分块

用 $b \times b$ 像素大小的滑动窗口,对待检测图像每次滑动一个像素点进行扫描,将 $M \times N$ 像素的灰度图像 I 分成 $N_w = (M - b + 1) \times (N - b + 1)$ 个子图像块。若待检测图像为彩色图像,则先将其转化为灰

度图像。

1.2 圆谐-傅里叶矩特征提取

圆谐-傅里叶矩^[5-6]的具体思想为:在极坐标系中,由径向的三角圆谐函数 $\{\sin((n+1)\pi r), \cos(n\pi r)\}$ 和角向复指数函数 $\exp(jm\theta)$ 组合而成的函数系,是正交、完备函数系。以这种函数系作为各级分量对图像进行正交分解,可以计算图像的各阶图像矩。在极坐标系 (r, θ) 中,定义函数系 $P_{nm}(r, \theta)$,其包括径向函数 $T_n(r, \theta)$ 和角向函数 $\exp(jm\theta)$ 两个部分,即

$$P_{nm}(r, \theta) = T_n(r, \theta) \exp(jm\theta) \quad (1)$$

式中

$$T_n(r) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{r}} & n=0 \\ \frac{2}{\sqrt{r}} \sin((n+1)\pi r) & n \text{ 为奇数} \\ \frac{2}{\sqrt{r}} \cos(n\pi r) & n \text{ 为偶数} \end{cases} \quad (2)$$

函数系 $P_{nm}(r, \theta)$ 在单位圆内 $(0 \leq r \leq 1, 0 \leq \theta \leq 2\pi)$ 是正交的,即

$$\int_0^{2\pi} \int_0^1 P_{nm}(r, \theta) P_{kl}^*(r, \theta) r dr d\theta = c \times \delta_{nmkl} \quad (3)$$

式中, $*$ 表示共轭, δ_{nmkl} 是 Kronecker 符号, c 为常数。

极坐标系中图像函数 $f(r, \theta)$ 可以按照函数系 $P_{nm}(r, \theta)$ 做正交分解,即

$$f(r, \theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \Phi_{nm} T_n(r) \exp(jm\theta) \quad (4)$$

式中, Φ_{nm} 为图像函数 $f(r, \theta)$ 的圆谐-傅里叶矩,即

$$\Phi_{nm} = \int_0^{2\pi} \int_0^1 f(r, \theta) T_n(r) \exp(-jm\theta) r dr d\theta \quad (5)$$

圆谐-傅里叶矩具有旋转不变性,假设原图像 $f(r, \theta)$ 旋转了 α 角度,则旋转后的圆谐-傅里叶矩将变为 $\Phi'_{nm} = \Phi_{nm} e^{jm\alpha}$, 而 $\|\Phi'_{nm}\| = \sqrt{\Phi'_{nm} (\Phi'_{nm})^*} = \|\Phi_{nm}\|$, 由此看出,图像旋转 α 度,圆谐-傅里叶矩 Φ_{nm} 的模值 $\|\Phi_{nm}\|$ 是不变的,其旋转不变性得证^[7]。

圆谐-傅里叶矩所有的 $T_n(r)$ 在区间 $(0, 1)$ 内都有 n 个零点,而且零点在此区间的分布几乎是均匀的,第 1 个零点达到或非常接近原点。所以圆谐-傅里叶矩对小图像的描述能力较强。因此,可以提取每个图像块的圆谐-傅里叶矩,由于低阶的圆谐-傅里叶矩包含图像的主要信息,对 mn 赋值选取 7 个低阶圆谐-傅里叶矩的模 $\|\Phi_{00}\|$ 、 $\|\Phi_{01}\|$ 、 $\|\Phi_{10}\|$ 、

$\|\Phi_{11}\|$ 、 $\|\Phi_{12}\|$ 、 $\|\Phi_{20}\|$ 、 $\|\Phi_{23}\|$ 作为表征图像块特性的特征向量。

1.3 相似块的确定

将图像块的特征向量作为行元素存入 $N_w \times N_m$ 矩阵 A (N_m 代表所取的每个行向量元素个数,即提取的特征维数)。对矩阵 A 的行元素进行字典排序,如果图像中存在区域复制粘贴篡改,则被篡改与被复制部分对应图像块的特征向量是相邻排列的。定义矩阵 A 中相邻两行向量的相似度为

$$SIM = \sum_{i=1}^w |v_i - v_j| \quad (6)$$

将待测图像的相似度平均值作为相似度阈值 SIM_{th} , 计算相邻两行对应的图像块左上角的坐标值的位移矢量值

$$\Delta = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (7)$$

若图像分块大小为 $b \times b$, 两个图像块恰好不重合的最小位移矢量为 b , 考虑到图像中同一区域内的图像块的纹理特性等具有高相似性将造成较高虚警概率, 所以位移矢量阈值 $\Delta_{th} = \lambda \times b$, λ 是系数, λ 根据图像库中图像复杂性来确定。

对于相似度高且其位移矢量大于阈值的块的位置进行标识。如果表示块是孤立的, 则可能是误判, 即对图像进行腐蚀和膨胀等数学形态学操作^[8], 消除被误判为篡改区域的小块。

2 实验结果及分析

采用彩色图像作为检测对象, 需要将其转换为灰度图像, 并利用 Photoshop 对图像进行篡改操作。在实验中, 收集了 100 幅大小为 300×300 的原始图像, 生成了 2 100 幅篡改图像, 组成了整个实验图像库。对于该图像库进行实验, 图像分块大小为 8×8 , 位移阈值取 $\Delta_{th} = 64$, 相似度的阈值取 $SIM_{th} = 0.002$ 。参数的选取跟所使用的图像库中所有图像有关。若大量改变图像库中的图像文件, 这些参数可能会发生改变。实验运行环境是 Matlab2010。

实验测试的主要内容有: 1) 多处复制粘贴篡改操作; 2) 在进行复制粘贴篡改时, 对图像区域进行旋转及翻转操作; 3) 对图像库图像进行加噪、模糊及混合处理操作, 计算检测率与错误率。

2.1 多处复制粘贴篡改检测示例

利用 Photoshop 对图 1(a) 进行多处复制并粘贴

在附近区域, 篡改图像如图 1(b) 所示。在没有任何后处理操作的情况下, 利用本文算法得到的实验结果如图 1(c)。从图 1(c) 可以看出本文算法能准确检测出同幅图像中的多处复制粘贴区域。

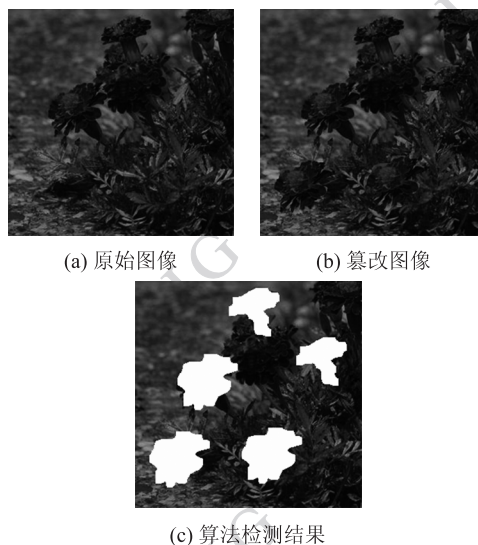


图1 无后处理操作时多处复制粘贴篡改检测结果

Fig. 1 Detection of multiple regions copy-move forgery with no post-processing manipulation

2.2 对篡改区域旋转及翻转操作后的检测

在实际图像篡改过程中, 为了达到某些篡改要求, 篡改者经常对篡改区域进行旋转、翻转等几何形变, 如图 2(b)~(d) 所示, 复制区域分别进行了 90° 旋转、 180° 旋转和水平翻转操作。利用本文算法所得检测结果如图 2(e)~(g) 所示。实验结果表明, 本文算法对复制区域旋转及翻转等后处理操作有良好的检测效果。

2.3 对噪声、高斯模糊及混合操作的鲁棒性检测

为了有效说明算法对噪声及模糊等操作的鲁棒性, 定义检测率 r 、错误率 ω 分别为

$$r = \frac{|P_1 \cap D_1| + |P_2 \cap D_2|}{|P_1| + |P_2|} \quad (8)$$

$$\omega = \frac{|P_1 \cup D_1| + |P_2 \cup D_2|}{|P_1| + |P_2|} - r \quad (9)$$

式中, P_2 为被复制的区域, P_1 为被篡改的区域, D_2 、 D_1 为由算法检测和定位的篡改区域^[9]。

随机选取 100 幅大小为 300×300 的图像进行测试, 对每幅图像随机选取一个方块进行复制, 并将它粘贴到同幅图像不相交的区域, 然后对这些篡改后的图像添加椒盐噪声、进行高斯模糊以及噪声与模糊的混合操作。测试过程中选取的方块大小分别

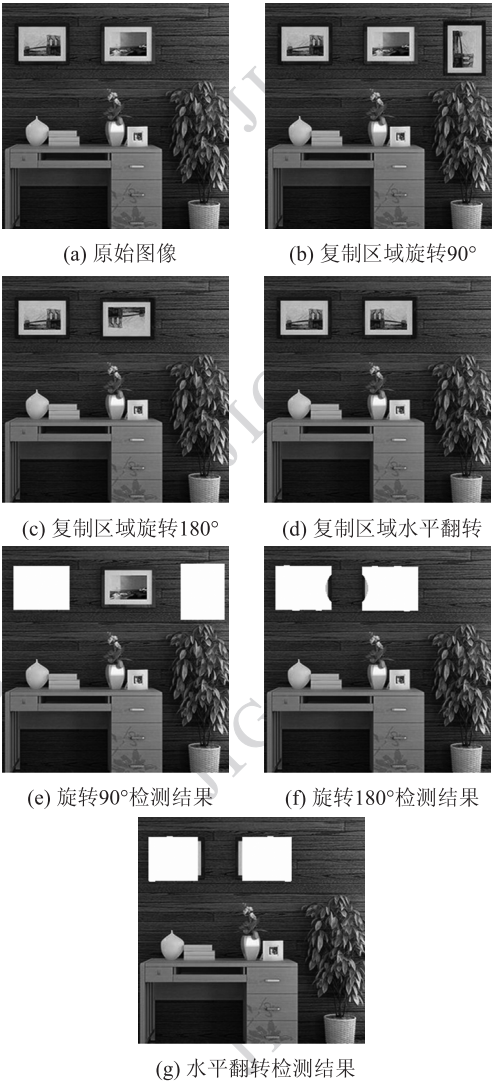


图2 篡改区域经过旋转及翻转后检测结果图
Fig. 2 Detection of regions forgery with rotation and flip manipulation

为图像的 1.0% (30×30)、2.778% (50×50)、5.444% (70×70)。最后统计它们在未加后处理操作以及在不同后处理操作下的检测率和错误率的均值。表1 为无后处理操作以及经过高斯模糊操作后的检测结果。

图3、图4 分别为 100 幅篡改图像经过不同强度噪声干扰下的检测率均值和错误率均值。由图3、图4 可得,在不同强度椒盐噪声的处理下该算法都有较高的检测率,且图像篡改区域越大错误率越低。

表2 为基于圆谐-傅里叶矩方法和文献[10]中基于 HU 矩方法在对图像进行噪声与高斯模糊混合处理操作下的检测结果对比。

表1 不同后处理操作下的检测结果

Table 1 Detections with different post-processing manipulation			
	篡改区域	检测率	错误率
无后处理	30×30	0.999 7	0.094 6
	50×50	0.999 8	0.077 3
	70×70	0.999 9	0.048 6
高斯模糊	30×30	0.950 7	0.133 3
	50×50	0.967 9	0.092 6
	70×70	0.978 8	0.066 5

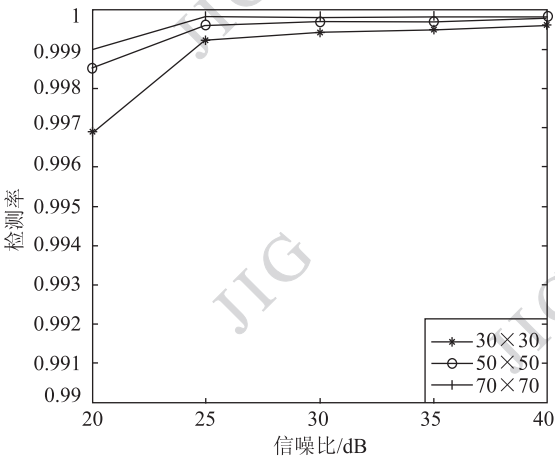


图3 椒盐噪声下的检测率
Fig. 3 Detections rate under salt-pepper noise

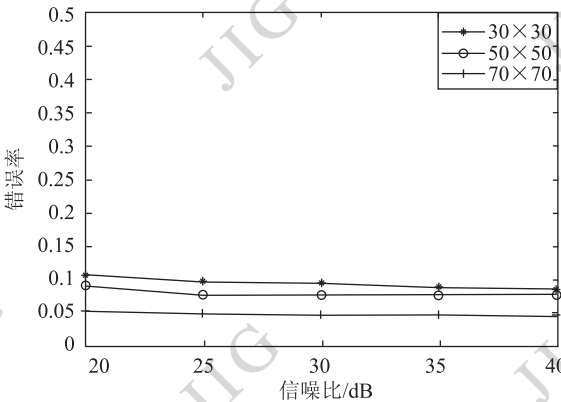


图4 椒盐噪声下的错误率
Fig. 4 Error rates under salt-pepper noise

与文献[10]中的基于 HU 矩方法相比,由于圆谐-傅里叶矩对小图像的描述能力更强,所以在篡改区域较小的情况下,提取图像的圆谐-傅里叶矩作为特征向量进行篡改检测的检测率有很大的提高。表2 对比结果表明,本文算法比基于 HU 矩的方法有更好的检测结果。

表2 混合后处理操作下检测结果对比
Table 2 Comparison for detection with mixed post-processing manipulation

篡改区域	HU矩 ^[10]		圆谐-傅里叶矩	
	检测率	错误率	检测率	错误率
30×30	0.854 5	0.243 5	0.949 5	0.203 3
50×50	0.910 3	0.140 7	0.968 2	0.105 9
70×70	0.935 9	0.097 5	0.978 6	0.067 7

3 结 论

图像区域复制粘贴是一种常见的局部篡改技术,通过分析图像的圆谐-傅里叶矩特性,提取图像块的鲁棒特征向量,对特征向量进行字典排序后,根据图像块的相似度阈值并结合位移偏移量实现对篡改区域的检测与定位。

本文算法能同时检测多处复制篡改以及复制区域多次粘贴篡改,并能抵抗篡改区域的旋转、翻转等几何形变。并且由实验结果可知,圆谐-傅里叶矩对小图像描述能力较强使得算法在篡改区域较小时也能正确检测出篡改区域,在加噪、模糊及混合后处理操作时仍有理想的检测结果。当然本文算法也存在需要改进的地方,该算法在图像篡改区域经过缩放操作后并没有明显的检测效果,这将是以后工作的重点。

参考文献 (References)

- [1] Luo W Q, Huang J W, Qiu G P. Robust detection of region-duplication forgery in digital image [J]. Chinese Journal of Computers, 2007, 30(11): 1998-2007. [骆伟祺, 黄继武, 邱国平. 鲁棒的区域复制图像篡改检测技术[J]. 计算机学报, 2007, 30(11): 1998-2007.] [DOI: 10.3321/j.issn: 0254-4164.2007.11.013]
- [2] Bayram S, Sencar H T, Memon N. An efficient and robust method for detecting copy-move forgery [C]//Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Washington DC, USA: IEEE Computer Society, 2009: 1053-1056. [DOI:10.1109/ICASSP.2009.4959768]
- [3] Huang H L, Guo W Q, Zhang Y. Detection of copy-move forgery in digital image using SIFT algorithm [C]//Proceedings of the Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application. Washington DC, USA: IEEE Computer Society, 2008:272-276. [DOI:10.1109/PACIIA.2008.240]
- [4] Zhou L N, Wang D M. Digital Image Forensics [M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press. 2008: 69-70. [周琳娜, 王东明. 数字图像取证技术[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2008: 69-70.]
- [5] Ren H P, Ping Z L, Bo W, et al. Multidistortion invariant image recognition with the radial harmonic Fourier moments [J]. Journal of the Optical Society of America A-optics Image Science and Vision, 2003, 20(4):631-637. [DOI: 10.1364/JOSAA. 20.000631]
- [6] Hu H T, Qiao L. Radical harmonic Fourier moments [C]//Proceedings of International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. Washington DC, USA: IEEE Computer Society, 2011:468-471. [DOI:10.1109/ICICTA. 2011.130]
- [7] Yin G R. Digital watermarking algorithm to geometric attacks based on radial harmonic fourier moments [D]. Inner Mongolia: Inner Mongolia Normal University, 2009. [银国瑞. 基于圆谐-傅里叶矩的抗几何攻击数字水印算法[D]. 内蒙古: 内蒙古师范大学, 2009.]
- [8] Yao M. Digital Image Processing [M]. Beijing: China Machine Press. 2006: 284-287. [姚敏. 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 284-287.]
- [9] Wang J W, Liu G J, Zhang Z, et al. Fast and robust forensics for image region-duplication forgery [J]. Acta Automatica Sinica, 2009, 35(12):1488-1495. [王俊文, 刘光杰, 张湛, 等. 图像区域复制篡改快速鲁棒取证[J]. 自动化学报, 2009, 35(12):1488-1495.] [DOI: 10.3724/SP. J. 1004. 2009.01488]
- [10] Wang R, Fang Y. Blind detection of copy-move forgery in digital image based on moment invariants [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(10):1938-1941. [王睿, 方勇. 基于不变矩的 Copy-Move 型篡改图像盲检测方法[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(10):1938-1941.]