

图文信息技术

基于 SURF 的 NSCT 域抗几何攻击水印算法

陈青, 姚绍华, 陈祥

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: **目的** 针对常规图像水印算法抗几何攻击能力差的问题, 提出一种基于 SURF 特征点和 Schur 分解的图像水印算法。**方法** 将置乱后的水印嵌入到图像 NSCT 变换后进行 Schur 分解得到的上三角矩阵中, 然后运用加速鲁棒性特征 (Speed-Up Robust Features) 算法提取图像低频子带中稳定的特征点和特征点描述符, 利用特征点匹配对估计、校正含水印图像的几何攻击参数; 利用 RANSAC 算法对特征点匹配对进行筛选, 删除误匹配对, 提高匹配精度, 完成失真图像的几何校正。**结果** 实验数据表明文中算法对几何攻击和常规信号攻击均有较好的鲁棒性, NC 值平均达到 0.9 以上。**结论** 文中的图像水印算法对几何攻击和常规信号攻击均具有较好的鲁棒性和不可见性, 且提高了匹配精度。

关键词: SURF; Schur 分解; 非下采样; Contourlet 变换; 几何攻击

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)01-0162-06

NSCT-domain Watermarking Algorithm Robust to Geometric Attacks Based on SURF

CHEN Qing, YAO Shao-hua, CHEN Xiang

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: The work aims to propose an image watermarking algorithm based on SURF feature point and Schur decomposition with respect to the poor ability of the normal image watermarking algorithm against geometric attack. Firstly, the scrambled watermark was embedded into the upper triangular matrix obtained by the Schur decomposition after NSCT transform. Then, the stable feature point and feature point descriptor in the low-frequency sub-band of the image were extracted with the algorithm of Speed-Up Robust Features. The feature point matching pair was used to evaluate and correct the geometric attack parameter containing watermarked images. Secondly, the feature point matching pairs were screened with RANSAC algorithm to remove false matching pairs and improve the matching accuracy. The geometric correction of distorted images was completed. Experimental data indicated that the proposed algorithm had better robustness against the geometric attack and normal signal processing attack, and the average NC values were all above 0.9. The proposed image watermarking algorithm not only has better robustness against the geometric attacks and normal signal processing attacks with better invisibility, but also improves the matching accuracy.

KEY WORDS: SURF; Schur decomposition; NSCT; Contourlet transform; geometric attack

随着互联网和通讯技术的飞速发展, 海量数字产品资源被广泛传播, 数字作品的产权保护、内容认证和数据安全问题日趋严重^[1]。数字水印技术作为当前能够有效地保护多媒体产品版权和数据安全的手段之一得到了极大发展。目前市场上图像水印算法大都对抵抗常规的信号攻击有着很好的鲁棒性, 但对旋

转、缩放、平移、剪切等几何攻击的鲁棒效果不太理想, 这是由于含水印图像遭受几何攻击后, 载体图像和水印之间的同步性受到破坏, 虽然载体图像仍包含水印信息, 但是水印信息在载体图像中的嵌入位置发生了变化, 导致水印信息难以提取。为了有效提高图像水印算法抗几何攻击的能力, 基于图像特征点的第

收稿日期: 2016-09-02

基金项目: 国家 863 计划基金 (2012AA050206); 上海自然科学基金 (12ZR1420800); 上海理工大学国家级项目培育基金 (16HJPY-MS06)

作者简介: 陈青 (1962—), 女, 博士, 上海理工大学副教授、硕导, 主要研究方向为信号处理。

2 代图像水印技术得到广泛的关注^[2]。

基于图像特征点来确定图像的几何变换参数，从而实现图像校准和水印同步的算法得到广泛的应用。Wang Xiang-yang 等^[3]运用 Harris 算法对载体图像进行特征点检测，但检测出来的特征点数目过多，且对噪声、尺度变化的稳定性不太理想。陈青和翁旭峰等^[4]运用 Harris 算法提取载体图像特征点，并构建局部特征区域，通过量化调制伪 Zernike 矩幅值的方法将水印信息嵌入到局部特征区域中，虽然该算法具有较好的抗几何攻击能力，但是该算法复杂度比较高且实时性较差。朱丹等^[5]运用 SIFT 算法提取载体图像的特征点，估计受攻击的载体图像的仿射参数并进行校正，提取出的水印虽具有较好的鲁棒性，但是 SIFT 算法计算量大，运行效率低。针对以上问题，文中提出一种基于 SURF 的 NSCT 域的图像水印算法，利用时间复杂度较低的 Schur 分解算法将水印嵌入到图像 NSCT 变换得到低频子带中。

1 相关理论

1.1 SURF 算法

SIFT 算法是一种经典的局部特征检测算法，通过求一幅图中的特征点及其有关尺度和方向的描述子得到特征并进行图像特征点匹配，获得了良好效果^[6]。算法较稳定，检测到的特征点也比较多，但其最大缺陷是计算复杂度较高。加速鲁棒性特征算法 (SURF) 是一种新的对 SIFT 算子改进的图像特征点提取算法，运用框状滤波代替二阶高斯滤波。一般来说，标准的 SURF 算子比 SIFT 算子快好几倍，并且在多幅图片下具有更好的鲁棒性^[7-8]，其检测及匹配的具体步骤如下所述。

构建积分图像。假设输入图像为 I 的像素点坐标为 (x, y) ，那么该点的积分图像 $I_{\Sigma}(x, y)$ 表示该点与图像零点之间所有区域的像素和，定义见式 (1)。

$$I_{\Sigma}(x, y) = \sum_{i=0}^{i \leq x} \sum_{j=0}^{j \leq y} I(x, y) \quad (1)$$

使用积分图像可以很快完成整个矩形区域的像素求和运算，假设矩形区域 4 个顶点分别为 A, B, C, D ，那么矩形区域的像素和求解公式为：

$$S_{ABCD} = I_D - I_C - I_B + I_A \quad (2)$$

快速 Hessian 检测。SURF 特征点检测器是基于 Hessian 矩阵来实现极值点的检测，公式定义为：

$$H(X, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(X, \sigma) & L_{xy}(X, \sigma) \\ L_{xy}(X, \sigma) & L_{yy}(X, \sigma) \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中： σ 为尺度因子； $L_{xx}(X, \sigma)$ 为二阶高斯微分和图像 $I(x, y)$ 在点 X 的卷积，其他 3 个参数与之同理。精确定位特征点的步骤如下所述。首先，计算图像每一个像素点的 Hessian 判别式，如果像素点的

判别式值的符号为正，则该像素点是局部极值点，如果符号为负，则不是局部极值点。对局部极值点集采用非极大值抑制法进行筛选，将极值点集中最大的极值点作为待检测特征点。然后，将待检测特征点的像素值与其相邻的 8 个像素点进行极值比较的同时，还与相邻尺度的 18 个像素点值进行比较，见图 1。如果该检测点的像素值最大，则可确定该待检测点为该区域的特征点。最后，使用三维线性插值获得亚像素级的特征点，并过滤掉极值小于阈值的特征点，从而检测出稳定的特征点。

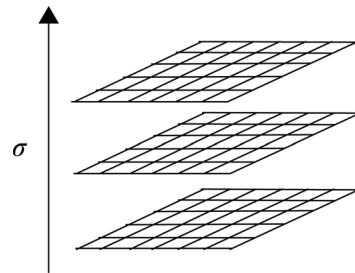


图 1 特征点检测
Fig.1 Feature point detection

生成特征点描述符。SURF 特征点描述符展现了特征点尺度依赖的邻域内像素强度的分布情况，具体生成步骤如下所述。首先，为了保证每个特征点具有较好的旋转不变性，要为其确定主方向。以特征点为圆心，半径为特征点所对应的尺度值 δ 的 6 倍来构建一个圆形区域范围，计算 60° 扇形区域范围内所有点在水平方向 x 和垂直方向 y 上尺寸大小为 4δ 的 Haar 小波响应值之和，并对此响应值进行高斯加权处理，最终形成新的矢量。以 60° 的扇形区域遍历整个圆形区域，选取其中最大响应能量作为该特征点的主方向，见图 2。其次，以特征点为中心，构建边长为 20δ 的正方形区域，并旋转正方形区域的方向，使其方向与特征点主方向保持一致；并将该区域划分为 $4 \times 4 = 16$ 个子块，每个子块运用尺寸大小为 2δ 的 Haar 小波模板进行响应值计算，并统计出 $\sum dx, \sum dy, \sum |dx|, \sum |dy|$ ，其中 dx, dy 分别是每个子区域的小波响应值。从而得到 1 个四维向量 $V_{sub} = [\sum dx, \sum dy, \sum |dx|, \sum |dy|]$ 。每个子区域可以获得 4 维向量，那么 16 个子区域一共可以形成一个 64 维向量，并对该 64 维向量进行归一化处理，即获得特征点的描述符。

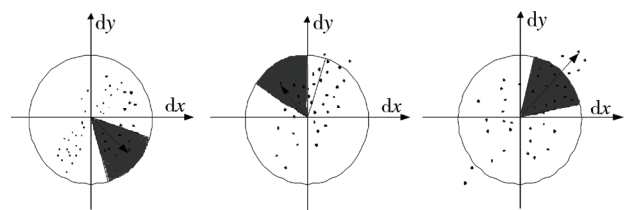


图 2 特征点方向
Fig.2 Orientation of feature point

1.2 矩阵 Schur 分解

SVD 分解是一种重要的矩阵分解,因奇异值的稳定性这一特点在数字水印领域广泛应用,但 SVD 分解的时间复杂度为 $O(11N^3)$,算法较为繁冗。Schur 分解是 SVD 分解的一种改进,时间复杂度仅为 $O(8N^3/3)$,计算量低于 SVD 分解的 1/3。Schur 分解定理:设矩阵 $A \in C^{n \times n}$, A 的特征值为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, 则存在酉矩阵 $U \in C^{n \times n}$ 与上三角矩阵 $T \in C^{n \times n}$ 使得:

$$U^H AU = T \begin{bmatrix} \lambda_1 & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ & \lambda_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & \lambda_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中: U^H 为矩阵 U 的共轭转置矩阵^[9-10]。考虑到上三角矩阵 T 的稳定性,文中算法将水印嵌入至上三角矩阵,提高算法的鲁棒性。

1.3 RANSAC 算法

利用 SURF 提取出图像的特征点,然后在欧式空间中根据基于 K-D 树的近似最近邻搜索算法来查找特征点的最近邻和次近邻点,从而实现特征点匹配,但是得出的特征点匹配对会存在一定数量的误匹配对,影响估计模型参数的精度^[11-12]。

文中运用 RANSAC (随机抽样一致性) 算法删除匹配对集中的错误匹配对。RANSAC 算法原理是随机抽取一定数量的样本数据,假设样本数据为局内数据,并对这些数据进行相关的拟合运算,来确定模型参数^[13]。如果该模型参数计算足够多数据的误差小于阈值,则这些数据支持该参数模型;如果该参数模型计算的数据只有少部分的误差小于阈值,则重新随机抽取样本数据,再进行计算,直至确定最佳的模型参数。运用 RANSAC 算法删除错误匹配对的具体步骤如下所述。

- 1) 从待筛选匹配点对中随机抽取 3 对配对特征点,估计出变换模型的参数。
- 2) 计算剩余的待筛选匹配点对经过变换模型后的坐标值与其原对应匹配点的欧式距离,如果该距离小于阈值,则该匹配点对为内点,否则为外点。
- 3) 计算在该变换模型下内点的数量。
- 4) 重复步骤 1), 2) 若干次后,选择内点最多、误差函数最小的变换矩阵参数作为最佳模型参数。

1.4 NSCT

非下采样 Contourlet 变换是一种新的多尺度变换,除去了 Contourlet 变换的下采样过程^[14-16]。NSCT 对图像首先运用非采样塔式滤波器组进行多尺度分解,然后对得到的各尺度子带图像用非抽样方向滤波器组进行方向分解。非采样塔式滤波器组保证了多尺度性,非抽样方向滤波器组保证了多方向性,NSCT 滤波器结构和方向滤波器组具体见图 3。NSCT 变换

还注重图像的相位信息和幅值信息,不会出现 Contourlet 变换中的频谱混淆现象,又具有良好的时频局部化特征,所有高频系数以及低频系数尺寸大小都和原始图像尺寸大小相同,这样对图像的细节信息有着很好的表达,并能提高图像分解和重构的精度,便于水印的嵌入,因此广泛应用在数字水印领域。

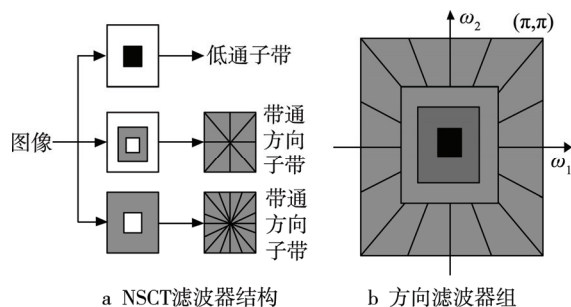


图3 非下采样 Contourlet 变换
Fig.3 Nonsubsampled Contourlet transform

2 水印嵌入和提取算法

文中算法是将水印嵌入到图像 NSCT 变换后进行的 Schur 分解得到的上三角矩阵中,同时利用 SURF 算法实现了水印的抗几何攻击。当含水印的载体图像遭到几何攻击时,分别从受攻击后载体图像和原始载体图像的 NSCT 域低频系数中提取 SIFT 特征点,进行图像匹配并对几何失真的载体图像进行校正,然后按照水印嵌入逆过程实现提取水印。

2.1 水印的嵌入

假设载体图像 I 尺寸大小为 $M \times N$, 水印图像 w 尺寸大小为 $m \times n$ 。步骤如下所述。

- 1) 使用 Arnold 算法对水印图像 w 进行置乱处理,保存置乱次数,置乱后水印图像为 w_0 。
- 2) 对图像 I 进行两级 NSCT 变换,取低频系数进行分块,每一像素块的大小为 $L \times L$ 。每一像素块进行 Schur 分解 $U^H AU = T$, 得到上三角矩阵 T 。
- 3) 找到每个矩阵 T 的最大值元素 T_{max} 及其坐标 (i, j) 。按照式 (6) 将水印信息嵌入至最大值元素 T_{max} 中。

$$T'_{max} = \begin{cases} T_{max} - \text{mod}(T_{max}, q) + \alpha \times q & w_0 = '1' \\ T_{max} - \text{mod}(T_{max}, q) + (1 - \alpha) \times q & w_0 = '0' \end{cases} \quad (6)$$

- 式中: q 为水印嵌入强度; α 为水印嵌入系数。 T'_{max} 放回矩阵 T 进行重构,得到低频子带。
- 4) 重构图像,得到嵌入水印信息的载体图像。
 - 5) 对嵌入水印信息的低频系数进行 SURF 特征点提取,并把提取的特征点和特征向量作为密钥 key_1 保存。

2.2 水印的提取

水印的提取是水印嵌入的逆过程,具体实现步骤

如下所述。

1) 对待检测图像进行两级 NSCT 变换, 并对低频系数进行 SIFT 检测, 提取出其特征点和特征向量, 结合密钥 key1 中保存含水印信息的载体图像的特征点和特征向量进行匹配, 得到特征点匹配对。

2) 对特征点匹配对使用 RANSAC 算法进行筛选, 删除错误的特征点匹配对。

3) 利用筛选后匹配的特征点对求出仿射变换参数, 使用仿射变换参数校正待检测图像。

4) 对校正后的待检测图像进行两级 NSCT 变换获得低频系数, 取低频系数进行 $L \times L$ 分块, 每一块进行 Schur 分解 $U^H A U = T$, 得上三角矩阵 T'_n 。

5) 根据嵌入算法中的最大值元素 T_{\max} 的坐标 (i, j) 找到矩阵 T'_n 中坐标为 (i, j) 的元素 $T'_n(i, j)$ 。按照式 (7) 提取水印信息 w 。

$$w = \begin{cases} 0 & \text{mod}(T'_n(i, j), q) < q/2 \\ 1 & \text{mod}(T'_n(i, j), q) \geq q/2 \end{cases} \quad (7)$$

6) 根据保存的置乱次数解密水印信息 w , 即提取出水印信息 w_0 。

3 实验结果及分析

文中实验采用尺寸大小为 32×32 的二值水印图像, 载体图像采用尺寸大小为 512×512 的 Lena 灰度图像, 分块大小为 8×8 , 置乱次数 M 取 4, q 取值为 80, α 为 0.55。同时, 采用峰值信噪比 PSNR 衡量水印图像质量, 相关系数 NC 衡量水印相关性, 具体实验结果如下所述。

1) 由图 4 可以看出, Lena 原始图像和嵌入水印的 Lena 图像几乎没有差别。从 PSNR 值上看, Lena 原始图像和嵌入水印后的 Lena 图像的 PSNR 值为 39.63, NC 值为 1.0。表明了提取的水印有很好的鲁棒性和不可见性。

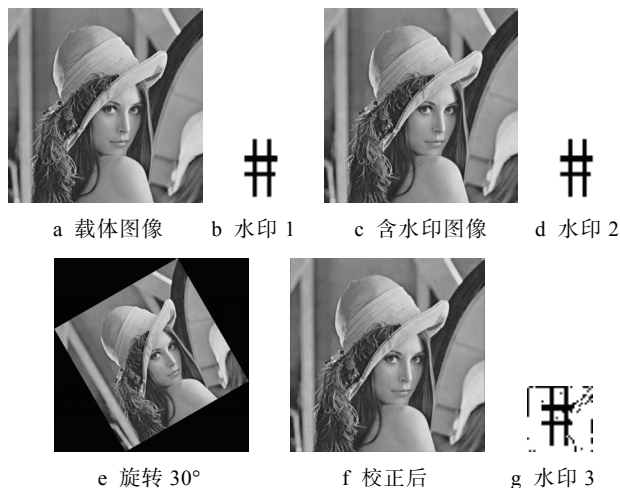


图 4 水印的嵌入和提取

Fig.4 The watermark embedding and extracting

图 5a, b 分别显示的是未采用 RANSAC 算法筛选匹配对和采用 RANSAC 算法后的图像特征点匹配结果的对比, 可以明显看出采用 RANSAC 算法后删除了错误的匹配对, 提高了匹配的正确率, 降低匹配耗时。

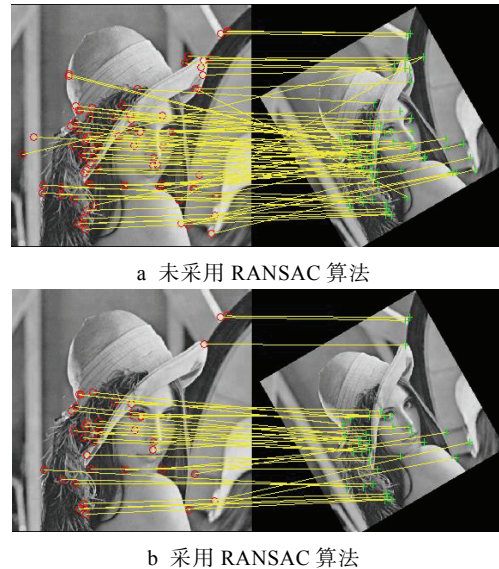


图 5 匹配结果分析

Fig.5 Analysis on the matching results

3) 旋转攻击。对嵌入水印的载体图像进行各个角度的旋转攻击, 测试范围为 $0 \sim 90^\circ$, 间隔为 20° 。实验结果见表 1, 与文献[17]对比结果说明, 文中算法对各个角度的旋转攻击均有很好的鲁棒性。

表 1 旋转攻击实验结果
Tab.1 Experimental results of rotation attacks

旋转角度/(°)	NC值	
	文中算法	文献[17]
20	0.983	0.971
40	0.988	0.986
60	0.991	0.989
80	0.989	0.988
90	1.000	1.000

4) 缩放攻击。对嵌入水印的载体图像进行缩放攻击, 插值方法采用双三次插值, 实验结果见表 2, 对比文献[5]可知, 文中算法能较好地抵抗缩放攻击。

表 2 缩放攻击实验结果
Tab.2 Experimental results of scale attacks

尺度缩放	NC值	
	文中算法	文献[5]
0.5	0.923	0.9097
0.75	0.931	—
1.25	0.965	0.9564
1.5	0.978	0.9782

5) 平移攻击。对嵌入水印的载体图像进行平移攻击, 平移(10, 10), (20, 20), (-10, -10), (-25, -25), (0, -20), (20, 0)攻击后提取的水印 NC 值分别为 0.975, 0.951, 0.944, 0.928, 0.934, 0.969。

6) 组合攻击。对嵌入水印的载体图像进行旋转、缩放和平移的组合攻击, 见表 3。文中算法实验结果优于文献[17], 且考虑情况更全面, 亦表明对于组合攻击, 文中算法提取出的水印也具有较好的鲁棒性。

表 3 组合攻击实验结果

Tab.3 Experimental results of combination attacks

组合攻击	NC值
旋转30°+缩放0.75	0.887
旋转30°+缩放1.25	0.852
旋转30°+平移(10, 10)	0.876
旋转30°+平移(20, 20)	0.983
平移(10, 10)+缩放0.75	0.946
平移(10, 10)+缩放1.25	0.955
旋转30°+平移(10, 10)+缩放0.75	0.896
旋转30°+平移(20, 20)+缩放1.25	0.853

7) 常规攻击。常规攻击包括压缩、噪声、滤波等。选择不同参数进行各类型攻击, 实验结果见表 4。实验结果优于文献[17], 表明文中算法对于常规信号攻击具有很好的鲁棒性。

表 4 常规攻击实验结果

Tab.4 Experimental results of conventional attacks

攻击方式	参数	NC值	
		文中算法	文献[17]
高斯噪声	0.010	0.924	0.950
椒盐噪声	0.03	0.947	0.919
高斯滤波	5×5	0.951	—
中值滤波	5×5	0.892	0.967
	50	1.000	1.000
JPEG压缩	30	1.000	1.000
	20	0.989	0.984
剪切	中间1/4	0.901	—

4 结语

文中算法将水印嵌入到图像经过 NSCT 变换和 Schur 分解后的上三角矩阵中, 提高了算法鲁棒性, 降低了算法时间复杂度。同时, 利用 SURF 算法实现了图像水印算法具有抗几何攻击能力。RANSAC 算法删除了误匹配对, 提高匹配精度。使用 Arnold 变换对水印图像进行置乱, 提高了图像水印算法的安全性和抗干扰性。大量实验结果表明, 文中算法对旋转、缩放、平移等几何攻击及常规信号攻击都具有很好的鲁棒性和不可见性。

参考文献:

- [1] 石永福, 杨得过, 李智. 一种基于小波变换的数字图像水印新算法[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2013, 47(4): 479—482.
SHI Yong-fu, YANG De-guo, LI Zhi. A New Algorithm of Digital Image Watermarking Based on Wavelet Transform. Journal of Huazhong Normal University(Natural Sciences), 2013, 47(4): 479—482.
- [2] 廖琪男. 基于 SIFT 特征点匹配的水印图像几何校正算法[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(6): 2247—2249.
LIAO Qi-nan. New Watermarked Image Geometric Correction Algorithm based on SIFT Feature Points Matching[J]. Application Research of Computers, 2011, 28(6): 2247—2249.
- [3] WANG Xiang-yang, NIU Pan-pan. Affine Invariant Image Watermarking Using Intensity Probability Density-based Harris Laplace Detector[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2012, 6(23): 892—907.
- [4] 陈青, 翁旭峰. 基于 Harris 特征点和伪 Zernike 矩的鲁棒水印算法[J]. 电子科技, 2016, 29(3): 183—186.
CHEN Qing, WENG Xu-feng. A Robust Image Watermarking Based on Harris Feature Points and Pseudo-Zernike Moments[J]. Electronic Sci & Tech, 2016, 29(3): 183—186.
- [5] 朱丹丹, 吕鲤志. 基于伪 Zernike 矩和 Contourlet 变换的抗几何攻击图像水印算法[J]. 计算机科学, 2016, 43(6): 131—134.
ZHU Dan-dan, LYU Li-zhi. Anti-geometric-attack Watermarking Algorithm Based on Pseudo-Zernike Moments and Contourlet Transform[J]. Computer Science, 2016, 43(6): 131—134.
- [6] 陈青, 柯婷婷. 基于 SIFT 特征点匹配的抗几何攻击水印算法[J]. 包装工程, 2016, 37(23): 146—150.
CHEN Qing, KE Ting-ting. Fast Adaptive Image Matching Algorithm Based on Improved SIFT[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(23): 146—150.
- [7] BAY H, TUYTELAARS T, GOOL L V. SURF: Speeded Up Robust Features[J]. Computer Vision & Image Understanding, 2006, 110(3): 404—417.
- [8] MAROUANE C, EBERT A, LINNHOFF-POPIEN C, et al. Step and Activity Detection Based on the Orientation and Scale Attributes of the SURF Algorithm[C]// Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2016 International Conference on IEEE, 2016: 1—8.
- [9] SU Qing-tang, NIU Yu-gang, LIU Xian-xi, et al. Embedding Color Watermarks in Color Images Based on Schur Decomposition[J]. Optics Communications, 2012, 285: 1792—1802.
- [10] POMPONI V, CAVAGNINO D, BOTTA M. On the Security of the Schur-based Watermarking Schemes [C]// Digital Signal Processing (DSP), 2015 IEEE International Conference on IEEE, 2015: 215—218.
- [11] 邹北骥, 阮鹏, 向遥. 一种精确匹配的全景图自动拼接算法[J]. 计算机工程与科学, 2010, 32(8): 60—63.

- ZOU Bei-ji, RUAN Peng, XIANG Yao. An Automatic Panoramic Images Mosaic Algorithm with Precise Matching[J]. Computer Engineering & Science, 2010, 32(8): 60—63.
- [12] HOSSEIN-NEJAD Z, NASRI M. Image Registration Based on SIFT Features and Adaptive RANSAC Transform[C]// Communication and Signal Processing (ICCSP), 2016 International Conference on IEEE, 2016: 1087—1091.
- [13] MISRA I, MOORTHI S M, DHAR D, et al. An Automatic Satellite Image Registration Technique Based on Harris Corner Detection and Random Sample Consensus (RANSAC) Outlier Rejection Model[C]// International Conference on Recent Advances in Information Technology IEEE, 2012: 68—73.
- [14] 陈盈. 基于混沌与变换域的信息隐藏技术研究及应用[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2016.
CHEN Ying. Research and Application of Information Hiding Technology Based on Chaos and Transform Domain[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2016.
- [15] ZHAO Jian, ZHANG Na, JIA Jian, et al. Digital Watermarking Algorithm Based on Scale-invariant Feature Regions in Non-subsampled Contourlet Transform Domain[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2015, 26(6): 1309—1314.
- [16] LI Jian-zhong, ZHANG Jun-min. A Robust Image Watermarking Scheme with Kinoform in Hybrid NSCT and SVD Domain[C]// Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC), 2014 IEEE 7th Joint International IEEE, 2014: 48—52.
- [17] 陈青, 翁旭峰. 一种新的基于伪 Zernike 矩的图像盲水印算法[J]. 计算机应用研究, 2016, 33(9): 1—5.
CHEN Qing, WENG Xu-feng. Novel Blind Image Watermarking Based on Pseudo Zernike Moments[J]. Application Research of Computers, 2016, 33(9): 1—5.

《图像防伪技术》特色栏目征稿函

现代科技的高速发展和假冒伪造活动的日益猖獗,促进了各种防伪技术的发展。防伪技术的发展是与其他相关学科和技术的发展紧密相连、密切相关的,在其融入了先进技术成果的同时,也成为多学科科技成果的组合和综合应用的结晶。防伪技术难以复制和仿制,本身价格合理,易于检验,在一定时限内可不被第三者成功复制,从而保护企业品牌、保护市场、保护广大消费者合法权益。

鉴于此,本刊拟围绕“图像防伪技术”这一主线,作系列的专项报道。本刊编辑部特邀请该领域的专家为本栏目撰写稿件,以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主,也可为综述性研究,请通过网站投稿,编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话: 023-68792294 网址: www.packjour.com

《包装工程》编辑部