

基于 QR 码和 DWT-SVD 技术的双彩色盲水印算法

孙业强¹, 王晓红¹, 李肖赫²

(1.上海理工大学, 上海 200093; 2.哈尔滨工业大学(威海), 威海 264209)

摘要: **目的** 为了进一步提高盲水印算法的嵌入能力和鲁棒性, 提出一种基于 QR 码和 SVD 分解的强鲁棒性双彩色盲水印算法。**方法** 基于 Arnold 变换对水印彩色 QR 码分通道置乱加密并归一化; 将彩色载体图像分通道进行小波变换, 并对三级低频子带进行 4×4 分块 SVD 分解; 通过调节每一子块酉矩阵(2, 1)和(3, 1)坐标系数的差值将水印信息嵌入到载体图像对应通道中。**结果** 实验结果表明算法具有较高的鲁棒性, 对裁切、旋转、JPEG 压缩、高斯噪声、椒盐噪声、高斯滤波、中值滤波、对比度增强等攻击具有较强的鲁棒性。**结论** 由于算法在提取过程中不需要任何原载体图像相关信息, 属于盲水印算法, 因此文中提出的双彩色盲水印算法在数字产品版权保护中具有较大的实用价值。

关键词: 彩色 QR 码; 奇异值分解; 双彩色; 盲水印; 强鲁棒性

中图分类号: TS851⁺.6; TP309 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0193-06

Double Color Blind Watermarking Algorithm Based on QR Code and DWT-SVD

SUN Ye-qiang¹, WANG Xiao-hong¹, LI Xiao-he²

(1.University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

2.Harbin Institute of Technology (Weihai), Weihai 264209, China)

ABSTRACT: The work aims to further improve the embedding capacity and robustness of blind watermarking algorithm, and propose a robust double color blind watermarking algorithm based on QR code and DWT-SVD. Firstly, the color QR code as watermark was scrambled and normalized in each channel based on Arnold transmission, then each channel of carrier image was processed by the wavelet transform and the level 3 low frequency sub-band was partitioned into 4*4 blocks for SVD decomposition; finally, the watermark information was embedded into the corresponding channel of carrier image by adjusting the difference of (2, 1) and (3, 1) coordinate coefficients of each sub-band's unitary matrix. The experiment results showed that the algorithm had high robustness, and it had strong ability in resisting such attracts as cutting, rotation, JPEG compression, Gaussian noise, salt and pepper noise, Gaussian filtering, median filtering and contrast enhancement. Because the algorithm does not need any information related to the original carrier image during the extraction process, it is a blind watermarking algorithm. Therefore, the proposed double color blind watermarking algorithm can be widely used in copyright protection of digital products.

KEY WORDS: color QR code; singular value decomposition; double color; blind watermarking; strong robustness

数字水印技术作为当前主要的版权保护方法, 其嵌入信息量、不可见性和抗攻击能力一直处于相互矛盾中, 如何在同时提高中保持较好的平衡至关重要^[1-3]。尽管近些年已经提出了很多水印技术, 但仍存在许多不足。如 2013 年 Chunhua Li 等^[4]提出的基于 DCT 变换的盲水印技术, 具有较好的抗 JPEG 压缩能力, 但其不抵抗几何攻击。王子煜等^[5]提出的改

进的基于 QR 码的数字全息水印技术, 虽然具有较好的抗裁切能力, 但抗噪能力较差, 仅能抵抗 0.005 强度的高斯噪声和 0.04 强度的椒盐噪声。白韬韬等^[6]提出的基于 QR 码的 Contourlet 域数字水印算法, 其在抗旋转及 JPEG 压缩方面具有较好的效果, 但在抗噪方面较差, 仅能抵抗 0.0005 高斯噪声, 且旋转攻击中提取的水印也是倾斜的。T. H. Nguyen 等^[7]提出

收稿日期: 2017-01-08

作者简介: 孙业强(1992—), 男, 上海理工大学硕士生, 主攻数字图像处理。

通讯作者: 王晓红(1971—), 女, 博士, 上海理工大学教授, 主要研究方向为颜色科学和数字图像处理。

的基于 DWT-SVD 的数字水印技术,虽然具有较高安全性和强鲁棒性,但其属于非盲水印,在实际运用中具有一定的局限性。刘英^[8]提出了基于 Contourlet 变换和 QR 分解的鲁棒性盲数字水印算法,抗 JPEG 压缩能力较强,但抗噪能力和抗裁切、旋转能力较差。为了更好地贴合实际需求,提高水印算法的嵌入能力,同时解决现有水印算法普遍偏重解决某一攻击类型而不兼顾的问题,文中提出一种基于彩色 QR 码和 SVD 分解的双彩色盲水印算法。

1 基础原理

1.1 QR 码

QR 码全称快速识别矩阵码(Quick Response)^[9-10]是近年来移动设备上十分流行的一种编码方式,相比传统的 Bar Code 条形码其存取的信息量更大,也能表示更多的数据类型,比如:字符、数字、字母、日文、汉字等,所以在日常生活中得到广泛的使用。QR 码的纠错能力分为 4 个等级,分别是 L(7%), M(15%), Q(25%), H(30%), QR 码由编码区域和包括寻像图形、分隔符、定位图形和校正图形在内的功能图形组成,具体结构见图 1。

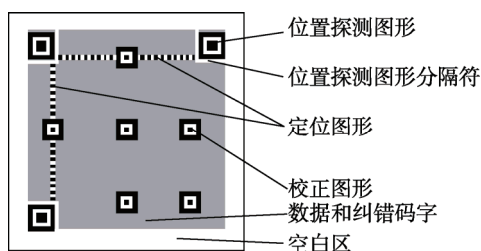


图 1 QR 码结构

Fig.1 The structure of QR code

因为 QR 码具有存储信息量大、纠错能力强等特点,相对于传统水印,不仅提高了版权信息潜含量,拓展了信息提取类型,而且能够提高算法的鲁棒性。随着 QR 技术的不断成熟,相对于传统二值 QR 码,彩色 QR 的应用逐渐普遍。为了增加信息嵌入量以提高水印的安全性,所以文中选取纠错等级为 H、版权信息为 USST 的彩色 QR 码作为水印。

1.2 SVD 分解

奇异值分解(singular value decomposition)是数学中常用的将矩阵对角化的方法之一,它能够捕获矩阵数据重要的基本结构,可以反映矩阵的代数性质,在图像压缩、信号处理和模式识别等领域中具有广泛的应用^[11]。秩为 r , 大小为 $N \times N$ 的矩阵 X , 满足 $r \leq N$, 它的奇异值分解可相应表示为式(1)^[12]。

$$X = USV^T \quad (1)$$

式中: 矩阵 U 和 V 相互正交, 矩阵 S 是奇异的

对角矩阵, 而且对角元素满足 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_r \geq \lambda_{r+1} = \dots = \lambda_N = 0$ 。奇异值分解不仅对方阵有效, 而且适用于非方阵, 应用范围更广。当图像遭受攻击时对奇异值的影响较小, 为水印图像嵌入提供了条件, 具有较好的鲁棒性^[12]。

2 水印嵌入和提取流程

文中研究发现, 图像经三级小波变换后, 基于三级低频子带进行 4×4 非重叠分块 Schur 分解, U 矩阵中第 2 行第 1 列元素和第 3 行第 1 列元素的差值还具有很强的稳定性, 即便在图像遭受常见的攻击时, 对各子块 U 矩阵中两元素差值影响较小。利用归一化 NC 值计算攻击前后差值矩阵的稳定性, 实验图像选用 CVG-UGR 图像库的 10 副图像, 图像大小为 24 位 2048×2048 像素。NC 值取图像各通道 NC 值的均值, 并计算得出各攻击类型下所有图像 NC 值的均值, 具体的实验结果见表 1, NC 值计算公式为:

$$NC = \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N Z(x, y) Z'(x, y)}{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N Z(x, y) Z(x, y)} \quad (2)$$

由表 1 可见在遭受攻击的情况下, 差值矩阵之间的 NC 值基本均在 0.95 以上, 表明图像经小波变换和 Schur 分解后 U 矩阵中第 2 行第 1 列元素和第 3 行第 1 列元素的差值具有很强的稳定性, 因此, 文中基于此特性进行水印的嵌入与盲提取。

2.1 基于 QR 码和 SVD 分解的水印嵌入流程

水印嵌入流程见图 2, 具体步骤如下所述。

1) 提取载体图像 R, G, B 分量灰度图并分别进行三级小波变换, 小波基为 Haar。

2) 对三级低频子带进行分块 SVD 分解。将低频子带划分成 4×4 的非重叠块, 对每一块低频子带执行 SVD 分解获得每块的 U_{ij} 矩阵。

3) 提取彩色 QR 码水印图像 R, G, B 分量灰度图并分别进行 Arnold 置乱^[14], 基于式(3)将置乱后的各通道归一化:

$$W'_{i,j} = W_{i,j} / 255 \quad (3)$$

4) 根据式(4)获得 $W'_{i,j}$ 对应的二值矩阵 $E_{i,j}$;

$$\begin{cases} E_{i,j} = 1, W \geq 0.5 \\ E_{i,j} = 0, W < 0.5 \end{cases} \quad (4)$$

5) 嵌入水印信息。 t 为另一调节因子, 基于式(5), (6)将步骤 3) 得到的归一化的各通道水印信息 $W'_{i,j}$ 依次嵌入到步骤 4) 得到的对应通道的每一块 U_{ij} 矩阵中:

$$\text{当 } E_{i,j} = 1, \text{ 则 } \begin{cases} u'_{2,1} = \text{sign}(u_{2,1}) \times \left(U_{\text{avg}} - \frac{t}{2} \times W'_{i,j} \right) \\ u'_{3,1} = \text{sign}(u_{3,1}) \times \left(U_{\text{avg}} + \frac{t}{2} \times W'_{i,j} \right) \end{cases} \quad (5)$$

表 1 不同攻击下各图像差值矩阵的 NC 值
Tab.1 The NC values of the difference matrixes under common attacks

图像	高斯噪声 0.001	椒盐噪声 0.01	斑点噪声 0.1	均值滤波 3×3	中值滤波 3×3	高斯低 通滤波	JPEG 压缩 50	裁切 1/4
Lena	0.9996	0.9858	0.9659	0.9890	0.9956	0.9974	0.9943	0.8551
Peppers	0.8444	0.9041	0.9908	0.9938	0.9963	0.9986	0.9113	0.7712
Baboon	0.9853	0.9837	0.9883	0.9782	0.9909	0.9936	0.9919	0.6198
Avion	0.9994	0.9905	0.9605	0.9873	0.9969	0.9971	0.9979	0.5307
House	0.9989	0.9857	0.9746	0.9903	0.9965	0.9984	0.9932	0.7931
Bardowl	0.9823	0.9703	0.9931	0.9897	0.9949	0.9981	0.9949	0.6463
Colomtn	0.9984	0.9801	0.9856	0.9764	0.9859	0.9933	0.9967	0.7693
Jerusalem	0.9899	0.9761	0.9992	0.9867	0.9927	0.9972	0.9969	0.9071
Malight	0.9901	0.9748	0.9798	0.9853	0.9932	0.9965	0.9873	0.6465
Portofino	0.9999	0.9847	0.9817	0.9876	0.9952	0.9977	0.9913	0.7384
均值	0.9788	0.9736	0.9820	0.9864	0.9938	0.9968	0.9856	0.7278

$$\text{当 } E_{i,j} = 0, \text{ 则 } \begin{cases} u'_{2,1} = \text{sign}(u_{2,1}) \times \left(U_{\text{avg}} + \frac{t}{2} \times W'_{i,j} \right) \\ u'_{3,1} = \text{sign}(u_{3,1}) \times \left(U_{\text{avg}} - \frac{t}{2} \times W'_{i,j} \right) \end{cases} \quad (6)$$

式中: $u_{2,1}$ 和 $u_{3,1}$ 分为 U_{ij} 矩阵中第 1 列第 2 行的元素和第 1 列第 3 行的元素; $\text{sign}(u_{2,1})$ 为 $u_{2,1}$ 的符号; $U_{\text{avg}} = (|u_{2,1}| + |u_{3,1}|) / 2$; $|u_{2,1}|$ 为 $u_{2,1}$ 的绝对值。

6) 通过 SVD 逆变换和三级 DWT 逆变换得到含水印信息的载体图像各通道, 再将 R, G, B 通道复合得到最终的含水印彩色载体图像。

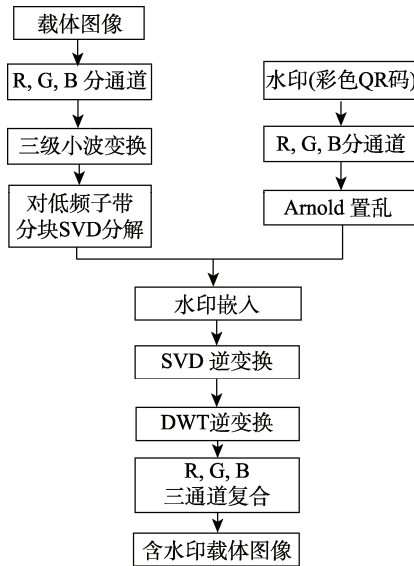


图 2 水印嵌入流程

Fig.2 Block diagram of watermark embedding process

2.2 基于 QR 码和 SVD 分解的水印提取流程

水印提取过程即嵌入过程的逆运算, 其流程见图 3。

1) 首先判断含水印图像是否受到旋转攻击, 如若则进行旋转校正, 校正后进入步骤 2), 旋转校正方法在步骤 4) 中介绍。

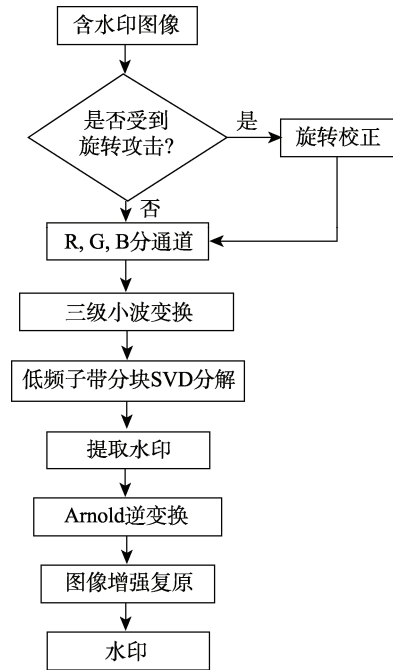


图 3 水印提取流程

Fig.3 Block diagram of watermark extracting process

2) 提取含水印图像 R, G, B 各通道灰度图像进行分块 SVD 分解得到各通道每块的 U'_{ij} 矩阵。

3) 基于每块 U'_{ij} 矩阵的第 1 列第 2 行和第 1 列第 3 行的系数 $u'_{2,1}$ 和 $u'_{3,1}$ 提取各通道水印信息, 同时得到各通道对应每块 U'_{ij} 矩阵 $u'_{2,1}$ 和 $u'_{3,1}$ 大小关系的二值矩阵 E'_{ij} , 提取公式见式(7)和(8)。

$$\text{当 } |u'_{3,1}| \geq |u'_{2,1}|, \text{ 则 } \begin{cases} E'_{i,j} = 1 \\ W'_{i,j} = (|u'_{3,1}| - |u'_{2,1}|) / t \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{当 } |u'_{3,1}| < |u'_{2,1}|, \text{ 则 } \begin{cases} E'_{i,j} = 0 \\ W'_{i,j} = (|u'_{2,1}| - |u'_{3,1}|) / t \end{cases} \quad (8)$$

式中: t 为调节因子; $W'_{i,j}$ 为提取的单通道水印信息。

4) 旋转倾斜校正。当受到旋转攻击时, 首先提取 R 通道并基于 radon 变换进行倾斜校正, 然后对其进行 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 旋转得到各自对应的 E'_{ij} 和 W'_{ij} , 取一定 i, j 范围 (文中选取 $i, j \in (1, 16)$) 按式(4)对其分别审核, 正确点数目最多的所对应的状态即为原载体图像的状态, 由此进行二次旋转即可校正。

5) 将各通道得到的水印信息 W'_{ij} 进行反归一化和 Arnold 逆变换解密得到对应 R, G, B 通道的初提出水印; 对各通道水印进行自适应中值滤波处理得到增强水印; 将增强后各通道水印合并成最终彩色水印。

3 实验结果与分析

水印算法的优劣主要在于其不可感知性和鲁棒性, 为了验证文中算法的不可见性和鲁棒性, 使用 Matlab2014a 进行仿真实验。选取像素大小为 512×512 (其他像素大小图像可通过 imresize 函数调控) 的彩色图像 Lena, Peppers 为载体图像, 像素大小为 64×64 的彩色 QR 码作为水印, 其纠错等级为 H、版权信息为 USST, 具体见图 4。



图 4 载体图像和水印图像
Fig.4 Cover image and watermark

针对载体图像为彩色, 不可感知性方面在采用改进 PSNR 的基础上, 借助 Wang 等^[15]提出的结构相似性理论(SSIM)进行同时评价。SSIM 的值在 0 和 1 之间, 数值越接近 1 表明图像质量损失越少, 宿主图像被发现隐藏信息的风险性也就越低。鲁棒性方面, 考虑到实际应用, 采用微信客户端中的扫一扫功能对水印扫描识别, 通过扫码 10 次的识别成功率对所提取水印进行评价。其中成功超过 8 次即认为识别成功率为 100%。在初始条件 $t=0.05$ 且未受攻击的情况下, 通过对载体图像嵌入水印并提取得到含水印载体图像和所提取水印, 见图 5, 测得其 SSIM 值分别达到 0.9706, 0.9876, PSNR 为 38.56, 39.31, 水印的解码率均达到 100%, 可见文中算法不仅具有较好的不可见性并且水印提取效果极好。



图 5 含水印载体图像和提取的水印图像
Fig.5 Watermarked image and extracted watermark

3.1 噪声攻击实验

为了测试文中算法的抗噪性能, 对载体图像进行各种噪声攻击, 并提取水印计算识别率。常见的噪声类型有 Gaussian 噪声、椒盐噪声、斑纹噪声、泊松噪声等。文中算法具体可抵抗的噪声强度以及所提取水印即 QR 码的识别率见表 2。

表 2 噪声攻击实验
Tab.2 The experiment of noise attacks

攻击类型	QR 码的识别率/%				
	高斯噪声 (0.01)	高斯噪声 (0.05)	椒盐噪声 (0.1)	斑点噪声 (0.15)	泊松噪声
Lena	100	70	100	100	100
Peppers	100	100	100	100	100

由表 2 可知, 文中算法能够抵抗 0.05 强度的高斯噪声、0.1 强度的椒盐噪声和 0.15 强度的斑纹噪声, 相比文献[6]和文献[8], 文中算法的抗噪能力得到了较大提升。

3.2 滤波攻击实验

常见的滤波攻击类型有均值滤波、中值滤波和高手低通滤波等, 对含水印载体图像进行滤波攻击测试算法的抗攻击能力。经识别测得不同滤波攻击实验所提取水印即 QR 码的识别率均达到 100%, 可见文中算法对常见的滤波攻击具有极好的鲁棒性。实验结果见图 6。

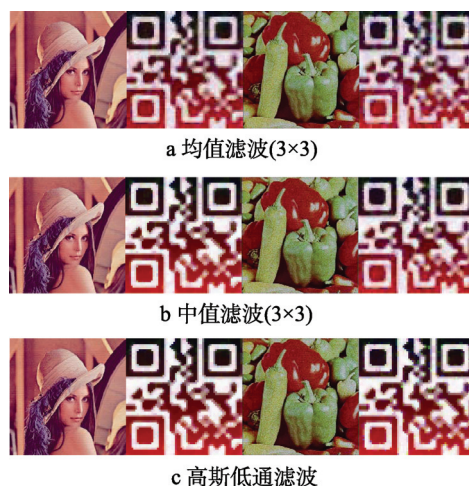


图 6 不同滤波攻击下的载体图像和对应提取的水印图像
Fig.6 Watermarked image under different filter attack and extracted watermark

3.3 JPEG 压缩攻击实验

JPEG 压缩是最常见的攻击类型之一, 所以能较好地抵抗 JPEG 压缩也是衡量水印算法优劣的重要指标。文中通过测试在不同程度 JPEG 压缩攻击下所提取水印的识别率, 来检验算法在 JPEG 压缩方面的

抵抗能力, 实验结果见图 7。



图 7 不同程度 JPEG 压缩攻击下的载体图像和对应提取的水印图像

Fig.7 Watermarked image under varying degrees of JPEG compression attack and extracted watermark

经扫描识别得证: 该算法在保证识别率 100% 的情况下, 可抵抗压缩因子为 11 的 JPEG 压缩攻击, 表明文中算法具有极好的抗 JPEG 压缩攻击能力, 可以较好地应用在实际生活中。

3.4 旋转和裁切攻击实验

旋转和裁切作为常见的几何攻击, 一直是检验算法抗几何攻击能力的重要指标。但现有算法, 特别是盲水印算法, 极少能够同时抵抗任意角度的旋转和裁切攻击。通过对含水印载体图像进行任意角度的旋转或者裁切攻击后, 提取水印并识别来验证文中算法的抗几何攻击能力, 部分实验结果见图 8。



图 8 几何攻击下的载体图像和对应提取的水印图像
Fig.8 Watermarked image under geometrical attacks and extracted watermark

仿真实验表明, 文中算法能够抵抗任意角度的旋转攻击以及 1/4 的裁切, 且所提取水印即 QR 码的识别率均高达 100%, 表明所提出的算法具有较好的抗几何攻击能力。相比于现有基于 QR 码算法, 文中算法能够在几何攻击下保证 100% 的识别率, 算法性能得到极大提升。

4 结语

提出了一种基于 QR 码和 SVD 分解的双彩色盲水印算法。算法选取彩色 QR 码作为水印嵌入到彩色载体图像中, 通过对载体图像分通道进行小波变换和分块 SVD 分解, 将置乱归一化后的水印信息嵌入到载体图像对应通道的 U 矩阵中。仿真实验表明算法不仅在兼顾了水印的不可见性, 还极大地提高了算法的鲁棒性, 尤其是几何攻击方面, 可抵抗任意角度的旋转和 1/4 的裁切。由于水印提取过程中不需要借助任何原载体图像数据, 属于盲水印技术, 因此, 文中提出的数字水印技术在数字产品版权保护方面具有一定的实际应用价值。

参考文献:

- [1] 魏代海, 王晓红, 刘玄玄. 一种强鲁棒性的彩色图像数字水印技术[J]. 包装工程, 2016, 37(9): 124—128.
WEI Dai-hai, WANG Xiao-hong, LIU Xuan-xuan. A Color Image Digital Watermarking with Strong Robustness[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(9): 124—128.
- [2] 于海娇, 孙刘杰, 李毓彬, 等. 基于 QR 码的 DWT-SVD 数字水印算法[J]. 包装工程, 2015, 36(23): 125—129.
YU Hai-jiao, SUN Liu-jie, LI Yu-bin. Digital Watermark Algorithm with DWT-SVD Based on QR Code[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(23): 125—129.
- [3] 姚军财. 一种基于 YCrCb 颜色空间和视觉特性的彩色图像水印技术[J]. 包装工程, 2012, 23(9): 111—116.
YAO Jun-cai. Color Image Watermarking Technology Based on YCbCr Color Space and Human Vision Characteristics[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9): 111—116.
- [4] LI C H, QIN Z Y, A Blind Digital Image Watermarking Algorithm Based on DCT[C]// Smart and Sustainable City 2013 (ICSSC 2013), IET International Conference on, Shanghai, 2013: 446—448.
- [5] 王子煜, 孙刘杰. 改进的基于 QR 码的数字全息水印[J]. 包装工程, 2014, 35(7): 144—148.
WANG Zi-yu, SUN Liu-jie. Improved QR Code-based Digital Holographic Watermark[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(7): 144—148.

- [6] BAI T T, LIU Z, LU P. Digital Watermarking Technology in Contourlet Domain Based on QR Code[J]. Journal of Optoelectronics Laser, 2014, 25(4): 769—776.
- [7] NGUYEN T H, DUONG D M, DUONG D A. Robust and High Capacity Watermarking for Image Based on DWT-SVD[C]// Computing & Communication Technologies Research, Innovation, and Vision for the Future (RIVF), 2015 IEEE RIVF International Conference on, Can Tho, 2015: 83—88.
- [8] 刘英, 王俊祥, 胡鸿豪, 等. 基于 Contourlet 变换和 QR 分解的鲁棒性盲数字水印算法[J]. 光电子·激光, 2016, 27(3): 317—324.
LIU Ying, WANG Jun-xiang, HU Hong-hao, et al. Robust Blind Digital Watermarking Scheme Based on Contourlet Transform and QR Decomposition[J]. Journal of Optoelectronics Laser, 2016, 27(3): 317—324.
- [9] 李毓彬, 孙刘杰, 包观笑. 一种基于 QR 码的彩色图像数字水印[J]. 包装工程, 2015, 36(7): 91—95.
LI Yu-bin, SUN Liu-jie, BAO Guan-xiao. A Novel Color Image Digital Watermarking Algorithm Based on QR Code[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(7): 91—95.
- [10] ZHANG W J, MENG X T. An Improved Digital Watermarking Technology Based on QR Code[J]. 2015 4th International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT), Harbin, 2015: 1004—1007.
- [11] 罗竞毅. 基于小波变换的盲水印算法研究[D]. 长沙: 中南大学, 2007.
LUO Jing-yi. Study on Blind Watermarking Image Based on DCT[D]. Changsha: Central South University, 2007.
- [12] GEORGE J, VARMA S, CHATTERJEE M. Color Image Watermarking Using DWT-SVD and Arnold Transform[C]// 2014 Annual IEEE India Conference (INDICON), Pune, 2014: 1—6.
- [13] JIA S L. A Novel Blind Color Images Watermarking Based on SVD[C]// Optic-International Journal for Light and Electron Optics, 2014, 125(12): 2868—2874.
- [14] PRADHAN C, SAHA B J, KABI K K, et al. Blind Watermarking Techniques Using DCT and Arnold 2D Cat Map for Color Images[C]// International Conference on Communication and Signal Processing, India, 2014: 3—5.
- [15] WANG Z, BOVIK A C, SHEIKH H R. Image Quality Assessment: from Error Visibility to Structural Similarity[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2004, 13(4): 600—612.

《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