

输出方式对印刷品全息水印提取质量的影响

谢勇, 王凯丽, 刘林, 谭海湖
(湖南工业大学, 株洲 412007)

摘要: **目的** 为实现对印刷输出图像中提取水印质量的有效预估, 研究硬拷贝输出方式对印刷品全息防伪水印提取质量的影响。**方法** 先将傅里叶全息水印的高频分量嵌入宿主图像经 2 次小波变换的中频区域, 实现信息隐藏。使用喷墨打印、激光打印、胶版印刷、数码印刷等 4 种常用方式对含水印防伪图像进行硬拷贝输出, 然后从承印物纸张表面质量、图像色彩空间转换和输出精度等 3 个方面, 利用 NC 参数对硬拷贝图像的水印提取质量进行评价, 并对比分析影响水印提取质量的因素。**结果** 数字图像、打印图像、印刷图像间的水印提取质量有较大的差别, 总体表现为喷墨打印>胶版印刷>数码印刷和激光打印。承印物基材较高的白度、平滑度有利于水印提取。在输出与输入过程中, 含水印图像经历的多次色彩空间转换对原始图像的色彩分布、复现质量有一定程度的改变, 进而影响水印提取质量。在满足图像复现质量要求的前提下, 输出精度对水印提取质量的影响较小。**结论** 研究水印的抗打印/扫描鲁棒性时, 不能用模拟攻击与桌面打印代替实际输出方式。选择表面质量高的承印物有利于防伪水印信息的识别。验证水印方案的抗打印/扫描鲁棒性时, 其分辨率满足图像的复现质量要求即可。

关键词: 输出方式; 水印提取质量; 印刷适性; 色彩空间转换; 输出精度

中图分类号: TS853⁺.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)15-0161-07

Influence of Output Types on Extraction Quality of Holographic Watermark

XIE Yong, WANG Kai-li, LIU Lin, TAN Hai-hu
(Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China)

ABSTRACT: The work aims to study the influence of hardcopy types on extraction quality of holographic anti-counterfeiting watermark in the printed image, in order to effectively predict the quality of watermark extracted from the images outputted from the printing. Firstly, the high-frequency component of Fourier holographic watermark was embedded into the middle-frequency area of the host image subject to wavelet transform for twice, so as to hide the information. Then, four common hardcopy types (inkjet, laser, offset printing and digital printing) were used to output watermarked anti-counterfeiting images, and the watermark extraction quality of hardcopy image was evaluated with NC parameters from three aspects, including paper surface quality of printed material, color space conversion of images and output accuracy. In addition, the factors that influence the watermark extraction quality were compared and analyzed. Experiment results showed that the watermark extraction qualities between digital image, presswork and printing images were very different, and the rank was: inkjet printing> offset printing> digital printing and laser printing. The printed substrate paper with higher whiteness and gloss was beneficial to watermark extraction. The multiple color space conversions of watermarked image in output and input process to some extent affected the color distribution and reproduction quality of original image and further the watermark extraction quality. On the premises of satisfying the image reproduction quality, the output resolution had little effect on watermark extraction quality. It is not possible to replace the actual output type with simulated attacks or desktop printing when studying the anti-print/scan robustness of watermarking. The substrate paper with high surface quality facilitates the identification of anti-counterfeiting watermark information. The resolution is appropriate as long as the reproduction quality requirements are satisfied when verifying the anti-print/scan

收稿日期: 2016-09-06

基金项目: 国家自然科学基金(61170101); 湖南省研究生创新基金(CX2016B638); 湖南工业大学研究生创新基金(CX1701)

作者简介: 谢勇 (1964—), 男, 湖南工业大学教授, 主要研究方向为包装防伪与功能包装材料。

robustness of watermarking scheme.

KEY WORDS: output type; watermark extraction quality; printability; color space conversion; output resolution

向图像中嵌入特定水印信息后进行印刷输出,可以实现印刷品的版权保护,全息水印技术因其具有较好的加密效果、鲁棒性与不可见性,已成为水印领域的重要研究方向之一^[1-13]。印刷输出方式的不同会很大程度上影响水印提取质量,探究输出方式对水印提取质量的影响规律,对促进水印方案在包装防伪中的应用意义重大。目前水印防伪算法多是采用仿真或喷墨、激光打印单一印刷实验进行验证,缺少印刷品防伪水印实际应用过程中所处环境的考虑^[8-11]。骆锦^[9]在实验中对含水印图像进行喷墨打印输出,对比数字图像与打印样张的颜色直方图特征发现,经过打印扫描,图像颜色范围分布变窄,会影响水印的提取质量。孙云峰等^[10]为实现水印技术在包装防伪中的实际应用,针对彩色图像的打印-扫描过程,提出一种基于傅里叶计算全息技术的数字水印算法,实验中使用喷墨打印纸和分辨率 300 dpi 的 HP inkjet 2230 彩色喷墨打印机来验证此方法的鲁棒性与不可见性。王彩印等^[11]为实现水印技术更好的鲁棒性与不可见性,提出将宿主图像转换为与设备无关的 Lab 颜色空间,在 CIEL*a*b* 的 Y-B (黄-蓝) 分量的傅里叶变换域嵌入水印信息, R-G (红-绿) 分量嵌入结构模版信号,并进行胶版印刷输出,得出实验结果,其输出方式的选取对该技术在常用批量印刷方式上的应用有实用意义。

针对研究工作与生产实际中常用的 4 种输出方式,采用笔者课题组所开发的水印算法^[13],对含水印的彩色图像进行输出与水印提取实验,以考察承印物和输出方式的选用对水印提取质量的影响规律,为数字水印技术在包装防伪中的实用化提供依据和基础数据。

1 印刷品全息水印算法

以谢勇等^[12-13]提出的基于 DWT 的全息水印算法为基础,将水印图像(图 1a)制作成全息水印图(图 1b),嵌入宿主图像后,再进行硬拷贝输出实验,以考察输出方式的配置对该算法水印提取质量的影响。该算法的水印嵌入与提取步骤见图 2,其中 HH 表示全息图的高频分量,HH₂ 表示宿主图像的中频分量,HH'₂ 表示已嵌入水印信息图像的中频分量,B 表示水印嵌入在蓝色通道。

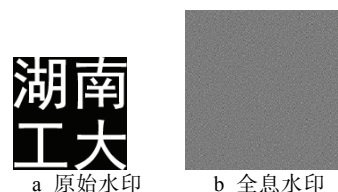


图 1 水印图像
Fig.1 Watermark image

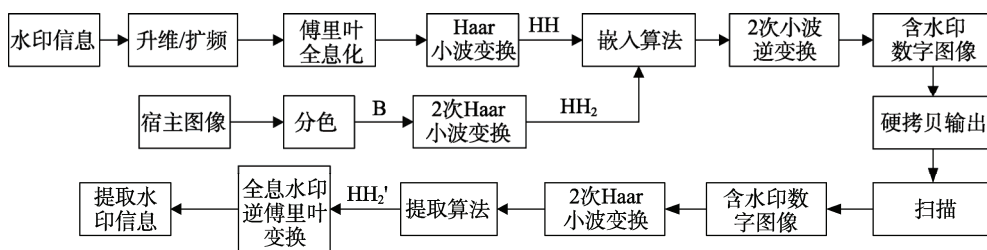


图 2 水印嵌入与提取过程
Fig.2 The processes of watermark embedding and extraction

1.2 实验方案

1.2.1 材料

1) 喷墨打印输出。采用喷墨打印纸(120 g/m² 泛太克厚型彩色喷墨打印纸)、相片纸(230 g/m² 柯达高光相片纸)、普通复印纸(80 g/m² 惠普纯白多功能纸)。

2) 激光打印输出。采用激光打印专用纸(128 g/m² Colorway 彩色激光打印纸)、普通复印纸(80 g/m² 惠普纯白多功能纸)。

3) 胶版印刷输出。采用胶版印刷纸(80 g/m²)、铜版纸 1(120 g/m²)。

4) 数码印刷输出。采用铜版纸 2(128 g/m² 金东 NEVIA 数码彩印高光纸)、激光彩印纸(120 g/m² Diamond 数码彩激纸)。

实验选取较具有代表性和较常用的 4 幅标准彩色测试图像作为宿主图像,见图 3。它们的图像纹理、色彩表现等图像特征各不相同。水印图像为黑底白字灰度图“湖南工大”,见图 1a。

1.2.2 仪器设备

实验输出设备:爱普生 L1800 彩色喷墨打印机(打印质量标准)、惠普 LaserJet Pro CP1025 (CE913A)彩色激光打印机(打印质量 ImageREt 2400)、

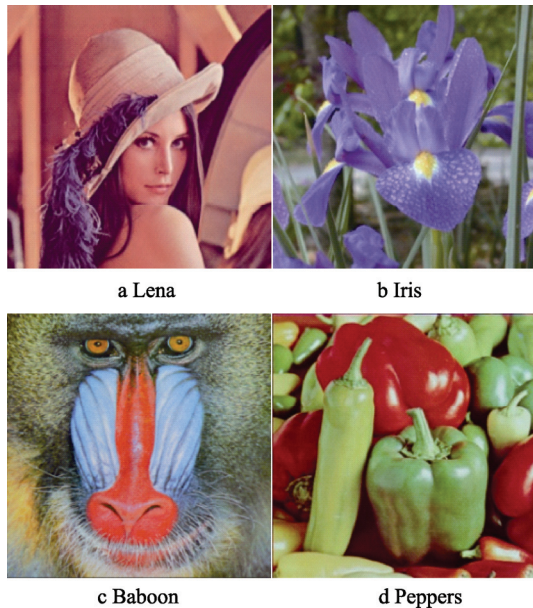


图 3 实验宿主图像
Fig.3 Host images for tests

滨田 WEIHAI HAMADA452A 四色胶版印刷机(调幅加网, 圆形网点, 加网线数 175 lpi)、柯尼卡美能达 bizhub PRESS C1060 数码印刷机(打印分辨率 600 dpi)。实验输入设备: 佳能 9000F 扫描仪(扫描分辨率 300 dpi)。实验图像处理软件为 Photoshop CS6, 分析软件为 MATLAB 2014b, 软件环境为 Windows7。

为表述方便, 将输出方式简写: 喷墨打印-照片纸输出(I-P), 喷墨打印-喷墨纸输出(I-I), 喷墨打印-普通复印纸输出(I-C), 激光打印-激光打印专用纸输出(L-L), 激光打印-普通复印纸输出(L-C), 胶版印刷-胶版印刷纸输出(O-O), 胶版印刷-铜版纸 1 输出(O-A), 数码印刷-彩激纸输出(D-L'), 数码印刷-铜版纸 2 输出(D-A')。

1.2.3 实验步骤

1) 喷墨/激光打印输出。将格式为.tif 的 4 幅含水印图像使用 Photoshop 拼版到一张 A4 纸上, 使用 Photoshop 打开并设置打印参数, 根据纸张特点设置合适的纸张类型, 如 I-P 输出方式其纸张类型选取为光泽照片纸, L-L 为 111~130 g/m² 重磅光泽纸。喷墨打印质量为标准或高, 其他参数为默认设置(文档配置文件 Dot Gain15%, 打印机配置文件为 EPSON L1800 Series Matte), 激光打印质量为 ImageRet 2400 或 600×600×1。

2) 胶版印刷输出。将格式为.tif 的 4 幅含水印图像使用 Photoshop 拼版到一张 A3 纸上, 使用排版与 RIP 软件设置灰度级(灰度层数为 256)、加网角度(C-15°, M-45°, Y-90°, K-75°), 调频调幅网类型为精细网目。

3) 数码印刷输出。将格式为.tif 的 4 幅含水印图像使用 Photoshop 拼版到一张 A3 纸上, 使用柯尼卡

美能达数码印刷机驱动打印, 根据纸张特点设置合适的纸张类型, 如 D-A' 设置为 106~135 g/m² 铜版纸 GL, 图像质量最佳, 无图像平滑, 分辨率为 600 dpi 或 1200 dpi, 亮度 100% 正常。

4) 扫描。使用扫描仪驱动程序, 分辨率设置为与原始数字图像分辨率相同(300 dpi), 图像设置中虚像屏蔽打开, 其余无或关闭, 均为默认设置, 扫描得到数字图像格式为.tif。

1.3 评价方法

归一化相关系数(NC 值)常用来衡量提取的水印信息与原水印信息的相似程度:

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

式中: $w(x,y)$ 为提取的待评价水印图像; $w'(x,y)$ 为原数字水印图像。NC 值越大, 说明提取的水印图像与原始的水印图像越接近, 最大值为 1。文中利用 NC 值评价不同输出方式下水印的提取质量。

2 结果与分析

限于篇幅, 图 4 仅列出了 Lena(图 3a) 输出样张的扫描结果, 其他图像的测试结果以 NC/PSNR 数值表示, 列于相应的图表中。

观察图 4 所列测试图像的所有输出样张, 基本特点是: 喷墨打印样张色彩饱和度高, 打印过程中会产生墨点飞溅, 有条带现象; 激光打印样张色彩饱和度不高, 印刷品偏暗, 墨迹分布不均, 过渡层次少, 边缘墨迹平实; 胶版印刷样张因空白亲水部分对图文部分有浸润, 印刷品边缘较中心墨色浅, 整体颜色密度不足; 数码印刷样张整体饱和度不高, 颜色较浅, 图像景深、纹理表现不佳。

对 4 种输出方式共计 36 个样张, 分别提取水印, 计算 NC 值并统计平均值, 结果见图 5。从图 5 可以看出: 4 种方式的输出样张基本能实现对有效水印信息的提取, 且其 $NC \geq 0.7$; 喷墨打印的图像复现效果最佳, 其提取水印的 NC 最大; 所有印刷品样张的水印 NC 值按大小排序为 I-P>I-I>O-O>I-C>O-A>D-L'>D-A'>L-C>L-L, 即喷墨打印的水印提取质量最好, 激光打印的最差; 胶版印刷与数码印刷都表现出了较好的水印提取效果, 证明此算法可以应用于实际印刷中, 总体表现是胶版印刷优于数码印刷。根据文献[11], 不同颜色油墨的网点扩散大小为 C>K>M>Y, 图 3b 含有大面积的水印嵌入通道色——B, B 由 C(青色)、M(品红)2 种最容易产生网点扩大的颜色合成, 致使影响了图像 3b 的复现与水印的提取。尤其是, 在激光打印与胶版印刷输出中(图 5b, e, f, h) 水印信

息不能够被有效提取($NC < 0.7$), 与纸张白度、光泽度等对网点扩大的影响有关。



图4 含水印图像的印刷/打印结果

Fig.4 Pressed/printed samples of watermarked image

水印提取质量是众多影响因素共同作用的结果。在现有实验条件下, 认为主要影响因素为承印纸张表面状态、印刷品图像色彩还原、印刷品图像纹理复现等。针对3个主要影响因素进行分析如下所述。

2.1 承印物对水印提取质量的影响

就印刷数字水印技术研究而言, 选择合适的承印物是首要任务。影响纸张印品质量的主要是纸张的印刷适性, 主要包含白度、粗糙度、光泽度、平滑度、不透明度、表面强度、含水量等, 其中纸张白度影响

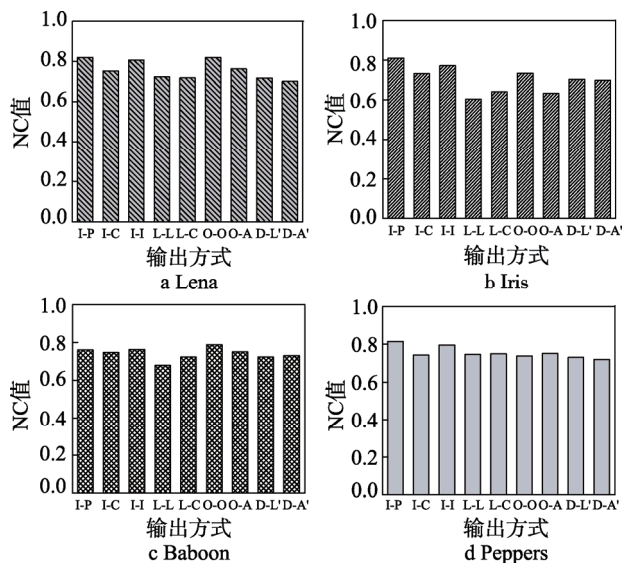


图5 4种输出方式下提取的水印NC值

Fig.5 The extracted watermark NC values under 4 hardcopy types

印品色彩还原; 平滑度决定了在压印瞬间, 纸张表面与着墨印版或橡皮布等印刷表面接触的程度, 是影响图文清晰与否、油墨转移是否全面的重要因素, 也常用粗糙度来表示, 纸张粗糙度越高平滑度越低; 光泽度影响纸张视觉效果与印后色泽, 且对扫描过程, 即模拟图像向数字图像转换过程中的色彩转换影响较大^[14-18]。对含水印图像的复现来说, 印刷过程中纸张白度、粗糙度/平滑度和扫描过程中的纸张光泽性能对水印质量影响较大, 为此, 该次实验对每种基材纸张随机选取2张进行白度、粗糙度、光泽度测试实验, 方法是: 依次裁剪位于纸张左上、右上、左、右、左下、右下, 大小为10 cm×10 cm矩形块, 使用测试仪器为YQ-Z-48B型数字白度仪、PPS M590印刷表面粗糙度仪(PPS)(夹样压力为500 kPa)、KGZ-1A型镜向光泽度仪, 实验结果为去掉一个最高与最低后的均值, 见表1, 并用符号 w, r, g 分别表示喷墨打印纸张的白度、粗糙度和光泽度。

印品最终呈色受纸张多种性能的综合影响, 且白度与粗糙度对印品影响更大, 对表1实验结果按白度、粗糙度、光泽度顺序进行分析。

1) 彩激纸、喷墨纸和照片纸白度最高, 铜版纸1、激光打印纸与铜版纸2白度最低, 即 $w(L') > w(I) > w(P) > w(C) > w(O) > w(A') > w(L) > w(A)$ 。较高的白度使得印刷图像显色饱和、鲜明, 网点扩大越小, 减少了纸张本身特征对图像复现的影响, 相应输出图像的复现与水印提取质量较好。纸张白度特征对印品影响较大, 白度较低纸张上的印刷品受纸张颜色影响, 呈色灰暗、浑浊, 水印与图像质量较差。相同输出方式下, 水印提取质量 $O-O > O-A, D-L' > D-A', L-C > L-L$, 与纸张白度大小呈正相关。

2) 照片纸与激光打印纸粗糙度最低, 普通纸与胶版印刷纸粗糙度最高, 即 $r(C) > r(O) > r(L') > r(I) >$

表 1 纸张白度、粗糙度、光泽度测试
Tab.1 Paper roughness, whiteness and gloss tests

纸张类型	w(R457)	r(PPS)/μm	g			NC	
			Gs(20°)	Gs(45°)	Gs(75°)	均值	最小值
照片纸(P)	105.26	2.58	24.42	29.15	72.92	0.8014(I-P)	0.7742(I-P)
喷墨纸(I)	108.40	3.27	1.22	5.92	4.20	0.7846(I-I)	0.7395(I-I)
普通纸(C)	98.23	8.19	1.30	6.28	6.62	0.7437(I-C)	0.7061(I-C)
						0.7075(L-C)	0.6952(L-C)
激光打印纸(L)	89.97	2.64	6.95	23.10	70.55	0.7422(L-L)	0.6918(L-L)
胶版印刷纸(O)	95.32	7.45	1.20	5.82	5.63	0.7700(O-O)	0.7014(O-O)
铜版纸 1(A)	87.00	2.73	4.07	19.72	65.50	0.7245(O-A)	0.7006(O-A)
彩激纸(L')	111.4	5.69	5.13	23.43	69.67	0.7185(D-L')	0.7175(D-L')
铜版纸 2(A')	95.19	2.66	1.28	7.56	8.41	0.7126(D-A')	0.7005(D-A')

注：R457 指纸张的 ISO 白度值或蓝光白度，不同的角度指不同的光泽度测量角度标定值。白度采用 GB/T 3978—2008, GB/T 7974—2002 等，粗糙度测试采用 GB/T 22363—2008，光泽度测试采用 GB 9745(20°)，ASTM-C 346(45°)，GB 8941.3(75°)等

$r(A)>r(A')>r(L)>r(P)$ ，即照片纸与激光打印纸平滑度最高，普通纸与胶版印刷纸最低，纸张平滑度/粗糙度特征对印品影响较大，粗糙度较大的纸张其表面凹凸，需墨量增大，也会产生实地密度不均匀、小网点丢失等问题，高平滑度有利于承印过程中的色彩清晰、完整转移。在相同输出方式且近似白度的情况下，水印提取质量 $I-P>I-I>I-C$ ，与粗糙度呈负相关。

3) 照片纸与激光打印纸光泽度最高，胶版印刷纸与喷墨纸光泽度最低，即 $g(P)>g(L)>g(L')>g(A)>g(A')>g(C)>g(I)>g(O)$ 。较高的纸张光泽度对输出图像的视觉表现以及模拟图像扫描中的色彩转移有利，但纸张白度与平滑度等对图像复现与水印提取质量影响更大，光泽度的影响较小。

2.2 色彩空间转换对水印提取质量的影响

大多数的数码相机、扫描仪使用 RGB 色彩空间成像，而彩色印刷、打印系统一般采用 CMYK 色彩空间。RGB 模式色域大于 CMYK 模式，若部分水印信息恰好处在 CMYK 无法表现的色域值范围，则在印刷/打印输出时这部分水印信息就会丢失。水印信息嵌入原稿，经印刷、打印输出，再扫描获取含水印的印刷品数字图像，这个过程相当于经过 RGB-CMYK-RGB 的 2 次色彩空间转换。文中使用计算机仿真实验模拟色彩空间转换过程，以考察色彩空间转换对水印提取质量的影响程度。实验使用的 RGB 和 CMYK 颜色空间为 Photoshop 默认的 sRGB IEC619-66-2.1 和 Japan Color 2001Coated，对比未经印刷/打印处理的 RGB 模式仿真实验过程与经过 RGB-CMYK-RGB 模式转换的模拟输出过程所提取的水印图像质量，分别计算出两者的 PSNR（峰值信噪比）与 NC 值，以考察输出过程色彩空间转换对水印透明性和鲁棒性的影响。

由表 2 可知，经过色彩空间转换后，水印图像的 PSNR 与 NC 均有一定程度的下降，尤以图 3b 最为严

表 2 色彩空间转换对含水印图像的影响
Tab.2 Effects of color space conversions on watermarked images

测试图像	RGB		RGB-CMYK-RGB	
	PSNR	NC	PSNR	NC
图 3a	33.244	0.9125	31.1317	0.9117
图 3b	33.3845	0.9096	23.0294	0.7989
图 3c	32.1916	0.9123	30.8039	0.9052
图 3d	33.488	0.9071	31.1859	0.8806

重，说明输出过程的色彩空间转换对水印图像复现与水印提取质量的影响是客观存在的，其影响程度与宿主图像的色彩构成相关。总体表现为 NC 值与 PSNR 的变化趋势一致，即测试图像的 PSNR 下降越大则 NC 值衰减越严重，说明图像的细节与色彩等复现程度对水印的提取质量产生较大影响。

进一步分析宿主测试图像的色彩构成对水印提取质量的影响。限于文章篇幅，仅以 Lena（图 3a）为例，其各输出方式样张所提取水印的 NC 统计值列于表 3。表 3 中，颜色分量均值(CCM)计算公式见式(2)，为改善水印图像的质量和减少计算量，对所有提取的水印图像均进行了一次中值滤波，见式(3)。

$$C_{ave} = \frac{\sum_{x,y} I(x,y)}{x \cdot y}$$

(2)

$$I(x,y) = med\{f(x,y), (k,l \in W)\}$$

(3)

式中： $f(x,y)$ 和 $I(x,y)$ 分别为原始图像与滤波后图像，实验中滤波处理模板大小为 3×5 。

测试图 3a 的颜色颜色分布与水印提取质量之间的关系见表 3。经过 2 次色彩空间转换的图像其色彩分布比未经转换的小且 NC 值较低，说明输出过程中的色彩空间转换变成一种攻击方式对图像复现与水印提取造成了影响。当输出方式相同承印纸张不同时，B 通道颜色分布主要表现为 $I-I>I-C$ ， $L-C>L-L$ ， $O-O>O-A$ ， $D-L'>D-A'$ ，颜色分布大小关系与 NC 值大小呈正相关关系，其他 3 幅测试图得出了相似的结果。

表 3 色彩构成对水印提取质量的影响
Tab.3 Effect of color composition on watermark extraction quality

输出方式	颜色分布			NC
	R	G	B	
原始 RGB 图像	0.7068	0.3881	0.4133	0.9125
模拟 RGB-CMYK- RGB 转换	0.6819	0.3812	0.4032	0.9117
I-P	0.6407	0.3668	0.4518	0.8014
I-C	0.7217	0.4560	0.5000	0.7437
I-I	0.7433	0.4079	0.5065	0.7846
L-L	0.6468	0.3326	0.4975	0.6883
L-C	0.6403	0.3398	0.4981	0.7075
O-O	0.6884	0.5113	0.6089	0.7700
O-A	0.6804	0.3920	0.5286	0.7245
D-L'	0.7910	0.5136	0.6282	0.7185
D-A'	0.7733	0.4754	0.5807	0.7126

表 4 输出精度对水印提取质量(NC)的影响
Tab.4 Effect of output resolution on watermark extraction quality(NC)

输出精度	图 3a	图 3b	图 3c	图 3d
I-I-标准	0.7661	0.7569	0.7481	0.7638
I-I-高质量	0.7472	0.773	0.7607	0.7663
L-L-600×600×1	0.652	0.6146	0.6731	0.7219
L-L-ImageREt2400	0.7013	0.5936	0.6858	0.726
D-L'-600 dpi	0.721	0.744	0.7335	0.7544
D-L'-1200 dpi	0.6965	0.7034	0.7232	0.73
D-A'-600 dpi	0.6973	0.7035	0.7238	0.7306
D-A'-1200 dpi	0.7005	0.6987	0.7302	0.7209

表 5 输出精度对图像质量的影响(PSNR)
Tab.5 Effect of output resolution on image quality(PSNR)

输出方式	精度 a	精度 b
I-P	22.8075	23.1794
I-C	17.2531	18.2549
I-I	21.6148	22.4847
L-L	16.4737	16.6117
L-C	16.5807	17.2236
D-L'	15.2603	15.0166

3 结语

含水印信息的数字图像、打印输出图像与印刷输出图像的水印提取质量有较大的差别。数字图像 NC 值可以稳定在 0.9 左右, 喷墨打印提取水印 NC 值在 0.75 以上, 印刷输出多在 0.75 以下, 总体表现为喷墨打印>胶版印刷>数码印刷、激光打印。研究印刷水印的鲁棒性时, 不能用仿真及打印输出代替印刷攻击。纸张的表面状况对水印提取质量影响较大。铜版纸、激光打印纸白度较低, 影响图像色彩还原, 彩色图像中水印信息丢失严重; 照片纸与激光打印纸粗糙度较低, 普通纸与胶版印刷纸粗糙度最高, 高粗糙度纸张表面凹凸造成的图像复现质量下降影响水印提

2.3 输出精度对水印提取质量的影响

硬拷贝输出精度影响印刷品图像纹理等细节的复现。文中水印嵌入位置为频域, 水印图像以复杂纹理形势隐含于油墨之中, 因此印刷品图像细节的复现和完整性, 同样直接影响水印的提取。这里使用印刷线数和打印分辨率指标表征输出精度。4 种输出方式使用不同的输出精度的水印提取结果见表 4, 因胶版印刷输出精度不易改变, 故未采用。测试图 3a 在相应输出方式下 2 种精度输出的 PSNR 值见表 5。

表 4 数据显示设置使用不同的分辨率或打印质量输出对图像的水印提取质量影响没有较明显的统一规律, 说明在达到图像复现质量要求的前提下(见表 5, PSNR>15), 输出精度对水印提取质量的影响不大。

取; 纸张光泽度对图像复现与水印提取质量影响较小。输出过程中的色彩空间转换导致图像部分色彩丢失, 对输出图像复现与水印提取质量产生不利影响, 而水印提取质量的优劣与宿主图像色彩分布尤其是嵌入通道色彩分量相关, 且与颜色分量的含量比例呈正相关关系。在满足图像复现质量要求的前提下, 提高输出精度对水印提取质量的影响较小。

参考文献:

- [1] HE Zi-fen, ZHANG Yin-hui. Fusion on the Wavelet Coefficients Scale-Related for Double Encryption Holographic Halftone Watermark Hidden Technology[J]. IEICE Transactions on Information and System, 2015, 98(7): 1391—1395.
- [2] 谢勇, 谭海湖, 王凯丽. 基于 DWT-QDFT 的硬拷贝彩色图像全息水印[J]. 光电子·激光, 2016, 27(10): 1086—1093.
XIE Yong, TAN Hai-hu, WANG Kai-li. A Hologram Algorithm Based on DWT-QDFT for Hardcopy Color Image[J]. Journal of Optoelectronics·Laser, 2016, 27(10): 1086—1093.
- [3] 谢勇, 谭海湖, 王凯丽. 抗印刷/扫描彩色图像零水

- 印方案[J]. 包装学报, 2016(1): 1—7.
XIE Yong, TAN Hai-hu, WANG Kai-li. A Zero-watermark Scheme Robustness Against Printing-scanning Color Image[J]. Packaging Journal, 2016(1): 1—7.
- [4] CHENG C J, HWANG W J, ZENG Han-yi, et al. A Fragile Watermarking Algorithm for Hologram Authentication[J]. Journal of Display Technology, 2014, 10(4): 263—271.
- [5] 谢勇, 胡亚萍, 谭海湖. 一种抗旋转的彩色图像全息水印防伪方案[J]. 包装学报, 2014(4): 1—7.
XIE Yong, HU Ya-ping, TAN Hai-hu. Color Image Rotation Distortion Resistant Holographic Watermarking Security Program[J]. Packaging Journal, 2014(4): 1—7.
- [6] 谢勇, 张金龙, 张雯. 一种基于奇异值的抗打印/扫描的彩色图像零水印方案[J]. 包装学报, 2014, 6(3): 10—13.
XIE Yong, ZHANG Jin-long, ZHANG Wen. A Zero-watermark Scheme Based on Singular Value of the Resistance to Printing/scanning Color Image[J]. Packaging Journal, 2014, 6(3): 10—13.
- [7] 谢勇, 冯起芹, 单武扬, 等. 数字全息水印在印刷半色调图像中的应用[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 101—105.
XIE Yong, FENG Qi-qin, SHAN Wu-yang, et al. Application of Digital Hologram Watermark in Printing Halftone Image[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(4): 101—105.
- [8] 李孟涛, 孙刘杰, 李晨璐. 基于小波变换的傅里叶加密印刷水印算法研究[J]. 包装工程, 2012, 33(1): 108—112.
LI Meng-tao, SUN Liu-jie, LI Chen-lu, et al. Research on Fourier Encryption Printing Watermarking Algorithm Based on Wavelet Transform[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(1): 108—112.
- [9] 骆锦. 抗打印扫描攻击的彩色图像数字水印算法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.
LUO Jin. The Research of Anti-Print-and-Scan attack on Color Digital Image Watermarking[D]. Xi'an: Xi-dian University, 2010.
- [10] 孙云峰, 翟宏琛, 杨晓苹, 等. 傅立叶计算全息数字水印在彩色图像印刷防伪中的应用[J]. 光电子·激光, 2008, 19(7): 952—955.
SUN Yun-feng, ZHAI Hong-chen, YANG Xiao-ping, et al. Application of Fourier Watermarking Technique in Color Image Forgery-Prevention Printing[J]. Journal of Optoelectronics·Laser, 2008, 19(7): 952—955.
- [11] 王彩印, 孔祥维, 郭君, 等. 基于 ICC 色彩空间转换的彩色印刷图像数字水印[J]. 光电子·激光, 2014, 25(11): 2186—2195.
WANG Cai-yin, KONG Xiang-wei, GUO Jun, et al. Adaptive Color Printing Image Watermarking Based on ICC Color Space Conversion[J]. Journal of Optoelectronics·Laser, 2014, 25(11): 2186—2195.
- [12] XIE Yong, YUAN Yi, TAN Hai-hu, et al. Effect of Embedding Way on Printed Watermarking Image by Lithography[C]// Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), 2014 International Conference on IEEE, 2014: 286—289.
- [13] XIE Yong, SHAN Wu-yang, CAO Xiao-long, et al. Analysis and Comparison of Holographic and Traditional Digital Image Watermarking in DWT Domain[C]// Computer Science & Education (ICCSE), 2012 7th International Conference on IEEE, 2012: 790—793.
- [14] 黄学林, 蒋文燕. 纸张表面特性对数字印刷色彩再现的影响[J]. 中国造纸, 2014, 33(12): 29—32.
HUANG Xue-lin, JIANG Wen-yan. Influence of Surface Characteristics of Paper on Digital Printing Color Reproduction[J]. China Pulp & Paper, 2014, 33(12): 29—32.
- [15] 孟卿君. 基于纸张白度的印刷品性能与色彩表现控制研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2014.
MENG Qing-jun. Research on Printing Performance and Color Expression Controlling Based on Paper Whiteness[D]. Xi'an: Shanxi University of Science and Technology, 2014.
- [16] 杨旻, 赵中亮. 纸张平滑度与印刷的关系及其测量仪器[J]. 印刷技术, 2008(5): 29—32.
YANG Min, ZHAO Zhong-liang. The Relationship Between Paper's Smoothness and Printing and Its Measuring Instruments[J]. Printing Technology, 2008(5): 29—32.
- [17] 陈怡, 张瑛, 钟妍, 等. 纸张表面特性对印刷网点扩大影响的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(13): 94—96.
CHEN Yi, ZHANG Ying, ZHONG Yan, et al. Research about the Influence of Paper Surface Characteristics on Printing Dot En-largement[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(13): 94—96.
- [18] 李艳妮, 亓辉, 王燕云. 纸张性能对网点扩大的影响研究[J]. 纸和造纸, 2016, 35(1): 41—43.
LI Yan-ni, QI Hui, WANG Yan-yun. Research on the Influence of Dot Gain Based on Paper Performances[J]. Paper and Paper Making, 2016, 35(1): 41—43.