

# 一种优化的基于 DWT 的抗打印扫描的数字水印算法

刘真<sup>1</sup>, 丁盈盈<sup>2</sup>

(1. 上海理工大学, 上海 210093; 2. 南京林业大学, 南京 210037)

**摘要:** 提出了一种优化的基于离散小波变换(DWT)的抗打印扫描的数字水印算法。算法将小波系数分为低频、中频、高频 3 类,并根据人眼视觉系统对这 3 类系数的不同分辨率加载了不同强度的水印信息,在保证不可见性的前提下增加了鲁棒性;同时在提取时增加了对扫描图像预处理过程,提高了水印信息提取的正确率。实验证明,算法对剪切、噪声、压缩攻击都具有较好的鲁棒性。

**关键词:** DWT; 小波系数; 预处理; 水印算法

**中图分类号:** TS895 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)11-0093-07

## An Optimized and DWT Based Printing and Scanning Resistant Watermark Algorithm

LIU Zhen<sup>1</sup>, DING Ying-ying<sup>2</sup>

(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 210093, China; 2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** An optimized watermark algorithm based on discrete wavelet transform (DWT) was put forward, which can resist to printing and scanning. The algorithm divides wavelet coefficients into low frequency, middle frequency, and high frequency. Watermark of different intensities was applied to guarantee invisibility and increases robustness according to different resolutions of human vision to the three coefficients. Pretreatment process was added while extracting scan image to enhance the extraction accuracy watermark information. Experiments showed that the algorithm has good robustness to shear, noise, compression attacks.

**Key words:** DWT; wavelet coefficient; pretreatment; watermark algorithm

近年来,随着计算机多媒体技术的迅速发展,各种数字产品不断涌现,人们可以方便的利用数字设备制作、处理和存储图像、视频、音频等信息媒体。而网络通信技术的发展使得这些数字产品的传播也变得越来越方便和快捷,实现了“数字化”和“网络化”。过去的传统媒体作为一种记录设备,盗版拷贝的质量十分糟糕,因此在一定的程度上限制了盗版产品的增加。而如今的数字产品,经过拷贝过程可以完全不损失作品的质量。因此,这些数字作品及其拷贝可以很容易的借助网络或者各种存储设备不断的被复制、分发、处理和公开,从而引起了数字信息传输的安全问题和数字产品的版权保护问题<sup>[1-2]</sup>。

如何在网络环境中有效地实施版权保护和信息

安全手段,已经引起了国际学术界、企业界以及政府有关部门的广泛关注。而如何有效的防止数字产品(例如数字图像、视频、音频、电子出版物等)被侵权、盗版和随意的篡改,成为了世界各国相关学者进行研究的热点内容之一。数字水印就是在此基础上发展起来的<sup>[3-4]</sup>。

目前,数字水印算法的研究主要集中在变换域中实现。水印信息被加载到图像的变换域中,能量可以扩展到空域的所有像素上,不但有利于保证水印的不可见性,还能够在一定程度上降低由于图像中部分像素丢失引起的水印信息丢失的风险;同时,变换域水印可以与现有的数据压缩标准进行兼容,在视频水印中具有相当重要的作用<sup>[5]</sup>。

**收稿日期:** 2011-04-12

**作者简介:** 刘真(1953—),女,江西莲花县人,上海理工大学教授、博士生导师,主要研究方向为数字图文信息处理、色彩再现理论与应用和印刷数字化集成管理。

而针对不同的对象,专家们也致力于研究满足不同功用的数字水印算法。为了证明数字媒体作品的版权所有者,专家们提出了各种鲁棒性的数字水印算法,可以在水印中隐藏作者的版权信息。这类水印算法的研究重点是保证水印的鲁棒性,避免被盗用者所破坏。为了检测数字文档是否被篡改,专家们提出了各种脆弱性的数字水印算法,一旦文档被修改,水印就会被破坏,以此来证明文档的真实性。这类水印算法的研究重点是保证数字水印的脆弱性,细小的改动也能使水印无法检测。

本研究的目的在于针对印刷品需要输出的特性,提出了一种优化的基于 DWT 的针对打印扫描的数字水印算法,使得输出后的印刷品也能进行数字水印信息的提取,既满足了对纸质印刷品添加防伪手段的要求,同时也使数字水印技术从理论研究转向实际应用。由于印刷品在印刷以及扫描过程中会产生一定程度的失真,因此,算法不但需要考虑对这些失真的校正,同时要保证在含有失真的图像上依然能够提取到水印信息。

## 1 优化的水印嵌入和提取算法

### 1.1 优化的水印嵌入算法

对于一张彩色数字图像来说,主要包含了 R, G, B 3 个颜色通道。要对彩色图像加入水印信息,目前主要采用的方法有 2 种:将 RGB 颜色空间转换成为 Lab 空间,在亮度 L 分量中嵌入颜色信息,得到 L' 分量,然后再将嵌入了水印信息的 L' 分量替代原来图像中的 L 分量,运用逆转换公式转换回 RGB 颜色空间<sup>[6]</sup>。由于亮度分量 L 在进行 RGB 转 CMYK 的过程中,产生的误差要比 R, G, B 这 3 个颜色通道所产生的误差要小,能够更好地保存水印信息;在 R, G, B 3 个颜色通道中选择一个颜色通道进行水印信息的嵌入<sup>[10-11]</sup>。

研究了这 2 种嵌入方法,虽然亮度分量 L 相较于 R, G, B 分量,能够在 RGB 转 CMYK 的过程中保持更好的颜色准确性,但是在 RGB 转换为 Lab 颜色空间的过程中,转换公式并不是线性公式,而是一个近似公式,因此在 RGB 到 Lab 的转换过程中会产生一定的误差,而从 Lab 到 RGB 的逆转换过程中又会出现误差。因此,本论文采用第 2 种方法,即选择一个颜色通道进行水印信息嵌入。

通过在 Photoshop 中进行仿真实验,可以得出 R, G, B 3 个分量在经过 CMYK 转换后的颜色变化,见图 1。

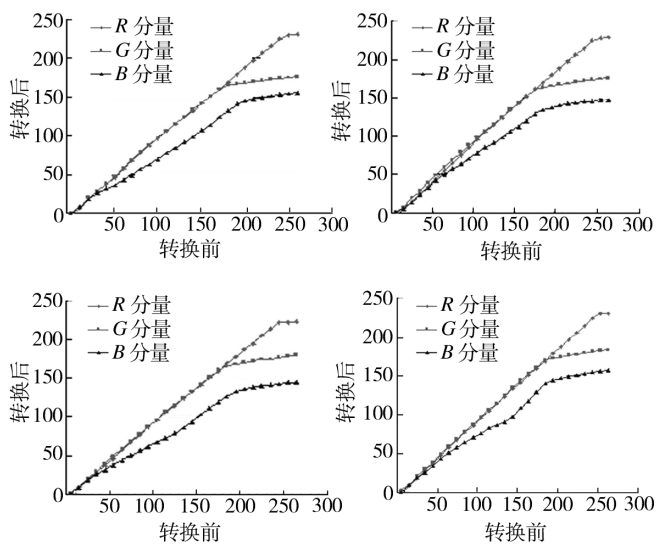


图 1 RGB 转 CMYK 后颜色分量的变化

Fig. 1 The changes of color component after RGB to CMYK

仿真实验过程为:

- 1) 在 Photoshop 中新建一个 RGB 模式的文件。
- 2) 在文件中分别绘制 R, G, B 3 个颜色分量的色块, 0~255 每隔 10 为一个色块, 共  $27 \times 3$  个色块。记录下每个色块的颜色值。
- 3) 将此 RGB 文件转换到 CMYK 颜色空间, 然后观察并记录每个色块的颜色值, 得到实验结果。
- 4) 更换不同的特性文件, 重复 3 步骤, 记录下在不同的特性文件下, 经过 RGB 到 CMYK 转换后, R, G, B 3 色的颜色值变化。

从图中可以看出, 针对这 4 个特性文件, 相对于 G, B 2 个颜色分量, R 分量在转换后所产生的颜色误差最小, 得到的几乎是一条直线, 可以近似的看做是线性变换, 只有在 250~255 之间产生了较大的颜色误差。而 G 分量在 190 之前得到的效果较好, 而 190 以后的值, 转换前与转换后的误差较大。而 B 分量得到的基本不是一条直线。因此, 选择在 R 分量中进行水印信息的嵌入。

经过 2 次离散小波变换后, 一幅图像可以分解成 7 个子图像, 包含一个低频图像和 6 个高频细节子图像。由于低频子图像中包含了图像的大部分能量, 因此在低频子图像中进行修改很容易被人眼所感知到。去除低频子图像, 仍然有 6 个图像可以选择嵌入水印

信息。

目前,许多专家所提出的数字水印算法都是同时在 2 个或 2 个以上子图像中加入水印信息,这是为了能够加强水印的鲁棒性,降低被各种攻击破坏的风险。但是,通过实验证明,同时在 2 个或 3 个子带中加入水印信息,对图像产生的影响要远大于在单个子带中加入水印信息。实验过程如下:

1) 选择数字图像标准测试图中的 Lena 图像, Baboon 图像以及 Peppers 图像作为载体图像。

2) 分别对这 3 幅图像做二级小波变换,每幅图像得到 7 个子图像,分别为  $HL_1, LH_1, HH_1, LL_2, HL_2, LH_2, HH_2$ 。

3) 在每幅图像的 3 个二级小波子图像  $HL_2, LH_2, HH_2$  中,分别选择单个子带、双子带以及三子带嵌入同样强度的水印信息。

4) 分别将嵌入了水印信息后的 Lena 图像, Baboon 图像以及 Peppers 图像与原 Lena 图像, Baboon 图像以及 Peppers 图像进行比较,测量两者的相似程度。得到的实验结果见表 1。

表 1 嵌入子带和峰值信噪比的大小

Tab.1 Embedded sub-band and PSNR values

	嵌入位置	Lena 图像	Baboon 图像	Peppers 图像
单子带	$LH_2$	34.156	34.1561	34.1514
	$HL_2$	34.156	34.1554	34.1514
	$HH_2$	29.303	25.3588	28.8727
双子带	$LH_2 HL_2$	31.1564	31.624	31.1413
	$LH_2 HH_2$	29.0454	29.0588	29.019
	$HL_2 HH_2$	29.0455	29.0585	29.0187
三子带	$LH_2 HL_2 HH_2$	27.9379	27.9629	27.8568

表中所测得的值是用来比较加入了水印信息后的图像与原载体图像的相似程度的,值越大,表示相似程度越高。由表中可以看出,在单子带中嵌入水印信息得到的结果要比在双子带和三子带中嵌入水印信息得到结果要好,水印的不可见性要高。因此,可以得到结论:在单子带中嵌入水印信息后得到的图像与原载体图像最为相似,随着嵌入水印信息的子带的增加,相似程度逐渐下降。

为了在嵌入水印信息的同时不影响图像的视觉质量,本研究选择在单子带中嵌入水印信息,以保证载入水印信息后的图像与原载体图像具有较大的相似性。但是,相对于双子带和三子带的嵌入方式,可选择和用来嵌入水印信息的小波系数的数量也少了,

即可嵌入的水印信息容量也小了。这就需要找到一种方法,能够尽可能多的对图像加入水印信息,却又不能影响视觉效果。

因此,提出了在  $LH_2$  层的所有的小波系数中嵌入水印信息的算法。而在所有小波系数中,根据系数的大小,可以分为低频、中频和高频系数。而人眼的视觉系统对这 3 种的敏感度是不相同的,可以根据这个特性,在不同的区域加入不同强度的水印信息,既保证不可见性,又能保证鲁棒性。

通过实验,可以确定每一部分能够加入的水印强度。主要的实验步骤如下:

1) 以数字图像处理标准测试 Lena 图和 Baboon 图为载体图像。

2) 分别对其嵌入不同强度的水印信息,得到多个嵌入了水印的图像。

3) 根据 Lena 图和 Baboon 图的图像内容,将图像分为低频部分、中频部分和高频部分,见表 2。

表 2 低频、中频、高频的嵌入强度的主观评价

Tab.2 The subjective evaluation value of embedding strength in low, middle, and high frequency

图像内容	嵌入强度								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Lena 低频	5	4.8	4.3	3.9	3.4	3	2.7	2.1	1
Lena 中频	5	5	5	4.7	4.2	3.8	3.4	3.1	1.9
Lena 高频	5	5	5	5	4.9	4.8	4.5	4.4	3.8
Baboon 低频	5	4.9	4.4	3.8	3.5	3.1	2.5	2	1
Baboon 中频	5	5	5	4.8	4.6	4.2	3.7	3.1	2.3
Baboon 高频	5	5	5	5	5	4.9	4.6	4.6	4.5

4) 分别打印输出嵌入了水印信息的图像和原载体图像。

5) 通过主观评价法评价嵌入水印信息的图像中各个部分与原图像相对应区域,选择视觉效果最好的部分,得到合适的水印强度因子。

6) 提取图像中低频部分、中频部分以及高频部分的图像内容,做 2 层小波变换,得到  $LH_2$  层的小波系数值,求得该区域小波系数的平均值,作为小波系数分类的阈值。

表 2 中,水印强度分成了 9 个等级进行嵌入。水印嵌入强度大,意味着水印信息在图像处理过程中的鲁棒性越好,越不容易丢失。因此,需要在嵌入水印信息后,图像的视觉质量符合要求的情况下,保证水印嵌入强度尽可能的大。根据实验结果,确定低频

部分、中频部分和高频部分的嵌入强度分别为 10, 20 和 30。

将低频区域、中频区域和高频区域从图像中提取出来,进行 2 层小波变换,求得的  $LH_2$  层的系数平均值分别为:

Lena 图:低频为 8.194 6;中频为 19.312;高频为 27.67

Baboon 图:低频为 9.041 3;中频为 20.102;高频为 27.583

由此得到将小波系数进行分类的阈值:低频区域小于等于 9;中频区域大于 9 小于等于 27;高频区域大于等于 27。

本水印算法的主要步骤如下:

1) 在进行 2 层小波变换以后,将  $LH_2$  层的小波系数分成大小与水印图像大小相等的 4 个矩阵。

2) 从第 1 个矩阵的第 1 个小波系数开始,判断小波系数属于低频、中频或高频系数,嵌入水印图像的第 1 个信息,依次将第 1 矩阵中的每一个系数都嵌入水印信息。

3) 将第 2, 3, 4 个矩阵中的小波系数都嵌入一遍水印信息,这样一共可以嵌入 4 遍水印信息。

这种方法保证了在图像受到攻击丢失部分信息后,水印信息仍然能够被提取出大部分,并恢复出水印图像的内容。

## 1.2 优化的水印提取算法

由于在传递、输出、扫描等过程中,图像可能会经过一系列攻击以及恶意攻击,因此能够提取出的水印信息会受到很大的干扰。为了能够使这些图像失真所造成的影响减到最小,同时提高检测得到的水印信息的正确率,不能直接检测扫描图像中的水印信息,而需要先对扫描得到的图像进行预处理,使图像能够更好的再现,然后再通过检测器检测水印信息。扫描图像的预处理主要包括阶调调整和像素重定义。

图像经过打印输出后,输出阶调与输入阶调就不是线性关系,输出阶调明显小于输入阶调。阶调调整的目的主要是将扫描图像的阶调拉开,使图像能够更好的表现细节部分。

图像经过了打印、扫描、调整等过程后,所得到的图像尺寸与原图像并不一致,而数字水印信息的提取,要求图像大小与载体图像的大小完全一致。因此,在不能舍弃图像内容的情况下,可以通过 Photoshop 中的插值算法进行图像中像素的重定义。

扫描图像在提取水印信息前进行预处理,能够在一定程度上修正各种失真,使提取得到的水印图像更加的清晰,错误率少。因此,扫描图像的预处理是水印提取过程中一个必不可少的步骤。

采用的数字水印嵌入算法将水印信息重复嵌入到载体图像中,也是为了在被提取的过程中能够保持一定的正确率,不被外界的改变所干扰,尽可能的得到与原水印相似的水印信息。

具体提取过程如下:

1) 将图像进行 2 层小波变换,得到  $LH_2$  层的小波系数。

2) 将  $LH_2$  层的小波系数分成 4 个矩阵。

3) 通过式(1),从第 1 个矩阵的第 1 个位置开始,将每个小波系数与未嵌入水印信息的小波系数进行比较,判断该位置是否含有水印信息,保存至水印矩阵 watermark1,若含有水印,值为 0,反之,无水印,值为 1。

$$W'(i, j) = \begin{cases} 0 & X'(i, j) \leq X(i, j) \\ 1 & X'(i, j) > X(i, j) \end{cases} \quad (1)$$

4) 依次检测 2, 3, 4 矩阵中每个位置的水印信息,得到水印矩阵 watermark2, watermark3, watermark4。

5) 比较 watermark1, watermark2, watermark3, watermark4 中水印矩阵的每一个位置,当某个位置有 2 个或 2 个以上的矩阵都能检测到水印信息时,则判断该位置含有水印信息,保存到 Finalwatermark。

6) 将 Finalwatermark 进行 Arnold 变换,恢复成水印图像。

## 2 数字水印实验和结果分析

### 2.1 实验步骤

#### 2.1.1 水印嵌入过程

1) 选择要进行嵌入的水印信息以及载体图像。

2) 提取载体图像红色分量通道 R。

3) 将红色分量通道 R 进行 2 层小波变换,得到小波系数。

4) 将  $LH_2$  层的小波系数分成 4 个矩阵,每一块中可以都嵌入一遍水印信息,一共可以嵌入 4 遍水印信息。

5) 将水印信息进行 Arnold 变换,打乱原水印信息的图像内容。

6) 将第 1 矩阵中的小波系数分类,选择对应的强度将置乱后的水印信息嵌入。

7) 重复第 6 步骤,将 2,3,4 块中的小波系数都嵌入水印信息,得到修改后的  $LH_2'$ 。

8) 将  $LH_2'$  取代原来的  $LH_2$  层小波系数,与其他小波系数做逆小波变换,得到红色通道  $R'$ 。

9) 用  $R'$  取代原来的红色通道  $R$ ,还原图像,得到嵌入了水印信息的载体图像  $P_2$ ,见图 2。

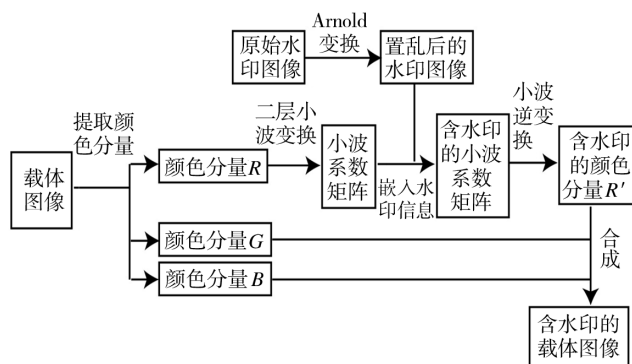


图 2 水印嵌入过程

Fig. 2 Watermark embedding process

### 2.1.2 水印提取过程

1) 用 Epson7880 数码打印机将嵌入了水印信息的载体图像  $P_2$  用最高质量进行输出。

2) 将输出后的图像以 300dpi 的分辨率扫描进电脑,变成电子稿。

3) 扫描图像进行预处理,包括调整阶调、黑白场设置以及像素重定义,得到图像  $P_3$ 。

4) 选取  $P_3$  的红色通道  $R_3$ ,进行 2 层小波变换。

5) 求输出后的  $LH_2$  层小波系数以及输出前的  $LH_2$  层小波系数的平均值,取二者的差值,对小波变换系数进行补偿。

6) 将  $LH_2$  层的小波系数分成 4 大块,分别与原始  $LH_2$  层的 4 块小波系数进行比较,提取水印信息,得到 4 个可能的水印信息矩阵。

7) 对 4 个水印信息矩阵进行比较,得到最终的水印信息矩阵。

8) 将水印信息矩阵进行 Arnold 变换,恢复成水印图像。

9) 对加载了数字水印的图像进行攻击,评价水印算法的各种性能,见图 3。

## 2.2 结果分析

PSNR 值和 NC 值是用来评价数字水印不可见

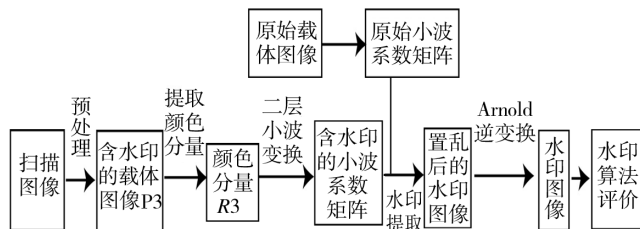


图 3 水印提取过程

Fig. 3 Watermark extraction process

性和鲁棒性的 2 种常用数值。PSNR 值称为峰值信噪比,用来度量水印的不可见性和衡量原始图像和重构图像的相似程度。其中,原始图像是指为嵌入水印信息的载体图像,而重构图像是指经过空-频域转换嵌入水印信号以后又转回空域的图像。当  $PSNR > 30$  时,人眼视觉系统就很难分辨出 2 张图像的差异。而 PSNR 越大,说明被检测的图像与原始图像越相似,水印的不可见性越好。NC 值称为归一化相关系数(Normalized Cross-Correlation),常用来评价原始水印和提取出的水印的相似程度。NC 值越接近于 1,说明提取出的水印质量越好。一般来说,当 NC 值小于 0.6 时,所提取出的水印叫做无效水印信息。

$$RSNR = 10 \lg \left[ \frac{\max[X^2(i, j)]}{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [X'(i, j) - X(i, j)]^2} \right] \quad (2)$$

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^M w'_i w_i}{\sum_{i=1}^M w_i^2} \quad (3)$$

实验选择了 5 张佳能、尼康、索尼等数码相机公司官方网站的标准数码样张,见图 4。作为水印的载体,测试了水印算法的性能,实验结果见表 3。

表 3 图像的 PSNR 值

Tab. 3 The PSNR values of images

图像名称	PSNR 值
亮调图像	34.152
中间调图像	36.110
全阶调图像	36.091
景物图像	34.255
饱和度图像	34.215

可以看到,对于这 5 类图像,水印算法都能够得到较好的不可见性,即图像中平滑过渡的部分以及边缘和纹理部分都能在不影响图像输出质量的前提下,将数字水印信息完整的嵌入到图像中。

图像 NC 值见表 4,可以看到,当对嵌入了水印信



图4 标准数码样张

Fig. 4 Standard digital sample

表4 图像的NC值

Tab. 4 The NC values of images

图像名称	NC 值			评价
	电子稿	打印扫描	预处理	
	直接提取	后提取	后提取	
亮调图像	1	0.818 51	0.977 73	清晰
中间调图像	1	0.627 24	0.772 04	一般
全阶调图像	1	0.763 03	0.909 38	清晰
景物图像	1	0.574 46	0.887 5	一般
饱和度图像	1	0.651 05	0.955 21	清晰

息的电子稿直接进行水印提取时,所有的图像都可以获得极好的结果,提取得到的水印图像与原水印图像完全一致。一旦电子稿被输出,经过了打印、扫描等过程,提取的水印图像质量就会大大下降。其中,亮调图像、全阶调图像以及饱和度图像提取得到的水印图像结果较好,周围的噪声较少。而中间调图像和景物图像所提取的水印图像清晰度下降,周围的噪声较多。

产生这种差异的主要原因有2个:

1) 在于红色分量通道信息量的数量。5幅图像的红色分量通道的直方图见图5。上方的3个直方图a-c所代表的分别是亮调图像、全阶调图像和饱和度图像,红色通道信息量较为丰富,而下方的2个直方图d,e代表中间调图像和景物图像,红色通道信息量相较于前3者较少。上方的3个图像提取出的水印信息质量较好,而下方的2个图像提取出的水印信息质量要稍逊一筹。所采用的水印算法,水印信息的嵌入位置是RGB图像的红色分量通道R中的LH<sub>2</sub>小波系数层。图像中的红色分量通道信息量大,层次丰

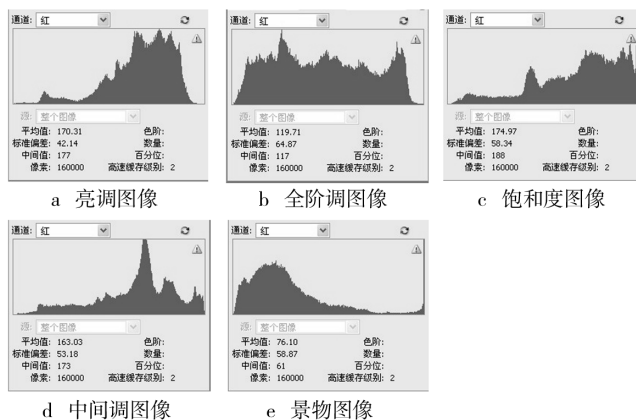


图5 图像的红色分量直方图

Fig. 5 The red component histogram of image

富,在图像输出的过程中,红色分量受到的影响和损失所占的比值就小,能够较好地保存数字水印信息。

2) 图像中的边缘纹理变化。从图5可以看出,亮调图像、全阶调图像和饱和度图像的边缘纹理信息较多,平滑过渡的部分就少,因此,相应的小波系数值也就较大,能够嵌入的水印信息的强度也大。而景物图像和中间调图像的平滑过渡部分较多,因此相应的小波系数的值较小,能够嵌入的水印信息的强度也小。经过打印输出以后,由于受到各种因素的影响,水印信息都会受到一定程度的损失,强度大的水印信息保存肯定比强度小的水印信息保存的更加完整,因此能够提取的水印信息质量较好。

以饱和度图像为例,进行水印的鲁棒性检测。分别对其进行剪切攻击、噪声攻击和JPEG压缩攻击后提取水印信息,得到实验结果见表5。

表5 攻击后的图像NC值

Tab. 5 The NC values of image after attacks

攻击方式		饱和度图像 NC 值
剪切攻击	剪切 1/8	0.899 86
	剪切 1/4	0.897 14
	剪切 1/2	0.838 59
噪声攻击	高斯噪声	0.803 71
	椒盐噪声	0.772 43
JPEG 压缩攻击	图像品质 11	0.904 88
	图像品质 9	0.858 93
	图像品质 7	0.838 46

由此可见,针对剪切攻击,本水印算法对于小面积图像区域剪切(不超过1/4图像内容)的鲁棒性较好,能够提取出较为清晰的水印图像。但是,当剪切区域较大(达到1/2图像内容)时,鲁棒性较为普通。

针对噪声攻击,本水印算法噪声的鲁棒性一般,且对于椒盐噪声的鲁棒性要好于对高斯噪声的鲁棒性。针对 JPEG 压缩攻击,随着图像品质逐渐下降,而提取到的水印图像质量也逐渐下降。当图像品质大于 8 时,提取到的水印质量较好,当图像品质小于 8 时,水印图像才开始变得模糊。因此,本算法对图像的 JPEG 压缩具有较好的鲁棒性。

### 3 结论

提出了一种优化的基于 DWT 的抗打印扫描的数字水印算法。这种数字水印算法将小波系数根据大小进行分类,分成了低频系数、中频系数和高频系数,根据人眼对这 3 种不同系数的不同敏感度,加入不同强度的水印信息,在单子带中实现了水印信息多次重复嵌入的过程。而在水印提取的过程中,增加了扫描图像的预处理过程,大大的提高了水印信息的正确性和有效性。经实验证明,该算法针对各种不同内容的图像均具有较好的不可见性,针对剪切攻击、噪声攻击和 JPEG 压缩攻击具有较好的鲁棒性。本文提出的水印算法,相对于其他多子带嵌入的水印算法,能够保持更好的不可见性,同时对不同大小的小波系数采用不同强度的水印信息,在保证不可见性的前提下,使水印具有了较好的鲁棒性。

此水印算法可应用于印刷输出的图像上,一方面将数字水印技术应用到了实际,而不仅仅是通过 Matlab 模拟仿真进行电子稿的提取,因此对于数字水印防伪技术的实用性研究具有一定的意义;另一方面,可以将作者的版权信息作为水印信息隐藏到图像中,为数字媒体作品增加了一定的防伪性。但是,仍

然要不断的提出新的理念、新的想法,来解决打印扫描问题造成的图像失真,引起水印信息丢失和破坏的问题,才能真正将数字水印防伪技术应用到实际中去。

#### 参考文献:

- [1] 邹玉蓉. 数字图像水印技术及应用研究[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [2] 陈芳. 数字水印在印刷品防伪中的应用研究[D]. 西安: 西北大学, 2006.
- [3] 许文丽. 基于版权保护的图像数字水印研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2007.
- [4] 郑彩虹. 数字水印技术的应用和发展[J]. 广西轻工业, 2009(1): 77-78.
- [5] 吕建勋, 贾世杰. 基于图像的数字水印技术[J]. 计算机技术与发展, 2009(2): 174-175.
- [6] 胡裕峰. 图像变换域的数字水印技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2009.
- [7] 王国明, 侯整风. 基于离散余弦变换的数字水印算法[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(21): 5635-5637.
- [8] 胡国仁. 基于小波变换域的数字图像水印算法研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2007.
- [9] 田瑞卿, 何泉, 王彦敏. 一种傅里叶域图像数字水印方案的研究[J]. 北京石油化学工业学报, 2006, 14(1): 1-4.
- [10] 董虎胜. 彩色图像灰度级数字水印算法设计与实现[D]. 苏州: 苏州大学, 2009.
- [11] 常竞, 王玲. 一种颜色分量选取方案在彩色图像数字水印中的应用[J]. 计算机应用于软件, 2009(3): 255-257.

(上接第 88 页)

#### 参考文献:

- [1] 刘筱霞, 丁毅. 黑版阶调的设定与印品质量[J]. 包装工程, 2003, 24(4): 23-25.
- [2] FIELD Gary G. Color Variability Associated with Printing GCR Color Separations[C]. TAGA, 1986.
- [3] 廉洁. 正确理解合理使用底色去除[J]. 广东印刷, 2004(2): 17-18.
- [4] 廉洁. 黑版的制作与应用[J]. 印刷世界, 2002(1): 14-16.
- [5] 刘筱霞. Photoshop 中的非彩色结构[J]. 包装工程, 2000, 21(6): 42-44.
- [6] 刘浩学. 印刷色彩学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- [7] 殷幼芳. 正确选择和设置分色模式中的 GCR 和 UCR[J]. 今日印刷, 1999(1): 81-84.
- [8] 刘浩学. CIE 均匀颜色空间与色差公式的应用[J]. 北京印刷学院学报, 2003, 11(6): 4-6.