



基于莫尔效应的半色调图像处理防伪方法

赵小梅, 谢兵

(天津科技大学包装与印刷工程学院, 天津 300222)

摘要: 以莫尔效应和半色调图像的信息隐藏为理论基础, 将图像和文字信息隐藏在预复制的彩色图像中, 然后通过激光打印机和印刷打样方式输出图像. 实验结果表明: 将特定的检测膜片置于打印稿或印刷稿上, 如果角度和位置合适, 可以清晰地观察到隐藏于图像中的图文信息. 在激光打印稿的防伪实验中, 低分辨率的半色调图像 (<600 dpi) 的防伪效果明显好于高分辨图像的防伪效果; 在印刷稿的防伪实验中, 175 lpi 图像的防伪效果和颜色层次再现最佳; 青、品红、黄、黑四色图像分别作为防伪母版, 青版和品红版可获得较好的防伪效果; 将图文信息隐藏在防伪母版的亮调和中间调部位防伪效果较好.

关键词: 莫尔效应; 半色调图像; 信息隐藏; 防伪

中图分类号: TS853⁺.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2012)02-0065-05

Moiré Effect Based Halftone Image Processing Method of Security

ZHAO Xiaomei, XIE Bing

(College of Packaging and Printing Engineering, Tianjin University of Science & Technology,
Tianjin 300222, China)

Abstract: A halftone image processing method of security based on Moiré effect was developed. On the theoretical basis of Moiré effect and information hiding in halftone images, some images and text information were hidden in the pre-copy color images, and then the images were produced by means of laser printers and traditional printing proof. The experimental results show that when the specific detecting film is in the right angle and position, the hidden graphic information can be clearly observed. In the security experiment of the laser printed matters, the security effectiveness of low-resolution halftone images (less than 600 dpi) is better than the high-resolution halftone images. In the security experiment of the presswork, the image with screen frequency at 175 lpi has the best security effectiveness and reproduction effectiveness. As to the security master image, through comparing the security effectiveness of C, M, Y and K as the security master image respectively, it is found that C and M can give better results. The graphic information is more easily observed when hidden in the mid-tone or the light part of the security master image.

Key words: Moiré effect; halftone image; information hiding; security

防伪技术种类很多, 主要有物理学防伪技术、化学防伪技术、生物学防伪技术、计算机防伪技术、防伪印刷技术、包装结构防伪技术等^[1]. 基于莫尔效应的半色调图像处理防伪方法属于防伪印刷技术范畴, 该方法将图文信息隐藏于需要印刷或打印的半色调图像中, 基于印刷稿和检测膜片产生的莫尔现象, 利用特定的检测膜片可以轻易提取出印刷稿或打印稿中隐藏的防伪信息. 已有学者进行了相关的理论和

实验研究, 文献[2]提出了一种半色调图像信息隐藏算法, 并在 Photoshop 软件中进行了防伪仿真实验; 文献[3]研究了利用图形设计软件设计出隐含特殊信息的莫尔纹图案并将其应用到包装防伪中; 文献[4]研究了利用 Photoshop 软件对半色调图像进行信息隐藏, 通过光栅片提取隐藏的图文信息. 以上研究均利用已有图像处理软件, 采购软件费用高, 不利于推广应用.

本文基于已有的信息提取方法对基于莫尔效应的半色调图像处理防伪方法进行研究,采用不同的信息隐藏算法,而且编制了软件,使得防伪操作更简单,更利于该技术的推广应用.

1 半色调图像中图文信息隐藏算法

在印制图像时,通常利用加网技术将连续调图像转换为半色调图像(二值图像),即利用不连续的网点来再现图像的阶调层次和颜色的浓淡变化.加网技术主要分为调幅加网(AM)技术和调频加网(FM)技术.调幅加网中网点出现的空间频率固定,通过控制网点大小来再现图像原稿的阶调层次,而调频加网中网点大小一致,通过控制网点出现的频率来再现原稿的阶调层次^[5].由于目前在印前制版中广泛使用的是调幅加网技术,因而本文着重于研究利用调幅加网技术进行图像防伪.

半色调图像的信息隐藏^[6-8]技术是近年来的研究热点,主要是为了解决互联网世界中数字文件的版权保护问题.前人的研究重点集中于如何在图像半色调的过程中隐藏信息,本文的研究重点则是在加网后的半色调图像中隐藏信息而不易被人眼察觉.该算法主要是通过改变网点位置来实现在半色调图像中隐藏信息.由于网点位移量较小,对图像整体而言不会产生突兀的变化,人眼几乎无法察觉到图像的变化.网点位移量的计算与网点的特征参数相关.调幅加网中网点的特征参数包括:加网线数(lpi)、网点形状和加网角度(α)等.加网角度描述了网点的排列方向;加网线数表示沿网线角度的方向上,单位长度内的网线行数;而网点形状是网点轮廓的几何形状.如图1所示,网点形状为圆形,加网角度为 45° ,相邻网点距离为 d , $d = 1/lpi$.

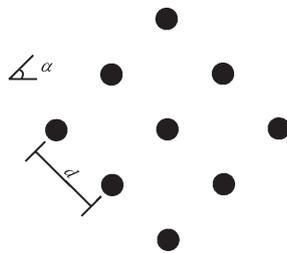


图1 调幅加网网点示意图
Fig.1 Schematic of AM screen dots

在图文信息隐藏算法的实现中,网点位置的改变是通过数字图像中像素位置的改变来实现的.设 x_i

表示像素沿 x 方向的偏移量, y_i 表示像素沿 y 方向的偏移量, dpi 表示加网过程中输出设备的记录分辨率,则 x_i, y_i 需满足以下的条件关系:

$$\begin{aligned} x_i &< dpi/lpi, \\ y_i &< dpi/lpi \\ \alpha' &= \arctan(x_i / y_i), \\ \nabla\alpha &= |\alpha - \alpha'|, \text{ 并且 } \nabla\alpha < 10^\circ. \end{aligned}$$

2 莫尔现象在印刷防伪中的应用

莫尔条纹^[9-10]作为一种光学现象,最早是由法国的丝绸工人发现的.莫尔条纹的产生是由于光的干涉和衍射原理,产生了干涉和衍射效应.如图2所示,如果2个栅距相等的光栅片相互叠加,并使两个光栅的栅线形成夹角 θ ,这时,在近于栅线垂直的方向上就会出现明暗相间的条纹,这就是莫尔条纹(图2中虚线所示).莫尔条纹的周期满足如下公式:

$$p = \frac{e_1 e_2}{\sqrt{e_1^2 + e_2^2 - 2e_1 e_2 \cos \theta}}$$

式中: e_1, e_2 和 θ 分别为两个光栅片的栅线周期和它们之间的夹角.当 $e_1 = e_2 = e$ 时,则莫尔条纹的周期公式变为

$$p = \frac{e}{\sqrt{2(1 - \cos \theta)}} = ke$$

式中:放大倍率 k 与夹角 θ 有关,且 θ 越小, k 越大,产生的莫尔条纹周期 p 越大,莫尔条纹图案也越明显.

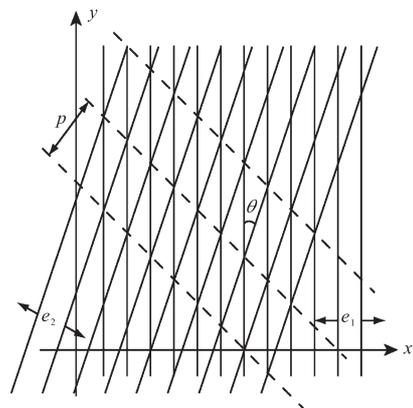


图2 莫尔条纹周期和方向
Fig.2 Moiré period and direction

在印刷防伪中,由于半色调图像中网点排列的均匀性,可以把半色调图像作为一个周期变化的图案,

隐藏的图文信息部位的网点排列方向与正常网点的排列方向稍有不同,而把另一个具有相同周期图案的光栅片作为检测膜片.将检测膜片放置于印刷品上,如果角度和位置合适,由于正常网点部位和隐藏信息部位所产生的莫尔条纹的纹理不同,依靠纹理的对比效应,印刷品中隐藏的各种图文信息就能清晰地再现出来.

3 实验

基于莫尔效应的半色调图像处理防伪方法的步骤如下:

(1) 根据给定的需要隐藏的图文信息 m , 将图文信息的数据做对比度调整, 即对其进行二值化处理, 生成隐藏信息轮廓矩阵 M . 在图像处理过程中, 如果图像 m 是彩色图像, 则首先将其处理为 8 位的灰度图像, 这时像素的取值范围为 $0 \sim 255$, 0 代表黑色, 255 代表白色, $0 \sim 255$ 之间的数值代表不同亮度等级的灰色. 其处理方法为

$$\begin{aligned} Gray(i, j) &= 0.299 \times R(i, j) + 0.587 \times \\ &G(i, j) + 0.114 \times B(i, j) \end{aligned}$$

式中: $Gray(i, j)$ 是 (i, j) 位置像素点处理后的灰度值; $R(i, j)$ 、 $G(i, j)$ 、 $B(i, j)$ 是 (i, j) 位置像素点处理前红、绿、蓝颜色分量值.

如果图像 m 是灰度图像, 则直接将其处理为二值图像, 这时像素值只能取 0 和 1, 0 代表黑色, 1 代表白色. 其处理方法为

$$M_{(i, j)} = \begin{cases} 1 & m(i, j) = 255 \\ 0 & m(i, j) \neq 255 \end{cases}$$

式中: $M(i, j)$ 是 (i, j) 位置像素点处理后的亮度值; $m(i, j)$ 是 (i, j) 位置像素点处理前的亮度值.

(2) 给定调幅加网参数, 如输出设备的记录分辨率、加网角度、加网线数、网点形状等, 对原稿图像进行半色调加网处理, 生成四色青(C)、品红(M)、黄(Y)、黑(K) 1 bit TIFF 图像文件.

(3) 在加网输出的四色图像文件中选定某一图像作为防伪母版. 在防伪母版中设定隐藏图文信息的位置, 根据隐藏信息轮廓矩阵 M , 在防伪母版中对像素位置进行调整. 在算法的实现中, 将隐藏信息轮廓矩阵覆盖在防伪母版图像上, 如果隐藏信息轮廓矩阵中 (i, j) 位置的像素的亮度值为 0, 那么覆盖在下面的防伪母版图像中的像素进行位移, 否则, 覆盖在下面

的防伪母版图像中的像素不进行位移.

(4) 用激光打印机或印刷打样方式合并输出加网后的四色图像文件, 其中作为防伪母版的图像中隐藏了图文信息.

(5) 依据半色调加网中原稿图像所用的加网线数, 保持加网线数不变, 输出灰度一定的印刷胶片, 该印刷胶片作为提取隐藏图文信息的检测膜片. 其中灰度的取值范围在中间灰度值范围内.

隐藏信息的检测方法如下: 将检测膜片置于印刷稿或打印稿上并进行缓慢旋转, 使其网点的排列方向与防伪母版中的加网角度趋于一致, 由于正常网点部位和隐藏信息网点部位所产生的莫尔条纹不同, 依靠纹理的对比效应可以再现所隐藏的图文信息.

实验中, 使用 Visual C # 编程语言, 编写软件模块, 实现了上述步骤(1)中和步骤(3)中的功能. 由于加网后的半色调图像的分辨率较高, 以一幅 1920 像素 \times 1536 像素的图像为例, 加网后的图像变为 15119 像素 \times 12095 像素. 因此, 在程序运行中需要读取和操作大量图像数据, 常规的图像处理方法无法处理如此大的图像, 会出现内存溢出现象. 因此, 利用 GDAL (geospatial data abstraction library) 开源库建立半色调图像信息隐藏操作平台, 实现大数据量半色调图像的读取、缩放、截取等基本操作.

3.1 原稿图像的加网输出

实验中, 使用 Harlequin RIP 软件对原稿图像进行半色调加网输出, 生成四色 1 bit TIFF 图像文件. 输出中的加网角度设置为: C 45° 、M 15° 、Y 0° 、K 75° ; 网点的形状选择 Euclidean; 输出设备的分辨率设置为 $300 \sim 2400$ dpi; 加网线数设置为 $53 \sim 175$ lpi. 图 3 所示为原稿图像, 图 4 为加网输出的四色 1 bit TIFF 图像.



图 3 原稿图像
Fig.3 Primal image



(a) C 半色调图像



(b) M 半色调图像



(c) Y 半色调图像



(d) K 半色调图像

图4 原稿图像的半色调加网输出
Fig.4 Halftone processing output

3.2 图文信息的隐藏

通过 GDAL 中的 RasterIO() 函数分别读入需要

进行信息隐藏的半色调图像和需要隐藏的图像文件, 进行相应比例缩放后分别显示在窗体的左右两侧, 如图 5 所示. 设置隐藏图文的位置时, 可以通过两种方法来实现: 一种是在窗体右上部的相应文本框中直接输入位置数值; 第二种是用鼠标在左侧的半色调图像上点击, 根据选取点的屏幕坐标值和图像显示比例, 计算出半色调图像中实际的插入点坐标值, 并显示在窗体中相应的文本框中, 同时, 待隐藏图像与半色调图像的比例关系会以矩形框进行显示, 见图 4 中不锈钢杯子部位.



图5 设置图像和隐藏信息的软件界面

Fig.5 Interface of setting halftone image and hidden image

设置像素在 x 方向和 y 方向的偏移量后, 待隐藏图像数据按照指定大小的块循环读入内存, 根据前述图文信息隐藏算法计算得到防伪母版中对应点像素实际移动位置, 并使用 WriteRaster() 函数进行像素写入操作. 循环结束后使用 FlushCache() 函数保存半色调图像文件. 图 6 所示为生成的半色调图像并将隐藏信息部分局部放大后的效果图, 可以清晰地看到部分网点发生位移.

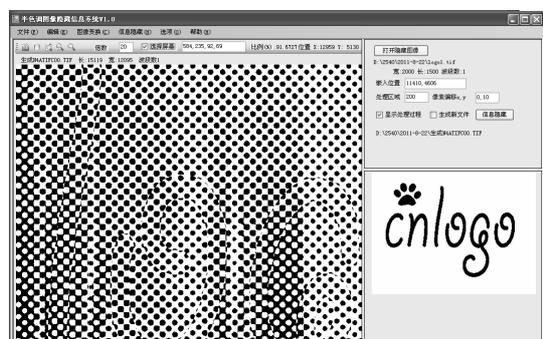


图6 局部放大后的半色调图像

Fig.6 halftone image of local blowback

3.3 半色调图像输出和隐藏信息提取

采用两种方式输出半色调图像: 一种是在 Photoshop 软件中合并四色 1 bit TIFF 图像, 通过 HP

LaserJet CP1525 n 彩色激光打印机输出图像;第二种是采用传统胶印打样方式,先输出菲林片,晒 PS 版后在打样机上印制四色单色样张和彩色样张。

分别设置加网线数为 53 lpi、100 lpi、133 lpi、150 lpi、175 lpi,灰度值为 40%,输出 5 cm × 5 cm 的印刷胶片作为检测膜片。

将对应的检测膜片放置在打印稿或印刷稿上,使其网线角度与防伪母版的网线角度趋于一致,即可观察到隐藏的图文信息。图 7 所示为印刷打样图像提取隐藏信息前后的效果。



(a) 隐秘图像

(b) 提取隐藏信息

图 7 印刷打样图像

Fig.7 Printing proof images

3.4 结果与讨论

对比分析所有输出图像的防伪效果可知:

(1) 在激光打印稿的防伪实验中,低分辨率的半色调图像 (<600 dpi) 的防伪效果明显好于高分辨图像的防伪效果。原因为 HP LaserJet CP1525 n 激光打印机本身的输出分辨率较低(最高为 600 dpi),所以在输出高分辨的图像时不能达到理想效果。

(2) 在印刷稿的防伪实验中,对加网线数为 100 lpi、133 lpi、150 lpi 和 175 lpi 图像的防伪效果进行比较,用对应的检测膜片都能清晰地提取出隐藏的图文信息。由于胶印的特性,加网线数低时对应的网点比较大,影响了图像的细节再现,实验中,175 lpi 图像的防伪效果和颜色层次再现是最佳的。所以,在胶印中为获得良好的防伪效果,应选择较高的加网线数。

(3) 在防伪母版的选择方面,通过将青、品红、黄、黑四色图像分别作为防伪母版进行比较,在青版和品红版中获得了较好的防伪效果。将黄版作为防伪母版,由于黄色墨比较明亮,与白纸的反差较小,几乎观察不到隐藏的图文信息。将黑版作为防伪母版,由于黑墨色相深,而且在胶印中黑墨是最先印

的,被其他的墨层覆盖,防伪效果也不理想。

(4) 通过对图文信息隐藏在防伪母版不同位置的防伪效果进行比较可知,将图文信息隐藏在防伪母版的亮调和中间调部位防伪效果较好。分析其原因如下:如果将图文信息隐藏于图像的暗调部位,由于暗调部位网点较大,网点发生搭接,产生的莫尔现象不明显(见图 7(b) 中字母“cn”部分)。

4 结 语

本文提出了一种基于莫尔效应的半色调图像处理防伪方法。该方法将图文信息隐藏于需要印刷或打印的半色调图像中,基于印刷稿和检测膜片产生的莫尔现象,利用特定的检测膜片可以轻易提取出印刷稿或打印稿中隐藏的防伪信息。该方法在印前制版中完成,在印刷中实现,无需增加额外的成本,对设备和印刷工艺没有太高的要求,并且可以保证通过复制、扫描等操作后无法再次提取隐藏的图文信息,从而达到了防伪的目的。

参考文献:

- [1] 刘尊忠,黄敏,姜东升. 防伪印刷与应用[M]. 北京:印刷工业出版社,2008:2-10.
- [2] 刘真,任乐义. 基于加网复制的光栅防伪技术研究[J]. 中国印刷与包装研究,2010,2(s1):153-156.
- [3] 钟云飞,胡焱坚,刘春燕. 基于莫尔纹的印刷防伪技术研究[J]. 中国印刷与包装研究,2010,2(s1):166.
- [4] 石潇文,赵秀萍. 莫尔效应在防伪印刷中的应用研究[J]. 包装工程,2010,31(23):99-101.
- [5] 姚海根. 数字加网技术[M]. 北京:印刷工业出版社,2000:267-271.
- [6] Zhuge X, Nakano K. Halftone based algorithms for image hiding[J]. Journal of Communication and Computer, 2009, 6(9):39-45.
- [7] Chang Y F, Feng J B, Tsai C S, et al. New data hiding scheme using pixel swapping for halftone images[J]. Imaging Science Journal, 2008, 56(5):279-290.
- [8] 牛少彰,钮心忻,杨义先,等. 半色调图像中数据隐藏算法[J]. 电子学报,2004,32(7):1180-1183.
- [9] 徐海英,缪长宗,陈慧琴. 莫尔条纹应用的初探[J]. 南京工程学院学报:自然科学版,2006,4(1):60-65.
- [10] 白宏,荣健,王秀. 光束漂移的莫尔条纹检测原理[J]. 应用光学,2007,28(5):667-670.

责任编辑:常涛