



主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2016
08
VOL.21

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



三维牙齿建模 P1078



第21卷第8期（总第244期）
2016年8月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊
中文核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院
主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 顾行发
编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会
邮政信箱 北京9718信箱
邮 编 100101
电子信箱 jig@radi.ac.cn
电 话 010-64807995
网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号
总 发 行 北京报刊发行局
订 购 全国各地邮局
海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(邮政信箱: 北京399信箱 邮编: 100048)
印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian | Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics
Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

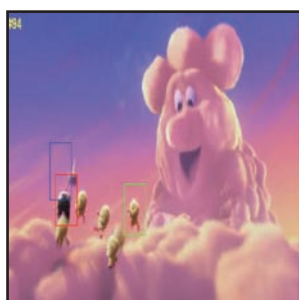
Editor-in-Chief Gu Xingfa
Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics
P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China
Zip code 100101
E-mail jig@radi.ac.cn
Telephone 010-64807995
Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals
Domestic All Local Post Offices in China
Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China)
Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB
ISSN 1006-8961
CODEN ZTTXFZ
国外发行代号 M1406
国内邮发代号 82-831
国内定价 60.00元



多方向模板变分模型的单幅
图像超分辨率重建(第977页)



时空上下文抗遮挡视觉跟踪
(第1057页)



融合边界信息的高分辨率
遥感影像分割优化算法(第
1096页)

图像处理和编码

多方向模板变分模型的单幅图像超分辨率重建

王相海, 毕晓昀, 傅博, 陶兢喆 977

结合支持向量回归和图像自相似的单幅图像超分辨率算法

王宏, 卢芳芳, 李建武 986

样本块搜索和优先权填充的弧形推进图像修复

刘华明, 毕学慧, 叶中付, 王维兰 993

微结构网点的半色调信息隐藏技术

任龙飞, 郭凌华, 王崑, 张雯雯 1004

大气模型与亮度传播图相结合的低照度视频增强算法

胡茵茵, 尚媛园, 付小雁, 丁辉 1010

图像分析和识别

多核支持向量域描述在基于图像集合匹配的人脸识别中的应用

曾青松 1021

结合分数阶微分和Canny算子的边缘检测

张桂梅, 孙晓旭, 陈彬彬, 刘建新 1028

红外背景抑制与小目标检测算法

张世锋, 黄心汉, 王敏 1039

图像理解和计算机视觉

引入极线约束的SURF特征匹配算法

陈洁, 高志强, 密保秀, 陈会 1048

时空上下文抗遮挡视觉跟踪

刘万军, 董帅含, 曲海成 1057

粒子群优化的压缩跟踪算法

李杰, 周浩, 张晋, 高赟, 叶津 1068

医学图像处理

水平集活动轮廓模型的3维牙齿重建

吴婷, 张礼兵 1078

遥感图像处理

遥感异常目标的仿生非线性滤波检测

李敏, 范新南, 张学武 1088

融合边界信息的高分辨率遥感影像分割优化算法

楚森森, 洪亮, 陈杰, 邓敏, 杨昆, 刘纯 1096

基于结构组稀疏表示的遥感图像融合

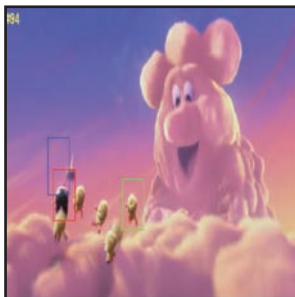
张晓, 薛月菊, 涂淑琴, 胡月明, 宁晓锋 1106

CONTENTS

JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Single image super-resolution reconstruction based on a variational calculus Model for multi-direction stencils (P977)



Anti-occlusion visual tracking algorithm based on spatio-temporal context learning (P1057)



Segmentation optimization algorithm based on the fusion information of the boundaries of a high-resolution remote sensing image (P1096)

Image Processing and Coding

- Single image super-resolution reconstruction based on a variational calculus model for multi-direction stencils
Wang Xianghai, Bi Xiaoyun, Fu Bo, Tao Jingzhe 977
- Single image super-resolution via support vector regression and image self-similarity
Wang Hong, Lu Fangfang, Li Jianwu 986
- Arc promoting image inpainting using exemplar searching and priority filling
Liu Huaming, Bi Xuehui, Ye Zhongfu, Wang Weilan 993
- Halftone information hiding technology of microstructure dot
Ren Longfei, Guo Linghua, Wang Yin, Zhang Wenwen 1004
- Low-illumination video enhancement algorithm based on combined atmospheric physical model and luminance transmission map
Hu Yinmeng, Shang Yuanyuan, Fu Xiaoyan, Ding Hui 1010

Image Analysis and Recognition

- Multi-kernel support vector domain description and its application in facial recognition based on image set matching
Zeng Qingsong 1021
- Edge detection algorithm combining fractional order derivative and Canny operator
Zhang Guimei, Sun Xiaoxu, Chen Binbin, Liu Jianxin 1028
- Algorithm of infrared background suppression and small target detection
Zhang Shifeng, Huang Xinhan, Wang Min 1039

Image Understanding and Computer Vision

- SURF feature matching based on epipolar constraint
Chen Jie, Gao Zhiqiang, Mi Baoxiu, Chen Hui 1048
- Anti-occlusion visual tracking algorithm based on spatio-temporal context learning
Liu Wanjuan, Dong Shuaihan, Qu Haicheng 1057
- Compressive tracking algorithm based on particle swarm optimization
Li Jie, Zhou Hao, Zhang Jin, Gao Yun, Ye Jin 1068

Medical Image Processing

- Three dimension tooth reconstruction using level set active contour model
Wu Ting, Zhang Libing 1078

Remote Sensing Image Processing

- Anomaly detector based on bionic nonlinear filter for remote sensing data
Li Min, Fan Xinnan, Zhang Xuewu 1088
- Segmentation optimization algorithm based on the fusion information of the boundaries of a high-resolution remote sensing image
Chu Sensen, Hong Liang, Chen Jie, Deng Min, Yang Kun, Liu Chun 1096
- Remote sensing image fusion based on structural group sparse representation
Zhang Xiao, Xue Yueju, Tu Shuqin, Hu Yueming, Ning Xiaofeng 1106

中图法分类号: TP391.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2016)08-1004-06

论文引用格式: Ren L F, Guo L H, Wang Y, Zhang W W. Halftone information hiding technology of microstructure dot [J]. Journal of Image and Graphics, 2016, 21(8): 1004-1009. [任龙飞, 郭凌华, 王崑, 张雯雯. 微结构网点的半色调信息隐藏技术[J]. 中国图象图形学报, 2016, 21(8): 1004-1009.] [DOI:10. 11834/jig. 20160804]

微结构网点的半色调信息隐藏技术

任龙飞, 郭凌华, 王崑, 张雯雯

1. 陕西科技大学轻工与能源学院, 西安 710021; 2. 陕西省造纸技术及特种纸品开发重点实验室, 西安 710021

摘要: **目的** 基于阈值矩阵的加网方法设计出具有微观防伪功能的艺术型网点, 利用半色调信息隐藏技术将隐藏信息载入到由微结构网点组成的色版中, 研究微结构网点在信息隐藏中的应用价值。 **方法** 利用改进后的阈值矩阵对要加载隐藏信息的色版进行微结构加网, 完成各色版的半色调处理, 将隐藏信息嵌入到微结构加网的色版中, 利用参数匹配的解锁工具完成信息的提取, 并评价信息的隐藏和提取效果。 **结果** 通过信息的隐藏和提取实验, 主观测试发现无论是单色版还是合并色版, 微结构网点对信息隐藏的视觉保密性效果都比普通网点的隐蔽性好, 客观结构相似度的数值计算结果都达到了 0.995 以上, 比普通隐藏结果更佳, 而且显隐能够达到信息清晰完整的再现效果。 **结论** 该防伪方法能够在不增加成本来的条件下提高经济价值较高的印刷品和包装品的防伪标准、效率和附加价值, 尤其在有价证券、护照、票据等印刷品、医药食品包装和电子影像出版产品的包装防伪方面具有广阔的应用前景与价值。

关键词: 半色调; 阈值矩阵; 微结构网点; 信息隐藏; 防伪

Halftone information hiding technology of microstructure dot

Ren Longfei, Guo Linghua, Wang Yin, Zhang Wenwen

1. College of Light Industry and Energy, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China;

2. Shaanxi Province Key Laboratories of Papermaking Technology and Specialty Paper, Xi'an 710021, China

Abstract: **Objective** The artistic dot which has microscopic security features is designed based on threshold matrices screening method, then the hidden information is loaded into the plate incorporating microstructure dots using halftone information hiding technology, and research its potential application value. **Method** Halftone processing to get halftone images, the plate loaded hidden information is screened by a modified threshold matrix. Then, the information is embedded into the plate incorporating microstructure dots, when the revealing layer with matching parameters is superposed on it the hidden information can be realized, and the quality of information hiding and extraction is evaluated. **Result** Through the information hiding and extraction experiment, the subjective visual evaluation results show that the information hiding effect on microstructure dot achieved good visual performance both in single channel and multiple channels. The same conclusion was obtained by quantitative evaluation, which reached over 0.995 of SSIM. Furthermore, information extracting achieved a clear and complete effect. **Conclusion** The security standard, efficiency, and added value of print and package products are

收稿日期: 2015-11-11; 修回日期: 2016-03-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(51402180); 陕西省教育厅专项科研计划项目(15JK1071); 陕西省教育厅科研计划项目(14JK1108); 陕西省工业科技攻关项目(2016GY-079)

第一作者简介: 任龙飞(1991—), 男, 陕西科技大学轻工技术与工程专业在读硕士研究生, 主要研究方向为防伪印刷及颜色科学。

E-mail: 979056808@qq.com

Supported by: National Natural Science Foundation of China(51402180)

improved with nearly no increase in cost. In particular, the proposed technique has extensive application prospects and value in the counterfeiting of security documents, such as banknotes, checks, certificates, and travel documents, as well as in valuable products, such as the packages of electronic image publishing products, medical drugs, and food products.

Key words: halftone; threshold matrix; micro-structure dot; information hiding; anti-counterfeiting

0 引言

随着科学与技术水平的快速发展和提高,印刷技术也得到了快速的进步,高精度的扫描仪和打印机也变得越来越普遍。随着这些设备的不断普及,各种关于印刷品的盗版侵权现象也会日益增加,因而防伪技术在印刷中所起的作用也越来越重要,尤其是品牌商品和企业。防伪技术随着市场需求的发展,已经成为一门集计算机、物理学、材料、生物学和光学等的综合技术。国内目前对防伪技术的研究主要集中在油墨防伪、纸张防伪、数码防伪和技术防伪等方面,相关的其他防伪技术也在不断出现,一定程度地遏制了盗版现象发生,但由于现阶段的防伪技术大多都是基于设备和材料的,不但会增加产品的生产成本同时对生产技术和设备提出了较高的要求,使技术的广泛使用受到一定的限制。本文根据最小阈值矩阵的调幅加网原理设计出具有微观防伪功能的艺术网点,在其中隐藏秘密信息,利用光栅片的物理光学特性来提取隐藏信息。该防伪技术可以用光栅片直接检测防伪信息,对材料及设备的依赖性小,不需要对现有的设备进行改进就可以实现,检测方法简单便携,基本不增加产品的生产成本而且能达到多层高效的防伪目的^[1-3]。

1 阈值矩阵调幅微结构加网技术

图像的半色调化技术,也叫加网,就是利用人眼视觉低通滤波性在多色二值设备或者二值设备上将连续色调的图像离散为像素化的图案,转换为视觉上连续的图像的技术,用不连续的网点来实现印刷品图像阶调层次的变化,即将印刷的图文部分分割成无数面积大小不同的小点,不同面积大小的点着墨后,着墨的多少不同,在视觉效果上表现出不同的阶调层次,同样也反映出了色彩的千变万化。分割的过程就是加网处理过程,这些小点就是网点是组

成印刷品图像层次和阶调的最基本单元。目前较为成熟的半色调加网方式主要有调频加网技术(FM Screening,以点的疏密而不是点的大小来表现图像的层次)、调幅加网技术(AM Screening,以点的大小来表现图像的层次,点间距固定,点大小改变)和混合加网技术,但是由于印刷工艺和设备精密程度的限制,调幅加网技术产生的量化误差小成为实际生产中最主要的加网方式。调幅加网技术是通过控制网点的大小来再现连续调图像的层次阶调,网点是调幅加网中表现图像颜色和层次变化的最小单元,网点大小由记录栅格中记录点所占的面积大小来决定,一般记录点排列遵循一定的顺序,网点的形状不变,像素值越大网点的面积就越大,代表图像的灰度就越暗,调幅网点对中间阶调的颜色层次表现平稳过渡^[4-5];调频加网也叫随机加网,不改变网点的大小,网点在记录栅格内随机分布,单位面积中点的平均频率随着复制色调值的不同而不同,网格单元再现频率越大代表图像的灰度越深,打破了调幅网点的规律性分布,用网点模型、加网频率等变量对图像进行描述,图像细节的表现能力较强,尤其是在亮调和暗调层次图像的细节表现丰富^[6-7];为了获得高质量的彩色图像,将调幅加网和调频加网技术的技术优点相结合实现了混合加网,即在保持一定的网点数量的同时,通过改变在中间调使用调幅网点完成色彩阶调层次的平稳过渡,在亮调和暗调区域使用调频网点记录图像细节,同时兼具了调幅加网和调频加网技术的优点^[8-9]。

1.1 阈值矩阵加网的技术原理

阈值矩阵是网点的生成模型。聚集态阈值矩阵加网以网格中心元素为基础,从中心开始往外生长,相邻两网点的中心距不变,网点的像素排列遵循一定的规律,被用于调幅加网。阈值调幅加网技术所形成的网点由于最小栅格边缘的相互重叠可以有效减小网点扩大。图像的中间调加网效果比较好而且阶调过渡比较自然平滑,加网线数

过高的话会造成亮调和暗调部分加网效果不理想,使图像的细节层次丢失。基于阈值矩阵的点离散态加网,它的曝光点均匀地分散在加网网格内,被用于调频加网。如图1所示是基于阈值矩阵的聚集态加网和离散态加网原理示意图,网点网格由36个像素单元组成,代表36个灰度等级,聚集态加网网格中有16个像素单元曝光代表图像灰度为45%,离散态加网网格中有18个最小单元曝光代表的灰度为50%,在二值设备中如果网点网格中的像素值大于图像的灰度值就对其进行曝光,让小于灰度的值变为0 否则为1,将其转换为二值图像^[10]。

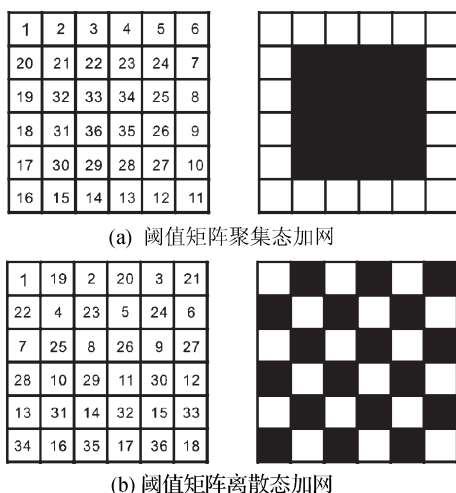


图1 阈值矩阵加网原理

Fig. 1 The screening principle of threshold matrix
(a) screening with aggregat state threshold matrix;
(b) screening with discrete state threshold matrix)

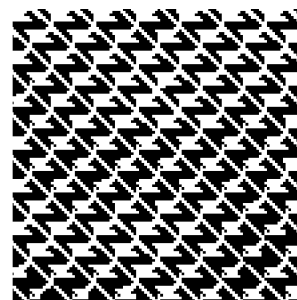
1.2 隐藏阈值矩阵设计

网点形状的设计是调幅加网中一项重要的指标,阈值矩阵加网可以考虑借鉴艺术网点技术,从微观上将网点设计成特殊形状,以区别于方形、圆形等一般的网点形状,从而实现网点层次的防伪,鉴别时只需要普通放大设备就可以通过网点形状来识别产品的真伪。网点设计需要一定的算法,设计好阈值矩阵模板就可以对原图进行加网,生成半色调图像。印刷品在印刷时需要使用4个不同角度(0°、15°、45°和75°)的色版叠印来完成复制。但是隐藏信息加载到哪个角度的色版中才能达到更好的隐藏效果,基于人眼视觉的低通滤波特性的研究表明:在0°~90°的角度范围内人眼对45°角度上距离的变化

视觉敏感度最差,从该角度向两边扩展,离45°越远视觉敏感度越大,0°和90°最敏感。所以相比其他角度,信息隐藏在45°色版中的隐藏效果最佳,人眼最不易察觉。基于徐锦林^[11]研究的基于最小阈值矩阵加网方式对45°加网矩阵进行改进,将网点的形状设计成为倾斜“N”的形状,以此为代表来研究艺术网点在半色调信息防伪中的应用效果。当加网角度为45°时实际网格大小为128,阈值的个数远小于8位深度颜色的256级色彩值,需要将颜色值与阈值矩阵进行比较,并建立能够等比例映射的函数关系^[12],即

$$F_a = \text{fix} \left[\frac{F_b}{255} \cdot Q_{\max} + 0.5 \right] \quad (1)$$

式中, F_b 表示转化前的像素值, F_a 表示经等比例压缩转化后的像素值, $Q_{\max}$ 代表最大阈值即阈值矩阵网格数, fix 代表向下取整。加网时将45°矩阵上下按照位移差为8格进行排列,4个彼此相邻的矩阵中以最大阈值为中心逐渐减小依次排列就可以识别出网点的形状。角度15°、75°和90°采用普通网点加网,经转换和改进后的45°阈值矩阵加网效果和加网排列方式如图2和图3所示。



(a) 45°微结构加网效果

21	22	46	82	105	127	103	102	101	100	99	98	97	96	95	15
40	61	28	27	81	106	126	60	56	55	54	53	52	51	14	20
110	89	62	5	26	80	107	125	59	37	34	33	7	13	19	41
91	111	88	63	4	3	79	108	124	58	32	31	12	18	44	90
49	92	112	87	64	2	24	78	109	30	57	11	17	38	42	45
46	50	93	113	86	65	25	23	77	29	10	16	35	36	39	43
74	75	76	94	114	85	66	1	9	48	68	69	70	71	72	73
120	119	118	117	116	115	84	67	8	47	83	104	128	123	122	121

(b) 45°加网阈值矩阵

图2 45°加网效果和加网阈值矩阵

Fig. 2 Threshold matrix for screening angle 45° and amplification screening effect ((a) effect of micro-structure for screening 45°; (b) threshold matrix of micro-structure for screening 45°)

21	22	46	82	105	127	103	102	101	100	99	98	97	96	95	15	21	22	46	82	105	127	103	102	101	100	99	98	97	96	95	15
40	61	28	27	81	106	126	60	56	55	54	53	52	51	14	20	40	61	28	27	81	106	126	60	56	55	54	53	52	51	14	20
110	89	62	5	26	80	107	125	59	37	34	33	7	13	19	41	110	89	62	5	26	80	107	125	59	37	34	33	7	13	19	41
91	111	88	63	4	3	79	108	124	58	32	31	12	18	44	90	91	111	88	63	4	3	79	108	124	58	32	31	12	18	44	90
49	92	112	87	64	2	24	78	109	30	57	11	17	38	42	45	49	92	112	87	64	2	24	78	109	30	57	11	17	38	42	45
46	50	93	113	86	65	25	23	77	29	10	16	35	36	39	43	46	50	93	113	86	65	25	23	77	29	10	16	35	36	39	43
74	75	76	94	114	85	66	1	9	48	68	69	70	71	72	73	74	75	76	94	114	85	66	1	9	48	68	69	70	71	72	73
120	119	118	117	116	115	84	67	8	47	83	104	128	123	122	121	120	119	118	117	116	115	84	67	8	47	83	104	128	123	122	121

图3 45°加网阈值矩阵排列方式

Fig. 3 Arrangement of threshold matrix for screening 45°

2 实验

2.1 实验内容与评价

实验的主要内容是比较普通网点加网和艺术网点加网在光栅防伪信息隐藏中的应用,通过人眼视觉主观和结构相似度客观评价^[13-14]比较艺术网点对信息的隐藏效果。结构相似度为

$$\begin{cases} S_{SSIM} = [l(x, y)]^\alpha [c(x, y)]^\beta [s(x, y)]^\gamma \\ Q_{SSIM}(X, Y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M S_{SSIM}(x_j, y_j) \end{cases} \quad (2)$$

式中, X 、 Y 分别代表参考图像和测试图像, x 、 y 是两幅图像中相互对应的两个像素信号, j 代表像素序号, l 、 c 和 s 表示亮度、对比度和结构度, α 、 β 和 γ 分别是亮度、对比度和结构度的影响指数, M 代表像素信号总数。 S_{SSIM} 表示两个像素信号 x 和 y 的结构相似度, Q_{SSIM} 表示整幅图像的结构相似度, 整幅图像的质量评价 Q 是整幅图像所有像素信号结构相似度计算结果综合的平均值, 反应整幅图像改变前后的相似程度, Q 数值越大, 图像的相似度越高质量越好, 最大值为 1。结构相似度指数从图像组成的角度将结构信息定义为独立于亮度、对比度的反映场景中物体结构的属性, 并将失真建模为亮度、对比度和结构 3 个不同因素的组合。

实验步骤如下:

1) 原稿准备。准备大小为 5 cm × 5 cm 的不同载体图像 2 个, 图像模式为 CMYK 的图像, 并对图像进行分色处理和保存。

2) 半色调加网。C、Y、K 色版分别用 15°、90°、

75°普通圆形网点加网, 在 Matlab 中编写程序对 M 版使用 45°阈值矩阵进行微结构艺术网点加网, 加网效果如图 4 所示。

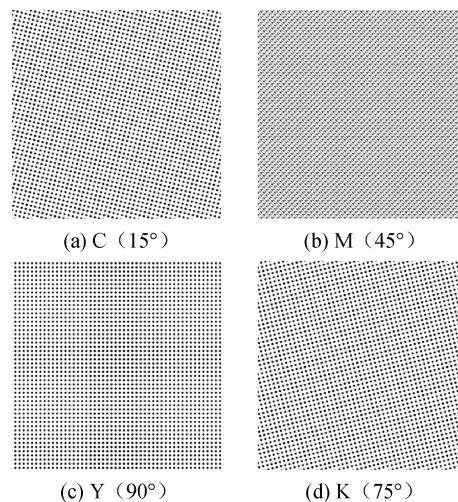


图4 CMYK 四色版加网效果

Fig. 4 Screening effect of 4 colors ((a) cyan plate for screening 15°; (b) magenta plate for screening 45°; (c) yellow plate for screening 90°; (d) black plate for screening 75°)

3) 信息隐藏。将隐藏信息加载到载体图像中, 把隐藏信息内所包含的网点作为操作对象, 根据角度不同计算

$$\begin{cases} X = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{P}{L} \cdot \cos(\vartheta + 45^\circ) \\ Y = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{P}{L} \cdot \sin(\vartheta + 45^\circ) \end{cases} \quad (3)$$

并根据其结果进行位移即可。式中, P 表示图像分辨率, L 表示加网线数, ϑ 表示信息隐藏的角度, X 和 Y 分别是横向和纵向移动的距离。一般在印刷

品中将文字和图像作为隐藏信息,实验将文字和图像作为加密信息分别加载到微结构艺术网点和普通网点半色调化的载体图像中。最终把加入隐

藏信息的色版和其他3个色版合并后的图像隐藏效果与普通网点隐藏效果进行观察和比较,如图5和图6所示。

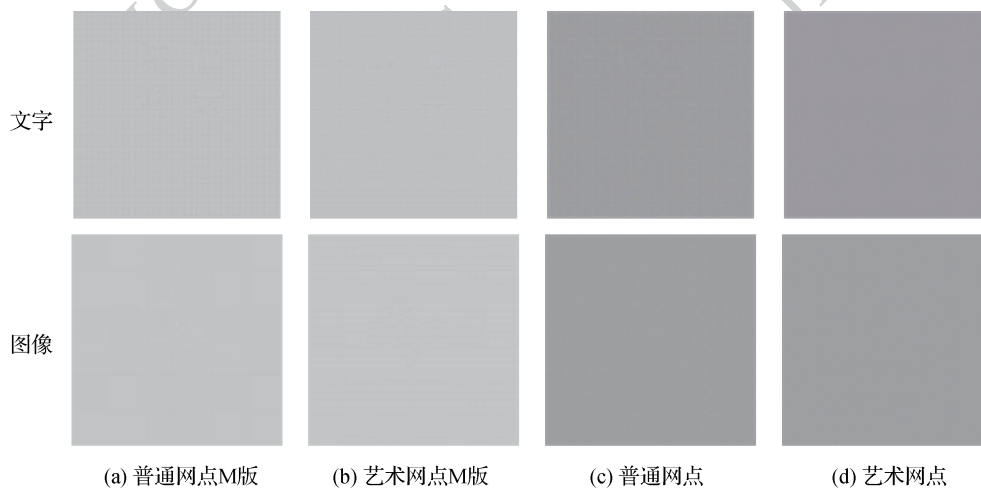


图5 文字、图像信息隐藏的效果对比

Fig. 5 Effect comparison of text and image information hiding ((a) general dot in magenta plate; (b) microstructure dot in magenta plate; (c) general dot; (d) microstructure dot)

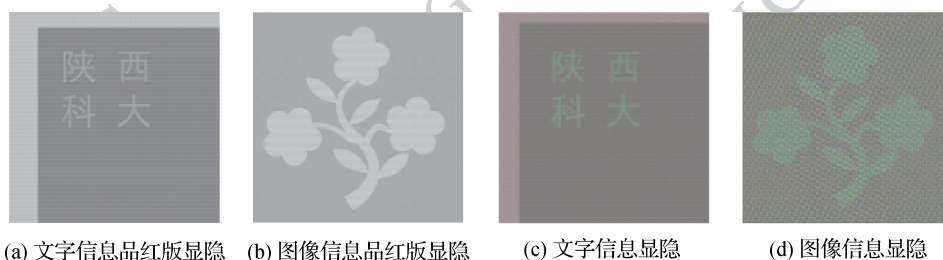


图6 显隐效果

Fig. 6 Explicit effect ((a) explicit text information in magenta plate; (b) explicit image information in magenta plate; (c) explicit text information; (d) explicit image information)

4) 质量评价。印刷品质量评价采用主观评价和客观评价方法。主观评价时对图形放大人眼观察艺术网点隐藏效果要比普通网点隐藏效果好,更不容易察觉。结构相似度指数客观计算评价,对没有加入隐藏信息与加入隐藏信息品红版图像;对加入隐藏信息前与加入隐藏信息各色版合并后的图像做质量评价,信息隐藏效果的评价结果如表1所示。

表1 图像结构相似度指数(SSIM)

Table 1 Image structure similarity index

图像	结构相似度指数 SSIM	
	普通加网 信息隐藏	微结构加网 信息隐藏
品红版隐藏文字信息	0.986 6	0.986 8
载体图隐藏文字信息	0.996 4	0.997 2
品红版隐藏图像信息	0.993 3	0.995 9
载体图隐藏图像信息	0.996 9	0.998 1

5) 光栅显隐。按照微结构加网的方法制作与信息隐藏区域灰度相近的网点光栅,光栅工具的大小、方向和位置要与载体图像完全一致。将显隐光栅工具和加入隐藏信息的载体图像完全叠加,就可以清晰地看到隐藏在载体图像中的秘密图像和文字,显隐效果如图6所示,如果显隐光栅工具和载体图像之间的大小、方向和位置有一项不匹配就无法再现隐藏信息。

6) 在打印机上模拟印刷输出加入隐藏信息的色板和合并后的图像,制作特定参数的物理光栅片,检验信息的隐藏和提取效果。

2.2 实验分析与结果

基于人眼视觉的低通滤波性特征,应用特定的阈值矩阵对品红版加网,使其网点具有微观的艺术效果达到网点防伪的目的。在此色版中加入隐藏信

息,人眼视觉直接观察对信息的隐藏效果发现基于艺术网点的信息隐藏效果要明显好于普通圆形网点的隐藏效果,更不容易被发现和辨别。主观的视觉效果表明不论是在单个色版中还是在整体图像中,艺术网点对信息的隐藏效果都比普通网点好,而且微结构网点隐藏信息的客观计算结果都比普通网点隐藏的结果更接近于1,主要是因为与普通网点相比较,艺术网点的边缘形状不规则,在信息隐藏的过程中对网点进行微量移动时,极少造成网点的重叠和丢失现象减少了人工纹理。隐藏信息的显隐可以达到清晰完整的效果。最后用输出设备输出的半色调图像用特定参数光栅检测可以达到与计算机模拟同样的结果。

3 结 论

本文的研究主要是对基于普通加网的网点形状用阈值矩阵进行重新设计,使网点本身具有微观的艺术效果并达到网点层次的防伪,并根据人眼视觉的低通滤波性在艺术网点生成的网版中隐藏秘密信息,使正常视觉下达到不可见的效果。利用特定参数的物理光栅显隐可以清晰地提取出所隐藏的信息。通过实验主观评价和结构相似度指数客观评价表明,微观艺术效果的网点比普通网点实现了更好的视觉保密性和信息提取效果。不仅实现了艺术网点在光栅防伪技术中较好的应用,而且使光栅防伪技术实现了更好的防伪效果,为艺术网点应用的进一步研究提供一定的理论基础,同时在不增加成本的情况下实现了多层次高效率的防伪。对经济价值较高的印刷品和包装产品防伪安全方面具有重要的应用价值和意义,如有价证券、护照、票据、医药食品包装和电子影像出版产品包装等,有效提高了市场产品的安全性和可靠性。

参考文献 (References)

- [1] Yao H G. Digital Printing[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2010. [姚海根. 数字印刷技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010.]
- [2] Zhou X, Shi R Z, SU Q, et al. A new image anti-counterfeiting technique based on artistic dot screening[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2014, 31(2): 203-207. [周啸, 史瑞芝, 苏强, 等. 一种基于艺术网点加网的图像防伪技术研究[J]. 测绘科学技术学报, 2014, 31(2): 203-207. [DOI: 10.3969/j.issn.1673-6338.2014.02.022]]
- [3] Gong Y, Zhang Y X, Wang K. Anti-counterfeiting of micro-structure screens[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(3): 62-63, 68. [龚晔, 张逸新, 王凯. 微结构加网防伪应用[J]. 包装工程, 2008, 29(3): 62-63, 68. [DOI: 10.3969/j.issn.1001-3563.2008.03.020]]
- [4] Xu J L, Xu Y C. Research of screening factor in amplitude modulation screening[J]. China Printing and Packaging Study, 2009, 1(6): 20-24. [徐锦林, 徐驰. 调幅网加网因子研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2009, 1(6): 20-24. [DOI: 10.3969/j.issn.1674-5752.2009.06.004]]
- [5] Wan B. Research on key techniques of raster image processor software for print device[D]. Xi'an: Xi Dian University, 2008. [万波. 打印设备 RIP 软件关键技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2008.]
- [6] Xu G L. Research on key technology of image hybrid halftoning for color printing[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2010. [徐国良. 彩色印刷图像混合半色调化关键技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010.]
- [7] Kang H R. Digital color halftoning[C]//SPIE/IEEE Series on Imaging Science & Engineering. New York: IEEE Press, 1999: 114-117.
- [8] Liu Z C. Research on information hiding algorithm based on half-tone screening[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2014. [刘喆灿. 基于半色调加网的信息隐藏算法研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2014.]
- [9] Liu Z, Ren L Y, Yang S W. Application of AM screening in grating anti-counterfeit technology[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 90-93. [刘真, 任乐义, 杨晟炜. 调幅加网技术在光栅防伪技术中的应用[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 90-93.]
- [10] Goyal P, Gupta M, Staelin C, et al. Clustered-dot halftoning with direct binary search[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2013, 22(2): 473-487. [DOI: 10.1109/TIP.2012.2218821]]
- [11] Xu J L, YAN X F, CHEN S M. A rational tangent halftoning algorithm with a single threshold matrix[C]//Proceedings of International Conference on Computer Science and Software Engineering. Wuhan, Hubei: IEEE, 2008, 6: 181-184. [DOI: 10.1109/CSSE.2008.1505]]
- [12] Liu W X, Chen Y L, Yu H M, et al. Building method of clustered dot threshold matrixes and its potential applications[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(15): 101-104, 112. [刘文霞, 陈永利, 于宏敏, 等. 聚集态网点阈值矩阵生成方法及潜在应用研究[J]. 包装工程, 2014, 35(15): 101-104, 112.]
- [13] Wang Z, Bovik A C, Sheikh H R, et al. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(4): 600-612. [DOI: 10.1109/TIP.2003.819861]]
- [14] Wang Z, Bovik A C. A universal image quality index[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2002, 9(3): 81-84. [DOI: 10.1109/97.995823]]