

包装印刷

基于调幅加网的微观防伪网点算法研究

郭凌华^{1,2}, 任龙飞^{1,2}, 张雯雯^{1,2}, 邢铁豆^{1,2}, 刘国栋^{1,2}

(1. 陕西科技大学, 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结构防伪功能的艺术网点,并对潜在的应用价值进行探讨。方法 研究分析最小阈值矩阵加网的算法及原理,对阈值矩阵进行改进,使其产生微观的艺术效果。结果 可以在不同角度上微观艺术网点设计,计算机完成加网实验,在不同色版上都得到了具有微观艺术形貌的加网图像,而且四色重组后的印刷图像达到了理想的半色调化效果。结论 基于最小阈值矩阵设计的微观艺术网点可以实现调幅加网在网点层次的防伪,建立了具有微观艺术效果的网点系统,并且与光栅防伪等其他的防伪技术相结合。

关键词: 阈值矩阵; 调幅加网; 艺术网点; 微结构防伪

中图分类号: TS865 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)05-0151-05

Algorithm of Micro Anti-counterfeiting Dot Based on AM Screening

GUO Ling-hua^{1,2}, REN Long-fei^{1,2}, ZHANG Wen-wen^{1,2}, XING Tie-dou^{1,2}, LIU Guo-dong^{1,2}

(1. Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China;

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

ABSTRACT: This work was aimed to design the artistic dot with micro-structure anti-counterfeiting function based on the screening method with threshold matrix, and investigate its potential application value. The algorithm and principle of minimum threshold matrix were researched and analyzed, the threshold matrix was improved after screening to generate microcosmic artistic effect. Design of threshold matrix with microcosmic artistic dot was realized at different angles, and the screening experiment was completed with computer. The screening images with microcosmic artistic morphology were obtained on different color plates. After the recombination of the four plates, the printing image got the ideal halftone effect. The microcosmic artistic dot designed based on minimum threshold matrix could realize the anti-counterfeiting purpose in the dot layer of AM, the system of artistic dot with micro-structure was established, and can be combined with other anti-counterfeiting technologies such as grating anti-counterfeiting.

KEY WORDS: threshold matrix; amplitude modulation; artistic dot; micro-structure anti-counterfeiting

随着计算机科学的发展,印刷技术也在不断进步,同时消费者对印刷品的要求也越来越高。如何在不影响印刷品质量要求的情况下提高产品的使用价值并赋予它更多的附加功能,成为行业人士当前着重考虑的问题。越来越多的盗版现象给企业和消费者带来了很大的损失,因此针对不同方面的防伪技术应

用而生。目前国内对印刷防伪的研究主要集中于纸张防伪、油墨防伪、数码防伪和物理防伪等技术方面,虽然有限地遏制了盗版行为,但是增加了生产成本,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了一定限制。文中根据最小阈值矩阵加网原理设计具有微观防伪功能的艺术网点,不需要

收稿日期: 2015-07-14

基金项目: 国家自然科学基金(51402180); 陕西省教育厅重点实验室项目(2011HBSZS014); 2015省级大学生创新创业计划(11185); 陕西省协同创新计划(2015XT-64)

作者简介: 郭凌华(1970—),女,山东烟台人,博士,陕西科技大学副教授,主要研究方向为防伪印刷及颜色科学。

对设备和技术进行改进,在不增加生产成本的情况下即可达到防伪的目的^[1-3]。

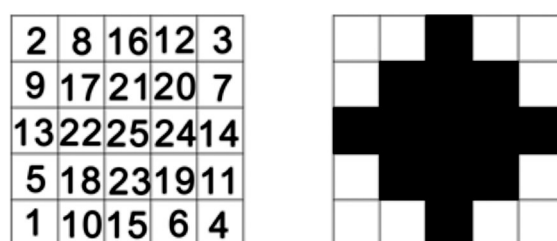
1 基于调幅加网的微观防伪网点研究

半色调化技术,也称为加网技术,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,将连续色调的图像转换为视觉上连续的图像技术,在网点单元格内离散或聚集地分布着有限的着墨点形成模拟加网网点。要实现图像输出的半色调化技术处理方法一般可以分为3种,分别是调频、调幅和混合加网方法,通过不连续的网点来实现印品层次的浓淡细微变化,最终将连续调图像转换为人眼视觉上具有不可感知性的半色调图像。调频加网、调幅加网和混合加网方法因为具有各自不同的特性,所以被应用在具有不同特征的图像复制技术中,如调幅加网以网格中心元素为基础,相邻两网点的中心距离不变,网点排列遵循一定规律,网点形状固定,用像素值的大小控制网点面积的大小。像素值越大,网点的大小越大,代表图像的灰度越暗,通常采用聚集态网点技术。调频加网的最小网格大小相同且随机分布,所以也叫随机加网,单位表面面积中点子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,通常采用离散态网点技术^[4-7]打破调幅网点的规律性分布,用网点模型、加网频率等变量来进行描述。为了获得高保真质量的图像,采用混合加网的方式,即在中间调用调幅网点完成平稳过渡,在亮调和暗调区用调频网点记录细节,同时兼具调幅加网和调频加网技术的优点,文中将以基于最小阈值矩阵调幅加网方式进行研究^[8-9]。

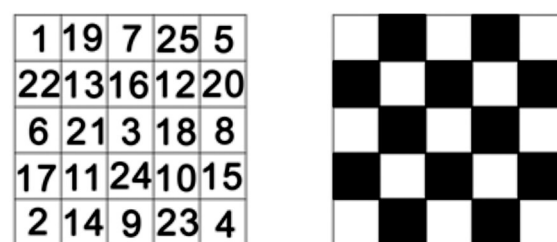
1.1 基于阈值矩阵的调幅加网原理

阈值矩阵是聚集态网点生成模型。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,网点的排列遵循一定规律。基于阈值矩阵的离散态加网,它的曝光点均匀地分散在网格内。基于阈值矩阵的聚集态加网和离散态加网原理示意图1,假设一个网点网格由25个像素单元组成,当网点的灰度值为50%时,通过计算网格内有12或13个像素单元曝光,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。调幅加网特点是加网图像平面被分割成许多大小一致的细小栅格,每个栅格内都有固定的像素数与其对应,利用栅格内

像素数的不同来模拟网点的大小表现灰度等级,图像的阶调信息由着墨点的面积来决定。一般调幅网点的阈值由人为规定,在单元格内由网格中心向边缘扩散,网点形状可以通过阈值排布设计。随着阈值的增加,网点形状以网点网格中心为基础并以一定形状向外扩张,所以调幅加网技术的核心在于阈值矩阵的构思与设计。与调频加网相比,阈值调幅加网技术所形成的网点由于最小栅格边缘相互重叠,可以有效地减小网点扩大。图像的中间调加网效果比较好,且阶调过渡比较自然平滑,加网线数过高会造成亮调和暗调部分加网效果不理想,造成图像的细节层次丢失^[10]。



a 阈值矩阵的聚集态加网



b 阈值矩阵的离散态加网

图1 加网原理

Fig.1 The principle of screening

1.2 最小阈值矩阵的微观防伪网点设计

网点形状的设计是调幅加网中的一项重要指标,阈值矩阵加网可以借鉴艺术网点技术,从微观上将网点设计成特殊形状,以区别于方形、圆形等一般网点形状。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。基于徐锦林研究的“基于最小阈值矩阵加网方式进行改进”,研究在艺术加网中的应用效果。网点网格的大小为 12×12 ,实际网格的大小与加网角度的对应关系分别为 0° 或 90° 时,理想状况下的网格大小为144;加网角度为 45° 时网格大小为128,比理想情况少16个微小网格;加网角度为 15° 和 75° 时网格大小为153,比理想情况多9个微小网格,阈值的个数远小于8位深度颜色的256级色彩值,所以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^[11-13],

映射关系为:

$$F_{\text{转化后}} = \text{fix}\left[\frac{F_{\text{原}}}{255}Q_{\text{max}} + 0.5\right] \tag{1}$$

式中: $F_{\text{转化后}}$ 为经等比例压缩转化后的像素值; Q_{max} 为最大阈值即阈值矩阵网格数; fix 为向下取整。经转换和改进后的阈值矩阵见图2—5。对于不同角度加网的阈值矩阵所设计的艺术网点形状,分别选择加网角度为14.04°和75.96°时的微观形貌为英文字母“U”形,90°时的微观形貌似字母“A”状与45°时的字母“N”形状为例,也可以选择其他字母或形状进行设计,但要符合印刷时对网点特征的要求,并建立对应的微观艺术防伪网点库,以便加网时选择。此次只针对这3种具有微观艺术防伪特点的加网阈值矩阵进行研究,讨论说明具有防伪功能的艺术网点在调幅加

34	44	46	50	60	96	95	59	49	45	43	1
31	48	52	62	94	138	137	93	61	51	47	2
28	54	64	84	136	104	103	135	83	63	53	5
25	66	82	92	134	42	41	133	91	81	65	8
22	72	86	132	106	40	39	105	131	85	71	11
19	74	88	130	122	120	119	121	129	87	73	14
16	76	90	128	108	102	101	107	127	89	75	17
13	78	126	110	70	68	67	69	109	125	77	20
10	80	124	112	58	56	55	57	111	123	79	23
7	142	143	144	100	38	37	99	141	140	139	26
4	114	116	118	98	36	35	97	117	115	113	29
33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	32

图2 0° 加网阈值矩阵

Fig.2 Threshold matrix for screening angle 0°

59	98	118	139	41	39	40	53	138	119	89	18	62	101	124	145	50	48	49	56	144	125	92	15	65	104
60	99	120	141	44	42	43	54	140	121	90	17	63	102	126	147	70	68	69	71	146	127	93	14	66	105
61	100	122	143	46	45	47	55	142	123	91	16	64	103	128	148	150	152	153	151	149	129	94	13	67	72

a 左半部分(26栏)

130	132	134	136	137	135	133	131	95	12	9	8	3	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
106	107	108	109	110	111	112	113	96	11	7	6	2	57	87	86	85	35	33	34	51	82	83	84	20
74	76	78	80	81	79	77	75	73	10	5	2	1	58	97	117	116	37	36	38	52	115	114	88	19

b 右半部分(25栏)

图4 14.04° 加网阈值矩阵

Fig.4 Threshold matrix for screening angle 14.04°

59	60	61	62	63	64	65	66	67	9	7	5	23	83	114	119	121	123	125	127	129	131	113	75	26	34
98	99	100	101	102	103	104	105	72	8	6	4	22	84	88	89	90	91	92	93	94	95	96	73	25	51
118	120	122	124	126	128	130	106	74	3	2	1	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	24	82

a 左半部分(26栏)

38	40	43	47	49	69	153	137	110	81	29	85	116	139	141	143	145	147	148	132	107	76	32	57	58
52	53	54	55	56	71	151	135	111	79	28	35	37	41	44	46	50	70	150	134	108	78	31	87	97
115	138	140	142	144	146	149	133	112	77	27	33	36	39	42	45	48	68	152	136	109	80	30	86	117

b 右半部分(25栏)

图5 75.96° 加网阈值矩阵

Fig.5 Threshold matrix for screening angle 75.96°

网中潜在的应用效果和价值。

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

图3 45° 加网阈值矩阵

Fig.3 Threshold matrix for screening angle 45°

2 实验

在Photoshop软件中实现对Lena原图进行分色处理,使用Matlab软件编程,使用最小阈值矩阵加网,将连续调图像转换为半色调图像,并对其质量进行评价。

2.1 原稿准备

准备图像大小为5 cm×5 cm,分辨率为2100 dpi,图像模式为CMYK的Lena图像,并在Photoshop中对其进行分色处理,得到的各分色图像效果见图6。

2.2 加网处理

对分色后的四色板分别选择改进后的14.04°



图6 Lena分色图像
Fig.6 The separating graphs of Lena

(C),45° (M),90° (Y),75.96° (K)阈值矩阵对图像进行加网处理,将连续调图像转换为半色调图像,见图7,每个图的右边对应加网后的图形局部放大效果,分别可以识别出字母“U”,“N”,“A”和“U”的形状。

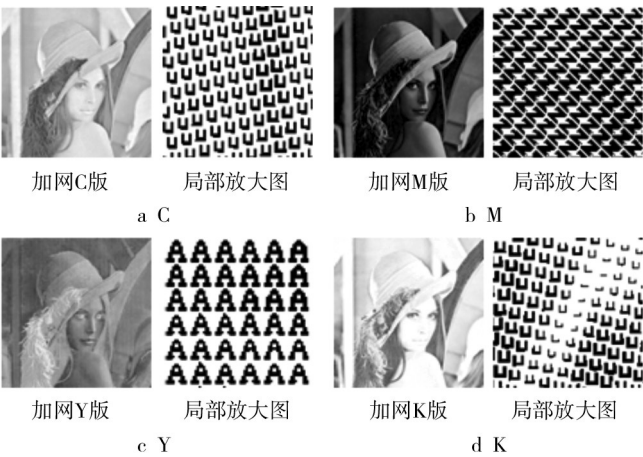


图7 加网效果
Fig.7 The screening effect

2.3 质量评价

用 Matlab 对加网后的图像用峰值信噪比值(PNSR)做质量评价^[14-15]。目前对数字图像的质量评价一般都选择用峰值信噪比进行比较,将分色后的原始图像进行普通加网处理,对原始分色图形与普通加网半色调图形和阈值矩阵微观防伪加网半色调图像结果分别进行峰值信噪比计算,并计算普通加网半色调结果与微观阈值防伪加网半色调图形的PNSR值,三者的结果都小于人眼识别的规定分辨值38。根据分析数值可见,不论是分色后的各色板,还是加网合

并后Lena图的峰值信噪比都符合数字图像的质量要求,评价结果见表1。

表1 加网图像的PSNR值
Tab.1 The PSNR values of screening images

四色	普通加网与 原始图 PSNR 值	阈值矩阵微 观加网与原 始图 PNSR 值	普通加网与阈 值矩阵微观加 网 PNSR 值
C	26.6154	30.7742	32.3550
M	28.8638	25.8234	31.6690
Y	26.3426	28.0391	29.2938
K	27.5075	32.6637	34.4387
Lena 图像	26.9078	26.8984	28.3103

2.4 结果分析

通过对CMYK4个色版普通加网和阈值矩阵微观结构加网的结果进行比较,可知各色版的加网结果都非常接近,且2种加网效果能够达到对数字图像质量的评价要求。4个加网色版合并后得到的加网半色调Lena图像效果几乎没有差别,因此具有微观结构的网点对彩色图像进行加网可以达到对印刷产品理想的微观防伪效果。

3 结语

主要对调幅加网技术中的艺术网点算法进行了研究,选择最小阈值矩阵的调幅加网方法为研究对象,并对阈值进行改进,使生成的网点有别于一般网点形状而具有艺术效果。最后实现了在CMYK四色版进行最小阈值矩阵的微观结构艺术加网,并达到了理想的实验效果,在网点识别中不需要特殊的设备,只需借助普通放大镜便可以对网点形状进行清楚的分辨。该方法对于调幅加网印刷在微观结构上的防伪具有重要意义,将艺术网点加网与光栅防伪技术结合实现多层防伪,可提高印刷品的使用价值和附加值,实现普通产品的低成本防伪。通过该研究还可以考虑防伪网点设计的变化,进一步扩展建立调幅加网的艺术网点系统,设计出具有不同外形的艺术网点模型,为进一步的研究提供理论基础。

参考文献:

[1] 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—68.
GONG Ye,ZHANG Yi-xin,WANG Kai. Anti-counterfeiting

- of Micro-structure Screens[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(3):62—68.
- [2] 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.
ZHOU Xiao,SHI Rui-zhi,SU Qiang,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.
- [3] 姚海根.数字印刷技术[M].北京:中国轻工业出版社,2010.
YAO Hai-gen. Digital Printing[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2010.
- [4] 任乐义,刘真,问双双,等.随机矩阵抖动加网在光栅防伪技术中的应用[J].包装工程,2011,32(13):89—92.
REN Le-yi, LIU Zhen, WEN Shuang-shuang, et al. Application of Random Matrix Pattern Jitter Screening in Grating Anti-counterfeit Printing Technology[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13):89—92.
- [5] 徐锦林,徐咏驰.调幅网加网因子研究[J].中国印刷与包装研究,2009,1(6):20—24.
XU Jin-lin, XU Yong-chi. Research of Screening Factor in Amplitude Modulation Screening[J]. China Printing and Packaging Study, 2009, 1(6):20—24.
- [6] 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.
WAN Bo. Research on Key Technology of RIP Software for Printing Equipment[D]. Xi'an: Xidian University, 2008.
- [7] 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.
XU Guo-liang. Research on Key Technology of Image Hybrid Halftoning for Color Printing[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2010.
- [8] 刘喆灿.基于半色调的信息隐藏算法[D].北京:北京印刷学院,2014.
LIU Zhe-can. Research on Information Hiding Algorithm Based on Halftone Screening[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2014.
- [9] KANG H R. Digital Color Half Toning[C]// SPIE/IEEE Series on Imaging Science & Engineering. New York: IEEE Press, 1999:114—117.
- [10] 刘真,任乐义,杨晟炜.调幅加网技术在光栅防伪中的应用[J].包装工程,2011,32(11):90—93.
LIU Zhen, REN Le-yi, YANG Sheng-wei. Application of AM Screening in Grating Anti-counterfeit Technology[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11):90—93.
- [11] XU Jin-lin, YAN Xiao-fan, CHEN Su-ming. A Rational Tangent Halftoning Algorithm with a Single Threshold Matrix[C]// International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.
- [12] PUNEET G, MADHUR G, CARL S, et al. Clustered-dot Halftoning with Direct Binary Search[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2013, 22(2):473—487.
- [13] 刘文霞,陈永利,于宏敏,等.聚集态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.
LIU Wen-xia, CHEN Yong-li, YU Hong-min, et al. Building Method of Clustered Dot Threshold Matrixes and Its Potential Applications[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(15):101—104.
- [14] 赵小梅,陈骏骢.数字加网图像的质量评价研究[J].包装工程,2009,30(1):93—95.
ZHAO Xiao-mei, CHEN Jun-cong. Study of Quality Assessment on Halftoned Images[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1):93—95.
- [15] 周奕华,卢健.数字加网图像质量评价方法的研究[J].包装工程,2006,27(5):116—117.
ZHOU Yi-hua, LU Jian. Study of the Quality Assessment Methods of Halftoned Images[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(5):116—117.