

一种基于阶调划分的网点重组型复合半色调算法

周啸¹, 史瑞芝¹, 李少梅¹, 李胜辉¹, 曹朝晖²

(1. 信息工程大学, 郑州 450001; 2. 96633 部队, 北京 100096)

摘要: **目的** 针对调幅和调频加网在本质上的不同, 过渡区域容易出现网点衔接不平滑和不均匀, 造成明显跳变, 影响印刷品质量的问题, 提出一种基于阶调划分的网点重组型复合半色调算法。 **方法** 在分析复合半色调阶调划分思想的基础上, 提出了一种过渡区域网点重组方法, 通过建立过渡区域平滑衔接模型, 构建了网点重组算法模型和分配方案, 列举了几个典型实例, 并对算法模型的效果进行了定量分析。 **结果** 生成的过渡区域网点实现了调幅和调频等2类不同性质网点的平滑过渡, 提高了半色调图像的输出质量。 **结论** 提出的算法能够改善复合半色调图像的印刷质量, 消除过渡区域的视觉干扰, 是一种有效的半色调方法, 为网点生成方法提供了参考依据。

关键词: 阶调划分; 计算机图像; 可视化; 网点重组; 复合半色调; 平滑过渡

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)13-0104-07

Dot-recombined Hybrid Halftoning Algorithm Based on Tone Division

ZHOU Xiao¹, SHI Rui-zhi¹, LI Shao-mei¹, LI Sheng-hui¹, CAO Zhao-hui²

(1. Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China; 2. 96633 Troops, Beijing 100096, China)

ABSTRACT: This research aimed to realize the even and smooth dot combination in the transition tone which is critical to improve printing quality. As the screening essences of AM screening and FM screening are different, unevenness of dots would appear in the transition tone, which would cause apparent tone jump and influence printing products' quality. This paper put forward a dot-recombined hybrid halftoning algorithm based on tone division. On the basis of analyzing the idea of hybrid halftoning tone division, a dot recombination method in transition tone was brought forward. By setting up even combination model in transition tone, this paper founded the dot recombination algorithm model and distribution project, and then exemplified several typical models, and conducted quantitative analyses on algorithm effects, which provided reference for dot generation methods. Generated dots in transition zone can realize smooth transition between two types of dots, which improved the output quality of halftone image. Algorithm in this paper can improve printing quality of hybrid halftone image and eliminate visual disturbance. It is an effective method, which can provide reference for dot generating.

KEY WORDS: tone division; computer image; visualization; dot recombination; hybrid halftoning; smooth transition

计算机图像可视化, 是利用计算机图形学和图像处理技术, 将原始数据转换成图像图形的形式, 在屏幕上显现出来, 并用以理解和交互处理。在数字出版领域, 印前数据可视化依托计算机环境, 将原稿数据进行预处理, 传输至 RIP 服务器进行加网解释, 即半色调化^[1-2]。数字半色调算法又称加网算法, 是印前图像

可视化的重要环节, 实现了连续调图像到半色调图像的转变和原稿数据的半色调可视化。通过印版线性和多次网点扩大补偿, 最终达到原稿数据“所见即所得”的可视化再现。复合半色调是将调幅和调频加网有机融合在一起而形成的一种优势互补的加网方式。将二者结合起来, 能够保持调幅加网复制稳定和

收稿日期: 2014-11-02

基金项目: 国家自然科学基金(41071297)

作者简介: 周啸(1986—), 男, 四川乐山人, 信息工程大学博士生, 主攻数字印刷半色调技术。

通讯作者: 史瑞芝(1962—), 女, 山东蓬莱人, 信息工程大学教授、博导, 主要研究方向为图文信息处理与一体化出版技术。

调频加网效果更佳。目前,复合半色调研究主要围绕2种思路和解决方案展开:在中间调使用调幅加网,在亮调和暗调使用调频加网;对所有网点使用调幅调频的特征算法。采用前一种方法时,由于调幅加网和调频加网是2种不同性质的加网方式,在中间阶调和两边阶调的过渡区域,不同性质的网点衔接时将发生过渡不均匀现象,造成阶调跳变,影响印刷图像的输出质量^[3-4]。为此,在前一种方法的基础上,提出了一种网点重组复合半色调算法,能够实现过渡区域的平滑衔接,改善了图像的输出质量。

1 阶调划分与算法改进

1.1 复合半色调阶调划分

调幅加网虽然已经相对成熟,但诸如莫尔条纹、阶调层次不突出、难以复制高保真产品、受加网角度和加网线数局限等问题仍然存在,即便是随后出现的调频加网,虽解决了调幅加网的若干问题,但也有自身的弊端,不能完全取代调幅加网。随即出现的复合半色调技术,就是将二者的优势结合在一起。目前,不少公司都推出了自己的复合半色调算法,其本质都是融合了传统加网技术的特点,获得质量更优、效果更好的产品^[5]。

印刷品图像的阶调层次为0~255灰度级,可以定义灰度图像的阶调层次为暗调、中间调和亮调区域,相邻区域之间为过渡区域。设激光照排机的记录分辨率为 L_{DPI} ,调幅加网线数为 L_{LPI} ,最小网点尺寸为 n 光点,定义阶调过渡区域界线值为 Δ ,则确定 Δ 的算法为:

$$\Delta = \frac{n^2}{(L_{DPI}/L_{LPI})^2}$$

(1)

如激光照排机的记录分辨率为2400 DPI,设最小网点为2光点,相当于400 LPI加网线数,则阶调过渡区界线值为 $\Delta=(2\times 2)\div(6\times 6)=0.111$,即网点面积率从0~11.1为亮调区域,11.1~88.9为中间调区域,88.9~100为暗调区域。对于调幅加网和调频加网而言,前者能够很好地再现中间调,但在亮调和暗调区域,由于网点或空白点太小,印刷机难以控制,容易导致网点丢失、糊版和并级等,难以再现图像细节;而调频加网在中间调区域的网点不易控制,当网点发生连接或重叠时,容易出现杂色或斑点。由此,亮调区域和暗调区域宜采用调频加网,而中间调区域宜采用调幅加网^[6-7]。

1.2 传统算法改进

提出算法是对传统算法的一种改进和优化。复合半色调的目的最终是提高图像印刷质量,如果将复合半色调加网看成一个整体过程,那么可以构建以下基本加网流程模型。

1.2.1 图像阶调特征提取

图像阶调划分是复合半色调加网的基础,按照前述方法,首先根据原稿特点对图像进行阶调划分。一般而言,中间阶调采用调幅网点加网,或采用具有调幅调频性质的尺寸变化网点;亮调和暗调区域采用调频网点加网,或采用具有调幅调频性质的尺寸变化网点。关键在于不同阶调与相应网点性质的准确匹配。

1.2.2 算法特征提取

复合半色调算法由常规调幅、调频或其他算法等基本算法构成。在阶调特征提取的基础上对基本算法特征进行提取,确定其适合图像加网的阶调区域,见表1。

表1 算法特征提取

Tab.1 Extraction of algorithm characters

算法模型	基本半色调类型	网点形态	加网角度	加网线数	网点尺寸
算法1	AM	水平圆形&组合	有	有	不等大
算法2	FM	水平圆形&独立	无	无	等大
算法3	FM	水平方形&独立	无	无	等大

1.2.3 算法匹配

根据提取的图像阶调特征和算法特征,将基本算法对应至各阶调区域,形成整幅图像的复合半色调加网算法。

1.2.4 图像半色调加网

传统算法经过4步完成复合半色调加网,由这4步形成的算法对复合半色调进行了理论描述。根据印刷实际条件及图像印刷质量的要求,还需要对算法进行适当处理,以获得更高质量的印刷效果。在复合半色调加网中,对印刷质量有一定影响的因素有过渡区域的不平滑过渡和“绝网”区域微小网点的损失,因此,还需要增加对复合半色调加网修正的过滤器模型,此处增加第5步过滤器模型的建立。

1.2.5 过滤器模型建立

通过构建过滤器模型,对理论复合半色调算法进行过滤,形成实际可行的算法。考虑的3个过滤因子如下所述。

1) 过渡区域。中间阶调与两边阶调的平滑过渡。

2) 两边阶调。“绝网”临界网点的尺寸(网点百分率)。

3) 两边阶调。“绝网”区网点的处理。

提出算法在传统算法4个步骤的基础上,补充完善了针对过渡区域阶调的平滑过渡模型。

2 提出的算法

2.1 同灰度级网点重组思想

调幅和调频加网的原理不同,前者通过规则排列网点的尺寸变化表达阶调,后者通过相同尺寸网点的不同密度表现阶调。若2类网点直接用在原稿的中间调和两边调区域,二者衔接时会出现过渡不平滑的现象。45°圆形网点调幅与调频网点衔接时的状态见图1。图1中a区域为中间阶调,b区域为亮调区域,可以明显看出,2种加网方式在中间衔接处过渡非常不平滑,没有规律,这使得印刷输出图像在衔接处产生影响视觉效果的花纹。实现衔接处的平滑过渡是复合半色调的一个关键问题。

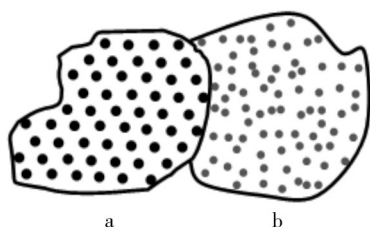


图1 调幅加网和调频加网的衔接过渡

Fig.1 Transition of AM screening and FM screening

要实现过渡区域的平滑衔接,可以改进调频网点的生成算法,重组随机分布的网点,在保持其调频特性的基础上增加调幅特性,与中间阶调衔接时实现平滑过渡。增加的调幅特性中最重要的3项是网点形状、加网线数和加网角度,要与中间阶调保持一致。而对于网点百分率,应当保持原稿的阶调层次不损失^[8]。这里提出的相同灰度级网点重组思想,是将调频网点按照原稿灰度值和网点数量进行重新分配。在重新分配时,网点在整个区域范围内呈随机排列,但在局部沿加网角度排列,使得从中间阶调到两边阶调过渡时不产生明显的跳变。

2.2 算法模型构建

2.2.1 平滑过渡衔接模型

平滑过渡衔接模型见图2。图2中,区域a和b分

别为中间阶调和亮调区域,采用调幅和调频加网方式,在衔接时出现过渡不平滑现象。对b区域调频网点进行重组,所有小网点根据灰度级和重组算法重新生成并随机分配,同时,按照a区域的加网角度和线数设置,且规定重组前后网点均为点聚集形态。图2中c区域的网点分布是按照一种分配方式形成的网点结构。在d区域的衔接中,亮调区域网点整体上为调频性质,箭头方向所在的局部区域与中间调有相同的网点排列、线数设置和加网角度。该模型能够实现衔接区域的平滑过渡。

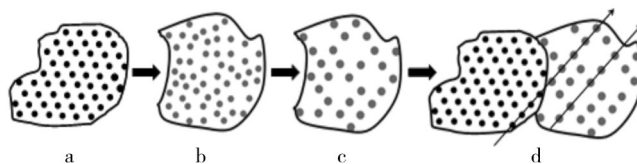


图2 平滑过渡衔接模型

Fig.2 Smooth transition model

2.2.2 网点重组和分配方案

设b区域为相同灰度级过渡区域,读取该区域共有 n 个像素,即对应 n 个内部为调频网点的半色调单元,每个像素的灰度值均为 A ,则该区域的灰度值总量 E 为。

$$E = n \cdot A \quad (2)$$

根据模型设计原理,首先去除 n 个半色调单元中的部分单元,以保证重组网点的调频特性。设去除 f_0 ($f_0 > 0$)个半色调单元。剩余的 $n - f_0$ 个半色调单元保持区域灰度总量不变,其中,规定有 f_1 个半色调单元重新分配灰度值 P_1 ,有 f_2 个半色调单元重新分配灰度值 P_2 ;...;有 f_m 个半色调单元重新分配灰度值 P_m , m 为个数。重新分配的灰度值 $P_1, \dots, P_m$ 与 A 相差一定数值,大于 A 时对应形成较大网点,小于 A 时对应形成较小网点。剩余半色调单元的灰度值总量与原灰度总值相等,几项参数之间的关系为:

$$f_0 + f_1 + f_2 + \dots + f_m = \sum_{i=0}^m f_i = n \quad (3)$$

$$f_1 \cdot P_1 + f_2 \cdot P_2 + \dots + f_m \cdot P_m = \sum_{i=1}^m f_i \cdot P_i = n \cdot A = E \quad (4)$$

这里,定义 $f_0, f_1, \dots, f_m$ 为网点的类, f_0 为去除的网点类, $f_1, \dots, f_m$ 为重新分配灰度值的类,以网点尺寸大小衡量区分。

不同类的分配比例 h_m 为:

$$h_m = \frac{f_m}{n} \quad (5)$$

式中: $m=0, 1, 2, \dots$ 。

定义重新分配的网点对应灰度值 P_m 与原像素灰度值 A 之间的差值为 δ , 则:

$$\delta = P_m - A \quad (6)$$

δ 的绝对值越大, 则新置网点与原网点的尺寸差距越大, 当 δ 的值为正整数时, 新置网点尺寸比原网点尺寸大, 反之比原网点尺寸小。 δ 的值是衡量网点尺寸变化的重要指标, 也是决定网点总周长和网点扩大趋势的重要因素。

在该算法模型中, 重置网点的结构布局由 f_0 , f_m 和 P_m 的取值共同决定。在实际计算时, 分配的网点灰度值种类越少, 即 f_m 和 P_m 的数值种类越少, 网点重组计算的难度越低, 计算效率最高。当仅为1种时计算量最小, 计算效率最高。下述2个实例设定b区域灰度级 $A=100$, 像素总量 $n=900$ 。

2.2.2.1 分配为同尺寸的1类网点(实例1)

若 $h_0=1/3$, 则剩余 $2/3$ 像素的灰度值进行重新分配, 且 f 和 P 的取值仅为1种, 设为 f' 和 P' , 即参与重新分配的 $2/3$ 像素全部生成1种灰度值对应的网点 $f' = f_0 = 2/3$ 。由式4可知, 当剩余灰度分配时, 总灰度值 $f' P' = n \cdot A$, 得 $P' = n \cdot A / f' = n \cdot A / (n - f_0)$ 。由于 $f' = n - f_0 < n$, 因此 $P' > A$ 。此关系式说明若仅分配为同尺寸的一类网点, 得到的所有网点尺寸均比原网点大。

由于 $n=900$, 则 $f_0=1/3n=300$, 则 $P' = (n \cdot A) / f' = n \cdot A / (n - f_0) = 150$ 。即b区域进行网点重组后, 由原来的900个网点缩减为600个, 每个网点的尺寸由100曝光点增大到150曝光点。在网点排列上, 去除的300个网点位置随机, 而重置的600个网点与中间调区域调幅网点, 具有相同的加网角度和线数。当 h_0 改变时, 重置网点的数量和尺寸随即改变。分配为1类网点时的面积表达见图3, 横坐标为区域内网点总数, 纵坐标为像素灰度(对应网点大小), 它们的乘积或和(即矩形面积或面积和)为区域灰度值总量。网点重组前后灰度值总量应保持不变, 网点尺寸和数量发生变化。图3中矩形 $T_1T_2T_3T_4$ 的面积为 S_1 , 矩形 $Q_1Q_2Q_3T_4$ 的面积为 S_2 , 则有 $S_1=S_2$ 。

2.2.2.2 分配为不同尺寸的2类网点(实例2)

1) 2类网点尺寸均大于原网点。若 $h_0=1/3$, 则对剩余 $2/3$ 像素的灰度值进行重新分配, 且 f 和 P 的取值为2种, 设为 f_1 和 P_1 , f_2 和 P_2 。若满足关系式(7)(8),

$$f_1 P_1 + f_2 P_2 = nA \quad (P_1 > A, P_2 > A) \quad (7)$$

$$f_1 + f_2 = n - f_0 < n \quad (8)$$

则当 $P_1=120$, $P_2=180$ 时, 计算得 $f_1=f_2=300$, $h_1=h_2=1/3$, 即重置的600个网点中, 有300个网点由120个曝光点构成, 300个网点由180个曝光点构成, 形成大小

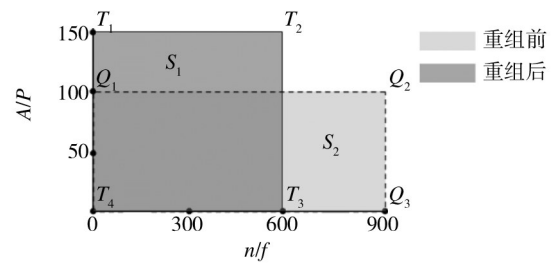


图3 分配为1类网点时的面积表达

Fig.3 Area of one dot type

不同的2类网点, 且均比原网点尺寸大。这600个网点的排列分布原则与实例1相同。分配为2类网点(实例1)时的面积表达见图4a。图4a中矩形 $T_1T_2T_3T_4$ 的面积为 S_1 , 矩形 $T_3T_4T_5T_6$ 的面积为 S_3 , 矩形 $Q_1Q_2Q_3T_4$ 的面积为 S_2 , 则有 $S_1+S_3=S_2$ 。

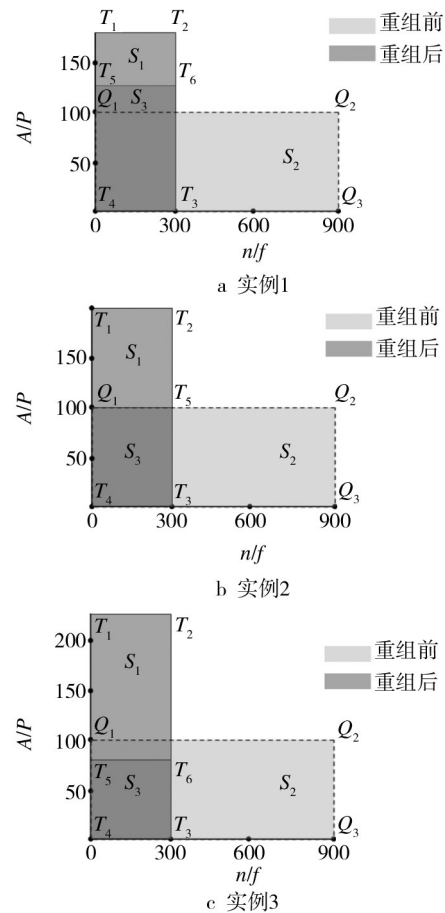


图4 分配为2类网点时的面积表达

Fig.4 Area of two dot type

2) 2类网点尺寸分别等于和大于原网点。若 $h_0=1/3$, 则剩余 $2/3$ 像素的灰度值进行重新分配, 且 f 和 P 的取值为2种, 设为 f_3 和 P_3 及 f_4 和 P_4 。若满足关系式(9)(10),

$$f_3 P_3 + f_4 P_4 = nA \quad (P_3 = A, P_4 > A) \quad (9)$$

$$f_3+f_4=n-f_0<n \quad (10)$$

则当 $P_3=100, P_4=200$ 时, 经过计算得 $f_3=f_4=300, h_3=h_4=1/3$, 即在重置的 600 个网点中, 有 300 个网点由 100 个曝光点构成, 300 个网点由 200 个曝光点构成, 形成大小不同的 (与原网点大小相同和比原网点尺寸大) 2 类网点。这 600 个网点的排列分布原则与实例 1 相同。分配为 2 类网点 (实例 2) 时的面积表达见图 4b。图 4b 中矩形 $T_1T_2T_3T_4$ 的面积为 S_1 , 矩形 $Q_1T_3T_4$ 的面积为 S_3 , 矩形 $Q_1Q_2Q_3T_4$ 的面积为 S_2 , 则 $S_1+S_3=S_2$ 。

3) 2 类网点尺寸分别大于和小于原网点。若 $h_0=1/3$, 则剩余 $2/3$ 像素的灰度值进行重新分配, 且 f 和 P 的取值为 2 种, 设为 f_5 和 P_5, f_6 和 P_6 。若满足关系式 (11)(12)。

$$f_5P_5+f_6P_6=nA(P_5>A, P_6<A) \quad (11)$$

$$f_5+f_6=n-f_0<n \quad (12)$$

则当 $P_5=80, P_6=220$, 经过计算得 $f_5=f_6=300, h_5=h_6=1/3$, 即在重置的 600 个网点中, 有 300 个网点由 80 个曝光点构成, 300 个网点由 220 个曝光点构成, 形成形状大小不同的 (比原网点尺寸大和比原网点尺寸小) 2 类网点。这 600 个网点的排列分布原则与实例 1 相同。分配为 2 类网点 (实例 3) 时的面积表达见图 4c。图 4c 中矩形 $T_1T_2T_3T_4$ 的面积为 S_1 , 矩形 $T_5T_6T_3T_4$ 的面积为 S_3 , 矩形 $Q_1Q_2Q_3T_4$ 的面积为 S_2 , 则有 $S_1+S_3=S_2$ 。

从上述 2 个实例可以看出, 不同参数对网点尺寸具有直接影响。当重组网点尺寸在原尺寸左右上下波动时, 会产生较大差别。实例仅给出了 1 种分配方式, 参数发生改变时分配方式将随之改变。

2.2.3 网点模型设计与模型库建立

根据照排机分辨率和加网线数确定半色调单元的大小, 在半色调单元内对记录栅格做置 1 (涂黑) 和 0 (涂白) 的处理, 设计 0~255 满灰度级的网点梯尺。网点形状根据实际需要确定, 同时要考虑网点周长, 控制网点扩大。视整个网点模型库为总库, 若以照排机分辨率和加网线数为条件 1, 以网点点形为条件 2, 那么改变条件 2, 可以生成不同点形构成的模板库, 即二级子库。改变条件 1 可以生成不同精度网点构成的模板库, 即一级子库, 所有一级子库和二级子库构成模型库总库。

3 实验与结果分析

3.1 重组效果模拟

以 75° 加网时, 一种随机去除半色调单元及在剩

余半色调单元内生成圆形网点的方式见图 5。在网点数量减少、网点尺寸适度增大的情况下, 重组网点的排列与 a 区域的排列相同, 这说明了从 a 区域到 b 区域的过渡实现了平滑衔接, 可以避免阶调和色彩的跳变。但在实际生产中, 重组网点的尺寸一定要恰当, 不能追求过大的改变, 否则可能产生严重的阶调变形。

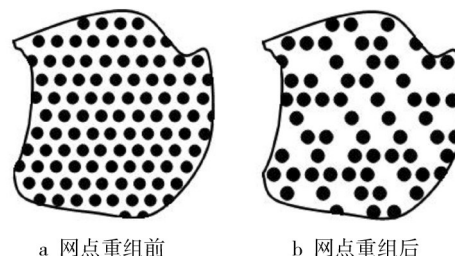


图 5 加网角度 75° 下的网点重组方式

Fig.5 Dot recombination at 75° screening angle

3.2 图像半色调处理

利用图像加网研究半色调算法相关特性。实验对象和分色图像见图 6。

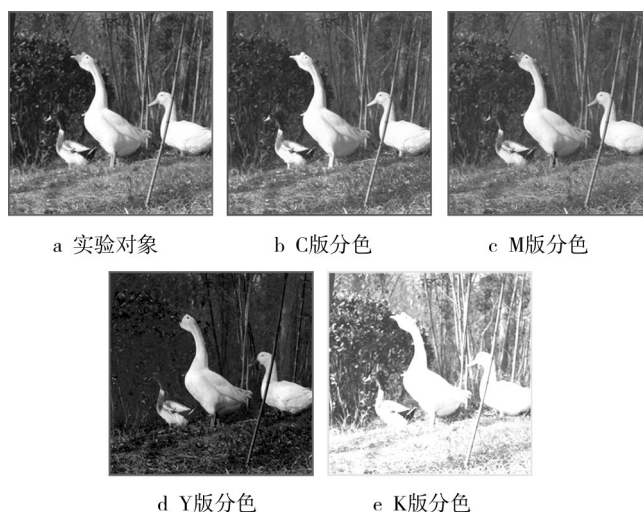


图 6 实验对象和分色图像

Fig.6 Experiment subject and color separation

1) 实验对象确定。选择画面清晰、色彩丰富、阶调层次分明的原稿图像作为实验对象 (图 6a)。

2) 四色分色处理。首选确定图像的暗调、中间调和亮调, 对图像做四色分色处理 (图 6b—e)。

3) 实验对象半色调化。采用调幅和调频加网, 分别对 CMYK 分色图像中间阶调和两边阶调加网。对实验对象做相同 5 次处理, 获得对照组半色调图像和实验组半色调图像。

4) 重组算法处理。这里仅选取M版分色图像为例。对照组半色调图像不处理,对实验组半色调图像做重组算法处理,分别获得实验组1、实验组2(1)、实验组2(2)和实验组2(3)对应的半色调图像,见图7。选取图像过渡区域一小块区域,放大原图像16倍,获取的网点形态见图7a'—e'。

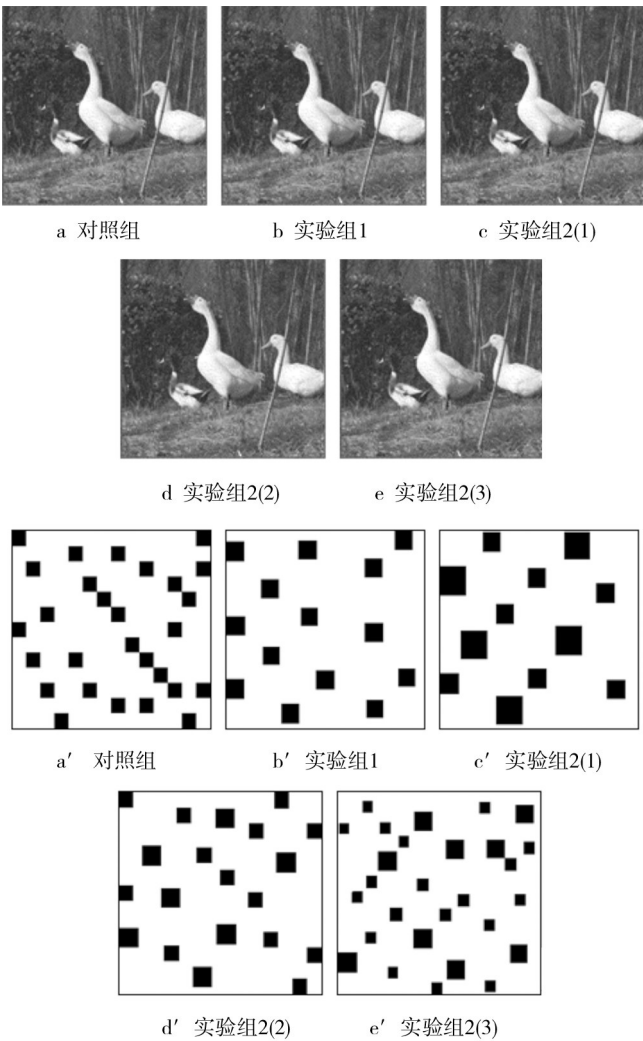


图7 复合半色调加网和网点放大
Fig.7 Hybrid screening and dot amplification

半色调图像从宏观上观察没有太大差别。通过印刷打样,对照组图像的过渡区域有过渡不平滑的现象,而实验组的不平滑现象消失。由于实验组几个实例过渡区域网点的尺寸和分布不同,印刷打样获得的图像在过渡区域有不同程度的网点扩张表现,因此色彩有一定差异,故过渡区域及其范围的选取要得当,不可过大,以避免色彩的严重偏差。

观察半色调图像过渡区域的网点分布图,对照组半色调网点随机分布,为典型的调频网点,它与中间阶调的衔接不平滑。相比之下,实验组的网点在整体

上随机,但局部成45°网角排列(M版),这与中间阶调45°网角的调幅网点实现了平滑过渡。实验组1中的网点大小均相同,且比原网点尺寸大;实验组2(1)中的网点有大有小,且均比原网点尺寸大;实验组2(2)中的网点有大有小,大网点尺寸比原网点大,小网点尺寸与原点相同;实验组2(3)中的网点有大有小,大网点尺寸比原网点大,小网点尺寸比原网点小。

3.3 网点扩大统计分析

网点扩大是复制过程中的一种负面效果,它与网点总周长直接相关,网点总周长越大,网点扩大越严重。因此,控制网点总周长是降低网点扩大影响的主要方式。当图像区域的灰度总量一定时,网点数量与网点尺寸成反比。此处分析提出网点分配算法中几个实例的点聚集和点离散关系。视1个曝光点的边长为1,网点重组前后网点数量、灰度值及网点周长之间的关系见表2。几种实例中重组前后网点总周长对比见图8。

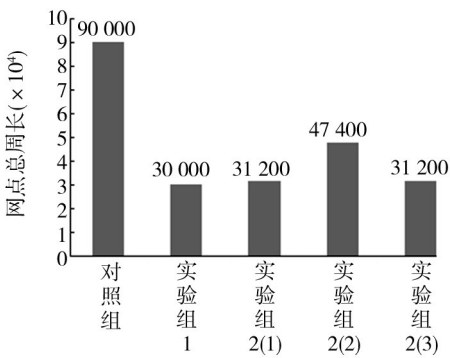


图8 重组前后网点总周长对比
Fig.8 Comparison of total dot perimeter before and after recombination

表2 重组前后各参数关系表
Tab.2 Relationship among parameters before and after recombination

	网点总数(n/f)	灰度级(A/P_m)	δ	网点周长(参考值)	总周长 C
重组前(对照组)	900	100	0	100	90 000
实验组 1	600	150	50	50	30 000
实验组 2(1)	300	120	20	48	31 200
重组后(实验组)	300	180	80	56	
实验组 2(2)	300	100	0	100	47 400
实验组 2(2)	300	200	100	58	
实验组 2(3)	300	80	-20	40	31 200
实验组 2(3)	300	220	120	64	

不同实例都实现了a区域和b区域的平滑过渡,但产生的效果不同。通过分析表2中的数据和图8的柱状对比图可知,在灰度值总量一定的前提下,重组前网点的数量多,网点尺寸小,网点总周长最大,网点扩大带来的负面效果也最严重;重组后网点数量明显减少,不同实例中不同类网点的尺寸有增大或减小。

δ 的绝对值越大,说明重置网点的尺寸较原网点尺寸变化越大。网点尺寸变化过大,可能导致阶调和色彩的变形。例如,实验组1中的重组网点 $\delta=50$,网点尺寸变形适度,阶调补偿时相对容易;而实验组2(3)中1类重组网点的 $\delta=120$,印刷复制的结果将会带来b区域色彩的加重,导致失真。通过分析,该模型在确定 f_0 、 p_m 和 n_m 等3个参数时,一定要考虑网点变形值,在实现平滑过渡的基础上,尽量避免网点尺寸的严重变形,以确保阶调的正确复制。

4 结语

在常规复合半色调算法的基础上,提出了一种能够实现中间阶调和两边阶调平滑过渡的算法模型。该算法模型以保持过渡区域灰度值总量不变为前提,打破原网点的随机排列方式,按照中间调区域的加网角度和线数重新排列网点,同时获得网点排列在总体区域内的随机。通过网点重组的几个典型实例,说明了该方法的可行性,同时对重组效果进行了分析评估,为网点分配方案的合理规划提供了参考依据。

参考文献:

- [1] 黄灵阁,段华伟. 数字加网新技术的研究进展[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 24—26.
HUANG Ling-ge, DUAN Hua-wei. Research on Progress in New Digital Screening Technology[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 24—26.
- [2] 周啸,史瑞芝. 分布函数调频加网及其优化算法模型研究[J]. 信息工程大学学报, 2013, 14(6): 652—656.
ZHOU Xiao, SHI Rui-zhi. FM Screening Based on Distribution Function and its Optimized Algorithm Model[J]. Journal of Information Engineering University, 2013, 14(6): 652—656.
- [3] 冷彩凤. CTP印刷特性曲线研究[J]. 包装工程, 2009, 30(6): 63—64.
LENG Cai-feng. Research on Characteristic Curve for CTP[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(6): 63—64.
- [4] CAVALCANTI P G, SCHARCANSKI J. Automated Pre-screening of Pigmented Skin Lesions Using Standard Cameras[J]. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2011, 35(6): 481—491.
- [5] XU L, JIA J Y. Depth-aware Motion Deblurring[C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Computational Photography. Cluj-Napoca, Romania: IEEE, 2012: 1—8.
- [6] 周啸,史瑞芝,孙冰. 调频加网地图印刷阶调复制特性研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2013, 5(2): 35—40.
ZHOU Xiao, SHI Rui-zhi, SUN Bing. Research of Reproduction Characteristic based on FM Screening Map Printing[J]. China Printing and Packing Study, 2013, 2(5): 35—40.
- [7] 张寒冰,袁昕. 数字网目调技术中误差扩散算法的研究[J]. 计算机应用, 2010, 30(4): 925—928.
ZHANG Han-bing, YUAN Xin. Study on Error Diffusion Algorithm of Digital Halftoning[J]. Journal of Computer Applications, 2010, 30(4): 925—928.
- [8] 万晓霞,谢德红,徐锦林. 基于加网算法与算法适应性的半色调图像质量评价方法[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2006, 31(9): 765—768.
WAN Xiao-xia, XIE De-hong, XU Jin-lin. Quality Evaluation of Halftone by Halftoning Algorithm based on Adaptive Method[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006, 31(9): 765—768.
- [9] 高珊珊,宋晓明. 混合网点加网技术解析[J]. 数码印刷, 2008(5): 42—43.
GAO Shan-shan, SONG Xiao-ming. Analysis of Hybrid Screening Technology[J]. Digital Printing, 2008, (5): 42—43.
- [10] MANDIC L, MAJNARIC I, POUICAK A, et al. Case Study: Digital Offset Printing—Resolution and Color Reproduction. International Conference, 2008(6): 153—156.
- [11] 夏雪. 数字加网的新趋势[J]. 广东印刷, 2008(6): 19—20.
XIA Xue. New Tendency of Digital Printing[J]. Guangdong Printing, 2008(6): 19—20.
- [12] 任娜,朱长青,王志伟. 基于映射机制的遥感影像盲水印算法[J]. 测绘学报, 2011, 40(5): 623—626.
REN Na, ZHU Chang-qing, WANG Zhi-wei. Blind Watermarking Algorithm Based on Mapping Mechanism for Remote Sensing Image[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2011, 40(5): 623—626.
- [13] 王成林,唐正宁,高松. 基于AM/FM半色调的混合加网算法研究[J]. 包装工程, 2008, 29(3): 15—17.
WANG Cheng-lin, TANG Zheng-ning, GAO Song. Hybrid Screening Based On AM/FM Halftoning[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(3): 15—17.
- [14] 邝敏威,陈新. 调频加网技术分析和研究[J]. 包装工程, 2002, 23(zl): 12—14.
KUANG Min-wei, CHEN Xin. Analysis and Research on FM Screening Technology[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(zl): 12—14.
- [15] HALL L O, GOLDFORD B. Convergence of the Singlepass

- 达四千亿元[N]. 中国青年报, 2011-09-22(1).
- XIANG Nan. Over-packaging Encouraged by Gift Corruption, Packaging Waste Value Amounts to Four Hundred Billion Yuan Per Year in China[N]. China Youth Daily, 2011-09-22(1).
- [2] 王亚丹. 国内废弃物物流的理论研究综述[J]. 物流科技, 2012(2): 67—69.
- WANG Ya-dan. Research Summary on Waste Logistics[J]. Logistics Management, 2012(2): 67—69.
- [3] 曹国荣, 王瑜, 黄仁晖, 等. 包装废弃物与逆向物流的研究[J]. 包装工程, 2006, 27(6): 58—60.
- CAO Guo-rong, WANG Yu, HUANG Ren-hui, et al. Study of Packaging Wastes and Reverse Logistics[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 58—60.
- [4] LU Q G, MARK S, ROBERT D. Governance Mode in Reverse Logistics: A Research Framework[C]// IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM 2011), 2011.
- [5] MISHRA N, KUMAR V, CHAN F T S. A Multi-agent Architecture for Reverse Logistics in a Green Supply Chain[J]. International Journal of Production Research, 2012, 50(9): 2396—2406.
- [6] 丁伟妃. 我国包装废弃物逆向物流发展研究[J]. 经济论坛, 2008(7): 51—53.
- DING Wei-fei. Development and Research of Reverse Logistics about Packaging Wastes in China[J]. Economic Tribune, 2008(7): 51—53.
- [7] 吴晓晨, 孙国楠. 浅析包装废弃物逆向物流运行的问题与保障措施[J]. 科技创新与应用, 2014(20): 296—297.
- WU Xiao-chen, SUN Guo-nan. Analysis on Running Problems and Safeguard Measures of Packaging Waste Reverse Logistics[J]. Technology Innovation and Application, 2014(20): 296—297.
- [8] 2010—2015年中国废旧物资回收加工市场调查及发展前景报告[R]. 惠典市场研究报告网, 2010—07.
- Market Survey and Development Prospect Report on Waste Materials Recycling and Processing in China during 2010—2015[R]. Huidian Network of Market Research Report, 2010—07.
- [9] 陈艳红, 王新利. 包装废弃物逆向物流网络优化设计[J]. 物流科技, 2010(4): 29—33.
- CHEN Yan-hong, WANG xin-li. Design and Optimization of Integrated Reverse Logistics Network on Recycling of Package[J]. Logistics Science—Technology, 2010(4): 29—33.
- [10] CARDOSO S R, PAULA A F D, BARBOSA P, et al. Design and Planning of Supply Chains with Integration of Reverse Logistics Activities under Demand Uncertainty[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 226(3): 436—451.
- [11] ZHANG X J, SU H. Brief Analysis on the Recovery and Utilization of the Aluminum-plastic Composite Packaging Material [C]// International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE 2011), 2011.
- [12] 邹彩梅. 包装废弃物逆向物流网络规划及运行保障措施研究[D]. 赣州: 江西理工大学, 2012.
- ZOU Cai-mei. Research on Packaging Waste Reverse Logistics Network Programming and Running Safeguards[D]. Jiangxi Institute of Technology, 2012.
- [13] YONG J L, TIM B, VAIDYANATHAN J. Redesigning an Integrated forward-reverse Logistics System for a Third Party Service Provider: an Empirical Study[J]. International Journal of Production Research, 2012, 50: 18—20.
- [14] ELTAYEB T K, ZAILANI S, RAMAYAH T. Green Supply Chain Initiatives among Certified Companies in Malaysia and Environmental Sustainability: Investigating the Outcomes[J]. Resources Conservation and Recycling, 2011, 55(5): 495—506.
- [15] 梁美华, 吴若梅. 基于一体化包装设计的包装循环经济的研究与探讨[J]. 包装工程, 2007, 28(8): 198—199.
- LIANG Mei-hua, WU Ruo-mei. Analysis of Packaging Recycling Economy Based on Integrated Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 198—199.
- [16] 彭国勋, 许晓光. 包装废弃物回收[J]. 包装工程, 2005, 26(5): 10—13.
- PENG Guo-xun, XU Xiao-guang. Reclaim of Package Waste [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5): 10—13.
- 影响[J]. 包装工程, 2009, 30(4): 79—81
- XING Yun-fei, QIAN Jun-hao. Influence of FM Screening Line Number in Digital Printing on Printing Quality[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(4): 79—81.
- [18] CURTIS C, ANDERSON S, SEIMS J, et al. Computer-Generated Watercolor[C]// Proceedings of SIGGRAPH 97, in Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1997: 421—430.
- (上接第110页)
- and Online fuzzy C-means Algorithms[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2011, 19(4): 702—794.
- [16] 刘真, 史瑞芝, 魏斌, 等. 数字印前原理与技术[M]. 北京: 解放军出版社, 2005.
- LIU Zhen, SHI Rui-zhi, WEI Bin, et al. Digital Prepress Principle and Technology[M]. Beijing: PLA Publishing Press, 2005.
- [17] 邢云飞, 钱军浩. 数字印刷中调频加网线数对印刷质量的影响[J]. 包装工程, 2009, 30(4): 79—81