

MED 数字半色调图像中伪轮廓现象的修正方法研究

刘 真¹, 刘长鑫², 严爱国², 杨晟炜²

(1. 上海理工大学, 上海 200093; 2. 南京林业大学 江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室, 南京 210037)

摘要: 详细分析了多级误差扩散(MED)半色调数字图像中出现伪轮廓现象的原因,提出了一种二级多次半色调图像叠合成多级半色调图像的方法,并利用其结果图像对多级半色调图像进行修正补偿,最终获得的半色调图像基本消除了伪轮廓现象,并且保留了多级误差扩散的原有优点。

关键词: 半色调; 多级误差扩散; 伪轮廓

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)09-0117-03

Study of Modify the Pseudo-contour in the Halftone Digital Image Produced by MED Algorithm

LIU Zhen¹, LIU Chang-xin², YAN Ai-guo², YANG Sheng-wei²

(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Jiangsu Provincial Key Lab of Pulp and Paper Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The major causes of pseudo-contour in multi-level error diffusion (MED) halftone digital images were analyzed. A new method for producing multi-level halftone images by superposition of two level halftone images was put forward. The new multi-level halftone images were used to modify the images produced by traditional MED algorithm. The modified halftone images were basically free of pseudo-contour phenomena and kept the advantages of multi-level error diffusion.

Key words: halftone; MED; pseudo-contour

随着硬件技术的不断进步,很多输出设备都已经突破了传统“黑/白”二值的限制^[1-2],支持有限级的输出,这使得多级印刷和多级打印成为可能。与此同时,已经诞生多年并且被人们广为接受的误差扩散算法也得到了改进,人们提出了相应的多级误差扩散(MED)算法^[1]。

MED 算法沿用了误差扩散算法中“点处理”的思想,将输入图像的每个像素点单独量化^[3],然后将量化误差按照扩散方案分散到邻域未处理的像素中。在二级的半色调图像中加入少量级数的中间调,即可大幅度改善半色调图像的细腻程度,因此多级半色调图像必然可以大幅度提高印刷品的输出质量。但是采用多级误差扩散生成的半色调图像存在一个明显的缺陷,即在图像的部分阶调缓变区会出现人工的“轮廓”,也就是伪轮廓现象。

1 伪轮廓现象的原因分析

虽然 MED 具有效率高、半色调平整、阶调还原良好等众多优点,但是该算法会在半色调图像中出现原图中并不存在的轮廓,见图 1。

伪轮廓区域主要出现在某些中间阶调的平缓过渡区域,包括由较高阶调值向较低阶调值过渡或者由较低阶调值向较高区域过渡。其产生的主要原因在于: MED 算法沿用 ED 算法的误差扩散思想,并采用一定的图像扫描方式对整幅图像进行半色调,在这一过程中,单个像素的误差不断积累和传递,在图像的大部分区域,被处理像素与邻域像素传递过来的量化误差加和后,会有一部分像素向其它量化阶调值跃迁;而伪轮廓区域中的所有像素在被处理时,其原图

收稿日期: 2012-02-11

作者简介: 刘真(1953—),女,江苏泰州人,硕士,上海理工大学教授,主要研究方向为数字印前图文信息处理、颜色再现理论与应用。

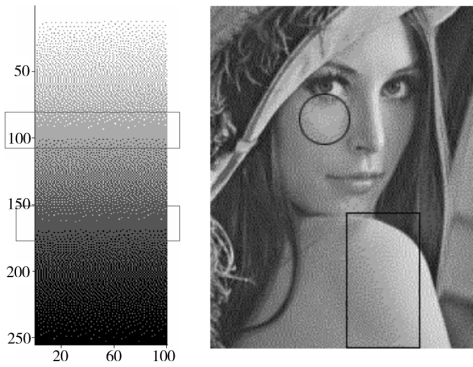


图1 MED图像中的伪轮廓现象

Fig. 1 Pseudo-contour in MED halftone image

的像素值与接受的量化误差加和后,仍然都不能达到向其它量化阶调跃迁的条件^[4],因此所有像素在经过量化后,都保持相同的阶调值,从而造成了多级半色调后的图像中出现了伪轮廓现象。简言之,这是因为在大面积的阶调缓变区,通过误差扩散以后,仍然不能有像素阶调值跃迁到另一个量化电平,从而造成在2个量化电平之间形成大量像素阶调值相同的现象,反映在人眼视觉即成伪轮廓现象。

由图2可以明显看到,四级半色调图像中间调部

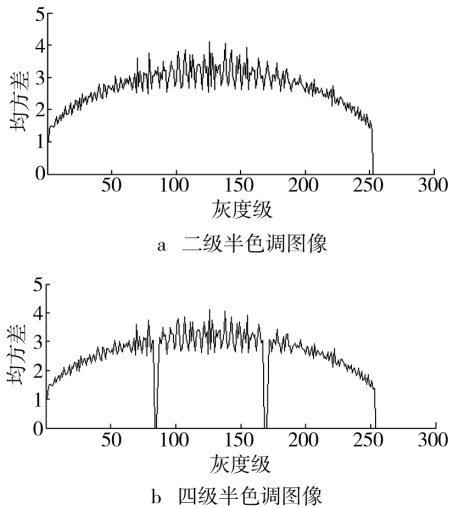


图2 中灰度与均方差的关系

Fig. 2 The relationship of gray level and MSE

分的均方差存在零值区域,说明图像信号2个相邻量化电平相差较大,在图像面积较大的范围内,信号缓变区能够看出不连续的跳变^[4],即会在图像阶调缓变区出现从一个量化电平到另一个量化电平之间的轮廓线。

2 用于修正的图像获取

因为多级误差扩散图像整体良好,而只在少部分图像区域存在伪轮廓现象,因此最佳的优化方案是保持图像整体不变,仅针对性地去除伪轮廓区域,这样不仅能改善加网质量,同时还保证了加网效率。因此笔者提出一种基于像素区域代替的方法,用以修正多级误差扩散半色调图像中的伪轮廓现象。

对于输入灰度图像 p ,输出图像为 p_0 ,首先利用式(1)~(3),采用 Floyd-Steinberg 滤波器^[3,5],对 p 图像进行 n 级误差扩散半色调处理,获得 n 级半色调图像 p_0 。

$$p'(i,j) = p(i,j) + \sum w_k e(i+k, j+l) \quad (1)$$

$$p_0(i,j) = \tilde{Q}[p'(i,j)] \quad (2)$$

$$e(i,j) = p'(i,j) - p_0(i,j) = p(i,j) + \sum w_k e(i+k, j+l) - p_0(i,j) \quad (3)$$

式中: w_k 代表误差扩散权重; e 表示由其它像素扩散获得的误差; $\tilde{Q}[\cdot]$ 表示多级量化器; p' 表示当前像素与扩散误差加和后的像素值; p_0 表示经过量化后的最终输出像素值。此时获得的 p_0 图像即是待修复的多级误差扩散半色调图像。

在此基础上,利用另外一种简便算法对 p 图像再进行一次 n 级半色调处理。首先根据式(4)和式(5)获得分级的阈值间隔 T 和阶调等级间隔 q 。

$$T = [\text{int}] \frac{2^N}{n} \quad (4)$$

$$q = [\text{int}] \frac{2^N - 1}{n - 1} \quad (5)$$

式中: N 表示输入图像位数。根据式(6)及式(7)获得每一个分级阈值 $T_i (i = 1, 2, \dots, n-1)$ 以及阶调等级 $q_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 。

$$T_i = nT \quad (i = 1, 2, \dots, n-1) \quad (6)$$

$$q_i = (n-1)q \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

对于输入的灰度图像 p ,分别使用 $T_i (i = 1, 2, \dots, n-1)$ 作为阈值,对其进行 $n-1$ 次二级半色调,分别获得二级半色调图像 $Y_i (i = 1, 2, \dots, n-1)$,然后将这 $n-1$ 幅图像所有对应像素点加和求平均值^[6],最终获得多级半色调图像 S ,如式(8)所示。

$$\bar{Y}(i,j) = \frac{\sum_{m=1}^{n-1} Y_m(i,j)}{n-1} \quad (8)$$

求平均值时,对于任意像素,可能存在计算结果并不是 $q_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 中任意一个的情况,所以,还需要通过式(9)和(10)对其进行处理。

$$Y(i, j) = q \quad (9)$$

其中, q 满足:

$$[\bar{Y}(i, j) - q]^2 = \min |[\bar{Y}(i, j) - q_i]^2| \quad (10)$$

也即,得到的 $Y(i, j)$ 必须是 q_i 中与 $\bar{Y}(i, j)$ 最为接近的阶调等级。以对 8 位图像进行 4 级半色调为例,所获得的半色调图像 S 以及其左上角部分的像素分布见图 3。

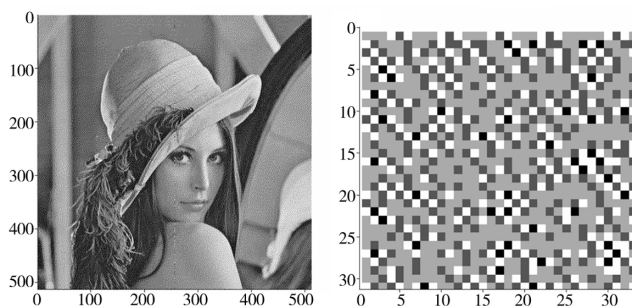


图 3 采用二级半色调叠合的多级 lena 图像
及其左上角像素分布

Fig. 3 Multilevel halftone image by superposition of
2 level halftone images and top left corner of this image

由图 3 可见,采用二级半色调叠合的方式生成的多级半色调图像,整体上不够细腻,但是其在中间调的阶调缓变区域却表现很好,不存在任何伪轮廓现象。因此,选用此图像为 MED 获得的 p_0 图像进行修正。

3 伪轮廓的修正

首先选用矩阵窗口扫描 p_0 图像,判断当前窗口区域若可能产生伪轮廓,则对应取 S 图像的当前窗口进行替换,直至矩阵窗口按一定顺序将 p_0 全部扫描完毕。选取矩阵窗口时,需注意矩阵的维数一般不低于 3,过小的矩阵窗口会使被修复的图像出现噪点;同时,过大的矩阵窗口会使修复的效果不显著。判断当前窗口是否会产生伪轮廓的方法为:若 p_0 图像当前窗口中所有像素值相同,则可能为产生伪轮廓的区域,采用 S 图像的对应窗口像素进行替换。而替换遵循的原则如式(11)所示:

$$\begin{cases} p_0(i, j) = S(i, j) & \text{if } p_0(i, j) - S(i, j) = \pm T \\ p_0(i, j) = S(i, j) & \text{else.} \end{cases} \quad (11)$$

其中, T 为前文的分级阈值间隔。也即,只有当 p_0 中像素值与 S 中对应位置的像素值之差为 T 时,才替换像素,否则保持 p_0 中原像素值不变。这是由于传统多级误差扩散图像在某一个足够小的区域,一般只有 2 个阶调值参与成像,而 S 图像中某一较小区域往往出现多于 2 个的阶调值参与成像,因此这样可以保证修正后的图像符合 MED 算法的像素分布规律,不致使修复后的图像出现噪点。

以 8 位 lena 灰度图为例,采用 4 级误差扩散,以 3×3 作为扫描矩阵窗口对 MED 处理后的图像进行修复,见图 4。可直观看出,修正后的图像中伪轮廓



图 4 采用 MED 处理(左)以及
本算法修正后的 lena 图像对比

Fig. 4 Images processed by MED and
modified by the proposed method

现象基本消除,修复区域的像素分布较为平整、均匀,基本符合 MED 算法中的像素分布,同时满足调频网的随机网点分布特性。

4 结语

多级误差扩散算法生成的半色调图像中存在显而易见的伪轮廓现象,这些区域丢失了连续调原图中的层次信息,将会影响最终的打印或印刷输出质量。首先分析了伪轮廓出现的具体原因,然后提出了一种针对伪轮廓区域进行补偿修复的思路,即首先利用二级多次半色调叠合的方式生成一幅多级半色调图像,然后利用该图像有选择地替换掉伪轮廓中的部分像素点,从而达到消除伪轮廓的目的。实验证明这种方法能够有效去除伪轮廓,并且保持了多级误差扩散的

(下转第 125 页)

- [3] 张逸民,张跃明,张乃龙. 利用 PPF 文件实现油墨预置技术的研究[J]. 包装工程,2010,31(23):77-81.
ZHANG Yi-min,ZHANG Yue-ming,ZHANG Nai-long. Research on Technique of Realizing Ink Key Presetting by Utilizing PPF File[J]. Package Engineering,2010,31(23):77-81.
- [4] 董浙波. 印刷工业的数字化工作流程剖析[J]. 广东印刷,2005,26(1):72-73.
DONG Zhe-bo. The Analysis of Digital Workflow in Printing[J]. Guangdong Printing,2005,26(1):72-73.
- [5] 李志勇. 彩报印刷墨色预置控制系统的设计与研究[D]. 太原:山西大学,2008.
LI Zhi-yong. Design and Research of Ink Pre-configuration System in Color Newspaper Printing[D]. Taiyuan: Shanxi University,2008.
- [6] 方恩印,葛惊寰. 印刷机墨量反馈技术综论[J]. 包装工程,2010,31(23):77-81.
FANG En-yin,GE Zhen-huan. Press Ink Variable Feedback Technology Overview[J]. Package Engineering,2010,31(23):77-81.

(上接第 119 页)

全部优点。但是该方法的半色调效率仍需提升,后续研究可以在保证图像修正质量的情况下,重点提升半色调速度,以便多级误差扩散算法能更好地应用到多级半色调技术中。

参考文献:

- [1] KANG Henry R. Digital Color Halftoning[M]. New York:the Institute of Electrical and Electronics Engineers,445-446.(余不详)
- [2] LAU Daniel L,ARC Gonzalo Re. Modern Digital Halftoning[M]. New York:Signal Processing and Communications Series,2001.
- [3] 徐宏平,万晓霞. 基于视觉模型和误差扩散的半色调水印算法[J]. 包装工程,2007,28(12):77-79.
XU Hong-ping, WAN Xiao-xia. Watermarking Algorithm for Halftone Images Based on HVS and Error Diffusion[J]. Packaging Engineering,2007,28(12):77-79.
- [4] 杨燕,刘小丹. 消除输出画面伪轮廓的新算法[J]. 中国科技信息,2008(9):51-52.
YANG Yan,LIU Xiao-dan. On Study of Multitoning to Remove False Contouring in Output[J]. China Science and Technology Information,2008(9):51-52.
- [5] 易尧华,胡元超. 针对图像阶调的混合半色调方法[J]. 包装工程,2009,30(2):91-92.
YI Yao-hua,HU Yuan-chao. Hybrid Halftoning Method Based on Image Toning[J]. Packaging Engineering,2009,30(2):91-92.
- [6] SUETAKE N,SAKANO M. Simple Multilevel Halftoning Excelled in Gradation Reproducibility[J]. Optical Society of America February,2008,33(4):339-341.

· 简讯 ·

第十九届中国国际包装/饮料工业展 圆满闭幕

2012年3月7-9日在广州琶洲展馆举办的“第十九届中国国际包装工业展览会(中国国际包装展 Sino-Pack 2012)”和“第十六届中国国际啤酒、饮料及液态包装工业展览会(中国国际饮料展 China Drink 2012)”胜利落下帷幕!今年展出面积达到了3万平方米,来自14个国家和地区的知名包装行业展商共362家。观众来自56个国家和地区,人数达22,406人。展会规模为历届之冠!

展会吸引了海内外14个国家和地区的知名供应商,展示各特色展品,362家知名参展商展出最新的设备及技术,共接待了海内外协会参观团近60家,来自国内以及伊朗、越南、泰国、内蒙古等的海外考察团,将展会人气推向新高。同时,展会获50多家知名企业组团前来参观采购。

同期专业活动取得显著成果“北美包装解决方案专场研讨会”、“UK DAY—食品饮料领域的自动化及精益生产”、“可持续发展包装论坛”、“绿色环保包装与食品质量安全发展研讨会”、“2012啤酒产业创新技术”、“从OEM迈向OSM—中国包装设计界高峰论坛”等专业研讨会,将全国新技术、新工艺、新材料组合展出,让包装企业走向资源整合、开源节流、为商家降低成本,提升品牌等提供不同的解决方案,同时让采购商了解更多的包装效益。现场“2012高端包装制品区”百家终端包装制品企业闪亮登场,以原创包装设计与品牌营销力在中国为主题,共同推动酒商、食品商、包装企业迈向OSM;寻找一个避免恶性的价格竞争、促进和谐经济、规范良性有序有价的行业市场。

2013年中国国际包装/饮料展迈向20周年。下届展会将于2013年3月4-6日在广州中国进出口商品交易会琶洲展馆(A区)再度举行。参展商预计突破500家,将汇集来自14个国家和地区的知名包装行业企业,观众人数可望超过4万人。