

# 一种基于 LUT 的图像逆半调改进算法

黄丽君,文志强,胡 柳

(湖南工业大学 计算机与通信学院,湖南 株洲 412008)

**摘 要:**为提高基于 LUT(查找表)的图像逆半调传统方法在空值估计值与逆半调映射值的准确性、提高逆半调图像的质量与感观效果,结合已有的数字图像半调与逆半调技术,提出了一种多域值分块与动态估值优化算法。该算法采用二分迭代多域值分块法与 8 邻域均值动态递归估值法,通过模板选择、初始化 LUT 表、LUT 逆半调和完整 LUT 表对传统的 LUT 算法进行改进与优化。实验表明利用该优化算法进行图像逆半调,能够得到比传统 LUT 逆半调较好的视觉效果,并且具有较快的运行速度。

**关键词:**LUT 改进算法;逆半调;数字图像

**中图分类号:**TP302.7

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)06-0035-03

**doi:**10.3969/j.issn.1673-629X.2013.06.009

## An Improved Image Inverse Halftoning Algorithm Based on LUT

HUANG Li-jun, WEN Zhi-qiang, HU Liu

(College of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412008, China)

**Abstract:** In order to improve the accuracy of the null value estimation and inverse halftoning mapping value of traditional inverse halftoning methods based on LUT, enhance the inverse halftoning image quality and sensory effects, combined with a existing digital image halftoning and inverse halftoning technology, propose a multi-domain value of the sub-block optimization algorithm with dynamic evaluation. The algorithm uses a dichotomy iterative multi-domain value block method with 8 neighborhood mean dynamic recursive method of evaluation, through template selection, initializing the LUT table, LUT inverse halftoning and complete LUT table to improve and optimize traditional LUT algorithm. The experiments show that the optimization algorithm for inverse halftoning is able to get a better visual effect than traditional LUT inverse halftoning and faster running speed.

**Key words:** LUT improved algorithm; inverse halftoning; digital image

## 0 引 言

图像半调是将噪声引入连续色调图,将连续色调图变为等感观半色调图像的技术,该半色调图像通常称为二值图像<sup>[1]</sup>。图像的半调过程也是图像的退化过程,图像质量下降的过程。图像逆半调就是将半色调图像重构成连续色调图像的技术<sup>[2]</sup>。通常情况下,如打印、扫描、传真等,人们只能获得半调图像,而如果需要到图像进行识别、压缩等再处理,就必须先对它们进行逆半调处理。

当前主要的逆半调算法有三类:滤波方法、机器学习方法和最优化估计方法<sup>[3]</sup>。查找表(Look-Up Table, LUT)逆半调方法是一种典型的机器学习方法,它以一组半调图及其多级灰度图为参考样本,并对所选

定的样本进行训练,生成一张半调值到多级灰度值的映射表,再根据映射表来实现图像的逆半调<sup>[4]</sup>。

## 1 传统 LUT 逆半调算法

LUT 逆半调方法不涉及任何线性滤波器,以及不明确采用任何图像模板<sup>[5]</sup>。在逆半调过程中,逆半调图像某个像素点的值,是根据半调像素的分布及其对应连续色调值确定的。即从一张预先设计好的 LUT 表中获得多级灰度值,这些逆半调值只与它的邻域像素有关,在邻域中使用的像素数量较少<sup>[6]</sup>,比较典型的是 16 邻域像素,即 16-rect。LUT 所占空间为  $2^{16}=64\text{K}$  字节。因此,使用 LUT 进行逆半调不仅速度快、空间复杂度低,而且对半调方法没有特殊的要求<sup>[4]</sup>。

收稿日期:2012-09-10

修回日期:2012-12-16

网络出版时间:2013-03-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61170102);湖南省自然科学基金项目(11JJ3070);湖南省教育科研项目(12A039)

作者简介:黄丽君(1987-),女,硕士研究生,研究方向为数字图像处理、逆半调图像处理;文志强,博士,副教授,研究方向为数字图像处理、智能信息处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130305.0816.021.html>

基于传统 LUT 的图像逆半调算法主要分为两个阶段四个步骤<sup>[7,8]</sup>。

建表阶段:

Step1, 选择用来构成 LUT 模板的合适邻域, 然后根据该模板确定存储结构。并初始化  $LUT[] = 0, N[] = 0$ 。LUT[] 是用于存储半调图像值到多级灰度值的映射表,  $N[]$  用于暂时存储同一半调值所对应的多级灰度值的个数,  $N[]$  将在 Step2 中用到。

Step2, 选择  $n$  对半调图像及其连续色调图作为映射表的训练图集。并用所选的邻域模板  $T$  对每对半调图像及其连续色调图像进行滑动分块, 提取半调模式值与其对应连续色调值, 即  $N[i] = N[i] + 1, LUT[i] = LUT[i] + g_n[i]$ , 其中  $i$  为索引值且  $i < 65536, n < 4 * 4$ , 当所有图集都训练完成后, 形成最初的 LUT 表, 即执行  $LUT[i] = LUT[i] / N[i]$ 。

逆半调阶段:

Step3, 利用已经存在于 LUT 表中的半调与逆半调值的映射, 估计未存在于 LUT 表中的逆半调值。

Step4, 利用 Step2 和 Step3, 完成整张 LUT 表的映射, 并对半调图像进行 LUT 逆半调。

由于样本训练图集数量的有限性, LUT 中会存在一些“空值”, 即没有对应的逆半调值出现, 如何估计其逆半调近似值是 LUT 逆半调的难点之一<sup>[8]</sup>。第二, 所选模板的邻域大小、形状以及如何对模板进行分块也直接关系到逆半调图像的效果。第三, 如何使得用 LUT 进行逆半调的图像值与原连续图像的值更相近, 使重构的半调图像更接近于原连续图, 是对图像逆半调方法进行质量评价的关键指标之一。基于以上三点, 文中对传统 LUT 逆半调的两个阶段四个步骤进行了优化, 并结合二分迭代分块法对半色调图及其连续图进行训练, 以减少同一半色调值对应多个连续色调值的机率。且在对 LUT 表中未出现的“空值”进行估值时, 采用了 8 邻域均值递归估值法, 以提高估计值与连续值的相似度。

## 2 改进 LUT 算法设计

LUT 逆半调是利用半调图像值及其连续色调值形成映射表<sup>[4]</sup>, 即 LUT 表, 再通过查询 LUT 表实现逆半调的。文中改进的 LUT 算法是在文献[4]的基础上进行。首先, 输入 60 幅半调图及其多级灰度图, 进行图集训练, 得到最初的 LUT 映射表, 设计思路图如图 1 所示, 其中  $B1, B1'$  分别为半调图与多级灰度图。

### 2.1 模板选择

在图 2 中, 采用了二分迭代分块法, 将 16 邻域分成四块: 4-rect、4-pris、3-tria、1-center, 很好地避免了在某一区域内, 因半色调图像邻域值相近, 而存在大量

同一半色调索引值对应多个不同连续色调值的情况, 使得 LUT 逆半调效果更佳。即在使用该模板的半调域中,  $a = 1 + 3 + 4 + 4, b(i, j) \in \{0, 1\}$ , 因此, 半调特征模式  $B[k]$  为  $2^n$  个, 可表示为式(1)。“空值”估值模板(见图 3)是当在 LUT 表中出现未出现过的索引值时, 根据以其自身为中心点, 周围 8 邻域像素点在 LUT 表中映射值班的递归均值来确定的。

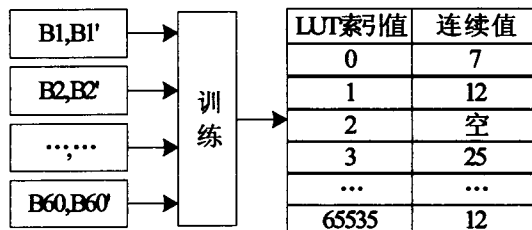


图 1 设计思路图

			13			
	9		5		10	
		1		2		
	6		0		7	
		3		4		
	11		8		12	
14						15

图 2 训练模板

1	2	3
4	0	5
6	7	8

图 3 “空值”估值模板

$$B(k) = \{b(i, j) \mid 1 \leq i, j \leq a/4, k = 2^a, a = 1 + 3 + 4 + 4\} \quad (1)$$

### 2.2 建立初始 LUT 表

建立 LUT 表是 LUT 逆半调方法的关键步骤, 因此, LUT 表中值班的准确性与不重复映射性, 直接决定了进行 LUT 方法逆半调的图像质量。在半色调图像中, 灰度图像的每个像素的值都被用 0 和 1 来表示。LUT 初始表的建立如式(2)、式(3)、式(4)所示。式(2)中,  $g(i, j)$  为输出的 LUT 表的索引值,  $f(i, j)$  为输入的半色调图像值,  $k_1, k_2, k_3, k_4$  为预先设定的阈值。

$$g(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{if } \begin{cases} f(i, j) \geq k_1, i, j \in 4 - \text{rect} \\ f(i, j) \geq k_2, i, j \in 4 - \text{pris} \\ f(i, j) \geq k_3, i, j \in 3 - \text{tria} \\ f(i, j) \geq k_4, i, j \in 1 - \text{center} \end{cases} \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$LUT_m(i, j) = \sum_{n=0}^{15} g_n(i, j), 0 \leq m \leq 2^{16} \quad (3)$$

$$O(i, j) \rightarrow LUT_m(i, j) \quad (4)$$

式(3)中,  $LUT_m(i, j)$  为方便进行逆半调查表, 将

半调图像的 16 邻域像素值用二分法划分值域得索引值。式(4)是将  $O(i,j)$ , 即多级灰度值, 映射到索引表中形成初始的 LUT 表。

### 2.3 LUT 逆半调及完整 LUT 表

利用 LUT 表进行逆半调, 就是从 LUT 中查找连续色调值, 然后输出这些值对图像进行重构, 如式(5)所示。式(5)中,  $f(i,j)$  为输出的连续色调值,  $g(i,j)$  为半色调图像值。

$$f(i,j) = \begin{cases} \text{LUT}(i,j), \text{LUT}(g(i,j)) \text{ 存在} \\ \text{空值, otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

由于选定样本参考图集的数量有限, 因此, 在 LUT 表中会存在一些从未出现过半色调特征模式的空值。为求得这些“空值”, 在一些现有的估值算法中, 采用了 Elman 网络<sup>[8]</sup>、最佳线性拟合等方法进行估值, 虽然效果不错, 但是这些都是在选出的  $n$  对训练图像集的基础上进行的估值。文中是根据连续色调图在视觉上的幅度非线性<sup>[9]</sup> 以及线性滤波原理, 通过对某空值像素点 8 邻域已经全部出现在 LUT 表中映射的多级灰度值取均值得到的, 如式(6)所示。如果 8 邻域中有某一邻域也在 LUT 表中从未出现过, 则先求出邻域中的空值, 再回来求第一个空值, 如果下一邻域中又出现了从未出现在 LUT 表中的空值, 则再先求出邻域中的空值, 直到 8 邻域没有空值, 最后递归求出第一个空值。“空值”估值模板如图 3 所示, “空值”估值流程如图 4 所示。

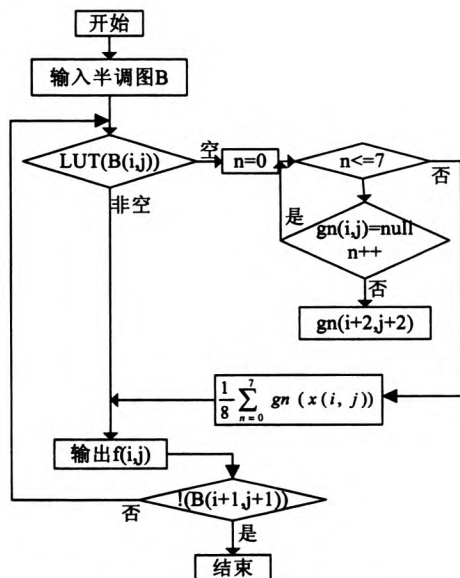


图4 “空值”估值流程图

$$\text{LUT}_k(i,j) = \frac{1}{8} \sum_{k=0}^7 \text{LUT}(g_k(i,j))$$

图像是由一个一个的像素点组成的, 实际上, 在人们获得的半调图像中, 每个像素点所占的空间范围往往不只是像素本身, 一般都会扩散到邻域中, 与邻域的像素相融合, 人眼从视觉上认为它是连续的、有过渡色

的, 所以取均值来估计“空值”, 从某种意义上来说是符合人眼视觉的<sup>[10]</sup>。且文中的“空值”估值是在进行逆半调的过程中, 同时对“空值”进行递归计算的, 不限于某些特定的训练图集, 具有更广泛的实用性。

### 3 实验结果

本实验是在 VC++6.0 环境中结合 MFC 进行的, 实验中选取的训练图集的数量为 60 幅, 由于进行 LUT 逆半调后, 图像中有部分边缘的信息损失, 所以采用了边缘增强对它们进行了后期处理, 实验结果对比及各评价指标值的对比分别如图 5、表 1 所示, 表 1 中的评价指标来源于文献[11~13]。

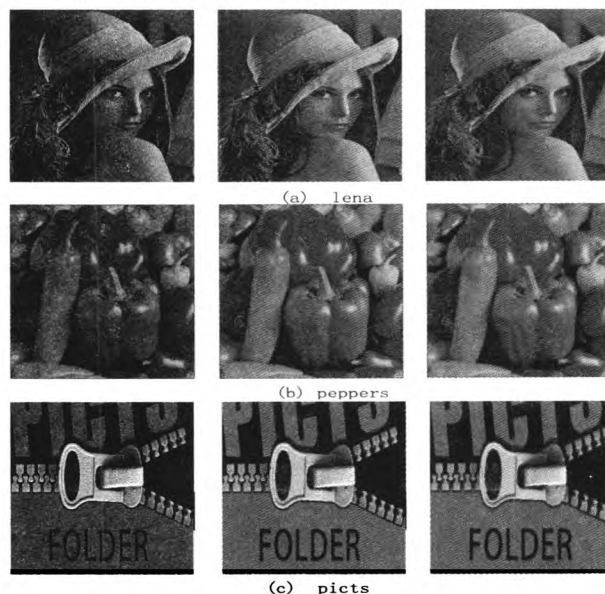


图5 半调图(左)、传统 LUT 逆半调图(中)及改进 LUT 逆半调图(右)

通过观察图 5 和表 1 中的评价指标数据, 可以得出, 用改进算法进行逆半调的效果要优于传统 LUT 算法, 视觉效果也比较令人满意。

表1 LUT 逆半调改进算法前后各评价指标的比较

图像名称	逆半调方法	评价指标					
		PSNR	Grads	Ent	Idm	Asm	EQM
lena	传统 LUT	9	84	5.37	0.87	0.005	3.5
	改进 LUT	29	24	5.22	0.92	0.006	2.3
peppers	传统 LUT	8	84	5.36	0.88	0.005	3.7
	改进 LUT	41	12	5.2	0.93	0.007	3
picts	传统 LUT	10	60	5.43	0.86	0.004	0.5
	改进 LUT	21	34	5.25	0.91	0.006	0.2

### 4 结束语

文中是在已有的 LUT 逆半调算法的基础上进行改进的, 主要改进的是从训练过程中减少同一索引对应多个不同多级灰度值以及提高估计精确度的角度出

(下转第 41 页)

时、无差错处理将面临考验;在不同的应用环境下,如何采取一种简单、高效的安全策略保障监控系统网络管理安全,这些都将是下一步工作需要重点关注和解决的问题。

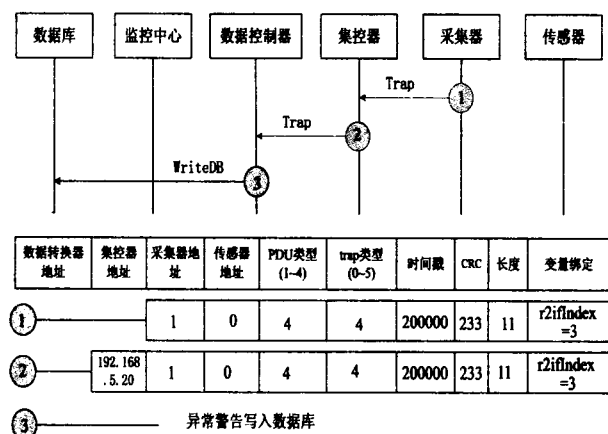


图6 采集器处理异常警告实例

#### 参考文献:

- [1] 廖忠明,徐秀红,彭小军.一种基于CAN总线的煤矿远程监控系统[J].煤炭技术,2012,31(1):97-98.
- [2] 庄晓奇,张莉君,方敏.基于ARM9与移动目标识别算法的安防监控系统设计[J].计算机测量与控制,2010,18(7):1540-1542.
- [3] 于童,王文秀,徐小粘.基于ZigBee的无线温湿度传感器网络设计与实现[J].计算机技术与发展,2012,22(7):

167-170.

- [4] 张新荣,徐保国.基于智能传感网和模糊PID的水产养殖监控系统[J].仪表技术与传感器,2012(5):71-73.
- [5] Chu Hongyu,Xie Zhijiang,Jiang Hong. Hybrid Intelligent Monitoring Network Based on Ad hoc and Wireless Sensor Networks[J]. Information Technology Journal,2011,10(4):849-855.
- [6] Trifa V,Wieland S,Guinard D,et al. Design and Implementation of a Gateway for Web-based Interaction and Management of Embedded Devices[C]//Proceedings of the 2th International Workshop on Sensor Network Engineering (IWSNE'09). Marina del Rey,CA,USA:[s.n.],2009.
- [7] Kuryloski P,Giani A,Giannantonio R,et al. DexterNet: An Open Platform for Heterogeneous Body Sensor Networks and Its Applications[C]//Proceeding of the 2009 Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks. USA:IEEE Computer Society,2009:92-97.
- [8] 谢希仁.计算机网络[M].第4版.北京:电子工业出版社,2005.
- [9] 胡丽霞,赵光宙.基于分层结构的远程监控系统通信协议的设计[J].机电工程,2007,24(1):28-30.
- [10] 李明江.SNMP简单网络管理协议[M].北京:电子工业出版社,2007:27-39.
- [11] ModBus协议参考手册[M].美国哥德电子公司可编程控制部,1985.
- [12] 阳宪惠.现场总线技术及其应用[M].北京:清华大学出版社,1999.

(上接第37页)

发,提出了二分迭代分块法与8邻域均值递归估值法,实现了利用样本图集训练形成初始LUT表,在实际逆半调过程中完整LUT表的图像逆半调方法的目的。降低了重构误差,提高了估值精确度。由于该算法在进行图集训练时采用了更为复杂的分块方法和递归估值法,占用的时间和临时存储空间比传统LUT方法要多,但对于高速运转的计算机来说,并不会产生明显的延时,也可用于各种半调图像的重构。

#### 参考文献:

- [1] 郑海红,孔月萍,曾平,等.误差分散类逆半调技术综述[J].中国图象图形学报,2008,13(1):1-6.
- [2] 郑海红,王义峰,曾平.一种自适应误差分散逆半调算法[J].哈尔滨工业大学学报,2009,41(11):235-237.
- [3] 耿焱,孔月萍,刘欣.基于查找表的误差分散半调图像的混合压缩算法[J].计算机应用,2011,31(5):1221-1223.
- [4] Mese M,Vaidyanathan P P. Look up table method for inverse halftoning[J]. IEEE Trans. on Images Processing,2000,10(10):1566-1578.
- [5] Denecker K,Assche S,Neve P,et al. Improved lossless half-

tone compression using a fast adaptive context template selection scheme[C]//Proc. of IEEE Data Compression Conference. [s.l.]:[s.n.],1998.

- [6] Mese M,Vaidyanathan P P. Tree-structured Method for LUT Inverse Halftoning and for Image Halftoning[J]. IEEE Transactions on Image Processing,2002,11(6):644-655.
- [7] Chung Kuo-Liang,Wu Shih-Tung. Inverse Halftoning Algorithm Using Edge-based Lookup Table Approach[J]. IEEE Transactions on Image Processing,2005,14(10):1583-1589.
- [8] 孔月萍,曾平,何波,等.LUT与Elman网络相结合的图像逆半调算法[J].中国图象图形学报,2007,12(11):1988-1991.
- [9] 刘晓虹,孔月萍.基于人眼视觉特征的图像逆半调算法[J].微计算机信息,2007,23(2-3):289-291.
- [10] 姚莉.数字半调技术及其评价方法研究[J].计算机工程与应用,2010,46(3):4-8.
- [11] 赵媛,曾平.误差分散类逆半调图像的质量评价方法[J].计算机工程与应用,2004,40(34):75-77.
- [12] 冯建辉,杨玉静.基于灰度共生矩阵提取纹理图像的研究[J].北京测绘,2007(3):19-22.
- [13] 曹耀东.逆半调图像质量评价方法研究[D].西安:中国科学技术信息研究所,2008.

# 一种基于LUT的图像逆半调改进算法

作者：[黄丽君](#)，[文志强](#)，[胡柳](#)，[HUANG Li-jun](#)，[WEN Zhi-qiang](#)，[HU Liu](#)  
作者单位：[湖南工业大学计算机与通信学院, 湖南株洲, 412008](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)  
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)  
年，卷(期)：2013, 23(6)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjz201306009.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjz201306009.aspx)