

一种新的在图像压缩中的适度分层阈值法*

A Hierarchical Threshold Value Method in Image Compression

葛善虎, 丁宣浩

GE Shan-hu, DING Xuan-hao

(桂林电子工业学院计算科学与数学系, 广西桂林 541004)

(Department of Computing Science and Mathematics, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:从图像本身的统计特性出发,利用小波包对图像进行多层分解,提出适度分层阈值法,并将适度分层阈值法与分层阈值法对相同的图像进行对比实验。结果是,适度分层阈值法有效克服了DCT在图像压缩中存在的“方块效应”,并且比分层阈值法对图像进行压缩更能达到较好的压缩效果。

关键词:小波变换 适度分层阈值法 图像编码 图像压缩

中图分类号:TN911.6 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2006)04-0352-03

Abstract:In terms of statistic characteristics of an image,a wavelet package is used in the multi-layer decomposition of image compression,and that brings up a moderate-hierarchical threshold value method.It is compared with the hierarchical threshold method.The result shows that this method not only overcomes DCT shortcomings of square-piece effect in image compression,but also has more compression effect than the hierarchical threshold method.

Key words: wavelet transform, moderate-hierarchical threshold value method, image coding, image compression

尽管小波分析具有尺度分析和频率分析的双重特性^[1],又具有时频局部化分析特性,但在图像处理中有时需要对图像进行更细节刻画,它就显得能力不足。又针对DCT在图像压缩中存在的“方块效应”^[2,3],本文从图像本身的统计特性出发,利用小波包对图像进行多层分解,并提出适度分层阈值法,最后通过仿真实验论证了此算法的有效性。

1 适度分层阈值法

适度分层阈值法的思想是基于原始图像的统计直方图分析,结合人眼的视觉效应,适度选取阈值的方法。利用离散小波变换(DWT)在时域和频域具有良好的局部化特性,可以有效地消除DCT变换带来的“方块效应”。下面给出二维小波与小波包对图像进行分解过程。

1.1 小波的选取

在进行小波选取时,我们选择了具有对称性的双正交小波^[4],它具有线性相位滤波器,当把原始信号变换到小波域后,不会改变图像的频谱分布,最多是改变其幅值的大小。下面给出几个仿真实验中用到的小波函数图形,如图1所示。

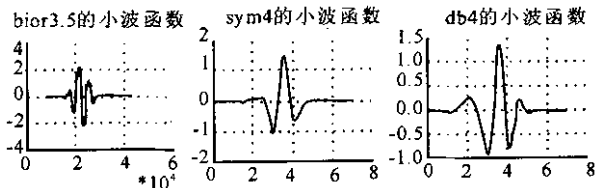


图1 bior3.5, sym4, db4 的小波函数图像

1.2 原始图像的直方图

直方图在统计意义上表达了信号的概率密度分布,它提供了原始图像灰度值分布情况。在做仿真实验之前,首先对图像Wbarb进行分析,下面给出基于图像Wbarb及其分解系数的直方图,如下图(在这里采用了小波函数是 bior3.5):

收稿日期:2006-07-31

作者简介:葛善虎(1981-),男,江苏连云港人,硕士,主要从事小波在图像压缩中的应用研究。

* 该项目得到国家自然科学基金支持(项目编号:No. 10361003)。

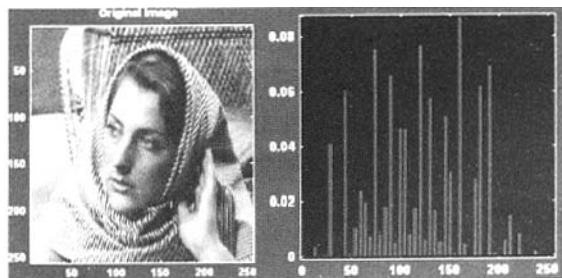


图 2. 原始图像及其直方图

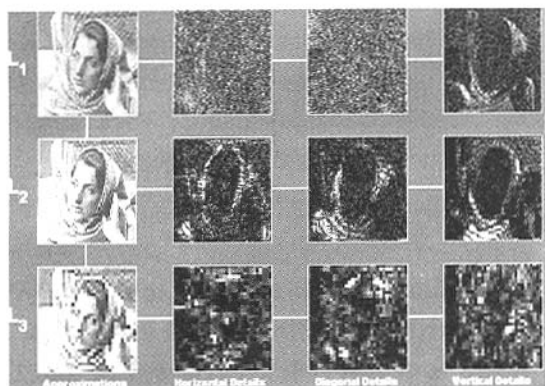


图 3 原图通过小波函数 bior3.5 分解 3 层后各层的近似图像和细节图像

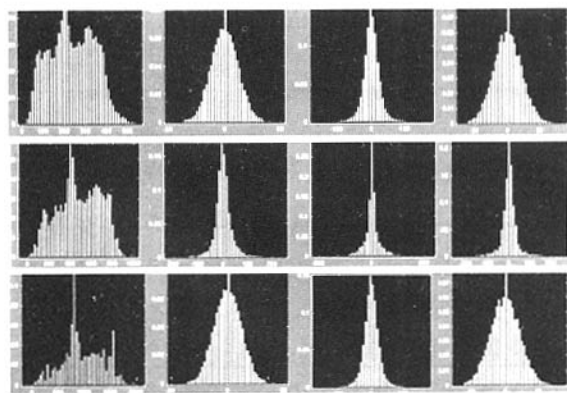


图 4 对应于图 3 中各图像成分的直方图

通过对原始图像的直方图的分析,在使用适度分层阈值化方法时,可以根据图像的实际情况以及结合人眼的视觉效应对图像进行适当阈值化处理,从而能够达到比较理想的图像压缩效果(阈值的选取要比基于二维 Birge—Massart 策略的小波系数选择规则得到的阈值还要更符合实际情况)。

1.3 图像的二维小波分解

设一元尺度函数 $\phi^1(x)$ 生成一个多分辨分析 $\{V_k^1\}$,而一元尺度函数 $\phi^2(y)$ 生成另一个多分辨分析 $\{V_k^2\}$,则 $\{V_k^1\}$ 与 $\{V_k^2\}$ 的张量积空间为: $V_k = V_k^1 \otimes V_k^2$,因为

$$V_{k+1}^1 = V_k^1 \oplus W_k^1, V_{k+1}^2 = V_k^2 \oplus W_k^2,$$

$$\text{则 } V_{k+1} = V_{k+1}^1 \otimes V_{k+1}^2 = (V_k^1 \oplus W_k^1) \otimes (V_k^2 \oplus W_k^2)$$

$= V_k^1 \otimes V_k^2 \oplus V_k^1 \otimes W_k^2 \oplus W_k^1 \otimes V_k^2 \oplus W_k^1 \otimes W_k^2$,
 所以有: $L^2(R^2) = \dots \oplus W_{-1} \oplus W_0 \oplus W_1 \oplus \dots$,
 其中 $W_k = V_k^1 \otimes W_k^2 \oplus W_k^1 \otimes V_k^2 \oplus W_k^1 \otimes W_k^2$,
 因此,任一个 $f(x,y) \in L^2(R^2)$ 都可以分解为:

$$f(x,y) = \dots + g_{-1}(x,y) + g_0(x,y) + g_1(x,y) + \dots \quad \text{其中, } g_k(x,y) \in W_k.$$

对二维的数字图像(实际也相当于一维的情况分别进行两次滤波),分别通过进行水平和垂直滤波,离散小波变换将原始图像分为 4 个子带: LL_1, LH_1, HL_1, HH_1 ,将低频子带 LL_1 进一步分解,得到更低分辨率的 LL_2, LH_2, HL_2, HH_2 ,依次下去,可得图像的多级分解,构成了二叉树的分解结构,如图 5。

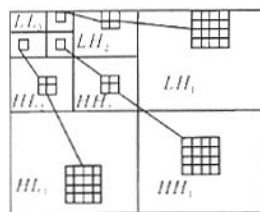


图 5 小波对图像进行三级分解

针对图像 Wbarb,用 bior3.5 小波函数对图像 Wbarb 进行 3 层分解,然后,分别采用全局阈值法、适度分层阈值法对图像进行压缩,所得图像如图 6:



图 6 基于 bior3.5 小波对图像 Wbarb 进行全局阈值和适度分层阈值对图像压缩

由于小波分解的全局阈值化方法作用的信息粒度太大,不够精细,在采用适度分层阈值化后,性能有了明显提高,原因是它更能体现信号所固有的时频局部性特性。用小波包方法对信号进行分解,实际上是将具体的某些小波空间作进一步的分解,从而使图像达到更好更细的分解。下面主要描绘利用小波包对图像分解后得到的最优树,以及最优树所对应的图像成分(近似或细节)。下面用 bior3.5 小波函数对图像 Wbarb 进行 3 层小波包分解示意图,如图 7。

再描绘出用 bior3.5 小波 3 层分解后得到的最优树型结构,如图 8。

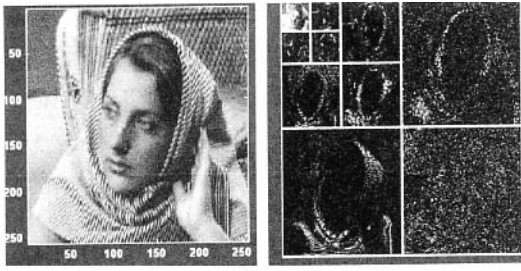


图 7 原始图像和用 bior3.5 小波函数 3 层分解后的示意

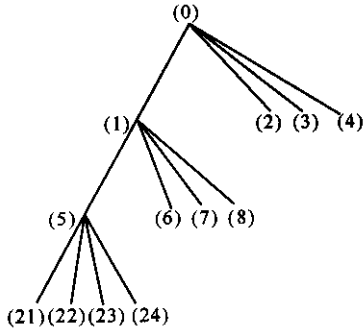


图 8 小波包分解后得到的最优小波树结构

下面给出基于上述小波树节点所对应位置的分解图像(在这里,0 节点表示原始图像,其它处的信息描述除外),如图 9。

通过小波或者小波包分解后的图像,它的系数特点是能量主要集中在低频部分,而细节部分一般在高频部分,这里主要是利用小波变换系数子带内和子带间的相关性以及小波系数的分布特点,再结合人眼视觉系统(HVS)特性,对低频部分采用无损压缩,对高频采用了适度分层阈值化方法进行处理,从而有效地对高频子带进行数据压缩,获得了很好

表 2 不同小波的选取得到不同的结果

小波变换	分解层数	全局阈值或适度分层阈值法	能量保留百分比(%)	零系数百分比(%)	阈值		
					全局	适度	适度
小波分解	Bior3.5	全局	99.9858	49.8693	4.000		
		分层	96.3044	93.7274	47.3433	66.1881	50.7414
					47.3433	66.1881	50.7414
	Sym4	全局	99.9806	50.4151	4.000		
		分层	98.0837	94.3264	46.8792	43.7250	25.8349
					46.8792	43.7250	25.8349
Db4	全局	99.9814	50.1607	4.000			
	分层	98.066	94.3264	47.3968	42.3787	26.9726	
				47.3968	42.3787	26.9726	
小波包分解	Bior3.5	全局	99.9258	68.0948	4.000		
	Sym4		99.914	74.133	4.000		
	Db4		99.9165	73.6368	4.000		

的图像压缩效果。

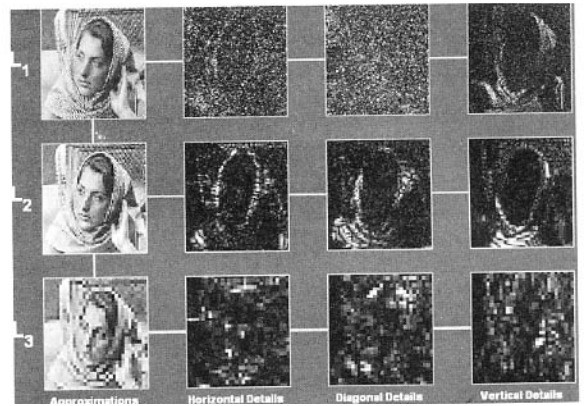


图 9 对应于图 8 中各节点的图像

2 实验对比分析^[5~8]

分别使用分层阈值法和适度分层阈值法对相同的图像 Wbarb 进行 3 层分解的结果见表 1 和表 2。

从表 1 和表 2 可以看出,适度分层阈值法的压缩效果要比全局阈值法要好的多,这是因为使用适度

实验图像	比特率 Bit/Pixels	PSNR(db)		编解码时间(s)	
		分层阈值法	适度分层阈值法	分层阈值法	适度分层阈值法
Wbarb	1.0	36.24	37.89	29.6	19.1
	0.5	31.25	32.47	23.4	16.2
	0.25	29.35	30.54	17.1	12.5
	0.125	26.45	27.84	12.5	9.8

3 算法复杂度分析

设有一个尺寸为 $2^m \times 2^m$ 像素的图像,用层次格子坐标体系方法提取图像特征需要划分 m 个层次,第 k 层次需要聚合的次数为 $(2^{m-k+1} - 1) \times (2^{m-k+1} - 1)$ 次,那么总的的时间代价约为 $1.3 \times (2^m - 1) \times (2^m - 1)$ 次。如果考虑每次聚合时同一坐标格子的不同颜色矢量可能有多个,所花的总时间代价会更高。每个格子聚合所花的时间代价与格子所含的像素点结构、复杂程度有关,对于常见的图像,每个格子的像素点聚合约花费 100~500 次 CPU 运算。以 512×512 分辨率图像为例,若每次聚合平均花费 CPU400 次运算,则处理完整幅图像需花费 10^8 次运算,相对于现代微机 10^9 次/秒以上的速度,整个图像信息足以在很短的时间内处理完。

4 结束语

特征矢量化后,我们就可以得到从粗到细的不同分辨率特征矢量,记录在不同分辨率下的格子坐

标数组中。在图像识别时,可以仿照人的判断过程,先进行最粗层次的特征判断,在此基础上,逐层降低层次,逐渐提高分辨率进行细节判断。因为这些矢量特征表述十分简单直观,尤其是低分辨率下的层次,格子坐标少、矢量少,图像特征得到了融合和概括,杂散干扰被屏蔽,很接近于人的思维过程,使得相应的图像特征知识库的构造也较容易。

参考文献:

- [1] 杨耿,和卫星. 运动目标图像识别与跟踪系统的研究[J]. 计算机测量与控制,2005,13(3):267-269.
- [2] 陈才扣,王正群,杨静宇,等. 一种用于人脸识别的非线性鉴别特征融合方法[J]. 小型微型计算机系统,2005,26(5):793-797.
- [3] 王昊,汪鑫. 计算图像中目标简缩比的快速算法及其应用[J]. 上海电机学院学报,2005,8(2):75-78.
- [4] 曾炜,郑清芳,赵德斌. 图片卫士:一个自动成人图像识别系统[J]. 高技术通讯,2005,15(3):11-16.

(责任编辑:凌汉恩 邓大玉)

(上接第 354 页)

度分层阈值法后,可以在更大的能量保留成分上去除尽量多的系数,根据问题的不同,可以对比较关心的部分选择大点的阈值,使得保留的系数更精细;对不关心的部分选择比较小的阈值,尽量滤掉多些不重要的系数。而全局阈值法是笼统的采用统一阈值进行处理。使用本文的适度阈值化方法,要比传统的同类方法压缩效率提高了 10%~15%。

3 结束语

本文不仅克服了 DCT 在图像压缩中存在“方块效应”的不足,并且还在仿真实验中,阐述了本文所提出的适度分层阈值法要比传统的全局分层阈值法在对同一幅图像进行压缩时,压缩效果要强的多。适度分层阈值法对图像进行压缩时更能达到较好的压缩效果。

参考文献:

- [1] 成礼智,王红霞. 小波的理论与应用[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [2] ANTONINI M,BAULAUD M MATHICU P,

DAUBCCHIES I. Image coding using wavelet transform [J]. IEEE Tans on Image Proccssing,1992,1(2):205-220.

- [3] BAULAUD M,SOLE P ANTONINI M,MATHICU P. Pyramidal Lattice Vector Quantization for Multescale Image Coding [J]. IEEE Trans Image Processing,1994,3(4):56-57.
- [4] 董长虹. MATLAB 小波分析工具箱原理与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [5] PHILIPPE DESARTE,BENOIT MACQ,SLOCK DIRK T M. Singal-Adapted Multiresolution Transform for image coding [J]. IEEE Trans on information Theory,1992,38(2):897-904.
- [6] 飞思科技产品研发中心. MATLAB 6.5 辅助图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [7] 张毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [8] 胡昌华. 基于 MATLAB 6.x 的系统分析和设计—小波分析[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.

(责任编辑:邓大玉 凌汉恩)