

基于模糊联想神经网络分类器的 JPEG 彩色图象压缩编码

尹 捷 王煦法

(中国科学技术大学电子技术部 合肥 230026)

关键词: 模糊, 神经网络, DCT 变换, JPEG 图象压缩.

1 引言

JPEG 图象压缩中采用了视觉量化技术, 即根据人眼视觉特性对不同频率的变换系数进行了加权处理. 但是, 图象的子块由于各自的明暗程度和纹理的差异而形成不同的块特性, 所以有必要实行相应的量化调整. 本文在分析图象子块的能量特征和人眼视觉敏感特性的基础上, 提出了一种子图象模糊分类、加权优化的方案, 以实现视觉量化的自适应调整, 从而能够进一步去除图象中相对于人眼分辨能力的冗余能量, 使压缩性能得到进一步的提高.

2 模糊联想神经网络分类器

图象子块经过 DCT 变换变为相关性很弱的变换系数, 同时图象的能量得到了重新分配, 主要集中在少数低频分量上, 因而便于从能量特征对子图象进行分类. 引入模糊变量 T 和 L 用以测度图象的能量特征, T 和 L 分别代表子图象的总体交流能量和低频交流能量, 其计算公式如下:

$$T = \sum_0^7 \sum_0^7 |F(u, v)| - |F(0, 0)|,$$

$$L = \sum_0^3 \sum_0^3 |F(u, v)| - |F(0, 0)|,$$

$F(u, v)$ 为 DCT 变换系数. 将 T 和 L 分别分成四个模糊子集和两个模糊子集, 从而 T 被量化成四个模糊序列值: BG (big), MD (medium), SL (small), VS (very small), 分别代表图象总体交流能量的四种大小类型, L 则被量化成: LG (large) 和 SM (small), 分别代表图象低频交流能量的高低. T 和 L 归一化后的模糊序列值分布图如图

1 所示。

将子图象分成四个模糊类,用模糊变量 B 表示,从而 B 含有 4 个模糊子集,相应地取

4 个模糊序列值: HI(high), MH (medium high), ML (medium low), LO (low), 分别代表不同能量特征的四类子图象。其中, HI 类子图象含有很高的能量,对应于包含最多细节信息的子图象;而 LO 类子图象仅含很少的能量,它对应于反映背景亮度的子图象。

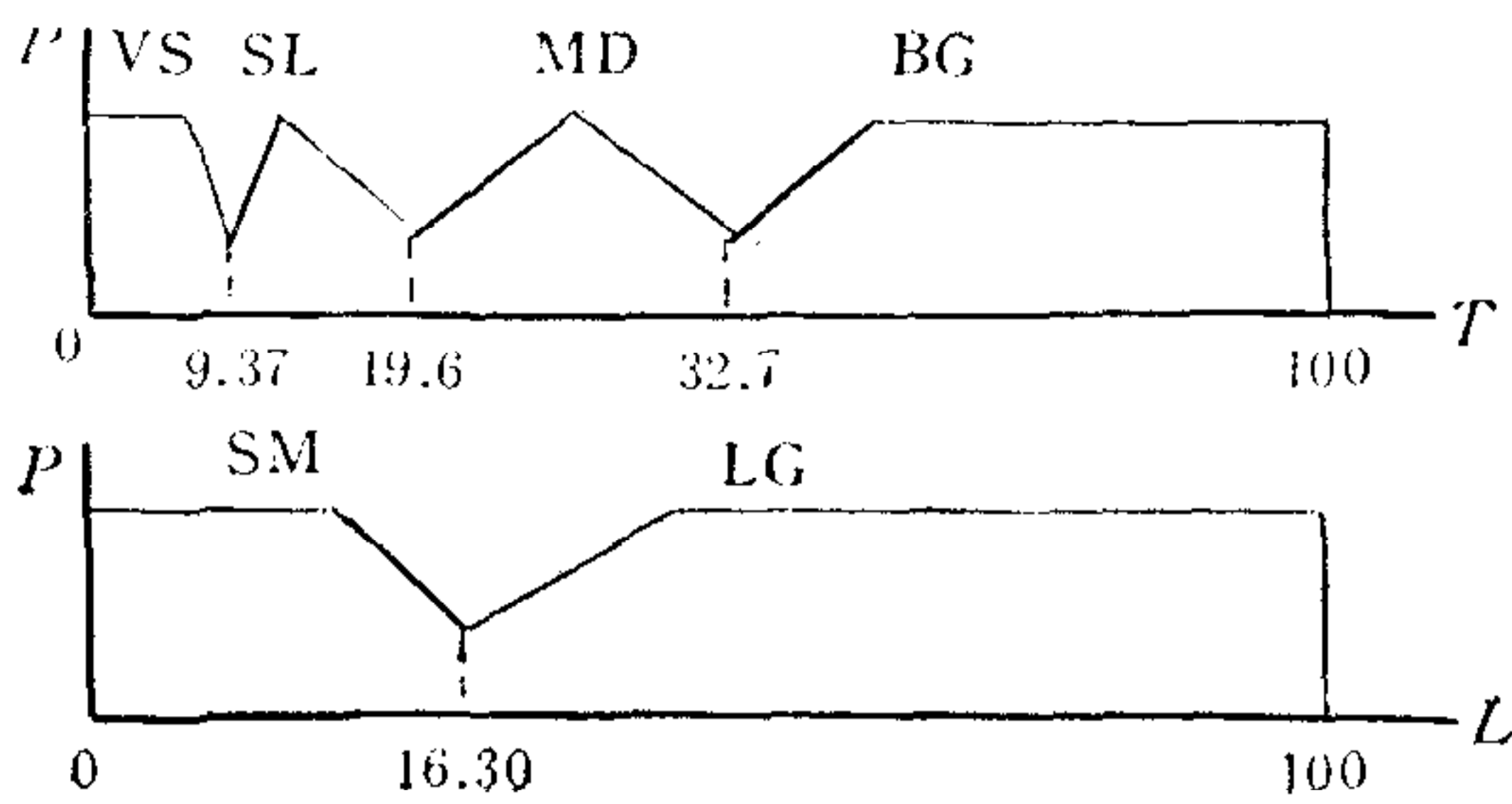


图 1 T 和 L 的模糊序列值分布

通过引入模糊变量 T, L, B , 就可以建立子图象分类的模糊联想记忆规则

(FAM-rule), 其形式为 (T, L, B) . 用 i 表示子图象的序号, T 和 L 为第 i 个子图象所具有的总体与低频交流能量, B 则代表第 i 个子图象的类别。实质上,模糊联想记忆规则是进行基于模糊联想的逻辑推理,它反映了各类子图象和其能量特征 T, L 的某种非线性的映射关系。例如, (BG, LG, HI) 表示了这样一种联想,如果子图象的总体交流能量 T 为 BG , 并且其低频交流能量 L 为 LG ; 那么, 该子图象属于 HI 类。由于神经网络分类器能够实现非线性的模式划分映射, 所以用微分竞争学习 (DCL) 神经网络来实现模糊联想记忆规则的生成^[1], 从而使该神经网络具有了对子图象模糊联想分类的功能。

微分竞争学习神经网络是一个具有前向反馈的双层网络, 每一个输出节点不仅与所有的输入节点有连接权, 而且输出节点相互之间也彼此有权值连接。其实质上是一个自组织的矢量量化器 (AVQ), 具有很强的积空间聚类性能, 能够有效地捕捉到输入模式的空间概率分布, 以实现一种非线性的模式划分映射。经过微分竞争学习, 输入子图象数据样本在神经网络的输出空间得到了初步的聚类。这时, 网络的每一个输出节点代表一个聚类子空间, 并且和所对应的某种能量特征子图象相匹配, 而对应于相同能量特征的所有聚类子空间 (输出节点) 则形成了一个在神经网络输出空间上的模糊联想记忆单元 (FAM-cell), 从而生成了一个相应的模糊联想记忆规则。

3 视觉加权矩阵设计

人眼视觉观察测试结果表明, 不同频率的子图象交流变换系数在人的视觉当中所起的作用不同, 人眼往往仅对图象低频变换系数所反映的灰度变化或细节信息敏感, 而对高频变换系数所反映的细节信息并不敏感。所以, 可以利用人眼的这种视觉敏感特性对子图象高频变换系数进行粗量化, 即使失真较大, 人眼也观察不出, 从而实现较高的压缩比。为了实现视觉量化的自适应调整以获得最佳的视觉压缩效果, 需要对不同能量特征各类子图象变换系数进行加权优化。由于子图象已经被 DCL 神经网络分成不同能量特征的四类, 因而, 在实验中分别设计了四种加权矩阵。根据对应权矩阵中的 0, 1 元素, 子图象变换系数得到了进一步的舍弃或保留, 其中, 权矩阵里系数 1 的个数是同子图象的能量高低成正比的, 图 2 显示了经过对实验数据的统计分析而获得的上述四类权矩阵。同

JPEG 基本系统的视觉量化相比较,在经过上述加权矩阵处理之后,子图象变换系数中出现了更多的 0 值系数,从而导致了更加紧凑的编码效果。

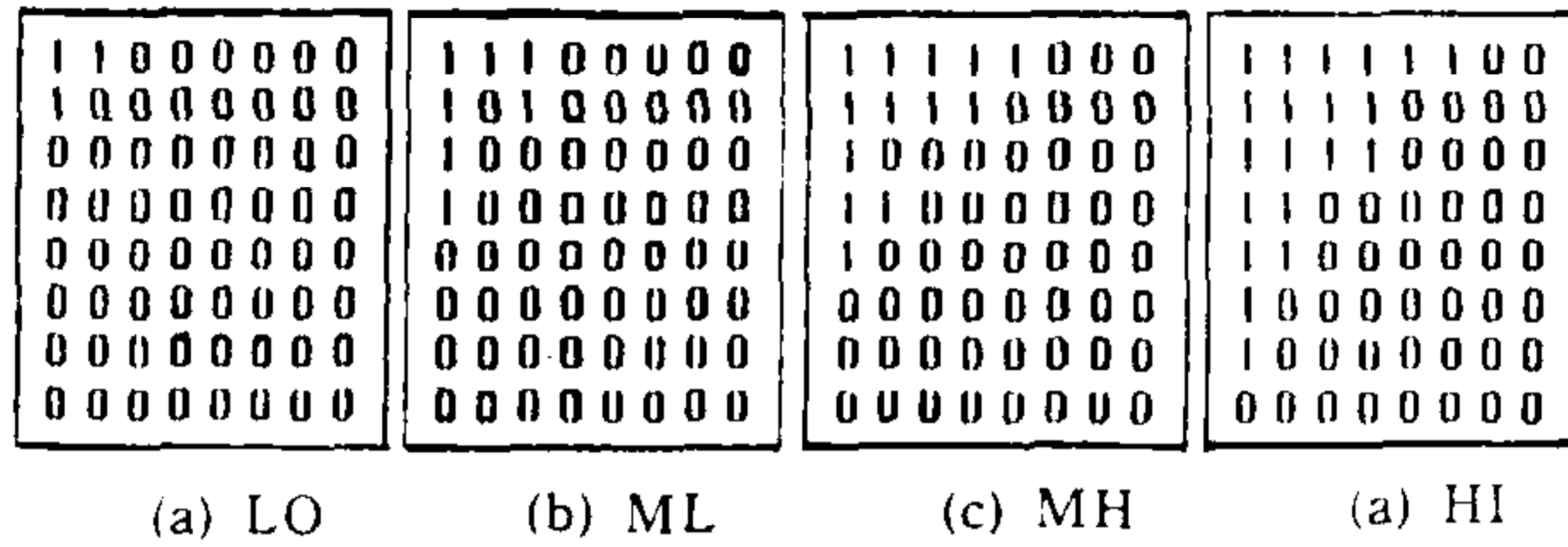


图 2 各类子系统对应的加权矩阵

4 计算机模拟实验与结果

JPEG 基本系统通过引入模糊联想神经网络分类器和视觉加权矩阵之后,就能够对子图象进行非线性模糊分类和加权优化,从而实现了子图象量化的自适应调整.称这种改进了的 JPEG 基本系统为 JPEG-AQA 系统,如图 3 所示. 在实验中,选取三幅 512×512 的彩色图象作为测试图象,每幅图象均由 8bit 编码的 R,G,B 三分量所组成,实验的硬件环境则为 Intel-486 微机 and 彩色图象显示终端.同时,用峰峰信噪比 SNR 作为图象质量的客观测度。

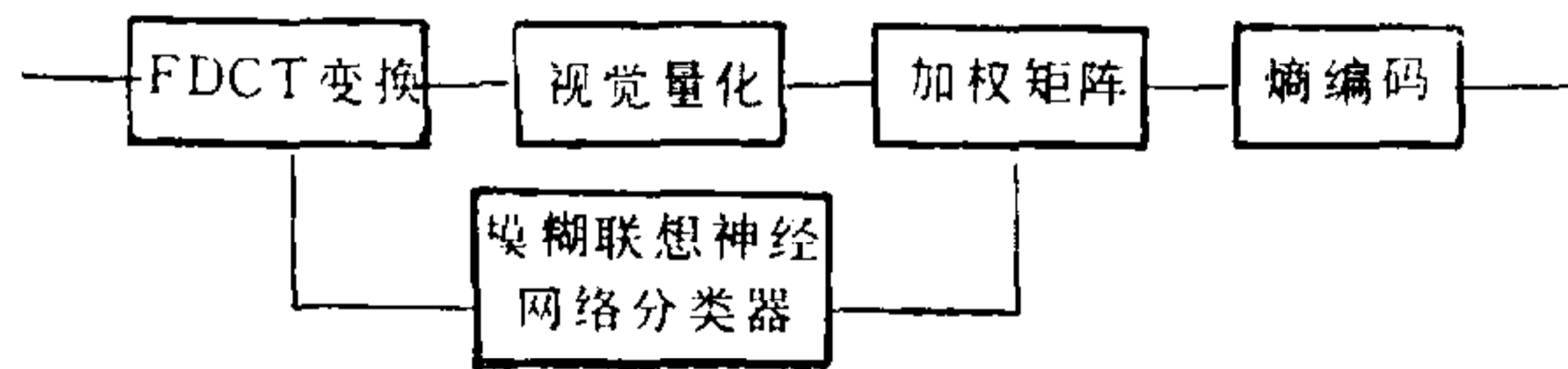


图 3 JPEG-AQA 系统

实验中, DCL 神经网络经过对子图象数据样本进行微分竞争学习训练之后,根据对应子图象的 T、L 能量特征,输出节点被划分为五类,从而最终建立起了五个模糊联想记忆规则来实现图象子块的特征分类,图 4 显示了实际生成的模糊联想记忆规则表。

	T	BG	MD	SL	VS
L					
LG	1 HI	2 HI			
SM		3 MH	4 ML	5 LO	

图 4 子图象分类的模糊联想记忆规则表

实验结果表明, JPEG-AQA 系统比 JPEG 基本系统用更低的编码率对图象进行压缩,同时仍然能够获得同 JPEG 基本系统相近的高质量的 重建 图象. 表 1 显示了上述两种系统的对比统计数据,

从表 1 中可以看到, JPEG-AQA 系统的图象压缩率比 JPEG 基本系统提高了 80% 左右,而其压缩图象的信噪比仅略有降低,仍保持在 30db 以上. 图 5 显示了实验中对 Lena 图象进行压缩处理的结果。

表 1 两种系统的图象压缩编码性能对比表(CR 为图象压缩率)

彩色图象数据	JPEG 基本系统			JPEG-AQA 系统			图象压缩率 提高百分比
	SNR	bpp	CR	SNR	bpp	CR	
Lena	36	0.74	10.6	31	0.42	19.2	81.8%
lady	37	0.60	12.6	33	0.35	22.8	81.4%
boat	37	0.80	10.0	31	0.42	18.9	88.6%



图 5 原始图象和编码图象

- (a) “Lena” 原始图象
 (b) JPEG 基本系统的编码图象
 (c) JPEG-AQA 系统的编码图象

在 JPEG 基本系统中引入了模糊联想神经网络分类器和视觉加权矩阵,能够实现了子图象视觉量化的自适应调整,能够以比 JPEG 基本系统更低的编码率获得高质量的重建图象,同时显著地提高了图象压缩的自适应能力。

参 考 文 献

- [1] Kosko. Neural networks and fuzzy systems. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1992, 363—378.

JPEG CODING FOR COLOR IMAGES BASED ON FUZZY ASSOCIATE NEURAL NETWORK

YIN JIE WANG XUFA

(Department of Electronic Engineering, University of Science and Technology of China Hefei 230026)

Key words: Fuzzy, neural networks, DCT transform, JPEG image compression.

(上接第 248 页)

征文范围

- 智能自动化系统理论、方法和技术
- 神经网络控制
- 模糊控制
- 基于规则的控制
- 分层递阶智能控制
- 学习控制
- 自适应控制
- 变结构控制
- 机器人规划与控制
- 智能管理与决策
- 智能信息处理
- 智能通讯与网络
- 控制系统的智能设计
- 智能制造
- 智能故障诊断
- 智能自动化仪表及传感器
- 智能自动化装置与执行机构
- 智能控制的实现及应用
- 大系统及智能自动化
- 遗传算法
- 其它有关问题

论文

- 在国内外杂志或会议上未发表过
- 篇幅一般不超过 A4 纸 6 页
- 本次会议将评选出 1—2 篇优秀论文,除颁发获奖证书外, 每篇获奖论文奖励人民币 1000 元

关键日期

- 1995 年 5 月 15 日之前投送符合清稿要求的全文两份(不论录用与否,恕不退还)
- 1995 年 6 月 15 日之前发出录用通知

联系人: 钱宗华

通信地址: 北京清华大学计算机系 100084

电 话: 2594895, 2561144—2266(0), 2594458(H)

传 真: 2562463