基于色彩相关模板的彩色人头图像压缩编码方法*

陈宇拓[1], 韩旭里[1], 余英林[2]

(1. 中南大学 计算机科学与技术系, 湖南 长沙 410083; 2. 华南理工大学 电子与通信工程系, 广东 广州 510641)

摘　要: 提出一种专门针对彩色人头图像压缩编码的新方法。该方法利用彩色人头图像在各个特征区域三个色彩分量之间的色彩相关性, 建立其中一个色彩分量与另两个色彩分量之间的相关模板, 并只需对第一个色彩分量进行量化编码, 解码时重构这个色彩分量后, 加上极少量的相关模板系数就可解出另两个色彩分量, 从而恢复图像。实验结果表明, 该方法不仅可以大大提高编码效率和压缩比, 并且能获得较满意的重构图像效果。

关键词: 特征区域; 特征提取; 相关系数; 相关模板

中图法分类号: TP391　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1001-3695(2005)10-0153-04

Color Head Image Compression Coding Method Based on Color Correlate Template

CHEN Yu-tuo[1], HAN Xu-li[1], YU Ying-lin[2]

(1. Dept. of Computer Science & Technology, Central South University, Changsha Hunan 410083, China; 2. Dept. of Electronic & Communication Engineering, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510641, China)

Abstract: This paper presents a new method specially for color head image compression coding. This method establishes the correlation template between one color component and the other two color components by using color correlation between three color components in each feature regions of a color head image. And it's only necessary to quantize and code the first color component. During decoding, this color component is reconstructed. Adding a few correlation template coefficients, the other two color components can be calculated out to reconstruct the image. The experimental results show this method not only improve the coding efficient and compression ratio but also obtain satisfactory effect of the reconstructed image.

Key words: Feature Region; Feature Extraction; Correlate Coefficient; Correlate Template

目前数字彩色人头图像在档案管理、身份识别、证件制作等系统中被愈来愈广泛地使用, 而且有逐步取代数字灰度人头图像的趋势。怎样尽可能减少图像存储空间并保证图像质量, 成为这些应用领域必须攻克的难题之一, 因而对彩色人头图像的压缩编码研究备受人们的重视。在相关文献中, 虽然对静止灰度人头图像压缩编码有多种方法, 但是对彩色人头图像的压缩编码, 几乎都是采取分别对图像的三个色彩分量进行按同样的方法进行单独编码, 如 FC2VQ 算法[1]等, 而没有更好的方法出现, 其结果不可避免的是运算量大、压缩比低。

实质上彩色人头图像的三个色彩分量 RGB 之间存在更加密切的相关性, 并具有很强的规律性可寻, 它有别于普通的彩色图像。我们通过大量实验发现彩色人头图像的各个特征区域如头发、脸、眼、鼻和嘴等, 其区域内部不仅相邻像素存在相似性, 而且每个像素的三个色彩分量之间也存在密切的相关性, 进而我们发现在一个固定的特征区域内, 每个像素的两个色彩分量之间的差值(如 R-G, B-G 或 R-B) 几乎是相同的或是非常接近, 如头发和面部皮肤这种单一的色彩区域是完全符合这一原则的, 但对于眼、鼻或嘴, 因眼内有眼球眼白、鼻下有鼻孔、嘴间可能漏出牙齿, 因而这种特征区域内的像素有多种颜色, 可以近似地视一个特征区域为四种主体颜色, 当把每个区域内的像素值按大小分成四组来处理, 则能表示该区域的四种颜色或灰度, 同样可得出同一组内每个像素的色彩分量之差值非常接近。我们将这些差值的平均值称作两个色彩分量之间的相关系数, 由此在某个特征区域内, 就可以由任意一个色彩分量加上相关系数近似地得到另两个色彩分量, 一幅彩色人头图像在各个特征区域相关系数的顺序组合就是相关模板, 同理对于一幅彩色人头图像可以由其一个色彩分量和与另两个色彩分量的相关模板得到, 这便是编解码的依据。

那么同一人种的彩色人头图像是否存在固定不变的相关模板呢? 回答是肯定的! 对同一人种(肤色、发色、眼色基本相同) 的多个彩色人头图像进行灰度标准化后, 我们发现求得它们的相关模板系数是非常接近的。对这些相关模板系数进行优化和修正, 得到一个可以作为它们的共同使用的相关模板, 称之为公用模板。有了公用模板对彩色人头图像的编码实质上就变成了对一个色彩分量的编码, 并可实现灰度人头图像到彩色人头图像的转换。

1　特征区域的提取

建立彩色人头图像的相关模板, 首先必须根据彩色人头图像的结构特点和色彩分布将其划分成不同的特征区域, 提取各个特征区域就是要确定这些特征区域在人头图像中的位置坐标, 由此找到这些特征区域中各色彩分量的像素值及位置, 以建立相关模板。

图 1(a) 为一幅彩色人头原图像 A, 它的三个色彩分量分别用 A_R, A_G, A_B 表示, 先将三个色彩分量之一的灰度图像 A_G,

收稿日期: 2004-10-08; 修返日期: 2004-11-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69972026)

按图 1(b) 划分成 A_1 和 A_2 两个大的特征区域, 分别表示面部特征部分和剩余部分, 再将 A_1 按图 1(b) 划分为左眼、右眼和嘴鼻三个区域分别用 A_{11}, A_{12}, A_{13} 表示; 将 A_2 按图 1(c) 纵向分解为三个相等的区域近似表示头发、耳和肩三个部分分别用 A_{21}, A_{22}, A_{23} 表示, 由于嘴和鼻的色彩相似把它们作为一个区域处理, 左右眼的色彩也是非常相似, 但考虑到它的特征重要性和复杂性, 用垂直 A_1 图的中轴线把它们分作两个不同区域来处理, 过鼻梁的水平线将眼和嘴鼻上下分开, 表 1 给出了各特征区域对应的内容。这六个特征区域基本上代表了人头的各主要特征部位和不同色彩分布区域, 要提取这六个特征区, 所需做的只是确定 A_1 图在人头图像中的位置坐标及确定过鼻梁的水平线 M 的位置坐标。

表 1 各特征区域对应的内容

特征区域编号	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{21}	A_{22}	A_{23}
特征区域内容	左眼	右眼	鼻嘴	头发	耳部	肩部

1.1 预处理

首先将所选彩色人头图像库中的训练图像尺寸均调整为 160 像素 ×128 像素。由于图像的来源可能是多渠道的, 在图像采集时光照等因素对图像的颜色或灰度影响很大, 为保证提取条件的一直性和提取的准确性, 避免图像后部分特征丢失, 在对图像提取前先对图像进行灰度分布标准化处理。灰度的平均值和方差是表征图像灰度分布的两个参量[2], 我们事先由一幅标准图像得到灰度平均值 μ_0 和方差 σ_0 这两个参量, 再对样本图像 A_G 的每个像素点的灰度值进行下式的变换:

$$A_G(i,j) = \frac{\sigma_0}{\sigma}(A_G(i,j) - \bar{\mu}) + \mu_0 \qquad (1)$$

其中 $\bar{\mu} = \frac{1}{W \cdot H}\sum_{i=0}^{W-1}\sum_{j=0}^{H-1} A(i,j)$ $\quad \overline{\sigma^2} = \frac{1}{W \cdot H}\sum_{i=0}^{W-1}\sum_{j=0}^{H-1}(A(i,j) - \bar{\mu})^2$

W 和 H 分别为图像的宽度和高度, $0 \le i < W, 0 \le j < H$。

由式(1) 可实现对所有输入样本图像的灰度分布进行标准化处理。

1.2 特征区域的提取

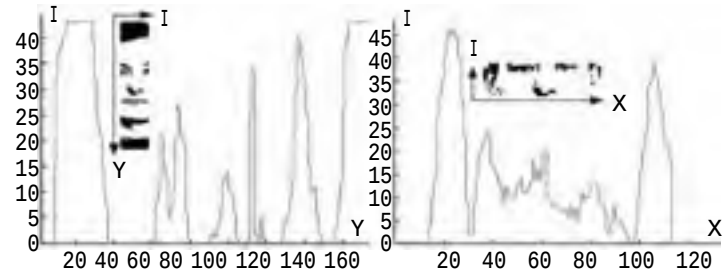
彩色人头图像 A 的三个色彩分量 A_R, A_G, A_B 对应的特征区域是完全相同的。提取人头图像各特征区域有多种方法[3~5], 需要说明的是提取特征区域的目的是为了建立相关模板进行编码, 并非要进行特征区域的精确定位提取, 只需将彩色人头图像中不同的特征区域(色块区域) 分离出来, 并使每个色块所包含的颜色尽可能少或灰度差尽可能小, 以利于提高相关模板的精度, 现在以从 A_G 中提取各个特征区域为例给出如下算法: 将预处理好的色彩分量灰度图像 A_G 进行滤波二值化处理, 得到一个二值图像如图 1(c) , 现在通过二值图像来确定 A_1 区域及过鼻梁的水平线 M 的位置。取二值图纵横两个方向四分之一的中间区域如图 2 所示, 对于 160 ×128 的图像所取的这两个区域大小分别为(61 :100, 1 :128) 和 (1 :160, 49 :80) , 亦即 Y 方向取中间 40 条扫描线, X 方向取中间 32 条扫描线, 分别作纵横两个区域在 X, Y 和 I 轴上的积分投影图(I 是 X, Y 轴上每个坐标点拥有 0 值像素点的个数) 。实际上积分投影图是一个一维序列数组, 通过对这个一维序列数组扫描和分析, 很容易得到 区域左上角(X_L, Y_T) 和右下角(X_R, Y_B) 的坐标及通过鼻梁的水平扫描线 M 的坐标。

图 1(e) 、图 1(f) 是对色彩分量灰度图像 A_G 提取后的结果。但得到的 A_1 区域还包含了头发、衣角等内容, 不利于编码信噪比的提高, 为此我们对提取的二值图 A_1 区(图 1(d)) 进行优化处理, 优化的方法是从二值图 A_1 区域的四个边界分别由纵横两个方向向中轴进行扫描, 同时在灰度图像 A_1 区域相应的位置进行如下操作: 当对扫描遇到黑色点(像素值为 0) 时用白色(像素值为 255) 取代, 遇到白色点即停止扫描, 按此方法对图 1(e) 进行取代操作后优化的结果见图 1(h) ; 而对提取的灰度图像 A_2 的优化处理, 可由灰度图像 A_G 与优化后的图 1(h) 合成得到, 合成的条件是图 1(h) 中像素值小于 255 的用 255 取代, 像素值等于 255 的灰度图像 A_G 相应的位置像素值不变, 优化处理后的结果如图 1(g) 所示。

(a)原图像 (b)A_G 的子区域 (c)二值图 (d)A_1 二值图

(e)A_2 的子区域 (f)A_1 的子区域 (g)优化后的 A_2 (h)优化后的 A_1

图 1 图像各特征区域的划分



(a)纵向积分投影图 (b)横向积分投影图

图 2 积分投影图

在提取左右眼特征区域时, 并没有对眼睛进行精确定位, 而是由图的中轴线将它们分开并分别与左右前额一并被分成两个特征区域, 这是因为脸部皮肤颜色和眼球、眼圈、眉毛颜色反差很大, 这几种不同值的像素在建立模板时被分在不同的组, 对编码结果几乎没有影响, 况且对眼、鼻、嘴等的精确定位提取是要以牺牲时间为代价的。

2 相关模板的建立

六个特征区域定位后, 为在彩色人头图像色彩分量之间建立相关模板提供了原始依据。假定选择彩色人头图像的色彩分量 A_G 作为待编码对像, 那么目标就是要建立 A_R 和 A_B 与 A_G 之间的相关模板, 下面以建立彩色人头图像左眼 A_{11} 特征区域子相关模板为例, 来叙述整个模板的建立过程。

设 A_{11} 区域的三个色彩分量分别用 $A_{11R}, A_{11G}, A_{11B}$ 表示, 首先来建立 A_{11R} 和 A_{11G} 之间的相关子模板。由式(2) 可得到 A_{11G} 的平均值 $\bar{A}_{11G2}$ 及 A_{11G} 中不大于 $\bar{A}_{11G1}$ 的像素值的平均值 $\bar{A}_{11G1}$ 和小于 $\bar{A}_{11G}$ 的像素值的平均值 $\bar{A}_{11G2}$, 式中 $Mean2$ 为求矩阵平均值函数。

$$\begin{cases} \bar{A}_{11G} = mean2(A_{11G}) \\ \bar{A}_{11G1} = mean2(A_{11G}(A_{11G} \le \bar{A}_{11G})) \\ \bar{A}_{11G2} = mean2(A_{11G}(A_{11G} > \bar{A}_{11G})) \end{cases} \qquad (2)$$

下面由式(3) 对 A_{11R} 和 A_{11G} 进行如下处理:

$$\begin{cases} \bar{k}_{R1} = mean2[A_{11R}(i,j) - A_{11G}(i,j) \mid A_{11G}(i,j) \le \bar{A}_{11G1}] \\ \bar{k}_{R2} = mean2[A_{11R}(i,j) - A_{11G}(i,j) \mid \bar{A}_{11G1} < A_{11G}(i,j) \le \bar{A}_{11G}] \\ \bar{k}_{R3} = mean2[A_{11R}(i,j) - A_{11G}(i,j) \mid \bar{A}_{11G} < A_{11G}(i,j) < \bar{A}_{11G2}] \\ \bar{k}_{R4} = mean2[A_{11R}(i,j) - A_{11G}(i,j) \mid A_{11G}(i,j) \ge \bar{A}_{11G2}] \end{cases} \quad (3)$$

式(3) 中, i, j 为 A_{11} 区域内像素点的位置坐标; $\bar{k}_{R1}$, $\bar{k}_{R2}$, $\bar{k}_{R3}$, $\bar{k}_{R4}$, 称为 A_{11R} 与 A_{11G} 之间的相关模板系数, 它们是将 A_{11R} 与 A_{11G} 的差值依据 A_{11G} 中四个像素值大小区间进行分组, 然后对每组差值求平均值所得。令 $K_{11R} = [\bar{k}_{R1}, \bar{k}_{R2}, \bar{k}_{R3}, \bar{k}_{R4}]$ 该序列也就构成了 A_{11} 特征区域的色彩分量 A_{11R} 与 A_{11G} 之间的相关模板, 同样的方法可得到 $K_{11B} = [\bar{k}_{B1}, \bar{k}_{B2}, \bar{k}_{B3}, \bar{k}_{B4}]$ 序列, 即 A_{11B} 与 A_{11G} 之间的相关模板, 进而可以得到所有特征区域 R, B 色彩分量与 G 色彩分量之间的相关模板。如果用 K_R 和 K_B 来分别表示彩色人头图像色彩分量 A_R, A_B 与 A_G 之间的相关模板序列, 那么有

$$K_B = [\bar{k}_{R1}(l,m), \bar{k}_{R2}(l,m), \bar{k}_{R3}(l,m), \bar{k}_{R4}(l,m)] \quad (4)$$

$$K_B = [\bar{k}_{B1}(l,m), \bar{k}_{B2}(l,m), \bar{k}_{B3}(l,m), \bar{k}_{B4}(l,m)] \quad (5)$$

式中的 $l = 1, 2$ 分别表示 A_1 和 A_2 两个大的特征区域, $m = 1, 2, 3$ 分别表示两个大的特征区域内的三个子特征区域。因每个子特征区域对应四个系数(相关模板系数), 那么一个模板共拥有 24 个系数, 一幅彩色人头图像需要建立两个相关模板, 这样一来对 R, B 色彩分量的编码就变成了对 48 个系数的编码。这 48 个系数的进一步编码, 可以简单地用一个码字表示系数的符号(系数是差值有正负之分), 用七个码字对系数进行标量量化。提取的特征区域的五个位置参数可用八个码字直接编码, 平均每个色彩分量占用 2.5 字节, 由此可直接算出色彩分量 A_R, A_B 编码后的压缩比为: $C_R = C_B = 160 \times 128/(24 + 2.5) \approx 773$。如果想得到不同压缩比和信噪比的编码结果, 可以采取分割更少或更多的特征区域和增加或减少每个特征区域相关模板系数个数的方法来实现。编码过程程序流程框图如图 3 所示。

由原图的三个色彩分量分得到相关模板后, 解码则是先对 A_G 进行解码, 然后加上由反量化得到的相关模板系数, 便可获得另两个色彩分量最终恢复图像。解码的程序流程示意框图如图 4 所示。

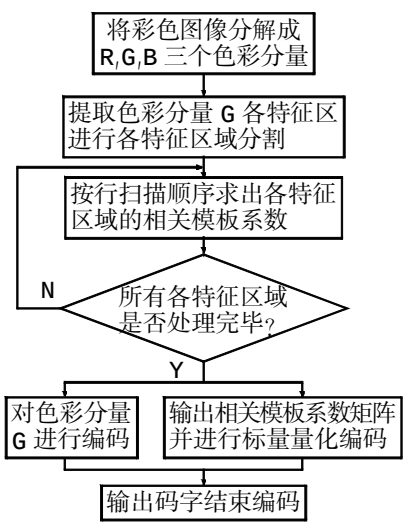


图 3　编码的程序流程示意框图

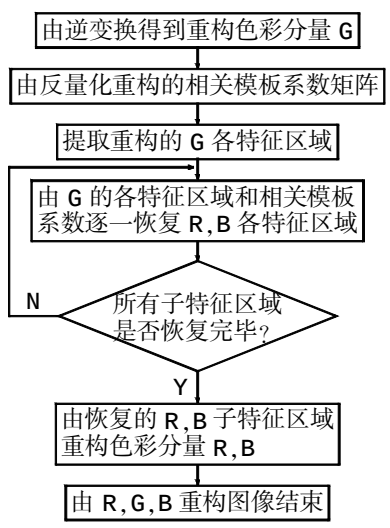


图 4　解码程序流程示意框图

表 2 给出了六幅彩色人头图像(对应的图像如图 5) 的模板中三个不同特征区域的相关模板系数。从表 2 中可以看出特征相同或相近的人头, 其相关模板系数非常接近。同时也可以看到不同人种的模板系数的差别主要是在面部和眼睛区域。

表 2　不同人彩色人头图像在三个特征区域色彩分量 R 与 G 之间的相关模板系数

图像序号	人头编号	区域及相关模板系数											
		A_{11} 左眼				A_{13} 嘴鼻				A_{22} 头发			
		K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
1	A	2.22	17.8	5.3	0	-0.98	35.5	15.2	0.11	40.6	52.5	48.3	27.8
2	M12	6.4	20.1	10	0	8	38	5.2	0	37.6	48.5	37.7	12
3	M25	4.2	17.4	11	0	1.25	37.6	10.4	0	34.5	46.3	37.1	9.4
4	W11	2.5	9.9	6.9	0	7	25.8	40	3	34.8	48.4	44.6	0
5	W23	8	26	7.2	0	25	31	17.3	0	32.8	48	45.9	0
6	W41	-3	16.8	5.8	0	39	10	3.8	0	40.3	47.2	41.5	0

3　色彩分量 A_G 的编码

选择对色彩分量 A_G 进行单独编码基于两个原因: ①人眼在相同的视觉环境下对绿色(色彩分量 A_G) 更敏感[6], 在编码过程中突出 A_G 的信噪比, 使恢复的图像视觉效果更好; ②对于绝大多数彩色人头图像, A_G 的平均灰度值介于 A_R 和 A_B 之间, 那么所求得的相关模板系数的绝对值就较小, 有利于对相关模板系数的进一步量化编码。

本文在实验中对 A_G 的编码, 除了采取不编码和按 JPEG[7] 及 FC2VQ[1] 等方法编码外, 还采用一种改进的哈夫曼游程编码方法, 该方法是针对本文处理的彩色人头图像的特点及数据特征提出的, 在提取了图像特征区域并作优化处理后, 由图 1(g)、图 1(h) 可见存在大面积的完全空白区域, 采用哈夫曼游程编码算法, 将图像分为两级进行量化, 第一级是对底图作粗略量化; 第二级对提取出包括眼睛、嘴巴等的重要面部特征的图 A_1 作细致量化, 该方法在能保证图像编码有较好的视觉效果前提下, 可将 160 ×128 的灰度图像压缩到 450Bytes 左右。

4　实验结果分析

表 3 是按上述编解码方法对图 1 各特征区域重构后色彩分量 R 和 B 的峰值信噪比 PSNR。可以看出人头图像在不同特征区域的峰值信噪比相差甚远, 其根本原因在于相关模板系数对应的每组像素是否均匀, 如果所有的像素都接近平均值即相关模板系数, 编码后的区域与原区域的均方差就小, 其信噪比就会愈高, 如头发区域就属这种情况。

表 3　各特征区域重构后色彩分量 R 和 B 的峰值信噪比 PSNR 比较

重构后色彩分量	A_{11} 左眼 PSNR	A_{12} 右眼 PSNR	A_{13} 鼻嘴 PSNR	A_{21} 头发 PSNR	A_{22} 耳部 PSNR	A_{23} 肩部 PSNR	全图
R	31.1	30.7	29.6	37.1	31.8	32.9	31.3
B	29	29.9	26.8	35	29.8	25.6	27.1

表 4 给出了按上述编解码方法, 对部分图像当色彩分量 A_G 不编码时, 解码重构的各色彩分量及全图的峰值信噪比 PSNR 和压缩比 Cr, 表中, inf 表示没有数据。模板每个特征区域为四个相关系数, 如果每个特征区域取三个相关系数编码结果只是略低于取四个相关系数的编码结果, 峰值信噪比之差一般在 0.3db 之内, 而压缩比可达到 999。在中低值信噪比的需求场合, 设定 A_1 各区域取四个相关系数 A_2 各区域取三个相关系数较为合理。

表 5 给出了四幅图像当对色彩分量 A_G 进行 JPEG 编码时, 用各自模板和共用模板的编码结果峰值信噪的比较。共用模板是四幅图像各自模板的平均值。由于这四幅彩色人头图像的色彩和纹理结构非常接近, 因而它们的相关模板系数也是非常接近的, 这从表 5 也可看出。用公用的模板来代替它们各自的模板来编码, 对编码结果影响不大, 可见在相类似的彩色人头图像中寻求公用的模板来编码方法是可行的。

表 4 彩分量 A_G 不编码时各色彩分量及全图的峰值信噪比 PSNR 和压缩比 Cr

图像名称	A_R 用相关模板编码		A_G 不编码		A_B 用相关模板编码		重构后的彩图
	PSNR	Cr	PSNR	Cr	PSNR	Cr	PNSR
A	31.3	773	inf	1	27.1	773	30.5
M12	32.8	773	inf	1	28	773	31.5
M25	32.6	773	inf	1	27.6	773	31.2
W11	29.9	773	inf	1	28.1	773	30.7
W23	30.6	773	inf	1	27.5	773	30.6
W41	30.8	773	inf	1	29.3	773	31.8

表 5 用各自模板和共用模板的编码结果比较

图像名称	用各自的模板				用公用的模板			
	R-PSNR	G-PNSR	B-PSNR	全图 PSNR	R-PSNR	G-PNSR	B-PNSR	全图 PSNR
A	30.8	32.5	26.2	29.0	30.24	32.5	25.79	28.6
M12	32.01	33.4	27.1	30.0	31.73	33.4	26.86	29.8
M21	30.1	32.2	27.6	29.5	29.5	32.2	27.1	29.2
M25	31.92	32.89	27.15	29.9	31.0	32.89	26.7	30.0

本文对 52 幅色彩人头图像做了实验。按上述方法提取并优化后的一些典型的彩色人头图像的结果,及用相关模板重构后的图像如图 5,图 5 中从左至右分别表示原图、优化后的 A_2、优化后的 A_1 和重构后的图像。

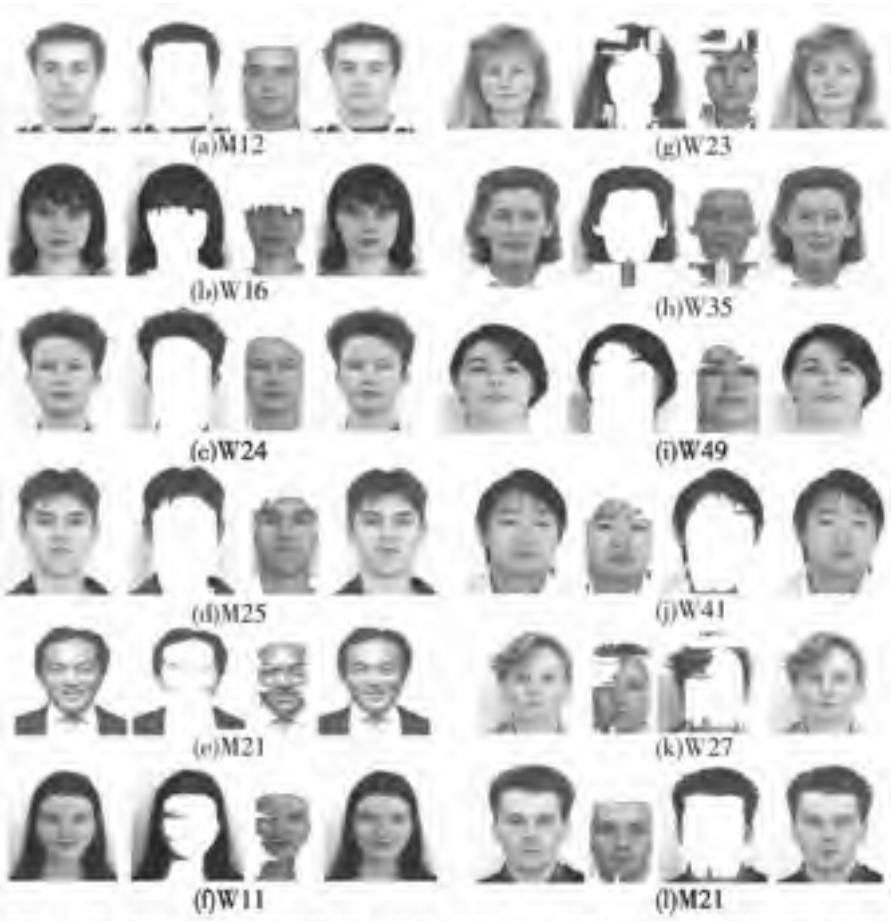


图5 从左至右分别表示原图像、优化后的A_2、优化后的A_1和重构后的图像

5 结论

基于相关模板的算法针对彩色人头图像的特点,充分挖掘和利用彩色人头图像的色彩空间的相似性和色彩分量之间的相关性,在获得较满意的图像编码视觉效果的同时,使编码效率得以提高,特别是利用公用模板可使编码过程更为简化,实现对一个色彩分量进行编码就能完成对整个彩色人头图像的编码,有利于大型彩色人头图像库处理系统的应用,在医学彩色图像编码应用上有更强的优势。但该方法仅适合于需求中低信噪比场合的彩色人头图像编码,如何更优化合理地提取特征区域和建立相关模板有待进一步研究和完善。

参考文献:

[1] incheng Huang, Yao Wang. Compression of Color Facial Images Using Feature Correction Two-Stage Vector Quantization[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 1999, 8(1): 102-108.

[2] Samal A, Iyengar P A. Automatic Recognition and Analysis for Human Faces and Facial Expressions: A Survey[J]. Pattern Recognition, 1992, 25(1): 65-77.

[3] Lee S Y, Ham Y K, Park R H. Recognition of Human Front Faces Using Knowledge-based Feature Extraction and Neuro-fuzzy Algorigthm[J]. Pattern Recognition, 1996, 29(11): 1863-1876.

[4] Feng G C, Yuen P C. Variance Projection Function and Its Application to Eye Detection for Human Face Recognition[J]. Pattern Recognition, 1998, 19: 899-906.

[5] Turk M, Pentland A. Face Recognition Using Eigenfaces[C]. Hawaii: Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1991. 586-591.

[6] Hunt R W G. Measuring Color(2nd Edition)[M]. New York: Ellis Horwood, 1991.

[7] Michael D Adams. The JPEG 2000 Still Image Compression Standard [S]. ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 N2412, 2001.

作者简介:

陈宇拓(1963-),男,副教授,博士生,主要研究方向为图形图像处理、计算机辅助设计与制造;韩旭里(1957-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机辅助几何建模、科学与工程计算;余英林(1935-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机图像处理与模式识别。

(上接第 150 页)自动调整相似度测量准则以符合用户需求;另一方面给相关图像传递语义标注,更新相关性强度,充实语义网络,实现长期的学习和记忆。最后对语义网络准确性进行了测试,通过分别比较只用低层特征检索和用低层特征结合相关反馈检索的性能差别,只用低层特征检索和用低层特征结合语义检索的性能差别,以及只用语义检索和用语义结合低层特征检索的性能差别的实验。得到结论:合理的结合低层特征、相关反馈和语义网络这三项技术可以大大提高系统的检索效率。

参考文献:

[1] Lu, C Hu, X Zhou, *et al*. A Unified Framework for Semantics and Feature Based Relevance Feedback in Image Retrieval Systems[C]. Proc. of ACM Multimedia Conference, 2000. 31-38.

[2] X Q Zhu, H J Zhang. A New Query Refinement and Semantics Integrated Image Retrieval System with Semiautomatic Annotation Scheme [J]. Journal of Electronic Imaging, Special Issue on Storage, Processing and Retrieval of Digital Media, 2001.

[3] H J Zhang, W Liu, C Hu. iFind-A System for Semantics and Feature-based Image Retrieval over Internet[C]. Los, Angeles, USA: Proc. of the 8th ACM Multimedia Conference, 2000.

[4] X S Zhou, T S Huang. Unifying Keywords and Visual Contents in Image Retrieval[J]. IEEE Multimedia Magazine, 2002, (4-6): 477-478.

[5] L Wenyin, Y Sun, H Zhang. MiAlbum: A System for Home Photo Management Using the Semi-automatic Image Annotation Approach [C]. Proc. of ACM Multimedia, 2000. 479-480.

[6] Han, JunWei, Guo Lei. A New Image Retrieval System Supporting Query by Semantics and Example[C]. IEEE Conference Image Processing, 2002. 953-956.

[7] Y A Aslandogan. Using Semantic Contents and WordNet in Image Retrieval[C]. Proceeding of ACM SIGIR '97, 1999. 286-295.

[8] 伯晓晨,刘建平. 基于颜色直方图的图像检索[J]. 中国图像图形学报, 1999, 4A(1): 33-37.

作者简介:

沈玉利(1955-),男,副教授,博士,主要研究方向为图像处理、系统仿真等;郭雷(1956-),男,教授,博士生导师,国家杰出青年科学基金获得者,主要研究方向为神经计算、视觉计算、图像和视频处理、模式识别等;耿苑(1980-),女,硕士生,主要研究方向为模式识别等。