

一种基于最大相似子阵的彩色图像检索算法

何国斌^{1,3} 代秀娟² 李航³

(西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)¹ (重庆工商大学计算机与信息工程学院 重庆 400067)²
(西南大学资源环境学院 重庆 400715)³

摘要 颜色是图像的重要特征之一,被广泛用于图像检索。传统的颜色直方图检索算法丢弃了色彩的空间位置信息,影响了算法的检索精度。针对这一问题,提出了一种基于最大相似子阵的彩色图像检索算法,即采用奇数方阵分割图像以捕捉颜色的空间分布特征,从而得到颜色矩阵,通过求解两个颜色矩阵的最大相似子阵实现相似度计算。研究表明,所提算法能够准确描述图像的颜色特征,相似度计算非常有效,相比全局直方图有较好的检索精度。

关键词 图像检索,颜色直方图,色彩空间,颜色矩阵,相似子阵

中图分类号 TP391 文献标识码 A

Color Image Retrieval Algorithm Based on the Maximum Similarity Submatrix

HE Guo-bin^{1,3} DAI Xiu-juan² LI Hang³

(College of Computer and Information Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)¹

(College of Computer and Information Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)²

(College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China)³

Abstract Color is one of the important characteristic of image, which is widely used in image retrieval. In the conventional color histogram retrieval algorithm, the color's spatial location information is discarded, and the retrieval precision of the algorithm is also affected. Aiming at this problem, this paper presented a color image retrieval algorithm based on the maximum similarity submatrix. This algorithm uses the odd square matrix in image segmentation to capture the color spatial distribution pattern and get the color matrix, then, find the maximum similarity submatrix of the two color matrix to achieve the similarity calculation. The results show that the algorithm in this paper can accurately describe the image color characteristic, and similarity calculation is very effective. Compared with global histogram, it has better retrieval precision.

Keywords Image retrieval, Color histogram, Color space, Color matrix, Similar submatrix

1 引言

有关图像检索的研究始于20世纪70年代。随着多媒体技术和网络技术的迅速发展,特别是多媒本信息的急剧增加,基于内容的图像检索(Content-based Image Retrieval,简称CBIR)技术成为研究的热点^[1-4]。

图像特征信息的提取,是实现图像检索的前提和基础,直接影响着图像检索系统的性能。图像特征包括形状、纹理、颜色、轮廓等,而颜色特征是最显著、最可靠、最稳定的图像特征,也是人识别图像的主要感知特征,具有相当强的鲁棒性,因此利用颜色特征进行的图像检索技术受到了普遍的重视,国内外许多学者对此进行了研究。1990年,Swain和Balard提出了颜色检索(Color Index)^[5]的基本思想和算法,曹奎等在文献^[6]中提出了一种基于颜色的全局相似检索技术。基于颜色直方图的检索过程涉及图像颜色空间的选择、颜色空

间的量化、颜色直方图的定义以及直方图空间相似度距离的计算等。

传统的基于颜色的检索技术忽视了颜色的空间特性,因而许多学者不断尝试利用空间特征表达来完善图像检索方法。SHIM S-O和CHOI T-S在文献^[7]中提出将颜色相关矩阵(Color Cooccurrence Matrix)沿对角线和非对角线方向分为两部分,对角线部分的颜色分布遵循传统颜色直方图的特点,而非对角线部分则反映颜色边缘信息,由此更好地表达空间特征。此外,也有众多利用图像分块策略来增加空间分布信息。Kim N W, Kim T Y, Chol J S在文献^[8]提出了简单的局部直方图方法,它将图像进行同定方式分块,计算每一个子块的颜色直方图,再比较两幅图像相应子块间的相似距离,并将其求和后作为整幅图像的相似距离值。但是,其由于子块间的空间约束关系太强,因此丢失了全局颜色直方图所具有的旋转、平移不变性的优点。另外,文献^[9]给出了累加

到稿日期:2011-09-13 返修日期:2011-12-09 本文受重庆市科委基金项目(2011GGB018)资助。

何国斌(1968-),男,副教授,主要研究方向为计算机软件技术、多媒体技术及农业资源利用,E-mail:hgb07123@163.com;代秀娟(1971-),女,硕士,讲师,主要研究方向为计算机图形处理、计算机教育;李航(1963-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为农业资源利用、土壤学。

直方图的方法,文献[10,11]提出了基于颜色空间特征的查询等。

本文引入最大相似子阵来研究 HSV 色彩空间中的图像检索的问题,采用奇数方阵将图像分割成网格子块,通过网格来捕捉图像颜色的空间分布特征,得到主色调颜色分布矩阵;通过求解两个颜色矩阵的最大相似子阵来实现图像的相似度计算,以期提高图像的查询精度。

2 颜色空间的变换与量化

2.1 颜色空间的变换

颜色空间也叫颜色模型,用于描述某个三维颜色空间中的所有颜色。颜色模型主要有 HSV、RGB、HSI、CHL、LAB、CMY 等。

RGB 是图像处理中最常用的颜色模型,它通过红 R (Red)、绿 G(Green)、蓝 B(Blue)三原色来描述颜色的颜色空间,即用 (R, G, B) 来描述图像像素。 R, G 和 B 的取值为 $0 \sim 255$,表示每种原色都可从 0(黑色)变到 255(白色)。

通常,RGB 颜色模型与计算机显示的颜色模型是一致的,因此计算和处理比较简单。但是,RGB 颜色模型与人眼的视觉感知存在较大的差异,比如,相距 50 的像素 $(0, 0, 0)$ 与 $(50, 0, 0)$ 视觉上是黑色,而像素 $(200, 50, 0)$ 与 $(200, 100, 0)$ 则是差别很大的红色和黄色,造成其空间中的颜色相似并不代表人眼实际感知的颜色相似。因此,RGB 颜色模型都不适用于基于人眼视觉特性的图像分析。

HSV 模型是从人的视觉系统出发,用色调(Hue)、色饱和度(Saturation)和亮度(Value)3个分量来定义的颜色模式,以一个圆锥空间来描述色彩,如图1所示。色调 H 由绕 V 轴的旋转角给定, $H \in [0^\circ, 360^\circ]$, 红色对应于角度 0° , 绿色对应于角度 120° , 蓝色对应于角度 240° 。在 HSV 颜色模型中,每一种颜色和它的补色相差 180° 。饱和度 S 表示色彩的纯度, $S \in [0, 1]$, 当 $S=0$ 时,只有灰度。亮度 H 表示明暗程度。 $V \in [0, 1]$, 圆锥的顶面对应于 $V=1$, 锥底对应于 $V=0$, 代表黑色。

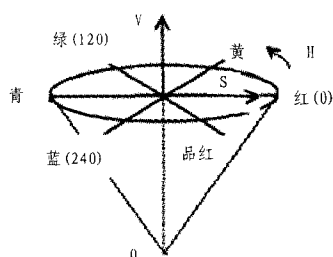


图1 HSV颜色模型

HSV 模型具有线性伸缩性、颜色和色度分量变化的感知性, H, S, V 3个分量相互独立,可分开处理,这样可以大大简化图像分析和减少处理的工作量。因此,HSV 比 RGB 更直观,更适合基于人眼视觉特性进行图像分析。在图像分析、处理时,常常会将 RGB 空间转换为 HSV 空间。

RGB 到 HSV 的转换可用如下算法:

Input: R, G, B //取值 $0 \sim 255$

Output: H, S, V // $H \in [0^\circ, 360^\circ], H, S \in [0, 1]$

$Max = \max(R, G, B)$; //取3分量最大值

$Min = \min(R, G, B)$; //取3分量最小值

If ($R = Max$) $H = (G - B) / (Max - Min)$;

If ($G = Max$) $H = 2 + (B - R) / (Max - Min)$;

If ($B = Max$) $H = 4 + (R - G) / (Max - Min)$;

$H = H * 60$;

If ($H < 0$) $H = H + 360$;

$V = \max(R, G, B) / 255$;

$S = (Max - Min) / Max$;

2.2 颜色空间的量化

颜色量化就是根据图像中的颜色分布,在选定的颜色空间中找出 m 种具有代表性的颜色,依据给定的算法把图像中的所有颜色映射成这 m 种代表色。量化处理的目的是为了减少图像处理的计算量。有关研究表明,量化过细或过粗都会引起图像处理效果的下降。对于 HSV 空间的量化, MPEG7 标准推荐采用一致性量化方案^[12],但是,该方案忽视了 HSV 空间色调的不均匀性和灰度分量的识别作用。

考察图1所示的 HSV 模型,色调 H 是用角度 $0^\circ \sim 360^\circ$ 度量,在颜色轮上,主要颜色沿一周均匀分布,其它次要颜色位于主要颜色之间。对于饱和度 S ,人眼对其变化比较敏感,人眼能够感受到颜色的深浅变化,特别是当颜色的纯度比较高时,人眼对颜色的变化分辨力更强。亮度 V 的值与图像的彩色信息无关,但饱和度 S 会受光亮度大(靠近白色)及光亮度低(靠近黑色)的影响。可见,色调 H 和饱和度 S 反映了颜色的种类和颜色的深浅程度,在人眼对颜色的视觉判断中起着主要的影响作用。有关研究表明,当亮度 $V < 0.15$ 时,人们感知的是黑色;当 $V > 0.85$, 饱和度 $S < 0.1$ 时,则认为是白色。

目前,关于颜色空间的划分有均匀划分和非均匀划分两种方式,根据人的视觉感知特点,适合人眼感知的划分应该是不均匀的。因此,根据 HSV 颜色空间的特点、结合人眼视觉特性以及颜色空间量化效率等因素综合考虑,本文对 HSV 颜色空间进行非均匀性量化处理。划分原则如下:

(1) H 划分按主要颜色划分可细、次要颜色划分可粗的原则,可考虑以 2-3-4-3-2 为标准;

(2) S, V 划分按主观感觉度原则;

(3) 较合理的计算量原则;

(4) 特殊区域特殊处理原则:

• 黑色区域:所有 $v < 0.15$ 的颜色均量化为黑色,令 $H=0, S=0, V=0$ 。

• 白色区域:所有 $S < 0.1$ 且 $V > 0.8$ 的颜色量化为白色,即 $H=0, S=0, V=1$ 。

具体划分是将 H, S, V 分别按照 12、4 和 4 个区间进行量化。量化对照表见表1、表2。

表1 HSV颜色空间 H (色调)量化对照表

量化值	范围(度)	量化值	范围(度)
0	311~10	6	161~200
1	11~40	7	201~230
2	41~80	8	231~250
3	81~110	9	251~280
4	111~130	10	281~320
5	131~160	11	321~350

表2 HSV颜色空间 S (色度)与 V (亮度)对照表

S (色度或饱和度)		V (亮度)	
量化值	对应范围	量化值	对应范围
0	$S < 0.15 \cup S > 0.85$	0	$0 \leq V < 0.15$
1	$0.15 \leq S < 0.45$	1	$0.15 \leq V < 0.45$
2	$0.45 \leq S < 0.65$	2	$0.45 \leq V < 0.65$
3	$0.65 \leq S \leq 0.85$	3	$0.65 \leq V \leq 1$

2.3 构造一维特征矢量

按照表 1 和表 2 所列的量化级, HSV 空间被划分成了 $L_H \times L_S \times L_V (12 \times 4 \times 4 = 192)$ 个颜色区间, 每个区间用相应的平均颜色来表示。按照量化结果, 将 3 个颜色分量 H, S, V 按式(1)合成一维特征矢量:

$$G = 16H + 4S + V \quad (1)$$

式中, $G = 0, 1, \dots, 191$ 。这样, 对于 HSV 空间的任一颜色点, 都有一个唯一 G 值与之对应。

3 图像颜色特征提取

3.1 奇数方阵图像分块

全局颜色直方图的优点在于计算的简单性和对平移和旋转的不敏感性, 但是全局颜色直方图无法捕捉颜色分布的空间关系, 而颜色的空间分布特征对于区分图像的内容又是非常重要的, 因此有必要加入空间特征。通常, 图像的主体内容(人们感兴趣的内容)一般位于图像的中间大部分, 周围是背景部分, 在分块时, 要考虑如何突出图像中间的主体内容并限制边界背景的范围。若采用均匀分块, 图像主体可能会分割到不用块中, 若采用非均匀分块, 又会增加处理的难度。针对这一问题, 本文考虑采用奇数方阵均匀分割法对图像进行分块, 通过分级分段处理来解决这一问题。具体方法是采用 5×5 方阵网格分割图像, 并对网格区域按一定方式编号。如图 2 所示, 中心网格编号为 $P1$, 然后按从内向外顺时针依次编号。

P13	P14	P15	P16	P17
P12	P3	P4	P5	P18
P11	P2	P1	P6	P19
P10	P9	P8	P7	P20
P25	P24	P23	P22	P21

图 2 图像分块示意图

这种网格分割及编号方式的优点是:

(1) 分块编号具有明显的圈层结构。中心块在 $P1$, 由内到外, 一环一环向图像边界推进。

(2) 可根据圈层结构特点进行分级处理。采用等级数来描述这些圈层, 中心区域 $P1$ 为第 1 级, 逐层向外依次为第 2 级, 第 3 级, ...。级数越小, 越接近图像中间主体内容。

(3) 可将其线性化, 分段处理。将矩阵按编号线性排列, 可得一个线性序列 $(P1, P2, \dots, P25)$ 。若取前面 k 个区域 $(P1 - Pk)$ 进行分段处理, 则可以处理图像最居中心的主体部分, 并限制了边界范围, 这样对图像处理更有利。

对于 $N \times N$ 奇数方阵, 第 I 级的网络区域数目为:

$$Num_I = 8(I-1), 1 < I \leq \lceil N/2 \rceil \quad (2)$$

通过式(2), 容易解决分段定位, 还可保证圈层完整。

比如, 对于 5×5 方阵网格区域, 共分 3 级, 第 3 级开始于 $P10 (10 = (1 + (1 + 8)))$, 结束于 $P25$, 共有 16 个小块, 且都分布在图像的边界区域部分, 占总分区域的一半多。若只处理前 2 级区域, 则只需处理 $P10$ 前面的序列。

3.2 构造颜色空间分布的直方图

根据本文之前对 HSV 颜色空间的量化以及式(1)的描述, 可以得到图像中每一个像素的一维特征矢量 $G \in \{0, 1, \dots, 191\}$ 。对于给定的 G , 定义颜色直方图如下:

$$H(G) = (h_{C_0}(G), \dots, h_{C_{191}}(G)) \quad (3)$$

式中, $h_{C_i}(G) = \frac{\|G_{C_i}\|}{N}$, 其中 $\|G_{C_i}\|$ 表示图像中颜色为 C_i 的像素个数, N 为图像像素总和。

通过式(3)规一化定义, 则颜色直方图的横坐标为颜色区间 $(G = 0, 1, \dots, 191)$, 纵坐标表示各区间内颜色像素的点数 $H(G)$, 且 $H(G) \in [0, 1]$ 。

根据奇数方阵图像分块, 结合式(3)得到每一区域的颜色直方图, 分别记为 $H_{P1}, H_{P2}, \dots, H_{P25}$ 。同时, 根据式(4)可得到累加直方图, 当 $k = N \times N$ 时, 便得到全局直方图。

$$H_k(P) = \sum_{j=1}^k H_{P_j} \quad (4)$$

3.3 图像相似度的计算

3.3.1 构造主色调颜色分布矩阵

定义 1(主色调) 对于一幅图像或图像区域块, 其颜色直方图为 $H(G) = (H_{C_0}(G), \dots, H_{C_m}(G))$, 若 $H_{C_k} = \max(H_{C_j}(G)), 0 \leq j \leq m$, 则称 C_k 为该图像或图像区域块的主色调。

对于图像 Q 的分块直方图 $H(H_{P1}, H_{P2}, \dots, H_{P25})$, 找出每块的主色调, 结合图 1 构造图像 Q 的主色调空间分布矩阵 $M(Q)$, 如式(5)所示。

$$M(Q) = \begin{pmatrix} C_{i13} & \dots & C_{i17} \\ \vdots & C_{i1} & \vdots \\ C_{i25} & \dots & C_{i21} \end{pmatrix} \quad (5)$$

这样, 图像的主色调空间分布统计信息与网格块的空间分布联系起来。

3.3.2 全局直方图相似度的计算

图像的全局直方图的相似度的计算采用欧氏距离计算。假设查询图像的直方图特征矢量为 $Q(q_1, q_2, \dots, q_{m-1})$, 图像数据库中的图像直方图特征矢量为 $S(s_0, s_1, \dots, s_{m-1})$, 则直方图欧氏距离算法进行图像相似性度量:

$$D(Q, S) = \left(\sum_{i=0}^{m-1} (q_i - s_i)^2 \right)^{1/2} \quad (6)$$

式中, q_i, s_i 为 $[0, 1]$ 间的规一化数值, m 为一维直方图矢量的维数。 $D(Q, S)$ 越小, 图像 Q 与 S 的相似度越高。

3.3.3 基于最大相似子阵的相似度计算

对于给定待查图 Q 和图像库图 P , 按式(5)可以得到相应的主色调颜色矩阵 $M(Q), M(P)$ 。将两矩阵对应元素进行比较, 结果用矩阵 R 表示, R 中的元素 r_{ij} 按式(7)取值。

$$r_{i,j} = \begin{cases} 1, & |M(P)_{i,j} - M(Q)_{i,j}| < f_0 \\ 0, & |M(P)_{i,j} - M(Q)_{i,j}| \geq f_0 \end{cases} \quad (7)$$

式中, 阈值为 f_0 。即两矩阵对应元素的差值小于阈值 f_0 , 结果为 1, 否则为 0。

定义 2(子阵) 两图像进行分块比较时, 相邻分块区域所对应的结果矩阵 R 中的元素的集合, 称为子阵。

定义 3(相似子阵) 两图像进行分块比较时, 在结果矩阵 R 中取值为 1 的子阵, 称为相似子阵。

定义 4(最大相似子阵) 在所有的相似子阵中, 数目最多的相似子阵称为最大相似子阵。

(1) 统计相似子阵中的元素个数

统计相似子阵中的元素个数, 实质上就是累计结果矩阵 R 中元素为 1 的个数。采用如下算法:

Input: $R // R$ 为取值为 0 或 1 的 $m \times n$ 矩阵

Output: $N_s // N_s$ 为 R 中元素为 1 的个数

$N_s = 0$

```

for(i=1;i<=m; ++i)
  for(j=1;j<=n; ++j)
    if(r[i][j]==1) Ns=Ns+1;
return Ns

```

(2)求最大相似子阵

最大相似子阵的求解,本文采用深度优先搜索算法。在搜索过程中,通过对相邻的相似区域块不断编号来求最大相似子阵大小 N_{max} 和求相似子阵数目 N_{subm} 。实现算法如下:

```

Input: R //R为取值为0或1的m×n矩阵
Output: Nsubm, Nmax //相似子阵数目, Nmax最大相似子阵大小
Nsubm=0 //初始化
Nmax=0
for(i=0;i<m; i++)
  for(j=0;j<n; j++)
    if(R[i][j]==1 && B[i][j]==0) //B为辅助矩阵,标记是否访问
      {Nsubm++; //新起始点,计数
       B[i][j]=-1; //已访问标记
       n=1; //起始编号
       while(1) //深度优先搜索,遍历一个相似子阵
         {for(k=0;k<4; ++k) //检测上、下、左、右4个方向
           {i1=i+C[0][k], j1=j+C[1][k]; //C为辅助矩阵,可行方向增量
            if(0<=i1 && 0<=m && 0<=j1 && y<=n) //判断可行方向边界是否合理
              if(R[i1][j1]==1 && B[x][y]==0)
                {i=i1, j=j1;
                 a[i][j]=++n;
                 b[i][j]=-1;
                 break; //中止本次其它方向决断续
                }
              }
            if(k==4) break; //中止 while 循环,重选起点
          }
       If(n>Nmax)
         Nmax=n; //记录最大相似子阵大小
      }
}

```

算法说明:本算法在测试时选定的起始位置是 $R[0][0]$,在实际应用中可以考虑从中心位置开始,性能会更好。

相似子阵元素个数 N_s 的意义是反映图像总分区块中相似分区块的数量;相似子阵数 N_{subm} 反映的是相似区域的分散情况,数目越大,相似区域越分散;而最大相似子阵大小 N_{max} 则反映了图像中相似分区块的集中度。将三者结合考虑,得到式(8)的图像相似度的最终度量。

$$\text{Sim}(P, Q) = (1-a) \left(\frac{N_s}{N} + \frac{N_{subm}}{N_s N_{max}} \right) + a \frac{N_{max}}{N_s} \quad (8)$$

式中, a 为选择系数,且 $0 \leq a \leq 1$ 。第一项代表相似区域与总区域的比例,第二项表示相似子阵中平均区域个数与最大区域的比例,第三项表示最大相似子阵区域在相似子阵区域所占的比例。Sim值越大,两图像的相似程度越高;反之,则越低。

本文算法总体思想如图3所示。

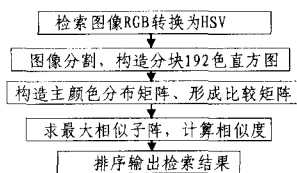


图3 本文算法基本流程

4 实验结果与分析

为测试本文所给算法的性能,我们建立了一个图像库,其内含500幅彩色图像,包括风景、花草、人物、动物4大类。每类随机选择10张做检索测试,与全局直方图算法做比较测试。查询结果的前20张图像由测试人员观测相似度,对其分高度相似、比较相似和不相似等级做出主观判断。

图4是本文算法与全局直方图在查准率方面的比较。图5表示对不同类型的图像进行查询(共10次测试)时,在前10张图像中高度相似和比较相似的图像的平均张数。

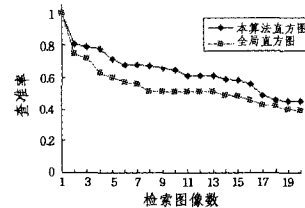


图4 图像检索性能比较

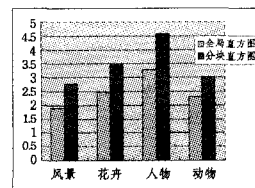


图5 相似图像平均张数



图6 待检索图



图7 全局直方图检索部分结果

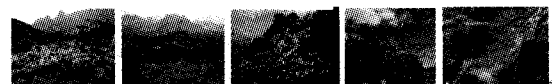


图8 本文算法检索部分结果

从图4可以看出,本文算法的图像检索精度明显好于全局直方图,但是,当检索图像数目增多时,两种算法的检索精度都有明显的下降;从图5还可以发现,两种检索算法都反映出不同类型的图像检索精度有差别,风景图像最低,人物图像最高,可以认为图像检索准确率还与图像类型有关。另外,比较图6—图8,图7中第1幅图与待检索图明显不同(测试时特意进行了翻转),却排在最前,这是因为全局直方图没有引入空间信息,影响了查准率。

结束语 本文针对颜色直方图丢失了颜色空间分布信息的缺点,提出了一种基于最大相似子阵的图像检索方法。主要贡献如下:(1)通过HSV颜色空间的较深入分析,提出了非均匀量化原则;(2)在分块直方图的处理过程中,为了突出图像的主体内容部分,设计了一种奇数方阵网络分割图像及分块编号的方法,将其将均匀分块与非均匀分块有机结合起来,有利于图像处理;(3)引入相似子阵的概念,并通过相似子阵和最大相似子阵来度量图像的相似度。实验表明,该方法可行、有效。

在以后的研究中,将考虑如何将颜色与图像的纹理、形状等图像特征结合起来,并引入相关的抽象机制,实现基于内容的图像检索,以大大提高图像检索性能。

参考文献

- [1] He X. Laplacian regularize d-optimal design for active learning and its application to image retrieval[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2010, 19
- [2] 杨红菊,张艳,曹付元.一种基于颜色矩和多尺度纹理特征的彩色图像检索方法[J]. 计算机科学, 2009(9):274-277
- [3] 王熠,翟宏琛,梁艳梅,等.形态描述矩阵及其在彩色图像检索与识别中的应用[J]. 中国科学 E 辑技术科学, 2004, 34(3):337-344
- [4] 王军,张明柱.图像匹配算法的研究进展[J]. 大气与环境光学学报, 2007, 2(1)
- [5] Swain M J, Ballnd D H. Color Indexing[J]. UCV, 1991, 7(1): 11-32
- [6] 曹奎,冯玉才,王元珍.一种基于颜色的图像表示及全局相似检索技术[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(9):1121-1126
- [7] Shim S-O, Chol T-S. Image indexing by modified Color co-occurrence matrix[J]. Proceedings of 2003 International Coference,

- 2003, 3(2):493-496
- [8] Kim N W, Kim T Y, Chol J S. Edge-based spatioi descriptor using color vector angle for effective image retrieval[C]//Lecture Notes in Computer Science. 2005;365-375
- [9] Yu Hong. Visual Imgae Retireval on Compressed Do main with Q Distance Imgae Signal Process[J]. International Journal of Computer Vision, 2000, 31(1): 134-149
- [10] Kotoulas I, Andreadis I. Color Histogram Content-Based Image Retrieval and Hardware Implementation[J]. IEEE Prcoeeding CircuitsDevicesand System, 2003, 150(5):387-393
- [11] Han Ju, Ma Kai-kuang. Fuzzy Color Histogram and Its Use in Color Iamge Retrieval[J]. IEEE Transon Image Processing, 2002, 11(8):240-256
- [12] Manjunath B S, Ohm J R, Vasudenva V V, et al. Colorand Texture Descriptors[J]. IEEE Trans. on CSVT, 2001, 11(6):703-715
- [13] 汪林林,肖春雷.基于 ROI 的多分辨率网格框架的图像检索[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版, 2009, 21(5):686-689

(上接第 281 页)

从实验结果可以看出,本文算法得出的图像矢量量化评价价值 PSNR 比 LBG 算法和模糊聚类算法效果都要好。可见,本文算法能够稳定地取得质量更好的聚类码本。

码书大小分别取 64, 128 和 256, 用 LBG 算法和本文算法对 Lena 图计算 10 次取平均值, 结果如表 2 所列。

表 2 不同码书大小算法的实验结果比较

算法	码本大小	平均失真 D_k	PSNR
LBG	64	8093.55	27.10
本文算法	64	6629.21	27.97
LBG	128	3295.67	28.00
本文算法	128	2682.91	28.89
LBG	256	1318.80	28.96
本文算法	256	1025.62	30.06

从实验结果可见,不同码书大小下,本文算法的结果都要好于 LBG 算法得到的结果,性能分别提高了 18.1%(码书大小为 64), 18.6%(码书大小为 128), 22.3%(码书大小为 256)。

再分析算法的稳定性。3 种算法对 Lena 图分别计算 10 次,得到的结果是本文算法整个震荡幅度不超过 0.5%,说明此算法不受初始码书选择的影响,结果始终稳定地好于另外两种算法,如见图 2 所示。

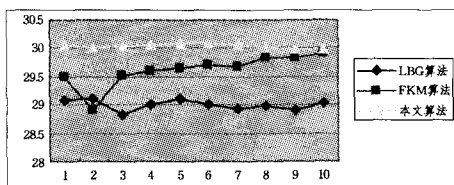


图 2 本文算法稳定性分析

此外,算法对 Lena 图进行了实验仿真。从恢复图效果可见,本文算法比 LBG 算法得到分布更均匀的恢复图码本,即对图像细节区域关注更大。



图 3 Lena 原图



图 4 本文算法矢量量化后的显示图



图 5 LBG 算法矢量量化后的显示图

结束语 经典的 LBG 聚类算法效果依赖初始码本的选择,而全局寻优的遗传算法对参数设置要求高,直接应用于图像矢量量化效果也不好。结合 LBG 和遗传算法的混合矢量量化算法,能够克服两个算法单独使用的缺点,寻找高质量的稳定码本。实验证明,此算法是行之有效的。

参考文献

- [1] Linde Y, Buzo A, Gray R M. An Algorithm for Vector Quantizer Design[J]. IEEE Transactions on Communications, 1980, 28(1):84-95
- [2] Equitz W H. A New Vector Quantization Clustering Algorithm[J]. IEEE Transactions on Acoustics Speech Signal Processing, 1989, 37:1568-1575
- [3] Karayiannis N B, Pai P I. Fuzzy Vector Quantization Algorithms and Their Application in Image Compression[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 1995, 4(9):1193-1201
- [4] Lu N A, Morrell D R. VQ Codebook Design Using Improved Simulated Annealing Algorithms[C]//Proceeding of the IEEE Int. Conf on Acoustic, Speech and Signal Processing, 1991:673-676
- [5] Delpoit V, Koschorreck M. Genetic Algorithm for Codebook Design in Vector Quantization[J]. Electronics Letters, 1995, 31(2):84-85
- [6] Pan J S, McInnes F R, Jack M A. VQ Codebook Design using Genetic Algorithms[J]. Electronics Letters, 1995, 31(17):1418-1419
- [7] 纪震,廖惠连,许文焕.粒子对算法在图像矢量量化中的应用[J]. 电子学报, 2007, 35(10):1916-1920
- [8] 陈善学,杜峰,吴立彬.一种改进的等误差自组织特征映射矢量量化算法[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版, 2011, 23(2):155-160