

基于游程编码的块边缘模式图像检索算法

邱开金, 肖国强, 江健民

(西南大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400715)

(qkjqk@swu.edu.cn)

摘 要:提出一种利用块边缘模式来进行图像检索的方法。该方法对图像中每个 8×8 块分别提取其块边缘模式, 然后利用游程编码的原理, 用块边缘模式构成图像的特征向量, 以便进行基于内容的图像检索。所有数据在 DCT 压缩域中进行处理, 不需要解压缩, 从而降低了计算复杂度。实验结果表明, 该算法与传统的基于 DCT 域的图像检索方法相比, 具有更好的图像检索性能。

关键词:块边缘模式; 游程编码; 基于内容的图像检索

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Image retrieval of the block edge pattern based on run-length coding

QIU Kai-jin, XIAO Guo-qiang, JIANG Jian-min

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

Abstract: A new image retrieval algorithm based on block edge patterns was proposed in this paper. Block edge patterns were extracted in each 8×8 block of an image. Then by following the principle of run-length coding, the features of an image were extracted by utilizing block edge patterns to implement content-based image retrieval inside image database. Because the edge orientation of each block can be estimated in DCT (Discrete Cosine Transform) without decompressing, computation complexity declined greatly. In comparison with current representative techniques, the experimental results demonstrate the proposed algorithm has better performance both in retrieval efficiency and effectiveness.

Key words: block edge patterns; run-length coding; content-based image retrieval

0 引言

随着图像数据的急剧增加, 如何快速而又准确地进行图像检索变得愈来愈重要, 从早期的基于文本的图像检索到现在的基于内容的图像检索, 人们都在不断地寻找提高图像检索性能的方法。

为了降低传输带宽和存储容量, 大量的图像都以压缩形式存在, JPEG 是最常用的图像压缩格式之一。根据 DCT 压缩域数据的特点, 直接从 DCT 域提取图像的特征进行图像检索, 不需要完全的解压, 可以减少系统的处理时间和降低计算复杂度, 也可以不要特征库的支持, 因此直接从 DCT 域提取特征进行图像检索是目前基于内容的图像检索技术的一个研究热点。直接从 DCT 域提取特征的方法很多, 主要集中在纹理、颜色、形状等方面。这些特征能够比较有效地表征图像的内容, 但总体性能和速度仍有待提高。

图像的边缘信息是人类理解图像内容的重要线索, 在图像分析和处理中有重要的价值, 但对于使用图像边缘信息来检索图像的研究主要集中在像素域, 很少直接从 DCT 域提取图像边缘信息来进行图像检索。直接从 DCT 域中提取边缘信息, 传统的方法是用卷积和滤波^[1], 其计算复杂度高, 因此, 将会大大降低图像的检索速度。

MPEG-7 标准中定义了一个边缘直方图描述子 (histogram descriptor)^[2], 该描述子统计水平方向、垂直方向、 45° 方向、 135° 方向及无方向五种图像边缘模式。目前, 已有文献报道直接从 DCT 系数中提取块边缘模式的研究成果, 如文献[3]

提出了一种快速地提取 DCT 域中每个块边缘模式的方法, 它把块边缘模式分为五类: 无边缘、水平边缘、 45° 边缘、垂直边缘、 135° 边缘, 并且提取这五种块边缘模式的计算复杂度也较低。但是如果直接使用这五种块边缘模式作为特征向量检索图像, 则图像特征信息太少, 检索性能差。在文献[3]中并没有提出直接使用这五种块边缘模式检索图像的算法。

本文提出了一种基于游程编码的块边缘模式图像检索算法, 这种算法直接从 DCT 压缩域提取出图像边缘信息来进行图像的检索。具体做法是: 首先, 为了降低计算复杂度, 提高图像检索的速度, 不提取五种块边缘模式, 而只提取图像的三种块边缘模式, 它们分别是无边缘、水平边缘、垂直边缘; 其次, 利用游程编码的原理, 统计连续出现的相同块边缘模式的个数来形成图像的特征向量。这种方法由于考虑了更多的边缘位置信息和空间信息, 克服了直接使用块边缘模式作为特征向量进行图像检索的缺点, 从而提高了图像检索的性能。

1 块边缘模式的提取

在文献[3]中提出了用五种块边缘模式来构建图像的边缘, 这五种块边缘模式能够表征图像的边缘特征, 表现图像的内容。在不影响表征图像内容的前提下, 采用三种块边缘模式来重构图像的边缘, 可以减少块边缘数目, 降低计算复杂度, 提高图像检索速度。

1.1 使用三种块边缘模式来构建图像边缘的可行性

如图 1 所示, 把一幅图像的边缘放大, 可以看到图像的边缘呈锯齿状, 这些锯齿由水平方向和垂直方向的模块组成, 因

收稿日期: 2006-03-14; 修订日期: 2006-05-23

基金项目: 重庆市科委自然科学基金资助项目 (CSTC-2004BB8481); 教育部“春晖计划”资助项目 (Z2004-1-55011)

作者简介: 邱开金 (1973-), 男, 四川自贡人, 硕士研究生, 主要研究方向: 图形图像处理、智能控制; 肖国强 (1965-), 男, 重庆人, 教授, 博士, 主要研究方向: 信号与信息处理、无线网络通信; 江健民 (1956-), 男, 山东人, 教授, 博士, 主要研究方向: 图形图像处理。

此,可以只用水平方向和垂直方向的模块来构造图像的边缘。在图2中,画出了三种块边缘模式,它们是无边缘(NE),水平边缘(HE)和垂直边缘(VE)。

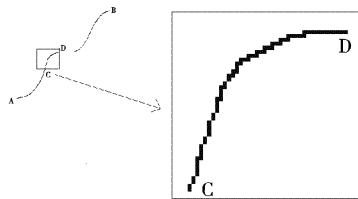


图1 图像边缘被放大8倍的图示

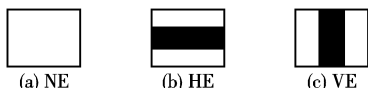


图2 三种块边缘模式

把三种块边缘模式和文献[3]提出的用五种块边缘模式所构建的边缘图像作一个对比实验,如图3所示。从图3(b)和图3(c)可以看出,这两种方法提取的图像边缘所得到的图像轮廓差异非常小。使用三种块边缘模式与使用五种块边缘模式构建的边缘图像,同样都能反映图像的内容和图像的边缘特征。因此,可以采用三种块边缘模式来构建图像的边缘,进而形成图像的特征向量进行图像检索。

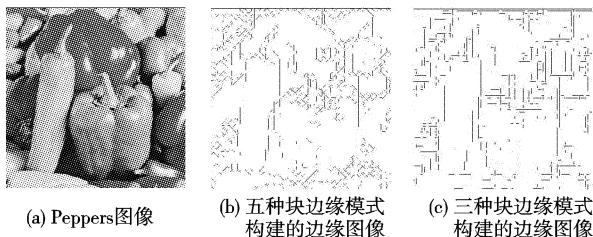


图3 两种块边缘模式方法构建的边缘图像的对比

在本文的实验中,把五种块边缘模式和三种块边缘模式分别按本文提出的基于游程编码算法进行图像检索,从实验的结果看,使用三种块边缘模式来构建图像边缘是可行的。

1.2 块边缘模式的提取算法

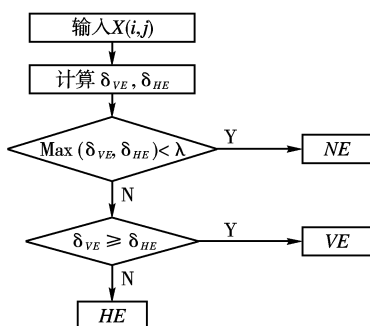


图4 块边缘特征提取流程

文献[3]提出了一种提取五种块边缘模式的算法,该算法根据DCT系数的特点,对计算公式进行了简化,从而得到一组提取五种块边缘模式的简单计算公式。本文在此基础上,采用文献[3]方法来提取图像的三种块边缘模式,具体算法流程如图4所示。

其中: $X(i,j)$ 是 8×8 块的DCT系数值, $i, j = 0, 1, \dots, 7$ 。 λ 是用户设定的阈值,其取值方法与文献[3]相同, δ_{VE} 和 δ_{HE} 是用于判断块边缘模式的变量,其计算公式^[3]如下:

$$\delta_{VE} = |X(0,1)| \quad (1)$$

$$\delta_{HE} = |X(1,0)| \quad (2)$$

2 基于游程编码的块边缘模式图像检索

如何利用这三种块边缘模式来形成特征向量,从而进行基于图像内容的检索,传统的做法是利用直方图,但在反映图像内容特征上,使用直方图有它的局限性。它考虑的是图像特征向量的全局分布,空间位置信息表现有限。因此,如何使特征向量包含更多的空间分布和位置信息,一直是大家关注的问题。本文基于游程编码的原理,提出一种新的块边缘图像检索方法,它既考虑了特征向量的全局分布,又考虑了更多特征向量的空间分布和位置信息。

2.1 编码规则

为了直观起见,分别用符号“#”、“—”和“|”表示一个 8×8 块的无边缘模式、水平边缘模式和垂直边缘模式。

游程编码的主要思想是将一个序列中连续出现的相同符号,用其值和游程长度的二元数对来替代。简单地说,游程编码就是统计连续出现的相同字符的个数。由于只存储和传输连续相同字符串的值和长度,因此可以压缩数据。本文根据游程编码的原理来形成图像的特征向量。

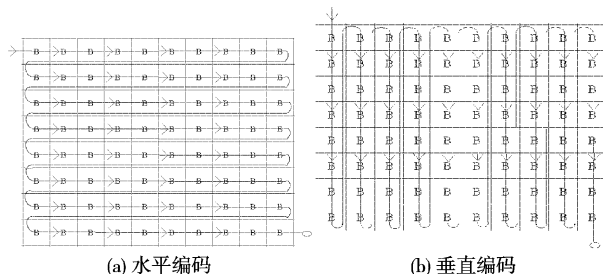


图5 两种编码图示

如图5(a)所示,以从左到右,从上到下的顺序依次扫描一幅图像,读取图像块的边缘模式,这样可以得到一个由符号“#”,“—”,“|”构成的码流,再对其进行游程编码。但这样编码形成的特征向量的维数很大。在表1中,对码流的游程长度作了一个统计。从统计的结果可以看到,游程长度大的码流出现概率更小。所以为了减小特征向量的维数,可以设

表1 从10260幅图像中统计出的三种码流游程长度的平均比例

游程长度	1个#	2个#	3个#	4个#	5个#	6个#	7个#	8个#	9个#	10个以上#
平均比例	13.48%	6.19%	3.66%	2.52%	1.93%	1.40%	1.14%	0.97%	0.85%	7.11%
游程长度	1个—	2个—	3个—	4个—	5个—	6个—	7个—	8个—	9个—	10个以上—
平均比例	13.64%	5.78%	2.74%	1.41%	0.83%	0.50%	0.31%	0.21%	0.14%	0.50%
游程长度	1个	2个	3个	4个	5个	6个	7个	8个	9个	10个以上
平均比例	22.64%	7.74%	2.67%	0.95%	0.38%	0.16%	0.08%	0.03%	0.01%	0.03%

表2 三种块边缘模式图像检索的编码规则

输入	$\Psi(1, \#)$	$\Psi(2, \#)$	$\Psi(3, \#)$	$\Psi(m \geq 4, \#)$	$\Psi(1, -)$	$\Psi(2, -)$	$\Psi(3, -)$
输出	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
输入	$\Psi(m \geq 4, -)$	$\Psi(1,)$	$\Psi(2,)$	$\Psi(3,)$	$\Psi(m \geq 4,)$	E_1	E_2
输出	r_8	r_9	r_{10}	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}

定一个阈值,把游程长度大于阈值的码流看成同一类型的码流。本文中阈值设定为 4。具体编码的规则如表 2 所示。

用 r_j 表示编码器输出的编码($j = 1, 2, \dots, n$, n 为编码类型的总数)。输入的码流类型用 $\Psi(m, a)$ 表示,它代表有连续 m 个符号 a 输入。其中 a 为集合 s 中的元素, $s = \{\#, -, | \}$ 。 E_1 和 E_2 代表两种特殊的输入码流“—|”和“|—”。

从表 1 可以看出,这种编码规则更多地考虑了图像块的位置信息,同时还考虑了连续码流符号间的关系。在实验中还发现,在图像边缘发生变化和边缘纹理较多的地方,常出现“—|”和“|—”形式的码流,因此,在输入码流中规定 E_1 和 E_2 两种特殊的符号,并加入到编码规则中,有利于提高图像的检索性能。

2.2 图像特征向量的形成

把一幅图像经过如图 5(a) 所示的水平扫描,利用表 1 中的 14 条编码对应关系,统计输出的 r_1, r_2, \dots, r_{14} 出现的次数,并且以 r_1, r_2, \dots, r_{14} 出现的次数构成一个 14 维的水平特征向量。同理,再对图像进行如图 5(b) 所示的垂直扫描编码,又可以构成一个 14 维的垂直特征向量。水平扫描和垂直扫描表示了不同的位置信息,因此把水平和垂直扫描相结合,即用上述两个 14 维的水平和垂直特征向量构成一个 28 维的特征向量,对其进行归一化后,作为图像的特征向量,从而进行图像查询或检索。对于查询图像 q 和图像库中的图像 x , 两者的图像特征向量的距离用下面公式来计算:

$$d(x, q) = \sum_{j=1}^n |k_x(j) - k_q(j)| \quad (3)$$

表 3 五种块边缘模式图像检索的编码规则

输入	$\Psi(1, \#)$	$\Psi(2, \#)$	$\Psi(3, \#)$	$\Psi(m \geq 4, \#)$	$\Psi(1, -)$	$\Psi(2, -)$	$\Psi(3, -)$
输出	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
输入	$\Psi(m \geq 4, -)$	$\Psi(1,)$	$\Psi(2,)$	$\Psi(3,)$	$\Psi(m \geq 4,)$	$\Psi(1, \backslash)$	$\Psi(2, \backslash)$
输出	r_8	r_9	r_{10}	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}
输入	$\Psi(3, \backslash)$	$\Psi(m \geq 4, \backslash)$	$\Psi(1, /)$	$\Psi(2, /)$	$\Psi(3, /)$	$\Psi(m \geq 4, /)$	
输出	r_{15}	r_{16}	r_{17}	r_{18}	r_{19}	r_{20}	

注:表中的“#”、“-”、“/”、“|”和“\”分别表示一个 8×8 块的无边缘、水平边缘、45°边缘、垂直边缘、135°边缘。

在五种块边缘模式算法中,由于图像边缘发生变化和边缘纹理较多的地方,出现“—|”和“|—”形式的编码少,往往出现许多“/”和“\”的编码,所以在五种块边缘模式的编码中就没有加入“—|”和“|—”形式的特殊类型编码。

3.1 检索性能

本文的实验图像库为 10 260 幅 JPEG 图像组成,包括自然风景、汽车、人物、花、动物、物品、卡通人物等。用查准率(Precision),查全率(Recall),及 ANMRR^[5](The average of the normalized modified retrieval rank over all queries)来评估检索算法的性能。查准率是指实际检索到的图像数与查询相关的图像数所占的比例,它反映了系统拒绝无关图像的能力,查准率计算公式^[5]如下:

$$Precision_q = \frac{n_c}{n_c + n_f} = \frac{n_c}{M} \quad (6)$$

其中, n_c 是检索结果中与查询图像相关的图像数, n_f 是检索结果中与查询图像不相关的图像数, M 是检索出的图像数。查准率越高,说明该检索算法的效率越好。为了比较,实验中 M 值与文献[4]相同,其取值为 12。

查全率是指与查询相关的并被实际检索出的图像数与查询图像的相关图像数所占的比例,它反映了系统检索相关图像的能力,查全率计算公式^[5]如下:

其中, n 是特征向量的维数, $k_x(j)$ 和 $k_q(j)$ 分别为图像 x 和 q 对应的归一化特征向量。图像查询或检索的过程即是寻求查询图像与图像库中图像的特征向量之间距离的最小值。

3 实验结果与分析

在文献[3]中没有提出直接使用五种块边缘模式检索图像的算法,为了验证本文提出的算法的有效性,将本文的算法与文献[4]提出的一种从 DCT 压缩域提取纹理特征进行图像检索的算法进行了对比。它在每个 8×8 块的 DCT 系数中,计算其均值和方差,然后把均值分成互不重叠的 4 个区间,把方差分成互不重叠的 7 个区间,两者结合从而构成一个 28 维的特征向量去查询图像。文献[4]中的均值(m_1)和方差(δ)的计算公式如下:

$$m_1 = \frac{1}{8} X(0, 0) \quad (4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{8^2} \left(\sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 X^2(u, v) - X^2(0, 0) \right)} \quad (5)$$

为了比较使用五种块边缘模式和三种块边缘模式进行图像检索的性能,对五种块边缘模式也按本文提出的基于游程编码算法进行图像检索,其形成特征向量的方法与三种块边缘模式相似:先形成如表 3 的编码规则。按此规则进行水平扫描编码构成一个 20 维的水平特征向量。再进行垂直扫描编码,构成一个 20 维的垂直特征向量。水平和垂直扫描相结合,形成 40 维的特征向量进行图像检索。

$$Recall = \frac{n_c}{n_c + n_m} = \frac{n_c}{n_q} \quad (7)$$

其中, n_c 是检索结果中包含的查询图像的相似图像数, n_m 是未检索出的相似图像数, n_q 是与查询图像相似的图像总数。查全率越高,说明该检索算法的效率越好。

ANMRR 反映的是查询结果中相似图像的平均排列位置,ANMRR 越小,表明由查询图像所检索出的相似图像的平均排列位置越靠前,图像的检索性能越好。反之,ANMRR 越大,表明所检索出的相似图像的平均排列位置越靠后,图像的检索性能越差。ANMRR 的计算公式见文献[5]。

表 4 各种算法检索性能对比

检索性能	Precision	Recall	ANMRR
文献[4]的算法	0.39	0.59	0.1
本文五种块边缘模式的算法	0.45	0.68	0.09
本文三种块边缘模式的算法	0.47	0.71	0.08

从表 4 可以看出,本文提出了一种基于游程编码的块边缘模式图像检索算法的检索性能比文献[4]的算法要好,本文提出的基于游程编码三种块边缘模式算法比文献[4]的算法的平均查准率提高 8%,平均查全率提高 12%,并且 ANMRR 小。采用五种块边缘模式算法的检索性能比三种块

(下转第 2080 页)

3.2 基于平滑的过渡区法真实图像分割

实验材料选自某国战争中被轰炸城市的一幅爆炸烟雾图像(如图7(a))。军事上,需要快速确定城市被炸地点,评估打击效果。所以本问题的关键是快速确定被炸点位置。从原始灰度图像(图7(a))可以看出,烟雾与地面建筑物之间的植被在灰度强度上有较大重叠(同谱异物),虽然图像不含噪

声,但是直接图像分割可能将植被与烟雾相混淆(如图7(b))。如果对图像进行平滑处理,就会大大削减这种灰度重叠(如图7(c)),虽然烟雾边界被严重破坏了,但是炸点位置会很快被确定(如图7(d)、(e)),烟雾边界不影响本问题的实质。在这个问题中,虽然还有其他方法可以使用,但是简单的高速平滑计算显然更加有效。

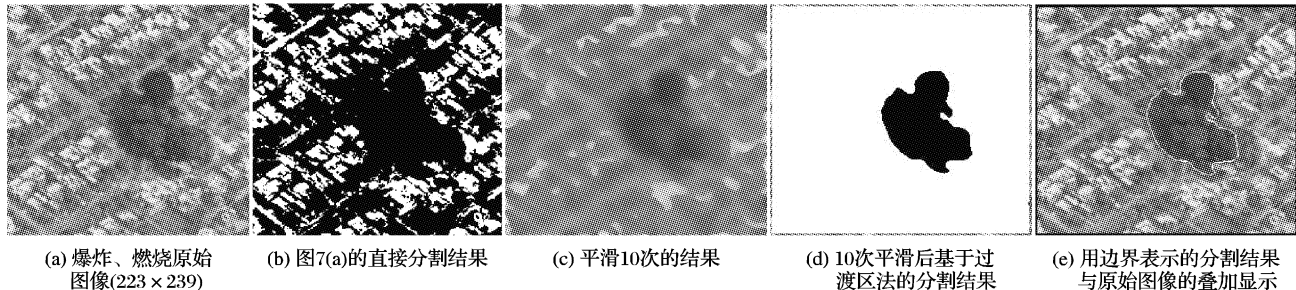


图7 真实图像经平滑处理后基于过渡区的分割结果分析

4 结语

图像平滑处理可以压缩图像灰度范围和灰度重叠范围,而图像噪声一般都具有使区域之间灰度发生重叠的性质,所以图像平滑可以用来进行噪声滤波,但是图像平滑和滤波在理论概念和算法实践上是有区别的。图像平滑可以在无灰度重叠图像的区域之间产生过渡区域,可以在有灰度重叠图像的区域之间减小灰度重叠,过渡区的产生和较小的区域灰度重叠都是有利于图像分割的重要因素,因此图像平滑处理也是无噪声污染图像分割的重要预处理方式。

参考文献:

- [1] RANGANATH HS, KUNTIMAD G. Pulse coupled neural networks for image processing[A]. Proceedings of the IEEE Southeastcon '95 [C]. Raleigh, NC, USA, 1995. 37 - 43.
- [2] 张军英, 卢志军, 石林, 等. 基于脉冲耦合神经网络的椒盐噪声图像滤波[J]. 中国科学(E 辑), 2004, 34(8): 882 - 894.
- [3] KUNTIMAD G, RANGANATH HS. Perfect Image Segmentation Using Pulse Coupled Neural Networks[J]. IEEE Trans on neural

networks, 1999, 10(3): 591 - 598.

- [4] 姚庆栋, 毕厚杰, 王兆华等. 图像编码基础[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1984.
- [5] 杨述斌, 彭复员, 谢志远, 等. 散斑噪声污染的激光水下图像滤波算法[J]. 红外与激光工程, 2002, 31(4): 318 - 321.
- [6] SUN T, NEVVO Y. Detail-Preserving Median Based Filters In Image-Processing[J]. Pattern Recognition Letters, 1994, 15(4): 341 - 347.
- [7] FLORENCIO D, SCHAFER R. Decision-based median filter using local signal statistics[A]. Proc SPIE Int Symp Visual Communications Image Processing[C]. Chicago, 1994.
- [8] ENG HL, MA KK. Noise Adaptive Soft-Switching Median Filter [J]. IEEE Trans on Image Processing, 2001, 10(2): 242 - 251.
- [9] 曹建农. 基于可分解马尔科夫网的图像分割方法研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [10] ZHANG YJ, GERBRANDS JJ. Transition region determination based thresholding[J]. Pattern Recognition Letters, 1991, 12(1): 13 - 23.

(上接第 2076 页)

边缘模式算法要略差一些,这说明采用三种块边缘模式是可行的。提取三种块边缘模式要比五种块边缘模式的计算复杂度要低,形成的特征向量的维数又更小,更能提高图像检索的速度。

3.2 提取特征向量的计算复杂度

由式(1)和(2)可知,从 DCT 域提取块边缘模式不需要乘法和加法计算,而文献[4]中的算法计算均值和方差采用式(4)和(5),它需要计算 67 个乘法和 128 个加法。由此可见,直接从 DCT 域提取块边缘模式要比文献[4]中提取图像特征的计算复杂度低,因此,图像检索的速度更快。

4 结语

本文提出了一种基于游程编码的三种块边缘模式图像检索算法,与其他传统的从 DCT 域提取特征向量的算法相比,主要优点在于以极低的计算复杂度达到了较高的查准率,查全率。本文提出的算法,具有较快的检索速度,适合于需要快

速图像检索的场合,比如互联网和动态数据库的图像查询。并且由于特征向量的维数小,在实际的图像检索中还可以结合颜色等其他信息,采用相关反馈图像检索等方法,来进一步提高图像的检索性能。

参考文献:

- [1] KIM TY, HAN JH. Model - based discontinuity evaluation in the DCT domain[J]. Signal Processing, 2001, 81(4): 871 - 882.
- [2] PARK DK, JEON YS, WON CS. Efficient use of local edge histogram descriptor[A]. Proceedings of the ACM Workshops on Multimedia[C]. Los Angeles, 2000. 51 - 54.
- [3] CHANG HS, KANG K. A compressed domain scheme for classifying block edge patterns[J]. IEEE Transactions on image processing, 2005, 14(2).
- [4] FENG GC, JIANG JM. JPEG compressed image retrieval via statistical features[J]. Pattern Recognition, 2003, 36(4): 977 - 985.
- [5] LEE HY, LEE HK, HA YH. Spatial color descriptor for image retrieval and video segmentation [J]. IEEE Transaction on Multimedia, 2003, 5(3).