

# 基于结构量化直方图的图像检索方法

金莲芳 覃团发 王海霞 帅勤

(广西大学计算机与电子信息学院, 南宁 530004)

**摘要** 颜色结构描述符虽然保留了颜色的结构信息, 但是对  $8 \times 8$  像素结构化元素内的颜色内容处理较粗糙, 为了区分具有相同颜色结构直方图的完全不同的两幅图像, 提出了一种基于结构量化直方图的检索方法, 指出颜色结构直方图和全局直方图分别是结构量化直方图取量化步长为 1 和 0 时的特例。对 3 者在 HMMD (hue-max-min-difference) 颜色空间采用不同量化维数 (32, 64, 128, 256) 的 2 600 张花卉图库检索实验中的平均检索率 ( $R_{ARR}$ ) 以及平均归一化修正检索等级 ( $G_{ANMRR}$ ) 性能进行了分析, 检索结果表明量化步长取 0.5 时的结构量化直方图的性能最优。另外还详细介绍了 MPEG-7 标准的颜色评价准则并以此作为评判检索结果优劣的依据。

**关键词** MPEG-7 结构量化直方图 颜色结构直方图 全局直方图 平均检索率 平均归一化修正检索等级

**中图法分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2006)02-0180-06

## Image Retrieval Based on Structure Quantification Histogram

JIN Lian-fang, QIN Tuan-fa, WANG Hai-xia, SHUAI Qin

(College of Computer and Electronic Information, Guangxi University, Nanning 530004)

**Abstract** Although color structure descriptor contains the structural information of color, it is crude for processing the color contents of the  $8 \times 8$  structural elements to distinguish two different pictures with the same color structure histogram. In this paper, a method for image retrieval based on structure quantification histogram is presented. The color structure histogram is one specific case of structure quantification histogram, which is endowed an extreme quantification step as 1.

While the color histogram is the other one of structure quantification histogram, which is endowed an extreme quantification step as 0. The performances of the three types of histogram are discussed through average retrieval rate ( $R_{ARR}$ ) and average normalized modified retrieval rank ( $G_{ANMRR}$ ) including 2600 flower pictures with different quantification dimensions (32, 64, 128, 256) in HMMD color space. The results show that the performance of structure quantification histogram of step size 0.5 is the best. Evaluation criterion used in MPEG-7 is introduced in detail and is used to evaluate the experimental results.

**Keywords** MPEG-7, structure quantification histogram, color structure histogram, color histogram, average retrieval rate, average normalized modified retrieval rank

## 1 引言

图像的物理特征为基于内容的图像检索提供了很好的基础, 颜色作为图像最基本的视觉特征, 定义比较明确, 抽取也相对容易, 所以基于颜色的图像检索得到了广泛的重视。

于 2001 年 7 月成为国际标准的 MPEG-7, 提供了一整套多媒体内容描述工具, 进一步发展了基于内容的描述和检索规范。MPEG-7 标准中建议的颜色结构描述符<sup>[1]</sup>既包括颜色内容信息, 又包括内容的结构信息, 主要用于静态图像检索。

本文借鉴颜色结构描述符的思想, 提出一种基于结构量化直方图的图像检索方法, 它具有颜色结

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划资助项目 (桂科攻 0330010-1); 广西“新世纪十百千人才工程”专项资金资助项目 (2002222)

收稿日期: 2004-09-08; 改回日期: 2005-05-09

第一作者简介: 金莲芳 (1974 - ), 女, 现为广西大学计算机与电子信息学院硕士研究生。主要研究方向为图像和视频编码、检索技术等。E-mail: asminada@163.com

构直方图捕获颜色内容和内容结构的优点,另一方面,结构量化直方图也集合了全局直方图的优点,但是与全局直方图完全保留颜色含量的方式不同,它获取颜色信息的同时只保留了一定程度上的颜色含量。检索实验结果表明结构量化直方图的性能略优于颜色结构直方图。

## 2 基于结构量化直方图的图像检索方法

### 2.1 颜色结构描述符

该描述符同时捕获颜色内容(与颜色直方图相

似)和内容的结构。它通过考虑一个 $8 \times 8$ 像素结构化元素中的所有颜色,将颜色结构信息加入到该描述符中,而不是单独考虑每个像素。通过由几个图像采样组成的结构化元素,表达了一幅图像中的局部颜色结构信息,虽然它与颜色直方图相关,但并不相同:不是突出某种颜色个别图像采样的相对频数,而是突出包含某种颜色图像采样的结构化元素的相对频数<sup>[2]</sup>。所以,与颜色直方图不同,该描述符能够区别如图1所示的两幅图像,给定的颜色 $C_n$ 以同样的数目存在,但是具有给定颜色的像素组的结构却是不同的。

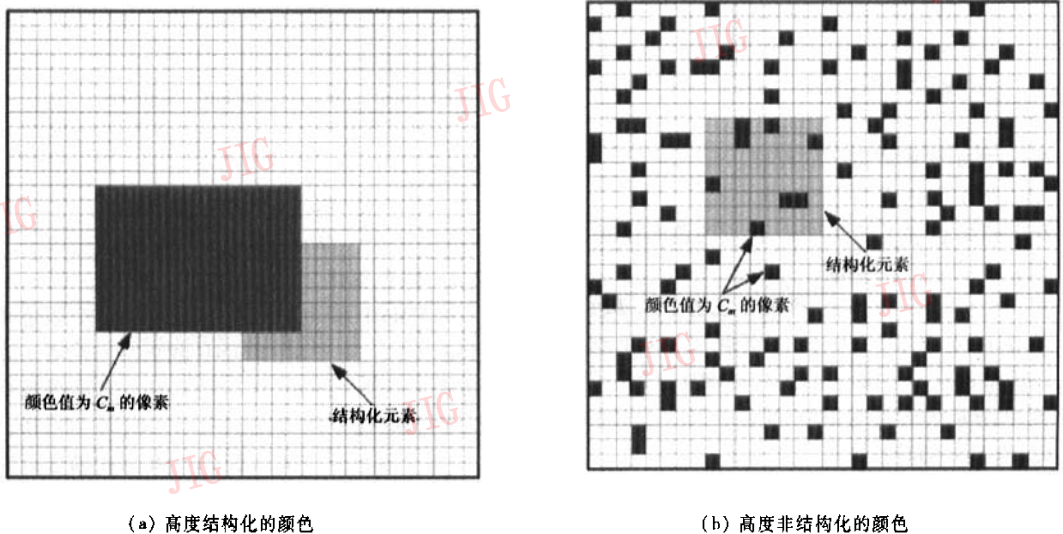


图1 两幅具有不同颜色结构图

Fig. 1 Two images with different color structure

图版 I 图 1 解释了颜色结构直方图的累计方法。假定在图像中某一位置,结构化元素所包含的像素中,有些像素的颜色值是 $C_1$ ,有些是 $C_3$ ,有些是 $C_7$ 。那么标记为 $C_1$ 、 $C_3$ 和 $C_7$ 的维所对应的值将分别增1。因此在这个位置上,颜色结构直方图增加了3次,分别对应出现在结构化元素内的3种灰度。

### 2.2 基于结构量化直方图方法的提出

颜色结构描述符虽然保留了颜色的结构信息,但是对 $8 \times 8$ 像素结构化元素内的颜色内容处理较粗糙,不能区分如图2所示的两幅图像,这是因为图2(a)、图2(b)具有相同的颜色结构直方图。这里提出一种结构量化直方图,借鉴了颜色结构描述符的思想,在结构化元素内计算颜色直方图,并对直方图中值不为0的维进行均匀量化,获取颜色信息

的同时还保留了一定程度上的颜色含量,颜色结构直方图和全局直方图可以看作是结构量化直方图的特例。为了与颜色结构描述符进行性能比较,选用与其一致的颜色空间并采用相同的颜色量化方法。

#### 2.2.1 颜色空间的选择

HMMD(hue-max-min-difference)是MPEG-7支持的一个新的颜色空间,在MPEG-7的图像检索核心实验中,发现HMMD是一个相当有效、可以与HSV(hue-saturation-value)相比拟的颜色空间。

HMMD由一个非线性的、源自RGB颜色空间的可逆变换定义。在HMMD颜色空间中有5个不同的属性,这5个属性定义如下:

*Hue*:表示与混合光谱中主要波长相联系的色调。

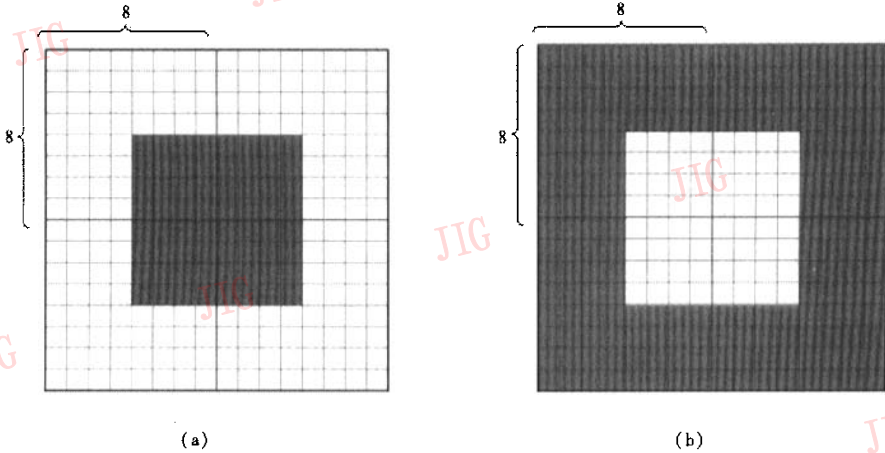


图 2 颜色结构描述符不能区分的两幅图

Fig. 2 Two images, which can't be distinguished from one to another by color structure descriptor

*Max*: 指示阴影或黑色的程度。

*Min*: 指示浅色或白色的程度。

*Diff*: 指示包含了多少灰度, 接近纯色的程度。

*Sum*: 仿真颜色的亮度。

用 3 个分量: *Hue*、*Max* 和 *Min* 或者 *Hue*、*Diff* 和 *Sum* 就足以定义 HMMD 颜色空间了, 这里选取 *Hue*、*Diff* 和 *Sum* 3 个属性来定义 HMMD 颜色空间。

其中, *Hue* 的转换与 HSV 颜色空间<sup>[3]</sup> 定义的一致, *Diff* 和 *Sum* 的转换如下:

$$Diff = Max - Min \quad (1)$$

$$Sum = (Max + Min) / 2 \quad (2)$$

其中,

$$Max = \max(R, G, B)$$

$$Min = \min(R, G, B)$$

### 2.2.2 颜色量化

对 HMMD 颜色空间的量化是在 5 个颜色子空间上进行的。首先, 将 HMMD 颜色空间沿着 *Diff* 轴划分成 5 个子空间: 0, 1, 2, 3, 4, *Diff* 的范围从 0 到 255, 子空间划分的分割点是 6、20、60 和 110。接着, 对每个颜色子空间沿着 *Hue* 和 *Sum* 轴进行非均匀量化, 不同直方图维数对应的量化级数如表 1 所示。

表 1 不同直方图维数对应的量化级数

Tab. 1 Quantification steps for histogram dimensions

子空间	不同直方图维数对应的量化级数							
	256		128		64		32	
	<i>Hue</i>	<i>Sum</i>	<i>Hue</i>	<i>Sum</i>	<i>Hue</i>	<i>Sum</i>	<i>Hue</i>	<i>Sum</i>
0	1	32	1	16	1	8	1	8
1	4	8	4	4	4	4	4	4
2	16	4	8	4	4	4	4	4
3	16	4	8	4	8	2	4	1
4	16	4	8	4	8	1	4	1

### 2.2.3 结构量化直方图

使用 8 × 8 像素结构化元素内的量化直方图, 来表达结构化元素内的颜色信息, 同时保留了一定程度上的颜色含量, 累加后得到结构量化直方图。具体实现如下:

(1) 用 8 × 8 像素结构化元素扫描整幅图像, 统计包含在其中的某种量化颜色的数目, 得到结构化元素内的颜色直方图。

(2) 用结构化元素内实际包含的像素数目对第 1 步得到的颜色直方图进行归一化, 这时每维的

值在 $[0,1]$ 的范围内,按照量化步长对不为 0 的维进行均匀量化。

(3)根据均匀量化的结果,对结构量化直方图相应的维进行累加。表 2 给出了量化步长取不同值时,结构量化直方图累加的值。

(4)重复第 1 步~第 3 步,直至结构化元素遍

历整幅图像,得到结构量化直方图并进行归一化。

从表 2 可以看出,量化步长为 0 时,累加的值是结构化元素内具有相应颜色的像素数目,得到的结构量化直方图就是我们平常所说的全局直方图;而当量化步长为 1 时,得到的结构量化直方图就是颜色结构直方图。

表 2 量化步长取不同值时,结构量化直方图累加的值

Tab. 2 The accumulation of structure quantification histogram in different quantification steps

		量化步长							
		0	0.25				0.5	1	
			(0,0.25]	(0.25,0.5]	(0.5,0.75]	(0.75,1]	(0,0.5]	(0.5,1]	(0,1]
累加的值	具有相应颜色的像素数目	1	1	2	3	4	1	2	1

图版 I 图 2 是按照 0.25 的量化步长对结构量化直方图进行累加的示意图。

### 2.2.4 相似性测度

使用直方图匹配时常用的欧氏距离对两个结构量化直方图( $H_q(i)$ 和 $H_d(i)$ )进行匹配:

$$M_E(Q,D) = \sqrt{\sum_{i=1}^L [H_q(i) - H_d(i)]^2} \quad (3)$$

其中, $Q$ 代表查询图像, $D$ 表示数据库图像。

## 3 评价准则和测试方案

采用的评价准则是平均检索率( $R_{ARR}$ , average retrieval rate)以及用于所有 MPEG-7 颜色核心实验的评价准则——平均归一化修正检索等级( $G_{ANMRR}$ , average normalized modified retrieval rank)<sup>[4]</sup>。

### 3.1 评价准则

为判定各个检索系统的性能和不同技术所得到的检索结果,需要定义一些计量准则。平均检索率( $R_{ARR}$ )是一种相当普遍的衡量标准。

$$R_{RR}(q) = \frac{N_F(\alpha, q)}{N_c(q)} \quad (4)$$

其中, $N_c(q)$ 是测试集里一个查询 $q$ 对应的相似图像的数目, $N_F(\alpha, q)$ 是在前 $\alpha \times N_c(q)$ 个检索结果中相似图像的数目( $\alpha \geq 1$ , 一个查询对应的相似图像的数目越小, $\alpha$ 的值可以选择越大), $R_{RR}(q)$ 的值在 $0 \sim 1$ 之间,0代表没有检索到相似图像,1代表检索到所有的相似图像。对于所有的查询,得到平均检索率为

$$R_{ARR} = \frac{1}{N_Q} \sum_{q=1}^{N_Q} R_{RR}(q) \quad (5)$$

其中, $N_Q$ 为总共的查询次数。

考虑到检索结果的排序等级,引入了等级 $G^*(k)$ :

$$G^*(k) = \begin{cases} G(k) & \text{如果 } G(k) \leq K \\ 1.25K & \text{如果 } G(k) > K \end{cases} \quad (6)$$

假设测试集里若干个查询对应的相似图像数目 $N_c$ (与 $N_c(q)$ 的定义相同)约为 4 或 5 个相似图像,对于一个查询 $q$ ,假定该查询对应的第 $k$ 幅相似图像在检索结果中的某一等级 $G(k)$ 出现,同时定义 $K \geq N_c$ ,用于指定“相关等级”,比如 $K$ 取 $2N_c$ ,则可以认为在前 $2N_c$ 个检索结果中出现的相似图像仍然是有效的,排在越前面的相似程度越高,等级越小。由此得到查询 $q$ 的平均等级:

$$G_{AVR}(q) = \frac{1}{N_c(q)} \sum_{k=1}^{N_c(q)} G^*(k) \quad (7)$$

为了减小 $N_c(q)$ 变化带来的影响,修正的检索等级定义如下:

$$G_{MRR}(q) = G_{AVR}(q) - 0.5[1 + N_c(q)] \quad (8)$$

从而得到归一化的修正检索等级:

$$G_{NMRR}(q) = \frac{G_{MRR}(q)}{1.25K - 0.5[1 + N_c(q)]} \quad (9)$$

最终得到用于 MPEG-7 的评价准则——平均归一化修正检索等级:

$$G_{ANMRR} = \frac{1}{N_Q} \sum_{q=1}^{N_Q} G_{NMRR}(q) \quad (10)$$

### 3.2 测试方案

测试方案是对 2600 幅花卉图像库中 31 组两两相似的图像进行的 31 个查询,相似图像的选取原

则:(1)根据查询图像和数据库图像的所有量化颜色及其对应百分比,得到相似程度最大的两幅图像,保证两者全局颜色直方图的相似;(2)观察按原则1得到的两幅图像,相似颜色的分布位置是否接近,保证两者颜色布局的相似;(3)主观判断两幅图像的颜色相似性(包括整体颜色和局部颜色)。

测试中每个查询对应的相似图像数目均为2, $K$ 取8,为使结果更具客观性,考察每个查询里的两幅图像,得到的检索率和等级分别取平均作为该查询的检索率和等级。由上述评价准则可知, $R_{ARR}$ 越大, $G_{ANMRR}$ 越小,检索效果越好<sup>[5]</sup>,这也是本文的评价依据。

#### 4 实验结果分析

对于图1,得到的各直方图如图3所示。

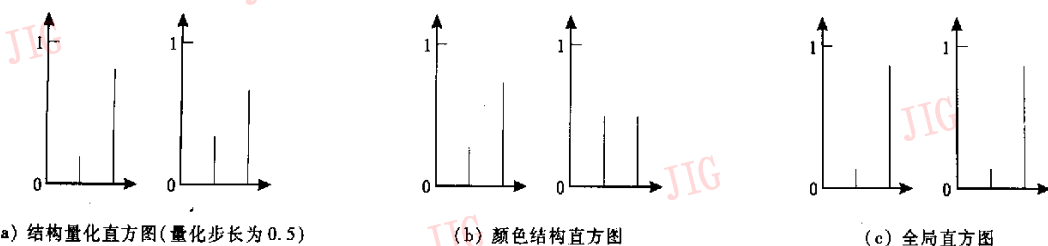


图3 对于图1得到的3个直方图

Fig. 3 Three histograms obtained according to Fig. 1

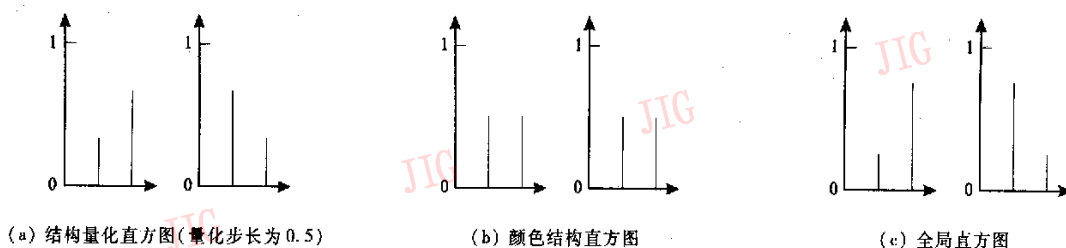


图4 对图2得到的3个直方图

Fig. 4 Three histograms obtained according to Fig. 2

表3给出了3种检索方法的平均检索率和平均归一化修正检索等级比较。可以得出结论:(1)量化步长取0.5时的结构量化直方图的性能略优于颜色结构直方图,这是因为颜色结构直方图仅仅保留了颜色的结构信息,而结构量化直方图保留结构信息的同时也保留了信息含量;(2)全局直方图的性能比量化步长取0.5时的结构量化直方图和颜色结

构直方图都要差,这是因为相对于一般的颜色直方图,结构量化直方图和颜色结构直方图提供了一些附加的结构信息,从而提高了对自然图像的基于相似性的检索性能。

从图3可以看出,结构量化直方图和颜色结构直方图可以区分图1,而全局直方图则不能区分。对于图2,得到的各直方图如图4所示。

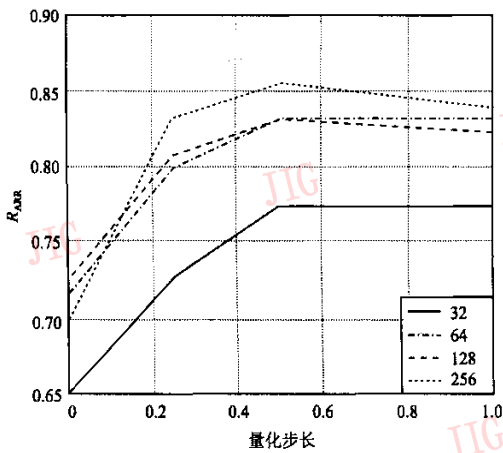
从图4可以看出,结构量化直方图和全局直方图可以区分图2,而颜色结构直方图则不能区分。由结果可以看出,结构量化直方图具有颜色结构直方图的优点,捕获颜色内容和内容的结构,因此可以区分图1;另一方面,结构量化直方图也集合了全局直方图的优点,但是与全局直方图完全保留颜色含量的方式不同,它保留了一定程度上的颜色含量,从而也可以区分图2。另外,量化步长的选择既不能太大,为1时得到的是颜色结构直方图;也不能太小,为0时得到的就是全局直方图,因此本文折中选取量化步长为0.5,对几个典型的量化步长进行检索实验得到的测试数据也表明量化步长为0.5时检索效果最佳。

表3给出了在HMMD颜色空间采用不同量化维数(32,64,128,256),量化步长取几个典型值(0,0.25,0.5,1)对2600幅花卉图像进行检索实验时的

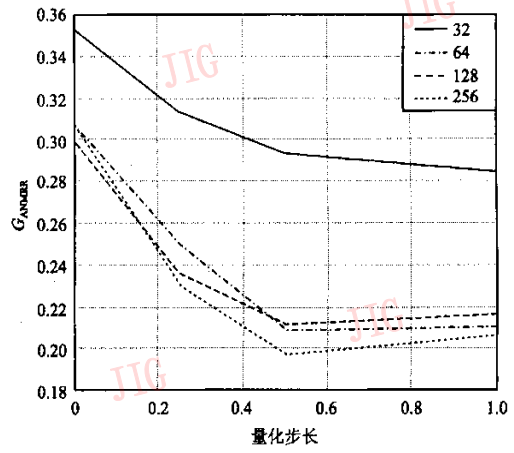
表 3 3 种检索方法的平均检索率和平均归一化修正检索等级比较

Tab.3 The  $R_{ARR}$  and  $G_{ANMRR}$  for three retrieval methods

检索方法	检索性能	量化维数			
		32	64	128	256
全局直方图	$R_{ARR}$	0.653 2	0.717 7	0.725 8	0.701 6
	$G_{ANMRR}$	0.352 9	0.306 5	0.298 9	0.308 3
结构量化直方图 (量化步长 0.5)	$R_{ARR}$	0.774 2	0.830 6	0.830 7	0.854 8
	$G_{ANMRR}$	0.293 2	0.209 7	0.211 6	0.198 3
颜色结构直方图	$R_{ARR}$	0.774 2	0.830 6	0.822 6	0.838 7
	$G_{ANMRR}$	0.284 6	0.210 6	0.216 3	0.205 9



(a)  $R_{ARR}$



(b)  $G_{ANMRR}$

图 5 不同量化维数,量化步长取几个典型值的  $R_{ARR}$  和  $G_{ANMRR}$  曲线

Fig.5 The  $R_{ARR}$  and  $G_{ANMRR}$  curves with different quantification dimension and some typical quantification steps

$R_{ARR}$  和  $G_{ANMRR}$  曲线。

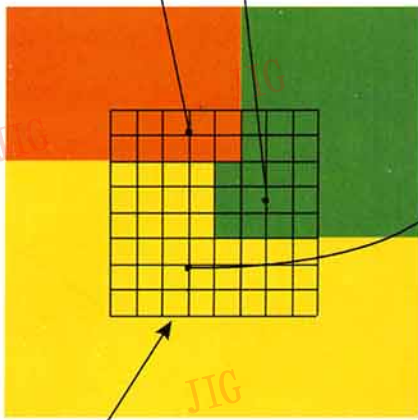
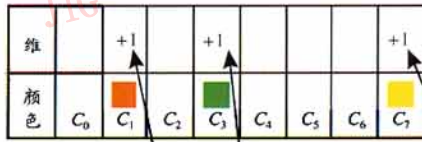
从图 5 可以看出,对于不同的颜色量化维数,量化步长取值为 0.5 时得到的  $R_{ARR}$  均为最大;量化维数大于 32 且量化步长取值为 0.5 时得到的  $G_{ANMRR}$  最小。

## 5 结 论

提出了一种基于结构量化直方图的图像检索方法,检索实验结果表明,结构量化直方图的性能略优于颜色结构直方图。这种方法适用于基于颜色的图像检索,但是在实际的检索系统中,仅仅利用颜色特征是不够的,如果再结合图像的纹理、形状等其他特征,将会大大提高图像的检索性能。

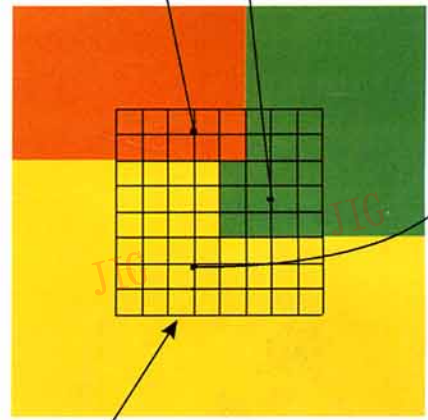
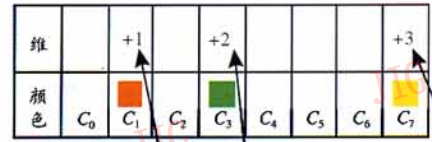
## 参考文献 (References)

- Martinez J. MPEG-7 Overview (Version 8) [EB/OL], <http://mpeg.telecomitalialab.com/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>, 2003-08-22.
- ISO/IEC 15938-3, Multimedia Content Description Interface-Part3: Visual, ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11[S].
- Smith J R. Integrated Spatial and Feature Image Systems: Retrieval, Analysis and Compression [D], New York, USA, Columbia University, 1999: 129 ~ 140.
- Manjunath B S, Ohm Jens-Rainer, Vasudevan Vinod V, et al. Color and texture descriptors [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(6): 1 ~ 2.
- WAN Hai-xia, QIN Tuan-fa. Image retrieval based on combined color features in MPEG-7 [J]. Application Research of Computers, 2005, 22(3): 164 ~ 165, 168. [王海霞,覃团发. 综合 MPEG-7 中颜色特征的图像检索方法 [J]. 计算机应用研究, 2005, 22(3): 164 ~ 165, 168.]



8 × 8 像素结构化元素

图1 对颜色结构直方图进行累加的示意图  
Fig.1 Representation for the accumulation of color structure histogram



8 × 8 像素结构化元素

图2 对结构量化直方图进行累加的示意图  
Fig.2 Representation for the accumulation of structure quantification histogram

林 剑等:基于空间模糊纹理光谱的多光谱遥感图像分类方法



(a) 原始图像(512×512)



(b) 模糊滤波图像(3×3)



(c) 模糊滤波图像(7×7)



(d) 模糊滤波图像(19×19)

图1 原始图像及不同窗口的模糊滤波图像

Fig.1 Source image and its results based on different filter windows