

文章编号:1001-9081(2005)02-0338-03

## 两种基于游程描述的彩色图像检索方法

胡恩良<sup>1</sup>, 冯乔生<sup>2</sup>, 杨秀国<sup>2</sup>, 林毓材<sup>2</sup>

(1. 云南师范大学 数学学院, 云南 昆明 650092;

2. 云南师范大学 计算机信息技术学院, 云南 昆明 650092)

(huenliangyn@21cn.com)

**摘 要:**借助于颜色游程的概念,提出了一种基于游程矩阵的彩色图像特征描述方法,并在此基础上定义了两种图像相似性测度。为了增强图像特征描述的稳健性,对游程矩阵引进了累积变换。对真实图像检索的实验表明,本文的方法对于纹理图像的检索具有很好的检索效果。

**关键词:**图像检索;特征描述;颜色游程;游程矩阵;相似度;累积变换

**中图分类号:** TP391.41 **文献标识码:** A

## Two approaches of color image retrieval based on run-length description

HU En-liang<sup>1</sup>, Feng Qiao-sheng<sup>2</sup>, YANG Xiu-guo<sup>2</sup>, LIN Yu-cai<sup>2</sup>

(1. Department of mathematics, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan 650092, China;

2. Department of Computer Science and Information Technology, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan 650092, China)

**Abstract:** According to the conception of color run-length, a method of feature representation based on run-length matrix for color image was proposed, then two similarity criterions were given. In order to enhance the robusticity in feature representing, the cumulative transformation was defined for run-length matrix. After experimented for true images, the better achievement is obtained when retrieving texture images by our approaches.

**Key words:** image retrieval; feature representation; color run-length; run-length matrix; similarity criterion; cumulative transformation

## 0 引言

图像数据库研究的核心问题是图像检索,其中基于内容的图像检索(Content-Based Image Retrieval, CBIR)技术是当前国内外研究的一个热点<sup>[1-3]</sup>。

基于颜色特征的图像检索方法是 CBIR 技术中的基本方法。在 CBIR 中,不同的图像特征描述方法是导致各种不同检索方法相区别的本质原因,粗略地讲,基于颜色的图像特征描述可以分为三个层次:初级——基于像素统计级别的颜色特征描述,如颜色直方图、统计矩等<sup>[4,5]</sup>,这类描述方法试图获得各种颜色像素在图像中的统计分布属性;中级——基于二维结构单元统计的颜色特征描述<sup>[6-8]</sup>,一种结构单元反映了颜色像素在图像中的某种局部空间分布,若把结构单元看成组成图像的“基元”,则这类描述方法体现了某些“基元”在图像中的统计分布情况;高级——基于颜色目标(或区域)提取的特征描述<sup>[9-11]</sup>,这类描述试图通过颜色信息获得较高级的图像语义属性,如目标物体颜色、目标大小和形状、多个目标的空间关系属性等。

对于上述三个级别的颜色特征描述:一般地,“初级”描述没有顾及到颜色在空间上的分布,往往显得过于粗糙;“高级”描述试图获得图像的一些语义属性,而这对于目前的图像理解技术来说显得不适用或是耗时的。实践表明,多数基于“中级”描述的

图像检索方法具有较好的检索效果和实用性。

在图像分析领域,游程(Run-Length)是一个重要概念。对于灰度数字图像,基于游程的纹理分析已成为一种传统的纹理分析方法<sup>[12]</sup>;对于彩色数字图像,文献[13]引进了颜色游程的定义。由于一个颜色游程同时反映了像素的颜色信息和像素间的局部空间分布,所以基于颜色游程的图像特征描述可看作是一种“中级”颜色特征描述。Chan 等人虽提出了一种基于“游程统计表”的图像特征描述,但是在提取游程时转为考虑提取“准游程”,而“准游程”的实质是对图像中每个像素仅考虑它与其 8 邻域像素之间的颜色关系<sup>[13]</sup>。相对与本文提出的基于游程的描述,我们认为“准游程”描述损失了太多关于像素的空间分布信息,是一种更偏向于像素级的颜色特征描述。

本文在颜色游程概念的基础上,提出了一种基于颜色游程矩阵(Color Run-Length Matrix, CRLM)的颜色特征描述方式,并在此基础上提出了两种新的图像相似度。

## 1 颜色游程及游程矩阵

在彩色数字图像中,一个颜色游程 $\overline{A_i A_j}$ 是指图像中沿某个扫描线上出现的一个像素段 $A_i, A_{i+1}, \dots, A_j$ ,在像素段 $\overline{A_i A_j}$ 内所有像素的颜色码相同,并且像素 $A_{i-1}$ 与像素 $A_i$ 的颜色码不同,像素 $A_j$ 与像素 $A_{j+1}$ 的颜色码不同<sup>[13]</sup>。当扫描方向确定

收稿日期:2004-07-27;修订日期:2004-10-09 基金项目:云南省教育厅自然科学基金资助项目(02ZD087)

作者简介:胡恩良(1974-),男,云南大理人,助教,硕士研究生,主要研究方向:组合数学、图像处理、模式识别等; 冯乔生(1961-),男,云南昆明人,副教授,主要研究方向:计算机图形学、图像处理、机器视觉等; 杨秀国(1945-),男,云南昆明人,教授,主要研究方向:图像处理、信息隐藏、病毒理论等; 林毓材(1940-),男,云南昆明人,教授,主要研究方向:组合论、数理逻辑、算法理论等。

时,一个颜色游程可以表示为 $RL(i, j)$ ,其中 $i$ 表示此游程的颜色码, $j$ 表示此游程的游程值(长度)。

对于彩色数字图像 $I$ ,我们定义其颜色游程矩阵为 $[I(i, j)]_{m \times n}$ ,矩阵中第 $i$ 行第 $j$ 列的元素 $I(i, j)$ 表示颜色码为 $i$ ,游程值为 $j$ 的颜色游程在图像 $I$ 中的出现次数(即 $I$ 中 $RL(i, j)$ 的总数)<sup>[12]</sup>;行下标 $m$ 等于 $I$ 的调色板大小(即 $I$ 的量化颜色数);列下标 $n$ 等于 $I$ 中可能的最大游程值(若提取游程时按图像的水平方向进行扫描,则可能的最大游程值为图像的宽度,若按垂直方向进行扫描,则可能的最大游程值为图像的高度)。

一个CRLM可以被看作图像关于“颜色-游程值”的一个二维分布,它反映了各种颜色游程在图像中的统计分布情况,本文用CRLM作为图像特征描述。

## 2 图像的相似度定义

基于以上CRLM的图像特征描述,本文以下给出了两种图像的相似性测度定义(以下的叙述中先假设图像 $I, S$ 的调色板和它们可能的最大游程值完全一致)。

### 2.1 基于加细直方图的相似度定义

对于图像 $I$ 的CRLM,我们定义 $I_i^j, I_i$ 如下:

$$\begin{aligned} I_i^j &= I(i, j) \times j; I_i = \sum_{j=1}^n I_i^j = \sum_{j=1}^n I(i, j) \times j \\ H(I) &= (I_1, I_2, \dots, I_m) = \{I_i\}, I = 1, \dots, m \\ H'(I) &= (I_1^1, I_1^2, \dots, I_1^m; I_2^1, I_2^2, \dots, I_2^m; \dots, I_m^1, I_m^2, \dots, I_m^m) = \\ &= \{I_i^j\}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

$I_i^j$ 表示 $I$ 中属于游程子集 $\{RL(i, j)\}$ 的像素总数, $I_i$ 表示 $I$ 中颜色码为 $i$ 的像素总数; $H(I)$ 为图像 $I$ 的颜色直方图, $H'(I)$ 可以看作 $H(I)$ 的加细颜色直方图。在CBIR中,人们提出了很多基于直方图匹配的图像相似度<sup>[4]</sup>,若 $D_1[\cdot, \cdot]$ 是一个Minkowski度量函数,则 $H(I)$ 与 $H'(I)$ 之间有如下关系:

$$\begin{aligned} D_1[H(I), H(S)] &= \left( \sum_{i=1}^m |I_i - S_i| \right)^{\frac{1}{r}} = \\ &= \left( \sum_{i=1}^m \left| \left( \sum_{j=1}^n I_i^j \right) - \left( \sum_{j=1}^n S_i^j \right) \right| \right)^{\frac{1}{r}} \leq \\ &= \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |I_i^j - S_i^j| \right)^{\frac{1}{r}} = \\ &= D_1[H'(I), H'(S)] \end{aligned}$$

$$\text{即: } D_1[H(I), H(S)] \leq D_1[H'(I), H'(S)]$$

以上不等式说明在进行直方图相似匹配时,若基于Minkowski距离函数,则用加细的直方图计算可以获得比用一般的直方图计算更高的精度。基于Minkowski距离直方图匹配形式的图像相似度已经在诸多文献中被提到,而我们的重点是对比加细直方图 $H'(I)$ 与传统直方图 $H(I)$ 在检索效果上的差异。本文在实验中指定 $D_1[\cdot, \cdot]$ 为Minkowski形式的 $L_1$ 度量(绝对值形式),定义图像 $I, S$ 的基于加细直方图匹配的相似度为:

$$\text{Similarity1}(I, S) = 1 - \frac{1}{2M} D_1[H'(I), H'(S)]$$

其中正则化常数 $M = \sum_{i=1}^m I_i$ ,它等于图像 $I$ 内的像素总数。

### 2.2 基于向量角的相似度定义

在CRLM中,如果把矩阵 $[I(i, j)]_{m \times n}$ 的每一行都分别当作一个 $n$ 维向量,即其第 $i$ 行 $\{I(i, 1), \dots, I(i, j), \dots, I(i, n)\}$ 作为 $n$ 维向量 $\vec{I}(i)$ ,则 $[I(i, j)]_{m \times n}$ 可记为 $[\vec{I}(1), \vec{I}(2), \dots,$

$\vec{I}(m)]^T$ ( $T$ 为转置操作符)。当图像 $I, S$ 的调色板一致且为 $m$ 、可能的最大游程值都为 $n$ 时,我们定义它们间的相似度如下:

$$\begin{aligned} \text{Similarity2}(I, S) &= D_2([\vec{I}(1), \vec{I}(2), \dots, \vec{I}(m)]^T, \\ &[\vec{S}(1), \vec{S}(2), \dots, \vec{S}(m)]^T) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i d(\vec{I}(i), \vec{S}(i)) \end{aligned} \quad (1)$$

其中: $\vec{I}(i) = \{I(i, 1), \dots, I(i, j), \dots, I(i, n)\}$ ;

$\vec{S}(i) = \{S(i, 1), \dots, S(i, j), \dots, S(i, n)\}$ ;

$t_i = \frac{\|\vec{I}(i) - \vec{S}(i)\|}{\|\vec{I}(i)\| + \|\vec{S}(i)\|}$ 为(1)式中第 $i$ 项的权值,

$\|\cdot\|$ 为 $L_2$ 范数。

$d(\cdot, \cdot)$ 为衡量两个向量接近程度的度量,称其为 $D_2(\cdot, \cdot)$ 的基础度量。诸多研究表明,在比较向量时,两个向量的角距离能较好的体现人类视觉的相似性概念<sup>[14]</sup>,由此使我们预想用向量角距离作为两个向量的感知相似度是比较合适的。基于CRLM提出的角距离形式基础度量 $d(\cdot, \cdot)$ 如下:

$$d(\vec{I}(i), \vec{S}(i)) = 1 - \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \frac{\vec{I}(i) \cdot \vec{S}(i)}{\|\vec{I}(i)\| \|\vec{S}(i)\|}$$

## 3 CRLM的累积变换

我们对CRLM引入累积变换的理由是:首先,对于两个同色游程 $RL(i, j)$ 和 $RL(i, k)$ ,若游程值 $j$ 与 $k$ 接近,则它们应该是相似的,即两者在视觉上应具有相关性;其次,在游程的提取试验中,我们发现由于存在图像噪音干扰和颜色空间与视觉颜色的不完全一致性问题,有可能导致当想要对一个视觉上的较长(短)游程提取时,实际得到的是较短(长)游程,这表明长、短游程在提取时也存在相关性。上述两点分析说明,分布于CRLM同一行内的游程具有相邻相关性。

一些研究表明,对于具有相邻相关性特点的信号,通过顺序累积可以增强信号的分布稳定性<sup>[14,15]</sup>。据此,我们提出了基于行的CRLM累积变换:

$$\tilde{I}(i, j) = \sum_{k=j}^n I(i, k)$$

把对 $[I(i, j)]_{m \times n}$ 进行累积变换后得到的矩阵记为

$[\tilde{I}(i, j)]_{m \times n}$ 。前面我们已经定义了基于 $[I(i, j)]_{m \times n}$ 的图像相似度 $\text{Similarity1}$ 和 $\text{Similarity2}$ ;同样地,我们可以对应地定义

基于 $[\tilde{I}(i, j)]_{m \times n}$ 的两个图像相似度 $\text{Similarity1}^*$ 和 $\text{Similarity2}^*$ 。

## 4 实验

实验前首先遇到的问题是:若两幅图像的调色板和图像尺寸不一致,则它们各自的CRLM维数是不一致的。我们的解决办法是:第一步,把RGB空间变换为感知颜色空间HSV,并将其量化为32种颜色,以此达到统一调色板大小的目的;第二步,把图像的高和宽均匀等分为64份,每幅图像可以看成尺寸为 $64 \times 64$ 的“块图像”,每块的颜色值取为块内全体像素颜色值的平均,提取颜色游程在“块图像”上进行。经上述两步预处理后,每幅图像的CRLM的维数都统一为 $32 \times 64$ 。考虑到时间效率,我们对“块图像”仅提取水平方向上的颜色游程。有必要说明的是,以上的处理都是在特征提取过程中进行的,并不对库中的图像作修改。

实验在11000幅图像(下载自http://wang.ist.psu.edu)上进行,我们分别对3幅纹理图像和3幅非纹理图像进行了查询。衡量检索效果的标准采用了“相关数”相对于“返回

数”(即 recall vs scope)<sup>[16]</sup>,在考查检索效果时,用本文的方法和颜色直方图方法(CHM)进行了比较。

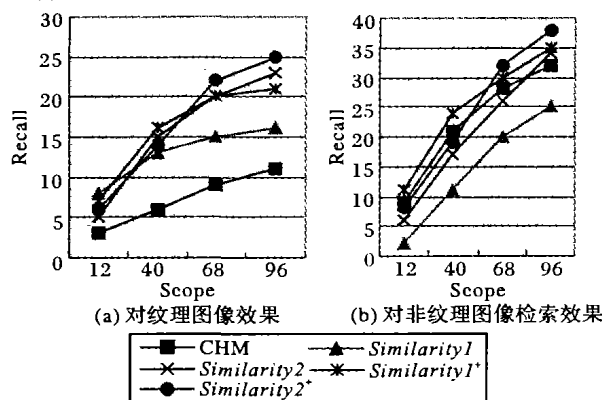


图1 各种相似度的检索结果比较

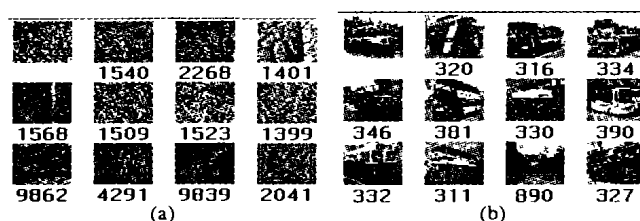


图2 使用相似度 Similarity2\* 进行查询的结果

图2 为使用相似度 Similarity2\* 进行两次查询后分别返回的前 11 幅图像,各自的左上角图像为查询图像。从图 1 可以看出,在对 CRML 作了累积变换后,文中提出的两种图像相似度在检索效果上比累积前的两个相似度更稳健。

## 5 结语

相对于 CHM,本文提出的方法对纹理图像检索具有较好的检索效果(见图 1(a)),这说明基于游程矩阵的特征描述和本文所定义的两相似度对纹理图像的检索是恰当的;而对非纹理图像,相对于 CHM 来说检索效果不是很好(见图 1(b)),其原因可能是基于游程的描述仅仅是对二维图像所作的一维描述,在把握目标形体方面其能力是有限的。

### 参考文献:

[1] JAMSHID S. Image Indexing and Retrieval Techniques: Past, Pres

ent and Next[A]. Proc SPIE Vol 3972 Storage and Retrieval for Media Databases[C], 2000. 461-470.

[2] SCHETTINI R, CIOCCA G, ZUFFI S. A Survey of Methods for Colour Image Indexing and Retrieval in Image Databases[A]. Color Imaging Science: Exploiting Digital Media[C], 2001. 183-211.

[3] 王惠峰,孙正兴,王剑. 语义图像检索进展[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(5): 513-523.

[4] IDRISSE K, RICARD J, ANWANDER A. An Image Retrieval System Based on Local and Global Color Descriptors[J]. IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia, 2001: 55-62.

[5] ZHOU Q, CELENK M. Color-Invariant Shape Moments for Object Recognition[J]. SPIE, 2001, 4304: 7-17.

[6] RAO AB, SRIHARI RK, ZHANG ZF. Spatial Color Histograms for Content-Based Image Retrieval[A]. ICTAI[C], 1999. 183-186.

[7] Messing, D. S. van Beek, P. Errico, J. H. The MPEG-7 Colour Structure Descriptor: Image Description Using Colour and Local Spatial Information[A]. Image Processing[C], 2001. 670-673.

[8] ZHU L, TANG C, ZHANG AD. Using Keyblock Statistic to Model Image Retrieval[J]. IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia 2001: 522-529.

[9] CHAN KL, XIONG XJ, LIU F et al. Content-Based Image Retrieval Using Regional Representation[A]. Theoretical Foundations of Computer Vision[C], 2000. 238-250.

[10] BHALOD J, FAHMY GE, PANCHANATHAN S. Region Based Indexing in the JPEG2000 Framework[J]. Proc SPIE, 2001, 4915: 91-96.

[11] 孙兴华,郭丽,等. 基于目标区域的彩色图像检索研究[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(9): 1112-1120.

[12] TANG X. Texture Information in Run-Length Matrices[J]. IEEE Transactions On Image Processing, 1998, 7(11): 1602-1609.

[13] CHAN YK, CHANG C. Image Matching Using Run-Length Feature[J]. Pattern Recognition Letters, 2001, 22(5): 447-455.

[14] COOHARJANANONE N, AIZAWA K. A New Similarity Measure for Color Image Indexing[J]. SPIE, 2001, 4315: 0277-786.

[15] ZHANG YJ, LIU ZW. Color Based Image Retrieval Using Sub Rang Cumulative Histogram[J]. High Technology Letters, 1998, 4(2): 71-75.

[16] QIAN F, ZHANG L, LIN F, et al. FBCC: An Image Similarity Algorithm Based on Regions[A]. IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia[C], 2001. 740-747.

(上接第 337 页)

## 4 结语

本文提出了一种多载波传输系统中自适应图像传输的方案,通过将区域与字节分割技术相结合并综合考虑人眼 HVS 特性的方法,实现在 OFDM 系统中自适应地高质量图像传输。根据仿真结果和理论分析得出如下结论:

1) 通过将区域与字节分割相结合并综合考虑 HVS 特性,进行自适应图像传输的方法,可实现在频率选择性衰落信道中,接收端传输图像 PSNR 值的大幅度提升。

2) 与传统传输方法相比,采用本文提出的自适应方案传输图像,PSNR 的增益有随 SNR 的增高而增大的趋势。

### 参考文献:

[1] GHARAVI H, NG WY. H. 263 compatible video coding and transmission[A]. Proc Workshop on wireless Image/Video Commun [C]. Loughborough UK, 1996. 115-120.

[2] ZHU YM, SHAN XM, YONG R. A Power Efficient Adaptive Mod-

ulation Scheme over Fading Channel[J]. IEEE 2002 International Conference on, 2002, 1: 257-261.

[3] ARMANIOUS E, FALCONER DD, YANIKOMENOGLU H. Adaptive modulation, adaptive coding, and power control for fixed broadband wireless systems: some new insights[J]. IEEE, WCNC, 2003, 1: 238-242.

[4] SCHURGERS C, SRIVASTAVA MB. Energy efficient wireless scheduling: adaptive loading in time[J]. IEEE, WCNC, 2002, 2: 706-711.

[5] WEINSTEIN SB, EBERT PM. Data transmission by frequency-division multiplexing using the discrete Fourier transform[J]. IEEE Trans Commun Tech, 1971, 19: 628-634.

[6] NEE RV, AWATER G, MORIKURA M, et al. New high-rate wireless LAN standards[A]. IEEE Commun Mag[C], 1999. 82-88.

[7] WANG XY, YANG HY. A Fast Image Coding Algorithm Based on Human Visual System[J]. Journal of Software 2003, 14: 11.

[8] YEHS CS, LIN YY. Channel Estimation Using pilot Tones in OFDM systems[J]. IEEE Trans on Broadcasting, 1999, 45: 400-409.