

# 基于内容的图像检索算法研究

戴泽华<sup>1</sup> 路志爽<sup>2</sup> 张连连<sup>3</sup> 秦 景<sup>3</sup>

(1. 张家口市公安局,河北 张家口 07500;2. 32137 部队;3. 河北建筑工程学院,河北 张家口 07500)

**摘 要:**随着计算机、网络以及多媒体技术的迅速发展和应用,数字图像的数量正以惊人的速度增长,基于内容的图像检索技术可以有效地解决从图像数据库中检索出相关图像的问题。<sup>[1]</sup>本文研究了颜色、纹理和形状三种特征提取算法,颜色特征提取采用颜色直方图和颜色矩特征算法,通过像素统计、多维矩阵运算量化图像颜色特征并进行图像匹配;纹理特征提取算法可通过图像灰度共生矩阵提取能量、熵、逆差矩等特征进行相关处理并检索;增加了基于形状的特征提取算法,将图像二值化后提取其 Hu 不变矩进行处理,其结果用于修正和优化颜色或纹理的检索结果。图像特征比对采用空间节点自适应处理后的欧氏距离进行运算。在 VC 中实现了基于内容的图像检索系统,能够自定义实现单一特征检索和综合多特征的联合检索,实现以图搜图的检索功能。

**关键词:**颜色特征;纹理特征;形状特征;图像检索

**中图分类号:**TN,TP 3

**文献标识码:**A

## 0 概 述

图像检索技术最早可以追溯到上世纪 70 年代,当时人们普遍应用的是基于文本的图像检索技术,但这种检索方式人工的工作量是及其巨大的,随着人们对于信息量的要求不断增加,传统的检索技术已经远不能满足人们的要求。MPEG-7 的制定和完善,也更加推动了新型图像检索技术的发展。<sup>[2]</sup>

基于内容的检索方式(Content Based Image Retrieval,CBIR)能很好的量化图像的各个特征并进行对比和匹配,极大的提高了检索准确性。<sup>[3]</sup>如果结合数据库存储相关技术,能大规模的进行数据处理,减少人工的工作量,缩短检索时间。

## 1 图像检索算法

图像特征提取主要有底层特征提取和高层特征提取。本文介绍了颜色、纹理和形状三种图像特征的提取算法并使用欧氏距离和直方图相交法对特征进行比对。

### 1.1 颜色特征提取

#### 1.1.1 颜色直方图<sup>[4]</sup>

通过统计每种颜色在该图像中出现的像素点的个数,以颜色为横坐标,出现颜色像素点数为纵坐标计算了全局颜色直方图来描述各种颜色所出现概率的多少。

第 k 种颜色在图像中出现的像素点的概率为:

$$H = \{h[c_1], h[c_2], \dots, h[c_k]\} = 1, 0 \leq h[c_k] \leq 1\} \quad \text{公式 1-1}$$

$$h[c_k] = \frac{\sum_{i=0}^{N_1-1} \sum_{j=0}^{N_2-1} \begin{cases} 1 & (\text{当 } I(i,j) = c_k) \\ 0 & (\text{其他}) \end{cases}}{N_1 \times N_2} \quad \text{公式 1-2}$$

颜色直方图计算方法下式所示,其中  $N_1$  和  $N_2$  表示图像的宽和高。

收稿日期:2017-12-28

基金项目:省交通厅项目(项目编号:Y-2014003);河北省科技厅重点研发项目(项目编号:18274508D)

作者简介:戴泽华(1982-),男,本科,智能交通控制与图像,工程师。

学者斯特里克(Stricker)和奥伦戈(Orengo)提出了将直方图进行积分后得到累加颜色直方图方法. 这样虽然计算量有一定的增加,但是相邻颜色在频数上是相关的,能消除一般直方图中量化过细或过粗使检索效果下降的问题<sup>[1]</sup>.

### 1.1.2 颜色矩

图像中任何颜色的分布均可以用其矩来表示.

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P_{ij} \quad \text{公式 1-3}$$

$$\delta_i = \left[ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{公式 1-4}$$

$$S_i = \left[ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu_i)^3 \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{公式 1-5}$$

一般采用颜色的一阶矩(mean)、二阶矩(variance)、三阶矩(skewness)就足以表达图像的颜色分布信息,这种方法的好处就是无需量化特征.

公式分别为图像一阶矩(均值)、二阶矩(均方差)和三阶矩(三阶中心距)的计算方法. 其中  $P_{ij}$  是图像中第  $j$  个像素的第  $i$  个颜色分量的值,  $N$  表示图像的总像素数.

### 1.2 纹理特征

在像素域的纹理检索中,灰度共生矩阵有利于反应图像纹理的方向性,如果图像是由具有像素灰度值的像素块构成,则灰度共生矩阵的对角元素会有比较大的值;如果图像像素灰度值在局部有变化,那么偏离对角线的元素会有比较大的值. 从灰度共生矩阵中可以提出图像的其他特征,主要包括:角二阶矩、熵、对比度、逆差矩、相关性<sup>[2]</sup>.

角二阶矩又叫做能量,它反映图像灰度分布的均匀程度和图像纹理的粗细,描述了一种较为均一和规则变化的纹理模式. 熵能够量化分析出图像的信息量,描述的是图像纹理的复杂程度和其非均匀程度. 对比度反应灰度局部的变化情况,度描述了图像的清晰程度,即纹理特征的清晰程度. 逆差矩表示的是图像的局部均匀性,即描述图像局部的纹理变化情况. 相关性描述的是灰度共生矩阵元素在行或列方向上的相似程度,图像局部的灰度相关性可通过相关值来量化<sup>[3]</sup>.

提取灰度共生矩阵特征值的方法如下:

$$\text{角二阶矩 } ASM = \sum_{i,j} \{P(i,j | d, \theta)\}^2 \quad \text{公式 1-6}$$

$$\text{对比度 } CON = \sum (i-j)^2 P(i,j | d, \theta) \quad \text{公式 1-7}$$

$$\text{熵 } ENT = \sum_{i,j} \{p(i,j | d, \theta)\} \cdot \{\log(i,j | d, \theta)\} \quad \text{公式 1-8}$$

$$\text{逆差矩 } HOM = \sum_{i,j} \frac{p(i,j | d, \theta)}{1 + (i-j)^2} \quad \text{公式 1-9}$$

### 1.3 形状特征<sup>[5]</sup>

形状特征符合人对图像的认识是驻要集中在某个目标区域这个事实,主要是对位移、旋转和尺度变换的不变性. 本文主要利用形状的全部区域描述图像特征的方法.

#### 1.3.1 Hu 不变矩

不变矩是图像特征提取中的一种统计特征,它利用灰度图像的各阶矩来分析图像的灰度分布特性. 离散数字图像  $f(x, y)$  的  $p+q$  普通阶矩  $m_{pq}$  和中心矩  $u_{pq}$  定义为:

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y)$$

$$u_{pq} = \sum_x \sum_y (x - x_c)^p (y - y_c)^q f(x, y) \quad \text{公式 1-10}$$

$m_{00}$  的一阶矩 ( $m_{01}, m_{10}$ ) 可以确定图像质心 ( $x_c, y_c$ ), 也称为图像的区域中心.

$$x_c = \frac{m_{10}}{m_{00}}, y_c = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad \text{公式 1-11}$$

当图像发生变化时,中心矩会改变,而中心矩具有平移不变性,但对旋转比较敏感,就此提出归一化中心矩,这样图像特征就具有了平移、旋转以及比例的不变性<sup>[1]</sup>.

$$k_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^\gamma} \quad (\gamma = \frac{p+q}{2} + 1, p+q = 2, 3, \dots) \quad \text{公式 1-12}$$

在标准化的二阶和三阶中心矩的基础上,我们提出了 7 个几何矩不变量,这些量有较好的平移、伸缩和旋转不变性. HU 不变矩的公式:

$$\begin{aligned} I_1 &= k_{20} + k_{02} \\ I_2 &= (k_{20} - k_{02})^2 + 4K_{11}^2 \\ I_3 &= (k_{30} - 3k_{03})^2 + (3k_{21} - k_{03})^2 \\ I_4 &= (k_{30} - k_{12})^2 + (k_{21} - k_{03})^2 \\ I_5 &= (k_{30} - 3k_{12})(k_{03} + k_{12})[(k_{30} + k_{12})^2 - 3(k_{21} + k_{03})^2] \\ &\quad + (3K_{21} - k_{03})(k_{21} + k_{03})[3(k_{30} + k_{12})^2 - (k_{21} + k_{03})^2] \\ I_6 &= (k_{20} - k_{02})[(k_{30} + k_{12})^2 - (k_{21} + k_{03})^2] + 4k_{11}(k_{30} + k_{12})(k_{21} + k_{03}) \\ I_7 &= (3k_{21} - 3k_{03})(k_{30} + k_{12})[(k_{30} + k_{12})^2 - 3(k_{21} + k_{03})^2] \\ &\quad + 3(k_{21} - k_{03})(k_{21} + k_{03})[3(k_{30} + k_{12})^2 - (k_{21} + k_{03})^2] \end{aligned} \quad \text{公式 1-13}$$

### 1.3.2 区域分割方法

最大类间方差法分割图像区域是一种能够自适应的阈值确定方法,由日本学者大津在 1979 年提出,命名为大津法,即 OTSU,可以计算出最佳的阈值对图像进行分割.

$$\begin{aligned} g &= \omega_0 \times (u_0 - u)^2 + \omega_1 \times (u_1 - u)^2 \\ u &= \omega_0 \times u_0 + \omega_1 \times u_1 \\ \omega_0 &= \frac{n_0}{M \times N} \\ \omega_1 &= \frac{n_1}{M \times N} \end{aligned} \quad \text{公式 1-14}$$

在此基础上我们化简消去  $u$  后,得到更为简便的新公式:

其中,图像描述目标的像素数为  $n_0$ ,其平均灰度值为  $u_0$ ,像素所占比例  $w_0$ ,背景的像素数为  $n_1$ ,其平均灰度值为  $u_1$ ,像素所占比例  $w_1$ ;图像所有像素总平均灰度值为  $u$ . 当  $g$  值最大时便能得到最佳分割阈值.

$$g = \omega_0 \times \omega_1 \times (u_0 - u_1)^2 \quad \text{公式 1-15}$$

### 1.4 特征比较算法

欧氏距离(Euclidean distance)也称为欧几里得度量,它是最容易理解的距离定义,是计算  $m$  维空间两个点之间的直线距离.

直方图相交法:假设  $Q$  与  $K$  是具有  $N$  维的颜色直方图特征,它们的分量分别为  $q_i, k_i$ , 其中,  $i=1, 2, \dots, N$ , 则两个特征间的距离可表示为:

$$D(Q, K) = \sum_{i=1}^N \min(q_i, k_i) \quad \text{公式 1-16}$$

## 2 算法仿真

论文通过 VS2008 进行程序开发和算法仿真,程序具有完备的可视化界面与功能. 主要由用户界面模块、图像显示模块、系统设置模块和图像检索模块组成. 用户界面模块为系统与用户交互的平台,主要由逻辑关联、Tips 显示、检索参数显示和时间显示等模块构成;系统设置模块确定图像检索的参数,主要包括图像设置模块和检索库扫描模块;图像显示模块用于反馈检索结果,主要包括绘图模块和结果显示模块;核心部分为图像检索模块,由建立检索模块、特征提取模块、相似度计算模块和结果处理模块构成. 它集成本研究中的各种特征提取和相似度比对算法,是系统正常运行的基础. 图 1 为以颜色直方图欧式距离方法的检索结果显示.

3 算法性能评价

以 tn\_Q004 绿叶图像为目标图像在检索库中对 100 张绿叶进行相似度检测,返回结果以前十幅图像为有效结果,通过符合要求图像、检索速度及主观评价来对系统综合性能进行分析,具体实验结果表 1 所示.

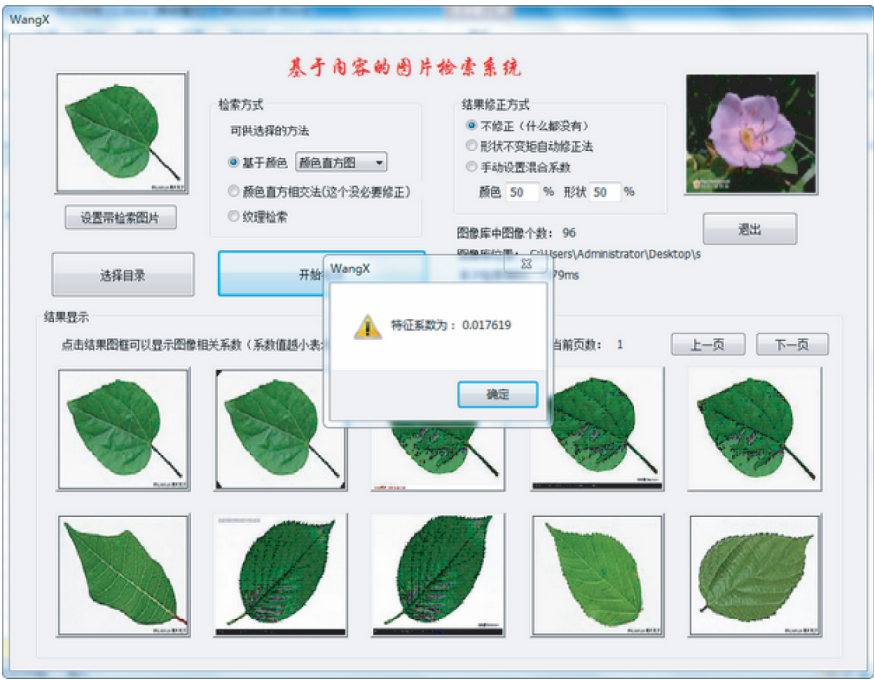


图 1 颜色直方图欧式距离法

表 1 算法检测性能测试结果

检索方式	符合要求图像数	检索时间(ms)	主观顺序系数	检索结果
颜色直方图欧式距离	7	6534	7	良
颜色累加直方图	7	7231	8	良
颜色矩	4	7652	4	中
颜色直方图相交法	7	6521	8	优
修正后检索方式	符合要求图像数	检索时间(ms)	主观顺序系数	检索结果
颜色直方图欧式距离	7	14318	8	优
颜色累加直方图	8	14542	9	优
颜色矩	6	14453	6	良
颜色直方图相交法	7	13426	8	优

通过分析系统性能的综合参数,得出结论对于树叶进行的综合检索性能最好的是自动修正后的累加颜色直方图算法,性能最差为颜色矩相关算法,其它算法总体性能差距不超过 15%,证实了系统的稳定性能.

4 结束语

本文采用多种特征模型对图像进行特征提取,并根据其特点使用改进后的相似度比对算法,基本实现了图像检索系统的各种功能,对基于内容的图像检索技术的发展具有一定的参考价值和意义. 本文使用本地内存存储的方式对图像进行处理,在内存中计算图像数据并执行相似度算法. 对于大量图片本系统不能提供快速大规模的集成处理,下一步应使系统实现对大规模集成型运算的支持.

## 参 考 文 献

- [1]黄祥林,杨丽芳,孙书韬. 图像检索原理与实践. 北京:中国传媒大学出版社,2014. 6
- [2]章毓晋. 基于内容的视觉信息检索. 北京科学出版社,2003
- [3]闫乐林,元莱滨. 蔡平胜. 一种基于内容的图像检索系统的设计与实现. 计算机技术与发展 2009(12)
- [4]孙兴华. 数字图像处理:编程框架、理论分析、实例应用和源码实现. 北京:机械工业出版社,2012. 2
- [5]W. Niblack, R. Barber, and W. Equitz. the qbib project: querying images by content using color, texture, and shape. Technical report, IBM RJ 9203[81511], Feb, 1993
- [6]A. Humrapur, A. Gupta. Virage video engine. Storage and Retrieval for Image and Video Databases, 1997:188~197
- [7]D. Tao, X. Tang, X. Li. Which Components are Important for Interactive Image Searching. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol, 2008, 18(1):107~118

## Research of Image Retrieval Algorithm based on Content

DAI Ze-hua<sup>1</sup>, LU Zhi-shuang<sup>2</sup>, ZHANG Lian-lian<sup>3</sup>, QING Jing<sup>3</sup>

(Zhangjiakou Transportation Bureau hebei zhangjiakou 075000)

**Abstract:** With the rapid development and application of computer, network and multimedia technology, the number of digital images is increasing at an amazing speed. The image retrieval technology based on content can effectively solve the problem of retrieving the related images from the image database. The paper focuses on extraction algorithms of three features, that is, color, texture and shape. The color extraction adopts the color histogram and color moments algorithm which depends on the statistics of pixels and multi-way matrix calculation to quantify color of pictures and to realize image matching; the texture extraction algorithm extracts energy, entropy, inverse difference moment and other features to process and retrieve based on gray level co-occurrence matrix; the extraction algorithm based on feature of shape is added. It extracts the HU invariant moment and process. The result is used to modify and optimize the retrieved result of color or texture. The comparison of image feature employs the Euclidean distance that is processed by self-adaptation of space joint to calculate. The image retrieval system based on content is fulfilled in VC. This system is user-defined complex retrieval that combined the single feature retrieval and multiple feature retrieval, which realizes retrieval function of searching images by images.

**Key words:** color; texture; shape; image retrieval