

## 基于本体的图像检索研究

高帅

考核	到课[10]	作业[20]	考试[70]	课程成绩 [100]
得分				

2020 年 12 月 6 日

# 基于形式概念分析的图像检索

高帅

(大连海事大学计算机科学与技术辽宁省大连市中国 116026)

## 摘要

随着科学技术的进步,现代信息检索所处理的对象和规模都有了很大的变化。人们迫切需要一种能够快速而且准确地查找访问图像的技术,这就是图像检索技术。图像检索的过程反映的是从图像数据中抽取出特征,形成概念,来研究这些概念之间的关系。

同时,形式概念分析理论也提供了一种以概念格让数据有机地组织起来的形式,概念格节点体现了概念内涵和外延的统一,非常适合于发现知识。因此在许多领域获得了广泛的应用,如信息检索、数字图书馆、软件工程、知识发现等。

本文系统研究了国内外图像检索的现状以及概念格在相关领域的应用,提出了一种基于形式概念分析的图像检索方法。

首先,介绍了一些已有的针对不同语义的图像提取一些判别能力好的特征的方法。这些方法通过对图像的信息以及现有底层特征的分析,克服了对所有图像采取同样算法提取特征的局限;

其次,引入模糊数学中的隶属度函数,并以此为基础,判断了待检索图像的候选类别(即可能属于的语义类别),这样不必与图像库中的所有图像进行比较,只需比较图像库中的一些子集,可以缩小检索范围;

然后,以形式概念分析理论为基础,提出图像检索的算法。将待查询的图像表示为一个概念格,而不是将所有的图像都表示在同一个概念格中,减少了建立概念格的复杂度。并与候选类别中的图像概念格进行概念匹配并进行相似度计算,按相似度大小顺序输出图像;

最后,选取 Coral 图像数据库中的部分类别进行实验。通过与传统的基于颜色直方图方法的图像检索进行比较,在时间与检索结果上比传统的基于内容的图像检索方法有所改进,验证了本方法在时间以及检索结果上的有效性。

关键词:形式概念分析;概念匹配;相似度;隶属度函数;图像检索

中图法分类号 TP311.20 DOI号 10.3969/j.issn.1001-3695.2014.01.030

## Abstract

With the progress of science and technology, the objects and scales of modern information retrieval have changed greatly. People urgently need a technology that can quickly and accurately search for access images, which is image retrieval technology. The process of image retrieval reflects the extraction of features from image data to form concepts to study the relationship between these concepts.

At the same time, the formal concept analysis theory also provides a form of organically organizing data with a concept lattice. The concept lattice node embodies the unity of concept connotation and extension, which is very suitable for discovering knowledge. Therefore, it has been widely used in many fields, such as information retrieval, digital library, software engineering, and knowledge discovery.

This paper systematically studies the current situation of image retrieval at home and abroad and the application of concept lattices in related fields, and proposes an image retrieval method based on formal concept analysis.

First, it introduces some existing methods for extracting some features with good discrimination ability from images with different semantics. These methods overcome the limitation of using the same algorithm to extract features for all images by analyzing the image information and the existing underlying features;

Secondly, the membership function in fuzzy mathematics is introduced, and based on this, the candidate category of the image to be retrieved (that is, the semantic category that it may belong to) is determined, so that it is not necessary to compare with all the images in the image library, just compare the images. Some subsets of the library can narrow the search scope;

Then, based on the theory of formal concept analysis, an image retrieval algorithm is proposed. The image to be queried is expressed as a concept lattice, rather than all images are expressed in the same concept lattice, which reduces the complexity of establishing the concept lattice. And perform concept matching with the image concept lattice in the candidate category and calculate the similarity, and output the images in the order of similarity;

Finally, select some categories in the Coral image database for experiments. Compared with the traditional image retrieval method based on color histogram, the time and retrieval results are better than the traditional content-based image retrieval method, which verifies the effectiveness of this method in time and retrieval results.

**Keywords:** formal concept analysis; concept matching; similarity; membership function; image retrieve

## 一、图像检索相关技术概述

从上个世纪九十年代初开始, CBIR 作为一种新的信息检索技术得到了广泛的关注和相当的应用。CBIR 发展至今, 已成为图像检索的主流技术。本章将系统地介绍基于内容图像检索的若干关键技术, 包括基本的图像低层特征描述方法、图像匹配中一些常用的相似性度量方法和检索性能评价。

### 1.1 CBIR 系统组成

CBIR 将图像处理和模式识别等一些领域和数据库技术结合起来, 直接提取图像内容, 建立非精确的相似性匹配方法, 扩展了图像数据库的检索能力和应用领域。目前 CBIR 研究系统广泛使用图像的视觉低级特征来描述图

像内容, 利用高维数据索引结构来构建图像数据库, 并引入交互式学习方法等提高图像检索的性能。CBIR 的主要特点是它只利用了图像本身包含的客观的视觉特征, 图像的相似性不需要人来解释, 体现在视觉相似性上。这导致它不需要或者仅仅需要少量的人工干预, 在需要自动化的场合取得了大量的应用, 也获得了巨大的成功。

一般来说, 图像检索的技术包括涉及计算机视觉的技术和数据库管理技术两个部分, 主流的系统主要由 5 个子系统构成, 包括图像数据的存储、特征提取、相似性度量、高维特征索引过滤技术, 用户查询和浏览接口等。图 2.1 是 CBIR 系统组成的基本框图, 并表明了各子系统之间的关系。

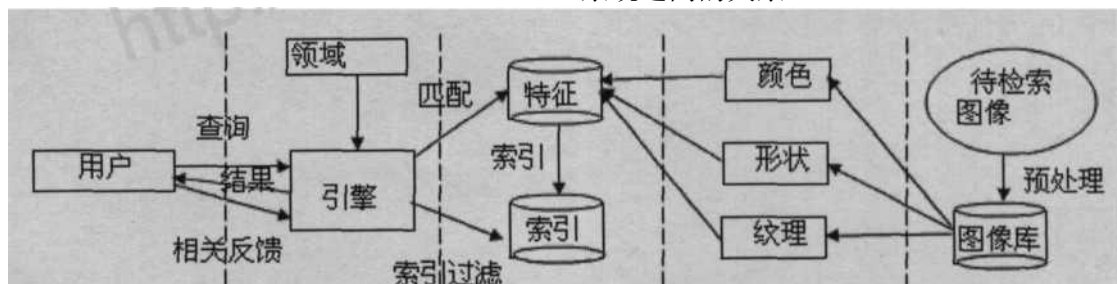


图 2.1 CBIR 系统组成的基本框图 VI

用户子系统主要包含接收用户查询和显示查询结果的功能。用户可以通过指定例图(Query by Example)来提交查询,其缺陷是用户和 CBIR 系统对例图的理解可能不尽相同。草图查询(Query)方式的出现,在一定程度上弥补了例图查询的不足。用户使用系统自带的绘图工具描绘查询草图,缺点是兼容性较差,用户有额外的负担。而直接指定图像的属性特征有时会比较方便和直观,如用文字检索图像(2)、选择主色调的检索[1]和使用查询语言的检索 E1。相似性度量系统是 CBIR 系统的核心之一,它利用图像的特征来计算图像间的相似性,并按相似性的大小排序结果图像集。由于被检索的图像集合往往很大,而相似性的计算又是两两进行的,导致相似性的计算很耗时。因此需要采用索引过滤的技术,加快计算速度,使用户在合理的时间内得到响应。

索引子系统主要功能是对图像数据作索引,减少相似性比较的计算量。一般使用图像的高维特征向量作为索引,计算相似性后获得相似结果集合。高维矢量索引技术有 KDB 树[2], R 树, SOM [3] 等等。

特征提取子系统就像一个过滤层,从原始图像提取有效的图像特征输出给索引子系统。主要以视觉特征为主,包括颜色特征、形状特征、纹理特征、物体的空间关系特征等。

存储子系统则负责存储和管理原始图像数据。原始图像数据包括图像数据、特征索引数据和其它文本描述信息等等。关键技术包括图像预处理技术和压缩技术等。

## 1.2 图像的语义特征

图像检索中,通常以图像特征的相似性作

为检索依据,其中低层特征主要包括图像颜色、纹理、形状等,这些特征的提取、表达以及相似性计算虽比较容易,但对于查询用户来说,不仅难以理解,且使用起来也不直观。人对图像内容的理解是建立在人类已有知识的基础之上的,而这些低层特征无法反映这些经验知识。由于上述原因,很多情况下仅以图像低层特征为检索依据得到的检索结果不尽人意。而从低层特征中提取图像的语义描述,再通过基于语义的相似性度量来查询图像,则可以较直接表达对于人们对图像的视觉感知,也更符合人们的习惯和要 求。

如何描述图像内容,使其尽可能与人对图像内容的理解一致,是图像检索的关键所在,也是其难点所在。从人的认知角度看,人对图像的描述和理解主要是在语义层次进行的。如何将图像语义特征结合到检索中是提高检索系统性能的关键所在,已得到了越来越多的关注。这里的一个关键问题就是如何获取图像语义,尽管人们已提出了一些方案,比如通过在不同层次上对图像内容进行分析和提取[1],通过将低层特征在时空中组合起来构成语义单元[4]。然而,目前还没有一种完整的基于语义的图像内容描述方案来支持实际的检索过程。考虑到全面理解图像内容和人类智能研究遇到的困难,有人提出在检索中使用“简单语义(Simple Semantics)”,其意思是利用与人的理解接近的可用计算机计算的图像特征来帮助检索语义特征的计算与匹配非常复杂,由于各方面技术的限制,语义检索仍然处于探索阶段。可以预见,基于语义的图像检索将结合人工智能、模式识别、心理学、生理学以及人的视觉感知等领域进行更深入的研究。

## 二、基于形式概念分析的图像检索算法实现

### 2.1 引言

本文的基于形式概念分析的图像检索算法分为两个部分:(1)先检索待查询图像所属类别,这样,不同类别的图像可以使用自己适合的特征来检索;(2)在类别中进行图像的精确检索,这样系统也可以缩小搜索范围,

只用搜索原来图像库中的一个子集就可以了。

### 2.2 语义分类特征提取及图像分类(一次检索)实现

图像检索问题本质上是分类问题,与识别问题不同的是,检索中每类样本的数量大于或等于一。基于这一认知,本文对目前流行的分类方法进行了相对深入的研究,总结出了适

合于图像检索问题的分类算法及类别判定算法,在进行检索之前先对图像进行预分类,再以图像类为目标进行二次检索,解决了检索系统运行效率低的问题。

本阶段首先对于不同语义特征的图像提取了适合其语义的,辨别能力好的特征,因为针对不同的应用领域这些特征有不同的效果,按照语义来提取特征,这样分类结果会更精确。同时建立不同语义的特征库。然后,根据隶属度函数对待检索图像进行候选类别的查找,降低了查找的范围及时间。

### 2.2.1 语义分类特征提取

图像分类结果的好坏在很大程度上取决于图像特征的分辨能力,如果特征具有很好的辨别性,那么分类的准确率就会很高;如果对于所有的图像提取特征都使用同一种算法,那么不能体现出不同特征所起的作用,而且对于检索精度也有一定的影响。由于人们主观认识上的千差万别,对于某个特征并不存在一个所谓的最佳的表达方式。事实上,图像特征的不同表达方式从各个不同的角度刻画了该特征的某些性质,针对不同的语义及应用有不同的效果。因此,对不同语义的图像应该提取不同的特征,这样分类结果会更精确。

Szumner 等时采用 K-NN 分类器实现室内和室外图像分类,所用的图像特征是颜色和主方向特征,他们的图像数据库包括 1324 幅图像,其实验的分类正确率可以达到 90%。Vailaya 等<sup>31</sup>提出了分等级图像语义分类的方法,采用基于 VQ(向量化)的 Bayesian 分类器。室内和室外分类所用的图像特征是空间颜色矩(Spatial Color Moment),正确率达到了 90.8%;城市和风景分类所用的图像特征是边缘方向直方图和边缘方向相关向量,正确率达到了 95.3%。Gorkani 等采用多尺度金

那么此特征就具有好的分辨能力。对于每一个分类问题,可以通过计算类内、类间距离,根据经验来选择一些判别能力好的特征。

采用欧基里得距离度量计算类内和类间的距离分布,得出颜色语义特征具有好的分辨能力,另外颜色相关向量也具有很好的效果。因此在室内与室外分类中,

金字塔特征实现了风景图片中城市和乡村图片的分类,将图像分成 4x4 个子块,如果图像大多数子块的主导方向是垂直的或者是水平和垂直的,则认为该图像为城市,其图像库仅包括 98 幅图像。Li 等提取了一种新的图像特征称为“一致没束”来实现对建筑物的识别。通过提取线段的颜色、方向以及空间特征来对线束进行分类,他们的方法可以判别图像中是否包含建筑物,同时能够指出建筑物的位置。

对于白天、夜晚、日出/日落这三类图像的分类,夜晚和日出/日落图像的颜色比较固定,分别以黑色和黄色为主导颜色,采用 HSV 空间的颜色直方图就可以达到很好的效果。对于室内和室外这两类图像而言,颜色上没有明显的区别,但是所包含的内容有一些各自的特点:大多数的室外图像都包括天空、草地、路面等物体,而且有一定的空间分布规律;而室内图像则相对简单一些,主要是墙面、家具以及人物等,而且室内的光线比较单一,所以整幅图像看起来比较均匀。

针对这些特点,可以提取了一些颜色语义特征:天空一般在图像的上部,且颜色多为蓝色和灰色;墙面在图像的四周及顶部,颜色多为白色。故室内图像一般上下颜色差别不大,而室外图像则相反。



图 4.1 典型的室外图像

针对目前 CBIR 系统中所用的图像特征的特点,结合本方法的各级图像语义分类需求,通过计算不同特征类内、类间距离来判别其分类能力的好坏。如果特征的类内距离小而类间距离大,主要用了这两种特征。

同时,小波分析也被用来区分图像库中的纹理特征。在这个过程中,每一幅图像都被分成 4\*4 的像素块,对每一块上都提取出 6 个特征向量。其中,3 个特征是这个块中的像素平均颜色成分,另外 3 个是纹理特征,它反映了小波转换中高频波段的能量。前 3 个特征使用 LUV 颜色空间

来提取。其中,  $L$  代表了亮度,  $U$  和  $V$  代表了色度。另外 3 个特征的提取, 使用了 Daubechies-4 小波转换方法。在一次小波转换后, 一个  $4 \times 4$  的像素块被分为 4 个频率波段。每个波段包含了  $2 \times 2$  的系数。假设 HL 波段上的系数是  $\{CkJ, CkJ+1, CMJ, CMJ+1\}$ , 其中一个特征  $f = \hat{J}f$  支  $Gt*$ , 剩下两个纹理特征在 LH 和 HH 波段上使用相同的方法来计算。

在建筑物与风景图片的分类中, 采用边缘方向直方图和一种新的边缘平行线特征。边缘方向直方图是统计图像中边缘点的方向来达到对图像的方向性的判定。大多数建筑物的方向性比较强, 有一些平行或者垂直的线, 其直方图有一些明显的峰值; 而其他风景图片的方向性不明显, 所以直方图就比较平坦。

建筑物图片的一个重要特点是通常包含着许多水平和垂直线段, 这些线段是由建筑物的窗、门以及外形轮廓形成的, 是图像中不同颜色的两个区域的边界或者是图像中本身的线段形成的。对于人眼

有效手段。针对以上边缘线段的检测结果, 可以接着找寻相应的平行线, 方法是搜索所有的边缘线段, 根据各自的方向分别将其归类到相应的平行线组中, 设置角度阈值来控制平行线组中各个线段的平行度。分类系统中所用的特征包括边缘线段和平行线这两部分, 线段特征包括线段长度直方图和线段方向直方图。为了满足不同尺寸大小的图像, 将这些特征分别除以图像的总像素, 同时将其量化为 20 级, 来统计它的直方图分布; 角度量化为 36 级, 这样线段的特征维数为 56。平行线的特征包括各组平行线的总长度及方向。采用同样的方式将线段的总长度进行归一化并将其分为 20 个等级, 来统计其直方图; 方向量化为 18 级, 平行线的特征同样为 38 维[6]。

### 2.2.2 图像隶属度与候选类别

假如按照图像的语义对图像进行分类, 那么一幅图像可能同时属于几个类别。例如: 含有天空和人物的图像即属于天空类别也属于人物类别, 而且, 待查询图像并不能与图像库中所有的图片都匹配上, 如果进行全部的匹配, 将会浪费大量的时

的有效特征。Cheng 等外根据矩阵的相似性判别函数 (SDF) 来提取图像的代数

系统来说, 直线、轮廓线和平行线是建筑物检测中比较显著的特征。基于以上的分析, 提出了一种结合边缘线和平行线的特征。

为了提取图像中的直线特征, 采用 Canny 边缘检测器来提取图像的边缘点  $j$ , 同时得到边缘点  $X$ , 仿向的导数。文 [5] 提出了一种连接直线上的边缘点的算法, 采用跳跃式的方式来连接直边缘线。通过扫描整个边缘点, 对于方向角度小于阈值的点, 认为是在一条边缘直线上, 通过计算各个点的方向来确定直线的方向。图像边缘检测过程中的噪音可能会使边缘断裂, 在此采用跳跃式的连接方式, 通过设置跳跃因子来控制跳跃的幅度。经过这些步骤后就可以得到边缘直线段了。

除了直线段以外, 平行线也是人们容易观察并区分物体的方式。对于建筑物而言, 其边缘线也包含了大量的平行线, 因此平行线特征可以作为一种区分建筑物与非建筑物的

间与空间。因此, 将模糊数学中向量隶属函数的方法引入, 判断待检索图像的候选类别。

下面介绍向量隶属度。

隶属度可以表示元素对集合的隶属程度。隶属度的取值在  $[0, 1]$  整个闭区间上, 当隶属度为 0 时, 表示该元素不属于对应集合; 当隶属度为 1 时, 表示该元素属于对应集合; 当隶属度在  $[0, 1]$  之间时, 该数值表示该元素属于该集合的程度。隶属度函数是表示整个论域中的各元素对某一集合的隶属度关系的函数。

在向量空间中, 有着许许多多的线性子空间, 每一子空间都有自己的内在特性, 子空间之间存在着或多或少的联系, 它们没有绝对的界限。因为向量空间中任一向量与各种子空间存在着一定的联系, 所以, 推广模糊数学中隶属度的概念来描述这种现象。同时, Hong 等人[7]认为图像本身的灰度分布描述了图像的内在信息, 将图像作为矩阵看待, 对其进行各种代数变换或矩阵分解, 以矩阵的特征向量作为图像特征, 即图像的代数特征, 并论证了奇异值特征向量是识别图像

特征。Turk 与 Pentland[8] 依据主分量分析技术, 将一幅图像变换成  $m \times n$  维向量,

用于特征抽取。Liu 等[9]以最佳鉴别准则计算图像矩阵的最佳鉴别投影向量,用于识别图像。综观其方法,皆以各种方法抽取图像的有效特征,然后经投影变换来分离识别图像。

所有图像可认为构成一个图像空间,则每一类图像是该空间中的子空间。若以

首先针对不同的语义提取适合的底层特征,存放在特征库中,然后根据本文前面提到的特征检索算法对待检索图像进行特征提取,并与不同语义的特征库进行计算,得出其对于每个语义图像库的隶属度,与阈值比较大小,若大于或等于阈值,则是待检索图像的候选类别,并在候选类别中进行检索:若小于,则不是,即不进行这个语义类别图像的检索。

## 2.3 图像相似度计算及二次检索实现

### 2.3.1 图像形式背景的生成

在对数据库中图像进行检索之前,所有的图像应该先进行预处理:针对给定的一幅图像,提取出图像的主要特征和对应的数据区间;然后生成每幅图像的特征与数据区间的背景矩阵。

以下定义一幅图像的形式背景:

定义 4.4: 图像的形式背景是一个三元组  $H = \{G, M, I\}$ , 其中  $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_i\}$  是图像中底层特征,  $M = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_i\}$  是相应特征  $g_i$  所对应的数值区间,  $I$  是  $U$  和  $M$  之间的二元关系, 其中  $I \subseteq G \times M$ 。

$G$  中的元素作为对象,  $M$  中的元素作为属性,  $I$  作为背景的关系。如果一个特征  $g_i \in G$  对应的数值区间  $m_j \in M$ , 那么关系就是  $(g_i, m_j) \in I$  或者以勿, 意味着“特征  $g_i$  的数值大小是属于区间  $m_j$  的”。

### 2.3.2 基于形式概念的概念相似度

概念格中的每个节点都代表一个概念。对于一个给定的概念, 把它和另外一个格中的节点进行匹配, 也就是格中的节点与给定概念的相似度[10]。

定义 4.5: 设两个形式概念  $p = (A_1, B_1)$ ,  $q = (A_2)$ , 如果  $A_1 \subseteq A_2$  并且则称  $p \leq q$ 。

图像的特征向量来描述图像, 则所有图像特征向量构成了向量空间的一个子空间, 称之为特征向量空间。就特征向量空间而言, 前面叙述的未知图像归类问题等价于将某一向量归于其某类图像子空间。

### 2.2.3 图像分类(一次检索)实现

定义 4.6: 设两个形式概念  $p = (A_1, B_1)$ ,  $q = (A_2, B_2)$ ,  $p$  与  $q$  的匹配是一个概念  $c$ ,  $c \subseteq A_1 \cap A_2$ ,  $B_1 \cap B_2 \subseteq B_c$ 。

$C$  中的单位概念决定之间的相似程度。

如果给定概念与格中的点完全相同(理想情况), 即  $c = p = q = (A_i, B_i) = (A_2, B_2)$ , 则这两个概念为完全概念匹配;

如果  $c \subseteq p \cup q$ , 则这两个概念为概念匹配, 又称节点匹配;

如果  $c \subseteq p$ ,  $c \subseteq q$  且, 这两个概念为部分匹配。

如果两个概念有共同的对象, 或者有共同的属性, 但是不可能同时有共同的概念和共同的属性, 即  $A_1 \cap A_2 \neq \emptyset$ ,  $B_1 \cap B_2 \neq \emptyset$  或者。那样就不可能有任何一个单位概念能匹配。这种单独的对象或者单独的属性的匹配称作关键字匹配。

如果给定概念与格中的点完全相同(理想情况), 即  $c = p = q = (A_i, B_i) = (A_2, B_2)$ , 则这两个概念为完全概念匹配;

### 2.3.3 图像相似度计算

每一幅图像都构成一个形式背景。判断两幅图像相似度的时候, 相当于两个形式背景中的概念结点进行相似度计算。两个概念结点完全相同的几率很小, 因此, 根据上面的概念相似度来定义图像概念的部分匹配器。

定义 4.7: 两个图像概念的部分匹配: 如果有  $p$ , 它的对象是两个概念的外延的交集, 属性是两个概念的内涵的交集, 那么  $p$  就是两个概念的部分匹配。即:

$$P(G, M) = P_1(G_1, M_1) \cap P_2(G_2, M_2) = (G_1 \cap G_2, M_1 \cap M_2)$$

其中,  $G, M \neq \emptyset$

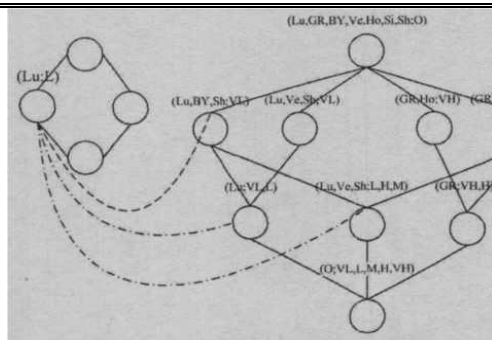


图 4.3 两个概念格的概念结点匹配

例如:令  $x=(3)$ ,  $y=(c, ④)$  是两个形式概念, 那么这两个概念的部分匹配就是  $m=(acb, bcd)$ , 其中  $a, c$  是对象,  $b, d$  是属性。

如图 1, 假设待查询图像中提取出来的信息中为一个概念 (Luminance; Low), 简记为  $(Lu; L)$ 。将待查询图像与候选类别中的一副图像进行相似度计算。左边是待查询图像的概念格, 右边是使用 ToscanaJ I 具以可由表 4.1 中形式背景生成的概念格。虚线代表了待查询图像概念格与库中图像概念格之间的概念结点匹配。图中有 3 个概念的部分匹配  $((Lu; L) (Lu, BY, Si; L))$ ,  $((Lu; L) (Lu; VL, L))$ ,  $((Lu; L) (Lu, Ve, Sh; L, H, M))$ 。

图 4.5 为图像二次检索的实现过程: 首先为待检索图像的特征向量建格, 然后分别与候选类别中的每幅图像的主要特征所建立成的概念格进行概念匹配, 即进行相似度计算, 最后, 根据相似度计算的结果, 按相似度大小排序。便完成二次检索过程。

#### 2.4 基于形式概念分析的图像检索算法

当用户输入一幅待查询图像时, 图像检索过程便开始进行。待检索的图像经过处理, 生成形式背景, 并建立一个概念格。图像库中的图像只有当与待检索图像进行比较时, 才建立概念格。因此, 在检索的任一时刻, 计算机内存中只有一幅待检索的图像和一幅图像库中的图像。

该方法是自动提取待检索图像的合适特征, 所以在检索过程中不需要用户参与, 因此不用提供与用户交互功能。

基于形式概念分析的图像检索算法  
根据文献 [11] 中算法求各类图像  $G$

$(Lu, Ve, Sh; L, H, M)$ 。

然后, 为概念的部分匹配赋予权值来决定这些匹配的重要性。每个对象-属性有它自己的权重, 每一个权重都存储在概念权重表中。用户可以依照自己的需求给权重赋值, 这里我们设所有对象属性的权重都为 1。图 2 显示了概念  $(1, 2; a, 8)$  中单个对象-属性的权重。其中 1, 2 为概念中的对象,  $a, b$  为概念中的属性,  $W_{i, a}$  代表了对象 1-属性  $a$  的权重,  $W_{2, b}$  意思同理。

#### 2.3.4 图像二次检索实现

基于上述分析, 下图实现了图像二次检索。的特征向量及待查询图像  $D$  的特征向量  $K_o$

计算待检索图像  $Z$  对各类图像  $G$  的图像隶属度  $c, (r)$ 。

建立待查询图像  $Q$  的概念格, 生成概念集合  $S=\{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ , 其中  $S$  是查询概念格中的一个概念,  $m$  是待查询概念格的概念总数。

建立候选类别  $C$ ; 中的一副图像  $C_n$  的概念格, 生成概念集合  $T=\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ 。

将待查询的概念集合中  $S_t$  的与图像中的每一个节点  $T_j$  进行概念匹配。

迭代 (6), 直到  $S$  中所有, 均匹配完。

根据公式 (4.3) 计算待查询图像与此幅图像的相似度。

迭代 (5)-(8), 直至候选类别  $G$  中所有图像均被匹配完。

迭代 (5)-(9), 直至候选类别  $G$  中所有类别的图像均被匹配完。

按相似度从大到小的顺序排列输出。



hierarchical system for efficient image retrieval. In: Proc. of the 13th Int Conf on Pattern Recognition. Washington: IEEE Computer Society, 1996, 356-360

Rui Y, Huang T S, Chang S F. Image retrieval: current techniques, promising directions, and open issues. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 1999, 10(4): 39-62

黄祥林, 沈兰茹. 基于内容的图像检索技术研究. *电子学报*, 2002, 30(7): 10651071

庄越挺, 潘云鹤. 基于内容的图像检索综述. *模式识别与人工智能*, 1999. 6

Colombo C, Bimbo A D, Paia P. Semantics in visual information retrieval. *IEEE Multimedia*, 1999, 6(3):38-53

Vailaya A, Figueiredo A T, Jain A K, Zhang H J. Image classification for content-based indexing. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2001, 10(1): 117-130

Matthew B, Liebo L. A Generalized Temporal Context Model for Semantic Scene Classification. In: Proceedings

of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2004

Luo J, Boutell M, Gray R T, Brown C. Image Transform Bootstrapping and Its Applications to Semantic Scene Classification. In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics*: Accepted for future publication, June 2005, Issue 99, 35(3):563-570

Karkanis S, Galousi K, Maroulis D. Classification of endoscopic images based on texture spectrum. In: *Workshop on Machine Learning in Medical Applications*. Chania, 1999, 63-69

Mojsilovis A, Gomes J. Semantic based image categorization browsing and retrieval in medical image databases, In: *IEEE International Conference on Image Processing*, Rochester, NY, USA, 2000

Tang L H Y, Hanka R. A review of intelligent content-based indexing and browsing of medical images, *Health Informatics Journal* 5, 1999, 40-49



