

《智能信息处理》课程作业

基于形式概念分析的图像检索的研究

姚铭泽

作业	分数[20]
得分	

2021 年 11 月 3 日

基于形式概念分析的图像检索的研究

姚铭泽

(大连海事大学 信息科学技术学院 辽宁 大连 116026)

摘要: 目前图像检索的工具主要是: 基于文本的图像检索、基于内容的图像检索、基于语义的图像检索。

其中基于文本和基于内容是最常用的图像检索技术。为了提高检索的效率, 本文提出了基于形式概念分析的图像检索技术。形式概念分析(Formal Concept Analysis, FCA)作为数据分析、规则提取和知识发现的强有力工具, 将数据用概念格的形式有效地结合起来, 从而发现概念内部的隐含知识。现在形式概念分析已经在机器学习、数据挖掘、信息检索等领域得到了广泛的应用。为了提高图像检索效率, 本文在 FCA (形式概念分析) 的基础上, 提出了基于形式概念分析的图像检索技术。

关键字: 图像检索; 形式概念分析; 图像特征; 概念格; 相似性

Research on Image Retrieval Based on Formal Concept Analysis

YAO MingZe

(School of Information Science and Engineering, Dalian Maritime University, Dalian China)

Abstract: The current image retrieval tools are based on the text, the content and the semantic.

The image retrieval based on the context and the content is the most common method. In order to improve the efficiency of image retrieval, the paper proposes a technique of image retrieval based on formal concept analysis. As a powerful tool for data analysis, rule extraction and knowledge discovery, FCA (Formal Concept Analysis) combines data effectively by using the concept lattice by which we can find the implicit knowledge of the concept inside. Recently the formal concept analysis has been widely used in machine learning, data mining and information retrieval and other fields. For improving the efficiency of image retrieval, this paper proposes image retrieval technology based on the formal concept analysis.

Keyword: Image Retrieval; Formal Concept Analysis; Image features; Concept Lattice

1 引言

形式概念分析是由德国的数学家 Wille 于 1982 年提出的, 是一种基于概念和概念层次的数学化的表达。形式概念分析的基本概念主要有: 形式背景、形式概念和概念格, 用交叉列表的形式来进行数据和形式背景(包括单值形式背景和多值形式背景)的表达。

概念格是形式概念分析的基础理论, 它是一种数据结构。概念格是知识挖掘和数据

分析的强有力工具, 已经在信息检索、软件工程、知识发现和数字图书馆等方面取得了很好的应用效果。建立概念格的过程实际上是概念聚类的过程。同一组数据无论建立概念格的过程如何, 最后生成的概念格都是一样的。概念格描述了对对象和特征之间的关系, 说明了概念之间的泛化和例化关系, 用于识别数据集中概念结构的数据分析理论, 概念

格可以用来表示概念之间的关系，并且与概念格相对应的 Hasse 图实现了数据的可视化。

层次结构的设计和维护被认为是一个难题。这种困难随着所涉及的类的数量和可能的需求演化的增加而增加，这些需求可能需要变更层次模型。

FCA 的主要目标是根据对象的属性对其进行分类。在 FCA 中，问题域通常被建模为一个交叉表，称为形式上下文，其中行对应对象，列对应属性。

在面向对象的设计过程中，FCA 理论可以应用到类模型中，从而对模型进行更深入的审查，并确保质量合格。

在工程、自然科学、人文科学等多种知识领域的软件设计中，通常需要设计者具有专业的技术知识，这使得设计者更难对这些系统的类结构进行建模。形式概念分析，也可以称为概念格，可以为其相关类的设计提供方便。

2 形式概念分析的基本理论

形式概念分析是由 R.Wille 于 1982 年提出，是应用数学的一个分支，是信息处理的一种理论，是知识处理的一种理论，是对现实世界的对象和属性的提取。

从数据库中发现知识的过程，就是在数据库中形成概念的过程，概念格的基本思想就是用点来表示概念，对概念进行形式化表示。每一个概念都是有内涵和外延两部分组成，概念格就是将这两部分作为概念的单元来进行形式化表达。

定义 1.1 一个形式背景 $K:=(A,B,R)$ 是由两个集合 A 和 B ，以及 A 和 B 之间的关系 R 组成， A 是元素对象的集合， B 是元素属性的集合（严格来讲是形式对象和形式属性）

$(a,b) \in R$ ，或者 aRb 表示对象 a 具有属性

b 。关系 R 也称为背景关联的关系，我们可以用 aRb 来表示 $(a,b) \in R$

表 1

属性 对象	物质 b1	导电 b2	导热 b3	固定 形状 b4	透明 b5	可燃 b6	无形 形状 b7	挥发 b8	可食用 b9
水 a1	1	0	0	0	1	0	1	1	1
钢 a2	1	1	1	1	0	0	0	0	0
木 a3	1	0	0	1	0	1	0	0	0
玻璃 a4	1	0	0	1	0	0	0	0	0
汽油 a5	1	0	0	0	0	1	1	1	0
汞 a6	1	1	1	0	0	0	1	1	0
纸 a7	1	0	0	1	0	1	0	0	0
酒 a8	1	0	0	0	1	1	1	1	1

表 1 给出了一个对象（行）的定义、属性（列）及其各自关联关系的结构。一个形式上下文 (A, B, R) 由两个集合 A 和 B 以及这些集合之间的二元关系 R 组成。 B 的元素称为对象 A 的元素称为属性。

通过形式上下文可以生成概念格。概念格是一个有向图，其节点表示建模的对象或实体，或者仅仅是概念间的关联。与节点耦合的是模型和/或方法的属性。概念格允许在各种应用程序中提取概念，例如面向对象方法中的数据库设计或类设计。图 1 给出了表 1 的形式上下文概念格。

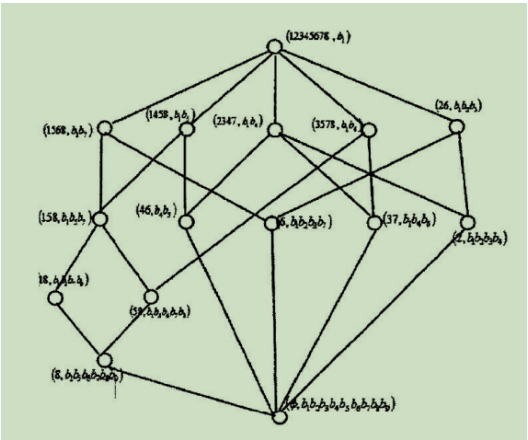


图 1：形式上下文的概念格

在一个概念格中, 如果概念 A 是概念 B 之上的一个概念, 并且这两个概念是连接的, 那么概念 A 可以被视为比 B 更一般的概念, 因此, 可以在 A 和 B 之间添加公共属性。因此, 如果 B 发生, A 也发生, 这表明了递推逻辑。概念格不仅描述了概念的层次结构, 而且描述了这些概念之间的一整套二元关系。这将使对象分析是可视化的, 可以通过在类层次结构中搜索来获得。

在图 1 中, 图中的每个节点都是一个概念。如果两个对象被放置在同一个节点 (概念) 上, 那它们具有相同的属性, 因此是具有该属性集的同类对象的实例。

因此, FCA 提供了一个工具, 用于对共享公共属性和方法的元素组进行识别, 这些元素组揭示了隐式和显式的依赖关系, 从而能够更好地理解概念。

3 用形式概念分析实现图像检索

图像分类的好坏对图像检索的结果又很大的影响。对于给定的数据库, 它可能包含多种类型和风格的图像。比如我们的电脑和手机主题, 有简约的、可爱的、有清新的、有动漫的、还有爱情和创新的, 不同的图像, 含有不同的对象, 人们对图像的关注点也不尽相同, 这里利用图像的语义特征 (即图像的关键字) 和图像的概念格进行分类。

在进行图像检索时, 如果将示例图像进行特征提取, 然后和图像数据库里的每一幅图像的特征进行相似性度量, 将会浪费大量的时间和空间, 因此在对图像进行检索之前, 我们先对图像库进行分类, 好的分类结果不仅能帮助我们快速检索图像, 更能提高检索的精确度。图像的分类在很大程度上取决于图像特征的分辨能力, 因此在检索图像时, 先提取图像的语义信息对图像进行粗略的分类。本文对图像库中有标注的图像进行分类, 例如: 人物图像主要是以人物为对象, 主要描述人物动作、人物表情以及所处环境; 风景图像主要是以某一风景为对象, 颜色和纹理比较丰富, 画面错综复杂, 重在

表现风景的奇特和美丽; 再如室内图像和室外图像, 室内图像主要是以墙壁和窗户还有家具的摆设为主, 这些物体颜色单一, 而且室内的光线比室外光线暗; 室外图像光线明亮, 而且一般包含天空、草地、树木等自然景观, 颜色和纹理都比较复杂。因此我们可以基于图像的语义特征对图像进行粗略的分类, 这样就能找到我们感兴趣的图像 (与示例图像相关的图像集), 然后只对感兴趣的图像集进一步检索, 这样就能大大地减少检索的时间。我们称之为图像的第一次检索。

首先根据图像的语义特征建立一个图像数据库。我们对图像库中的图像进行标号, 而且把图像作为形式背景中的对象, 分别记为 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_N$ 。对图像中出现的事物, 例如: 动物、人、花草、树木、建筑物等也进行标号, 并把这些语义特征作为形式背景中的属性, 分别记为 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_N$ 。

3.1 图像库的形式背景表示

对象 图像	T1	T2	T3	...	TN
F1	0	0	1	1	0
F2	0	1	0	0	0
F3	0	0	0	0	1
...	0	0	0	0	1
FN	1	0	1	0	0

表 3.1 图像库的形式背景

Table3.1 Cross-table of image database

然后利用图像的形式背景, 对图像库生成概念格, 我们对图像的语义进行检索, 把

含有相同语义特征和关键字，并且与示例图像相似度较大的图像看作一类。这里对图像库中所有的图像以及示例图像在同一个形式背景下生成概念格，因此利用本章第二节中“同一概念格中概念的相似性”（即计算每一个结点的距离），来计算图像的相似性。从而实现图像库的分类。其算法如下：

第一步：提取图像库中每幅图像相同的语义特征；

第二步：把图像作为形式背景中的对象，把图像的语义特征作为形式背景的属性；

第三步：根据图像的形式背景生成概念格，每一个概念格的结点都是一个概念，可以将具有相同属性的图像集聚类。

第四步：根据同一概念格中，概念之间的距离，计算概念之间的相似度，从而实现概念格的分类，找到感兴趣的图像集，即完成图像的第一次检索。

第五步：用户对检索结果进行反馈。

例 4.2 本文用一个简单实例说明图像的第一次检索，下面是 6 幅图像，图中含有一种或者几种事物。

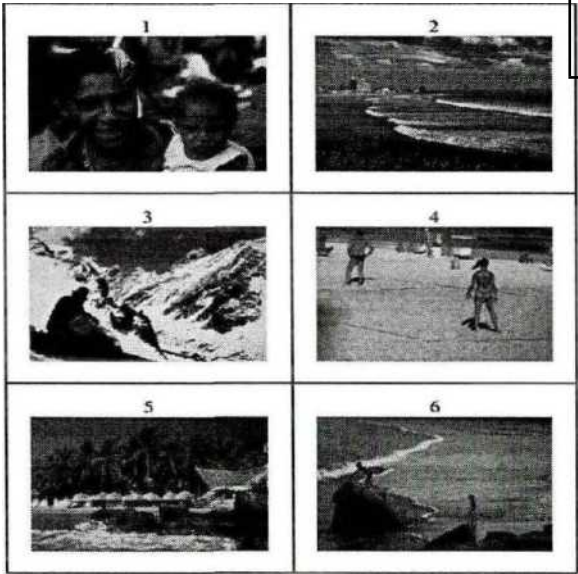


图 3.1 实例图像

Fig3.1 Example of images

3.2 生成概念格

我们把每一幅图像作为对象，定义图像的对象集为 $O = \{1,2,3,4,5,6\}$ ，然后提取图像中

的语义特征：人物、大海、岩石和树，把这些特征作为属性，定义属性集为 $B = \{a,b,c,d\}$ ，对这 6 幅图像建立形式背景，然后生成概念格。

表 3.2 图像的形式背景

Table 3.2 Cross-table made from images

属性 对象	a.人物	b.大海	c.岩石	d.树木
图像 1	1	0	0	0
图像 2	0	1	0	0
图像 3	1	0	1	0
图像 4	1	1	0	0
图像 5	0	1	0	1
图像 6	1	1	1	0

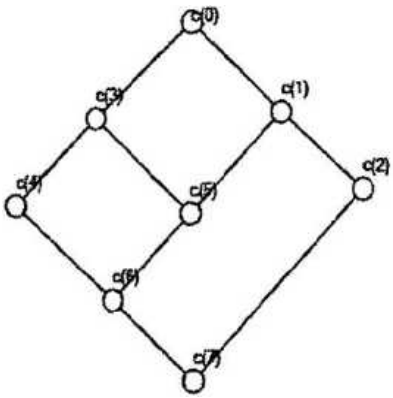


图 3.3 图像的形式背景生成的概念格

Fig3.2 The Concept lattice of the Table 3.2

通过以上形式背景的建立和概念格的生成，我们可以很清楚的看到图片（对象）和语义特征（属性）之间的关系，因此我们可以利用图像的概念格对图像进行第一次检索，本文把共同含有某一属性的图像看作一类，如找到与大海相关的图像集是概念格

中的概念 G,也就是说含有大海的图像有 2、4、5、6。然后对示例图像,人为地提取感兴趣特征,找到我们感兴趣的图像集就完成了图像的第一次检索。

3.3 图像的第二次检索

由于人的主观性的存在,基于语义和对象的图像分类不能满足我们对图像分类的要求,而且同一幅图像中可能含有多个关键词,例如,一幅图像可能即含有花草树木,又含有动物。因此第一次检索虽然节省了时间,但是却牺牲了检索效率。因此我们利用概念格的相似度对图像进行二次检索。每一幅图像都可以生成一个概念格,要想从图像集中找到与示例图像相似的图像,就是要使图像集中每个图像生成的概念格与示例图像的概念格相匹配。通过计算概念格之间的相似度,实现图像概念格的匹配问题,然后按照相似度的大小进行排序,就完成了图像的二次检索。

本文首先对图像进行特征提取,分别提取图像的颜色特征和纹理特征,并把颜色特征和纹理特征转化为特征向量,然后按照一定的权重把图像的颜色特征和纹理特征整合为一个数值型特征,存入数据库中。例如:对于淘宝上的某一幅图片,有的人注重一幅的颜色,颜色特征的权重就可以为 0.8,纹理特征的权重为 0.2,然后让各个特征分别乘以各自的权重再相加,就得到本文最后的数值综合型特征;又如,有的人更注重一幅图像的纹理,那就可以定义颜色特征的权重为 0.3,纹理特征的权重为 0.7,然后把各个特征分别乘以各自的权重再相加。

利用综合特征来进行图像的第二次检索。由于图像的向量特征与数值相对映,而这些离散型数值所跨的范围可能会比较大,因此要对这些数值进行区间划分。我们可以根据感兴趣的图像所具有的特点,选择一些数值区间,把数值不同但是属于同一数值区间的特征,作为同一特征来处理。

我们把示例图像输入分好类的图像库中,在检索过程中,我们用颜色和纹理特征的组合(颜色和为特征组成新的特征向

量),对示例图像和感兴趣图像集中的每一幅图像建立概念格。其过程如下:

第一步:输入一次检索后的图像数据集,读取图像集的图像,存入图像库。

第二步:对示例图像进行处理,进行感兴趣区域的划分,提取图像的底层特征(颜色和纹理),然后对特征进行加权综合,并把新生成的数值型特征存入图像库中。

第三步:根据示例图像的特征,选定合适的区间,并对特征进行数值区间的划分,建立形式背景,生成示例图像的概念格。

第四步:用计算机对一次检索后的图像数据集中每一张图像生成概念格。

第五步:计算图像库中的每一幅图像与示例图像概念格之间的相似度,并按相似度从大到小的顺序输出结果。

第六步:用户对检索结果进行反馈。基于形式概念分析的图像检索的系统如下:

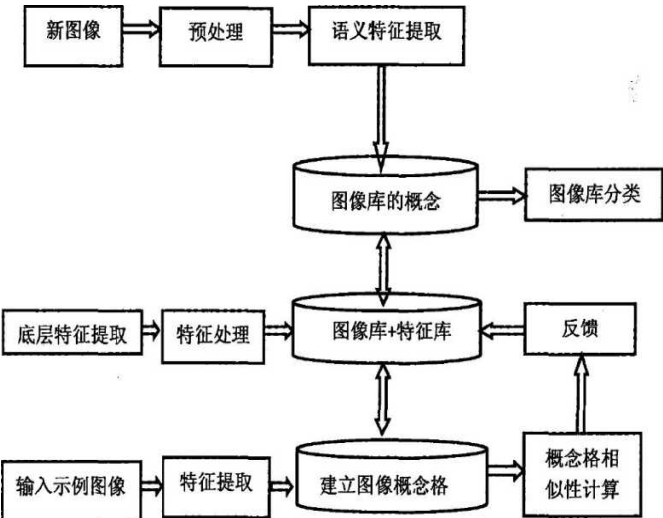


图 4.3 图像检索流程图
Fig4.3 Flow chart of image retrieval

4 结语

形式概念分析理论是用来进行数据分析和处理的一种数学工具,目前许多研究者经典形式概念分析与多种软技术数据分析工具进行结合研究它,其中包括知识发现、函数依赖、信息检索、数据库管理、软件工程、数理逻辑等很多方面。因此,对

于概念格的理论分析和应用。图像检索的研究目的就是实现自动化、智能化的图像查询和管理方式,使查询者可以实现方便、快速、准确的查找。本文通过对现有的几种图像检索系统的系统学习和研究,对图像特征相似性计算方法做出了总结,进一步分析了图像相似性的计算方法。本文重点在于利用形式概念分析给出图像检索的新方法。

参考文献

- [1] Chang S K, Yau C W, Dimitroff DC, Amd T. An intelligent image database system [J]. IEEE. Trans on software Engineering, 1988,14:681-688.
- [2] Tamura H, Yokoya N. Image Database systems: A Survey [J]. Pattern Recognition, 1994.17(1): 121-128.
- [3] 黄晓斌.基于内容的图像检索技术[J],图书馆学报, 1999 (4): 25-27.
- [4] 蒋平.基于 Eclipse 的概念格构建系统的设计与实现[J].计算机技术与发展, 2011 (04): 01-05.
- [5] 黄元元.基于视觉特征的图像检索技术研究[D],南京: 南京理工大学, 2003.
- [6] Zhao M , Zhang S , Li W , et al. Matching biomedical ontologies based on formal concept analysis[J]. Journal of Biomedical Semantics, 2018, 9(1):11.
- [7] 赵倩.基于内容的图像检索若干技术研究[D],上海: 上海大学, 2012.
- [8] 梁晶.基于颜色特征的图像检索技术研究[D],厦门: 厦门大学, 2009
- [9] 张振花.基于内容图像检索的若干技术研究[D],长春, 吉林大学, 2007.