

图象数据库的研究现状与发展

杨宇艇 潘云鹤 庄越挺

(浙江大学人工智能研究所 杭州 310027)

摘 要 Image database is a combination of traditional database technique and image processing. Current research progress is surveyed, and hierarchical structure represented. Image modeling and image indexing are discussed. Finally, the next generation of image database is foreseen.

关键词 Image database, Image data model, Image indexing, Query.

一、引 言

现实世界中的信息媒体多种多样,包括文字、图象、声音、视频和动画等。在计算机领域中,针对文字信息的存储和管理,我们已经发展了完善的数据库技术;针对图象的处理,主要包括四种技术^[1]:(1)图象处理:将客观世界中原来存在的物体映象成数字化图象,其中包括图象滤波、增强、压缩、复原和重建技术。(2)计算机图形学:将数据和几何模型变为图象。(3)模式识别:从图象提取数据和模型。(4)计算几何:研究几何模型和数据处理。它们之间的关系如图1所示。这四门学科之间的界线也不是非常确定的,相互渗透与沟通是一大趋势。

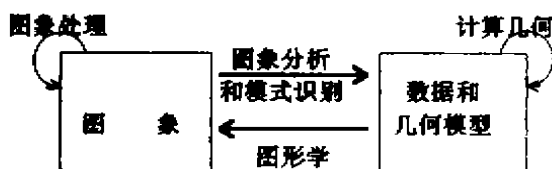


图 1

图象数据库技术是图象处理技术和传统的数据库技术相结合的产物。图象数据库的产生既拓展了传统数据库技术的应用范围,又为图象处理提供了强有力的支持。

图象数据库(Image Database)是这样一个系统,它能够将一大批图象及其有关信息存储在一起,并对它们进行有效的管理,以保证数据的一致性、完整性,支持各种应用。

传统数据库管理系统由于受自身的缺陷和能力

限制,难以支持图象数据库的管理。实际上,传统数据库并没有为图象实体建立真正的数据模型。并且,图象数据库中需要大量的图象操作,例如特征抽取、分类、滤波、去除噪声和增强等,还要求根据图象及其中物体的相似程度进行相似检索。这就要求建立适用于图象管理的图象数据库。

早期的图象应用系统中,主要问题是图象的基本处理技术和基本方法。随着图象获取手段的日趋完善,图象处理方法的日趋成熟,有条件研究大型的具有完善功能和自动水平的处理系统。这时图象的存储和管理就显得特别重要。这其中,大容量高速存储器,包括CD-ROM,为图象的海量存储提供了基本实现手段。今天的图象数据库不仅作为存储和检索手段,而且广泛应用于计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程(CAE)、地理信息系统(GIS)、办公自动化(OA)、医用图象档案和通讯系统(PACS)、科学数据库(Scientific Database)等。

以图象数据库为核心的图象信息系统已经发展成为基于某一领域的知识的智能系统。通过存取和利用领域知识,该系统可以完成较复杂的任务。图象信息系统将是导向形象思维、智能计算机和智能机器人的必经之路^[2]。

信息高速公路的兴起和国际互联网(Internet)的普及,促使图象数据库的研究和使用在深度和广度上都大大加强。在研究和使用的深度上,实时的图象无损压缩/解压、图象数据在网络上的传输成为研究热点;在广度上,图象数据来源扩展到卫星信号,电视信号,网络传输信号。

计算机行业极具前景的多媒体(Multimedia)技术综合集成了图象、图形、声音、文字等媒体,处理对

象包括:文本、图象、计算机动画、音频、视频等信号。其核心包括图象的编码、存储、压缩、解压、传输等管理。

以上种种表明,对图象数据库的研究具有重要的理论意义和实际应用价值。下面拟从图象数据库的结构进入细致的分析。

二、图象数据库系统的结构

传统数据库系统的结构分成三级模式和两级映射:内模式,模式、用户视图(又称外模式)和从外模式到模式的映射、从模式到内模式的映射^[3]。根据图象数据的特殊性,我们将图象数据库系统的结构分成五级模式,四级映射(图2)。

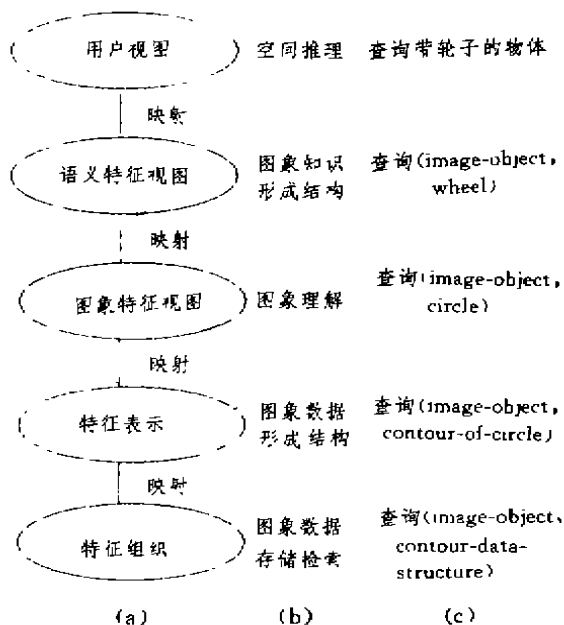


图2

(a)模式及映射

(b)各级的任务

(c)各级查询的例子

这五个级别的模式是相互独立的。用户视图完成空间推理的任务。语义特征视图从用户观点出发,描述图象特征在某一领域的视图。图象特征包括图象中的人、物、景、象(我们称之为图象实体)的形状、颜色、纹理和空间关系等。例如,语义特征“轮子”对应“圆”和其他一些实体特征,而在其他应用领域,例如 PACS,“圆”和其他一些实体特征共同表示“肿瘤细胞”语义。特征表示层支持同一图象特征的多重

表示,例如,“圆”可以用轮廓表示,也可以用圆心和半径表示。特征组织层是图象特征表示的底层描述,用来定义特征的存储方式、物理结构和索引组织。

在这五级模式的结构中,从用户视图到语义特征视图类似于传统数据库结构中的用户视图,从图象特征视图到特征表示层类似于传统数据库结构中的模式,特征组织层类似于传统数据库结构中的内模式。四级映射使图象数据库具有较高的逻辑独立性和物理独立性。当某个级别的模式更改时,只需通过修改相应的映射(这是数据库管理员 DBA 的责任),保持其余的模式不变,从而保持用户程序不变。

五级模式、四级映射是图象数据库系统的总体框架。实际的图象数据库应用领域不同,图象数据存储、索引不同,支持不同数据模型,使用不同查询语言,但总的体系结构上有五级模式和四级映射的特征,当然也不必苛求所有系统和这里介绍的体系结构完全一致。

三、数据类型和数据模型

图象数据库系统要管理的数据有以下三种:

(1)图象数据。原始图象本身是一个二维的点阵信息,常用的图象格式有 BMP、GIF、TIFF、PCX 和 IMG 等。图象数据还包括各种对原始图象处理后的图象特征组织。图象特征组织并不直接存储,而是经过编码后再存储。

(2)图象特征的描述。主要是描述图象实体的形状、颜色、纹理和空间关系等。这对于基于图象内容的查询,存取是必不可少的。早期的研究着重于图象特征信息描述本身,目前研究如何将图象特征表达在数据模型之中。

(3)辅助信息。对整幅图象作出说明,无论原始图象是否在物理上真正存储,这些相关信息是必需存储的。例如一张卫星遥感照片可以用一条记录形式描述成为:(flight number, frame number, altitude, date, ...),一幅医用图象可描述成为:(病人姓名,年龄,医生姓名,症状, ...)。

数据模型是严格定义的概念的集合。这组概念精确描述系统的静态特征、动态特征和完整性约束条件。因此,数据模型通常由数据结构、数据操作和完整性约束三部分组成。数据结构是对象类型的集合,包括对象和对象之间的关系,由数据描述语言(DDL)表达。数据操作是指对数据库中对象的实例允许执行的操作的集合,包括操作及有关规则,由数

据操纵语言(DML)和查询语言(QL)表示。数据约束是完整性规则的集合。完整性规则是给定数据结构中数据及其联系所具有的约束和依存规则,用以保证数据的正确、有效、相容。

传统数据库管理系统中主要有三种数据模型^[4]:层次模型、网状模型和关系模型,它们在传统数据库应用中已经取得较大的成功。在非传统数据库应用领域,例如工程信息管理,也提出了面向对象的模型等有效的方法。但在图象的直接管理上,至今仍无重大突破,通常采用的方法是对图象数据库中的图象数据和字母数字等文字数据分别建模^[4]。

早期的图象数据库通常采用关系数据模型和层次数据模型来对图象数据建模。例如,早在1977年,McKeown和Reddy在Midas(Multisensor image database system)中采用层次数据结构逐层细化地存储图象^[5],他们称之为图标数据结构(iconic data structure),Kunii在Infads系统中把图形解释作为关系的一种属性^[6]。关系模型和层次模型也可以混合起来,共同对图象建模^[7],这些模型都无法支持前面所讲的图象数据库的层次结构。

与文字数据相比,图象数据有自身的特点:

1) 图象内容难以准确地描述。图象内容包括一组空间对象,例如点、线、面等,以及它们之间的空间关系,例如邻接、面向、相对位置等。它们只能被近似地描述成为图象实体及其特征。而文字数据可以用基本数据类型,如整型、字符串等,或由基本数据类型组成的复杂数据类型来准确地描述。并且,图象数据库还要求图象实体的同一特征的多重描述。因此,图象数据模型必须使用户不必去了解图象实体特征的底层数据结构,并且能够动态提供实体特征和特征表示之间的映射机制。

图象实体特征组织的形式与图象处理密切相关。原始图象通过图象分析和模式识别,产生图象实体的特征组织。这里涉及到图象增强、图象分割、模式识别和纹理分析等一系列技术。最终的特征组织包括:

• 实体编码。常用的编码形式有:行程码、四叉树、八叉树等。这在关于图象处理的书中有详细描述,这里不再赘述。

• 形状特征。形状特征包括面积、方向(orientation)、环形性(circularity)、偏心率等^[8]。面积用象素点的个数计算。环形性定义为周长*周长/面积,周长也用象素点的个数表示。根据实体边缘象素点计算出协方差矩阵后,可以定义该矩阵的最大的特征

向量为形状主轴向量,定义该矩阵最小的特征值与最大的特征值的比为偏心率。

• 颜色坐标和颜色直方图。常见的颜色坐标空间有(R,G,B)、(H,S,V)、(H,L,S)等。颜色直方图用来表示图象中的颜色和出现这种颜色的概率之间的关系。

• 纹理。实体的纹理属性包括均匀度、对比度和方向(Direction)等。可以采用空间灰度级依赖矩阵^[9](SGLDM)来分析纹理,定义上述属性。

一个实体表面可能包含不止一种纹理,因此需要将实体表面分成若干大小一致的区域进行分析。对于实体边缘上的“碎片”或包含不止一个纹理的区域,继续细分,直至每个区域最多只包含一种纹理,最后统计实体表面包含的所有纹理。

纹理的方向是指纹理基元周期性重复的方向。为判断某一方向是否为纹理的方向,可以沿此方向逐次移动一个象素点,两个象素点...,对每次移位后产生的象素排列和初始的象素排列,用文[9]中的公式计算它们的相关系数。若存在某次移位的相关系数足够大,则该方向是构成纹理的方向。为说明起见,举一个简单的例子,考虑宽度为10个象素、灰度级范围从0到9的图象,在水平方向上进行移动,如图3所示。

灰度值	1	8	3	2	7	6	2	1	9	7	相关系数
移位0	(1	8	3	2	7	6	2	1	9	7)	1.00
移位1	(1	8	3	2	7	6	2	1	9)	7	-0.20
移位2	(1	8	3	2	7	6	2	1)	9	7	-0.71
移位3	(1	8	3	2	7	6	2)	1	9	7	0.27
移位4	(1	8	3	2	7	6)	2	1	9	7	0.53
移位5	(1	8	3	2	7)	6	2	1	9	7	-0.31

图3

移位2次的相关系数的绝对值较大,但符号为负,说明原象素点较亮,移动点较暗,或原象素点较暗,移动点较亮。移位4次的相关系数的绝对值较大,且符号为正,说明灰度级的顺序重复。因此,纹理方向是水平方向,周期是4。

SGLDM随纹理方向和周期的变化而变化。设 θ 是纹理方向和水平方向的夹角, d 是周期, $S_{d,\theta}(i,j)$ 定义为:灰度级 i 与灰度级 j 相邻的个数,其中 $I(x_1, y_1)=i, I(x_2, y_2)=j, I(x, y)$ 是原始图象在 (x, y) 处的灰度值,且 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 应满足 $x_1 = x_2 + d * \cos\theta, y_1 = y_2 + d * \sin\theta$ 。例如图4(a)是一幅灰度级范围从0到9的原始图象,图4(b)是 $\theta=0, d=1$ 时的 $S_{d,\theta}(i,j)$ 。

```

4 4 4 6 6 4 4 4 7 7
4 4 6 6 4 4 4 4 7 7
4 6 6 6 4 4 4 7 7 7
6 6 6 4 4 4 7 7 7 4
6 6 6 6 4 7 7 4 4 4
6 6 4 4 4 7 7 7 4 4
6 4 4 4 7 7 7 4 4 7
4 4 4 7 7 7 4 4 7 7

```

图 4(a)

	j									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	23	0	3	10	0	0
i 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	7	0	10	0	0	0
7	0	0	0	0	5	0	0	14	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 4(b)

可以定义:

$$\text{均匀度 } H(d, \theta) = \sum_i \sum_j S_{d, \theta}(i, j),$$

$$\text{对比度 } C(d, \theta) = \sum_i \sum_j (i-j)^2 S_{d, \theta}(i, j).$$

对比度表明了纹理的灰度级变化范围。例如,若所有灰度级都相等,则只有当 $i=j$ 时 $S_{d, \theta}(i, j) \neq 0$, 由此可得对比度 $C(d, \theta)$ 为 0。

· 草图(sketch)。草图特征使图象数据库可以基于用户手画边界草图进行查询。草图特征由原始图象实体边界映射组成。草图特征的生成算法^[8]可大致描述如下:

STEP1: 把图象转换成为灰度图象。

STEP2: 边界提取。

STEP3: 把边界图象缩小到 $64 * 64$ 像素大小。

设原边界图象的高度为 h , 宽度 w , 把图象分成 $64 * 64$ 块, 每块大小为 $h/64 * w/64$, 块中只要有一个像素点是边界点, 该块就是边界点, 由此可得 $64 * 64$ 像素大小的草图。

2) 空间对象及其关系自身不包含语义信息, 而文字数据则相反, 在实体和关系的名称中就包含了

语义信息。例如有如图 5 所示的 E-R 图, 表示两个实体“学生”和“课程”, 以及它们之间的关系“选课”。



图 5

直接把语义信息与空间对象及其关系相联系将严重限制图象信息的使用, 这是因为: 首先, 同一图象可以有多种解释; 其次, 同一图象在不同时期使用方式不同; 最后, 图象只是近似地被解释, 这种解释将随着图象识别技术的发展而发展。一个可行的方法是: 利用图象实体及特征对空间对象及其关系建模, 把语义信息建筑在图象特征之上, 构成语义特征。实现语义特征和图象特征之间的映射还存在许多问题。由于计算机视觉技术尚未成熟, 这种映射还不能自动完成, 必须在数据模型中完成。为便于数据库设计者使用, 图象数据模型应提供一种映射算子, 并且支持映射算子的改进。

3) 图象数据库支持图象查询和空间推理, 而图象本身具有多个或不确定的解释, 因此, 系统应提供特定的领域知识, 以使用户逐步精炼其要求, 最终形成一个简单查询语句或由简单查询语句复合而成的复杂查询语句。可行的方法是: 提供一个基于知识的导航模块指导用户。

近年来, 已经出现了一些图象数据模型。图象处理领域的研究者使用广义图模型(generalized graph models)。例如, GRIM-DBMS 使用属性关系图作为数据模型^[10]。而数据库领域的研究者使用扩充关系模型^[11]。此外, 还有基于面向对象方法的模型, 如 VIMSYS^[12]等。

四、索引技术

索引技术包括三方面: 索引的表达、索引的组织、索引的提取。在传统的数据库中, 索引是基于关键字的, 而在图象数据库中, 作为索引的是图象特征, 即图象实体的形状、纹理和空间关系, 它们无法用关键字表达。图象索引的表达有一些特别的性质: (1) 图象索引只能近似地表达。(2) 图象索引是无

序的,如果 a, b, c 是图象的三个索引值,且有 $a < b < c$,这并不意味着图象 b 与图象 a 的相似度比图象 c 与图象 a 的相似度要来得高。(3)图象属性描述可能具有相互联系的多重属性,即如果 a_1, a_2 是一个索引的两个值, $\text{result}(a_1, a_2) \neq \text{result}(a_1) \cap \text{result}(a_2)$ 。

正因为这些特性,传统数据库的许多索引结构,如 B 树,hashing 等都无法用来描述图象的索引组织。有人提出可视结构^[12](visual structure)。S. K. Chang 把图象索引描述为一个三维空间^[13],如图 6 所示。任何一个图象数据库系统对应三维空间中的一个空间区域。

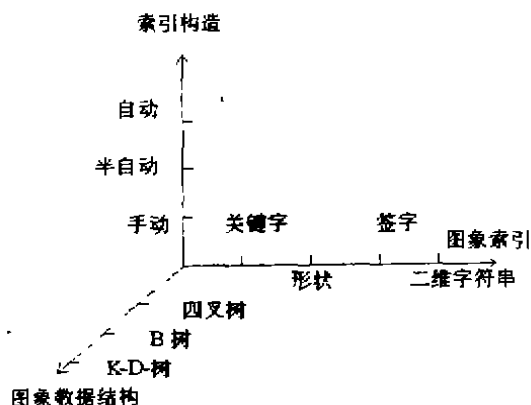


图 6

五、访问级别和查询语言

一般而言,对图象的访问存在三级:第一级,标识(identification)访问。第二级,条件语句或/和复合键的组合来访问。第三级,相似查询。其中以第三级为最高,相似查询建立在特征分析和模式识别的理论基础上,涉及的主要问题是数据模式的描述和判别。查询过程是根据给定的模式,对输入的模式进行匹配,判断关键是相似度。当相似度由特征值的数字和/或逻辑值来表示时,相似查询退化为条件查询。相似查询是图象数据库系统区别于传统的数据库系统的基本特征之一,也是其最吸引人的功能。

针对上述三种不同的访问级别,已经发展了一些查询语言,其中较为成功的有:

(1)PSQL^[14],一种类似于传统的数据库系统的 SQL 语言。它的基本查询语句形如:

```
SELECT      state,
FROM        states
WHERE       area(state_region) > 30,000
```

• 12 •

(2)GRIM-DBMS^[10]中支持含有模糊度量的查询语言。例如:

Retrieve Images(hospital-building/0.9)

Containing

((double-bedroom/1.0)AND(number-of-door $\geq$ 2))

上述查询语言都是基于图象的辅助信息和图象实体的语义信息,而不是直接捕获图象实体的底层信息。这将导致一些问题:(1)如果在图象数据库中,某一图象的辅助信息没有初始输入,那么查询将失败。(2)表示图象实体语义的词汇不统一,如“车轮”就无法与“轮子”相匹配。(3)实体的形状、纹理、颜色、空间关系等很难用文字确切表达。针对这些问题,产生了基于图象内容的查询(Query By Image Content)。QBIC 可以定义为根据草图、用户指定的图象、颜色和纹理模板、空间关系描述和图形等,并加以文字信息,对图象数据库进行查询。

QBIC 是基于相似度的,并非精确匹配。因此,我们要为特征定义一些相似函数。相似函数的返回值通常在 0 和 1 之间,0 表示完全不相似,1 表示完全相似。最简单的相似函数是距离,包括欧几里德距离、市区距离、棋盘距离^[15]等,而距离越大就越不相似。下面举例说明不同图象特征的匹配方法和相似函数。

(1)颜色。若查询的目标是要求检索出图象数据库中那些包含有平均颜色与样品实体相接近的实体的图象,那么数据库中待检图象和样品图象之间的距离用加权欧几里德距离表示。

采用基于颜色分布的匹配将获得视觉效果上更接近样品实体的查询结果^[8]。例如,一个逐渐从红到蓝的实体(平均颜色是紫色)与另一个颜色从红到蓝的实体,比它和紫色的实体,在视觉上更为接近。这种匹配可以用颜色直方图来实现,定义 $\bar{X}$ 是图象实体的颜色直方图向量, $\bar{Y}$ 是数据库中图象实体的颜色直方图向量, $\bar{Z} = \bar{Y} - \bar{X}$, 则相似度 $= Z^T A Z$, 其中 $A_{ij} = 1 - d(C_i, C_j) / d_{\max}$, C_i, C_j 是直方图中第 i, j 中颜色 $d(C_i, C_j)$ 是它们之间的 MTM(Mathematical Transform to Munsell)颜色距离, $d_{\max}$ 是直方图中任两种颜色之间的最大距离。矩阵 A 代表了不同颜色对之间的感觉上的距离。

(2)纹理。由纹理的均匀度、对比度和方向组成了三维纹理空间。任何一种纹理都对应空间中的一。纹理之间的距离可以用空间中的加权欧几里德距离表示。

(3)形状。基于形状的匹配是 QBIC 最具挑战性,也是极具生命力的领域,至今还处于发展阶段。一种方法是用形状属性集的加权欧几里德距离定义形状之间的距离。可以选择形状特征集合的任何一个子集,通常选择大小和方向。QBIC 还包括草图查询:由用户手画一些大致边界,查询出图象数据库中具有相似边界的图象。大致算法^[6]可以描述如下:

STEP1:把用户手画草图缩小到 64×64 像素大小。

STEP2:把草图分成 8×8 块,每块 8×8 像素大小。

STEP3:查询图象数据库,对每幅图象,分别计算草图中的每个块与该图象草图特征中 16×16 大小的相应区域的相关系数。

STEP4:求图象库中的图象每个区域的相关系数的和,作为该图象和草图的相关系数,判断是否匹配。

六、下一代图象数据库

下一代的图象数据库将是主动型的图象数据库,图象带有相应的知识结构。图象入库时能够自动进行数据的初始化,并且能够对用户的探测、存取等操作作出响应,例如,图象可以根据不同的使用环境选择不同的显示分辨率。

主动图象数据库需要主动的索引作为支持。一个带主动索引的图象数据库如图 7 所示。

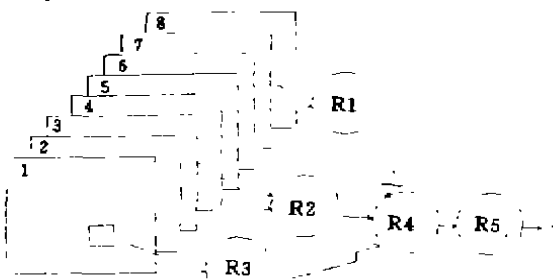


图 7

R1 是图象 7 的一个实体的索引, R2 是图象 2、3 的实体的索引, R3 是图象 1 的实体的索引。这些都是主动索引, 图象的实体特征作为索引的输入, 从而激活了上述索引; 这些索引中的任意一个被激活就会激活 R4, 从而激活 R5…。用这种方法可以在图象上定义一些实体为热点, 由热点逐级激活索引, 最终

产生响应。

主动图象数据库的关键是如何自动或半自动地构造基于实体的主动索引, 尚有许多技术问题需要研究。

七、图象数据库举例

(1)智能图象数据库(Intelligent Image Database System)^[10]。由匹兹堡大学的张系国(S. K. CHANG)等开发。该系统的主要特点是支持图象实体之间空间关系的表示和查询, 其理论基础是用正交关系表示实体之间的空间关系, 这种空间关系用二维字符串表示。这样所有的空间关系操作都可以转化为二维字符串操作, 还可以根据二维字符串进行图象可视化。举一个简单的例子说明二维字符串的构成原理, 如图 8 所示。

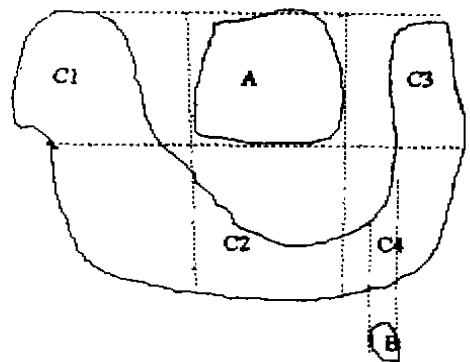


图 8

实体 A 作为视点实体, 从东、南、西、北四个方向寻找最先“看”到的实体。这些实体, 例如 C, 至少一部分, 至多四部分被视点实体看到。把看到的那些部分加入正交关系集合 $Rel(X)$ 。图象中的所有实体依次作为视点实体进行上述操作, 完成之后进行再对每个实体进行分割, 正交关系集合中的每个元素都构成一个实体, 取代了原来的实体。若集合为空, 则实体保持不变。上例中以 A 为视点, 把 C1, C2, C3 加入到 $Rel(X)$ 中, 再以 B 为视点, 把 C2 加到 $Rel(X)$ 中。C 被分为 C1, C2, C3, C4 四个实体。最后, 根据实体的形心位置得到一个二维字符串: $(C1 < C2 \ A < B \ C4 < C3, B < C2 < C4 < C1 \ A \ C3)$ 。其中第一项表明水平方向的位置关系: C1 在最左面, C2 和 A 水平方向位置相同, 且都在 C1 的右面, 再向右是 B 和 C4, 最右面是 C3; 第二项表明垂直方向的位置关系: B 在最下面, 向上是 C2…。

IIDS 中图象处理的过程如图 9 所示:

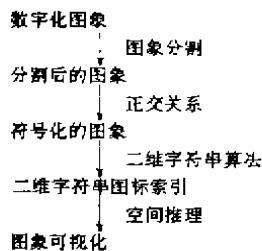


图 9

IIDS 的系统结构如图 10 所示。

IID 的用户界面是一个菜单驱动的综合环境,可以进行数据库操作、图象查询、图象可视化、通讯和帮助,其查询功能强大,可以完成基于图象名称的查询、基于图象关键字的查询、基于空间关系的例子查询等。它的优点是:当图象插入数据库时自动完成图象处理的过程,形成二维字符串,支持关于空间关系的操作。不足之处在于二维字符串仅表示实体之间的空间关系,无法表示实体的其他特征,并且系统缺乏实体的语义信息,图象的名称和关键字是由用户预先输入的,表达能力有限。

(2) GRAIN (Graphs-oriented Relational Algebra)

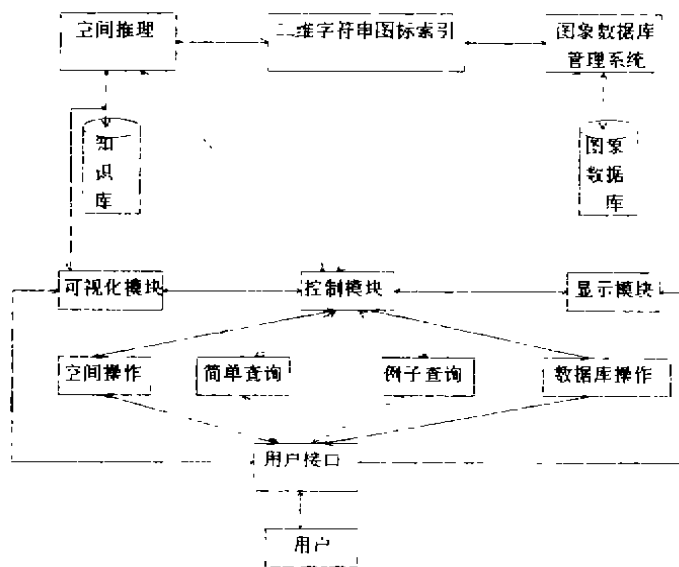


图 10

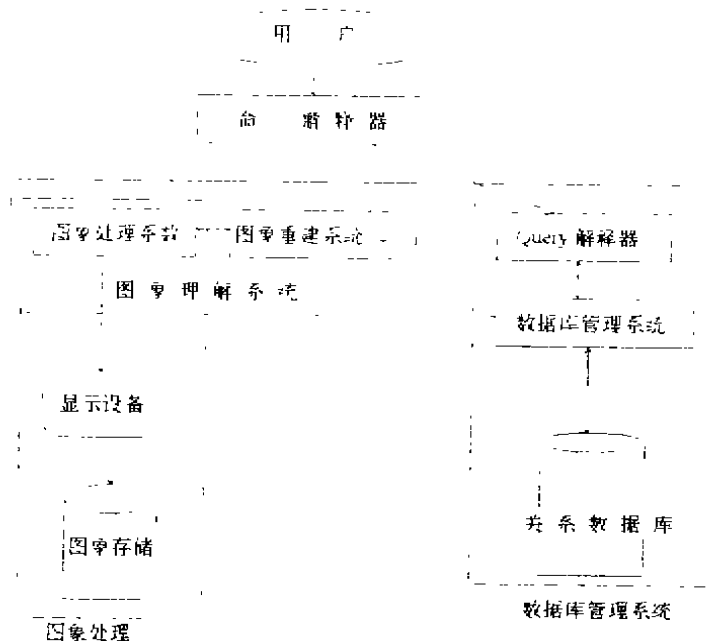


图 11

bra Interpreter)。该系统由伊利诺斯大学于 1977 年开发成功。它的主要贡献是引入了逻辑图(Logical picture),即将整幅图象分成若干有意义的部件,构成 masks,具体分成三张表:图象对象表 POT、图象轮廓表 PCT 和图象页表 PPT。原图称为物理图(Physical Picture)。

(3) REDI (RElational Database system for Images)

该系统由 Purdue 大学开发,用于地面卫星图象。系统结构如图 11 所示。系统中道路、河流、城市和河流均被标识出,并以关系的形式存储,例如:道路和河流以线段表示。查询的形式是:“请找出我刚才指向的河流的名称”或“请找出与这个城市有相同道路样式的城市的照片”,以表格的形式输入。由于事先已有许多信息包含在图象属性,例如:路名、市名、坐标之中,使查询语句的解释很容易。REDI 中使用的查询语言是 QPE (Query by Picture Example),它是 QBE (Query By Example) 功能的扩展,具体功能有:图象处理操作算子(处理集)、支持图象特征关系的转换、支持简单的相似查询。

(4)Sketch Database. 该系统由Nogoya大学开发。它从心脏X射线得到的图象库中提取出抽象的部分,称之为草图(Sketch),一方面使数据减少,另一方面使这样的使用成为可能;以Sketch作为一种图象键(Pictorial Key),从数据库中取得期望的图象。总体来说,这样一个Sketch描述是实现相似查询所跨出的第一步。两幅图象的相似度用它们的草图(Sketch)的相似度来衡量。

总之,图象数据库的研究方兴未艾。以上只是一些报道的系统,相信随着图象处理技术的进展,图象数据库的研究必将走向深入和真正的应用。

参考文献

- [1]唐荣锡等,计算机图形学教程,科学出版社
- [2][美]张兴国,图象信息系统设计原理,科学出版社
- [3]萨师煊、王珊,数据库系统概论(第二版),高等教育出版社
- [4]S. K. Chang and A. Hsu, Image Information Systems, Where Do We Go From Here?, IEEE Trans. Knowl. Data Eng., Vol. 4, No. 5, 1992
- [5]D. M. McKeown, Jr., and D. J. Reddy, A Hierarchical Symbolic Representation for Image Database, Proc. IEEE Workshop Picture Data Description and Management, 1977
- [6]S. K. Chang and T. Kunii, Pictorial database systems, Computer, Vol. 14, No. 11, 1981
- [7]S. K. Chang et al., A Generalized Zooming Technique for Pictorial Database Systems, AFIPS Conf. Proc. Vol. 48, 1977 NCC
- [8]W. Niblack et al., The QBIC Project: Querying Images By Content Using Color, Texture, and Shape, in SPIE IS&T Storage and Retrieval for Image and Video Databases Vol. 1908, Feb., 1993
- [9]A. Low, Introductory Computer Vision and Image Processing chap. 16, McGRAW-HILL Book Company, 1991
- [10]F. Rabitti and P. Stanchev, GRIM-DBMS, A Graphical Image DataBase management system, in Visual Database Systems, Amsterdam, The Netherlands: North-Holland, 1989
- [11]L. G. Shapiro and R. M. Haralck, Organization of relational models for scene analysis, IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell., Vol. PAMI-4, 1982
- [12]A. Gupta T. Wevmouth and R. Jam, Semantic queries with pictures: The VIMSYS mode, in Proc. VLDB'91 Spain., 1991
- [13]A. Kilnger and A. Pizano, Visual structures and data bases, Same to [10]
- [14]N. Rossopoulos, et al., An efficient pictorial database system for PSQL, IEEE Trans. Software Eng., Vol. 14, May, 1988
- [15]A. Rosenfeld and A. C. Kak, Digital Picture Processing, Academic Press, New York, 1982
- [16]S. K. Chang et al., An intelligent database system, Same to [14]

(上接第19页)

参考文献

- [1]J. D. Ullman, Principles of database and knowledge base system, Computer, Science Press 1989
- [2]袁军,演绎数据库优化技术,东南大学博士学位论文,1995. 6
- [3]陈栋,演绎数据库语言及系统实现技术的研究,东南大学博士学位论文,1995. 8
- [4]袁军、陈栋、王能斌,广义左右线性递归规则组的改写,《计算机学报》,(将刊于1996年第1期)
- [5]袁军、陈栋、王能斌,数据逻辑语言中的集合,《计算机研究与发展》,Vol. 32, No. 4, 1995
- [6]袁军、陈栋、王能斌,线性递归规则的并行计算方法,《计算机研究与发展》,(已录用)
- [7]袁军、陈栋、王能斌,演绎数据库的语义查询优化,《东南大学学报》,Vol. 25 No. 1, 1995