

视频挖掘技术综述

代科学¹⁾ 武德峰¹⁾ 付畅俭¹⁾ 李国辉¹⁾ 李惠佳²⁾

¹⁾(国防科技大学信息系统与管理学院系统工程系,长沙 410073) ²⁾(长沙军洪科技发展有限公司,长沙 410001)

摘要 随着视频数据越来越容易获取和存储,视频数据的有效利用问题日益突出。视频数据挖掘近年来受到了国内外研究人员的极大关注。它旨在提取视频数据的语义信息并挖掘出隐含其中的有用模式和知识,从而实现智能视频应用,辅助人们决策。通过对国内外研究进展的跟踪分析,归纳了视频挖掘的概念,并对其实现方法和应用领域做了较为详细的总结和讨论,指出了视频挖掘技术研究所面临的挑战。

关键词 多媒体数据挖掘 视频挖掘 数据挖掘

中图分类号: TP391 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2006)04-0451-07

Video Mining: A Survey

DAI Ke-xue¹⁾, WU De-feng¹⁾, FU Chang-jian¹⁾, LI Guo-hui¹⁾, LI Hui-jia²⁾

¹⁾(Department of System Engineering, School of Info System and Management,
National University of Defense Technology, Changsha 410073)

²⁾(Changsha Jun-Hong Technology Co., Ltd., Changsha 410001)

Abstract With easier acquisition and storage of video data, the problem of how to utilize them effectively becomes increasingly serious. In recent years, enlightened by data mining, more and more researchers over the world show great interests in video mining, which is a new scientific research area deals with the extraction of video semantic info, implicit patterns and knowledge from video data. By using its technology, intelligent video applications would be well developed for assisting people in decision-making. This paper investigates video mining technology and analyzes the studying progress. The concepts, implementations and applications of video mining are summarized and discussed in detail. The challenges in the studying of this field are also put forward.

Keywords multimedia data mining, video mining, data mining

1 引言

按传统,科学领域总是有范围的。但科学领域的研究范围也会随着时间而改变,相互之间甚至可能混合形成新的研究领域。视频挖掘技术可以说就是计算机视觉、视频内容处理和数据挖掘等学科的最新交叉研究方向。

人们现在越来越容易获取和存储各种视频。如何通过一幅或多幅图像的处理,自动从视频或图像数据中提取出人们需要的信息,实现对视频或图

像数据的语义理解,已引起了很多科研工作者和商家的浓厚兴趣。这不仅需要计算机能像人那样通过视觉观察视频图像,感知环境中物体的形状、位置、姿态、运动等几何信息,而且能对它们描述、存储、识别和理解。这可以说是计算机视觉的最终研究目标^[1];不仅如此,视频中存在着的可观察事物在时间或空间中具有分布信息,说明视频数据还隐含着许多有用的、令人感兴趣的模式^[2]。这些模式不仅体现视频的内容、内容的组织结构以及内容及其组织结构的特征,而且说明它们在时间或空间维上在具体应用中的含义;通过对视频表达的事物、事件及

基金项目:国家自然科学基金项目(60273066)

收稿日期:2005-03-07;改回日期:2005-08-29

第一作者简介:代科学(1976~),男。现为国防科技大学信息系统与管理学院工程专业博士研究生。主要研究方向为多媒体信息系统、多媒体数据挖掘和计算机视觉。E-mail: scidai@tom.com

其特征的理解和总结,还可以得出视频的语义信息和知识^[3],从而可以利用这些语义信息和知识辅助问题决策;如何使计算机自动获取视频的特征、语义信息、模式和知识,也是多媒体内容处理延伸的一个深层次问题。智能监控、视频检索等应用对此的需要尤为迫切和突出^[4,5];数据挖掘技术的快速发展及其良好的应用前景让越来越多的研究者开始关注视频数据挖掘,以期把大量视频数据中隐含的、有用的、可以理解的视频信息、模式或知识挖掘出来^[6,7],从而免除人眼疲劳,实现自动视频理解,提高视频智能应用为人们提供问题求解层次的智能或智力支持。

作为一个新兴领域,视频挖掘的研究才刚刚起步,其概念、系统结构、技术方法都还不够明确。本文在文献查证和对国内外研究进展的跟踪分析基础上,归纳了视频挖掘技术的概念,对其实现方法和应用等方面做了较为详细的总结和讨论,并指出了未来研究所面临的挑战。

2 视频挖掘技术的概念

数据挖掘的概念和方法融入多媒体领域后,关于多媒体数据挖掘的研究相继出现^[8-10],具体如医学图像挖掘^[11]、卫星图像挖掘^[12]、电影视频挖掘^[13]、交通监控视频挖掘^[14,15]等。什么是视频挖掘技术?相比国外已有一些针对该交叉领域的研究组织及文献[13]~[31],而国内还比较鲜见^[32-34]。部分学者认为提取视频内容及其语义信息就是视频挖掘,而有的学者则认为视频内容模式才是视频挖掘的结果。

2.1 国内外主要研究组织的认识及开展的工作

(1) DIMACS 研究小组^[16] 该研究小组由美国国家科学基金会创立的国家研究中心与 Rutgers 大学、Princeton 大学、AT&T 贝尔实验室和 Bellcore 合作创建,致力于离散数学与理论计算机科学的交叉领域发展研究。在 2002 年 11 月, DIMACS 专门就视频挖掘主题举办了一次国际会议。部分学者认为视频挖掘技术就是视频流基于内容分析的快速有效的通用方法^[17]。 DIMACS 小组目前还在研究音频挖掘以及交叉特征挖掘,认为音频挖掘可用于语音识别,交叉特征挖掘可以根据场景中的视频和语音特征提取出信息、规律、知识,从而解决人物标识等问题。

(2) 三菱电子研究实验室^[18] (MERL: mitsubishi electric research laboratories) MERL 是日本三菱电子公司主要的研究开发组织,他们根据数据挖掘技术也提出了视频挖掘的概念^[19],认为视频挖掘就是从视/音频内容中无监督地挖掘各种让人“感兴趣”的模式,但使用的技术并不是传统的时间序列挖掘或关联规则挖掘。挖掘过程是在尽可能不需要先验知识的情形下进行的内容自适应处理或弱监督处理,处理过程第 1 步是内容特征化,第 2 步就基于第 1 步获得的特征进行事件挖掘。

(3) Columbia 大学的数字视频与多媒体实验室 (DVMMlab)^[20] 他们从 2001 年开始关注视频中语义事件的周期模式挖掘,该研究小组认为视频存在特征级、事件级等多个层次的模式,利用层级化 HMM 模型或聚类、统计等方法就可以无监督挖掘出来^[21]。

(4) Temple 大学的计算机与信息科学系 他们认为视频挖掘就是采用一些图像和视频处理技术从视频中提取信息,比如特定事件的检测,相似视频查找。他们还在 2003 年就开设了一门《视频处理与挖掘》的课程,主要讲授运动目标检测、跟踪、识别以及事件识别和视频内容分析等主题^[22]。

(5) Texas 大学的多媒体信息组^[23] (MIG) 他们认为视频挖掘就是从大规模视频数据库中找出先不为知的 (previous unknown) 关联关系和模式的过程^[24]。目前该小组主要集中研究视频内容分析、挖掘和摘要。

(6) 在国内,视频挖掘技术的研究还少有重视。文献[32]认为视频挖掘是通过综合分析视频数据视听特性、时间结构、事件关系和语义信息,发现隐含的、有价值的、可理解的视频模式,得出视频事件的趋向和关联,改善视频管理的智能程度。

2.2 视频挖掘的概念及其内涵

从对文献的查证、归纳可以看出,视频挖掘就是采用对视频数据及其内容尽可能不做前提要求的算法,从大量的视频数据中自动提取视频表达的内容、视频内容的结构特征、视频中运动对象的本身特征和运动特征以及这些特征在空间和时间上的变化、关联关系体现出的语义信息,并基于这些二次数据采用适当的通用数据挖掘方法或新的视频挖掘方法,发现视频的内容结构模式、运动对象的行为模式、场景中的内容特征和事件模式、以及其他事实和规律知识。

该定义比前述文献具体和明确,认为视频内容及其语义信息是视频挖掘的中间结果。它表明:

(1) 视频挖掘涉及到视频数据预处理;视频特征数据和语义信息提取;视频模式发现、表示和解释。

(2) 视频挖掘必须先对视频数据进行预处理,得到高质量的视频对象:像素块、视频帧、视频段(镜头)、视频段组(场景)、运动目标、视频描述文本等。

(3) 视频挖掘的数据实际上是视频对象的特征及其语义信息,即从预处理视频对象中提取的物理特征、运动特征、特征之间的关系特征或者相机参数,以及某些特征值的语义描述。

(4) 视频模式和知识发现就是挖掘视频对象的特征值及语义描述在时间或空间维上的分布信息,得到它们的变化(是否变化或不变)关系、关联关系或总体含义,并据此得出视频的组织结构模式,识别出场景中的活动和事件及其中运动对象的行为模式,或者得出其他事实信息或可重用信息。

(5) 视频挖掘算法对视频数据及其具体的内容特征是“不知情的”,它尽量不对视频数据做假设要求,挖掘过程是随视频数据流的自适应处理,尽可能无人监督。但挖掘算法又确实能够从随机变化的视频中得到确凿、有用的视频特征、语义信息、模式和知识。这一点非常重要,不仅很多应用需求如此,而且也是视频挖掘区别于其他技术,从而值得研究的所在。

3 视频挖掘的技术路线和方法

视频挖掘是一个发现有用的、潜在的视频内容信息和模式知识的过程。但它不是传统的模式识别。模式识别是把具体事物归入某一类别的过程,它通常根据已有的模型识别特定的目标^[2]。而视频挖掘更强调算法能从大量视频数据中提取出视频内容表达的一些先不为知的模式或知识;视频挖掘也不同于传统的数据挖掘过程。因为视频数据是非结构化的,描述视频的数据本身不具有传统数据库数据的确定意义和结构化的组织形式,视频对象的特征数据也是多维和不固定的,因此传统的数据挖掘算法不能直接应用到视频数据的挖掘中。比如监控视频,它的内容千变万化,其中的异常事件非常稀少,而且异常事件之间并不一定类似,运用传统的机

器学习技术很难检测异常事件,运用简单的运动检测算法也不可能从超市监控视频中分析出异常的拥挤模式,也不可能对视频数据直接进行统计就发现异常的事件点。但是,通过从视/音频内容中无监督挖掘就能发现这些事件模式^[19]。

3.1 视频挖掘的主要技术路线

视频模式挖掘实际上针对的是视频对象的特征及其语义信息,而可用于挖掘的特征数据是多方面的。本质视觉特征包括颜色、纹理、形状等;运动特性如速度、方向、空间位置等;还有时间特征、音频特征、内容结构特征、目标行为特征等等。各种视频特征不仅是建立视频数据库的基础,同时也是视频数据检索和挖掘的必要条件,因此,实时自动的镜头分割、代表帧提取、运动目标检测与跟踪、行为分析、事件识别等视频内容处理技术是视频挖掘技术的基础。

但对于不同内容结构的视频,其可利用的视频对象特征是不同的。视频挖掘应用的目的不同,挖掘算法应该利用的特征也不同。这是开展视频挖掘所必须斟酌的。因为即使是传统数据挖掘,人们也不可能让计算机挖掘出所有的信息和模式,并且都令人感兴趣和有用^[7]。

目前,视频挖掘主要有以下两条技术路线(图 1)。

(1) 视频结构挖掘^[15,21,25,33] 根据某些视频在内容构造上有结构的特性,以一定的模型或规则将视频划分为视频帧、镜头或视频段、场景或镜头组、视频剪辑这样几个层次结构单元。然后提取每个层次结构的某些特征(视觉特征、运动特征或其他特征)和结构单元本身特征之间的特征。最后根据各层次单元的相似性或其他规则,获得视频结构的构

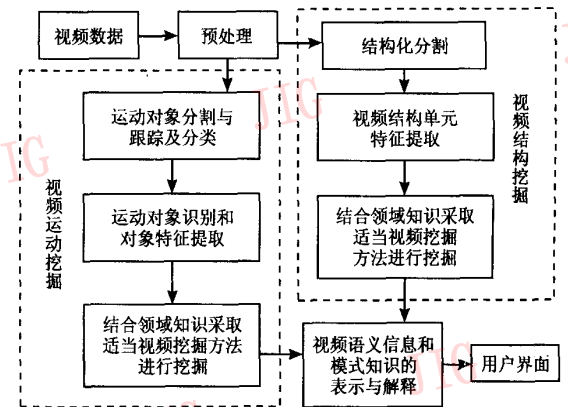


图 1 视频挖掘主要技术路线框图

Fig. 1 Two main ways for video mining

造模式以及构造模式可能体现的语法或语义信息。比如新闻、体育等视频,其内容具有一定的结构性,可以挖掘镜头内容随时间变化时,特征差别体现出的事件变化模式。

(2) 视频运动挖掘^[14,26,27] 如果视频的结构性不强,则从中分割并跟踪运动对象,在此过程中提取运动对象的本质特征和运动特征,以及这些特征之间(视频特征之间、视觉特征与听觉特征之间、目标本身属性与视听特征之间)的特征关联规则或者空时关系,得出运动对象特征的含义,或者运动对象行为趋向和事件模式,由此挖掘视频表达的高层语义信息。比如对于非结构化的交通监视视频,就应该通过车辆检测和识别挖掘交通事故的模式、交通堵塞的原因、趋势,从而为交通控制和指挥机关提供决策支持。

除此之外,也有文献不进行结构化分割或运动目标检测,而根据其他视频特征开展挖掘。MERL^[19]定义异常事件比正常事件发生频率小,用由高斯混合模型(GMM)近似的每个声音类型的MFCC(mel frequency cepstral coefficients)特征值和MPEG-7运动行为描述子的组成直方图,这两种音/视频特征的分布状态作为统计值,根据比较整个视频内容的全局统计值和一小段时间窗内的局部统计值检测正常事件的分离点,挖掘出视频内容异常事件信息。该技术已应用于商业广告检测、体育精彩片段提取等中。

3.2 视频挖掘方法

除了得到适当的视频特征,还必须选择可能满足视频挖掘应用需求的模式发掘方法,以尽可能挖掘出感兴趣的模式和知识。视频挖掘采用的方法可以是统计、分类、聚类、关联法、趋势分析等。

(1) 视频统计挖掘 通过统计视频对象特征或语义事件属性值,得出某些有用信息^[14,19]。

(2) 视频分类挖掘 根据视频镜头的颜色直方图、运动对象特征或其他视频语义描述,把一组视频对象按照类别的概念描述分成若干类,使相似性大的视频对象划分为某一类。通过类的概念描述或类的特征得出隐含在视频数据中的信息和模式^[28]。

(3) 视频聚类挖掘 根据视频对象特征以一些聚类算法将具有相同特性的视频对象聚集成簇,由此确定每个视频对象所在的类别。根据类内或类间特性得出有用信息或模式^[15,25,29,33]。聚类分析不同于分类,将数据分成几类是事先并不知道的。

(4) 视频关联挖掘 把视频对象或者特征值看成是数据项,从中找出不同视频对象之间出现频率高的关联模式。例如两个视频对象经常同时出现、视频镜头变换的频率和视频类型之间的关联等,这些关联信息就可以说明某种语义含义。其潜在应用主要表现在基于关联的视频摘要、视频事件和特殊模式探测、基于关联的视频检索^[25,30]。

(5) 视频趋势挖掘 数据挖掘中的趋势和奇异点分析方法也可以应用到视频数据特征挖掘当中,挖掘视频中对象特征、运动目标行为、事件随时间发生的模式与趋势。文献[14]就是通过分析视频序列中对象的时空关系挖掘出交通的拥堵趋势。

4 视频挖掘技术的应用

视频挖掘技术的目标是实现视频图像的低级特征向高级语义信息的转换,并从大量视频数据中自动提取隐含的、有用的、可以理解的模式或知识,从而为政府机关、企业管理、军情指挥、公共安全等提供问题求解层次智能决策支持。从对文献的查证发现,已有一些介绍视频挖掘技术的原型系统^[13-31,33]。同时还有一个以VideoMining做品牌的公司^[35],其产品主要是鉴别并提取人的行为特征和行为事件信息。但在美国专利申请公开说明数据库中只搜索到一条以视频挖掘为主题的申请^[36]。

4.1 应用领域

下面是视频挖掘技术的一些典型或潜在应用,从中可以看出其巨大的社会作用、经济效益和市场前景。

(1) 监控视频自动检测分析 检测公共场合的拥挤模式以便发现聚众闹事者;自动识别密集人群中的可疑分子或运动目标的非正常行为;自动检查并鉴别上车、乘飞机或进入公共场所的乘客及其行为,检测酒店、火车站、商场的客流模式;实时从交通监控视频中提取车辆运动特征、交通状况和拥堵模式等。

(2) 工业制造过程中的质量控制,自动发现废品并进行统计分析,辅助生产管理。

(3) 大规模视频数据的分类、聚类、关联分析 对数字图书馆或电视台的视频库进行主题类型检测,挖掘视频叙述模式、风格,改善其分类和索引;分析和挖掘多年新闻视频中恐怖事件在时间或空间维度上的某种有价值的行动模式或事件关联。

(4)重要视频段或某类型事件检测 实现视频概要和快速视频浏览、概览或分类浏览。

4.2 应用实例

(1)基于运动目标轨迹特征的目标行为模式检测和分析的场景监控视频挖掘

Michael 等人描述了一个从室外场景监控视频中提取信息的算法^[26],这些室外场景包括人、自行车和汽车等活动目标。算法首先基于减背景技术提取目标特征,然后运用空间聚类和多目标跟踪将视频序列划分成轨迹集。每条轨迹记录一个目标在每视频帧中的位置和速度估计值及出现时刻。通过挖掘轨迹集数据,能回答用户提出的一些跟监控应用有关的潜在问题,或者让用户对监控应用做出计划。

该视频挖掘系统从视频中得到的高级信息包括:检测触发事件(车辆进入特定区域,人进入特定大楼),判定活动的典型或异常模式,以及活动分类、活动聚类、实体交互判定等。

(2)基于运动目标特征及特征空时关系的交通监控视频统计挖掘

Chen 提出了一个能够发现交通视频序列中车辆目标时空关系的监控视频数据挖掘框架^[14]。该框架通过分析交通监控视频,能发现并提供诸如十字路口的车辆排队检测、车辆类型、交通流量、车辆目标时空关系以及交通事故检测等有用信息,从而回答交通应用中诸如“请估计一下某十字路口早上八点到八点半的交通流量”等时空查询,为交通规划者提供一些先不为知的重要知识。

该框架模型首先基于减背景技术进行运动检测,获得每个目标区域的矩形框及其质心,并实现对目标跟踪。最后采用多媒体增强变迁网络(一个带标签的有向图)模型和多媒体输入字符串(表示目标的数量及其空间关联关系)对十字路口的交通监控建立模型,从而发现车辆目标的时空关系。

(3)基于视频帧运动量划分视频段并对视频段聚类的原始视频挖掘

Oh 等人对原始视频提出了一个通用的实时视频数据挖掘框架^[15]。具体视频挖掘过程是:先累计连续帧的像素差值,根据差值范围划分视频段。然后提取每视频段的运动量、运动位置,并据此利用 K 均值算法将相似视频段聚类成组。最后计算各组所有视频段的运动量平均距离的平均值,如果某视频段的邻接度小于或等于同组的平均值,说明该视频段的运动状况跟组内已有视频段差不多,表示无异

常事件发生,否则表示有。而如果有很多类似视频段出现,则不再认为是异常。从而实现内容自适应的异常事件挖掘。

利用该框架可以挖掘出来的知识和模式还有目标识别、目标运动模式识别、目标时空关系、正常或异常事件的建模和检测以及事件模式识别。实现这些功能的一些挖掘技术正在研究。

(4)基于场景聚类的医学视频结构和事件挖掘

Zhu 等人介绍了一个视频数据库管理框架和视频内容结构挖掘及事件挖掘的策略^[25]。该算法首先将视频流分割成一些物理单元。然后对镜头组合和场景聚类,将镜头、镜头组、场景、已聚类的场景组织成层级结构。接下来检测各场景是否有人脸和语音对话,从被检测场景中挖掘诸如对话、陈述和临床手术等事件信息。最后整合获得的视频内容结构和事件,构建了一个可伸缩的视频筛选工具,实现视频内容结构和事件信息的可视化。事件信息挖掘不仅仅能回答诸如“给出视频中所有病人和医生的对话的镜头”等请求,还实现了视频层级化概要和浏览。

(5)视频编辑关联规则的挖掘

Matsuo 等人使用数据挖掘技术,综合考虑镜头的大小(远景、中景和特写)、相机运动(固定、摇动、推拉)和镜头的持续时间,采用时间窗挖掘视频中发生的频繁模式和周期模式及其置信度和支持度。从而得出编辑规则并发掘出不同导演、不同视频类型、不同场景内容的编辑偏好^[31]。

5 结论

视频挖掘的研究工作还处于初级阶段,一些概念和方法正在形成之中,构建实用的视频挖掘应用系统还存在许多困难,面临的挑战主要是:

(1)如何恰当选择并有效提取视频特征 视频挖掘的一个重要步骤是提取视频低级特征,只有得到了丰富的特征数据,才能将其作为输入送到高级数据挖掘过程进行处理,从而得到有用信息和模式。但是视频特征种类非常多,且视频的内容和特征具有不稳定性与语义复杂性。

(2)如何(半)自动地挖掘出符合具体视频应用需求和语义的模式 视频中存在多种层次的令人感兴趣的、有意义的概念或事件模式,但不可能存在对所有类型视频都通用的挖掘方法。

(3)如何找到合适的模型来表示和解释模式。

(4) 如何评估挖掘系统的性能及可视化结果。

虽然问题众多,但视频挖掘技术的应用前景非常广阔,相信随着国内外科研工作者的努力,一些具体的视频挖掘方法和应用系统将会不断出现和完善。

参考文献 (References)

- 1 Azriel Rosenfeld, David Doermann, Daniel Dementhon. Video Mining [M]. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- 2 Bian Zao-qi, Zhang Xue-gong. Pattern Recognition [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000. [边肇祺, 张学工. 模式识别 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.]
- 3 Li Guo-hui, Wu De-feng, Fu Chang-jian. Multimedia knowledge and mining [A]. In: Proceedings of the 13th National Conference of Multimedia Technology [C], Ningbo, China, 2004: 451 ~ 456. [李国辉, 武德峰, 付畅俭. 多媒体知识及其获取 [A]. 见: 第十三届全国多媒体技术学术会议论文集 [C], 宁波, 2004: 451 ~ 456.]
- 4 Hampapur A. Smart surveillance: applications, technologies and implications [A]. In: Proceedings of IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia [C], Singapore, 2003.
- 5 Aslandogan Y, Yu C. Techniques and systems for image and video retrieval [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1999, 11(1): 56 ~ 63.
- 6 Shao Feng-jing, Yu Zhong-qing. Data Mining—Theory and Algorithms [M]. Beijing: Chinese Water and Electricity Publishers, 2003. [邵峰晶, 于忠清. 数据挖掘——原理与算法 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.]
- 7 Han Jia-wei, Kambur Micheline. Data Mining: Concepts and Techniques [M]. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 2002: 279 ~ 325.
- 8 Zaiane O R. Mining multimedia data [A]. In: IBM Center for Advanced Studies Conference: Meeting of Minds [C], Toronto, Canada, 1998: 27 ~ 32.
- 9 Cao Jia-heng, Shu Feng-di, Zhang Kai. Data mining prototype of multimedia database [J]. Journal of Wuhan University, 2000, 46(5): 569 ~ 570. [曹加恒, 舒风笛, 张凯. 基于多媒体数据库的数据挖掘系统原型 [J]. 武汉大学学报, 2000, 46(5): 569 ~ 570.]
- 10 Wu De-feng, Li Guo-hui. Data mining of multimedia collections: system framework and approaches [J]. Application Research of Computers, 2005, 22(2): 53 ~ 56. [武德峰, 李国辉. 多媒体数据集中的数据挖掘: 系统框架和方法 [J]. 计算应用研究, 2005, 22(2): 53 ~ 56.]
- 11 Mitsuru Kakimoto, Chie Morita, Hiroshi Tsukimoto. Data mining from functional brain images [A]. In: Proceedings of ACM Special Interest Group on Knowledge Discovery in Data and Data Mining (SIGKDD) Conference [C], Boston, USA, 2000: 91 ~ 97.
- 12 Asanobu Kitamoto. Data mining for typhoon image collection [A]. In: Proceedings of ACM Special Interest Group on Knowledge Discovery in Data and Data Mining (SIGKDD) Conference [C], San Francisco, USA, 2001: 68 ~ 77.
- 13 Duminda Wijesekera, Daniel Barbara. Mining cinematic knowledge: Work in Progress [A]. In: Proceedings of ACM Special Interest Group on Knowledge Discovery in Data and Data Mining Conference [C], Boston, USA, 2000: 98 ~ 103.
- 14 Chen S C, Shyu M L, Zhang C C, et al. Multimedia data mining for traffic video sequences [A]. In: Proceedings of ACM Special Interest Group on Knowledge Discovery in Data and Data Mining Conference [C], San Francisco, USA, 2001: 78 ~ 86.
- 15 Oh Junghwan. Multimedia data mining framework for raw video sequences [A]. In: Proceedings of ACM Special Interest Group on Knowledge Discovery in Data and Data Mining Conference [C], Edmonton, Alberta, Canada, 2002: 1 ~ 10.
- 16 DIMACS Workshop on Video Mining [EB/OL]. <http://dimacs.rutgers.edu/Workshops/Video/>, 2005-01-12.
- 17 Rasheed Z. Video categorization using semantics and semiotics [A]. In: Book Chapter in Video Mining [M], Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- 18 Mitsubishi Electric Research Laboratories. Video mining [EB/OL]. <http://www.merl.com/projects/VideoMining/>, 2005-01-12.
- 19 Divakaran A. Video mining using combinations of unsupervised and supervised learning techniques [A]. In: SPIE Conference on Storage and Retrieval for Multimedia Databases [C], San Jose, California, USA, 2004, 5307: 235 ~ 243.
- 20 Digital Video, Multimedia Laboratory of Columbia University. Mining Recurrent Patterns in Video with Statistical Temporal Models [EB/OL]. <http://www.ee.columbia.edu/dvmm/newHome.htm>, 2005-06-10.
- 21 Xie L X, Chang S-F, Divakaran A, et al. Unsupervised mining of statistical temporal structures in video [A]. In: Book Chapter in Video Mining [M], Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003: 279 ~ 307.
- 22 Temple University Website [EB/OL]. <http://www.cis.temple.edu/~latecki>, 2005-06-10.
- 23 Multimedia Information Group of Texas University Website [EB/OL]. <http://migwebserver.uta.edu/>, 2005-06-10.
- 24 Oh Junghwan, Lee JeongKyu, Hwang Sae. Video data mining: current status and challenges [A]. In: Encyclopedia of Data Warehousing and Mining [M], Montclair State University, USA: Idea Group Inc. and IIR Press, 2005.
- 25 Zhu X Q. Mining video associations for efficient database management [J]. Multimedia Systems, 2003, 9(6): 31 ~ 53.
- 26 Michael C B. Mining patterns of activity from video data [A]. In: SIAM International Conference of Data Mining [C], Brighton, UK, 2004.
- 27 Stauffer C, Grimson W E L. Learning patterns of activity using real-time tracking [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 747 ~ 757.
- 28 Pan J Y, Christos Faloutsos. VideoGraph: a new tool for video mining and classification [A]. In: ACM/IEEE-CS Joint Conference in Digital [C], Libraries, Virginia, USA, 2001: 116 ~ 117.

- 29 Zhong D, Zhang H J, Chang S-F. Clustering methods for video browsing and annotation [A]. In: Proceedings of Storage and Retrieval for Image and Video Databases II [C], San Jose, CA, USA, 1996, 2670: 239 ~ 246.
- 30 Zhu X Q. Sequential association mining for video summarization [A]. In: IEEE International Conference on Multimedia & Expo [C], Baltimore, MD, USA, 2003, 3: 333 ~ 336.
- 31 Matsuo Y, Sairahama K, Uehara K. Video data mining: extracting cinematic rules from movie [A]. In: Proceedings of ACM Special Interest Group on Knowledge Discovery in Data and Data Mining Conference [C], Washington, DC, USA, 2003: 18 ~ 27.
- 32 Hu Jun-tal, Wu De-feng, Li Guo-hui. System structure and approaches of multimedia data mining [J]. Computer Engineering, 2003, 29(9): 149 ~ 151. [胡军涛, 武德峰, 李国辉. 多媒体数据挖掘的体系结构与方法 [J]. 计算机工程, 2003, 29(9): 149 ~ 151.]
- 33 Fu Chang-jian, Li Guo-hui, Wu De-feng. Clustering histogram high-level differences based video structure mining [A]. In: Proceedings of the 13th National Conference of Multimedia Technology [C], Ningbo, China, 2004: 12 ~ 15. [付畅俭, 李国辉, 武德峰. 基于直方图高阶差分聚类的视频结构挖掘 [A]. 见: 第十三届全国多媒体技术学术会议论文集 [C], 宁波, 2004: 12 ~ 15.]
- 34 Zhao Pi-xi, Wang Xiou-kun, Li Guo-hui, et al. Classification of video summarize and comprehensive evaluation method [J]. Application Research of Computers, 2004, 21(11): 5 ~ 7. [赵丕锡, 王秀坤, 李国辉等. 视频摘要的分类及其综合评价方法 [J]. 计算机应用研究, 2004, 21(11): 5 ~ 7.]
- 35 VideoMining Corporation Website [EB/OL]. <http://www.videominer.com>, 2005-06-10.
- 36 Divakaran A. Video mining using unsupervised clustering of video content [EB/OL]. <http://cxp.paterra.com/uspregrant20040085323.html>, 2005-06-10.