

新闻视频相似关键帧识别与故事单元关联分析研究*

文 军^{1,2+}, 吴玲达¹, 曾 璞¹, 栾悉道¹

¹(国防科学技术大学 信息系统与管理学院,湖南 长沙 410073)

²(国防科学技术大学 理学院,湖南 长沙 410073)

Near Duplicate Keyframes Identifying and Correlation Analyzing of News Video Stories

WEN Jun^{1,2+}, WU Ling-Da¹, ZEN Pu¹, LUAN Xi-Dao¹

¹(College of Information Systems and Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

²(College of Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

+ Corresponding author: E-mail: axing1978@sina.com

Wen J, Wu LD, Zen P, Luan XD. Near duplicate keyframes identifying and correlation analyzing of news video stories. Journal of Software, 2010,21(11):2971-2984. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/3655.htm>

Abstract: The quadratic complexity required for measuring the similarity of news stories makes it intractable in large-volume news videos. In this paper, an effective method is proposed to find a way to solve the problems. First, small partitions from the corpus and prune local keypoint are selected to accelerate matching speed. Then, a hierarchical approach for identifying near duplicate keyframes is proposed. Furthermore, this paper presents a method to identity correlation of stories based on near duplicate keyframes and transitivity of correlations. Finally, a method for calculating the similarity of news stories is presented based on near duplicate keyframes. Experimental results show that this approach greatly speeds up the matching speed and improves the matching accuracy. The similarity of stories is closer to users sensory.

Key words: news video; story; near duplicate keyframe; correlation analysis

摘 要: 实现数据库中全部故事单元的相似度分析所面临的复杂性问题相当突出,提出了一种有效的方法来克服这些问题.首先,对限制相似关键帧识别速度的因素进行了研究,通过构建关联分析子数据库和精简局部关键点数量来提高分析速度.然后研究了层次化过滤方法,以提高相似关键帧识别效率.进一步研究了通过相似关键帧判断故事单元的直接关联关系和利用关联关系的传递性获得故事单元之间的间接关联关系的故事单元关联分析方法.最后,研究提出了利用相似关键帧信息的故事单元相似度计算方法.实验结果显示,该方法显著提高了匹配与关联分析的速度,并且具有较高的效率,计算所得故事单元相似度能够很好地贴近用户感官.

关键词: 新闻视频;故事单元;相似关键帧;关联分析

中图法分类号: TP391 文献标识码: A

为新闻视频数据库研究有效的组织方法,辅助用户浏览和检索是当前研究中的一个热点问题.新闻为用户

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.60802080, 61002020 (国家自然科学基金); the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2006AA01Z319 (国家高技术研究发展计划(863))

Received 2008-06-16; Revised 2008-10-16; Accepted 2009-04-27

提供的各种信息与其报道的新闻事件内容密切相关,因此,针对新闻视频数据库研究一种与新闻事件相关的组织方式才能够贴近用户的实际需求.当前研究通常把新闻视频的结构层次化为关键帧-镜头-故事单元,其中,关键帧与镜头主要表现新闻事件的局部内容和有限的语义信息;与之相比,故事单元是一个新闻事件的完整报道,能够提供事件的各种语义信息.因此,开展故事单元关联分析研究可在语义事件层次上实现对新闻视频的组织和管理,能够更好地满足用户需求.

因为这项任务与文本领域开展的话题探测与跟踪(topic detection and tracking,简称 TDT)^[1,2]研究比较接近,因此一部分研究试图通过自动语音识别技术和机器翻译技术获得新闻视频故事单元演播稿,然后利用文本信息的 TDT 技术来实现基于事件的新闻视频组织^[3-5].然而,因为来源、语种、编辑条件的多样性,对新闻视频进行语音识别、机器翻译等处理时面临很多问题,很多情况下难以得到有价值的文本信息.因此,这种方法存在很大的局限性.

故事单元是新闻视频中具有相同新闻主题的一个连续片段,这个片段在语义上报道相同的事件.故事单元除包含新闻事件解说词外,在视觉上也可以看作一组关键帧序列.在新闻视频的编辑过程中,对相同事件进行报道的故事单元通常包含重复或者近似的场景和对象,这种视觉线索为开展故事单元关联分析提供了重要依据.

早期部分视频检索研究使用镜头的视觉相似性来进行相似度衡量^[6,7].然而,基于全局特征(如颜色直方图特征)的相似度分析方法对于分析不同来源、不同时间的镜头相似性易于受到光照变化、视角差异、编辑方式等各种因素的干扰.近年来,随着图像处理技术的迅速发展,一部分研究通过相似关键帧识别,利用新闻视频编辑中视觉素材的重复性来实现对故事单元的关联和相似度分析.相似关键帧(near-duplicate keyframes,简称 NDK)是指一组在全局或局部相同或者相似的关键帧,这些关键帧可能存在一定的视觉差异^[8].出现差异的原因在于视频拍摄角度、光照、传感器、时间和后期编辑等差异所导致的几何与光学变化.图 1 是 NDK 的一个示例,图 1(a)为不同电视台在同一场景的拍摄,因拍摄时间的不同导致视觉上有所差异;图 1(b)为素材重复利用时采用了不同编辑效果导致视觉上出现差异.在视频数据库中进行 NDK 识别能够发现故事单元之间的关联关系,辅助新闻视频检索、主题探测与跟踪、线程化组织等^[9-11],因此成为当前国际研究中一个新的热点.



Fig.1 Samples of near-duplicate keyframes

图 1 相似关键帧的示例

1 相关研究

故事单元关联分析以故事单元分割为基础,识别新闻视频数据库中报道相同事件的故事单元,该过程可以看作一种特殊形式的聚类.由于基于全局视觉特征和语音识别文本特征的聚类方法难以克服新闻视频来源多样性所导致的视觉变化、语种差异等一系列问题,近年来国际上针对故事单元关联分析的研究主要利用 NDK 信息.由于几何与光学变化中的多样性,NDK 识别研究是一项具有挑战性的任务,全局特征通常不能满足 NDK 识别的需要.因此,最近的研究将 NDK 识别转化为基于局部特征的图像匹配问题.

文献[8]研究了一种基于随机属性关系图(attributed relational graph,简称 ARG)匹配的 NDK 探测模型,这种方法受启发式学习参数的限制,并且关键帧的 ARG 匹配速度很慢,不适合于大容量数据库的应用.文献[11]研究了使用了 ARG 匹配信息、文本相似度信息和视觉语义概念相似度信息等多种数据的故事单元主题跟踪方法,证明了 NDK 探测结果能够显著提高新闻视频故事单元主题跟踪的性能.文献[12]通过对一幅关键帧排序和检查最近邻的 N 幅关键帧并研究关键帧视觉相似度,融合文本信息进行故事单元相似度分析.该方法是一种启发式方法,对一些经验参数的设置非常敏感.近年来很多 NDK 识别研究利用了尺度不变特征转换(scale invariant

feature transform,简称 SIFT)^[13]及其系列特征.文献[14-16]最重要的贡献是提出了 NDK 的时间分布属性和传递性,利用时间分布属性把关键帧数据库分割为多个子数据库,在子数据库内进行 NDK 识别,并利用 NDK 及其传递性进行故事单元的关联分析.该方法在一定程度上提高了匹配速度,然而仍然不适用于大容量数据库.文献[17,18]利用时间属性和视觉特征,将潜在的 NDK 聚类成一系列分组,在分组中利用 SIFT 局部特征识别 NDK,提高了 NDK 识别速度,故事单元关联分析利用了 NDK 的传递性.但是,因为 NDK 存在各种差异,可能会被聚类到不同类型中,并且聚类中的尺度选择也是一个具有重要影响的因素.国内针对故事单元关联分析的研究目前尚处于探索阶段,文献[19]利用关键帧场景分类、语音识别等技术,将场景信息和文本信息结合实现对新闻视频中的故事单元进行主题识别与跟踪.

近期研究的 NDK 识别方法主要利用了如下特点:基于 SIFT 特征进行关键点匹配时,相似关键帧之间正确匹配局部关键点数量较多,并且正确匹配点之间的连接线通常具有一定的规律性:近似平行或者呈现规则的放射状^[14-16],也可以认为邻近的匹配点连接线在方向和长度上比较接近^[17,18],如图 2(a)所示;而不相似关键帧之间往往匹配的局部关键点数量较少,匹配点之间的连接线分布具有随机性,如图 2(b)所示.因为局部关键点匹配分析中可能存在少数错误的匹配结果,部分研究^[14-16]提出了一种“一一对称关键点匹配(one to one symmetric keypoint match)”的关键点匹配过滤方法,关键点之间需进行对称的两次遍历计算来进行判断;在进行 NDK 识别时,将两幅关键帧在水平和垂直两个方向上分别进行匹配,并对两个方向的连接线模式进行融合分析,得到识别结果.这一方法在局部关键点过滤和关键帧匹配识别两个阶段都须执行两次遍历,增加了分析的时间.文献[17,18]通过判断一对匹配关键点与邻近多对匹配关键点连接线在距离和方向上的一致性来进行过滤分析,并按照正确匹配关键点的数量来判断是否为 NDK.

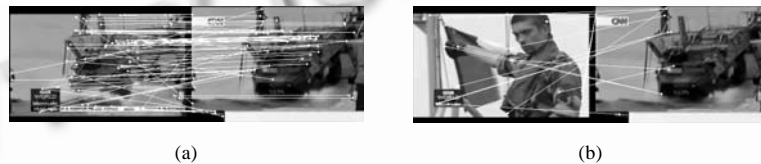


Fig.2 Keyframes matching pattern

图 2 匹配模式示意图

目前研究的故事单元关联分析方法侧重于视觉信息的利用,特别是利用基于局部特征的图像匹配方法进行 NDK 识别.然而,对于新闻视频中的故事单元关联分析而言,仍需要更多地考虑一些突出的问题:

- (1) NDK 识别的准确率与识别速度的问题.如果 NDK 识别准确率不能满足要求,关联分析的结果将非常混乱.当前,基于局部特征的 NDK 识别方法中图像匹配分析的速度受到限制,难以满足大规模视频数据库的需求.虽然目前研究采用的索引等方法可以加快数据读取的速度,但是没有在本质上解决问题.
- (2) 当前研究的关联分析方法利用了 NDK 及其传递性,但没有明确界定不同场景类型的 NDK 信息对于故事单元关联分析的支持程度具有差异.
- (3) 目前研究中缺乏利用 NDK 信息的定量分析方法来计算故事单元相似度.

本文针对这些问题,重点研究了以下内容:一是研究提高 NDK 识别速度和识别效率的算法,算法需在本质上提高 NDK 识别的速度,并通过场景分类界定不同类型 NDK 对于关联分析的支持度差异;二是研究基于 NDK 信息和特定领域知识的故事单元关联分析方法,能够有效地实现基于新闻事件来管理和组织新闻视频数据库;三是提出基于 NDK 信息的故事单元相似度计算方法,计算所得相似度能够较好地贴近用户主观感官.

2 本文研究方法概述

如图 3 所示,本文提出了一种在动态新闻视频数据库中快速、有效对故事单元进行关联分析的方法.其中,故事单元结构分析^[20]和关键帧获取^[21]利用我们之前研究的方法,不再是本文的研究内容.

第1步,建立关联分析子数据库,并对其中的关键帧进行场景分类.不同类型关键帧的NDK识别结果对于关联分析的支持度不同.

第2步,在子数据库的故事单元之间识别NDK.主要包括:研究局部关键点精简方法,以从本质上提高匹配分析速度;提出一种层次化过滤方法,以提高NDK识别的准确率.

第3步,分别对单独的子数据库和时间相邻子数据库之间的故事单元分析关联关系.主要研究利用故事单元之间出现NDK判断直接关联关系,利用故事单元关联关系的传递性判断间接关联关系.

第4步,计算故事单元之间的相似程度.主要研究NDK信息在故事单元相似度计算中的应用.

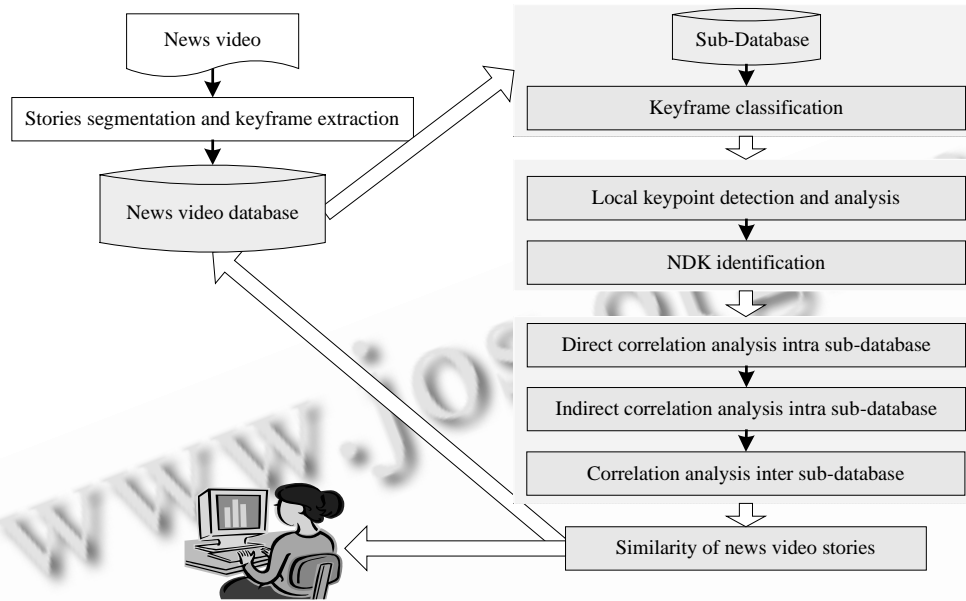


Fig.3 Framework of this work

图3 本文研究方法的框架

在详细介绍本文的方法之前,首先对NDK和故事单元关联关系的特定领域知识进行讨论.

- NDK的对称性:如果关键帧 K_1 与 K_2 相似,则表示 K_2 也与 K_1 相似.
- 关联关系的传递性:对于两对故事单元 (S_1, S_2) 和 (S_2, S_3) ,如果 S_1 和 S_2 是具有关联关系的故事单元, S_2 和 S_3 是具有关联关系的故事单元,则可以推断 S_1 和 S_3 也是具有关联关系的故事单元.
- 直接关联关系:如果故事单元 S_1 和 S_2 之间出现NDK,则定义 S_1 和 S_2 之间具有直接的关联关系.
- 间接关联关系:如果故事单元 S_1 和 S_2 之间没有出现NDK,但是 S_1 和 S_2 之间存在关联关系,则定义 S_1 和 S_2 之间具有间接的关联关系.

3 新闻视频数据库中NDK识别与故事单元关联分析

3.1 NDK识别算法研究

基于局部特征的图像匹配方法进行NDK识别主要面临分析速度的限制.将关键帧的局部关键点数量粗略表示为 N ,把数据库中关键帧数量表示为 M ,则实现分析的复杂度可以表示为 $N^2 \times M^2$.影响分析速度的原因主要有两个:(1) 视频库的关键帧数量 M 庞大,要在整个库中进行NDK识别是一项费时的任务;(2) 每幅关键帧中局部关键点数量 N 很大,在关键帧之间进行局部关键点的一一匹配需要耗费大量时间.本文研究的NDK识别算法针对这两个问题分别研究了相应的处理方法,以从本质上提高匹配分析的速度.

3.1.1 建立 NDK 识别子数据库

(1) 构建子数据库的时间选择策略

新闻事件具有时效性,因此 NDK 通常出现在一定时间范围的新闻视频中,时间距离太大的新闻视频中出现 NDK 的概率很小.部分研究^[14]提出了按照时间区间构建 NDK 识别子数据库来提高分析效率的基本思路.

本文针对新闻视频数据动态采集的实际情况,引入了时间选择策略作为子数据库建立的基础.研究中提出了两种不同的时间选择策略:① 待处理视频与数据库中视频相比时间是最新的,选择该时间点(日期)之前 7 天的数据构建子数据库;② 待处理新闻视频与数据库中视频相比时间不是最新的,则以该视频的时间点为基准,按照实际情况,选择前后延续 7 天(例如,前 3 天后 3 天、前 4 天后 2 天等)的视频数据构建子数据库.时间相邻子数据库之间具有重叠的时间区间.

(2) 关键帧场景分类

首先,相同电视台的视频中会出现大量重复或者相似的播音员镜头,这些镜头的关键帧属于 NDK,但是对于故事单元关联分析没有帮助,因此去除播音员镜头的关键帧可以有效减少故事单元关联分析的误判,并提高时间效率.播音员镜头探测算法利用我们之前研究的自适应播音员探测算法^[22]完成.去除播音员镜头之后,其余关键帧可以依据人脸出现与否粗略分为人物/非人物的事件场景两类场景.

对人物类型关键帧可以进一步分为新闻评论员、记者、新闻人物和新闻发言人,图 4(a)从左至右依次为新闻评论员、记者、新闻人物和新闻发言人的示意图.其中,新闻评论员、记者和新闻人物通常包含在新闻事件的报道中,而新闻发言人通常对应专门的新闻发布会事件.

与其他几种类型的镜头相比,新闻评论员类型的镜头具有鲜明的特点:通常在关键帧左、右边缘的局部出现评论员的人脸,而主体内容为新闻事件的场景信息.研究利用关键帧分块方法^[22]将出现人脸的关键帧均分为 6×6 的区域,评论员人脸出现的位置处于最左侧的两列或者最右侧的两列的分块中,如图 4(b)所示.新闻评论员类型镜头的关键帧通常是对新闻场景关键帧进行编辑所得,因此与相关事件的场景关键帧之间具有很强的视觉和语义相似性,可以将这种类型的关键帧作为一种特殊的事件场景信息,与新闻事件场景镜头的关键帧进行 NDK 识别分析.



Fig.4 Person type of keyframes

图 4 人物分类示意图

对于新闻发言人、记者、新闻人物这 3 种类型,很难通过简单的视觉特征进行分类,并且在一定的时间区间内即使相同人物都可能会对应于多个新闻事件.因此在本文研究中,这 3 种类型的关键帧作为一个 NDK 类型,其 NDK 识别结果不作为关联分析的依据,但是可以作为相似度计算的 NDK 信息.

通过关键帧场景分类,且不同场景类型的 NDK 信息对于关联分析的支持度有不同,不仅可以减少每次分析的关键帧数量,还减少了对故事单元关联分析结果的负面影响.

3.1.2 精简局部关键点

本文研究中采用 DOG 关键点探测方法和 SIFT 描述子^[13].SIFT 局部特征主要解决精确的图像匹配或对象识别问题,要求局部关键点精确匹配的鲁棒性非常高,因此一幅图像通常有数百或上千个局部关键点,导致分析速度慢.文献[13]也指出,理论上只需要很少数量关键点的正确匹配即可实现准确的图像匹配,因此对关键点数量进行精简具有可行性.本文研究认为,NDK 识别对局部关键点匹配的鲁棒性要求远远低于精确的图像匹配和对象识别,并且故事单元之间的 NDK 通常并不唯一,可以在一定程度上容忍 NDK 识别漏判.因此,可以对关键点数量进行合理的精简来提高匹配分析速度.结合当前研究的情况,可以利用下述两种关键点精简方法:

- (1) 在局部关键点探测过程中,提高低对比度过滤时所设置的阈值.
- (2) 对关键点集按对比度进行排序,选择对比度最高的前 N 个关键点.如果探测到的关键点数量小于 N ,则不对关键点进行精简.

上述两种手段在本质上都是利用局部关键点的对比度属性,但是前者减少了局部关键点的总数,后者选择了确定数量的局部关键点.当关键帧中局部关键点数量较少时,第 1 种手段因为局部关键点数量的进一步减少而可能导致对匹配分析结果具有重要影响;第 2 种手段通过合理的 N 取值,不会导致关键点数量的减少,对匹配分析结果没有影响,具有一定的优势.

3.2 层次化NDK识别算法

本文研究了一种层次化过滤的方法来进行 NDK 识别.基本思路如下:首先,在第 1 层过滤分析中利用一种基于熵的方法来分析 NDK 候选集;然后,在第 2 层过滤分析中利用 NDK 的对称性在候选集中进行对称匹配,获得可信的 NDK 识别结果.

3.2.1 基于熵的 NDK 候选集分析

研究中判断关键点是否匹配采用文献[13]中的方法,获得关键帧之间匹配的关键点之后,首先计算匹配点连接线(下文简称匹配线)与垂直轴之间的夹角 θ .如图 5 所示,将关键帧 K_1 和关键帧 K_2 中的匹配点 A 和 A' 的坐标分别记为 (x_0, y_0) 和 (x_1, y_1) ,则夹角计算如下:

$$\theta = \arccos \left(\frac{y_1 - y_0}{\sqrt{(x_1 + w - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}} \right).$$

其中, w 为关键帧的宽度, θ 值的范围为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 之间,在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 之间每 5° 作为一个单位分划,将整个区间量化为 36 维(bin)的直方图.将两幅关键帧之间所有匹配线的角度投影到直方图中进行模式判断:

基于 SIFT 特征进行关键点匹配时,NDK 之间正确匹配点数量较多,并且正确匹配点之间的连接线通常近似平行或者呈现规则的放射状^[14-16],计算所得夹角投影到直方图之后将落在 1 个维度或者相邻的 2~3 个维度内.实际情况下,匹配结果中可能出现极少的噪声干扰,对于直方图的维度有所影响,如图 6(a)所示,直方图中匹配线的总数较大,维度较少,其中两个数值较大的维度是正确匹配的关键点所在维度,其他数值很小的维度为噪声点所在维度;而不相似关键帧匹配点之间的连接线则表现为分布的随机性,如图 6(b)所示,匹配线角度投影到直方图中之后表现为维度较多,各维度之间的数值分布比较均匀,并且匹配线总数也很少.

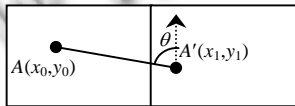


Fig.5 Computing orientation of matching lines
图 5 匹配线与垂直轴之间的夹角计算

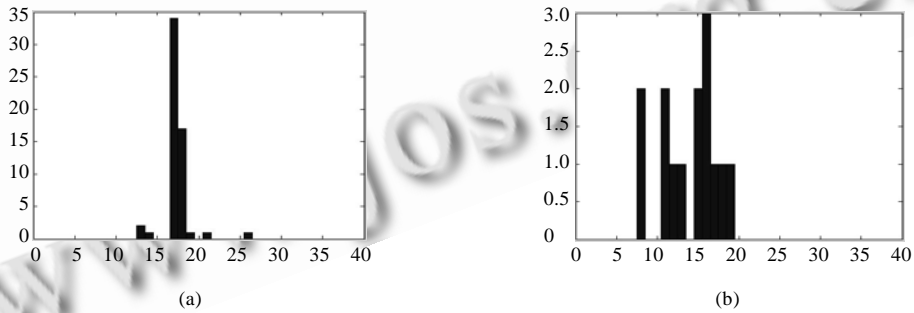


Fig.6 Histograms of matching line orientation pattern
图 6 匹配线方向分布模式直方图

本文针对上述模式研究的 NDK 候选集判断方法如下(算法中,Non-NDK 表示不相似关键帧):

令 $P=[p_1, p_2, \dots, p_m]$, 其中, $m \leq 36$, p_i 是直方图中各个非空的维度, $Num(P)$ 为全部匹配线的数量, $Num(p_i)$ 是各个维度内的匹配线数量且 $Num(p_i) \geq 1$, $Maxnum$ 为 $Num(p_i)$ 的最大值.

步骤 1. 如果 $Num(P)$ 小于设定阈值, 则将匹配关键帧识别为 Non-NDK; 否则, 执行步骤 2.

步骤 2. 为消除 NDK 匹配中的噪声干扰, 对各非空的维度, 求 $Num(p_i)$ 与 $Maxnum$ 的商 $D = \frac{Num(p_i)}{Maxnum}$. 如果 D

小于设定的阈值, 则认为该维度中包含的匹配线为噪声干扰. 对于确认为噪声干扰的维度, 直接将该维度的匹配线数量修改为 0, 即首先令 $Num(P) = Num(P) - Num(p_i)$, 然后令 $Num(p_i) = 0$.

步骤 3. 针对图 6 的不同模式, 在过滤噪声点后, 如果非空的维度数大于 1, 判断数值最大维度和第二大维度的分布位置, 如果二者位置相邻, 则执行步骤 4; 否则, 判断为 Non-NDK.

步骤 4. 构建如下熵判别方法进行识别

$$PE = - \left(\sum_{i=1}^m \frac{Num(p_i)}{Num(P)} \times \log \left(\frac{Num(p_i)}{Num(P)} \right) \right) / \log(36).$$

上述公式中, 熵的值分布在区间 $[0, 1]$ 上, 熵值变化规律如下: 直方图维度越多熵值越大; 在维度相等的情况下, 维度值分布越均匀熵值越大. 两种极端的情况为: 熵为 0 时, 表示直方图包含唯一子集, 所有匹配线近似平行; 当熵为 1 时, 表示匹配线均匀分布在直方图全部 36 个维度中. 因此可以设定一个阈值 α , 当 $PE < \alpha$ 时, 判定两幅关键帧为 NDK 候选集; 反之为 Non-NDK.

上述方法所得 NDK 候选集中可能有部分误判, 需进一步对候选集中的结果进行确认.

3.2.2 基于 NDK 对称性过滤候选集

本文利用 NDK 的对称性设计 NDK 候选集过滤算法, 算法如下:

k_1 和 k_2 是两幅关键帧, 如果按照从 k_1 到 k_2 匹配顺序执行第 3.2.1 节中的算法判断, k_1 和 k_2 是候选的 NDK; 则按照 k_2 到 k_1 的对称匹配顺序再次执行该方法进行判断, 如果 k_2 和 k_1 也是 NDK 候选帧, 则把 k_1 和 k_2 看作是一对可信的 NDK; 如果 k_2 和 k_1 不是 NDK, 则将 k_1 和 k_2 看作是不相似的关键帧.

如图 7 所示, 图 7(a) 是一对 NDK, 图 7(b) 是一对不相似关键帧. 图中左侧的匹配结果显示, 只执行第 1 层基于熵分析, 这两种情况都被判断为 NDK; 按照第 2 层过滤方法执行对称匹配, 图 7 右侧给出了两种匹配情况, 可以过滤误判的信息.

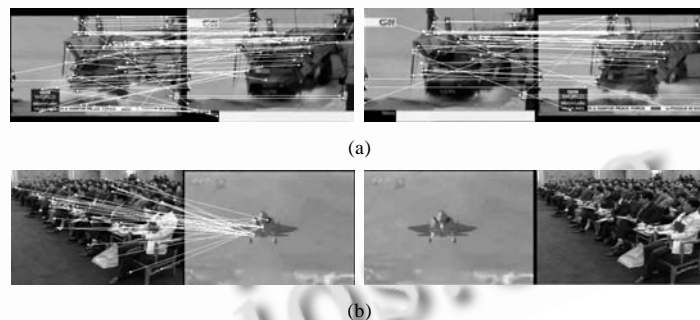


Fig.7 Matching pattern based on symmetry

图 7 关键帧对称匹配示意图

上述方法利用 NDK 的对称性, 只需对候选 NDK 执行一次对称匹配就可以有效过滤候选结果. 与当前研究的方法相比, 本文方法在保持过滤效率的同时大大减少了执行对称匹配分析的次数.

3.3 新闻视频故事单元关联分析研究

3.3.1 子数据库内部的故事单元关联分析

故事单元之间的关联关系可以分为直接关联关系和间接关联关系, 直接关联关系可以通过故事单元之间

是否出现预定类型的 NDK 来判断.关联分析算法的难点在于间接关联关系的识别,本文研究首先利用关联关系的传递性来获得子数据库内部故事单元之间的间接关联关系.

如图 8 所示,图中有 4 个来自 BBC 和 CNN 关于“联合国在黎巴嫩的维和行动”不同故事单元,分别简称 S_1, S_2, S_3 和 S_4 . S_1 与 S_2, S_1 与 S_4, S_2 与 S_3 之间出现 NDK,具有直接关联关系,但是不能直接判断 S_1 与 S_3, S_2 与 S_4, S_3 与 S_4 之间是否具有关联关系.利用关联关系的传递性: S_1 与 S_2 具有直接关联关系, S_2 与 S_3 具有直接关联关系,可以判断 S_1 与 S_3 之间具有间接关联关系;采用同样的方法可以判断 S_2 与 S_4, S_3 与 S_4 之间也存在间接的关联关系.

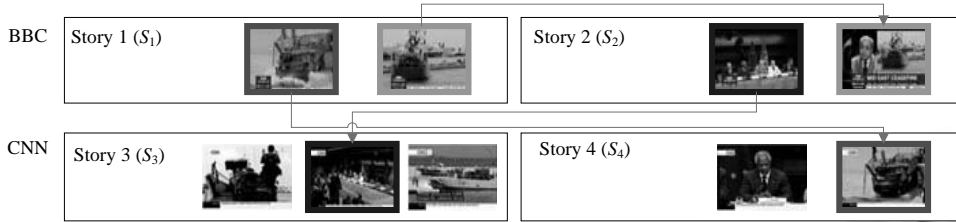


Fig.8 Direct correlation and NDK between stories
图 8 故事单元之间的 NDK 与直接关联关系示意图

通过上述不同方法的关联分析,可以对子数据库中故事单元之间直接关联关系和间接关联关系进行识别,从而实现对于子数据库中故事单元各种关联关系的识别.

3.3.2 子数据库之间的故事单元关联分析

每个子数据库中只包含有限数量的故事单元,报道相同新闻事件的故事单元可能分布在时间上相邻的多个子数据库中,因此必须对相邻子数据库之间的故事单元识别关联关系,才能实现对于完整视频数据库中故事单元的关联分析.

按照子数据库建立的时间选择策略,时间相邻的子数据库之间具有重叠的时间区间,因此具有公共的交集,交集中共有的故事单元与不同子数据库中的故事单元之间分别具有关联关系.如图 9 所示,图中 S_i 表示故事单元,相同标识的故事单元表示报道是相同的新闻事件,3 个椭圆表示在时间上邻近的 3 个子数据库.以图中 S_1, S_2, S_3 和 S_4 所报道的新闻事件为例, S_1, S_2 和 S_3 包含在子数据库 1 中, S_1 和 S_2, S_2 和 S_3, S_1 和 S_3 之间具有关联关系; S_3 和 S_4 包含在子数据库 2 中, S_3 和 S_4 具有关联关系. S_3 是子数据库 1 和子数据库 2 的交集,因此,以 S_3 为桥梁,利用故事单元关联关系的传递性联系起来,可以得到 S_1 和 S_4, S_2 和 S_4 之间具有间接关联关系.在图 9 中,用不同的线条表示故事单元之间的各种关联关系.

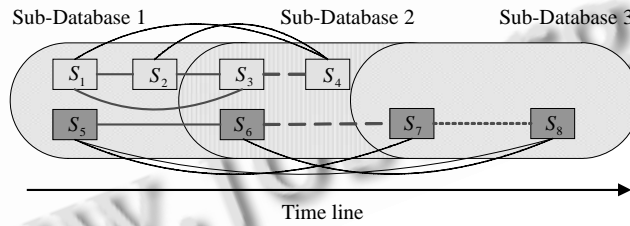


Fig.9 Analyzing relationship of news storeis based on transitivity
图 9 基于传递性的故事单元关联示意图

因此,以时间相邻子数据库交集中故事单元为桥梁,以交集中故事单元在各个子数据库中的关联关系为依据,利用故事单元关联关系的传递性,对相邻的子数据库中故事单元可以得到间接的关联关系.循环上述过程,可以得到视频数据库中比较完整的故事单元关联结果.

通过上述系列关联分析,可以实现新闻视频中故事单元按照事件的分组.在新闻视频来源相同的情况下,

NDK 识别可能会受到台标和字幕等因素的干扰,因此需要去除 NDK 识别结果中只出现台标和字幕区域有效匹配的情况.本文研究直接应用了文献[23]的台标探测方法来完成相关任务.

4 基于 NDK 信息的故事单元相似度计算

当前研究将具有关联关系的故事单元聚集到一个集合中后,通常利用故事单元之间关键帧视觉相似度的最大值作为故事单元的相似度,这种方法只能够体现故事单元之间单独关键帧的相似度,不能体现故事单元之间的全局相似度.为克服这种不足,本文研究把故事单元看作“关键帧袋(a bag of keyframes)”,即把关键帧看作是一种特殊类型的场景词汇,NDK 看作是相同的词汇,不相似关键帧看作是不同的词汇,故事单元则是由这些特殊词汇构成的文档,如图 10 所示.该方法以关键帧为基本单位,充分利用了 NDK 识别信息,从故事单元全局的镜头编排序列来衡量视觉相似度,而不再限于单独的关键帧底层特征相似度,能够更好地贴近用户的主观感官.



Fig.10 Samples of scene words in news stories

图 10 故事单元场景词汇示意图

与文本中的词汇和底层视觉特征中的视觉词汇相比,场景词汇具有一定的特殊性:

- (1) 故事单元中的场景词汇数量很少,大部分场景词汇的频率为 1,都为有效词汇,但是场景词汇包含有更多的信息,可以认为 1 个场景词汇能够反映多个视觉词汇和文本词汇.
- (2) 两个故事单元之间相同场景词汇的数量很少,大部分场景词汇只在 1 个故事单元中出现;如果故事单元之间出现相同的场景词汇,即出现 NDK,则预示着故事单元之间具有很强的语义相关性.这种特殊性说明,故事单元之间共有的场景词汇对于衡量故事单元相似度具有很强的信息支持,这与文本信息检索中 TF-IDF 算法的权重计算内涵完全相反.

考虑到场景词汇的这一系列特殊性,在基于场景词汇建立故事单元的向量模型时,需要对这种特殊词汇的权重计算做特殊考虑,尤其是要考虑故事单元之间共有的场景词汇的信息支持度问题.本文研究中,提出了一种场景词汇权重计算方法,计算公式如下:

$$t_i = tf(w_i) \times df(w_i) / \sqrt{\sum_{i=1}^m (tf(w_i) \times df(w_i))^2}$$

其中, $tf(w_i)$ 为词汇 w_i 在该故事单元内部出现的频率, m 为该故事单元中词汇的数量, $df(w_i)$ 为出现词汇 w_i 的故事单元的数量.

上述计算公式融合了词汇在故事单元中的频率信息、在故事单元间的文档频率信息,与向量空间模型中 TF-IDF 等常用权重计算方法相比,突出了故事单元之间共有场景词汇的信息贡献.

在上述算法基础上,利用余弦距离计算两个故事单元之间场景相似度:

$$R_f = \frac{\sum_{i=1}^m t_{1,i} t_{2,i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m t_{1,i}^2 \sum_{i=1}^m t_{2,i}^2}}$$

其中, $t_{1,i}$ 和 $t_{2,i}$ 表示两个故事单元中场景词汇的权重, m 为场景词汇总数, R_f 为故事单元场景相似度.如果故事单元中只有播音员的场景,没有出现其他事件内容描述的场景,则定义 $R_f=0$.

5 实验

实验中使用的数据包括哥伦比亚大学 DVMM 实验室建立的测试数据集^[24](称为 DB1)和动态采集的新闻视频数据(称为 DB2),DB2 节目来源包括 CCTV,BBC 和 CNN,延续时间为 2 周(具体采集时间为 2006 年 8 月 15 日~2006 年 8 月 28 日).其中,DB1 是当前衡量 NDK 实验效率的一个共用测试数据,DB2 在实验中作为故事单元关联分析的实测动态数据.

实验的第 1 个内容是在 DB1 中衡量本文 NDK 识别算法的效率,主要比较 NDK 识别速度和效率;实验的第 2 个内容是在 DB2 上综合本文方法进行故事单元关联分析,衡量本文方法的有效性;实验的第 3 个内容是对本文提出的故事单元相似度计算方法的有效性进行论证.

5.1 NDK 识别算法的实验

实验在 DB1 数据库中分别利用初始 DOG 局部关键点和两种不同精简方法所得的局部关键点针对本文提出的层次化过滤方法衡量 NDK 识别的速度和效率,两种局部关键点精简方法分别称为“PM₁”(提高对比度的方法)和“PM₂”(选择对比度最高的前 N 个局部关键点的方法).DB1 数据中包括 600 幅关键帧,其中有 150 对预设的 NDK 和 300 幅其他的关键帧.本文 NDK 识别效率衡量的标准为查全率和准确率,定义如下:

$$precision = \frac{X}{A}, recall = \frac{X}{B}$$

其中, X 是正确探测的 NDK 数量, A 是探测到的 NDK 数量, B 是实际数量.为与数据库预设一致,实验中的数量都采用匹配的 NDK 对的数量,在 DB1 中, $B=150$.

NDK 识别实验的第 1 个方面是衡量不同局部关键点集合匹配识别的速度,统计初始 DOG 局部关键点集、PM₁ 方法所得局部关键点集(实验中将对比度过滤阈值提高到 0.15)、PM₂ 方法所得局部关键点集(实验中 $N=100$,即选择对比度最高的前 100 个局部关键点)利用本文方法进行 NDK 识别的时间,见表 1.

Table 1 Matching time of NDK identifying based on DB1

表 1 基于 DB1 的 NDK 匹配时间

	Initial DOG keypoint	PM ₁ keypoint	PM ₂ keypoint
Matching time	About 22 hours	About 6 hours	About 2.5 hours

从表 1 中的实验时间可以看出,精简局部关键点的方法可以明显提高 NDK 识别的速度.在此基础上,实验的第 2 个方面对上述不同局部关键点集中 NDK 识别的效率进行比较.

首先对匹配分析速度最快的 PM₂ 关键点集分析 NDK 识别的效率,通过两个步骤来证明第 3.2 节方法的效率.在实验中:第 1 步应用基于熵过滤方法获得 NDK 识别结果候选集;第 2 步则在此基础上应用基于 NDK 对称性过滤方法对所得的候选集进一步过滤.表 2 给出了实验的具体结果.

Table 2 NDK identifying result based on DB1

表 2 基于 DB1 的 NDK 识别结果

Number of NDK identifying (pair)	Step 1: Candidate detection based on "Entropy"			Step 2: NDK identifying based on "Symmetry"		
	Correct	False	Total	Correct	False	Total
	131	62	193	131	11	142
Actual number	150			150		
Precision (%)	67.86			92.25		
Recall (%)	87.33			87.33		

实验结果显示,利用基于熵的 NDK 候选集识别算法能够得到大部分潜在的 NDK 对,查全率为 87.33%,但是准确率不高.第 2 步执行基于 NDK 对称性的过滤方法之后,在查全率不变的情况下,能够去除大部分误判的识别结果,准确率从 67.86% 提高到 92.25%,基本可以满足故事单元关联分析的需求.

通过进一步的分析,实验中出现漏判的原因主要在于 NDK 之间虽然相似,但是场景中可能不包含共同的突出对象,使得正确匹配点的数量太少,无法进行有效识别,如图 11(a)所示.图中两幅关键帧只有两对正确匹配的

关键点,因此被识别为不相似关键帧.出现误判的一个主要原因是数据库中预设 NDK 的歧义性,如图 11(b)所示,两对关键帧实际上是同一场景在不同视角和尺度的关键帧,因此它们满足 NDK 的定义.本文方法将它们识别为 NDK,但是在测试数据库中它们被设定为两对不同的 NDK.

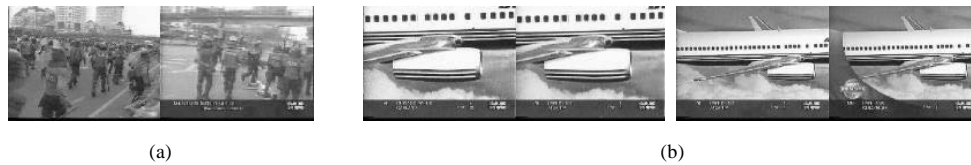


Fig.11 Samples of miss and false

图 11 漏判和错判数据示例

通过与文献[14]方法在 DB1 上的 NDK 识别效率进行比较,上述基于 PM_2 关键点集的方法在提高匹配分析速度的基础上,识别的查全率和准确率也能够取得比较好的平衡.因此,方法在提高速度的前提下并未导致 NDK 识别结果出现负面影响.

此外,本文还在关键帧的初始 DOG 局部关键点集、 PM_1 局部关键点集和 PM_2 中 $N=50$ 的关键点集中分别进行了 NDK 识别的实验.

在关键帧的初始 DOG 局部关键点集和 PM_1 局部关键点集开展实验的结果显示,对于上述实验中漏判的 NDK 仍然不能有效地进行识别,对于预设信息不足导致的错判继续出现,从而证明本章研究的局部关键点精简方法 PM_1 和 PM_2 中 $N=100$ 时并未对最终的 NDK 识别结果出现明显影响.

在 PM_2 中 $N=50$ 的局部关键点集进行实验的结果显示,NDK 识别的效率受到明显影响.实验识别得到 71 对 NDK,其中 64 对正确,其中查全率为 42.67%,准确率为 90.14%.虽然识别结果的准确率仍然较高,但是查全率显著下降,导致这一现象的根本原因是关键帧中局部关键点数量有限,使得关键帧之间能够正确匹配的关键点数量相应减少,导致不能对部分 NDK 进行正确识别.

5.2 故事单元关联分析的实验

故事单元关联分析的实验在 DB2 数据库中进行.在 DB2 数据库中,大部分新闻事件的报道只在一两天的时间内出现,这些故事单元之间基本都出现了 NDK,并且 NDK 之间视觉差异比较小,因此可以直接利用 NDK 识别的结果获得故事单元关联关系,具有较高的关联分析效率.故事单元关联分析的难点主要体现在对热点新闻事件较长时间的报道中,因为随着事件的发展变化,报道的重点和内容可能出现明显差异,在报道相同事件的故事单元之间可能没有出现 NDK,从而导致关联关系识别的难度加大.本节选择报道时间延续较长的新闻事件,利用 NDK 识别结果和故事单元关联关系的传递性综合进行实验,以衡量本文方法的有效性.在 DB2 中有 4 个热点事件报道时间跨度比较长(持续时间接近或者超过 7 天):“伊朗核问题”(event 1)、“联合国在黎巴嫩的维和行动”(event 2)、“热带风暴袭击美国”(event 3)和“伊拉克发生自杀爆炸”(event 4).实验的详细数据见表 3.

Table 3 Tracking stories result based on DB2

表 3 基于 DB2 的故事跟踪结果

News event		Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
Number of news stories	Actual number	21	15	23	9
	Total	23	16	23	11
	Correct	19	15	20	8
	False	4	1	3	3
	Miss	2	0	3	1
	Recall (%)	90.48	100	86.96	88.89
	Precision (%)	82.61	93.75	86.96	72.73

从表 3 的实验结果可以看出,本文提出的方法能够有效地关联动态采集新闻视频中的故事单元.对实验中出现的误判信息进行分析可以发现,进行故事单元关联分析时,事件不相关的故事单元关键帧中可能会包含相

同或者相似的语义对象(例如,在 event 1 和 event 4 中的个别故事单元中,都出现了部分相似的镜头),从而出现一定干扰,其原因是不同事件可能发生在相同或者相似的地方,或者具有相同的重要对象等,尤其是一部分新闻事件发生的早期,视频编辑中缺乏素材,为方便编辑而可能重复利用部分其他具有相似要素事件的一些相关素材.这是影响故事单元关联分析的重要原因.

同时,少数具有关联关系的故事单元之间因为编辑过程中对镜头的选择等因素导致没有出现相似关键帧,从而出现对少数故事单元的漏判.例如,对新闻事件进行评论的故事单元中可能只出现播音员或评论员镜头.

此外,相似关键帧识别的效率也对故事单元关联分析结果具有明显影响.

5.3 故事单元相似度算法的实验

不同的用户对于故事单元之间的相似性有不同的认识,具有较强的主观性,难以通过一种标准的定量方法进行衡量.因此,实验主要以用户调查的方式来开展.

实验在 DB2 数据库上开展,调查重点关注第 5.2 节实验中报道延续时间比较长的 3 个新闻事件:“伊朗核问题”、“联合国在黎巴嫩的维和行动”和“伊拉克发生自杀爆炸”,评估本文故事单元场景相似度计算的用户主观满意度.实验选择 9 名没有经过任何训练的用户分成 3 组,分别对上述事件集中的故事单元相似度计算结果进行评判.评价方式是利用本文算法为每个故事单元选择一个最相似的故事单元,将结果提交用户进行判断.故事单元利用关键帧以故事板的形式提供给用户.通过用户选择与本文算法判断信息的一致程度进行衡量,计算百分比(用户判断为正确的结果与实际故事单元数量相比),实验结果见表 4.

Table 4 Similarity consistency between the method and users

表 4 本文方法计算故事相似度结果与用户评判的一致性

	Group 1	Group 2	Group 3
Consistency (%)	97.8	93.3	95.6

实验结果显示,本文研究的故事单元场景相似度计算方法与用户选择之间具有很好的一致性,除个别情况以外,用户选择与本文方法判断基本一致.

通过实验和用户的反馈信息说明,在各种模态的信息中,与底层视觉特征相比,作为中间语义层次的场景信息与用户的主观感官具有更好的一致性;也证明了 NDK 识别结果不仅可以作为故事单元关联分析的线索,也可以进一步作为故事单元相似度衡量的有效依据.

6 总 结

本文研究了新闻视频 NDK 识别和故事单元关联分析方法.在 NDK 识别方法中,重点针对识别速度和效率两个突出问题开展了研究:为了提高 NDK 识别速度,本文在减少每次匹配分析的关键帧数量和减少用于匹配分析的局部关键点数量两个方面研究了改进方法,从本质上缓解了限制识别速度的瓶颈;为了提高 NDK 识别的效率,本文提出了一种层次化过滤方法,通过基于熵的 NDK 候选集选择和基于 NDK 对称性的过滤两个步骤保证了识别效率.利用 NDK 识别结果和故事单元关联关系的传递性,本文研究了故事单元的直接关联关系和间接关联关系的识别与分析方法,该方法可以比较有效地对新闻事件报道进行关联分析.最后,本文提出了一种利用 NDK 信息的故事单元相似度计算方法,该方法计算所得的场景相似度能够较好地贴近用户主观感官.

实验中也发现部分有待进一步研究的问题.在 NDK 识别过程中,有少数情况不能通过基于局部关键点和局部特征的方法进行有效识别,其基本原因是关键帧场景中探测和正确匹配的关键点数量都比较少,难以进行正确识别,因此需要研究结合其他特征的分析方法.在故事单元关联分析研究中,不具有关联关系的故事单元之间可能会出现相同或相似要素和对象,或者因为编辑素材选择的因素,而导致出现 NDK,可能会干扰故事单元关联分析的结果,需要对这种情况研究其他分析方法.同时,少数具有关联关系的故事单元之间没有出现 NDK,不能通过现有方法完成分析,需要研究补充方法来更加全面地识别故事单元关联关系,例如,可以考虑利用关键帧语义概念信息的标注^[25,26]等,获得一定程度的语义信息辅助分析.

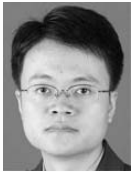
References:

- [1] Li BL, Yu SW. Research on topic detection and tracking. *Computer Engineering and Applications*, 2003,39(17):7–10 (in Chinese with English abstract).
- [2] Jia ZY, He Q, Zhang HJ, Li JY, Shi ZZ. A news event detection and tracking algorithm based on dynamic evolution model. *Journal of Computer Research and Development*, 2004,41(17):1273–1280 (in Chinese with English abstract).
- [3] Ide I, Mo H, Katayama N. Threading news video topics. In: *Proc. of the 5th ACM SIGMM Int'l Workshop on Multimedia Information Retrieval (MIR 2003)*. ACM, 2003. 239–246.
- [4] Ide I, Mo H, Katayama N, Satoh S. Exploiting topic thread structures in a news video archive for the semi-automatic generation of video summaries. In: *Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Multimedia and Expo (ICME 2006)*. Toronto: IEEE, 2006. 1473–1476.
- [5] Allan J, Wade C, Bolivar A. Retrieval and novelty detection at the sentence level. In: *Proc. of the 26th Annual Int'l ACM SIGIR Conf. on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 2003)*. Toronto: ACM, 2003. 314–321.
- [6] Peng YX, Ngo CW, Dong QJ, Guo ZM, Xiao JG. An approach for video retrieval by video clip. *Journal of Software*, 2003,14(8): 1409–1417 (in Chinese with English abstract). <http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1409.htm>
- [7] Lin T, Zhang HJ, Feng JF, Shi QY. Shot content analysis for video retrieval applications. *Journal of Software*, 2002,13(8): 1577–1585 (in Chinese with English abstract). <http://www.jos.org.cn/1000-9825/13/1577.pdf>
- [8] Zhang DQ, Chang SF. Detecting image near-duplicate by stochastic attributed relational graph matching with learning. In: *Proc. of the 12th Annual ACM Int'l Conf. on Multimedia (MM 2004)*. New York: ACM, 2004. 877–884.
- [9] Chang SF, Hsu W, Kennedy L, Xie LX, Yanagawa A, Zavesky E, Zhang DQ. Columbia university TRECVID-2005 video search and high-level feature extraction. In: *Proc. of the NIST TRECVID Workshop. 2005*.
- [10] Chua TS, Neo SY, Zheng YT, Goh HK, Tang S, Xiao Y, Zhao M. Trecvid 2006 by NUS-I²R. In: *Proc. of the NIST TRECVID Workshop. 2006*.
- [11] Hsu WH, Chang SF. Topic tracking across broadcast news videos with visual duplicates and semantic concepts. In: *Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Image Processing (ICIP 2006)*. Atlanta: IEEE, 2006. 141–144.
- [12] Duygulu P, Pan JY, Forsyth DA. Towards auto-documentary: Tracking the evolution of news stories. In: *Proc. of the 12th Annual ACM Int'l Conf. on Multimedia (MM 2004)*. New York: ACM, 2004. 820–827.
- [13] Lowe DG. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *Int'l Journal of Computer Vision*, 2004,60(2):90–110.
- [14] Ngo CW, Zhao WL, Jiang YG. Fast tracking of near-duplicate keyframes in broadcast domain with transitivity propagation. In: *Proc. of the 14th Annual ACM Int'l Conf. on Multimedia (MM 2006)*. Santa Barbara: ACM, 2006. 845–854.
- [15] Zhao WL, Ngo CW, Tan HK, Wu X. Near-Duplicate keyframe identification with interest point matching and pattern learning. *IEEE Trans. on Multimedia*, 2007,9(5):1037–1048. [doi: 10.1109/TMM.2007.898928]
- [16] Zhao WL, Jiang YG, Ngo CW. Keyframe retrieval by keypoints: Can point-to-point matching help? In: *Proc. of the Int'l Conf. on Image and Video Retrieval (CIVR 2006)*. Tempe: Springer-Verlag, 2006. 72–81.
- [17] Zheng YT, Neo SY, Chua TS, Tian Q. Fast near-duplicate keyframe detection in large-scale video corpus for video search. In: *Proc. of the Int'l Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT 2007)*. Bangkok, 2007.
- [18] Zheng YT, Neo SY, Chua TS, Tian Q. The use of temporal, semantic and visual partitioning model for efficient near duplicate detection in large scale news corpus. In: *Proc. of the Int'l Conf. on Image and Video Retrieval (CIVR2007)*. Amsterdam: ACM, 2007. 409–416.
- [19] Lin J. Event detection and tracking in news video [Ph.D. Thesis]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007 (in Chinese with English abstract).
- [20] Wen J, Wu LD, Zeng P, Luan XD, Xie YX. News video story segmentation method using fusion of audio-visual features. In: *Proc. of the SPIE 5th Int'l Symp. on Multispectral Image Processing and Pattern Recognition*. Wuhan: SPIE, 2007. 67904G1–67904G6.
- [21] Xie YX, Luan XD, Wu LD, Lao SY. A decompression-based shot detection method. *Systems Engineering and Electronics*, 2003, 25(8):1028–1031 (in Chinese with English abstract).
- [22] Wen J, Zeng P, Luan XD, Wu LD. Adaptive method to detect anchorperson shot in news video. *Computer Engineering*, 2008,34(3): 244–246 (in Chinese with English abstract).

- [23] Zhou XZ, Shi YC, Wang T. TV symbol recognition based on weighted Hu invariant moments in HSV colour space. Journal of Nanjing University of Science and Technology, 2005,29(3):363-367 (in Chinese with English abstract).
- [24] <http://www.ee.columbia.edu/ln/dvmm/researchProjects/FeatureExtraction/NearDuplicateByParts/INDDetection.html>
- [25] Hauptmann A, Yan R, Lin WH. How many highlevel concepts will fill the semantic gap in news video retrieval? In: Proc. of the 6th ACM Int'l Conf. on Image and Video Retrieval (CIVR 2007). Amsterdam: ACM, 2007. 627-634.
- [26] Christel MG. Establishing the utility of non-text search for news video retrieval with real world users. In: Proc. of the 15th Int'l Conf. on Multimedia (MM 2007). Augsburg: ACM, 2007. 707-716.

附中文参考文献:

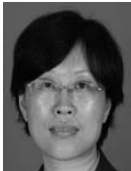
- [1] 李保利,俞士汶.话题识别与跟踪研究.计算机工程与应用,2003,39(17):7-10.
- [2] 贾自艳,何清,张海俊,李嘉佑,史忠植.一种基于动态进化模型的事件探测和追踪算法.计算机研究与发展,2004,41(17):1273-1280.
- [6] 彭宇新,Ng CW,董庆杰,郭宗明,肖建国.一种通过视频片段进行视频检索的方法.软件学报,2003,14(8):1409-1417. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1409.htm>
- [7] 林通,张宏江,封举富,石青云.镜头内容分析及其在视频检索中的应用.软件学报,2002,13(8):1577-1585. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/13/1577.pdf>
- [19] 凌坚.新闻视频主题识别与跟踪的研究[博士学位论文].杭州:浙江大学,2007.
- [21] 谢毓湘,栾悉道,吴玲达,老松杨.一种基于解压的镜头探测方法.系统工程与电子技术,2003,25(8):1028-1031.
- [22] 文军,曾璞,栾悉道,吴玲达.自适应的新闻视频播音员镜头探测方法.计算机工程,2008,34(3):244-246.
- [23] 周献忠,史迎春,王韬.基于 HSV 颜色空间加权 Hu 不变矩的台标识别.南京理工大学学报,2005,29(3):363-367.



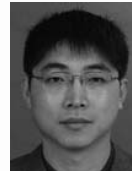
文军(1976—),男,湖南邵阳人,博士,讲师,主要研究领域为多媒体信息系统.



曾璞(1980—),男,博士生,主要研究领域为多媒体信息系统.



吴玲达(1962—),女,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为多媒体信息系统,虚拟现实技术.



栾悉道(1976—),男,博士,讲师,主要研究领域为多媒体信息系统.