

基于改进分块颜色特征和二次提取的关键帧提取算法

刘华咏 李 涛

(华中师范大学计算机学院 武汉 430079)

摘 要 关键帧提取技术是视频摘要、检索、浏览和理解中的一项重要技术。目前关键帧提取算法存在一些问题,例如特征选择复杂、阈值选择难、自适应性不强等。为了更有效地提取视频关键帧,提出了一种基于改进分块颜色特征和二次提取的关键帧提取算法。首先,对视频帧进行等面积矩形环划分;其次,提取矩形环的 HSV 量化颜色特征,并由帧图像中心到外依次减小每个矩形环特征的权值以突出图像主体部分;然后,依据相邻视频帧间特征的显著性变化初步选取关键帧;最后,依据初次提取的关键帧在视频中的位置间隔大小进行二次提取优化关键帧。实验结果表明,该方法具有良好的适应性,同时能够有效避免因镜头有突然闪光或物体快速运动而提取过多的关键帧,最终提取的关键帧能够比较全面准确地表达视频内容。

关键词 关键帧,颜色特征,等面积矩形环,二次提取

中图分类号 TP391.41 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.12.066

Key Frame Extraction Algorithm Based on Improved Block Color Features and Second Extraction

LIU Hua-yong LI Tao

(School of Computer, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract Key frame extraction is an important technique in video summarization, searching, browsing and understanding. Nowadays some problems exist in the algorithms of key frame extraction, such as selecting features problem, choosing threshold difficultly, weak adaptability and so on. In order to extract key frame efficiently, this paper proposed an improved key frame extraction algorithm based on low-level features. Firstly, each frame is divided into equal-area rectangular ring. Secondly, sub-block accumulative color histogram is extracted as color features and different weights are set for different rectangular rings in order to highlight the central part of frame. Thirdly, key frames are selected in accordance with the significant change of frames. Lastly, key frames are optimized and selected in accordance with the frames of location in the video. The experiment results show that the proposed algorithm has good adaptability and can effectively reduce redundant key frames when the shot has a sudden flash or the object moves fast. Finally, the extracted key frames by this algorithm can express the primary content of video effectively.

Keywords Key frame, Color feature, Equal-area rectangular ring, Second extraction

1 引言

随着互联网和多媒体信息技术的快速发展,人们获取信息的途径主要依赖网络,视频已成为网络上信息资源的最主要表现形式之一。人们希望能够像文本数据一样,通过对视频的浏览、查询、处理等快速找出自己感兴趣的内容,但是视频的数据量很大、结构十分复杂等原因导致对视频的处理变得十分困难,处理效率也大大降低。关键帧是反映视频主要内容的若干帧图像,可以简洁地表达视频内容,在视频检索中,通常用关键帧来代替视频,这样减少了处理的数据量,提高了处理效率。目前,国内外研究人员已经提出多种关键帧提取方法,但是不同的方法具有不同的局限性,具体分析如下。

(1)基于镜头的方法^[1,2]。此方法一般是先对视频进行镜头分割,然后取经过镜头分割后的每个镜头的首尾帧或中间帧作为当前镜头的关键帧,最后将各个镜头的关键帧的集

合作为当前视频的关键帧。文献[2]首先采用改进直方图方法对视频进行镜头分割,然后利用基于像素的帧差法对镜头进行二次检测,最后计算镜头内每帧的图像熵,确定关键帧序列。基于镜头的方法实现比较简单,并且运算量也较小,适用于一些场景单一、内容变化不大的视频。其不足的地方是首先要对视频进行镜头分割,而镜头的分割好坏直接影响着下一步关键帧的提取,并且此方法也限制了关键帧的数量,不能很好地适用于摄像机不断运动的镜头,局限性较大。

(2)基于运动分析的方法。Wolf^[3]通过光流分析来计算摄像机镜头中的运动量,在运动量局部最小值处选取关键帧,它反映了视频数据的静止。该方法通过对每个像素光流分量的模求和作为第 k 帧的运动量 $M(k)$,即:

$$M(k) = \sum_i \sum_j |O_x(i, j, k)| + |O_y(i, j, k)| \quad (1)$$

其中, $O_x(i, j, k)$ 是帧 k 内像素 (i, j) 光流的 X 分量, $O_y(i, j, k)$ 是帧 k 内像素 (i, j) 光流的 Y 分量。该方法能够针对不同

到稿日期:2014-12-16 返修日期:2015-03-18 本文受湖北省科技支撑计划项目(2013BAA100)资助。

刘华咏(1978-),男,博士,副教授,主要研究方向为图像处理、语音信号处理和多媒体技术, E-mail: lhywuhee@mail.ccnu.edu.cn; 李涛(1989-),男,硕士生,主要研究方向为图像视频处理。

结构的镜头,根据实际情况提取合适数量的关键帧。但是这种方法缺点是在分析运动时所需的计算量较大,而且由局部最小值得到的关键帧不一定能够准确地描述视频内容。

(3)基于内容分析的方法。该方法依据帧图像的颜色、纹理等视觉信息特征来提取关键帧。这种关键帧提取方法主要包含两类:基于内容的显著性变化^[4,5]和基于聚类的关键帧提取方法^[6-11]。Zhang 等人^[4]依据帧间的显著变化来提取关键帧,首先把视频的第一帧作为关键帧,然后依次计算当前关键帧与剩余帧之差,如果差值大于设定的阈值,则选取一个关键帧并更新为当前关键帧。此方法可以根据镜头内容的变化程度选择相应数目的关键帧,但是选取的关键帧不一定具有代表意义,而且在有突然闪光或者物体快速运动时容易选取过多的关键帧。Hanjalic 等人^[6]提出了用无监督聚类方法提取关键帧,这种方法首先初始化一个聚类中心,然后根据当前帧与中心的距离来判断该中心是归为该类还是作为新的聚类中心,最后将各类中高聚类中心最近的帧作为关键帧。基于聚类的方法的不足之处是有时需要预先设定聚类的中心和聚类的数目,在具体的应用中聚类的中心和数目是很难确定的,另外不能有效地保存原镜头内视频帧的时间顺序和动态信息。而且该算法比较复杂,实现起来有一定的困难,计算量也较大。王方石等人^[11]提出一种基于自适应阈值的自动提取关键帧的聚类算法,该方法采用二次聚类,首先以镜头内相邻两帧的相似度为数据样本聚类,并计算确定第2次聚类所需阈值,然后采用动态聚类的 ISODATA 算法,以视频序列的帧为数据样本进行聚类,最后在每个类中提取关键帧,该方法无需预先设定任何阈值,但是通过两次聚类,增加了算法的复杂度和计算量。顾益军等人^[12]采用一种通过计算帧的代表性并基于代表性评价而实现的关键帧提取算法,该方法避开了聚类的框架,提取的关键帧也能较好地代表视频内容。

(4)基于视觉注意模型的方法^[13-15]。为了减少实际语义与底层特征之间的语义鸿沟,一些研究者利用视觉注意模型提取关键帧,文献[13]采用颜色直方图对帧进行初次聚类,然后从每个类中选取视觉上更显著的帧作为关键帧,由于在聚类的过程中使用的是 K-means 算法,因此提取的关键帧顺序可能会被打乱。文献[14]使用一种具有时间约束的聚类算法,首先对相似的关键帧进行聚类,然后从每个类中选取运动、颜色和纹理特征最显著的帧作为关键帧,时间约束聚类算法保留了关键帧的顺序。文献[15]提出一种有效的视觉注意模型的关键帧提取方法,该方法通过计算静态和动态视觉注意信息,然后将它们的非线性组合作为提取关键帧的特征,静态模型的建立基于显著性检测的图像特征,动态注意模型使用时间梯度来突出重要区域的帧间运动。同样,这些算法相对复杂,计算量在一定程度上也较大。

由于现有关键帧提取算法存在不足,例如传统图像分块方法不能突出图像的主体部分,在基于帧显著性变化的方法中阈值难以确定,基于运动分析和视觉注意模型的方法的计算量相对较大,在使用聚类的关键帧提取方法中提取的关键帧可能会破坏原有帧的顺序,本文提出一种基于改进分块颜色特征和二次提取的关键帧提取算法,对帧进行等面积矩形环划分,提取每个矩形环上的 HSV 量化颜色特征,并赋予不同矩形环不同的权值以突出主体部分,依据帧间显著性变化初次提取关键帧,最后依据初次提取的关键帧在视频中的位置间隔大小进行二次提取优化关键帧。实验结果表明,该方

法提取的关键帧较其它方法能更有效地表达视频主要内容,同时,提取的关键帧冗余度较低,并且采用自适应的方法确定阈值,对于不同类型的视频具有自适应性。

本文第2节详细介绍了所提关键帧提取方法的详细过程;第3节通过对比现有关键帧提取方法及分析实验数据,得出结论;最后总结全文。

2 改进分块颜色特征和二次提取的关键帧提取过程

2.1 改进分块颜色特征提取

HSV 颜色空间直接对应于人眼色彩视觉特征的三要素:色调(H)、饱和度(S)、亮度(V),通道之间各自独立,因此可以独立感知各颜色分量的变化。对 HSV 颜色空间进行非均匀量化,提取的颜色特征不但能够表达图像的内容,而且能有效降低高维数据特征的计算量。本文使用 HSV 颜色量化直方图,将 H, S, V 分别依照人的颜色感知进行非等间隔的量化,并分别划分为 7, 2, 2 个级别,然后按照式(2)将 3 个颜色分量转换为一个分量,这样就将图像颜色划分为 36 个等级。

$$K=4H+2S+V+8 \quad (2)$$

通常视频帧的主体部分偏向于视频帧的中心部分,颜色直方图只是对帧图像的颜色统计,忽略了颜色的空间分布信息,传统分块方法是将对帧图像平均分成 $m \times n$ 块,没有突出帧图像的主体部分。本文采用一种基于等面积矩形环划分方法,然后在矩形环上进行颜色特征提取,具体步骤如下。

(1)确定帧图像的中心点 O ,按照等面积矩形环分块的原则,计算以 O 为中心的每个矩形的边长 a, b ,假设从中心向外每个矩形环依次记为 R_1, R_2, \dots, R_N ,如图 1 所示,则划分后每个矩形的边长为:

$$\begin{cases} a=m \times \sqrt{\frac{i}{N}} \\ b=n \times \sqrt{\frac{i}{N}} \end{cases}, i=1, 2, \dots, N \quad (3)$$

其中, m, n 为帧图像的边长, N 为划分的矩形环数。

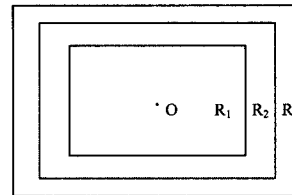


图1 等面积图像矩形环

(2)对帧图像的每一矩形环按照上述方法提取 36 维的颜色直方图特征,由中心向外记为 $L_i (i=1, 2, \dots, N)$ 。

(3)对帧图像各矩形环赋予不同的权值 ω_i ,为突出帧图像的主体部分和减弱边缘部分,各权值的大小按照帧图像中心到外的次序依次减小,并且

$$\sum_{i=1}^N \omega_i = 1 \quad (4)$$

其中, N 为划分的矩形环数。

最后用式(5)得到帧图像特征 F :

$$F = \sum_{i=1}^N \omega_i L_i \quad (5)$$

其中, F 为最终从视频帧中提取的包含 36 维颜色的特征向量。

2.2 帧间相似度度量

本文用欧氏距离表示帧图像的差值,欧氏距离越小,帧间

相似度就越高。帧间相似度定义为:

$$S(H_i, H_j) = 1 - \sqrt{\sum_{k=0}^{35} (F_{i,k} - F_{j,k})^2} \quad (6)$$

其中, H_i, H_j 分别表示视频中的第 i 帧和第 j 帧; $F_{i,k}, F_{j,k}$ 分别是第 i 帧和第 j 帧的第 k 维特征值。

2.3 初次提取关键帧

第一次初选关键帧采用的是基于图像底层特征的关键帧提取方法,其基本思想是首先把视频镜头的第一帧作为关键帧,然后按照式(6)依次计算剩余的视频帧与当前关键帧的相似度,如果相似度小于自适应设定的阈值,则把这一帧选为关键帧,并更新为当前帧,然后依次计算。基本步骤如下:

(1)按照上述改进的特征提取方法对视频每一帧图像提取特征向量。

(2)自适应确定阈值 δ :

$$\delta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} S(H_{i+1}, H_i) - \Delta \quad (7)$$

其中, N 是视频的总帧数; H_{i+1}, H_i 分别是第 $i+1$ 和第 i 帧的特征向量, $S(H_{i+1}, H_i)$ 是连续两帧的相似度, Δ 是阈值 δ 的调节数。

(3)将视频第一帧作为关键帧。

(4)运用式(6)计算当前关键帧与下一帧的相似度 S ,若 $S < \delta$,则把这一帧加入关键帧集合,并更新当前关键帧,否则继续计算与下一帧的相似度,其中, δ 为自适应确定的阈值。

(5)重复步骤(4)直至没有满足条件的视频帧结束。选取的一个镜头是一架小型飞机起飞,后面出来一辆车,车超过飞机,然后消失,镜头共有 994 帧,实验中阈值 δ 的调节数 Δ 设定为 0.15,初次提取的关键帧如图 2 所示。

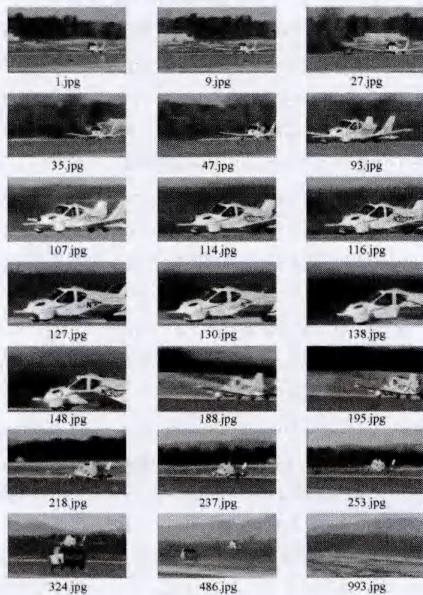


图 2 初次提取的关键帧

2.4 二次提取优化关键帧

从图 2 发现初次提取的关键帧有大量的重复,对比这些重复的关键帧,可以发现有些是物体的快速运动,或者是由于突然闪光而导致帧的亮度变化,最终导致内容相似的两帧相似度变小,误判为关键帧,例如 93 号帧与 107 号帧明显发生亮度变化,另外我们还可以看出重复的关键帧在视频镜头中的位置序列比较近,因此本文提出基于视频帧间隔的二次提

取关键帧的方法,对初次得到的关键帧进行二次提取优化,具体方法如下:

(1)假设第一次提取的关键帧数量为 M ,定义 f 为视频帧率, μ 为帧率倍数系数,则帧间隔阈值 $d = \mu f$ 。依次记录第一次提取的每一关键帧在视频中的位置序列号,记为 p ,并得到视频关键帧位置序号数组 $P = \{p_i | i = 1, 2, \dots, M\}$ 。

(2)依次计算相邻两关键帧的位置序列号差值,得到含有 $M-1$ 个数值的数组 $A = \{a_i | i = 1, 2, \dots, M-1\}$ 。

(3)将数组 A 中的值依次与间隔阈值 d 比较,若 $a_i < d$,则将位置序号为 p_{i+1} (相邻两冗余关键帧的后一帧)的关键帧去除,否则都保留。

对视频第一次提取的关键帧进行二次提取优化,其中,帧率倍数系数 μ 设定为 1.4,最终得到的关键帧如图 3 所示。

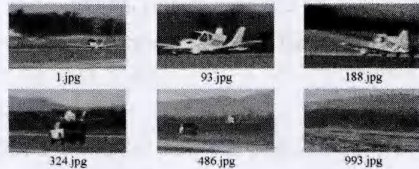


图 3 二次提取优化结果的关键帧

本方法对视频初次提取的关键帧进行二次提取优化,从图 3 中可以看出,本方法有效地去除了首次提取关键帧的冗余,所提取的关键帧很好地反映了视频的内容,并且间隔阈值采用 $d = \mu f$,对于不同视频帧率的视频镜头具有一定的自适应性。

3 实验结果与分析

为了检测本算法的有效性,选取体育、新闻、电影等不同类型的视频片段,利用 Matlab 进行编程,并人工地对视频进行关键帧的识别统计以作为算法的参考标准。采用查全率 (R)、查准率 (P) 作为检验算法有效性的标准,查全率、查准率的定义如下所示。

$$R = \frac{N_c}{N_c + N_m} \times 100\% \quad (8)$$

$$P = \frac{N_c}{N_c + N_f} \times 100\% \quad (9)$$

其中, N_c, N_m 和 N_f 分别表示正确检测数、漏检数和误检数。

通常情况下高的查全率可以通过选择过多的关键帧来实现,而高的查准率则可以通过选择极少数关键帧来实现,二者有一定的相互影响关系。为了得到一个组合度量,我们另外选取一个度量标准 F 值 (R 与 P 的调和平均值), F 值定义如下:

$$F = \frac{2 \times R \times P}{R + P} \quad (10)$$

表 1 列出了对不同类型的视频使用本方法提取关键帧的查全率、查准率和 F 值。

表 1 本方法实验结果

视频编号	总帧数量	关键帧数	R	P	F 值
1	994	7	85.7%	100.0%	0.923
2	3581	18	77.8%	82.4%	0.800
3	410	10	80.0%	80.0%	0.800
4	4682	35	88.6%	86.1%	0.873
5	1988	10	90.0%	81.8%	0.857

由表 1 可知,对于不同类型的视频片段,本文算法所提取的关键帧的查全率、查准率和 F 值都能达到一个较高的水平。

通过与现有方法对比来说明本方法的有效性,使用文献[10,13-15]提出的方法与本文方法对多个视频提取关键帧的平均查全率、平均查准率和平均 F 值进行对比,如表 2 所列。

表 2 不同方法平均实验结果比较

提取方法	平均 R	平均 P	平均 F 值
文献[10]	73.0%	71.0%	71.0%
文献[13]	80.0%	77.0%	78.0%
文献[14]	83.0%	84.0%	81.0%
文献[15]	84.0%	81.0%	82.0%
本文方法	84.4%	86.1%	85.1%

从表 2 可以看出,本文方法的实验结果相对其它方法较好。该方法使用单一的 HSV 量化颜色特征,计算复杂度相对较低,并且在选取帧相似度阈值 δ 与帧间隔阈值 d 时都采用自适应的方法,对不同的视频具有自适应性。

接下来,为更直观地表达本文所提出的方法的有效性,我们选取了文献[15]使用的一个关于沿海飓风透视的视频,视频首先描述的是第一位研究者解释关于沿海地区地质的重要知识,然后第二位研究者讨论了关于极端天气对海岸侵蚀的灾难性影响的调查研究。同时,我们使用文献[15]中的实验数据与本文方法实验结果作对比。视频中共有 2310 帧,在本文方法提取关键帧的实验中,帧间相似度阈值 δ 的调节数 $\Delta=0.30$,帧率的倍数系数 $\mu=1.4$,同时我们对比文献[8-10,13-15]中关键帧提取方法的实验结果,并从视频中选取实际的 12 个关键帧作为提取关键帧的参考标准,具体如图 4 所示。



图 4 不同方法所得实验结果的对比

从图 4 中可以直观地看出,在文献[8-10,13]的方法中丢失了较多重要的关键帧,例如,文献[8]丢失了过多的中间部分的关键帧,包含房屋倒塌的过程等关键帧;文献[9]丢失了关于第一位研究员解说的重要关键帧,同时还包含一些其它的关键帧;在文献[14,15]的方法中提取的关键帧很接近参考关键帧,能够较好地表述视频内容,但是房屋倒塌这一镜头的过程同样没有被很好地描述,况且在文献[14]中提取的关键帧有几帧是重复的,同时也丢失了第 11 个重要的关键帧;然而,本文方法所提取的关键帧重复了关于黑云的一帧,虽然丢失了一个关于描述房屋倒塌过程的帧,但是相对其它方法,较好地呈现出了房屋倒塌的过程,从整体上覆盖了全部关键帧,且较简洁有效地表达了视频的主要内容。

本文首先采用等面积矩形环划分,然后提取各矩形环的量化 HSV 颜色特征,并对不同矩形环赋予不同的权值,以突出帧的主体部分,另外我们在初次提取关键帧时所选取的阈值采用一种自适应的方法,通过求相邻帧间的相似度均值并

减去一个阈值调节数,最终能够对不同的视频得到一个自适应阈值。在二次提取优化关键帧时同样采用一种自适应间隔阈值,即 μ 倍的视频帧率,这样对于不同视频帧率的视频具有一定的自适应性。

从实验结果可以看出,本文提出的关键帧提取算法相对于其它关键帧提取算法具有较好地效果,且能较好地描述视频的主要内容。

结束语 本文提出一种基于改进分块颜色特征和二次提取优化的关键帧提取算法,通过与现有关键帧提取算法进行对比实验,结果证明使用本方法提取的关键帧不但能够较好地反映视频镜头的内容,而且对于物体快速运动时或者视频镜头中因突然出现闪光而提取过多的关键帧有较好的抑制,同时因使用单一 HSV 量化颜色特征计算量相对较小,在选取阈值时采用自适应的方法,这样对于不同类型的视频具有自适应性。当然,本方法还存在一定的不足之处,二次优化提取关键帧时可能会因第一次提取的关键帧间隔都比较近而丢失一部分关键帧,因此还有待于进一步改进完善。

参考文献

- [1] Mendi E, Bayrak C. Shot boundary detection and key frame extraction using salient region detection and structural similarity [C]//Proceedings of the 48th Annual Southeast Regional Conference. 2010
- [2] 瞿中,高腾飞,张庆庆.一种改进的视频关键帧提取算法研究[J].计算机学报,2012,39(8):300-303
Qu Zhong, Gao Teng-fei, Zhang Qing-qing. Study on an Improved Algorithm of Video Keyframe Extraction[J]. Journal of Computer Science, 2012, 39(8): 300-303
- [3] Wolf W. Key frame selection by motion analysis [C]//IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. 1996, 2: 1228-1231
- [4] Zhang Hong-Jiang, Wu Jian-Hua, Zhong Di, et al. An Integrated System for Content-based Video Retrieval and Browsing [J]. Pattern Recognition, 1997, 30(4): 643-658
- [5] 丁洪丽,陈怀新.基于镜头内容变化率的关键帧提取算法[J].计算机工程,2009,35(13):225-227
Ding Hong-li, Chen Huai-xin. Key frame extraction algorithm based on shot content change ratio [J]. Journal of Computer Engineering, 2009, 35(13): 225-227
- [6] Hanjalic A, Zhang Hong-Jiang. An integrated scheme for automated video abstraction based on unsupervised cluster-validity analysis [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1999, 9(8): 1280-1289
- [7] Kuanar S K, Panda R, Chowdhury A S. Video key frame extraction through dynamic Delaunay clustering with a structural constraint [J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2013, 24(7): 1212-1227
- [8] Mundur P, Rao Y, Yesha Y. Keyframe-based video summarization using Delaunay clustering [J]. International Journal on Digital Libraries, 2006, 6(2): 219-232
- [9] Furini M, Geraci F, Montangero M, et al. STIMO: STill and MOving video storyboard for the web scenario [J]. Multimedia Tools and Applications, 2010, 46(1): 47-69
- [10] Avila S, Lopes A B P, Antonio L J, et al. VSUMM: A mecha-

nism designed to produce static video summaries and a novel evaluation method[J]. Pattern Letters, 2011, 32(1): 56-68

[11] 王方石, 须德, 吴伟鑫. 基于自适应阈值的自动提取关键帧的聚类算法[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(10): 1752-1757
Wang Fang-shi, Xu De, Wu Wei-xin. A Cluster Algorithm of Automatic Key Frame Extraction Based on Adaptive Threshold [J]. Journal of Computer Research and Development, 2005, 42(10): 1752-1757

[12] 顾益军, 解易, 夏天. 基于内容代表性评价的关键帧抽取[J]. 计算机科学, 2014, 41(8): 286-288
Gu Yi-Jun, Xie Yi, Xia Tian. Keyframe Extraction Based on

Representative Evaluation of Contents[J]. Journal of Computer Science, 2014, 41(8): 286-288

[13] Jiang Peng, Qin Xiao-lin. Key frame based video summary using visual attention clues[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2010, 17(2): 64-73

[14] Lai Jie-Ling, Yi Yang. Key frame extraction based on visual attention model[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2012, 23(1): 114-125

[15] Ejaz N, Mehmood I, Baik S W. Efficient visual attention based framework for extracting key frames from videos[J]. Signal Processing: Image Communication, 2013, 28(1): 34-44

(上接第 296 页)

从表 4 可以看出, 在相同的测试环境中, 由于本文算法相对于文献[11]更容易用较少的分层找到匹配块, 最终分割块数较少, 较少的分割块数也将检索时间从 102ms 缩减至 84ms, 效率提升 18% 左右。

结束语 图像检索是许多研究人员共同关注的热点问题。分形技术在图像检索中的应用通过近几年的研究已得到了进一步的发展, 但分形码的提取速度仍然需要不断的提高。分形码更注重图像的空间结构, 对图像的颜色灰度值出现频率并不敏感。换句话说, 分形编码算法是从另一个角度(即结构)审视图像, 进而应用于图像检索。

本文提出了一种基于相邻匹配的快速分形图像检索算法, 通过合理减少搜索匹配 D 块的数量, 相较于基本分形算法提高了分形码的提取速度, 另一方面, 相较于文献[11]中的通过二叉树方式寻找的 D 块, 在 R 块邻域选取 D 块构成 D 池的方法虽然牺牲了部分的编码时间, 但保证了图像的解码质量, 降低了每幅图像中对 R 块的分割块数。应用新的图像相似块距离公式, 降低了检索时间, 提高了检索的准确性, 在风景、人物、纹理等实验中均得到了很好的效果。

在实际应用中, 面对互联网、云存储以及社交网络中与日俱增的照片数量, 通过本文提供的快速分形检索算法, 可对图库进行分形码特征提取并记录于数据库中, 进而进行分类处理; 对新存储图像能够进行快速编码并与数据库中图像特征进行对比归类。同时, 本文算法的一大优点在于可方便地扩展到目前图像大数据处理领域, 在分布式离线处理图像编码阶段, 将图像的分形码存储于数据库中, 在检索过程中只需考虑分形码间距离大小即可, 为用户的在线检索提供高效优质的近似检索结果, 达到实时检索的目的。在多媒体传感器网络中, 可在有限传输带宽的前提下, 对各节点批量采集的图像数据进行高效的本地处理及传输。在后续的研究中也可尝试结合语义模型、特征集模型等方式, 探索更加优秀的图像检索算法。

参 考 文 献

[1] Barnsley M F. Fractals everywhere[M]. Boston: Academic Press Professional, 1993

[2] Jacquin A E. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations [J]. IEEE Trans Image Process, 1992, 1(1): 18-30

[3] Shusterman E, Feder M. Image compression via improved quad-

tree decomposition algorithms [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1994, 3(2): 207-215

[4] 刘维胜, 高占国, 李力. 分形图像编码的快速算法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(9): 182-185
Liu Wei-sheng, Gao Zhan-guo, Li Li. Fast algorithm for fractal image encoding [J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(9): 182-185

[5] 洪安祥, 陈刚, 吴炯锋, 等. 基于分形编码的图像相似匹配研究[J]. 电子学报, 2003, 30(5): 624-627
Hong An-xiang, Chen Gang, Wu Jiong-feng, et al. Image matching based on fractal image coding[J]. Acta Electronica Sinica, 2003, 30(5): 624-627

[6] 何传江, 黄席樾. 基于图像块又迹的快速分形图像编码算法[J]. 计算机学报, 2005, 28(10): 1753-1759
He Chuan-jiang, Huang Xi-yue. Fast fractal image coding based on local cross trace[J]. Chinese Journal of Computers, 2005, 28(10): 1753-1759

[7] 王兴元, 陈志丰. 快速的分形码图像检索方法[J]. 计算机科学与探索, 2009, 3(4): 423-432
Wang Xing-yuan, Chen Zhi-feng. A fast image retrieval method based on fractal codes[J]. Journal of Frontiers of Computer Science and Technology, 2009, 3(4): 423-432

[8] 王志勇, 池哲儒, 余英林. 分形编码在图像检索中的应用[J]. 电子学报, 2000, 28(6): 19-23
Wang Zhi-yong, Chi Zhe-ru, Yu Ying-lin. Fractal coding for image retrieval[J]. Acta Electronica Sinica, 2000, 28(6): 19-23

[9] Saupe D. The utility of square isometries in fractal image compression [C]//Proc. ICIP-96 IEEE International Conference on Image Processing. Lausanne, Sept. 1996

[10] Hurtgen B, Stiller C. Fast hierarchical codebook search for fractal coding of still images[C]//Proc. EOS/SPIE Visual Communications PACS Medical Applications. Berlin, Germany, 1993

[11] Liu Yu, Zhang Ming, Yuan Fang. Fast Fractal Image Retrieval Algorithm Based on Contiguous-Matches[J]. Machine Learning and Cybernetics, 2010, 4: 2047-2052

[12] Sun Yuan-yuan, Xu Ru-dan, Chen Li-na, et al. Image Retrieval Based on Fractal Dictionary Parameters [C] // Mathematical Problems in Engineering. 2013

[13] Huang X, Zhang Q, Liu W. A new method for image retrieval based on analyzing fractal coding characters[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2012, 24(1): 42-47