

用于视频镜头突变切换检测的二次差分法和像素点匹配二次差分法

刘谦雷 杨绿溪 邹采荣

(东南大学无线电工程系数字信号处理实验室, 南京 210096)

摘要 镜头切换检测是视频检索研究领域一项基本的、重要的技术, 对于数字视频镜头突变切换的检测, 一般有模板匹配法、直方图法等基本算法, 但这些算法在实际检测中通常达不到较高的检测精度, 为此, 提出了一种新的用以消除视频运动对镜头切换检测影响的检测算法, 即二次差分法, 和一种新的计算两帧图象帧间差的算法, 即像素点匹配法, 实验结果表明, 二次差分法较之直接帧间差算法, 明显地提高了镜头突变切换检测的检测精度, 像素点匹配法较之现有基本帧间差算法总体地提高了检测精度, 而像素点匹配二次差分法达到了最好的检测精度, 它能够实现在无虚检或只有很小虚检的条件下, 对镜头突变切换的无漏检检测。

关键词 计算机图象处理(520·6040) 镜头突变切换检测 二次差分法 像素点匹配法 像素点匹配二次差分法
中图分类号: TP391.41 TN941.1 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2003)02-0161-08

Two-difference Algorithm and Pixel-matching Two-difference Algorithm for Video Abrupt Shot Change Detection

LIU Qian-lei, YANG Lü-xi, ZOU Cai-rong

(DSP Lab, Department of Radio Engineering, Southeast University, Nanjing 210096)

Abstract The shot change detection is a basic and important technology in video retrieval. There are some basic algorithms, including the template-matching algorithm, the histogram algorithm, etc., used to detect abrupt shot change in digital video, but they can't always attain high precision in practical detecting. A new algorithm used to eliminate the influence of the video movement on the shot change detection, named two-difference algorithm, and a new algorithm used to calculate the frame to-frame difference of two images, called the pixel-matching algorithm, are proposed in this paper. It is proved that the two-difference algorithms obviously improve the detecting precision in comparison with the direct frame to-frame difference algorithms, and the pixel-matching algorithm attains higher detecting precision than the basic frame to-frame difference algorithms in being, and the pixel-matching two-difference algorithm, which can realize the no-missing detection for the abrupt shot change on the condition of no or few false detection, gains the best detecting precision.

Keywords Computer image processing, Abrupt shot change detection, Two-difference algorithm, Pixel-matching algorithm, Pixel-matching two-difference algorithm

0 引言

视频检索就是要在大量的视频数据中找到所需要的视频片断, 计算机网络技术的迅速发展、应用和

海量视频数据的存在, 已经使得视频检索成为数字信号处理领域迫切需要解决的问题。

在视频中, 用同一摄像机进行连续不间断拍摄的一段视频内容称为一个镜头, 镜头是视频检索的基本单位, 在同一地点发生的内容相关的并且是时

向上连续的一组镜头称为一个场景。视频检索就是系统根据用户提出的视频段的视频特征检索出视频所在的镜头或场景的过程。由此可见,镜头切换检测是视频检索技术中一项基本的、重要的技术,它是整个视频检索技术中首先需要解决的问题,其检测效果的好坏将直接影响到视频检索的性能。

镜头的切换分为突变和渐变两种。突变切换由于处理简洁,在实际的数字视频中被大量采用,突变切换的检测在镜头切换检测中占据着极其重要的地位。

对于镜头突变切换的检测,现在已经提出了一些算法和思想,如模板匹配法、直方图法、基于边缘的方法、基于块的方法、基于运动矢量的方法等。Vlachos 提出了一种利用相位相关函数来进行镜头突变切换检测的算法,该算法计算量相当大,而且,也没有显示可以达到明显提高的检测性能。Bouthemy 等提出了一种通过摄像机运动的参数模型和迭代算法同时实现镜头切换检测和摄像机运动检测的检测算法,这种算法计算量也相当大,而且,也没有显示其达到了明显优越的检测性能。在诸多算法中,由于直方图法和模板匹配法计算量小、尚能达到较好的检测性能,在当前的实验室视频检索系统中被使用得较多,如美国 Kansas 大学的 VISION 数字视频图书馆系统就是同时使用直方图法和模板匹配法来实现镜头突变切换检测的。Gargi 等的实验数据显示,在一般性的视频中,直方图法可以达到较好的检测性能,即在检全率为 90%~95% 的条件下,达到 70%~80% 的检测准确率。这样的检测精度离实际的检测要求还是有相当距离的,镜头切换检测算法在实际使用中,应当要保证在较高的检测准确率条件下达到 100% 的检全率。

用于镜头突变切换检测的二次差分算法,通过对模板匹配法、直方图法等帧间差算法计算得到的帧间差再作一次差分,消除了视频运动对镜头突变切换检测的影响,在不增加计算量的条件下,达到了明显优于现有算法的检测性能。从人的视觉特点出发,通过像素点的匹配来计算帧间差的算法——像素点匹配法,与直方图法等基本的帧间差算法计算量相当,但在镜头切换检测中总体地提高了检测性能。结合像素点匹配法和二次差分法得到的像素点匹配二次差分法,在各种镜头检测算法中达到了最好的检测性能,实验结果显示,它已经能够实现无虚检或只有很小虚检的条件下,对镜头突变切换的无漏检检测。

1 镜头切换检测的现有帧间差算法

发生突变切换的相邻两帧视频帧之间总是存在着色度、亮度等的明显差异,因此,可以通过检测相邻两帧视频帧在色度、亮度等的差异来判别在此处是否发生了镜头切换,当这种差异超过一定的阈值时,就认为在此相邻两帧之间发生了镜头切换,反之,则认为没有发生这种切换,这就是用于镜头突变切换检测的帧间差算法。

已经提出的帧间差算法很多,如模板匹配法、直方图法、基于块的方法、基于边缘的方法、基于运动矢量的方法等,但在现有条件下,还并没有发现一种性能明显优越的方法,而直方图法和模板匹配法因其算法简单、运算量小、在实际检测中尚能达到较好的性能而在实际的视频检索系统中被较多地采用。

1.1 模板匹配法

模板匹配法直接通过计算两帧图象所有对应点之间灰度或各颜色分量的差值的总和来检测镜头边缘,对于彩色视频,其第 m 帧视频帧和第 n 帧视频帧的帧间差定义为

$$D(I_m, I_n) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \{ |I_m(i, j; r) - I_n(i, j; r)| + |I_m(i, j; g) - I_n(i, j; g)| + |I_m(i, j; b) - I_n(i, j; b)| \} \quad (1)$$

其中, $I_m(i, j; *)$ 为第 m 帧图象 (i, j) 位置的像素值, $I_n(i, j; *)$ 为第 n 帧的相应值,而其中的 r, g, b 分别表示该像素点的红色、绿色和蓝色分量值, M, N 为帧的宽度和高度。

为了使计算的帧间差具有一般的可比较性而与视频帧的大小和亮暗程度等无关,必须对其进行归一化,这里用一帧图象的所有像素的灰度或各颜色分量的总和作为其归一化值,对彩色图象 I_n ,该总和定义如下

$$S(I_n) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \{ I_n(i, j; r) + I_n(i, j; g) + I_n(i, j; b) \} \quad (2)$$

对灰度图象可类似推导。

这样,彩色或灰度视频的第 m 帧视频帧 I_m 和第 n 帧视频帧 I_n 之间的归一化帧间差可以定义为

$$d(I_m, I_n) = \frac{D(I_m, I_n)}{(S(I_m) + S(I_n))/2} \quad (3)$$

在模板匹配法中,通过归一化帧间差来判别在

相邻两帧视频帧之间是否发生了镜头切换,对于预先设定的阈值,当归一化帧间差大于该阈值时,就认为发生了镜头切换,否则就认为没有发生切换。

由于模板匹配算法的基础是点与点之间的对应,因此,当视频中的物体出现较大的运动时,该算法将发生虚检测。该算法对镜头的运动和视频内物体的运动非常敏感。

1.2 直方图法

直方图法使用像素灰度和色彩的统计值来计算图象之间的帧间差。颜色直方图法首先将颜色空间分为一个个离散的颜色小区间,计算每帧彩色图象中落入每个小区间的像素数目,得到其颜色直方图,然后计算两帧图象直方图的差值得到其帧间差。设颜色空间分为 K 个区间, $H_{m,k}$ 、 $H_{n,k}$ 分别表示视频第 m 和第 n 帧中落入第 k 个颜色区间的像素数目,则两帧图象的帧间差定义为

$$D(I_m, I_n) = \sum_{k=1}^K |H_{m,k} - H_{n,k}| \quad (4)$$

同样,为了使计算的帧间差具有一般的可比较性,必须对其进行归一化。用一帧图象的像素的个数对其进行归一化。设图象大小为 $M \times N$, 则其归一化帧间差定义为

$$d(I_m, I_n) = \frac{D(I_m, I_n)}{M \times N} \quad (5)$$

直方图法的优点是它对镜头的运动和图象内物体的运动不敏感,因而它可以大大降低由此而引起的虚检测,但这种方法的缺点是,有时会漏掉镜头切换,因为总可能存在这样的情况:两帧图象有完全不同的结构,但其直方图却很接近,也就是说,在直方图法中发生漏检总是可能的。

2 用于计算图象帧间差的像素点匹配法

一种帧间差算法,在镜头突变切换的检测中能否取得较高的检测精度与该算法计算得到的帧间差是不是能够充分地反映实际图象之间的差异程度有关。通过一种帧间差算法计算得到的帧间差越能精确地反映实际的两帧图象之间的差异,这种算法在镜头切换检测中就越有可能取得较好的检测精度,反之,则越可能得到较差的检测精度。因此,可以从寻找较为精确的帧间差计算方法入手来研究镜头突变切换的检测。

在上述现有的基本帧间差算法中,直方图法由

于只是使用图象中像素的色彩或灰度的统计分布来计算两帧图象的帧间差,而没有考虑到像素的位置关系,因此它所计算得到的帧间差往往不可能充分地反映两帧图象之间的差异程度。模板匹配法在计算两帧图象的帧间差时考虑到了像素的位置关系,较之直方图法等方法,它是计算图象帧间差的较为精确的方法,但这种方法是以所有像素点的灰度或各颜色分量差值的总和作为两帧图象差异程度的度量,所以是粗略的,是不符合人的视觉特点的。

现从人的视觉对图象差异度进行判别的方式出发,推导出新的计算图象帧间差的算法。

人眼是以像素为单位来辨别图象的相似或差异度的,两帧图象在相同的位置上相同的像素点的个数越多,这两帧图象就越相似。由此,提出了以下像素点匹配法。

对相应的两帧图象 I_m, I_n , 计算其在每个像素点的差异度,如:在 (i, j) 点,其差异度定义为

$$E_{m,n}(i, j) = |I_m(i, j; r) - I_n(i, j; r)| + |I_m(i, j; g) - I_n(i, j; g)| + |I_m(i, j; b) - I_n(i, j; b)| \quad (6)$$

式中, $I_m(i, j, *)$ 、 $I_n(i, j, *)$ 的意义与式(1)中相同。

同样地,为了使像素的差异度具有一般的可比较性,用所计算的像素点的各颜色分量的和值对其进行归一化,对图象 I_n , 点 (i, j) 的各颜色分量和值计算如下

$$T_n(i, j) = I_n(i, j; r) + I_n(i, j; g) + I_n(i, j; b) \quad (7)$$

于是,在点 (i, j) , 归一化的差异度为

$$e_{m,n}(i, j) = \frac{E_{m,n}(i, j)}{(T_m(i, j) + T_n(i, j))/2} \quad (8)$$

设定一个门限值来判定两帧图象在该点是否匹配。在 $(0, 1)$ 区间中,选取一个判决门限 C , 若 $e_{m,n}(i, j)$ 小于 C , 就认为这两个像素点是足够相似的,或者说是匹配的,反之,则判定这两个像素点是足够差异的,或者说是匹配的。用二值函数 $h_{m,n}(i, j)$ 来计算两帧图象在点 (i, j) 的匹配状况

$$h_{m,n}(i, j) = \begin{cases} 1 & e_{m,n}(i, j) \geq C \\ 0 & e_{m,n}(i, j) < C \end{cases} \quad (9)$$

为了叙述上的统一,这里用 $h_{m,n}(i, j) = 1$ 来表示两个像素点不匹配。

这样两帧图象之间的差异度,或者说像素点匹配法所计算的帧间差就可以用下式表示

$$D(I_m, I_n) = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^{N-1} h_{m,n}(i, j) \quad (10)$$

式中, M, N 表示帧的宽度和高度, $D(I_m, I_n)$ 的物理意义就是图象 I_m, I_n 之间不匹配的像素点个数, 下面用图象帧的大小, 即其像素点个数来对其进行归一化, 得到归一化帧间差为

$$d(I_m, I_n) = \frac{D(I_m, I_n)}{M \times N} \quad (11)$$

这样, 就完成了对彩色图象的像素点匹配法的推导, 而对灰度图象的推导类似。

为了使像素点匹配法保持模板匹配法和直方图法计算简明的特点, 在镜头切换检测的应用中, 可以对算法中的匹配门限 C 进行统一的设定, 这里在使用该法进行镜头检测的计算中, 设定的匹配门限值为 0.2 或 20%, 亦即, 当两个像素各颜色分量的差值的绝对值之和大于或等于这两个像素的各颜色分量的和值的平均值的 20% 时, 判定这两个像素点不匹配, 即认为这两个像素点是不相同的, 并对像素点匹配法计算的帧间差产生一个单位的增量。

3 用于镜头突变切换检测的二次差分法

视频运动包括摄像机镜头的运动和视频内物体的运动。视频运动会在各种帧间差算法中产生出帧间差, 从而影响对镜头突变切换的检测, 特别是对于像素点匹配法和模板匹配法这两种基于像素位置关系计算帧间差的方法, 问题尤为明显。

为此, 从视频运动产生的帧间差所具有的特点出发, 推导出用于镜头突变切换检测的二次差分法。首先, 证明如下结论:

结论 1 在基本帧间差算法中, 由视频运动产生的帧间差与视频运动产生的位移成正比。

在这里, 基本帧间差算法是指模板匹配法、像素点匹配法、以及直方图法等利用图象的基本物理特性计算帧间差的算法。证明

一帧视频帧总可以被划分为若干个具有共同颜色特征的区域, 如果以前一帧为基准, 那么, 对于每个区域内的像素, 若该像素没有跑出前一帧中的同一区域, 则这个像素将与前一帧的对应像素产生匹配, 从而不产生帧间差或只产生很小的帧间差, 反之, 若该像素已经跑出了这个区域, 则在这个像素的位置, 将计算出一个差值, 产生较大的帧间差。由此可见, 在基本帧间差算法中, 由视频运动产生的帧间差与前后两帧间共同颜色特征的区域错开的面积成正比, 进而可得, 这种由视频运动产生的帧间差与视

频运动产生的位移成正比。

结论 1 得证。

应该看到, 对于直方图法, 结论 1 也仍成立, 不同的只是, 看一个像素点是不是与后一帧的像素点匹配, 不是看它是不是离开自己的颜色区域, 而是看它是不是离开该图象帧。

对于视频帧 I_{n-1} 和 I_n , 结论 1 可用数学式表达为

$$D(I_{n-1}, I_n) = k(I_{n-1}, I_n)s(n-1, n) \quad (12)$$

式中, $s(n-1, n)$ 表示从 I_{n-1} 帧到 I_n 帧视频运动产生的位移, $k(I_{n-1}, I_n)$ 是一个特征参量, 在帧间差的计算方法、视频运动的类型确定的情况下, 它的取值大小由 I_{n-1} 帧、 I_n 帧的图象结构所决定。由式 (12) 可进而推得

$$D(I_{n-1}, I_n) = k(I_{n-1}, I_n)\bar{v}(n-1, n)\Delta t \quad (13)$$

式中, Δt 是从 I_{n-1} 帧到 I_n 帧的时间间隔, $\bar{v}(n-1, n)$ 则表示视频运动在该时间内的平均速度。

与上述类似, 同样可得到 I_n 帧与 I_{n+1} 帧之间的帧间差计算如下

$$\begin{aligned} D(I_n, I_{n+1}) &= k(I_n, I_{n+1})s(n, n+1) \\ &= k(I_n, I_{n+1})\bar{v}(n, n+1)\Delta t \end{aligned} \quad (14)$$

结论 2 基本帧间差算法对相邻两帧视频帧帧间差的计算中, 由视频运动产生的帧间差是近似连续的, 或者说, 在数值上是大小接近的。

证明:

由同一镜头内相邻两帧视频帧之间在视觉上的连续性, 可以推得, 同一镜头内相邻两帧视频帧之间通常都具有图象结构上的相似性, 从而得到

$$k(I_n, I_{n+1}) \approx k(I_{n-1}, I_n) \quad (15)$$

另一方面, 视频中镜头或者物体运动通常都是一个连续的过程, 即在相邻两个时间点, 视频运动的速度是连续的, 由于在视频流中, 相邻两个视频帧的间隔时间很短 (PAL 制式为 $\frac{1}{25}$ s, NTSC 制式为 $\frac{1}{30}$ s), 因此可以认为在相邻的两个视频帧间隔中, 视频运动的平均速度是近似相等的, 即

$$\bar{v}(n, n+1) \approx \bar{v}(n-1, n) \quad (16)$$

将式 (15)、(16) 代入式 (13)、(14) 即得

$$D(I_n, I_{n+1}) \approx D(I_{n-1}, I_n) \quad (17)$$

结论 2 得证。

根据结论 2, 可以看到, 在镜头突变切换的检测中, 如果对像素点匹配法、模板匹配法以及直方图法等基本帧间差算法计算得到的帧间差作一次差分, 在发生视频运动的视频帧位置, 将只得到很小的差

分值,而在发生镜头突变切换的位置,这个差分值则仍将保持与原来的帧间差值相近的数值,这样,通过作这样的一次差分处理,就消除了视频运动对镜头切换检测的影响,实现了对镜头突变切换的准确检测.由于通过模板匹配、直方图等方法计算得到的相邻帧之间的帧间差,实际上就是对相邻两个视频帧之间的某个特性参数(如像素的各颜色分量值、直方图)作的一次差分,所以,就把这种再作一次差分的算法称为二次差分法.

图 1 所示是用直方图法、模板匹配法和像素点匹配法对视频《阿甘正传》的第 1~320 帧视频段所计算的帧间差特性曲线图,其中, n 表示帧数, $d(n)$ 表示 n 帧和 $n-1$ 帧的归一化帧间差的百分数.图 2 所示是同一视频中第 3 500~3 720 帧视频段的帧间差特性曲线图.

从图中可以看出,在 3 种计算帧间差的算法中,像素点匹配法对视频运动最敏感,模板匹配法其次,而直方图法则能抑制视频运动的影响;而在发生切换处,像素点匹配法计算得到的帧间差最大,模板匹

配法其次,直方图法则较小,这说明像素点匹配法对于镜头切换的检测是最灵敏的,模板匹配法其次,直方图法则最不灵敏.

实际上,由于像素点匹配法较之其他帧间差算法更精确、更充分地反映了视频帧之间的帧间差异,因此,在发生突变切换的位置,由该算法计算得到的帧间差,将总体表现出较大的数值,模板匹配法其次,而直方图法在这些位置得到的帧间差数值会较小.

图 3、图 4 分别为图 1、图 2 视频段的各种算法的二次差分特性曲线图,图中, $f(n) = d(n) - d(n-1)$.从图中可以看出,通过二次差分,由视频运动产生的帧间差被大幅度消除,而由镜头切换造成的帧间差则基本保持原来的幅度,从而使得可以通过单一的门限来判别镜头切换,并且达到远优于现有帧间差算法的性能.

由于像素点匹配法计算的帧间差充分地反映了视频帧之间的差异程度,因此,视频中实际发生的突变切换总能够通过这种算法计算的帧间差反映出来,而当再通过对该帧间差进行二次差分,即像素

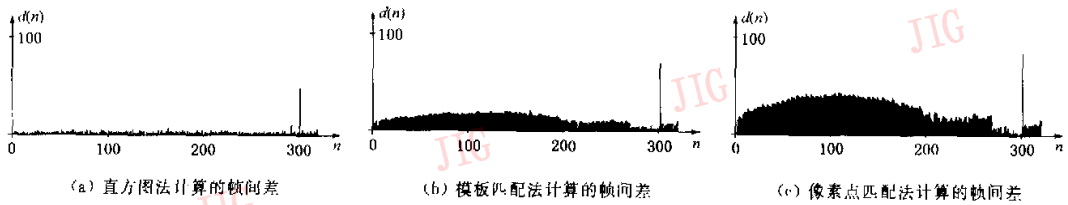


图 1 视频《阿甘正传》第 1~320 帧视频段帧间差特性曲线

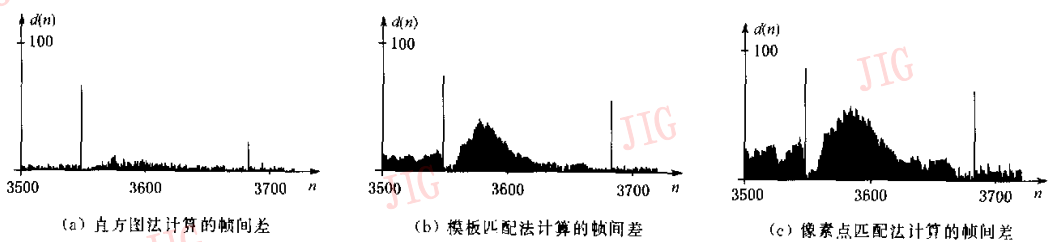


图 2 视频《阿甘正传》第 3 500~3 720 帧视频段帧间差特性曲线

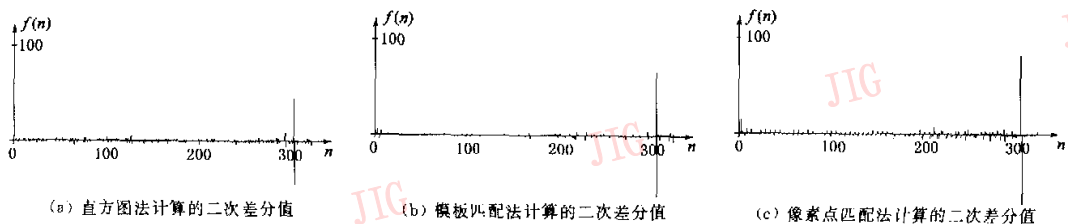


图 3 图 1 视频段二次差分特性曲线图

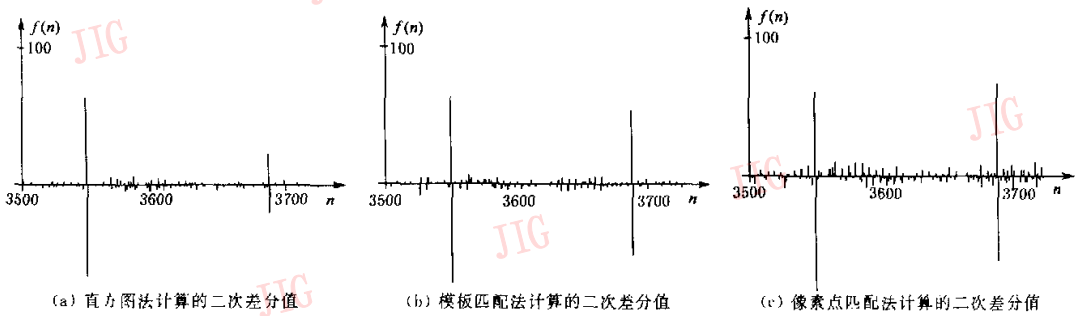


图4 图2视频段二次差分特性曲线图

点匹配二次差分法,消除了视频运动对突变切换检测的影响之后,就有可能在没有虚检或只有很少虚检的情况下实现对镜头突变切换的无漏检检测。

4 各种检测算法计算量的比较

表1列出了本文涉及到的各种算法用于彩色视频镜头突变切换检测时的计算量比较。

表1 6种检测算法计算量的比较

	加减法 运算次数	乘除法 运算次数	绝对值 运算次数	比较次数
直方图 帧间差法	$N+2K-1$	$3N+1$	K	1
模板匹配 帧间差法	$9N-1$	1	$3N$	1
像素点匹配 帧间差法	$8N+M$	$N+1$	$3N$	$N+1$
直方图 二次差分法	$N+2K$	$3N+1$	K	1
模板匹配 二次差分法	$9N$	1	$3N$	1
像素点匹配 二次差分法	$8N+M+1$	$N+1$	$3N$	$N+1$

注: N 表示一帧图象中像素点的个数;
 K 表示采用的彩色直方图的小区数, $K \ll N$;
 M 表示两帧图象间不匹配的像素点的个数, $M \leq N$ 。

从表1可以看出,3种帧间差算法的计算量同属一个数量级,其中,像素点匹配法的计算量大于模板匹配法,直方图法的乘除法计算量较大,其他运算的计算量很小,其计算时间要大于模板匹配法,可能也会略大于像素点匹配法(这需视具体的机器中乘除法和加减法的运算时间的相互关系而定)。另一方面,对于每一种帧间差算法,其二次差分法只是比其直接帧间差算法多一次减法运算,因此,两者的计算量是几乎完全相同的。

5 实验结果

在镜头切换检测中,通常用检全率和准确率来

度量检测算法的检测精度,这两个概念定义如下:

$$\text{检全率} = \frac{\text{准确检测到的镜头切换数}}{\text{实际的镜头切换数}}$$

$$\text{准确率} = \frac{\text{准确检测到的镜头切换数}}{\text{全部检测到的镜头切换数}}$$

用3段视频对表1中的6种检测镜头突变切换的算法作了对比实验。这3段视频分别选自电影《阿甘正传》、《古墓丽影》和《珍珠港》的一个故事段,视频1的内容是男主人公通过捕鱼而发财的全部过程,视频2的内容是女主人公在居所寻找到神秘神的全过程,而视频3的内容则是日军袭击珍珠港夜间活动的全过程。这3段视频在视频内容上各有特点,视频1基本为户外的场景,除一小段夜间户外的场景外,其余均为白天的场景,视频2基本为户内的场景,视频3则为进行军事袭击的夜间活动场景,主要是夜景。表2~表4分别列出了6种检测算法对这3段视频进行镜头切换检测的检测结果。

表2 视频《阿甘正传》(17288帧,30帧/s)检测结果

检测算法	切换数	漏检数	虚检数	检全率 (%)	准确率 (%)
直方图帧间差法	78	5	12	93.51	85.71
模板匹配帧间差法	78	5	13	93.51	84.71
像素点匹配帧间差法	78	5	8	93.51	90.00
直方图二次差分法	78	3	9	96.10	89.16
模板匹配二次差分法	78	1	2	98.70	97.44
像素点匹配二次差分法	78	0	0	100	100

表3 视频《古墓丽影》(6308帧,25帧/s)检测结果

检测算法	切换数	漏检数	虚检数	检全率 (%)	准确率 (%)
直方图帧间差法	84	5	12	94.05	86.81
模板匹配帧间差法	84	7	4	91.67	95.06
像素点匹配帧间差法	84	5	4	94.05	95.18
直方图二次差分法	84	2	3	97.62	96.47
模板匹配二次差分法	84	0	1	100	98.82
像素点匹配二次差分法	84	0	0	100	100

表 4 视频《珍珠港》(7 345 帧, 25 帧/s)检测结果

检测算法	切换数	漏检数	虚检数	检全率 (%)	准确率 (%)
直方图帧间差法	111	28	59	70.27	63.41
模板匹配帧间差法	111	9	17	91.89	85.71
像素点匹配帧间差法	111	21	21	81.08	81.08
直方图二次差分法	111	28	44	74.77	65.35
模板匹配二次差分法	111	5	7	95.50	93.81
像素点匹配二次差分法	111	0	3	100	97.37

从上面的实验结果可以看出,在 3 种直接帧间差算法中,像素点匹配法的性能在总体上优于直方图法和模板匹配法;对于基于直方图、模板匹配和像素点匹配的计算帧间差的 3 种检测算法,其二次差分法的性能均优于其直接的帧间差算法,而基于模板匹配和像素点匹配的二次差分法则要明显优于其相应的帧间差算法,其中,像素点匹配二次差分法达到了最佳的检测性能。

在镜头切换检测中的另一个问题是,对于一种检测算法,当要求其达到无漏检检测时,它所产生的虚检有多大,这反映了这种检测方法能不能达到无漏检检测和为此付出的代价有多大.为此引入漏检率和虚检率两个概念:

$$\text{漏检率} = \frac{\text{漏检的镜头切换数}}{\text{实际的镜头切换数}}$$

$$\text{虚检率} = \frac{\text{虚检的镜头切换数}}{\text{全部检测到的镜头切换数}}$$

6 种检测算法对上面的 3 段视频进行无漏检检测时的最小虚检率如表 5~表 7 所示。

表 5 视频《阿甘正传》无漏检条件下的虚检率检测结果

检测算法	切换数	漏检数	虚检数	虚检率 (%)	准确率 (%)
直方图帧间差法	78	0	110	58.51	41.49
模板匹配帧间差法	78	0	304	79.79	20.21
像素点匹配帧间差法	78	0	769	90.90	9.10
直方图二次差分法	78	0	32	29.36	70.64
模板匹配二次差分法	78	0	4	4.94	95.06
像素点匹配二次差分法	78	0	0	0	100

表 6 视频《古墓丽影》无漏检条件下的虚检率检测结果

检测算法	切换数	漏检数	虚检数	虚检率 (%)	准确率 (%)
直方图帧间差法	84	0	65	43.62	56.38
模板匹配帧间差法	84	0	25	22.91	77.06
像素点匹配帧间差法	84	0	69	45.10	54.90
直方图二次差分法	84	0	22	20.75	79.25
模板匹配二次差分法	84	0	1	1.18	98.82
像素点匹配二次差分法	84	0	0	0	100

表 7 视频《珍珠港》无漏检条件下的虚检率检测结果

检测算法	切换数	漏检数	虚检数	虚检率 (%)	准确率 (%)
直方图帧间差法	111	0	386	79.42	20.58
模板匹配帧间差法	111	0	162	59.34	40.66
像素点匹配帧间差法	111	0	782	87.57	12.43
直方图二次差分法	111	0	171	64.29	35.71
模板匹配二次差分法	111	0	35	23.98	76.02
像素点匹配二次差分法	111	0	3	2.63	97.37

从实验结果可以看出,直接帧间差算法在无漏检条件下的准确检测性能是很差的,虚检率相当高,二次差分法相对于直接帧间差算法在无漏检条件下,明显地改善了算法的准确检测性能,其中像素点匹配二次差分法相对于其直接帧间差算法性能改善最大,直方图法改善最小.在 3 种二次差分算法中,像素点匹配二次差分法在无漏检检测条件下的准确检测性能最佳,模板匹配二次差分法其次,而直方图二次差分法性能最差,其中,像素点匹配二次差分法已经能够在无虚检或只有很小虚检的条件下,对镜头实现突变切换的无漏检检测。

6 结 论

本文从视频中视频运动的物理过程出发,推导出了用于消除视频运动对镜头突变切换检测影响的二次差分法,同时还从人对图象差异进行识别的视觉特点出发,推导出了用于计算图象间帧间差的像素点匹配法.实验结果表明,二次差分法的性能要优于直接帧间差方法,像素点匹配法的检测性能在总体上优于直方图法和模板匹配法.特别是像素点匹配二次差分法和模板匹配二次差分法的检测性能要明显优于其直接帧间差方法,能够在实际检测中同时达到相当高的检全率和准确率,其中,像素点匹配二次差分法达到了最佳的检测性能,已经能够在无虚检或只有很小虚检的条件下,对镜头突变切换的无漏检检测。

从计算量来说,二次差分法相对于直接帧间差算法几乎没有增加计算量,而像素点匹配法的计算量也与直方图法和模板匹配法相当。

像素点匹配二次差分法和模板匹配二次差分法,特别是前者,在不增加或没有明显增加计算量的条件下,达到了远为优越于现有镜头突变切换检测方法的检测性能,值得在实际检测中研究、推广。

参考文献

- 1 金红, 周源华. 基于内容检索的视频处理技术[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5A(4): 276~283.
- 2 王保雄, 余松煜. 视频检索中的镜头边界检测[J]. 红外与激光工程, 2000, 29(5): 32~36.
- 3 Theodore Vlachos. Cut detection in video sequences using phase correlation[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2000, 7(7): 173~175.
- 4 Patrick Bouthemy, Marc Gelgon, Fabrice Ganansia. A unified approach to shot change detection and camera motion characterization[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1999, 9(7): 1030~1044.
- 5 Odobez J M, Bouthemy P. Robust multiresolution estimation of parametric motion models[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 1995, 6(4): 348~365.
- 6 Gauch J M, Gauch Susan, Bouix Sylvain *et al.* Real time video scene detection and classification[J]. Information Processing and Management, 1999, 35: 401~420.
- 7 Ullas Gargi, Rangachar Kasturi, Strayer Susan H. Performance characterization of video shot-change detection methods [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2000, 10(1): 1~13.



刘谦雷 1967年生,东南大学无线电系硕士研究生,工程师,主要研究方向为数字视频处理等。



杨绿溪 1965年生,教授,主要研究方向为人工神经网络、盲信号处理和图象处理。



邹采荣 1965年生,教授,主要研究方向为人工神经网络、盲信号处理和图象处理。