

一种有效的基于时空信息的视频运动对象分割算法^{*}

鲁梅¹, 卢忱², 范九伦¹

(1. 西安邮电大学 通信与信息工程学院, 西安 710061; 2. 武警工程大学 通信工程系, 西安 710086)

摘要: 为实现视频编码标准 MPEG-4 中语义对象的自动提取, 提出一种基于时空信息的运动对象分割算法。在时域上通过双边加权累积帧差和分块高阶统计算法得到目标的运动区域检测模板, 以在充分利用时域信息的同时提高算法的速度; 在提取空域信息时, 先对视频序列的灰度图进行对比度增强处理, 然后利用自适应 Canny 算子获取准确的空间边缘信息; 最后进行时空融合, 用空域边缘信息修正过的时域运动模板来提取运动对象。实验结果表明, 本算法可以快速准确地分割视频运动对象。

关键词: 视频运动对象分割; 时空分割; 运动区域检测模板; 空间边缘信息

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)01-0303-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2013.01.078

Effective video moving objects segmentation algorithm based on temporal-spatial information

LU Mei¹, LU Chen², FAN Jiu-lun¹

(1. School of Communication & Information Engineering, Xi'an University of Posts & Telecommunications, Xi'an 710061, China; 2. Dept. of Communication Engineering, Armed Police Engineering University, Xi'an 710086, China)

Abstract: To achieve the automatic extraction of semantic objects in video coding standard MPEG-4, this paper proposed a moving object segmentation algorithm based on temporal-spatial information. The proposed algorithm firstly obtained the moving region detection template of the target in temporal domain by using the bilateral weighted cumulative frame difference and blocked higher-order statistics algorithm, and it increased the speed of the algorithm while taking full information of temporal. Secondly, in the extraction of spatial information, it enhanced the contrast of the grayscale in video sequence at first, and then obtained accurate information of spatial edge by using an adaptive Canny operator. Finally, the proposed algorithm merged the temporal information and spatial information together, extracted the moving objects with the temporal moving template which had been corrected by the spatial edge information. The experimental results show that the proposed algorithm can obtain an accurate segmentation of moving objects in video with a high speed.

Key words: video moving objects segmentation; temporal-spatial segmentation; moving region detection template; spatial edge information

0 引言

视频编码标准 MPEG-4 和 MPEG-7 采用基于对象的编码理念, 即在编码时将一幅景物分成若干在时间和空间上相互联系的视频对象。视频对象分割作为 MPEG-4 和 MPEG-7 的关键技术, 在计算机视觉及模式识别等领域具有广泛的应用, 是视频图像处理的一个研究热点。目前, 已提出许多自动分割运动对象的算法, 这些算法都是利用运动对象的时空域信息。根据分割过程所利用信息不同, 视频对象分割可分为时域分割、空域分割和时空分割。

时域分割主要通过检测视频相邻帧间的变化来得到运动对象的位置、大小和运动方向, 如背景差法^[1]、帧间差法^[2]和光流法^[3]等。背景差法原理简单、运行速度快, 但对于背景变化较为剧烈的情况, 其分割结果往往不能令人满意。帧间差法对场景变化不太敏感, 能够适应各种动态环境, 稳定性好, 但该算法不能提取出对象的完整区域, 只能提取出边界, 且其性能

依赖于选择的帧间时间间隔。基于时域光流场对运动对象进行分割的光流法, 其性能受到估计的光流场准确性的影响, 对噪声敏感, 且涉及光流场的计算很复杂。

空域分割通过将图像分割成不同的纹理一致区域来获取运动对象的区域和准确边缘, 主要有基于阈值的图像分割法^[4]、基于聚类的分割法^[5]以及基于形态学的分割法^[6]等。基于阈值的分割方法仅考虑了图像的灰度信息, 易受背景干扰, 对不存在明显灰度差的图像分割准确性不高; 基于聚类的分割方法时间开销大; 基于形态学的分割算法充分利用了图像的空间信息, 效果最好。其中应用最多的是分水岭算法, 但是分水岭算法通常由于噪声等因素的影响易产生过分割现象, 且过分割难以有效解决。

时空分割技术综合利用视频序列的时间和空间信息来完成对视频对象的提取, 时域分割获得运动对象的大致运动区域, 空域分割得到运动对象的准确边缘, 最终经过时空融合精确提取运动对象。该类算法能得到较好的分割效果。文献

收稿日期: 2012-05-11; **修回日期:** 2012-06-25 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(61102095)

作者简介: 鲁梅(1988-), 女, 陕西西安人, 硕士研究生, 主要研究方向为图像与视频通信(may061927@126.com); 卢忱(1965-), 男, 辽宁丹东人, 副教授, 博士, 主要研究方向为通信安全; 范九伦(1964-), 男, 河南温县人, 教授, 博导, CCF 会员, 主要研究方向为模式识别、信息安全。

[7,8]提出了时域变化检测和空域区域分割相结合的运动对象分割算法,分别从不同角度对时空域信息提取作了改进。但文献[7]在时域分割的帧间差分部分只考虑了相邻两帧的帧差信息,得到的时域检测模板粗糙,影响了时空融合结果,且时域对帧差图像的逐点判决影响算法运行的效率;文献[8]在空域分割中使用传统的 Canny 算子,检测阈值都需人工确定,且固定的阈值对不同图像处理的效果不佳。

基于文献[7,8]中存在的时域分割模板粗糙、变化检测阈值难以确定、算法时间复杂度高、难以达到实时应用等问题,本文提出一种将时域和空域信息相结合的运动对象分割算法,取得了较好的分割结果,获得了更高的运行效率。

1 基于时空信息的运动对象分割算法

本文提出的将时域和空域信息相结合的运动对象分割算法的具体实现过程如图 1 所示。

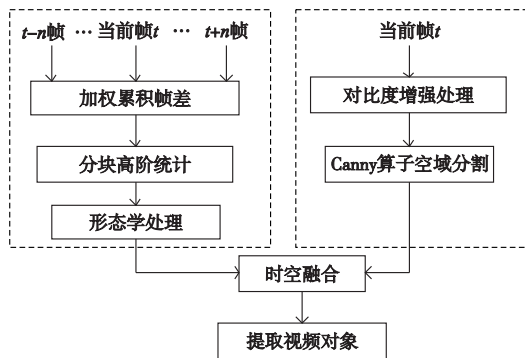


图1 本文分割算法流程

1.1 时域运动检测

1.1.1 加权累积帧差

帧间变化检测法根据相邻帧之间运动区域出现的较明显的差别来提取运动目标,该算法计算复杂度低且能够适应各种动态环境,但其性能依赖于作差分的帧的选择。为了适应不同的视频,文献[9]提出基于单边加权的时域分割思想,考虑了历史帧对当前帧的影响,但对于前景目标运动较快的视频序列,历史帧对当前帧的影响变化较快,仅考虑历史帧的单边加权方法得到的分割效果不佳。因此本文对加权方法进行改进,采用双边加权,同时考虑了待分割图像帧前后两边相邻帧的影响。

设视频图像序列为 $f(x, y, t)$,当前帧 $f_t(x, y)$ 与其前后 n 帧的加权累积时域差 $A(t)$ 定义为

$$\begin{aligned} A(t) = & w_{t-n} \times |f_{t-n}(x, y) - f_t(x, y)| + \\ & w_{t-n+1} \times |f_{t-n+1}(x, y) - f_t(x, y)| + \cdots + \\ & w_{t-1} \times |f_{t-1}(x, y) - f_t(x, y)| + \\ & w_{t+1} \times |f_{t+1}(x, y) - f_t(x, y)| + \cdots + \\ & w_{t+n-1} \times |f_{t+n-1}(x, y) - f_t(x, y)| + \\ & w_{t+n} \times |f_{t+n}(x, y) - f_t(x, y)| \end{aligned} \quad (1)$$

其中:

$$w_{t-n} + w_{t-n+1} + \cdots + w_{t-1} + w_{t+1} + \cdots + w_{t+n-1} + w_{t+n} = 1 \quad (2)$$

由于不同时刻的图像帧对当前帧的影响是不同的,因此用一个与时间相关的变量 $w_i (i = t-n, \cdots, t-1, t+1, \cdots, t+n)$ 来表示该影响,对不同时刻的帧差进行加权。如何选取加权值是一个关键问题,图 2 给出了三种时间加权方式的曲线,曲线的陡峭程度取决于具体的视频序列,其数学表达式为(n 的值可

根据具体的视频序列而定,本文取 $n=4$)

$$W1 \quad w_i = \frac{1}{2n} \quad i = \pm 1, \cdots, \pm 4 \quad (3)$$

$$W2 \quad w_i = \frac{n - |i|}{2 \sum_{i=1}^n i} \quad i = \pm 1, \cdots, \pm 4 \quad (4)$$

$$W3 \quad w_i = \frac{|i|^{-1}}{2 \sum_{i=1}^n i^{-1}} \quad i = \pm 1, \cdots, \pm 4 \quad (5)$$

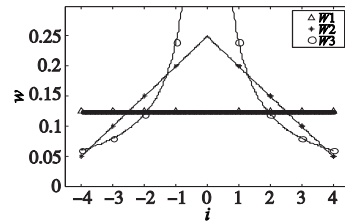


图2 三种可能的权值曲线

通常,当运动对象快速移动时,如公路上的汽车,相邻帧对当前帧的影响作用变化较快,应选择陡峭的曲线如 $W1$ 或 $W2$;当运动对象缓慢移动时,如走廊中的行人,相邻帧对当前帧的影响作用变化较慢,应选择平缓的曲线如 $W3$ 。

1.1.2 分块高阶统计

帧差图像 $A(t)$ 中的非零值是由运动对象的变化和噪声引起的,噪声包括随机噪声、亮度变化引起的随机变动、背景纹理的慢变化等,一般服从高斯分布。而对象运动信息的概率分布与高斯分布相差较大。高阶统计算法是区分高斯信号和非高斯信号的经典算法^[10],可以通过计算帧差图像的四阶矩来检测运动区域。文献[7]对帧差图像逐像素计算四阶矩,这样算法运行速度较慢且容易产生较多的孤立误判点,本文用分块高阶统计来减少这种情况。

将 1.1.1 节得到的帧差图像 $A(t)$ 分成 $n \times n$ 大小的块,对每个块计算其四阶矩:

$$m_{A_i} = \frac{1}{n^2} \sum_{k \in A_i} d_k \quad (6)$$

$$m_{A_i}^{(4)} = \frac{1}{n^2} \sum_{k \in A_i} (d_k - m_{A_i})^4 \quad (7)$$

其中: d_k 表示像素 k 的灰度值, A_i 表示第 i 个图像块, m_{A_i} 是第 i 个图像块的灰度均值。将每个图像块的四阶矩 $m_{A_i}^{(4)}$ 和一个阈值 $c\sigma_t^2$ 相比较(其中 c 是一个经验参数(本文取70), σ_t^2 是帧差图像 $A(t)$ 的背景噪声方差)。若 $m_{A_i}^{(4)} \geq c\sigma_t^2$,则将图像块 A_i 判为前景或覆盖/显露的背景;否则,判为静止的背景。这样便可得到一个粗糙的运动检测二值模板`time_mask1`。

这里为了实现不同视频的自动检测,背景噪声方差用相邻帧的静态背景来估计。由于运动对象通常占据视频图像的中间位置,因此沿着当前帧差图像 $A(t)$ 的四个边均匀地选取12个 8×8 的静态背景区域,计算每个区域的方差。考虑到运动对象穿过边沿时,对应的那块 8×8 区域的方差值将与其他静止背景的方差值差别较大,为避免该区域对背景噪声方差估计的影响,取12个区域方差的中值作为背景噪声方差 σ_t^2 为

$$m_j = \frac{1}{64} \sum_{k \in B_j} d_k \quad j = 1, 2, \cdots, 11, 12 \quad (8)$$

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{64} \sum_{k \in B_j} (d_k - m_j)^2 \quad j = 1, 2, \cdots, 11, 12 \quad (9)$$

$$\sigma_t^2 = \text{median} \{ \sigma_1^2, \sigma_2^2, \cdots, \sigma_{11}^2, \sigma_{12}^2 \} \quad (10)$$

其中: m_j 表示第 j 块静止背景的均值, σ_j^2 表示其方差, σ_t^2 表示

当前帧差图像 $A(t)$ 的背景噪声方差。

1.1.3 形态学修正

噪声的影响使运动检测二值模板 time_mask1 中存在孤立的噪声像素聚集的小区域,本文用标记连接分量的方法求出所有连接分量的大小。设定一个阈值 th ,若连接分量面积大于 th ,则整个连接分量判为前景或覆盖/显露的背景;否则,判为噪声,这样可得滤除噪声的模板 time_mask2 。当前景运动对象在某些时刻仅部分运动时,用帧差法不能检测出目标的全部区域, time_mask2 中会存在一些小的毛刺和孔洞,依次用开运算、闭运算、填充等对 time_mask2 进行形态学滤波,进而得到较准确的运动对象时域检测模板 time_mask 。

1.2 空域边缘检测

空域分割是对当前帧 $f_i(x, y)$ 的静止图像分割,分水岭算法是应用最多的空域分割算法。经典的分水岭算法会产生过分割的现象,文献[11~13]分别用区域合并、小波变换、形态学标记来改善分割效果,虽然减少了过分割现象,但是极大增加了算法复杂度,难以实现实时应用。本文在时域分割时考虑了相邻多帧信息,得到的时域运动检测模板 time_mask 比较准确,在空域只要修正其边缘即可,本文用 Canny 算子来获取运动对象的边缘信息。

1.2.1 直方图均衡化

在视频自动分割的实际应用中,数字图像在产生过程中易受成像设备和外部环境等影响,造成获取的图像对比度较低、细节模糊等。这样的图像在进行空域分割时,将会使检测出的运动目标边缘模糊甚至部分缺失,影响后续的时空融合结果。为了提高图像分割精度,本文先对当前待分割图像帧进行对比度增强处理。直方图均衡化是增强图像对比度的一种简单而有效的技术,其基本原理是使输入图像的亮度值的概率尽量服从均匀分布,以扩展图像的动态显示范围,改善图像的画面表现效果,增强图像对比度。

1.2.2 Canny 算子的空域分割

Canny^[14]于1986年提出边缘检测算法的三个标准:好的信噪比、高的定位精度和单边缘响应,并根据这三个标准推导出基于最优化算法的 Canny 边缘检测算子。Canny 算子简单且性能良好,在实践中得到了较广泛的应用。文献[8]用传统的 Canny 算法进行空域分割,得到了较好的分割效果,但是 Canny 算子中的参数都是人为设定的固定参数,对不同图像的处理有一定的局限性。本文采用改进的自适应阈值 Canny 算法^[15]对图像进行空域分割,具体过程如下:

a)用形态学开闭滤波代替传统的高斯滤波对图像进行平滑降噪,这样既能得到良好的平滑降噪效果又能保持更多的图像边缘信息。设 $f_i(x, y)$ 为当前待分割的图像,对图像的开闭滤波为

$$F(x, y) = f_i(x, y) \circ B_1 \cdot B_2 \quad (11)$$

$$B_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad B_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (12)$$

其中: B_1 和 B_2 为形态学结构元素, $\circ$ 为形态学开运算, $\cdot$ 为形态学闭运算, $F(x, y)$ 为平滑降噪后的图像。

b)采用 2×2 邻域一阶偏导的有限差分,分别计算 $F(x, y)$ 的 x, y 方向的偏导数 $D_x[i, j]$ 和 $D_y[i, j]$ 为

$$\begin{aligned} D_x[i, j] &= (F[i+1, j] - F[i, j] + \\ &\quad F[i+1, j+1] - F[i, j+1])/2 \\ D_y[i, j] &= (F[i, j+1] - F[i, j] + \\ &\quad F[i+1, j+1] - F[i+1, j])/2 \end{aligned} \quad (13)$$

再计算平滑后图像 $F(x, y)$ 的各点梯度幅值 A 和梯度方向 α 为

$$\begin{aligned} A[i, j] &= \sqrt{D_x[i, j]^2 + D_y[i, j]^2} \\ \alpha[i, j] &= \arctan(D_x[i, j]/D_y[i, j]) \end{aligned} \quad (14)$$

c)对梯度值进行非极大值抑制,如果某点梯度值与该点梯度方向上相邻两个像素的梯度值相比为最大,则保留为候选边缘点,否则视为非边缘点被删除。

d)用最大类间方差法求取最佳的滞后阈值。设初始分割阈值为 T ,若像素值大于 T ,则该像素点判为前景目标,否则判为背景。待分割图像 $f_i(x, y)$ 的像素总数为 N ,前景目标的像素数为 N_o ,平均灰度值为 μ_o ,背景的像素数为 N_b ,平均灰度值为 μ_b ,则最佳阈值为

$$\begin{aligned} p_o &= \frac{N_o}{N}, p_b = \frac{N_b}{N}, \mu = p_o \times \mu_o + p_b \times \mu_b \\ \sigma^2 &= p_o \times (\mu - \mu_o)^2 + p_b \times (\mu - \mu_b)^2 \end{aligned} \quad (15)$$

用遍历算法求出使类间方差 σ^2 最大的阈值 T 作为滞后阈值的高阈值 T_h ,取低阈值 $T_l = 1/2 T_h$ 。

e)利用阈值检测,连接边缘。在过程 c)得到的候选边缘中,梯度值大于高阈值 T_h 的点作为边缘保留,梯度值小于低阈值 T_l 的点删除,梯度值介于高低阈值之间且与边缘点邻接的点作为边缘保留,否则删除。这样便可得到待分割图像的空域检测模板 space_mask 。

1.3 时空融合

以上得到的时域检测模板 time_mask 主要反映了运动对象的大致轮廓,缺乏运动对象的精确边缘信息,空域检测模板 space_mask 可提供运动对象的准确边缘,因此需要将时空信息进行融合。本文将时域检测模板 time_mask 和空域检测模板 space_mask 相与,便可得到完整的运动对象轮廓信息。相与后的模板可能会存在小的空洞,用形态学开闭运算、扫描填充等进行后处理,得到运动对象精确的二值掩模图像 final_mask ,结合原图像对运动对象进行提取,得到最终分割结果。

2 算法评价方法

为了对视频分割算法的分割效果进行客观评价,Wollborn 等人^[16]在 MPEG-4 核心实验中提出了一种存在参考对象模板的评价方法,用于评价视频分割算法的空间准确度 SA (spatial accuracy),其表述为

$$SA = \frac{\sum_{(x,y)} A^{\text{est}}(x, y) \oplus A^{\text{ref}}(x, y)}{\sum_{(x,y)} A^{\text{ref}}(x, y)} \quad (16)$$

其中: A^{est} 表示算法得到的视频对象分割模板, A^{ref} 表示通过手动获取的参考模板,本文用图像处理软件 Photoshop 来手动获取理想的分割结果作为参考模板; $\oplus$ 表示逻辑异或运算。SA 值越小,说明算法的分割效果越好。

3 实验结果与分析

为了验证本文算法的效果,本文选择标准测试序列 Akiyo、

Hall 和 Traffic 进行了实验,验证在前景对象局部运动、缓慢运动及快速运动等情况下本文算法的有效性,并与文献[7][8]算法的实验效果进行比较。视频图像为 176×144 大小的 QCIF 格式,在 MATLAB 2011b、2.10 GHz CPU、2.0 GB RAM 的 PC 机开发环境下进行测试,结果如图 3~6 所示。

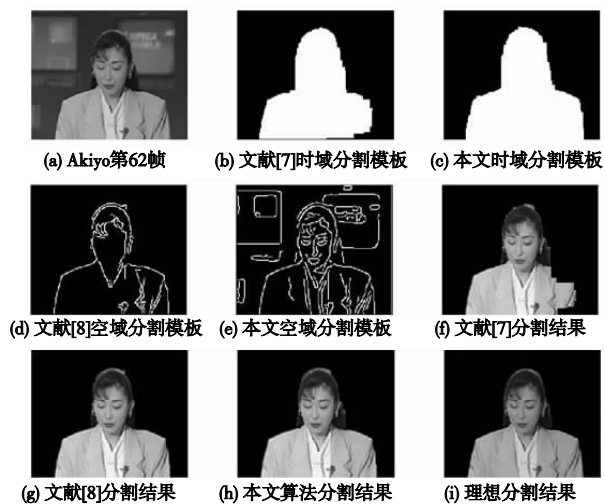


图3 Akiyo序列测试结果

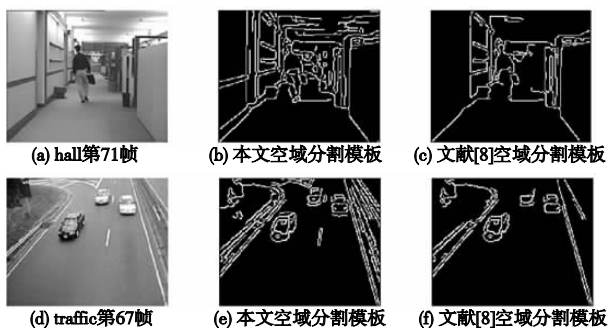


图4 本文算法与文献[8]算法的空域分割对比

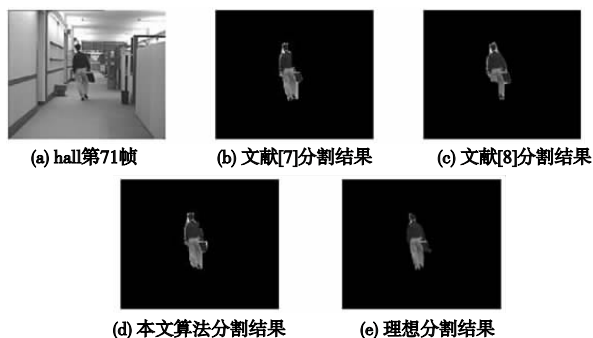


图5 Hall序列测试结果

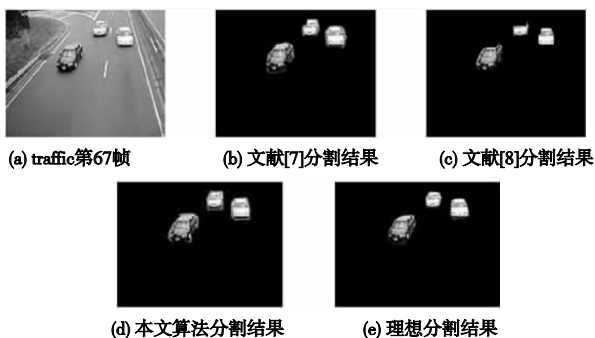


图6 Traffic序列测试结果

图 3 显示了本文算法、文献[7][8]算法对 Akiyo 序列的分割结果。Akiyo 序列是典型的头肩视频序列,背景静止,前景对

象只有人的眼睛和嘴有较明显运动。本文用第 62 帧进行分割实验,文献[7]算法只考虑了相邻两帧的帧差信息,在这种前景对象只有局部运动的情况下,时域检测出的人体躯干部分不完整,进而影响了时空融合的结果,使得最终提取的视频对象中肩部有较大缺失。文献[8]的空域分割采用人工确定阈值的传统 Canny 算法,得到的空域分割模板精确完整,最终获得的视频对象分割效果较好。本文的加权累积帧差考虑了相邻多帧信息,检测出的时域运动模板十分完整,用 Canny 空域边缘检测对其边缘稍作修正便得到了较好的分割结果,与手动提取的理想分割结果相比只有头发的轮廓有细微差异。

图 4 显示了本文算法和文献[8]算法对 Hall 第 71 帧及 traffic 第 67 帧的空域分割结果。文献[8]采用的 Canny 算法的阈值是人工确定的固定阈值,对不同图像的处理有局限性,hall 第 71 帧的空域分割中,人的左腿明显缺失;traffic 第 67 帧的空域分割中,左边的两辆车都有较大缺失。本文空域分割中采用的自适应阈值算法,对不同图像均获得了较好的空域分割结果。

图 5 中,hall 序列是监控类型的视频,前景对象缓慢移动。本文对第 71 帧进行分割,视频中人正在向前走,黑色衬衣部分在相邻帧中并无明显运动,所以文献[7]分割的结果中人的右肩有明显缺失;文献[8]由于空域检测不完整,最终的分割结果中人的左腿缺失严重;本文算法分割结果有较大改进,只有左脚和右肩部分有很小缺口。

图 6 中,traffic 序列是高速公路上快速行驶的汽车视频序列,本文对第 67 帧进行分割。文献[7]分割结果中黑色车子前排左轮稍有缺失,文献[8]分割结果中左边两辆车子缺失严重,本文算法分割结果较为完整。

表 1 和 2 分别给出了本文算法、文献[7][8]算法对 Akiyo 序列第 62 帧、hall 序列第 71 帧和 traffic 序列第 67 帧进行分割的空间准确度 SA 值和算法运行时间。可以看出,本文算法对前景对象局部运动、缓慢运动及快速运动等视频序列都能快速准确地提取前景目标。

表 1 三种算法的 SA 比较

算法	Akiyo	hall	traffic
文献[7]	0.353 9	0.179 7	0.103 5
文献[8]	0.091 5	0.235 4	0.366 8
本文	0.089 3	0.106 3	0.101 7

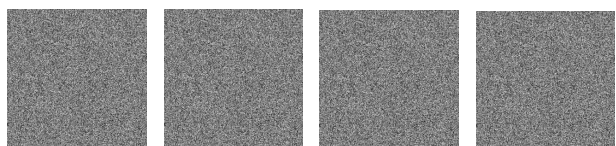
表 2 三种算法的运行时间比较/s

算法	Akiyo	Hall	Traffic
文献[7]	3.574	5.943	6.362
文献[8]	2.958	4.173	4.548
本文	2.165	3.874	3.932

4 结束语

本文提出了一种有效的结合时空域信息的运动对象分割算法,时域采用双边加权累积帧差法来充分利用相邻多帧的信息,使得到的时域检测模板较为精确,同时将传统高阶统计法的逐像素处理改进为分块处理,提高了算法的运行速度。在空域采用改进的 Canny 算法进行边缘检测,其阈值都是随具体视频自适应选择的,算法具有较高的通用性。实验结果表明,本文算法对前景对象局部运动、缓慢运动及快速运动等图像序列都能够进行较好分割,实时性较好。对于有场景变化的视频序列,可在预处理时进行全局运动估计与补偿,再利用本文算法分割。本文时域分割的效果依赖于所选择的帧差加权系数,下一步将针对如何自适应选择加权系数进行研 (下转第 320 页)

文对明文的敏感性测试,这里只列举前者。从图5可看出,即使一个参数发生微小变化,就导致密图解密后发生了很大的变化,因此可以抵抗差分攻击。



(a) k 改变 1×10^{-14} (b) x_1^0 改变 1×10^{-14} (c) x_1^1 改变 1×10^{-14} (d) x_1^2 改变 1×10^{-14}

图5 密钥敏感性分析

3.5 相关性测试

加密效果之一是尽可能地降低相邻像素的相关性,用如下离散化式计算相关系数:

$$r_{xy} = \frac{|\text{cov}(x, y)|}{\sqrt{D(x)} \sqrt{D(y)}}$$

其中: $\text{cov}(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - E(x))(y_i - E(y))$

$$E(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$D(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - E(x))^2$$

本文算法得到的相关系数如表1所示。

表1 本文算法—平均相关系数比较

平均相关系数	水平方向	垂直方向
加密前(R, G, B 平均)	0.882 3	0.925 8
加密后(R, G, B 平均)	0.006 1	0.005 5

另外笔者也设计了一种对 R, G, B 单独进行置乱扩散加密的方法,如表2所示。

表2 单独置乱扩散—平均相关系数比较

平均相关系数	水平方向	垂直方向
加密前(R, G, B 平均)	0.882 3	0.925 8
加密后(R, G, B 平均)	0.013 8	0.009 8

对表1和2进行比较发现,采用本文提出的联合置乱扩散方法平均相关系数更小,对相关性的破坏程度更强。

(上接第306页)究,以进一步增强算法通用性。

参考文献:

- [1] LEI Bang-jun, XU Li-qun. Real-time outdoor video surveillance with robust foreground extraction and object tracking via multi-state transition management [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2006, 27(15):1816-1825.
- [2] ZHAN Chao-hui, DUAN Xiao-hui, XU Shuo-yu, et al. An improved moving object detection algorithm based on frame difference and edge detection [C]//Proc of the 4th International Conference on Image and Graphics. Washington DC: IEEE Computer Society, 2007:519-523.
- [3] BAI Xue, WANG Jue, SAPIRO G. Dynamic color flow: a motion-adaptive color model for object segmentation in video [C]//Proc of the 11th European Conference on Computer Vision. Berlin: Springer, 2010:617-630.
- [4] DOUZE M, JEGOU H, SCHMID C. An image-based approach to video copy detection with spatio-temporal post-filtering [J]. *IEEE Trans on Multimedia*, 2010, 12(4):257-266.
- [5] CASTAGNO R, EBRAHIMI T, KUNT M. Video segmentation based on multiple features for interactive multimedia applications [J]. *IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology*, 1998, 8(5):562-571.
- [6] SHI Jian-fang, ZHANG Fu-jun, HAO Bao-feng. A method of image segment based on wavelet transform and mathematical morphology [J]. *Journal of Taiyuan University of Technology*, 2009, 40(5):490-493.
- [7] 张晓波, 刘文耀, 吕大伟. 基于时空信息的自动视频对象分割算法 [J]. *光电子激光*, 2008, 19(3):384-387.

4 结束语

本文基于耦合混沌产生随机性更强的序列,从而设计出随机性很强的密钥流,对彩色图像三个颜色组成部分 R, G, B 进行加密,并且考虑了它们之间的相关关系,然后设计了一种初始简单扩散—联合置乱—联合扩散的方法。仿真实验表明,比单独对每个颜色分量实施加密,本文的算法安全性高、速度快、效果好,有助于混沌理论在密码学上的改进。

参考文献:

- [1] SHANNON C E. Communication theory of secrecy systems [J]. *Bell System Technology Journal*, 1949, 28(4):656-715.
- [2] TONG Xiao-jun, CUI Ming-gen. Image encryption scheme based on 3D baker with dynamical compound chaotic sequence cipher generator [J]. *Signal Processing*, 2009, 89(4):480-491.
- [3] TANG Yang, WANG Zi-dong, FANG Jian-an. Image encryption using chaotic coupled map lattices with time-varying delays [J]. *Commun Nonlinear Sci Number Simulat*, 2010, 15(9):2456-2468.
- [4] SEYEDZADEH S M, MIRZAKUCHAKI S. A fast color image encryption algorithm based on coupled two-dimensional piecewise chaotic map [J]. *Signal Processing*, 2012, 92(5):1202-1215.
- [5] RHOUMA R, MEHERZI S, BELGHITH S. OCML-based on color image encryption [J]. *Chaos, Solitons and Fractals*, 2009, 40(15):309-318.
- [6] LIU H J, WANG X Y. Color image encryption based on one-time keys and robust chaotic maps [J]. *Computers and Mathematics with Applications*, 2010, 59(10):3320-3327.
- [7] SAHAR M, AMIR M E. Colour image encryption based on coupled nonlinear chaotic map [J]. *Chaos, Solitons & Fractals*, 2009, 42(3):1745-1754.
- [8] LIU Hong-jun, WANG Xing-yuan. Colour image encryption based on one-time keys and robust chaotic maps [J]. *Computers & Mathematics with Applications*, 2010, 59(10):3320-3327.
- [9] RHOUMA R, SOUMAYA M, SAFYA B. OCML-based colour image encryption, chaos [J]. *Solitons & Fractals*, 2009, 40(1):309-318.
- [10] PENG Zhen-ni, LIU Wen-bo. Colour image authentication based on spatiotemporal chaos and SVD, chaos [J]. *Solitons & Fractals*, 2008, 36(4):946-952.
- [11] KEJIKI K, HIDEKI K, KENTARO H. Stability of steady states in one way coupled map lattices [J]. *Physics Letters A*, 1999, 263(4-6):307-314.

- [8] 袁正午, 胡跃明, 丰江帆, 等. 一种改进时空域联合的视频对象分割算法 [J]. *重庆邮电大学学报: 自然科学版*, 2010, 22(5):660-664.
- [9] 严素蓉, 陈德人. 基于时空域暗示的运动对象检测和分割 [J]. *计算机应用研究*, 2009, 26(9):3530-3533.
- [10] DIMITRAKOPOULOS R, MUSTAPHA H, GLOAGUEN E. High-order statistics of spatial random fields: exploring spatial cumulants for modeling complex non-Gaussian and non-linear phenomena [J]. *Mathematical Geosciences*, 2010, 42(1):65-99.
- [11] HAMARNEH G, LI Xiao-xing. Watershed segmentation using prior shape and appearance knowledge [J]. *Image and Vision Computing*, 2009, 27(1-2):59-68.
- [12] LI Gang, WAN You-chuan. Adaptive watershed segmentation of remote sensing image based on wavelet transform and fractal dimension [C]//Proc of International Conference on Information, Cybernetics, and Computer Engineering. Berlin: Springer, 2012:57-67.
- [13] AMANKWAH A, ALDRICH C. Rock image segmentation using watershed with shape markers [C]//Proc of the 39th Applied Imagery Pattern Recognition Workshop. [S. l.]: IEEE Press, 2010:1-7.
- [14] CANNY J F. A computational approach to edge detection [J]. *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1986, 8(6):679-698.
- [15] 王佐成, 刘晓冬, 薛丽霞. Canny 算子边缘检测的一种改进方法 [J]. *计算机工程与应用*, 2010, 46(34):202-204.
- [16] 任明艺, 李晓峰, 李在铭. 运动视频对象的时空联合检测技术 [J]. *光电子激光*, 2009, 20(7):911-915.