

基于块运动矢量分析的运动目标提取

董安国,王丹丹,梁苗苗,薛 方

(长安大学 理学院,陕西 西安 710064)

摘 要:为了从视频序列中提取完整的运动目标,提出运用块运动矢量和圆域选点法提取运动目标。首先,将相邻 2 帧图像按照相同的划分方式分成大小相同的块,通过计算每个块的运动矢量,去除只包含背景像素的块;然后,对剩余的块均进行再分块,通过块匹配准则进一步去除目标周边的背景块;最后,利用圆域选点法进行点配准,去除目标周边的背景像素点。通过上述步骤,可以得到完整的运动目标。研究表明:该方法对于处理复杂背景下的目标有很好的检测性,它不仅能够完整地提取出运动目标,而且提取出来的目标边缘清晰完整,目标中不出现空洞,检测效果好。

关键词:图像信号处理;块运动矢量;圆域选点法;点配准;目标提取

中图分类号:TN911.73

文献标志码:A

Moving target extraction based on block motion vector analysis

DONG An-guo, WANG Dan-dan, LIANG Miao-miao, XUE-Fang

(School of Science, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to extract the complete moving targets from video sequences, this paper proposed a method of using block motion vector and selecting point form the circle area to extract the moving targets. First of all, the two adjacent frames were divided into blocks with the same size by the same way, thus the pixel blocks which only contained background pixels were removed through calculating the motion vector of each block. Then, block the rest blocks again and further, removed the background blocks around the target through the block matching criterion. Finally, using the method of select point form the circle area to do point matching, the background pixels of the target were removed. Through the above steps, a complete moving target was got. The results show that this method has a good detection for processing target under the complex background. It can extract the whole moving target. The targets edges extracted are clear and complete, and the extraction of target does not include holes. So the testing effect is good. 8 figs, 20 refs.

Key words: image signal processing; block motion vector; method of select point form the circle area; point matching; target extraction

0 引 言

视频序列的运动估计就是从图像序列中检测出运动信息,识别与跟踪运动目标。目前对于运动目标检测常用的方法是帧差法、背景差分法、高斯混合模型法。文献[1]提到的帧差法,因为相邻 2 帧图像的运动目标有重叠部分,当相邻 2 帧相减时可以去除背景,但是目标提取的轮廓较大且可能出现空洞现象;文献[2]提出的自适应背景更新法,因为背景存在光照或树叶摇动的影响,对于背景的更新存在一定的难度,这样就会导致提取出来的运动目标存在空洞;文献[3-4]用高斯混合模型解决复杂背景问题时,根据每一帧图像的不同属性用自适应学习率取代静态的学习率,并且建立多个模型动态地更新各个模型的参数,但是计算速度慢、复杂度高并且容易丢失少量的目标信息,造成目标出现空洞;Zhang 等采用自适应运动直方图的方法,通过计算每个像素点的运动矢量找到运动区域,然后再对运动直方图进行更新,令发生次数少的矢量为 $\mathbf{0}$,但是由于配准出错,导致少数属于前景像素点处的运动矢量发生的次数较少,也可能被归为背景像素,这样运动目标会出现空洞,并且动态的背景也不能完全去除掉^[5];Shi 等用背景差法的中值模型将视频时间序列每一帧图像相同位置的像素点排序,并将这一列像素值的中位数作为该像素点处的背景值,但是运动目标的像素点可能成为背景点,那样当前帧和背景帧的差值就会导致运动目标出现空洞^[6]。鉴于此,本文提出运用块运动矢量和圆域选点法来提取运动目标的方法,不仅可以很好地去除动态背景,也可以保证运动目标没有空洞,试验表明该方法具有很好的检测性。

1 运动矢量及其直方图

在视频图像中,运动信息包含在相邻 2 帧的像素变化中。目标移动、光照变化等因素都会使得帧间像素发生相应的位置变化,这种位置变化用数值表示出来就是运动矢量,它代表的是当前帧中每个像素点所在位置与上一帧所在位置的差值。运动矢量直方图就是把当前帧中每个像素点的运动矢量在同一个三维空间里描述出来的空间分布图,如图 1 所示。图 1(a)是一个飞机模型的图片,图 1(b)是将飞机模型向右并向下移动一定距离得到的,图 1(c)

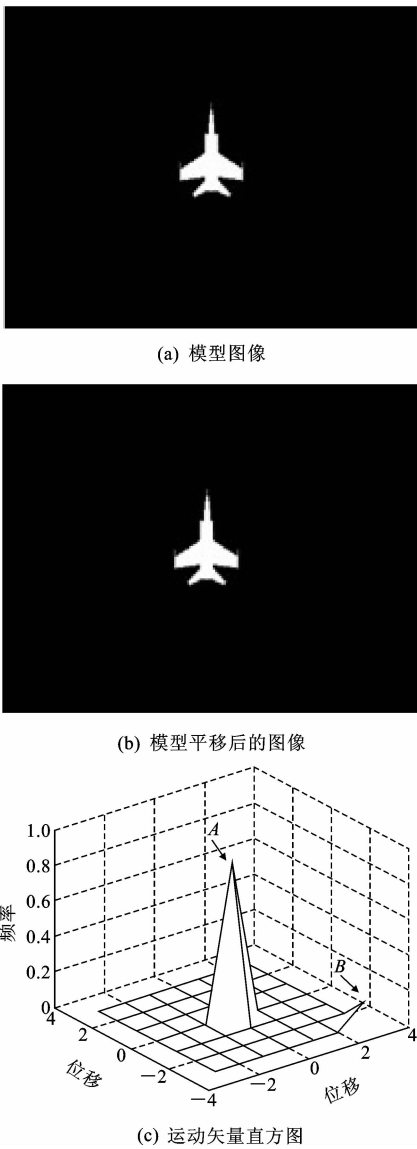


图 1 飞机模型及运动矢量空间分布

Fig. 1 Airplane model and spatial distribution of motion vector 是运动矢量空间分布。

理想情况下,以相邻 2 帧图像作比较,当前帧的像素点只有 2 种运动状态,要么是运动点要么是静止点,用运动矢量来解释就是矢量为 $\mathbf{0}$ 的像素点是背景点,矢量不为 $\mathbf{0}$ 的像素点是运动目标,那么在运动矢量的空间分布中会出现 2 个峰值,峰值的高低代表静止或运动像素点总数在整幅图像中所占的比率,并且 2 个峰值的和应该是 1。图 1(a)中像素为 0 的点为背景点,占整个图像的大部分,而飞机模型占图像的小部分,故在图 1(c)中 A 点是矢量为 $\mathbf{0}$ 的背景占图像的比率,B 点是矢量不为 $\mathbf{0}$ 的飞机模型占图像的比率,并且这 2 个比率的和为 1。

2 运动矢量的求法

2.1 传统的运动矢量求法

在视频序列中求相邻 2 帧图像的运动矢量实际上就是图像的配准问题。全搜索法对于求得的运动矢量估计精度最高,它是通过对视频序列当前帧的每个像素点搜索匹配窗中的每个候选点寻找得到的全局最优运动矢量,但是该方法计算量大,复杂度高,不适合实时应用^[7-8]。在解决上述问题时,文献[9]提出了许多快速的运动估计算法,有基于块的梯度下降法,新三步搜索法,菱形搜索法,六边形搜索法等。

用新三步搜索法对压缩后大小为 240×320 视频的其中 2 帧图像做处理得到图 2。本文令第 70 帧图像为 φ_{70} ,第 71 帧图像为 φ_{71} ,通过判断每一点的运动矢量得到的灰度图为 M_{70} , $v_{i,j}=(x_{i,j},y_{i,j})$ 为 φ_{70} 在像素点 (i,j) 处的运动矢量, M_{70} 的计算公式为

$$M_{70}(i,j)=\begin{cases}\varphi_{70}(i,j) & v_{i,j}\neq 0 \\ 0 & \text{其他}\end{cases}$$

从图 2(d)可以看出,出现的随机因素较多,如地面和天空应该属于背景的像素点,因为配准出错导致这些像素点处的运动矢量不为 0,被错认为是运动目标,造成了运动目标出现空洞和背景去除不干净的问题,因此运动目标没能够很好地检测出来,并且该方法的运算量很大。

2.2 块运动矢量

本文采用块运动矢量提取运动目标,该方法运算量小,并且可以减少由于随机因素造成的背景运动化和目标空洞化。

块运动矢量的基本思想是将当前帧图像尽可能大地分割成大小相同、相互独立的块,并且对于每个块在其参考帧的搜索区域内按照一定的匹配准则搜索与之最相似的块,该相似块中心点到当前块中心点的位移就是当前块的运动矢量。

2.2.1 块匹配准则

为了测量当前帧中匹配块与参考帧中候选块的相似度,假设当前帧某块的左上角像素坐标为 (s,t) ,则定义该块的 4 种匹配准则如下:平均绝对误差(MAD),最小均方误差(MSE),归一化互相关函数(NCCF)和求和绝对误差(SAD)。

(1)平均绝对误差

$$I_{\text{MAD}}(i,j)=\frac{1}{MN}\sum_{m=s}^{M+s-1}\sum_{n=t}^{N+t-1}|\varphi_{k-1}(m,n)-\varphi_k(m+i,n+j)|\quad -w\leq i,j\leq w$$

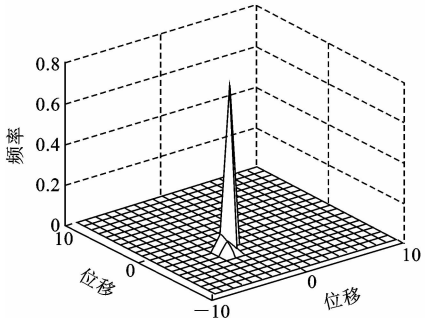
(2)最小均方误差



(a) 视频的第70帧图像



(b) 视频的第71帧图像



(c) 运动矢量空间分布



(d) 处理后得到的前景图像

图 2 新三步搜索法的处理结果

Fig. 2 Results of new three-step search method

$$I_{\text{MSE}}(i,j)=\frac{1}{MN}\sum_{m=s}^{M+s-1}\sum_{n=t}^{N+t-1}[\varphi_{k-1}(m,n)-\varphi_k(m+i,n+j)]^2\quad -w\leq i,j\leq w$$

(3)归一化互相关函数

$$I_{\text{NCCF}}(i,j)=\frac{\sum_{m=s}^{M+s-1}\sum_{n=t}^{N+t-1}\varphi_{k-1}(m,n)\varphi_k(m+i,n+j)}{[\sum_{m=s}^{M+s-1}\sum_{n=t}^{N+t-1}\varphi_{k-1}^2(m,n)]^{\frac{1}{2}}[\sum_{m=s}^{M+s-1}\sum_{n=t}^{N+t-1}\varphi_k^2(m+i,n+j)]^{\frac{1}{2}}}\quad -w\leq i,j\leq w$$

(4)求和绝对误差

$$I_{\text{SAD}}(i,j)=\sum_{m=s}^{M+s-1}\sum_{n=t}^{N+t-1}|\varphi_{k-1}(m,n)-\varphi_k(m+i,n+j)|\quad -w\leq i,j\leq w$$

式中: I_{MAD} 为 MAD 的计算参数; I_{MSE} 为 MSE 的计算参数; I_{NCCF} 为 NCCF 的计算参数; I_{SAD} 为 SAD 的计算参数; w 为搜索半径; (i, j) 为位移矢量; $M \times N$ 为图像被分成每一个块的大小。

若 MAD、MSE 和 SAD 在 (i_0, j_0) 处达到最小, 或 NCCF 在 (i_0, j_0) 处达到最大, 则 (i_0, j_0) 为该块的位移矢量。

在运动估计中, 既要考虑匹配精度, 同时还要兼顾运算量, 通过分析比较, 选用 SAD 准则来计算块运动矢量。

2.2.2 块运动矢量的算法流程

第 1 步: 先将相邻 2 帧第 k 帧和第 $k-1$ 帧的图像相同地分成若干个固定大小的子块 ($M \times N$, 若不能整分, 原图像补 0);

第 2 步: 对第 $k-1$ 帧的块 S , 取这个子块的左上角, 并在第 k 帧中相同位置处建立一个小的搜索范围 (不能超过图形的边缘大小), 则在这个搜索范围内的每个点都是待匹配点;

第 3 步: 在第 k 帧中以第 2 步得到的这些待匹配点为左上角取一个 $M \times N$ 的块, 得到一个待匹配块 T ;

第 4 步: 用块匹配准则 SAD 计算 S 和 T 的相似度, 遍历所有的待匹配块, 即可求得块 S 的运动矢量;

第 5 步: 重复第 2 步, 计算下一个匹配块, 直到计算到最后一个为止。

3 运动目标检测

提取一个完整的运动目标需要 3 步。

第 1 步: 将第 k 帧和第 $k-1$ 帧分成大小相同的较大的块, 计算每个块的运动矢量, 将运动矢量为 $\mathbf{0}$ 的块内的每个像素点都赋为 0, 矢量不为 $\mathbf{0}$ 的块仍是原像素点的值, 这样可以去除图像的大部分背景区域, 得到包含完全运动目标信息的图像 G_1 ;

第 2 步: 对于 G_1 中不为 0 的像素点所在的位置, 包含了目标区域, 同时在边缘还有部分背景存在, 为此, 将 G_1 中不为 0 的区域划为更小的块, 与第 k 帧中对应位置的块计算 SAD 值, 若该值小于一个阈值, 就认为该块为背景块且令整个块的像素值为 0, 可以进一步地去除目标周围少量背景信息得到 G_2 ;

第 3 步: 用圆域选点法对 G_2 的边缘部分进行点精细化背景去除, 首先找到 G_2 的边缘像素点, 与第 k 帧中对应的点用圆域选点法进行配准, 若配准值小于一个阈值, 则认为该像素点是背景点, 令其为

0, 该步骤可以进行多次, 以得到更精细的目标边缘。

3.1 基于块运动矢量的运动目标提取

以图 2 的第 70 帧和第 71 帧图像作为例子, 对于求得的运动矢量为 $\mathbf{0}$ 的块, 令整个块为 0, 矢量不为 $\mathbf{0}$ 的块还是原像素点的值, 得到 G_1 图像。如图 3 所示, G_1 是第 70 帧图像通过计算块运动矢量得到的。

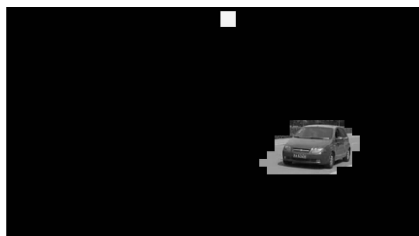


图 3 对图 2 计算块运动矢量得到 G_1

Fig. 3 G_1 is received by block motion vector computation of figure 2

3.2 基于 SAD 值的背景去除

从 G_1 图像可以看到运动目标周围仍然包含有大部分的背景, 对 G_1 图像中不为 0 的区域划为更小的块 ($2p \times 2q$), 对其中的每一块找出第 71 帧中同一位置的块, 计算 SAD 值, 若该值小于一个阈值, 则认为该块为背景块, 可以进一步地去除目标周围的背景, 得到 G_2 , 如图 4 所示。



图 4 对 G_1 用 SAD 准则后得到 G_2

Fig. 4 G_2 is received by SAD standards of G_1

对于此处的阈值, 采用直方图谷点法来确定, 以下具体介绍直方图谷点。

文献[10]中关于目标区域和背景区域分割阈值的选取采用的是直方图谷点法, 本文也采用该方法。

选取的分割阈值是关于 SAD 的分割阈值, 因为相邻 2 帧图像的目标区域和背景区域相差较大, 并且当相邻 2 帧对应 2 块的像素相减时, 含有目标块的 SAD 值较大, 背景区域的 SAD 值相对较小, 对所有块画出 SAD 值直方图, 如下页图 5 所示, 呈现双峰一谷的特征, 其中的谷点值就是要求的分割阈值。

从图 5 可以看出, 箭头所指的就是要求的谷点阈值, 它是目标和背景的分界点, 该阈值的具体求解

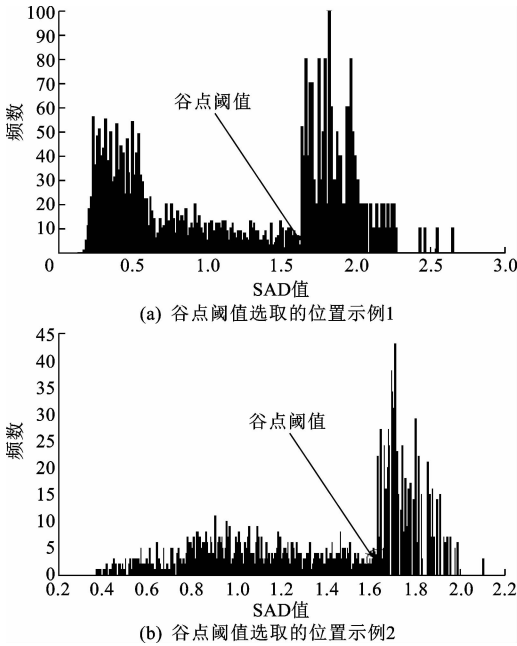


图 5 谷点阈值在直方图上的位置

Fig. 5 Location of valley point threshold value on the histogram
方法见文献[10]。

由于上述步骤均以块为单位进行处理,所以用上面的步骤得到的图像 G_2 仍含有属于背景的成份。为了提取出完整的运动目标,就需要对 SAD 准则后的结果做进一步的背景去除,因为块匹配出来的结果已经包含有完整的运动目标,所以只需要用点配准对目标周围的背景进行去除就可以了。下面介绍一种新的选点法——圆域选点法。

3.3 圆域选点法的点精细化背景去除

在对图像进行配准时,为了减少运算量,需要在配准点周边选取一定数量且具有代表性的点,比如李萨如交互信息函数,如图 6(a)所示。由于在对图像进行配准时,离配准点越近的点信息越重要,所以占的权重越大,而李萨如函数在中心点周围选取的点比较少,而外围的点反而多,可能造成配准不准确。为此,提出了一种新的方法——圆域选点法,圆域选点法是以一个固定点为中心,分别画出它的几个同心圆,然后在每个圆内等距地选取相同数量的点,图 6(b)所示就是一个圆域选点法的图像。

在图 6(b)中对 G_2 的边缘点做精细化配准,确认其是否为背景点。对 G_2 的一个边缘点,利用圆域选点法,找出点集 Ω ,计算相似度指标 SI

$$I_{SI} = \sum_{(i,j) \in \Omega} |G_2(i,j) - \varphi_k(i,j)|$$

式中: I_{SI} 为 SI 的计算参数。

如果 SI 小于一个阈值,说明该点是背景点,然

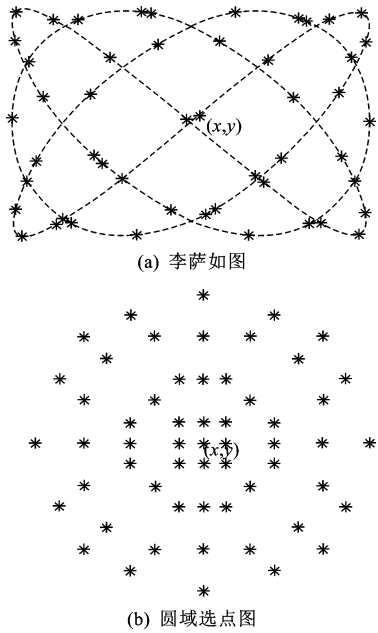
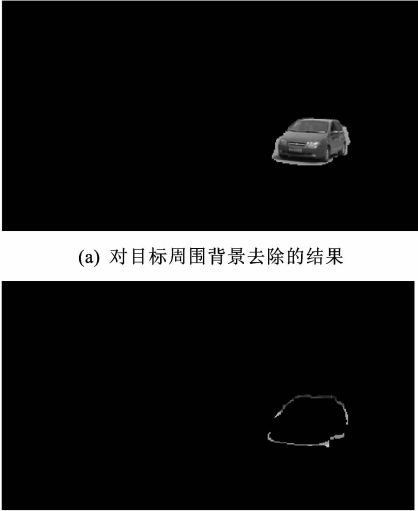


图 6 李萨如图和圆域选点法

Fig. 6 Lissajous' figure and method of select point form the circle areas

后更新 G_2 ,继续按照边缘点精细化配准进行下去,直至逼近到运动目标的周围位置。对于阈值选择本文采用直方图谷点确定的分割阈值方法。

用点精细化配准和直方图谷点确定分割阈值的方法,对图 4 中运动目标的四周去除背景,结果如图 7 所示。



(a) 对目标周围背景去除的结果

(b) 与图4相比去掉的背景部分

图 7 对图 4 去除背景的结果

Fig. 7 Results of removing the background of figure 4

这种方法对于提取 1 个运动目标具有很好的检测性,同样对于 2 个和 3 个运动目标的检测仍有很好的检测效果。

4 数值试验

分别用帧差法、高斯混合模型方法、背景差法的

中值模型法和本文提出的方法,对下面 4 个视频进行相邻 2 帧的运动目标提取^[12-20],图 8 是对目标提取的结果。

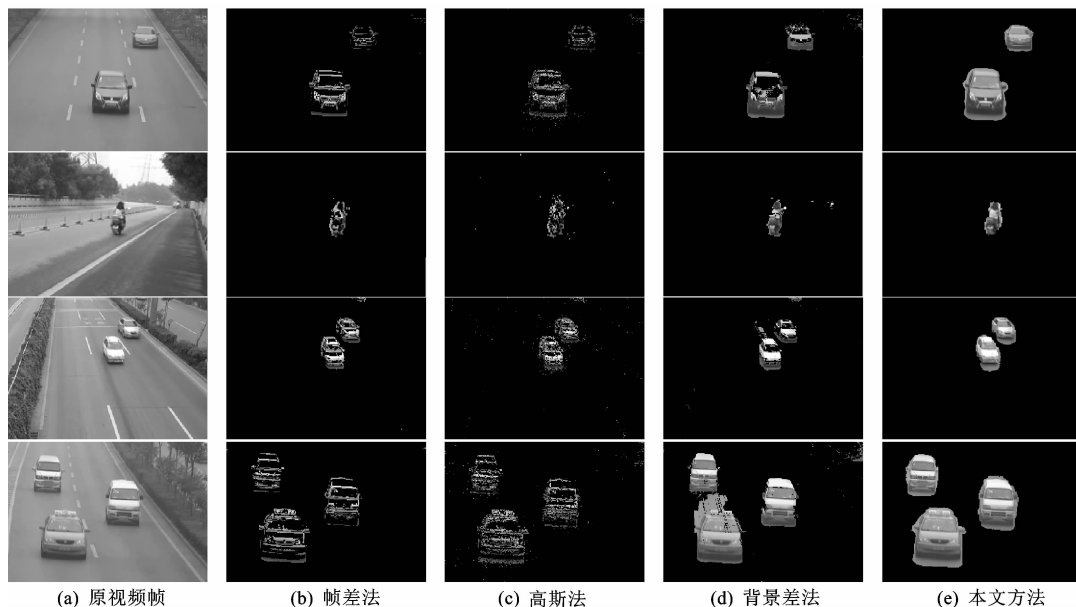


图 8 不同方法对目标运动的提取结果

Fig. 8 Extraction results of target movement of different methods

从图 8 可以看出:图 8(b)列运用帧差法得到的运动目标不能包含全部信息,因为它处理的前后 2 帧图像的差别只是在物体运动方向的两侧,而内部没有变化,这样内部像素会被漏检,从而使运动目标出现空洞现象;图 8(c)列为运用高斯混合模型得到的结果,因为它对背景变化的响应比较慢并且容易丢失目标信息,从而导致运动目标有空洞;图 8(d)列是运用背景差法的中值模型得到的结果,该方法是将固定像素在每个视频序列的值排成一排,找到它的中位数然后将这个中位数作为背景值,由于得到的中位数可能与目标像素点的值一样,这样视频的一帧图像和背景图像相减就会使得运动目标出现空洞;图 8(e)列运用本文提出的方法,不仅可以很好地检测出目标的轮廓,运动目标内部也不存在空洞,并且对于如树枝摇动等因素造成的背景像素变化也能很好地去除,具有很好的检测性。

5 结 语

(1)将相邻 2 帧图像按照相同的划分方式分成大小相同的块,通过计算每个块的运动矢量,用块匹配算法得到的块运动矢量和 SAD 块匹配准则提取包含运动目标的运动区域;然后用圆域选点法对目标周围的背景进行精细化的背景去除,得到完全的运动目标信息,试验表明该方法具有很好的检测性。

(2)本文研究的内容都是基于单目视频来操作的,场景中运动的不只有车辆还有本该属于背景的花草树木,或者是车辆的相互遮挡问题,在这些干扰因素的情况下有效地检测出运动目标并分析其特性是研究重点。而如何在多目视频中获知运动目标的速度、形状、位置等因素,怎样分析多目视频序列的特征,同时利用块运动矢量或者是标准差的特征来进行运动目标的检测是下一步要研究的内容。

参考文献:

References:

- [1] 薛丽霞,罗艳丽,王佐成. 基于帧间差分的自适应运动目标检测方法[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(4): 1551-1552.
XUE Li-xia, LUO Yan-li, WANG Zuo-cheng. Detection algorithm of adaptive moving objects based on frame difference method[J]. Application Research of Computers, 2011, 28(4): 1551-1552. (in Chinese)
- [2] LIU X M, ZHANG Z H, LI G Y, et al. Research on technology of traffic video incidents detection under highway condition[J]. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 2010, 17(S1): 79-83.
- [3] LIU X, QI C. Future-data driven modeling of complex backgrounds using mixture of Gaussians[J]. Neuro-computing, 2013, 119(16): 439-453.

- [4] CHEN P, CHEN X, JIN B B, et al. Online EM algorithm for background subtraction[J]. *Procedia Engineering*, 2012, 29: 164-169.
- [5] ZHANG W, WU Q M J, YIN H B. Moving vehicles detection based on adaptive motion histogram[J]. *Digital Signal Processing*, 2010, 20(3): 793-805.
- [6] SHI P, JONES E G, ZHU Q. Median model for background subtraction in intelligent transportation system[J]. *Imaging Processing: Algorithms and Systems III*, 2004, 5298(5): 168-176.
- [7] JUN G, AGGARWAL J K, GOKMEN M. Tracking and segmentation of highway vehicles in cluttered and crowded scenes[C]//IEEE. *Proceedings of the 2008, IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*. Washington DC: IEEE, 2008: 1-6.
- [8] YU X Q, CHEN X N, JIANG M Y. Motion detection in moving background using a novel algorithm based on image features guiding self-adaptive sequential similarity detection algorithm[J]. *Optik International Journal for Light and Electron Optics*, 2012, 123(22): 2031-2037.
- [9] CHIRANJEEVI P, SENGUPTA S. Robust detection of moving objects in video sequences through rough set theory framework[J]. *Image and Vision Computing*, 2012, 30(11): 829-842.
- [10] 徐志刚, 赵祥模, 宋焕生, 等. 基于直方图估计和形状分析的沥青路面裂缝识别算法[J]. *仪器仪表学报*, 2010, 31(10): 2260-2266.
XU Zhi-gang, ZHAO Xiang-mo, SONG huan-sheng, et al. Asphalt pavement crack recognition algorithm based on histogram estimation and shape analysis[J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2010, 31(10): 2260-2266. (in Chinese)
- [11] ZHOU H, CHEN Y R, FENG R. A novel background subtraction method based on color invariants [J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 2013, 117(11): 1589-1597.
- [12] 倪伟, 郭宝龙, 丁贵广, 等. 基于运动矢量场和方向自适应的快速运动估计算法[J]. *电子与信息学报*, 2006, 28(12): 2277-2282.
NI Wei, GUO Bao-long, DING Gui-guang, et al. A fast motion estimation algorithm based on motion vector field and direction adaptive techniques[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2006, 28(12): 2277-2282. (in Chinese)
- [13] 李明, 赵勋杰. 改进的基于高斯混合模型的运动目标检测算法[J]. *计算机工程与应用*, 2011, 47(8): 204-206.
LI Ming, ZHAO Xun-jie. Improved moving objects detection algorithm based on Gaussian mixture model [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2011, 47(8): 204-206. (in Chinese)
- [14] 张阿飞, 沈海斌. 基于差分的块匹配运动估计算法[J]. *计算机工程与应用*, 2013, 49(6): 127-130.
ZHANG A-fei, SHEN Hai-bin. Difference based search algorithm for fast block matching motion estimation[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2013, 49(6): 127-130. (in Chinese)
- [15] 陈忠碧, 张启衡, 彭先蓉, 等. 基于块估计的运动目标检测方法[J]. *光电工程*, 2006, 33(6): 15-19.
CHEN Zhong-bi, ZHANG Qi-heng, PENG Xian-rong, et al. Detecting method for moving targets based on block estimation[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2006, 33(6): 15-19. (in Chinese)
- [16] 陶阳, 刘志明, 彭宇行, 等. 一种有效的匹配准则及块匹配算法[J]. *计算机工程与科学*, 2007, 29(2): 69-72.
TAO Yang, LIU Zhi-ming, PENG Yu-xing, et al. A new matching criterion and block matching algorithm [J]. *Computer Engineering & Science*, 2007, 29(2): 69-72. (in Chinese)
- [17] HUANG W, LIU L, YUE C, et al. The moving target detection algorithm based on the improved visual background extraction[J]. *Infrared Physics & Technology*, 2015, 7(71): 518-525.
- [18] JIN G, LI Z Z, GU Y S, et al. Moving target detection approach based on spatio-temporal salient perception [J]. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 2014, 125(22): 6681-6686.
- [19] SONG B, HAN C W, SUN D H. Neural network based method for background modeling and detecting moving objects[J]. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, 2015, 22(3): 100-109.
- [20] DOU J D, LI J X. Moving object detection based on improved VIBE and graph cut optimization[J]. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 2013, 124(23): 6081-6088.