

8-20-2020

Method for Auto-detection of Tracking Moving Objects in Complicated Dynamic Environment

Yanling Wang

1. College of Computer and Information, Luoyang Normal University, Luoyang 471022, China;;

Guanglun Li

2. Department of electrical engineering and automation, Luoyang Institute of Science and Technology, Luoyang 471013, China;

Lin Xiao

1. College of Computer and Information, Luoyang Normal University, Luoyang 471022, China;;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Method for Auto-detection of Tracking Moving Objects in Complicated Dynamic Environment

Abstract

Abstract: An approach was proposed to solve the problem of not accurately identifying the moving targets in the complex dynamic environment. The moving objects were detected by utilizing the method based on the HSV color space and auto-updating the background. The background subtraction method based on the HSV color space was used to solve the problem that the objects could not be accurately identified for the color similarity of objects and background and the influence of the shadow of the moving targets. The background change was divided into the temporary stability and the rapid change, and an automatically updating double background was used to deal with changing of the background. The change rate which indicated the degree of background was introduced to updating all or partial background. Experimental results show that this way accurately identifies the moving objects.

Keywords

background subtraction, background updating, complex dynamic environment, shadow removal

Recommended Citation

Wang Yanling, Li Guanglun, Lin Xiao. Method for Auto-detection of Tracking Moving Objects in Complicated Dynamic Environment[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(4): 715-722.

复杂动态环境下运动目标自动检测算法

王燕玲¹, 李广伦², 林晓¹

(1. 洛阳师范学院, 洛阳 471022; 2. 洛阳理工学院, 洛阳 471013)

摘要: 针对复杂动态环境中运动目标难以精确检测的问题, 提出了基于 HSV 颜色空间的运动目标检测算法。采用 HSV 颜色空间中背景减法解决运动目标颜色与背景相似和运动目标阴影影响导致运动目标难以准确检测问题; 将背景区分为稳定背景和临时背景, 提出双背景自动更新算法解决背景发生变化造成目标难以精确检测的问题; 算法中引入表示背景变化程度的背景变化率, 从而部分或全部更新背景。实验结果证明该方法能够准确检测运动目标。

关键词: 背景减法; 背景更新; 复杂动态环境; 阴影去除

中图分类号: TN941.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2015) 04-0715-08

Method for Auto-detection of Tracking Moving Objects in Complicated Dynamic Environment

Wang Yanling¹, Li Guanglun², Lin Xiao¹

(1. College of Computer and Information, Luoyang Normal University, Luoyang 471022, China;

2. Department of electrical engineering and automation, Luoyang Institute of Science and Technology, Luoyang 471013, China)

Abstract: An approach was proposed to solve the problem of not accurately identifying the moving targets in the complex dynamic environment. The moving objects were detected by utilizing *the method based on the HSV color space and auto-updating the background*. The background subtraction method based on the HSV color space was used to solve the problem that the objects could not be accurately identified for the color similarity of objects and background and the influence of the shadow of the moving targets. The background change was divided into the temporary stability and the rapid change, and *an automatically updating double background* was used to deal with changing of the background. The change rate which indicated *the degree of background* was introduced to updating all or partial background. Experimental results show that this way accurately identifies the moving objects.

Keywords: background subtraction; background updating; complex dynamic environment; shadow removal

引言

智能视频监控是计算机视觉领域近几年研究热点之一。可靠的运动目标检测是智能监控系统得以实现的前提^[1]。目前, 运动目标的检测主要采用背景减法、光流法和时间差分法。其中, 背景减法

实现简单, 运算速度快, 但是运动目标与背景相类似、背景有变化或者背景复杂的情况下, 运动目标很难正确检测^[2-5]。目前, 背景减法还未完全解决以下几个重要问题:

1. 伪装和隐藏: 前景像素的表面特征可能与背景模型相似, 背景减法不能正确地分割出运动目标。
2. 阴影影响: 通常前景目标投射的阴影也被检测为运动目标的一部分, 这会影响对运动目标进行进一步处理, 例如: 判断物体的大小、形状, 和统计数量等。
3. 背景扰动: 背景中扰动的物体, 如晃动的树叶等, 不应该被分割为运动目标。



收稿日期: 2014-01-03 修回日期: 2014-04-09;
基金项目: 国家自然科学基金项目(U1304616); 河南省科技攻关计划项目(2010B520019);
作者简介: 王燕玲(1976-), 女, 山西, 硕士, 讲师, 研究方向为图像处理、模式识别; 李广伦(1971-), 男, 河南, 博士, 讲师, 研究方向为图像处理; 林晓(1978-), 女, 河南, 硕士, 副教授, 研究方向为图像处理、模式识别。

4. 运动物体停留和静止目标运动：当背景中运动物体停留或静止物体移动时，背景和目标都发生变化。

5. 光照变化：在一天中不同时段、天气的变化造成光照的变化，室内场景中突然开关灯等都会改变背景环境。

其中，1、2 是运动目标的准确识别问题，本文针对这些问题提出在 HSV 颜色空间中采用运动目标检测算子获得运动目标。3~5 是背景局部或全局变化的问题，本文针对这些问题提出双背景自动更新算法。

1 相关工作

许多作者正研究通过各种自适应背景模型获得动态场景中的背景。例如：作为运动检测的基础，Li^[5]等人使用比值图像来平滑处理光照变化的影响。Long 和 Yan^[6]提出了一种自适应平滑算法。该算法认为图像序列中，像素点处于稳定状态最长的灰度值是背景像素的灰度值，但是如果前景目标运动较慢或者一段时间内处于静止状态，稳定状态最长的灰度值往往是前景目标，此时就会把前景目标当成背景像素来处理，从而产生错误结果。Gloyer 等人^[7]根据多于 50% 时间能观测到的像素是背景像素提出了中值法(median)，即将图像序列中处于中间的灰度值作为该点的背景像素灰度值。但是如果背景像素只在少于 50% 时间观测到(例如高速公路汽车行驶视频)，中值法会得到错误结果。Elias Herrero-Jaraba^[8]提出了使用双背景模型来处理灰度图像快速和慢速的亮度变化，但是未探讨彩色图像的背景提取，而且根据该方法提取出来的运动目标包含了运动物体及阴影。这些模型主要解决背景扰动和光照变化影响的情况。

Yoann Dhome^[9]、强振平^[10]、冯华文^[11]和陈雷^[12]分别使用了不同的高斯模型来获得前景目标。刘辉^[13]等人采用主成分变换和 HIS 模型来区分阴影区域。Kinjal A Joshi^[14]、Mario I Chacon-Murguia^[15]和 Keerthana N^[16]等人分别在运动目标识别时采用了

模糊相似度测量来区分前景物体和背景，并可以自动更新阈值。这些方法都使用统计模型，运算量较大。李建勋^[17]从目标的形状入手，通过目标形状来确定分离阴影的分割点。刘永信^[18]分别考虑了颜色、空间信息等特性，建立了相应的阴影消除模板来对目标和阴影进行分离。Shen Hao^[19]在航拍视频的运动目标检测中使用时间显著性来粗略分割运动目标，之后使用时空显著性来共同确定运动目标。这些模型未考虑运动目标与背景颜色相类似问题，也未考虑运动目标停止成为背景一部分之后背景图像的更新问题。

2 基于 HSV 的运动目标检测算法

使用基于 RGB 颜色空间的彩色图像进行差分，若运动目标与背景相似，则与背景相似的运动目标部分无法识别导致了漏检问题；若因为光线问题运动目标出现阴影，则识别出的运动目标会包含阴影。如图 1 中(a)为 Lab 视频序列中背景帧，(b)为第 100 帧，(c)是 RGB 颜色空间中第 100 帧与背景帧的差分结果，(d)为(c)差分结果的二值化。可见，当人穿衣服与背景都为白色时，使用 RGB 空间中的差分算法无法将人准确识别。另外，由于光线问题识别出的运动目标包括人及其阴影部分。

在彩色图像检测文献[17-18]中，HSV 颜色空间被认为是更能反映人的视觉特性。HSV 颜色模型是由色调 H、饱和度 S 和亮度 V 三维坐标系构成的三维颜色空间。本节使用 HSV 颜色空间中运动目标检测算法解决引言中前 3 个问题。

2.1 运动目标与背景相似区域检测算子

HSV 颜色空间中，当运动目标颜色与背景颜色相差较小时，色调 H 分量具有近似不变性，而饱和度 S 分量相差较大。色差较小的运动目标检测算子为：

$$F_{\text{similar}} = \text{abs}(I^S(x, y) - B^S(x, y)) \geq T^S \cap \text{abs}(I^H(x, y) - B^H(x, y)) < T^H \quad (1)$$

T^S 和 T^H 分别为饱和度 S 分量和色调 H 分量的差分阈值，根据经验获得。若像素差分值满足检

测算子 $F_{similar}$ 要求, 则该像素点可能为运动目标与背景颜色类似的部分。图 1(e) 为第 100 帧与背景帧 S 分量差分。

2.2 色差较大区域检测算子

运动目标与背景颜色差别较大时, 色调 H 分量相差较大而饱和度 S 分量相差较小, 色差较大检测算子为:

$$F_{diff} = abs(I^H(x, y) - B^H(x, y)) \geq T^H \cap abs(I^S(x, y) - B^S(x, y)) < T^S \quad (2)$$

阈值含义与公式(1)中相同。若像素差分值满足检测算子 F_{diff} 要求, 则该像素点可能属于运动目标与背景颜色相差较大区域。图 1(f) 为第 100 帧与背景帧 V 分量差分。

2.3 阴影检测算子

当区域被阴影覆盖后, 色调 H 分量和饱和度 S 分量具有近似不变的特性, 而亮度 V 分量则会减小。所以 HSV 颜色空间中阴影检测算子为:

$$F_{sh} = \alpha \leq \frac{I^V(x, y)}{B^V(x, y)} \leq \beta \cap (I^S(x, y) - B^S(x, y)) < T^S \cap abs(I^H(x, y) - B^H(x, y)) < T^H \quad (3)$$

这里 $\beta < 1$, α 是考虑光源的强度进行选择的, 当光源强度越大, α 的值越小。若像素差分值满足检测算子 F_{sh} 要求, 则该像素点可能属于运动目标产生的阴影。

2.4 去除阴影的运动目标算法

为了获得完整的不包括其阴影的运动目标, 使用运动目标掩码:

$$M_{real}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } F_{similar} \text{ 或 } F_{diff} \text{ 为真同时 } F_{sh} \text{ 为假} \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (4)$$

图 1(h) 为第 100 帧中运动目标掩码。对比图 1(d) 和图 1(h): 使用 RGB 颜色空间进行差分, 运动目标掩码包含阴影部分并且丢失与背景相类似的运动目标部分; 使用本节算法能获得较完整运动目标掩码。

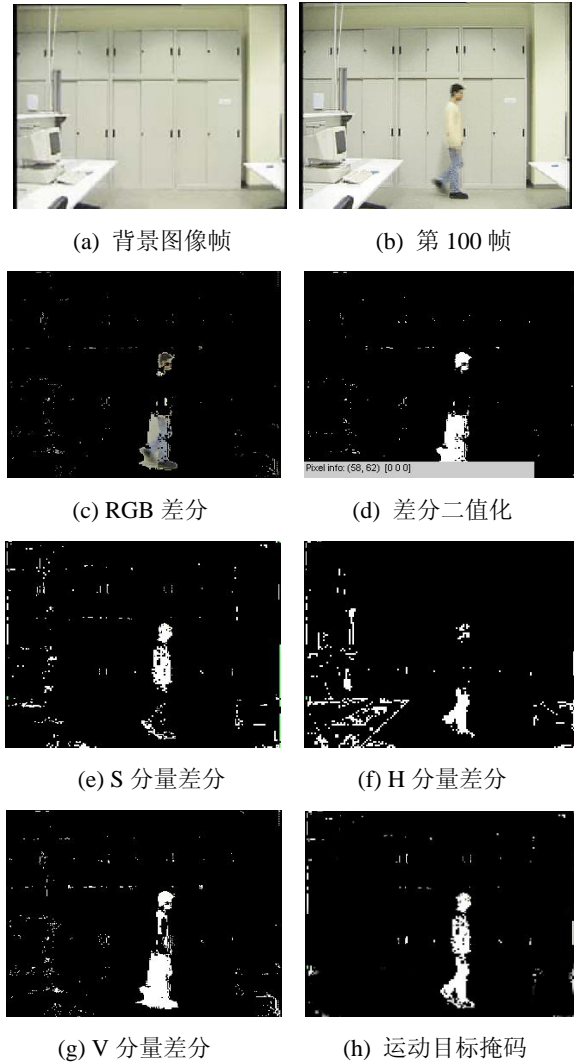


图 1 Lab 视频第 100 帧与稳定背景帧差分分析

3 基于背景更新的运动目标检测算法

视频监控系统中, 运动目标的跟踪、解释和识别都需要对运动目标快速、鲁棒地进行检测。帧间差分法快捷简便, 适合于运动快且形变较大的运动目标, 但难于检测出场景中缓慢运动的目标; 背景差分法简单、计算量小, 能够得到运动目标最完整的特征数据和可靠的形状, 但背景差分方法必须克服运动目标颜色与背景相类似、运动目标和阴影难以区分、环境光照条件的变化、运动物体停留和静止目标运动、非静止背景物体的微小变化(树叶的晃动等)等问题。前两个问题在第 2 节已经解决, 本节使用基于 HSV 颜色空间的背景自动更新算法解决后 3 个问题。

3.1 算法概述与流程图

本算法主要由四部分组成，分别是：连续两帧差分、背景减法、运动目标检测和背景自动更新，见图 2。

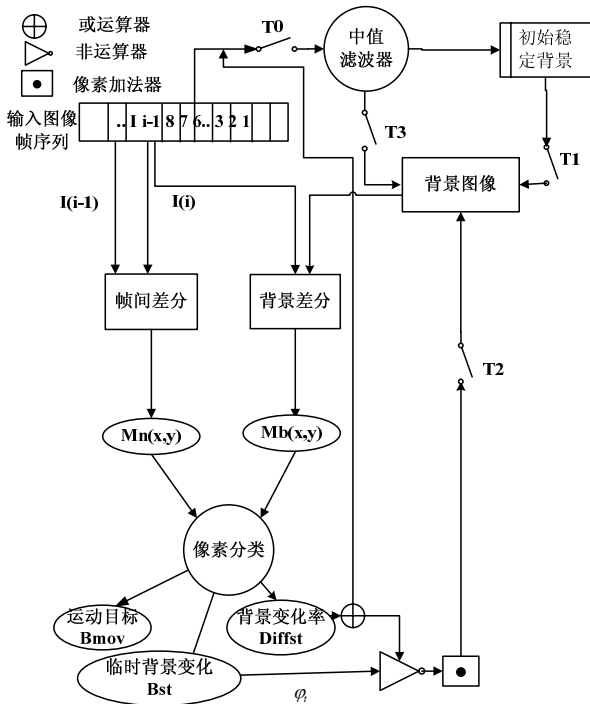


图 2 运动目标检测算法流程图

其主要步骤为：

1. 使用相邻帧差分法获得运动区域掩码

HSV 颜色空间中使用第 2 节的算法获得第 i 帧运动目标区域的掩码 $M_n^i(x, y)$ 。

2. 使用背景差分法获得目标掩码

新输入的当前图像帧(第 i 帧)和背景图像在 HSV 颜色空间中使用背景减法运算得到目标掩码 $M_b^i(x, y)$ 。

3. 运动目标的检测

步骤 2 中得到运动目标 M_b^i 可能包含静止区域和运动区域。静止区域为帧间无变化但和背景像素不同的像素，例如在场景停止运动的人。为了有效区分这两种类型的像素，通过 M_b^i 和 M_n^i 得到 B_{mov}^i 和 B_{st}^i 两个区域集合， B_{mov}^i 是在 M_b^i 和 M_n^i 中都运动的区域， B_{st}^i 对应应在 M_b^i 中运动的区域但在 M_n^i

中是静止的区域。为了具体计算出 B_{mov}^i 和 B_{st}^i ，我们假定：

$$\begin{aligned} M_b^i &= \{Ob_1^i, \dots, Ob_j^i, \dots, Ob_N^i\}, \\ M_n^i &= \{Ot_1^i, \dots, Ot_p^i, \dots, Ot_P^i\} \end{aligned} \quad (5)$$

这里 N 和 P 分别是 M_b^i 和 M_n^i 中区域数目。得到校正后的前景目标掩码 B_{mov}^i 为：

$$B_{mov}^i = \left\{ \begin{aligned} &Ob_k^i \mid Ob_k^i \cap Ot_s^i = 1, \\ &\forall Ob_k^i \in M_b^i, \forall Ot_s^i \in M_n^i \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

背景区域 B_{st}^i 为：

$$B_{st}^i = \left\{ \begin{aligned} &Ob_k^i \mid Ob_k^i \cap Ot_s^i = \\ &0, \forall Ob_k^i \in M_b^i, \forall Ot_s^i \in M_n^i \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

使用校正后的前景掩码 B_{mov}^i 对输入图像进行掩码运算，得到前景目标 $FO(x, y)$ 。

4. 背景自动更新

步骤 3 中获得的 B_{st}^i 根据不同情况更新背景图像。见 3.2。

3.2 背景自动更新算法

常见监控场景中，由于环境条件不断变化，背景图像也不断变化，如何随场景的变化自动更新背景模型，是实现智能监控系统必须解决的问题之一^[5-8]。通过对已有背景更新算法进行分析，本文采用了基于双背景自动更新算法。根据背景变化区域大小将背景变化分为全局变化和局部变化，全局变化需要重新初始化稳定背景；局部变化根据变化时间长短分为临时背景变化和稳定背景变化，稳定背景变化需要部分更新背景。

1. 初始化稳定背景

稳定背景是指图像序列中颜色长时间不变化或变化很小的像素集合，反应了外界环境中实际背景。本文稳定背景更新算法采用了中值法，使用统计学的方法获得一段时间内颜色变化较小的背景模型。

首先定义一个 $I(x, y, l)$ 三维矩阵代表图像序列，其中 (x, y) 是相应图像的像素点坐标， l 是图像序列的次序。算法开始运行时，从缓冲池获取 1 帧图像作为开始图像序列，即初始稳定背景为：

$$LBK^0(x, y) = \text{Median}(I(x, y, 1), I(x, y, 2), \dots, I(x, y, l)) \quad (8)$$

2. 稳定背景更新

若背景变化较大时需要进行第 1 步重新获得稳定背景。使用背景变化率表示背景变化程度。根据公式(7)获得的背景变化区域 B_{st}^i 的面积与图像面积的比值来计算背景变化率 $Diff^i$, 见公式(9)。

$$Diff^i = \text{sum}(B_{st}^i) \div (x \times y) \quad (9)$$

根据公式(10), 若背景变化率大于所设阈值, 把当前帧替换中值法中最后一帧, 按步骤 1 初始化稳定背景。如果变化率小于所设阈值, 则根据情况部分更新稳定背景。

$$LBK^k(x, y) = \begin{cases} I_t(x, y) & \text{if } (x, y) \in B_{st}^i(x, y) \wedge Diff^i > Th \\ LBK^{k-1}(x, y) & \text{if } (x, y) \in B_{st}^i(x, y) \wedge Diff^i < Th \end{cases} \quad (10)$$

3. 稳定背景变化和临时背景变化

为了获得稳定背景变化并用该变化更新背景, 需要把由公式(7)获得的静止区域像素集合 B_{st}^i 根据变化时间的长短分为稳定背景变化区域 B_{long}^i 和临时背景变化区域 B_{short}^i 。像素区域在较长时间内发生变化被认为是稳定背景变化 B_{long}^i ; 在少数时间发生变化被认定是临时背景变化 B_{short}^i 。

$$A_t(x, y) = \begin{cases} A_t(x, y) + 1 & \text{if } B_{st}^i(x, y) = 1 \\ A_t(x, y) - 1 & \text{if } B_{st}^i(x, y) = 0 \wedge A_t(i, j) > 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} B_{short}^i(x, y) &= \{(x, y) \mid A_t(x, y) < \delta\} \\ B_{long}^i(x, y) &= \{(x, y) \mid A_t(x, y) \geq \delta\} \end{aligned} \quad (12)$$

这里, A_t 是和背景图像维数相同的累加矩阵, 用来计算一段时间内图像像素点变化的次数, 即当 $B_{st}^i(x, y)$ 为 1 时在累加矩阵相应的位置累加 1, 否则减 1。当累加次数超过阈值 δ (根据经验设置) 时, 标识为稳定背景变化区域 B_{long}^i , 否则标识为临时背景变化区域 B_{short}^i 。

3.3 算法流程的控制

为了获得实时背景模型, 图 2 的算法流程图中有四个控制开关 T_0, T_1, T_2, T_3 , 分为 4 个阶段。

1. 初始化时, 关闭 T_0 , 打开 T_1, T_2, T_3 , 使图像序列进入中值滤波器 (Temporal Median Filter), 达到帧数 l 时利用中值法计算出场景的初始稳定背景。

2. 关闭 T_1 , 打开 T_0, T_2, T_3 , 初始稳定背景填充到背景, 进入正常状态。

3. 进入正常状态时, 关闭 T_2 , 打开 T_0, T_1, T_3 , 如果背景变化率超过阈值则进入状态 4, 否则临时背景变化到一定时间, 更新部分稳定背景。

4. 背景变化率超过阈值时关闭 T_2 和 T_3 , 使用当前帧更新中值滤波器中最后一帧图像, 获得稳定背景。

4 仿真实验

仿真实验主要针对引言中提出的 3~5 问题, 即解决背景自动更新问题。

4.1 背景扰动

在实际场景中, 背景中扰动的物体, 如晃动的树叶等, 被认为是临时变化因素, 不应该被分割为运动目标。图 3 所示测试序列, 室外监控环境中由

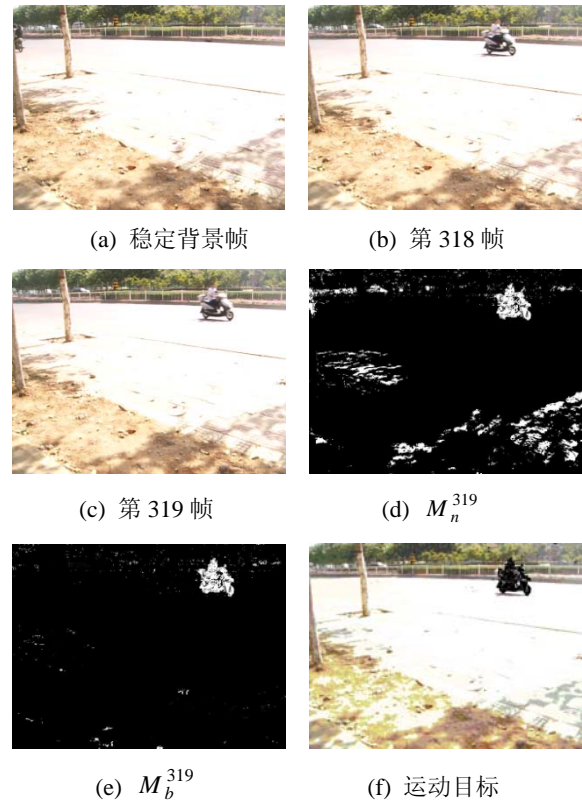


图 3 背景扰动监控视频检测结果

于阳光和风的影响,导致树叶晃动对监控背景产生很大的干扰。为了区分运动目标与噪声干扰,采用背景帧差法和相邻帧差法共同决定运动目标。图 4(a~c)分为稳定背景帧,318 帧和 319 帧。图 4(d-e)分为 319 帧与稳定背景帧差分(M_n^{319}),319 帧与

318 帧差分(M_b^{319}),可见相邻帧差法结果噪声干扰比背景减法少。运动目标掩码根据运动目标在 M_n^{319} 中而不在 M_b^{319} 中获得。图 4(f)为根据运动目标掩码识别运动目标。

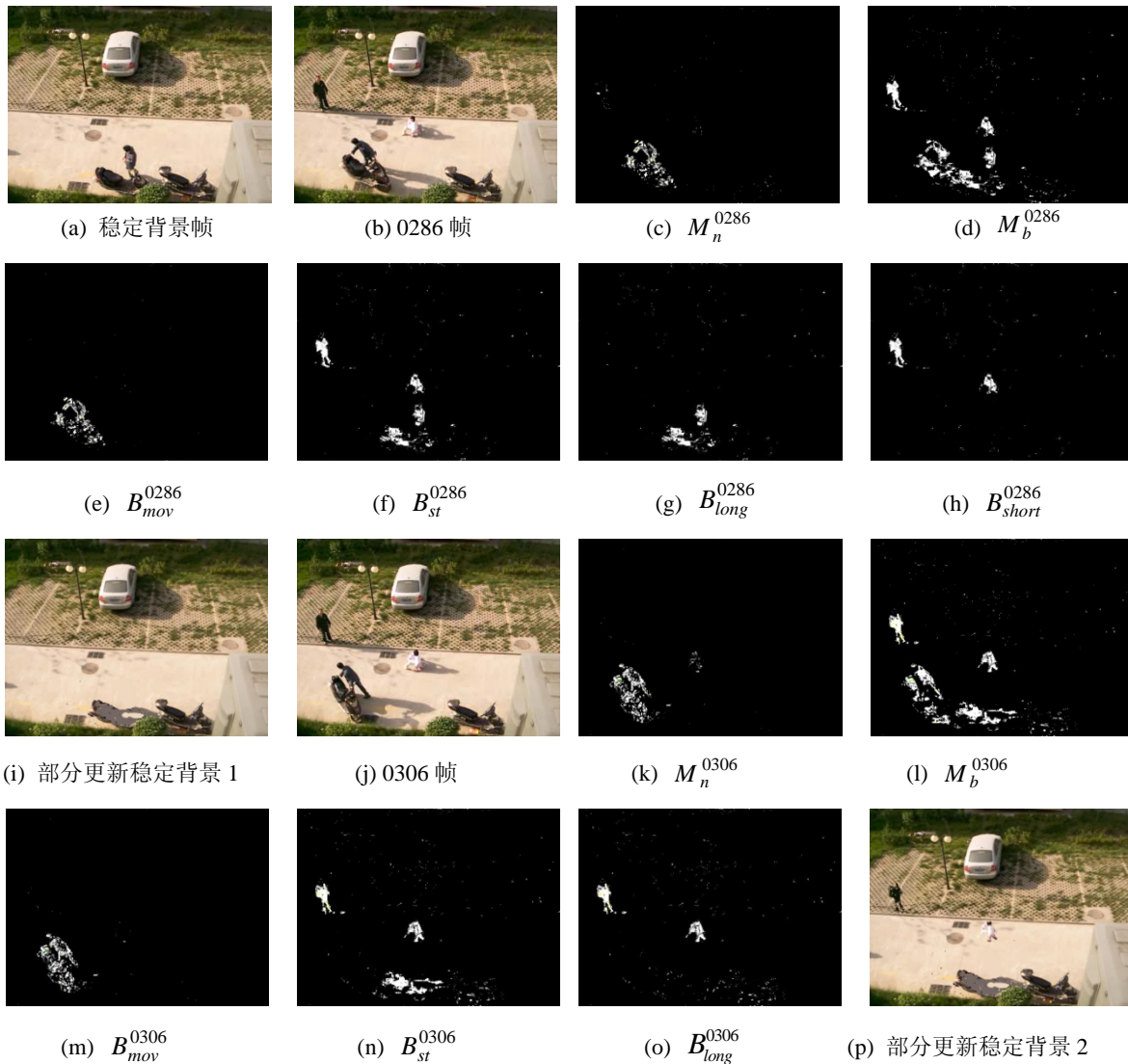


图 4 背景部分更新视频检测结果

4.2 运动目标停留和静止目标运动

当背景中运动物体停留或静止物体运动时,背景和目标都发生变化,因此需要根据情况自动更新背景。当背景中运动目标停留超过所设阈值,并且停留的运动目标在背景图像中所占比例较小时使用临时背景部分更新稳定背景图像。若静止物体开

始运动并超过所设阈值且静止物体所占比例较小时也使用临时背景部分更新稳定背景图像。图 4 所示测试序列,稳定背景中电动自行车和人为静止状态,0286 帧中人推电动自行车持续进行运动,与此同时另两人进入场景并且开始静止。因为人推电动自行车已经运动一段时间,所以更新稳定背景

帧。另两人进入场景后静止, 将其保存为临时背景, 当在第 306 帧时, 这两人还是静止状态才将其更新稳定背景。

4.3 环境整体变化

监控场景中, 背景经常大面积发生变化, 如光线的改变等。由于光线改变, 使图像的亮度值发生改变, 从而使运动目标和背景对比发生显著的变化, 导致把光线引起的亮度值变化误认为是运动目标。

当监控场景中背景变化时, 判断背景变化率, 若背景变化率大于所设阈值时使用中值滤波法更新稳定背景。

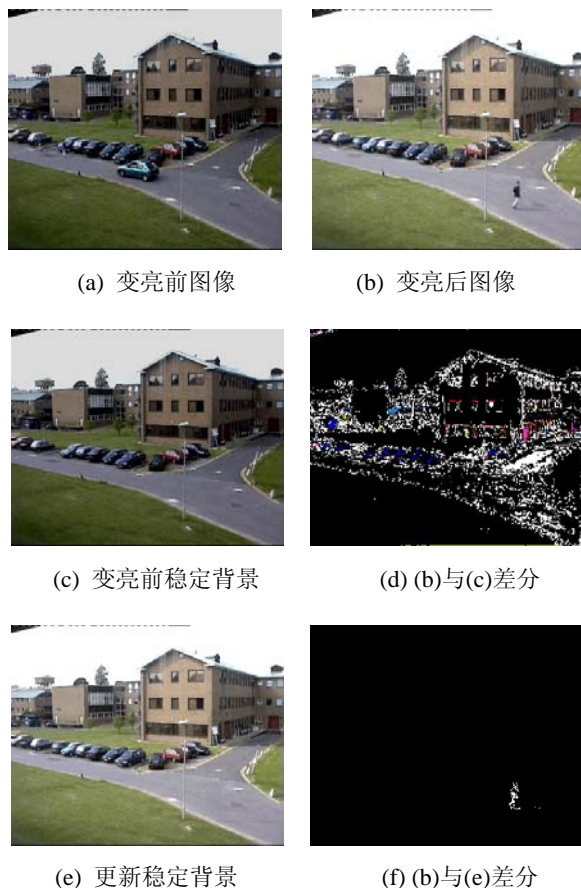


图 5 室外 PetsD2TeC2 视频检测结果

图 5 所示, 云遮挡太阳时, 监控场景长时间较暗, 若云未遮挡太阳, 场景明显变亮。(a)和(b)分别是光线改变前后两帧的图像; (c)是光线改变前的稳定背景; (d)是变亮后的图像与变亮前的稳定

背景差分结果; 由于(d)的背景变化率较大, 及时更新稳定背景图像为(e); (f)是利用更新后背景图像获得的目标。

5 系统评价

本系统主要从定点摄像机拍摄的各种视频中提取运动目标。测试视频包括室内(Lab 标准测试视频, 320×240)、室外小区监控(640×480)、道路交通监控(640×480)等。

本算法在 Visual C++编程环境, 奔腾双核 2.5 GHz CPU 和 2 G 内存上实现。本文采用视频(640×480)进行测试时, 背景变化不大状态下算法的时间成本大约为每帧 80 ms; 背景变化较大状态下算法时间成本增加为 90~100 ms。比较适合于近实时运动目标检测。

为了判断运动目标是否完整识别, 除了文献[8]中使用的检出率(DR)和误报率(FAR)之外, 增加了运动目标识别完整度。

$$\text{完整度(Integrity)} = \frac{\text{运动目标检出面积}}{\text{实际运动目标面积}} \quad (13)$$

使用本算法和文献[8]算法共同对 3 个视频进行测试, 测试结果如表 1 所示。

表 1 算法效果比较

	本算法		文献[8]算法	
	DR(%)	FAR(%)	Integrity(%)	Integrity(%)
lab 视频	99.48	1.06	97.68	58.62
小区监控视频	98.70	0.54	99.02	97.41
道路交通视频	98.44	0.69	98.42	112.34

由表 1 可知, 使用本算法可以获得较好的运动目标完整度, 并且检出率较高, 误报率较低。文献 8 算法得到的图像完整度差别比较大是因为该算法是把图像做灰度处理, 若运动目标颜色与背景相类似则无法检出从而导致完整度远低于 100%; 另外, 也没有去除阴影部分导致完整度超过 100%。

6 结论和展望

本文给出一种基于 HSV 颜色空间的运动目标检测算法。为了解决运动目标与背景颜色类似导致

的空洞问题、运动目标阴影问题, 提出基于 HSV 颜色空间的运动目标检测算子, 并获得运动目标。为了处理场景的各种变化, 采用了双背景自动更新算法。(1) 获得稳定背景; (2) HSV 颜色空间中, 当前帧与稳定背景以及当前帧与前一帧进行差分运算, 两个差分结果进行与或运算得到运动目标掩码; (3) 使用背景变化率监控全局变化程度; (4) 使用累积矩阵计算时间变化, 若是稳定变化则部分更新稳定背景。

实验结果表明, 本文采用的背景更新算法能及时更新背景以适应场景的变化, 并且本文提出的运动目标检测算法是一种有效的运动目标检测算法。但是, 本实验也有一些不足的地方, 例如若运动目标具有一定的透光性(像婚纱), 本文算法不能准确检测出运动目标。

参考文献:

- [1] A Elgammal, R Duraiswami, D Harwood, *et al.* Background and Foreground Modeling using Nonparametric Kernel Density Estimation for Visual Surveillance [J]. Proceedings of The IEEE (S0018-9219), 2002, 90(7): 1151-1163.
- [2] S Radke, R J, B Al-Kofahi, *et al.* Image Change Detection Algorithms: A Systematic Survey [J]. IEEE Transactions on Image Processing (S1057-7149), 2005, 14(3): 294-307.
- [3] 李广伦, 爻伟群. 视频监控系统中运动目标的实时检测[J]. 计算机工程, 2009, 35(17): 217-218.
- [4] 周文玲, 全红艳, 郭义江. 智能监控系统中的运动目标检测算法 [J]. 计算机工程, 2010, 36(22): 231-232.
- [5] L Li, W Huang, I Y H Gu, Q Tian. Statistical Modeling of Complex Backgrounds for Foreground Object Detection [J]. IEEE Transactions on Image Processing (S1057-7149), 2004, 13(11): 1459-1472.
- [6] Warren Longa, Yee-Hong Yang. Stationary Background Generation: An Alternative to the Difference of Two Images [J]. Pattern Recognition (S0031-3203), 1990, 23(12): 1351-1359.
- [7] Gloyer B, Aghajan HK, Siu KY. Video-Based Freeway Monitoring System using Recursive Vehicle Tracking [C]// Proc. of the IS& T-SPIE Symp. on Electronic Imaging: Image and Video Processing (S10.1117). R.L. Stevenson, S.A. Rajala: SPIE, 1995, 2421: 173-180.
- [8] Elias Herrero-Jaraba, Carloorrite-Urunuela. Detected Motion Classification with a Double-background and a Neighborhood-based Difference [J]. Pattern Recognition Letters (S0167-8655), 2003, 24 (12): 2079-2092.
- [9] Dhome, Yoann. Device for Updating a Photometric Model: America US2012/0314906A1 [P]. 2012.
- [10] 强振平, 刘辉, 尚振宏, 等. 改进的基于统计模型的前景检测方法 [J]. 计算机应用, 2013, 33(6): 1682-1685, 1694.
- [11] 冯华文, 龚声蓉, 刘纯平. 基于改进高斯混合模型的前景检测 [J]. 计算机应用, 2011, 37(19): 179-182.
- [12] 陈雷, 张荣国, 胡静, 等. 改进的混合高斯模型及阴影消除方法 [J]. 计算机应用, 2013, 33(5): 1394-1397, 1400.
- [13] 刘辉, 谢天文. 基于 PCA 与 HIS 模型的高分辨率遥感影像阴影检测研究 [J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(1): 78-84.
- [14] Kinjal A Joshi, Darshak, G Thakore. A Survey on Moving Object Detection and Tracking in Video Surveillance System [J]. IJSCE (S2231-2307), 2012, 2(3): 44-48.
- [15] Mario I, Chacon-Murguia, Sergio Gonzalez-Duarte. An Adaptive Neural-fuzzy Approach for Object Detection in Dynamic Backgrounds for Surveillance Systems [J]. IEEE Trans. Ind. Electron (S0278-0046), 2012, 59(8): 3286-3298.
- [16] Keerthana N, Ravichandran K S, Santhi B. Detecting the Moving Object in Dynamic Backgrounds by using Fuzzy-Extreme Learning Machine [J]. International Journal of Engineering & Technology (S0975-4024). 2013, 5(2): 749-754.
- [17] 李建勋, 童中翔, 刘彦. 单幅图像阴影去除方法 [J]. 哈尔滨工程大学学报, 2013, 34(5): 628-634.
- [18] 刘永信, 侯朝桢, 魏平. 视频图像中运动目标检测的快速方法 [J]. 计算机工程与应用, 2002, 23(5): 163-166.
- [19] Hao Shen, Shuxiao Li, Chengfei Zhu, *et al.* Moving Object Detection in Aerial Video based on Spatiotemporal Saliency [J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2013, 26(5): 1211-1217.