

# 基于 OpenCV 的运动目标检测技术\*

程 哲<sup>1,2</sup>, 陈和平<sup>1</sup>

(1. 武汉科技大学 信息科学与工程学院, 武汉 430081; 2. 中国科学技术大学 软件学院, 江苏 苏州 215123)

**摘要:**研究了基于混合高斯模型的运动目标检测技术,在分析了混合高斯模型的基本原理的基础上,使用了一种改进的混合高斯模型更新算法.在 Visual C++ 6.0 中利用 OpenCV 完成了相关算法,成功地提取出了运动目标和实验场景的背景,验证了该改进的混合高斯模型更新算法的可行性.

**关键词:**运动目标检测;混合高斯模型;OpenCV

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2009)11-0001-03

在智能视频监控系统中,对包含运动目标的图像序列进行的分析处理主要由目标检测、目标跟踪、目标识别和目标行为理解4部分组成.目标检测技术处于整个视觉监控系统的最底层.实际系统的监控场景往往错综复杂,如何准确地、实时地实现对运动目标的检测是进行各种后续处理的基础.常用的运动目标检测方法主要有3种:帧差法<sup>[1]</sup>、光流法<sup>[2]</sup>和背景差法<sup>[3]</sup>.针对静止摄像机的情况,本文中选用背景差法,并利用 OpenCV 来实现运动目标检测技术.

## 1 混合高斯模型

背景差法真正的难点在于寻找理想的背景模型. Stauffer<sup>[4]</sup>提出的混合高斯模型是一种使用性很高并且能够自适应地表达背景的经典方案.混合高斯模型对复杂背景有着较强的抗干扰能力,具有良好的鲁棒性.

### 1.1 模型建立

设描述每一个像素点上最近的历史变化 $\{X_1, \dots, X_t\}$ ,则当前观测点的概率

$$P(X_t) = \sum_{k=1}^N \alpha_k(t) G_k(X_t) \quad (1)$$

其中:  $\alpha_k(t)$  是  $t$  时刻第  $k$  个模型的权重,反映了第  $k$  个模型在最近时段内在模型里出现的概率,同时有  $\sum_{k=1}^N \alpha_k(t) = 1$ ;  $N$  是高斯模型的个数,本文中  $N$  取 5;  $G_k(X_t)$  是  $t$  时刻的第  $k$  个高斯分布函数,其均值为  $\mu_k(X_t)$ ,协方差矩阵为

$\Sigma_{k,t}$ . 各高斯模型具有不同的权值  $\alpha_k(t)$  和优先级  $p_k(t) = \frac{1}{\alpha_k(t) \|\Sigma_{k,t}\|^{-\frac{1}{2}}}$ ,并按照优先级从高到低的次序排列.

### 1.2 模型更新

背景模型的更新策略是背景模型设计中最关键的技术之一.在模型更新时应当注意以下2条原则<sup>[5]</sup>:背景模型对背景变化的响应速度要足够快;背景模型对运动目标要有较强的抗干扰能力.

混合高斯模型的更新包括各高斯分布函数参数的更新和各模型权重的更新,并根据优先级将各模型进行排序. Stauffer 采用固定的更新率来更新各高斯分布函数的参数和各模型的权重,但这样会降低对运动目标检测的灵敏度,或使本来静止的目标在发生运动时产生拖影.为解决这一问题,本文中采用了2种不同的更新率算法.设:  $M$  为当前已经处理完的帧数;  $L$  为预先设置的阈值.本文中  $L$  取 200,则该算法可以表示如下:

1) 当  $M < L$  时:

$$\left\{ \begin{aligned} &= \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^K ms_k + 1} \\ \alpha_k(t) &= \alpha_k(t-1) + (m_k - \alpha_k(t-1)) \\ &= \frac{m_k}{ms_k} \\ \mu_k(X_t) &= \mu_k(X_{t-1}) + (I(X_t) - \mu_k(X_{t-1})) \\ \Sigma_{k,t} &= \Sigma_{k,t-1} + ((I(X_t) - \mu_k(X_{t-1})) \cdot (I(X_t) - \mu_k(X_{t-1}))^T - \Sigma_{k,t-1}) \end{aligned} \right. \quad (2)$$

\* 收稿日期:2009-09-20

作者简介:程哲(1986—),男,湖北武穴人,中国科学技术大学硕士研究生,主要从事软件系统设计研究;陈和平(1956—),男,湖北武汉人,教授,博士生导师,主要从事计算机网络与数据库应用技术研究.

$$\begin{cases}
 2) \text{ 当 } M = L \text{ 时:} \\
 = \frac{1}{L} \\
 \mu_k(t) = \mu_k(t-1) + \frac{m_k}{L} (I(X_t) - \mu_k(X_{t-1})) \\
 = \frac{m_k}{L} \cdot \mu_k(t) \\
 \mu_k(X_t) = \mu_k(X_{t-1}) + \frac{1}{L} (I(X_t) - \mu_k(X_{t-1})) \\
 \sigma_{k,t} = \sigma_{k,t-1} + \frac{1}{L} ((I(X_t) - \mu_k(X_{t-1}))^2 - \sigma_{k,t-1})
 \end{cases} \quad (3)$$

在式(2)和式(3)中,当 $X_t$ 与第 $k$ 个高斯模型匹配时, $m_k$ 为1,否则为0。 $m_k$ 表示像素与第 $k$ 个高斯模型匹配的总数。本文中所采用的混合高斯模型更新算法很好地体现了每个高斯模型的学习率,可以使混合高斯模型更快地收敛,也更好地适应了环境的变化,符合模型更新时应注意的2条原则,且有利于后面阶段背景提取与前景分割的进行。

### 1.3 背景提取与前景分割

Stauffer提出的一种背景提取和前景分割算法<sup>[4]</sup>,其基本思想是取适当的背景权值部分和阈值,只有在此阈值之内的前若干个模型才被认为是背景分布模型,其余则是前景分布模型。该算法可表示为

$$B = \operatorname{argmin}_b \left( \sum_{k=1}^b \mu_k > T \right) \quad (4)$$

其中: $B$ 为判定为背景分布的高斯模型的个数; $T$ 为阈值。余下的分布模型则被认为是前景。

### 1.4 前景图像的后续处理

直接检测出的前景图像中不仅包括运动目标,还有噪声斑点,同时还可能存在目标不完整的现象,因此还需要对初步检测出的结果进行后续处理,以得到干净、完整的目标区域。数学形态学的应用可以简化图像数据,除去不相干的结构,同时保持它们基本的形状特征。数学形态学的最基本运算是腐蚀和膨胀。先对图像进行腐蚀,然后膨胀其结果,称为开操作,它具有消除细小物体,平滑较大物体边界的作用。如果噪声斑点比结构元素大,使用数学形态学就无法滤除这类噪声,但使用连通检验的方法可以在一定程度上解决这一问题。连通性分析的依据是座标间的相互关系,一般需要分成2步进行<sup>[6-7]</sup>:行内分析和行间判别。在连通性分析完成后,接下来就是去除这些孤立噪声。孤立点噪声的判别方法是:当某一窗口的左上角坐标和右下角坐标相等时,则该窗口为孤立点窗口。

## 2 OpenCV 实现

OpenCV(open source computer vision library)是一套可免费获得的由一些C函数和C++类所组成的库,用来实现一些常用的图像处理及计算机视觉算法。由于OpenCV的源代码完全开放,这样研究人员就可以仔细地阅读很多关键算法的源代码来理解图像处理中算法的原理及整个实现过程。本文中选用OpenCV作为实现运动目标检测技术的软

件开发工具。

本文将整个目标检测过程分为混合高斯模型初始化模块、混合高斯模型更新模块、背景提取与前景分割模块和前景图像后续处理模块。运动目标检测系统的功能模块如图1所示。此外本文中实现了一个具有简单跟踪功能的模块。

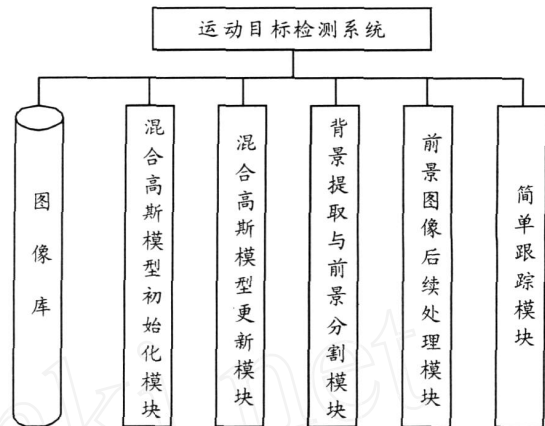


图1 运动目标检测系统的功能模块

1) 混合高斯模型初始化模块。该模块根据读入的第1帧图像和输入的初始化模型参数来初始化混合高斯模型,如果输入的初始化参数为空,则使用默认参数对混合高斯模型初始化。

2) 混合高斯模型更新模块。该模块的功能是动态地更新混合高斯模型参数,即高斯函数分布的均值和方差以及模型的权重。

3) 背景提取与前景分割模块。该模块的功能是从混合高斯模型中将背景图像提取出来,并将前景图像分割出来。

4) 前景图像后续处理模块。该模块的功能是对前景图像使用数学形态学滤波以及连通性分析,以滤除前景噪声获得更好的前景图像效果。

5) 简单跟踪模块。该模块的功能是对前景图像进行检测,若无目标则不做任何动作;反之依运动目标轮廓画一矩形框,从而呈现出跟踪的效果。

## 3 实验结果及分析

本文中实验的主要硬件环境为: Intel Core(TM)2 Duo CPU(2.00GHz), DDR-2.00G内存, Nvidia Geforce 9600GS显卡,图像采集设备选择了常用的USB接口的摄像头,视频图像帧的大小为320×240,处理速度为12帧/s。

如图2所示:第1行显示的是第20帧的结果;在第20帧时,移走杯子;第2行显示的是第220帧的结果;第3行显示的是第250帧的结果;第4行显示的是第450帧的结果。

从第1行可以看到只用了20帧,就能正确地显示当前场景的背景,说明背景模型建立地相当快。当杯子在第20帧被移走后,第220帧的前景检测图像显示的是移走杯子

后留下的“空洞”,这时就应当及时更新背景模型以消除“空洞”,从而适应当前无杯子的场景.到第 250 帧的时候,前景检测图像上因移走杯子所留下的“空洞”已经消失,虽然此时背景估计图像上还存在“杯子”,但已经不影响前景检测结果的正确性.到第 450 帧的时候,背景估计图像上的“杯子”也消失了.图 2 表明该改进的混合高斯模型更新算法符合本文中 1.2 节中的第 1 条原则.

图 3 a) 的视频图像序列中有一旋转的电扇,按照常规概念,旋转的电扇属于运动目标,但是在这里,电扇不是我们感兴趣的目標,因此要将旋转的电扇也视为该场景中的背景.实验结果显示,基于混合高斯模型的算法能够有效地提取出复杂场景中的前景目标,如图 3 c) 所示.图 3 表明该改进的混合高斯模型更新算法符合本文中 1.2 节中的第 2 条原则.

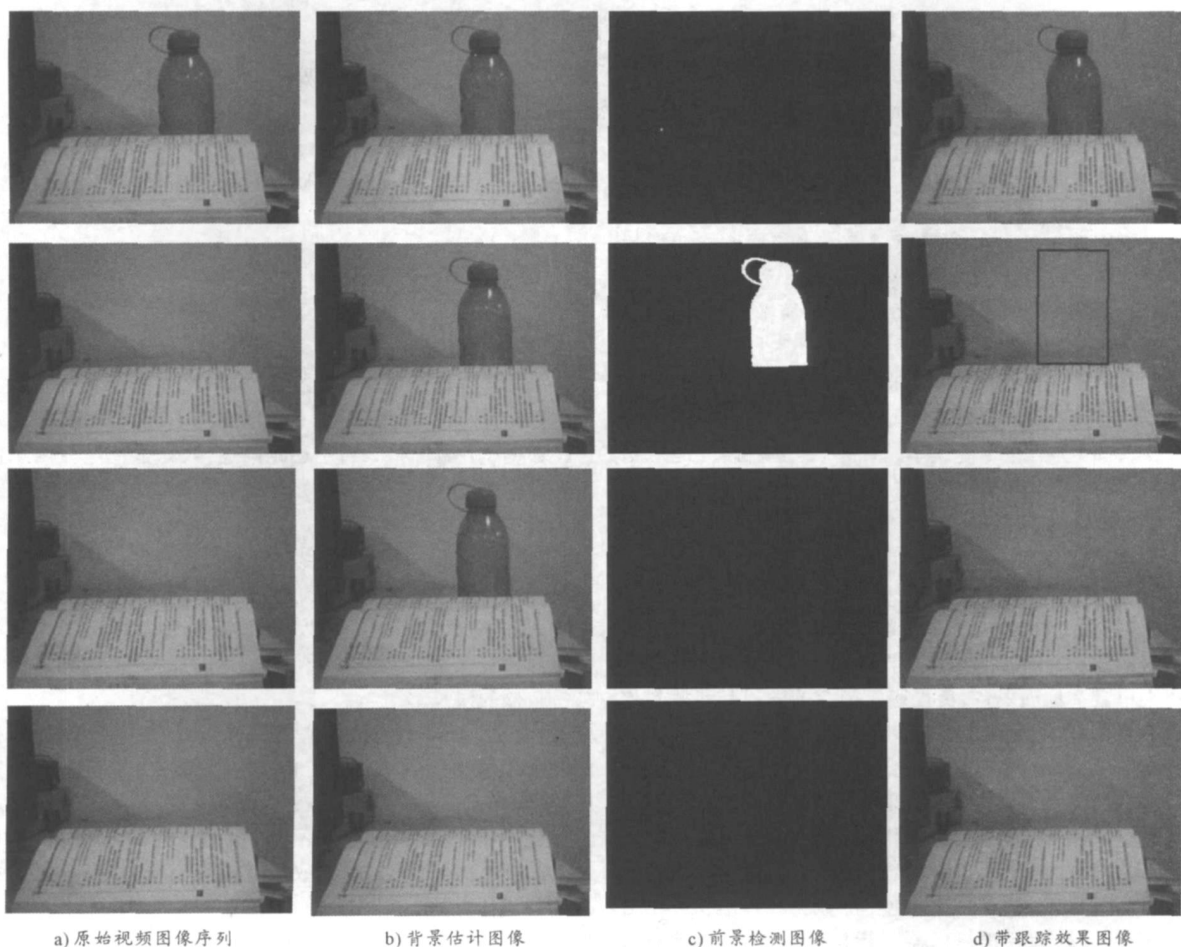


图 2 物体移出后混合高斯模型更新的过程

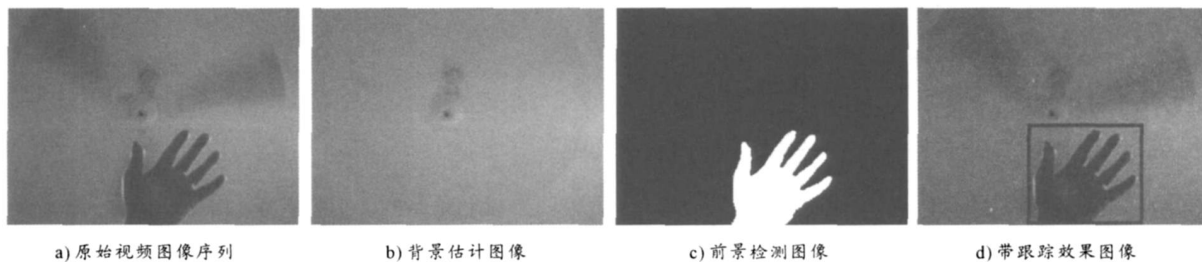


图 3 复杂背景场景下的运动目标检测实验结果

#### 4 结束语

本文中在 Visual C++ 6.0 中利用 OpenCV 实现了运动目

标检测技术中的相关算法.通过读取从静止摄像头所捕获的视频图像序列,成功提取出了估计背景图像和前景检测图像.相比原始的混合高斯模型,改进的更新算法体现出了良好的鲁棒性,具有一定的实际应用价值.(下转第 6 页)

表明一帧有效数据开始,然后程序根据帧长度判断一帧的结束,并对数据帧进行校验.如果校验错误则放弃该帧,如果校验正确则识别帧的种类;如果是来自指挥中心的帧则直接对命令进行显示,如果来自机上则首先将该帧发给指挥中心;然后对数据进行存储和显示,并对图像进行更新,之后程序等待下一帧的到来.监控程序的界面如图3所示.

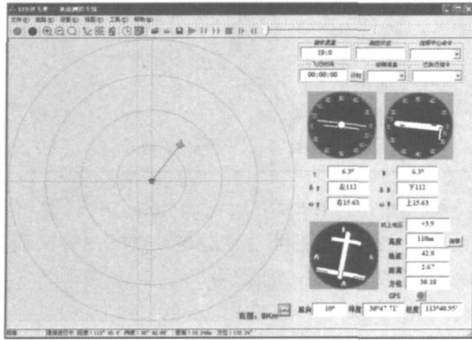


图3 监控程序界面

## 4 结束语

无人机数据链系统是实施无人机飞行管理的核心,也是保证无人机安全飞行与回收的关键.通过设计的无人机数据链系统,可实现对无人机的实时操控,并为地面操纵人员对无人机的实时监控提供了数据,具有良好的应用价值和前景,目前该系统已在某型无人机上应用.

## 参考文献:

- [1] 王强,杨胜荣,贾致红.某型无人机飞行控制系统[J].四川兵工学报,2009(2):82-86.
- [2] 司万兵,赵新国,杨志强.基于C<sup>4</sup>ISR系统的数据链技术[J].兵工自动化,2008(11):15-17.
- [3] 李芸.小型无人机空地数据链系统的应用研究[J].微处理机,2006(3):87-89.
- [4] 仵敏娟.无人机数据链的关键技术研究[D].西安:西北工业大学,2007.

(上接第3页)

## 参考文献:

- [1] 李乃安,欧阳宁,党明.实时目标检测与跟踪系统的设计与实现[J].激光与红外,2008,38(1):88-91.
- [2] Horn Schunk. Determining Optical Flow[J]. Computer Vision, 1981, 17:185-203.
- [3] Serr-Ching, Cheung S, Chandrika Kamath. Robust techniques for background subtraction in urban traffic video [C]//Proceedings of Electronic Imaging 2004. Visual Communications and Image Processing. San Jose. : [s. n.]:2004:881-892.
- [4] Stauffer C, Gimson W. Adaptive background mixture models for real-time tracking [C]//Computer Vision and Pattern Recognition CO. USA:[s. n.],1999:246-250.
- [5] 刘亚,艾海舟,徐光佑.一种基于背景模型的运动目标检测与跟踪算法[J].信息与控制,2002,4(31):315-319.
- [6] 魏仲慧,何昕,郝志航.多目标的实时性连通性分析方法[J].光学精密工程,1995,3(4):23-25.
- [7] 张丙军,何红,张冲.分布式多传感器多目标航迹关联处理算法研究[J].兵工自动化,2008,27(12):24-26.