

一种应用于智能视频监控钢管生产的目标检测方法^①

张迪¹ 李伟² 舒文¹ (1.西南交通大学 信息科学与技术学院 四川 成都 610031;
2.西南交通大学 电气工程学院 四川 成都 610031)

摘要: 智能视频监控生产过程是工业自动化的一个发展方向。为了高效、可靠地监控钢管生产,根据钢管生产的特殊情况设计了一种使用静态背景库,并且根据运动相对性原理把生产线的运动也纳入静态背景,自适应更新背景库,使用背景差分来提取运动目标的检测方法。实验证明,该方法具有占用资源较少、具有较高的可靠性的特点。

关键词: 智能视频监控; 目标检测; 生产自动化

Method of Extracting Moving Target for Intelligent Video in Monitoring the Production of Steel Pipes

ZHANG Di¹, LI Wei², SHU Wen¹

(1.School of Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2.School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Intelligent video surveillance is a development trend of Industrial Automation. In order to monitor steel pipe production efficiently and independent, this paper proposes a new method to extract moving target. The new method considers the movement of product line as static background based on the theory of Relative Motion. With static background library, it can update background adaptively and extract moving target according to background difference. It is proved that the new method uses less resources and has high reliability

Keywords: intelligent video surveillance; identify moving target; automation

随着信息科学与技术的飞速发展。大量的视频监控开始应用于人们的生活和工作。提取视频帧序列中运动目标是智能视频处理的基础,其结果直接影响到后续识别、跟踪的效果。从而决定整个视频监控系统的效能。所以运动目标检测是智能视频监控中的关键技术之一。在智能视频监控领域内用来提取视频帧序列中运动目标主要有两种做法,相邻帧差分 and 背景差分^[1]。相邻帧差分大致流程为先相邻帧差分 $|I_t(x,y) - I_{t-1}(x,y)| > T_d$,然后连通性分析,形态学滤波,然后检测提取出运动目标。该方法对外部条

件变化有较好的适应能力,对前景信息的提取不完全,对大目标和颜色一致的目标检测,其内部将产生空洞现象。对于高速运动的物体可能把同一个目标误检为两个目标^[2]。背景差分的大致流程为先建立背景模型,然后当前帧与背景差分 $|I_t(x,y) - B(x,y)| > T_d$,检测提取出运动目标。该方法目标检测准确性高,但是对环境变化的适应能力取决于背景模型建立方法。工业生产监控的可靠性要求最高,相邻帧差分有如上所述的缺点,所以不适合做钢管生产的监控方法。所以采用背景差分的方法,背景差分的关键技术是背景模型的建立。

^① 基金项目:国家自然科学基金(60572143)

收稿时间:2009-09-27;收到修改稿时间:2009-11-18

1 背景差分的方法简介

1.1 中\均值滤波(median\average filtering)

中值滤波和均值滤波是两种思想类似的方法。使用滑动窗口来缓存 L 帧视频序列, 计算缓存中同一位置像素点的中值\均值来作为背景该像素点的取值。

$$B(x, y) = \text{med}(I_t(x, y) \cdots I_{t-L+1}(x, y))$$

$$B(x, y) = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^{L-1} I_{t-i}(x, y)$$

这两种做法中 L 的值都要大于像素在前景帧中帧数的两倍, 也即如果是针对大而慢的目标就需要很大的 L , 否则可能出现空洞现象^[3]。另外, 这两种方法都只适用与背景像素分布是单模态的。

1.2 线性预测的方法(Linear Predictive)

这种方法根据历史数据值, 使用 Winner 或者 Kalman 滤波器预测下一帧的背景图像, 来实现背景的更新。Winner 滤波器每一帧都要根据采样协方差来估计预测系数, 实时性很差。卡尔曼滤波器把背景序列值看作高斯信号, 所以只能处理背景序列符合高斯分布的情况。

1.3 混合高斯法(mixture of Gauss)

混合高斯法是单高斯法的改进, 对多模态情形使用多个高斯模型来混合建模^[4]。设像素密度 $f(I_t = k)$ 由 L 个高斯分布混合建模, L 的取值由监控系统的性能和监控需求决定。有

$$f(I_t = k) = \sum_{i=0}^{L-1} w_i \cdot \alpha_i(k, u_i, \sigma_i)$$

w_i 是该高斯模型的权重, $\alpha_i(k, u_i, \sigma_i)$ 表示 t 时刻第 i 个高斯模型。混合高斯模型复杂度大, 系数难调。同时对于大而慢的目标检测效果也不好^[5]。

1.4 小结

其它的背景差分的方法比如非参数模型方法、隐马尔科夫模型方法、本征方法、基于均值替换的估计方法、码本方法等等。实验证明如果参数选择适当混合高斯模型的准确度最高, 其次是中值滤波方法。综合运算复杂度和性能, 中值滤波最好^[6]。

2 本文方法

2.1 引言

本文把本文的方法和均值滤波方法作为比较。

中值滤波方法在钢管生产监控中使用存在以下的

问题。钢管是监控的目标, 但是在生产线上, 传动装置也是运动的。中值滤波以及常用的滤波方法只能检测出所有的运动。其它的运动干扰检测钢管目标。由于生产车间是室内环境, 所以背景变化不复杂。对于特定的监控点其监控范围内除去生产线其余全是不变的。变化就只有两个因素确定, 一是生产线的运动。二是生产环境亮度的改变。再则, 工业生产监控要求很高的可靠性。

2.2 方法详述

2.2.1 背景库

对于生产线传动装置的运动, 可以把生产线考虑成背景。生产线在运动, 而背景静止。把这两者容为一起, 根据相对运动规律, 让背景 $B(x, y)$ 与生产线 $P(x, y)$ 以同一速率 V 更新就可以做到相对静止。同一监控点生产线的运动具有周期性 $S_{t+T}(x, y) = S_t(x, y)$ 。所以考虑一个周期的生产线运动即可。

对于生产环境亮度的变化, 由于是室内环境, 虽然亮度变化对视频序列的影响不同, 对一帧视频的影响程度也不一样, 但是亮度对每一像素点的影响在一个比较固定的范围内波动。

据上述讨论为基础, 建立一个背景库。由于生产线运动的周期性和环境变化的固定性所以可以建立高效的背景库。背景库中的像素点分为两类。一类为位于生产线外的点, 这种点的值 $y = f(i)$, i 为亮度, 即 OUT 类点。另一类为位于生产线内点的值 $y = f(i, s)$, i 为亮度, s 为状态, 即 INT 类点。通过对初始视频的第一次学习, 可以区分出这两类点。背景库的数据结构为一个与视频帧大小相同的矩阵, 矩阵元素为指针。对于第一类点 $I(x, y) = \text{NULL}$, 第二类点为指向一个数组的指针。通过对初始视频的第二学习, 对第二类点指向的数组初始化。数组的长度为 $3L$, L 的取值与 S 正相关, 亮度 i 对像素点的影响极差设为 7 级, 故 $L = 7S$ 。背景库为了能够提取精准的背景, 直接使用 RGB 值。所以 $L * 3$ 。在第二次学习的过程中建立亮度对像素点影响的 7 级极差缺乏足够的信息。所以这部分在生产监控中动态的更新, 以保证背景和当前环境背景始终是一致的。

背景库与当前环境背景的同步。把生产线纳入背景, 所以环境背景也具有周期性。背景库与当前环境背景同步也就是背景像素点取值变化即在储存数组中的移动与当前帧变化的趋势一致。

亮度 i 对于像素点的影响 7 等级的建立过程在监控过程中建立，并动态更新。7 个等级在数组中按大小排序。从 1 到 7 依次递增。更新的方法流程图如下：

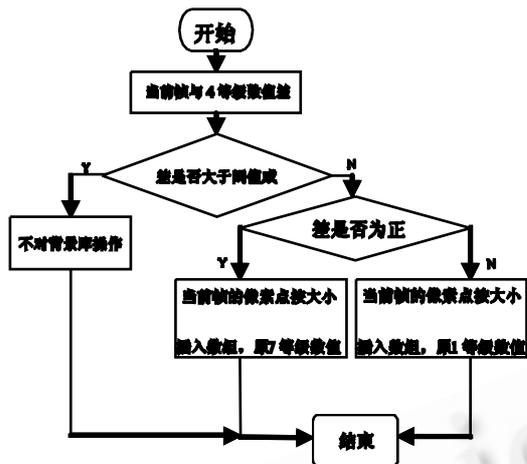


图 1 背景库更新流程图

2.2.2 检测运动目标

在监控生产的过程中检测目标。当前帧与背景帧作比较，对于背景库 OUT 类点，将该点对应像素点的 RGB 值直接设为 (0, 0, 0)。对于背景库中 INT 类点，将其与背景库中 S_i 下的 4 等级值作差。如果差小于阈值，则为背景。大于阈值且 s_{i-1} 、 s_{i+1} 都大于阈值则为运动目标。如 s_{i-1} 、 s_{i+1} 中有一个或全部小于阈值，将标志位置 1。全帧处理完成。如果所有像素的标志位之和小于 INT 点数的 1/4，继续同样的方法处理下一帧视频。否则，是伪同步，调用伪同步处理模块。

2.2.3 同步与伪同步

本文方法需要背景库与当前监控视频同步，同步的方法如下：当前监控的状态为 S_i ， $\min(S_i - B_1, \dots, S_i - B_N)$ 遍历背景库状态得到 B_j 。 S_i 的下一个状态 S_{i+1} ， $\min(S_{i+1} - B_1, \dots, S_{i+1} - B_N)$ 遍历背景状态得到 B_k 。如果 $k=j+1$ ，则同步，否则设 $i+1=l$ ，重复上述工程。如果出现伪同步状态，则保存当前视频帧到从新同步完成后的视频帧和再次同步需要的缓冲视频帧。该过程含两个时间段 t_1 ， t_2 。 t_1 阶段重新同步， t_2 阶段处理保存在内存中的从伪同步开始后的视频帧。 t_2 阶段的结束以伪同步模块处理的帧与当前视频帧一致时结束。

3 实验验证

实验平台为 Intel Pentium 4 CPU 2.66GHz,

1.49GB 内存的微机，软件环境为 VS2005。从攀枝花钢铁股份有限公司下辖的钢管生产车间的视频监控中截取了不同生产阶段的多段视频来作为本次实验的实验视频。

本次试验的实验项有，误检率、漏检率，系统资源占用率。

误检率：本来是背景的像素点被检测为运动的像素与一帧总像素的比值。F 为运动像素集，B 为背景像素集。

$$P(w) = P(x \subseteq F | x \subseteq B)$$

漏检率：本来是运动的像素点被检测为背景的像素与一帧总像素的比值。

$$P(w) = P(x \subseteq B | x \subseteq F)$$

系统资源占有率为 CPU 运行 100 帧花费的时间和物理内存占用的数量。

实验一：

使用室内光线稳定，没有其他物体或人员干扰的监控视频。并以人工检测过的视频序列为标准。在人工分割前景和背景的时候，对于背景与目标的边缘取中线法则分割。在下列图表的数据中 Y 轴的单位为千分之一，X 轴单位为帧。10 帧计算一次。

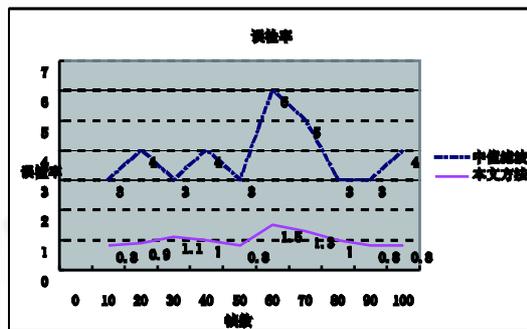


图 2 实验一的误检率

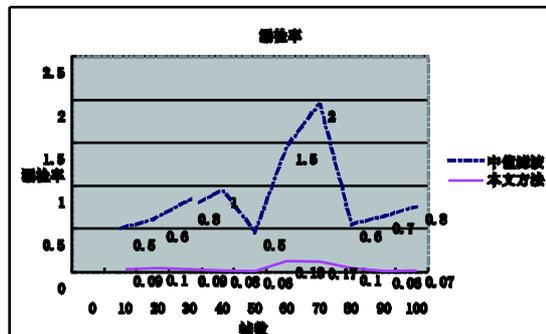


图 3 实验一的漏检率

系统资源占有率为

中值滤波:

CPU 运行 100 帧耗时 2205ms,物理内存占用主要为 L 滑动窗口数量与每一帧占用内存之积。利用 Window 任务管理器测出内存占用为 39MB。

本文方法:

CPU CPU 运行 100 帧耗时 1823ms,利用 Window 任务管理器测出内存占用为 31MB。

实验二:

使用室内光线不稳定,有水蒸气分布。并以人工检测过的视频序列为标准。在人工分割前景和背景的时候,对于背景与目标的边缘取中线法则分割。

系统资源占有率为与实验一相同。

4 实验分析

在室内光线亮度稳定和少干扰的情况下,两种方法的表现虽都稳定,本文的方法更胜一筹。两种方法的误检率都比漏检率高。在光线亮度不稳定和出现干扰的境况下,中值滤波方法的性能显著变坏,本文方法虽有下降。但是误检率和漏检率依然很低,在可接受的方位内。同时本文方法不需要占用中值滤波那么多的内存,在处理过程中只需要少量的排序等运算,能节约大量的 CPU 时间。但是也必须指出的是本文方法需要先对背景库初始化与同步,这也带来了不便。对于钢管生产等类似的生产监控而言,高可靠性是最关键的指标。本文方法的可靠性较高。

参考文献

- 1 Arseneau S, Cooperstock J. Real-time image segmentation for action recognition. In: Proc IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing, Victoria, Canada. 1999. 86-89.
- 2 吕国亮,赵曙光,赵俊.基于三帧差分法和连通性检验的图像运动目标检测新方法.液晶与显示, 2007,(1):87-9.
- 3 唐权华,周艳,金炜东.中值滤波算法的研究与改进.微计算机信息, 2008,(24):187-189.
- 4 Stauffer C, Grimson WEL. Adaptive background mixture models for real-time tracking. Proc.CVPR. 1999,2 :246-252.
- 5 李小鹏,严严,章毓晋.若干背景建模方法的分析和比较.第十三届全国图象图形学学术会议论文集, 2006.
- 6 周箴毅.动态场景中基于背景建模的运动目标检测算法的研究[硕士学位论文].上海:上海交通大学, 2008.

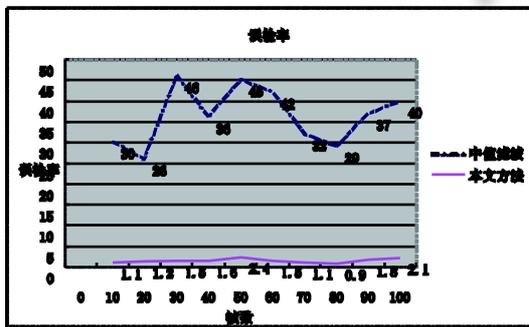


图4 实验二的误检率

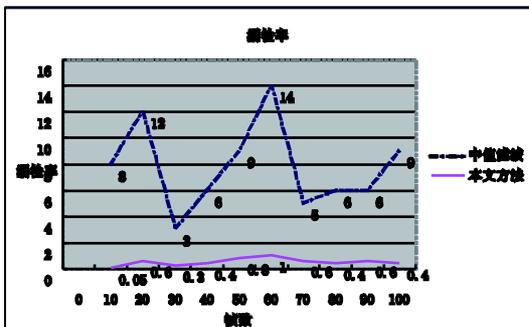


图5 实验二的漏检率